

Mauro Patrignani



# I Tubi Termoionici e l'amplificazione del suono

Edizione 01/2021

Dall'Hi-Fi alla chitarra elettrica

# I tubi termoionici e l'amplificazione del Suono

## Release 7.0 del 01/01/2021

### Organizzazione dei capitoli del libro

Innanzitutto: questo volume è a scopo introduttivo per dare una visione generale, tuttavia molte sezioni sono trattate in modo approfondito, esiste un secondo volume con delle estensioni/approfondimenti per quello che riguarda **l'alimentazione delle Valvole Termoioniche**, argomento troppo vasto per essere trattato esaurientemente in questo volume. Questa scelta si è resa necessaria per limitarne la dimensione che lo avrebbe reso (l'ebook) difficilmente scaricabile e utilizzabile.

Questo libro viene sottoposto annualmente a revisione, in genere vengono corretti errori e messi approfondimenti dove si ritiene necessario, ragion per cui, in genere, le versioni successive hanno sempre qualche pagina in più.

L'indice di questo volume è concepito per dare una traccia sull'ordine logico in cui devono essere lette le varie sezioni per un apprendimento per gradi successivi dell'argomento.

Quindi si parte dalle basi per arrivare alla progettazione.

Tutti i contenuti del libro sono originali, comprese le foto e i disegni eccezion fatta per le foto di repertorio dei personaggi e delle valvole legati alla storia della valvola (cenni storici). Il tutto è stato realizzato per avere la massima qualità possibile in fase di visualizzazione ma anche di stampa.

NOTA: Verrà utilizzato per definire le **Valvole Termoioniche** anche il termine **Tubi Termoionici** e viceversa essendo i due termini sinonimi.



Argomento generale	Argomento Specifico	Capitolo	Pagina
Parte Introduttiva Generale	Indice	Indice	1
	Modifiche rispetto alla versione precedente		6
	Prefazione		7
Cenni Storici	Cenni Storici sui tubi termoionici - Scoperta e sviluppo dei tubi termoionici	Capitolo1	1-4
Le valvole nel dettaglio	Funzionamento delle Valvole Termoioniche	Capitolo2	1
	Tipologia dei Tubi Termoionici		6
	Diodo		9
	Triodo		13
	Tetrodo		17
	Tetrodo a Fascio		19
	Pentodo		21
	Altre Valvole (multigriglia)		24
	Tubi termoionici Composti		26
	Tubi termoionici per usi particolari		29
	Nuvistori		34
	Tubi indicatori di sintonia (Occhio Magico)		35
	Vacuum fluorescent display o VFD		38
	Cinescopio / Tubo a raggi catodici		40
	Tubi termoionici Regolatori di Tensione		43
	Tubo Nixie		46
	Ballast-Barretter		49
	Caratteristiche costruttive delle Valvole Termoioniche	Capitolo3	1
	Caratteristiche costruttive Catodo		3
	Resistenza del filamento		8
	Caratteristiche costruttive Anodo		11
	Caratteristiche costruttive Griglie		14
	Caratteristiche costruttive Getter		16
	Caratteristiche costruttive Supporti		19
	Caratteristiche costruttive Involucro		20
	Caratteristiche costruttive Piedini di collegamento		22

Un po' di teoria	Classi di funzionamento degli amplificatori	Capitolo4	1
	Possibili configurazioni delle valvole		7
	Polarizzazione di griglia nelle Valvole Termoioniche		10
	Polarizzazione della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche		11
	Polarizzazione grid-leak della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche		16
	Polarizzazione positiva della Griglia di controllo delle Valvole Termoioniche		19
	Polarizzazione della Griglia Schermo delle Valvole Termoioniche		23
	Comportamenti limite Polarizzazione Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche		25
	Accoppiamento fra i vari stadi di un circuito		26
	Rumore nelle Valvole Termoioniche		31
Chitarra e Basso elettrico	Il suono e la chitarra elettrica	Capitolo5	
	Chitarra e basso elettrico		1
	Il suono e la Chitarra Elettrica		2
	I pickups della chitarra elettrica		5
	La Catena del Suono della Chitarra elettrica e basso elettrico		11
	Amplificatori per chitarra elettrica (solid body)		12
	Amplificatori per basso elettrico (solid body)		14
	Altoparlanti per chitarra elettrica		16
	Effetti per Chitarra e basso elettrico		22
	Effetti basati sul tempo: Riverbero, Delay ed Eco		23
	Progettazione Effetti per Chitarra e basso elettrico		26
	Effetto Overdrive per Chitarra e basso elettrico		27
	Progetto preamplificatore distorsore / overdrive per chitarra e basso elettrico		34
	Progetto preamplificatore compressore per chitarra e basso elettrico		44
	Combo per Chitarra e basso elettrico: modifiche		49
	Fender "bassman" 5f6a. Combo per basso elettrico.		59
Amplificazione	Amplificazione (menu degli argomenti)	Capitolo6	1
	Amplificazione		4

	Catena di amplificazione		6
	Preamplificatore a Valvole Termoioniche		9
	Invertitore di fase a Valvole Termoioniche		14
	Amplificatore Finale e possibili Configurazioni Circuitali		17
	Amplificatore a separazione di toni		22
	Amplificatore OTL		24
	Altoparlanti:l'ultimo anello della catena audio, il più importante		29
	Altoparlanti magnetodinamici: parametri tipici		43
	Filtro Crossover		47
	Casse Acustiche/Diffusori Acustici		50
	Banda passante di un amplificatore		53
	La reazione negli amplificatori		57
Progettazione	Progettazione degli amplificatori a valvole	Capitolo7	1
	Progetto di un preamplificatore		3
	Progetto di un preamplificatore per microfono dinamico		11
	Progetto preamplificatore per chitarra e basso elettrico con uscita bilanciata		14
	Progetto di un amplificatore finale in classe "A"		19
	Cause del ronzio		27
Alimentazione delle valvole termoioniche	Alimentatori Valvolari Tradizionali per tensione Anodica	Capitolo8	1
	Filtri di alimentazione		6
Cablaggi	Cablaggio Amplificatore	Capitolo9	1
	Cablaggio in aria Amplificatore		3
	Cablaggio su PCB		5
	Trucchi costruttivi		9
	Schermo magnetico valvole termoioniche		15
	Smaltimento del calore		16
	Studio degli apparati militari quali stato dell'arte della tecnologia valvolare dell'epoca		20
Componenti	Componenti Passivi	Capitolo10	1
	Condensatori		4
	Condensatori Elettrolitici in Alluminio		11



	Condensatori Elettrolitici in Tantalio		16
	Condensatori a Dielettrico Plastico		18
	Condensatori a Ceramiche		20
	Condensatori a Carta		21
	Condensatori a Mica		23
	Condensatori ad Aria		24
	Condensatori "Audio"		26
	Condensatori per circuiti di alimentazione		31
	Induttori		35
	Resistori		39
	Potenzimetri e trimmer		60
	Trasformatore: principi teorici e progettazione.		63
	Trasformatori audio per Valvole		71
	Trasformatori di alimentazione		74
	Relè elettromagnetici e loro impiego nei circuiti analogici		76
	Diodi Semiconduttori		79
	Diodo Zener		83
	Diodo Led		87
	I connettori		93
	Cavi di collegamento per cablaggi		99
Manutenzione delle Valvole	Lavaggio delle valvole	Capitolo11	2
	Riattivazione delle valvole esaurite		5
	Riattivazione delle valvole NOS (new old stock)		11
	Pulizia dei reofori della valvola		12
	Prova dei condensatori per alta tensione		13
Parte finale - Tabelle - Note esplicative	Come si leggono i Datasheet delle valvole	Capitolo12	1
	Elenco dei principali costruttori di tubi termoionici		14
	Matching delle valvole - Selezione a coppie o quartetto delle valvole		21
	Curiosità: trattamento criogenico per valvole termoioniche		22
	Pericoli connessi all'uso delle Valvole Termoioniche		24
	Valvole e radioattività		25
	Tips and tricks - Suggerimenti e trucchi		28

	Nomenclatura valvole Europee/Americane/Sovietiche		33
	Glossario		39
	Convenzioni Adottate		76
	Nota sull'Autore del Libro		78
	Ultima Pagina		80

Questo ordine logico vi permetterà di avere una maggior comprensione dei tubi termoionici e di tutti gli aspetti ad essi legati.

## Modifiche del libro rispetto alla versione precedente

### Release 7.0 del 01/01/2021

Dopo la prima pubblicazione del libro non ho interrotto il mio lavoro di ricerca e documentazione, questa versione rispetto alla precedente è molto diversa, oltre ad una rivisitazione di alcuni capitoli è stata implementata con alcune nuove sezioni che parlano dell'amplificazione degli strumenti musicali, chitarra elettrica solid body e basso elettrico.

Quindi è da considerarsi una versione che si potrebbe definire in inglese una *major release*.

La prima edizione era completamente dedicata alla amplificazione del suono in un contesto di alta fedeltà, questa edizione tratta anche i preamplificatori e gli amplificatori per basso e chitarra elettrica ed alcuni effetti.

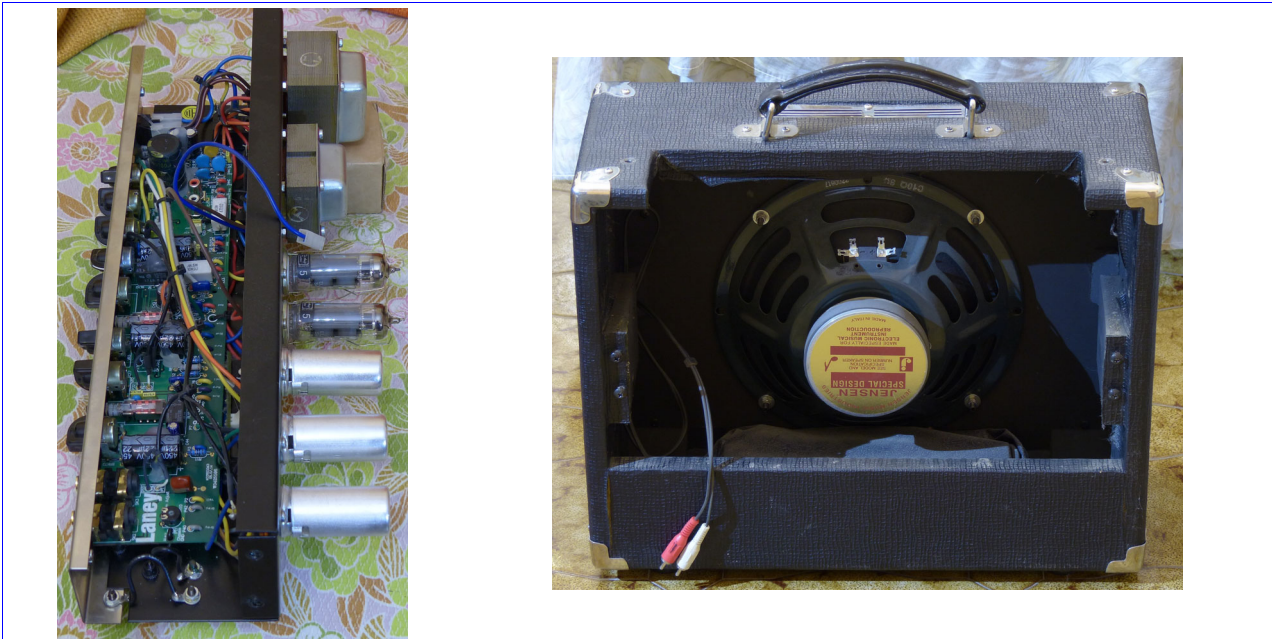
Questo senza uscire fuori tema in quanto si tratta sempre di segnali audio.

Questa implementazione mi è stata chiesta da una folta schiera di musicisti facendomi notare che le valvole sono molto più utilizzate in questo contesto che non nell'amplificazione Hi-Fi.

Così negli ultimi anni la mia casa si è popolate di testate e combo per chitarra elettrica e strumenti vari e ho scoperto che anche quest'ambito da molte soddisfazioni.

In questa edizione ho anche trattato sempre in ambito amplificazione per strumenti delle circuitazioni a stato solido e circuitazioni ibride in cui alcune funzioni sono delegate alle valvole ed altre a semiconduttori.

Del resto il mondo va avanti e l'ibridazione valvola/semiconduttore ha una sua valenza, se non altro per ridurre gli ingombri e il costo. Ovviamente finchè sarò in vita porterò avanti ulteriori sviluppi. che saranno necessariamente volti alla correzione o estensione di alcune parti (magari come è finora successo dietro richiesta di alcuni appassionati).



Sopra delle foto di un piccolo combo valvolare per chitarra elettrica smontato.

Per ragioni di stampabilità e dimensione massima il libro è stato realizzato per essere distribuito in formato pdf, ciò non toglie che possa essere stampato su carta, rispettando il formato A4. In futuro forse deciderò di produrne anche una versione su carta, l'unico limite è che un libro in formato A4 su carta avrebbe un costo non di certo alla portata di tutti.



## Prefazione

Perché spendere tanto tempo per realizzare un sito/libro come questo?

Prima di tutto perchè in lingua italiana non ne esiste un altro, a parte qualche testo datato e di minor respiro come il famoso "Ravalico" e qualche nozione mal organizzata presente sul web (fatta eccezione ovviamente per il sito gemello del libro che state leggendo, audiovalvole.it).

Poi per condividere delle esperienze, per dare ad altri le basi per sperimentare e realizzare con le valvole delle apparecchiature che hanno il gusto del passato ma anche le potenzialità per esistere nel futuro.

Quando sono nati i transistor si pensava che le valvole sarebbero sparite, e così è stato in linea di massima.

Tuttavia ci si è resi conto che il suono che produce un amplificatore a valvole è di qualità migliore di quello prodotto da qualsiasi altro tipo di amplificatore.

Certo un apparato a valvole è più costoso ma ci sono ancora persone che antepongono la qualità, in un'epoca che è dominata dalla quantità a basso prezzo del prodotto industriale-dozzinale.

Poi volendo possiamo parlare della bellezza di questi apparati, del momento magico in cui le valvole si accendono proiettando la loro luce calda e fioca nel buio della nostra stanza di ascolto e del nostro salotto.

La mia esperienza con le valvole è iniziata quando ero ancora un ragazzino, frequentavo un istituto tecnico in cui all'epoca venivano ancora usate anche le valvole oltre ai transistor, quindi come esercitazione ci fecero costruire accanto ai vari amplificatori e preamplificatori a transistor anche gli analoghi a valvole.

Dalla lastra di alluminio sagomata con la piegatrice per fare il telaio, fino al cablaggio dei componenti, dopo aver fatto i buchi per montare gli zoccoli e i trasformatori.

Quando alla fine del lavoro infilai la spina nella presa di corrente e vidi le valvole magicamente illuminarsi, mi innamorai di questi componenti.

E ne capii anche la pericolosità quando toccai un condensatore di stabilizzazione dell'anodica carico!!

Intendiamoci, questo mio amore non mi ha mai limitato, ho progettato circuiti basati su integrati, sistemi di controllo computerizzati e altro, ma nel cassetto ho sempre avuto anche delle valvole (e anche parecchie!!).



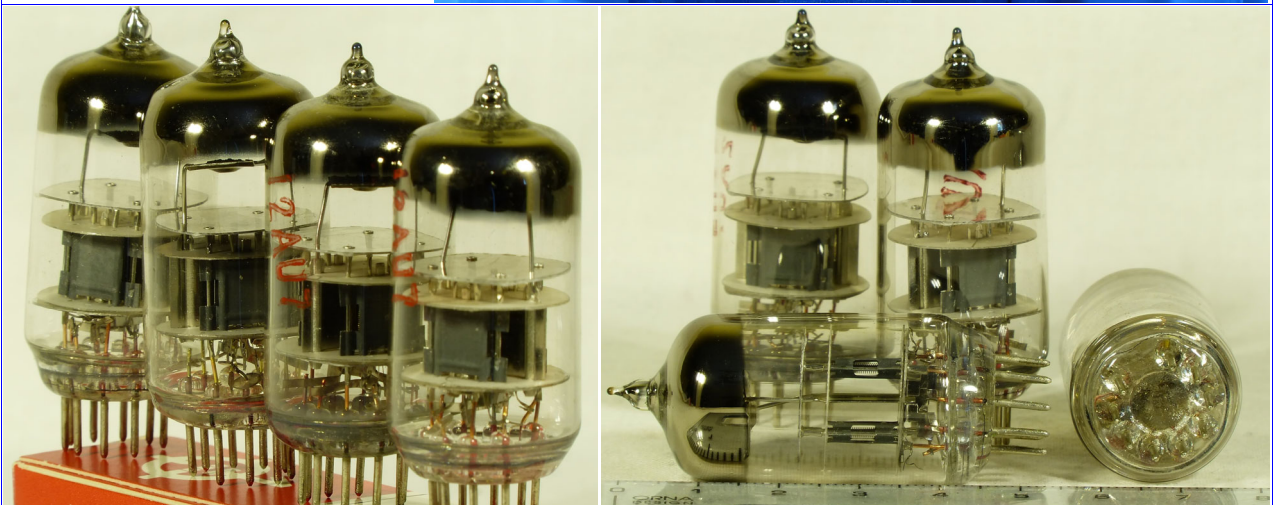
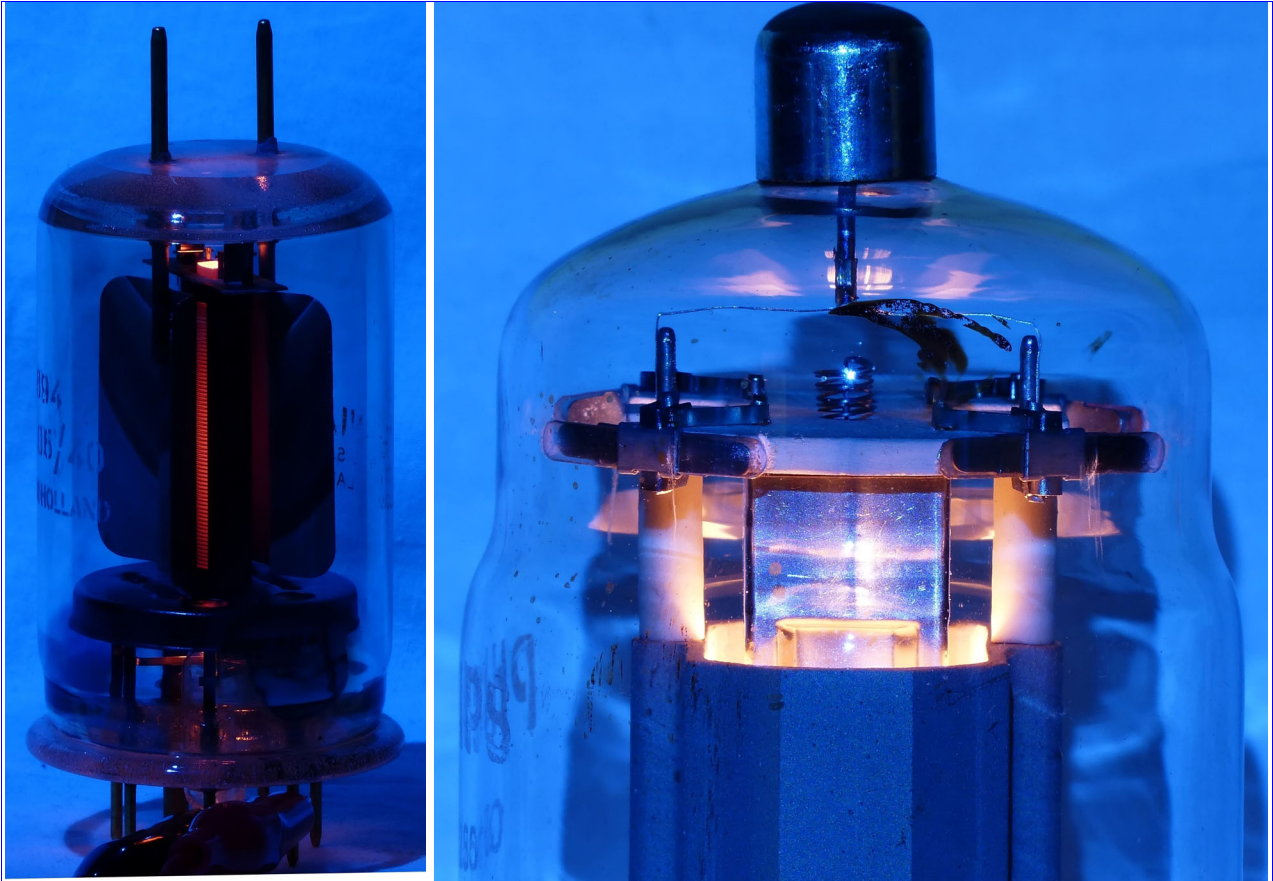
Per ragioni di stampabilità e numero di pagine con foto a colori il libro è stato realizzato in formato pdf. Lascio al lettore l'incombenza, se vuole di stamparlo su carta. La dimensione ottimale del foglio su cui stampare è il formato A4.



Varie foto "artistiche" di valvole.

Le valvole più belle quando sono accese sono quelle con catodo a riscaldamento diretto perché si

accendono in modo simile ad una lampadina ed emettono la classica luce rossastra.





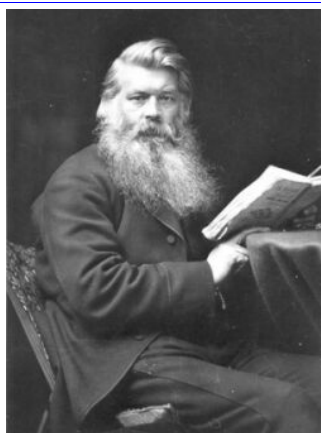
## Cenni storici sulle Valvole

<b>Indice Argomento Corrente</b>	
<b>1) Tutto iniziò con la lampadina</b>	Le valvole come molte moderne invenzioni o scoperte non hanno un solo padre, ma sono il frutto di una collaborazione di vari scienziati ed inventori che sono partiti da tutt'altro, come ad esempio la lampada ad incandescenza. Di seguito sono riportati i contributi più significativi.
<b>2) Invenzione del diodo e suo impiego</b>	
<b>3) Dal diodo al triodo</b>	
<b>4) Il futuro ha inizio</b>	
<b>5) Storia recente</b>	

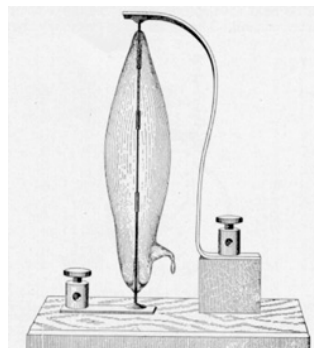
### Tutto iniziò con la lampada ad incandescenza

Joseph Wilson Swan (Bishopwearmouth, 31 ottobre 1828 – Warlingham, 27 maggio 1914) chimico, medico e inventore inglese iniziò a lavorare sulla lampada ad incandescenza nel 1850, nel 1860 dimostrò che poteva funzionare, nel 1878 brevettò la lampada ad incandescenza con filamento di carbonio; la futura lampadina.

Verso l'autunno di quello stesso anno anche Thomas Edison brevettò la stessa lampada e quando Swan lo seppe gli scrisse una lettera dimostrando tutto il suo sconcertato stupore..



Joseph Wilson Swan



Lampada di Swan

1883 Thomas A.

Edison (Milan nell'Ohio, 11 febbraio 1847 – West Orange, 18 ottobre 1931) migliorò la lampada ad incandescenza inventata da Joseph Wilson Swan.

Pare che durante i suoi esperimenti con le lampade a filamento in carbonio, abbia notato che queste tendevano ad annerirsi, diminuendo l'efficienza.

Per migliorarle pensò di mettere all'interno delle lampade un elettrodo per catturare le particelle che venivano prodotte.

La cosa non funzionò come si aspettava, tuttavia notò che vi era passaggio di corrente quando l'elettrodo (che ancora non si chiamava anodo) era polarizzato con una tensione positiva (questo fenomeno venne chiamato "effetto Edison") e non conduceva quando era polarizzato con una tensione negativa.

Aveva casualmente prodotto un diodo.



Thomas Alva Edison



Lampada di Edison



Joseph John Thomson

1897 Joseph John Thomson (fisico) scoprì l'esistenza dell'elettrone, quindi partendo da questo diede una spiegazione dell'effetto Edison e confermò che si può far scorrere corrente tra due elettrodi posti a distanza nel vuoto (o nei gas) quando uno dei due viene riscaldato, un suo allievo diede a questo fenomeno il nome di "emissione termoionica".

Nota: Joseph John Thomson (Cheetham, 18 dicembre 1856 – Cambridge, 30 agosto 1940) Nobel per la fisica nel 1906, fisico britannico, è noto per aver scoperto la particella di carica negativa: l'elettrone.

### Invenzione del diodo e suo impiego

Nel 1889 un consulente scientifico della "Marconi Wireless Telegraph Company" (già ex consulente della Edison Electric Light Company) dal nome di John Ambrose Fleming, ricercò, sollecitato da Marconi, un dispositivo più affidabile del coesore (coherer in inglese, dispositivo inventato da Temistocle Calzecchi Onesti utilizzato come rivelatore nella radiotelegrafia) a limatura, per la ricezione delle onde radio.

Nasce così nel 1904 un dispositivo consistente in una lampadina con una piastrina aggiuntiva.

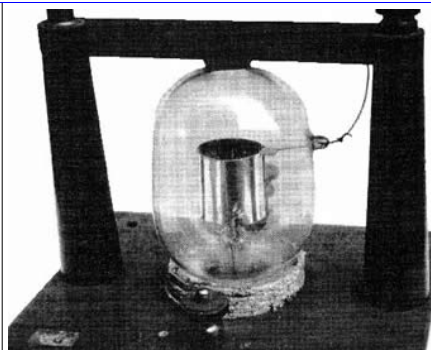
Se alla lampada veniva data tensione, il suo filamento si riscaldava fino all'incandescenza ed emetteva elettroni catturati dalla piastrina metallica a cui era data carica positiva da una seconda batteria.

Questo valvola chiamata "tubo di Fleming" posta in un circuito radio ricevente riusciva a rettificare il segnale ricevuto e a renderlo disponibile per far funzionare l'elemento attuatore di un ricevitore telegrafico.

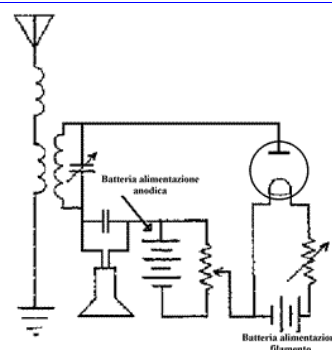
Nasce quindi il primo diodo.



John Ambrose Fleming



Diodo di Fleming



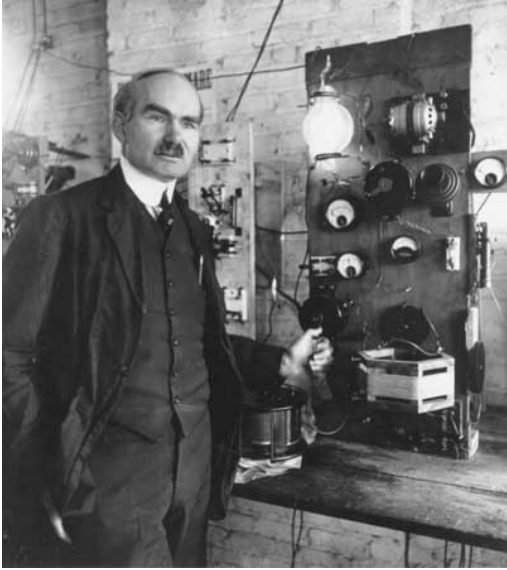
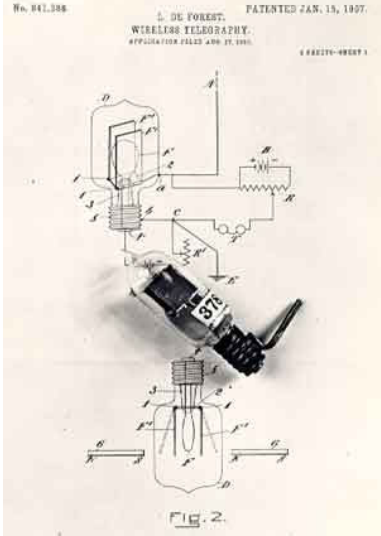
Schema applicativo del Diodo di Fleming

### Dal diodo al triodo

1907 Lee de Forest scoprì che, interponendo un filo tra il filamento e la placca, era possibile

controllare la corrente che passa fra gli elettrodi (anodo e catodo), e brevettò il suo audion (triodo) che fu usato come rivelatore e oscillatore negli apparati radio dell'epoca.

Questa è stata la nascita del primo amplificatore elettronico.

	
<p>Lee De Forest</p>	<p>Triodo di Lee De Forest</p>

Il catodo a riscaldamento diretto è costituito dal filamento di una lampada ad incandescenza, la griglia di controllo è costituita da un filo ripiegato e l'anodo da una placchetta metallica.

1917 Con l'entrata in guerra degli Stati Uniti vengono prodotte la 201 e VT1 della Western Electric, la VT11 della General Electric.

Da questo momento in poi i tubi termoionici subiscono un'evoluzione molto rapida, in previsione anche dei possibili impieghi bellici.

1920 In U.S.A.

vengono prodotte le UV200 e le UV201 della RCA, le prime non per uso militare (Filamento 5V 1A).

In realtà la UV200 non era un tubo termoionico ma un triodo rivelatore a gas argon, mentre la UV201 era un triodo amplificatore.

### Il futuro ha inizio

1923 Appare il primo tetrodo della Philips

1923 Primi esemplari di valvole con filamento in tungsteno toriato UV199 UV201-A General Electric (tensione di filamento 3V, 0,25A)

1926 L'olandese Tellegen inventa nei laboratori Philips in Olanda il primo pentodo (B443) che venne commercializzato nel settembre 1927.





1919-1930 Valvola triodo termoionico prodotta da officine Radio Marconi Genova mod T-450.

Non dimentichiamo che lo sviluppo della radio si deve principalmente alla scoperta della valvola termoionica, utilizzata in questo caso come amplificatore di potenza a radioonde per la trasmissione.

La prima valvola commerciale di questo tipo risale al 1919.

Le caratteristiche di questa valvola sono le seguenti:

- Tensione di filamento 18V
- Corrente di filamento 5,4 Amp.
- Potenza dissipata fino a 450Watt
- Tensione anodica massima 7000 Volt.

Si tratta probabilmente di un prototipo utilizzato per eseguire delle prove, si deduce da alcuni particolari tipo il morsetto a vite per collegare la griglia di controllo che nella versione commerciale è stato sostituito da un filo a saldare.

Si ringrazia per le foto il Sig.

Claudio Rivolta che ce le ha gentilmente fornite.

### **Storia recente**

Andando avanti negli anni, prima della "fine" della tecnologia valvolare (complice la nascita dei semiconduttori) si è assistito ad una progressiva specializzazione nella costruzione e destinazione d'uso delle varie valvole.

Quindi si sono differenziate in valvole per uso radio, per uso televisivo, per bassa frequenza ecc..

Questa distinzione agli inizi non esisteva, le valvole erano per uso generico.

## Principio di Funzionamento delle Valvole Termoioniche

<b>Indice Argomento Corrente</b>
<b>1) Breve cenno sulla struttura della materia</b>
<b>2) Conduttori, Semiconduttori e Isolanti</b>
<b>3) L'Emissione Elettronica</b>
<b>4) Influenza dei campi elettrici sul moto degli elettroni nel vuoto</b>

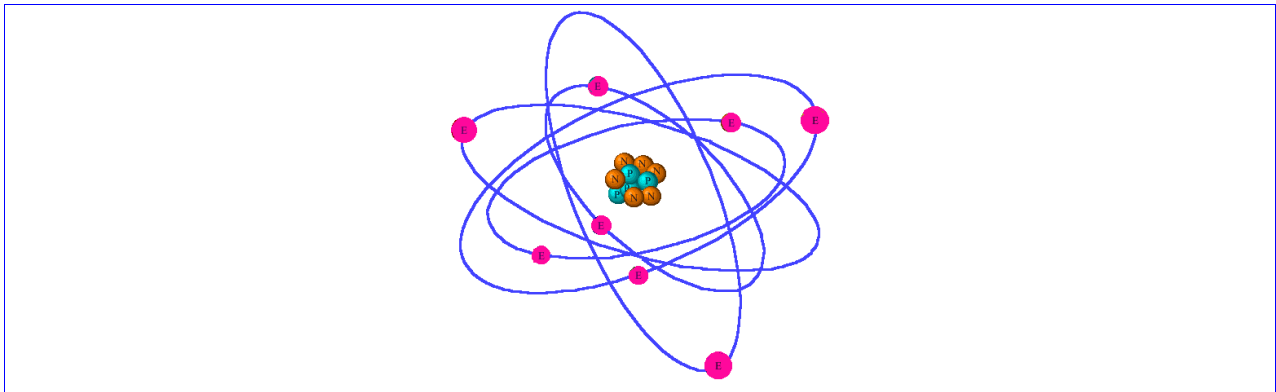
### Breve cenno sulla struttura della materia

Prendendo un frammento di materia e dividendolo a metà alla fine arriveremo alla molecola che è la più piccola parte di un elemento che ne conserva tutte le caratteristiche.

Dividendo ulteriormente la molecola (ammesso che sia possibile in quanto composta da più atomi) otterremo i mattoni costituenti della stessa, nel caso per esempio dell'acqua otterremo un atomo di ossigeno e due di idrogeno.

Riassumendo l'atomo è la struttura nella quale è normalmente organizzata la materia in natura.

Più atomi formano le molecole.



Sopra: Rappresentazione di un atomo secondo il modello atomico proposto da Niels Bohr nel 1913.

Banalizzando, la materia che ci circonda è composta da Atomi i quali a loro volta sono composti da Neutroni, Protoni ed Elettroni.

E' possibile scomporre anche questi tre componenti dell'atomo ma va aldilà dello scopo della trattazione che ci interessa e lo trascureremo.

Neutroni e Protoni compongono il nucleo mentre gli Elettroni girano attorno al nucleo (modello atomico proposto da Niels Bohr nel 1913).

I protoni hanno carica positiva, i neutroni neutra e gli elettroni negativa.

In natura esistono 92 tipi diversi di atomi (ho scritto "in natura" perché altri possono essere "fabbricati" dall'uomo, vedi elementi transuranici), che aggregati fra loro formano miliardi di diversi tipi di molecole e costituiscono tutta la materia esistente.

Gli atomi sono caratterizzati da un numero atomico che è il numero di protoni presenti in ogni atomo e da un peso atomico che è la somma dei neutroni e dei protoni (con una piccola approssimazione dovuta al fatto che la massa dei neutroni e protoni è leggermente diversa) presenti nel nucleo atomico.

L'atomo è elettricamente neutro, quindi è chiaro che la carica positiva dei protoni e quella negativa degli elettroni si bilanciano, quindi elettroni e protoni sono in numero uguale.

Tuttavia, vi è la possibilità che un atomo perda o acquisisca un elettrone e in tal caso perde la propria carica neutra e si trasforma in uno ione.

Scendendo nel dettaglio, se un atomo perde uno o più elettroni diventa uno ione positivo e in caso opposto cioè se acquisisce elettroni diventa uno ione negativo.

Gli elettroni ruotano attorno al nucleo e sono disposti attorno a quest'ultimo su orbite diverse.

Dal punto di vista del comportamento elettrico degli elementi a noi interessa l'orbita più esterna degli elettroni.

Nei materiali conduttori gli elettroni dell'orbita più esterna possono fuggire e trasformarsi in elettroni liberi all'interno della materia.

In tal caso la sostanza è un conduttore di elettricità in quanto i suoi elettroni liberi sotto l'influenza di un campo elettrico si possono muovere liberamente dando luogo ad una corrente elettrica.

### Conduttori, Semiconduttori e Isolanti

Normalmente, dal punto di vista della conduttività elettrica le sostanze si dividono in tre categorie :

- **Conduttori:** Nei conduttori vi sono molti elettroni liberi, quindi applicando una differenza di potenziale passa una corrente senza incontrare significativa resistenza.  
Normalmente i metalli sono buoni conduttori di energia elettrica.
- **Semiconduttori:** I semiconduttori hanno invece un numero limitato di elettroni liberi e, quindi, offrono una apprezzabile resistenza al passaggio di una corrente elettrica.
- **Isolanti:** Negli isolanti non vi sono elettroni liberi e quindi, sottoposti ad un campo elettrico non danno luogo a circolazione di corrente elettrica (a meno che il campo elettrico non sia talmente forte da risucchiare lui stesso gli elettroni dagli atomi).

Discorso a parte meritano le soluzioni saline nelle quali vi è un sale disciolto in acqua.

In questo caso la corrente è dovuta al movimento degli ioni prodotti dai componenti del sale che si scinde in soluzione nell'acqua.

### L'Emissione Elettronica

Normalmente gli elettroni liberi all'interno di un conduttore sono liberi di muoversi all'interno di esso, ma non possono uscire dalla superficie stessa del conduttore in quanto non hanno abbastanza energia.

Se noi forniamo energia dall'esterno gli elettroni acquisiscono abbastanza energia da fuoriuscire dalla superficie del conduttore, e se lo stesso si trova nel vuoto, possono produrvi attorno una nube.

E' da notare che non sottoposti a nessun campo elettrico esterno gli elettroni rimangono in prossimità del catodo in virtù del fatto che questo avendo perso elettroni ha un potenziale positivo rispetto all'elettrone.

Gli elettroni emessi creano una carica spaziale negativa attorno al catodo rendendo più difficile la fuoriuscita di altri elettroni che vengono respinti verso il catodo, raggiungendo in questo modo un equilibrio.

L'emissione di elettroni è proporzionale all'energia che si cede.

Per provocare una emissione di elettroni vi sono diversi modi:

1. Riscaldamento (emissione termoionica),
2. Bombardamento con fotoni (fotoemissione),
3. Bombardamento con elettroni (emissione secondaria),
4. Campo elettrico.

1.

**Riscaldamento:** Nel caso delle valvole si usa questo metodo ovvero il riscaldamento del catodo (emissione Termoionica).

Il fenomeno della fuoriuscita degli elettroni si inibisce automaticamente in quanto gli elettroni fuoriusciti formano una nube elettronica che essendo appunto costituita da elettroni ha potenziale negativo e, quindi, respinge indietro altri eventuali elettroni che cercassero di fuoriuscire.

Quindi il fenomeno si stabilizza.

Vi è una proporzionalità diretta fra la temperatura del catodo e la emissione di elettroni.

2.

Bombardamento con fotoni: Sottoponendo alcune sostanze alla luce queste emettono elettroni (era il principio che si sfruttava nei vecchi tubi di ripresa prima dell'avvento dei CCD) in misura proporzionale all'energia della luce (che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda della stessa).

Il principio prende il nome di fotoemissione.

3.

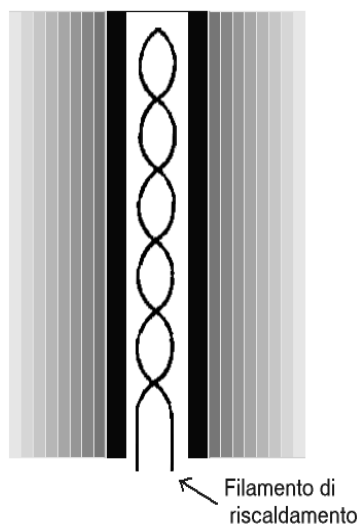
Bombardamento con elettroni: Se una sostanza viene sottoposta al bombardamento di elettroni a sua volta emette elettroni, in proporzione all'energia cinetica posseduta dagli elettroni che hanno operato il bombardamento.

Questo fenomeno si sfruttava in dispositivi detti moltiplicatori elettronici.

4.

Campo elettrico: Sottoponendo gli atomi di una sostanza ad un forte campo elettrico di potenziale positivo gli elettroni sono attratti e vengono strappati dalla sostanza.

In una valvola termoionica l'elettrodo che produce elettroni viene chiamato catodo.



Rappresentazione della densità della nube elettronica attorno al catodo (in nero).

Per avere una raffigurazione del fenomeno si può pensare all'ebollizione di un liquido.

La densità degli elettroni decresce allontanandosi dal catodo, mentre è massima in prossimità.

La nuvola di elettroni presenti attorno al catodo costituisce quella che viene chiamata "carica spaziale", una regione dello spazio di carica elettrica negativa (perché ovviamente satura di elettroni) che evita la fuoriuscita di altri elettroni per repulsione elettrostatica.

La capacità del catodo di emettere elettroni è legata al tipo di materiale impiegato ed è direttamente proporzionale alla superficie del catodo e alla sua temperatura.

Nella figura sopra è rappresentato un catodo a riscaldamento indiretto visto in sezione longitudinale, praticamente il catodo è costituito da un tubetto che costituisce il catodo vero e proprio, l'elemento della valvola che emette elettroni, all'interno del quale vi è un filamento, la parte che percorsa da corrente diventa incandescente e riscalda per conduzione il catodo, fra il filamento e il tubetto vi è uno strato di ceramica che funge da isolante.

Quindi in un catodo a riscaldamento indiretto il filamento e il catodo sono elettricamente isolati.

### **Influenza dei campi elettrici sul moto degli elettroni nel vuoto.**

Nel caso di una valvola termoionica gli elettroni emessi dal catodo possono essere manipolati da campi elettrici, tramite vari elettrodi posti sul loro cammino chiamati griglie (per via della forma che normalmente hanno), oppure nel caso del tubo a raggi catodici a deflessione magnetica da campi magnetici prodotti da bobine.

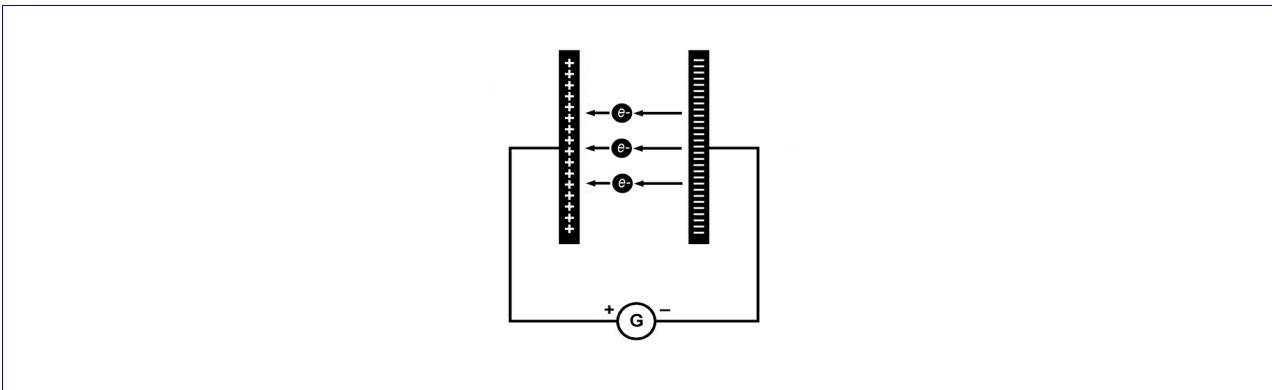
Questo determina la quantità di elettroni che giungono all'anodo dove vengono catturati e quindi l'intensità della corrente anodica.

Gli elettroni, una volta emessi dal catodo sono sottoposti a diversi campi elettrici che ne condizionano il comportamento.

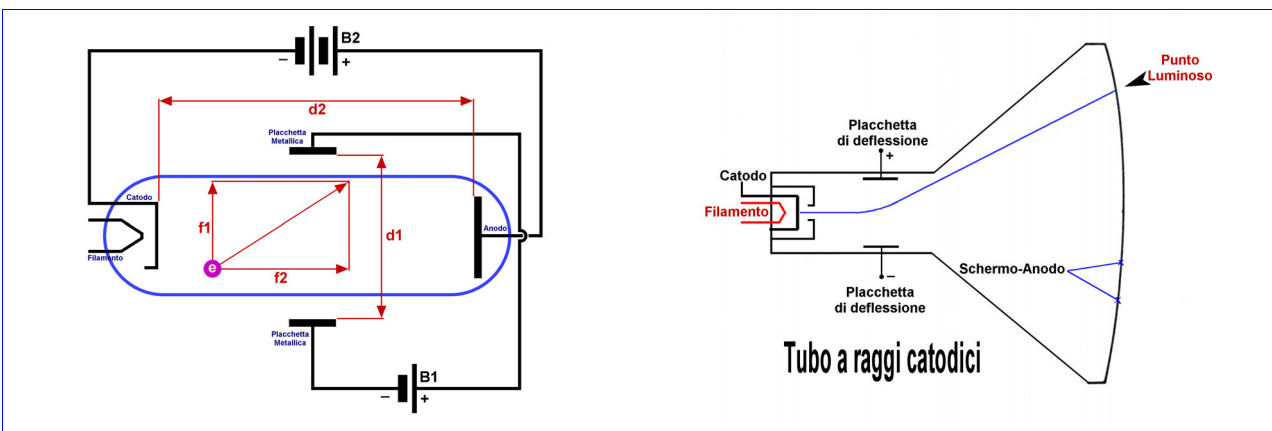
L'elettrone in virtù della sua carica negativa viene attratto da un polo positivo (anodo) e respinto da un polo negativo (catodo).

L'elettrone sottoposto ad un campo elettrico si muove di moto uniformemente accelerato verso l'anodo dove alla fine va a sbattere e tutta l'energia che accumula durante la corsa la ritroviamo all'anodo sotto forma di calore (ricordiamo che l'elettrone ha massa non nulla, quindi l'energia cinetica che trasferisce all'anodo è data da  $E = mv^2/2$  espressa in Joule, ovvero la massa moltiplicata per la velocità al quadrato fratto due).

Se l'elettrone ha sufficiente energia si prospetta l'ipotesi vista in precedenza dell'emissione da parte dell'anodo di elettroni per bombardamento, i quali vengono a loro volta attratti dall'anodo.



Come è visibile nella figura sopra un elettrone immerso in un campo elettrico viene attratto dall'elettrodo a potenziale positivo e respinto dall'elettrodo avente potenziale negativo, si muove quindi dal catodo verso l'anodo di moto rettilineo uniformemente accelerato.

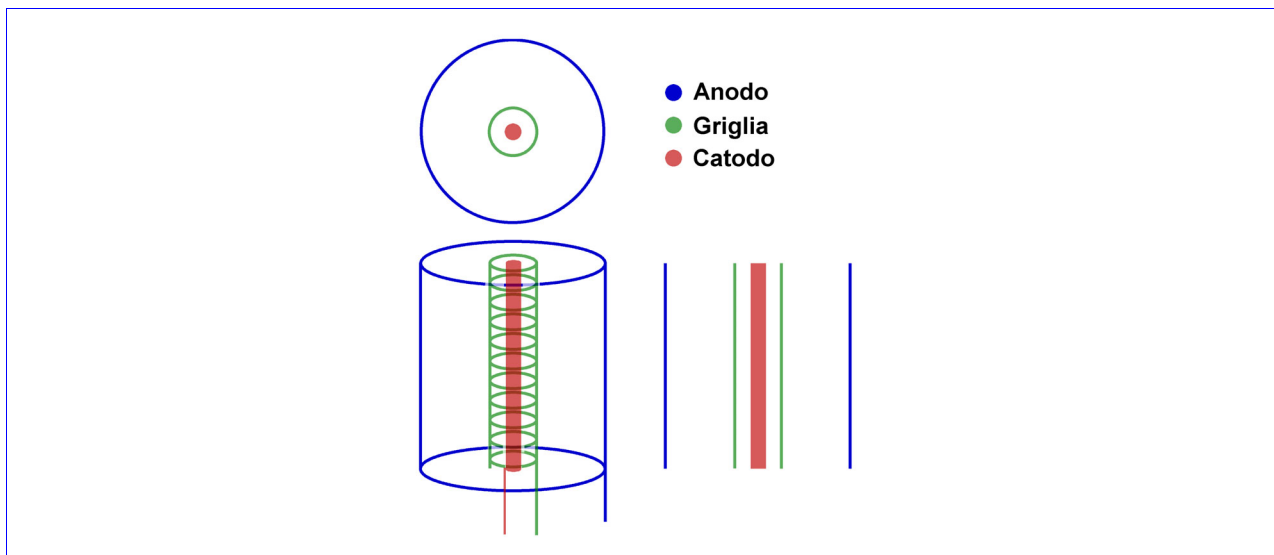


Con riferimento alla immagini sopra, se i campi elettrici sono più di uno l'elettrone è soggetto alla risultante vettoriale dei campi elettrici.

Dove "e" è l'elettrone, f1 ed f2 sono le forze che agiscono su "e", e sono direttamente proporzionali ai due campi elettrici e inversamente proporzionali alla distanza fra le placche a cui è applicato il campo elettrico.

Questo tipo di interazione fra campi elettrici è sfruttata nei cinescopi a deflessione elettrostatica (vedi oscilloscopi) in cui due elettrodi servono per la deflessione orizzontale e due per la deflessione verticale.

Con la combinazione dei campi elettrici delle quattro placchette di deflessione è possibile deviare il flusso di elettroni in qualsivoglia zona dello schermo.



Sopra, la proiezione ortogonale della struttura di una valvola con le relative geometrie, a scopo indicativo, degli elettrodi.

E' possibile in questo modo capire che l'amplificazione in una valvola è data dalla geometria stessa degli elettrodi.

La griglia è in prossimità del catodo, quindi la sua influenza sul moto degli elettroni è particolarmente efficace anche con potenziali elettrici relativamente piccoli.

Più la griglia è vicina al catodo, più le maglie che la costituiscono sono fitte e più è grande l'influsso della stessa sul moto degli elettroni, quindi più grande è l'amplificazione della valvola.

Per avere un modello di questo comportamento senza tirare in ballo la teoria dei campi di Gauss basta valutare che l'energia degli elettroni appena partiti dal catodo e in marcia verso l'anodo per quello che abbiamo già precedentemente detto è molto bassa, quindi è più facile influenzarne il moto.

Il limite è che con il diminuire della distanza aumenta il riscaldamento della stessa per effetto del calore del catodo con deformazioni meccaniche dovute alla dilatazione del metallo che rendono instabile il comportamento della valvola.

### Influenza dei campi magnetici sul moto degli elettroni nel vuoto

Trattiamo in questa nota per completezza anche la deflessione di tipo magnetico perché impiegata nella valvola termoionica che ha avuto in passato la più ampia diffusione, ovvero il cinescopio a deflessione magnetica presente in tutti i televisori (il primo televisore commercializzato con tubo a raggi catodici venne prodotto dalla Telefunken in Germania nel 1934) fino all'inizio del XXI secolo.

In pratica gli elettroni passando in un campo magnetico vengono deflessi da questo in funzione di una proporzionalità diretta con l'intensità dello stesso.

Questo per quello che riguarda strettamente l'argomento di questo testo i campi magnetici provocano dei problemi nel funzionamento delle valvole poste in prossimità di un campo magnetico variabile, come quello prodotto dai trasformatori.

### Considerazioni finali sui principi di funzionamento delle valvole termoioniche

Come avete potuto appurare il principio di funzionamento di questo componente è veramente semplice da capire.

Molto più semplice dei fenomeni fisici che giustificano il comportamento dei componenti a semiconduttore.

Le complicazioni subentrano per fare in modo che la valvola funzioni in modo duraturo e senza discostarsi dalle specifiche costruttive, sono complicazioni di ordine meccanico e costruttivo.



## Tipologia dei tubi termoionici



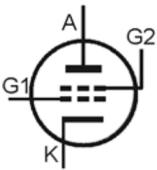
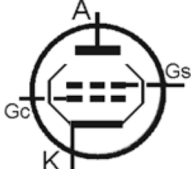
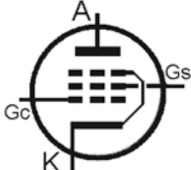
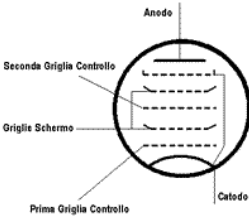
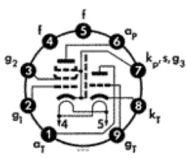
La tipologia dei tubi termoionici normalmente viene stabilita in base al numero di elettrodi contenuti al loro interno.

Quindi Diodi (due elettrodi), triodi (tre elettrodi), tetrodi, pentodi, multigriglia.

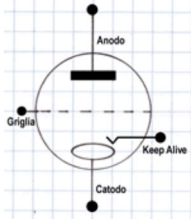

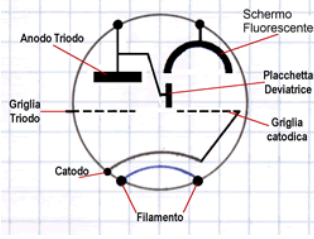

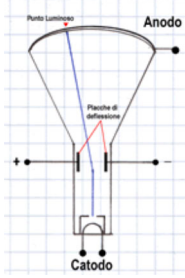
Questi sono i più comuni.

Poi ci sono i tubi termoionici composti che all'interno hanno più elementi completi, per esempio triodo/pentodo o doppio triodo, infine ci sono le valvole regolatrici di tensione e le valvole per usi speciali (che alle volte tubi termoionici non sono).


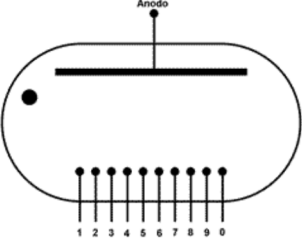

### Tipologia delle Valvole Termoioniche normalmente utilizzate

	<p>Diodo: la prima valvola inventata, ha solo due elettrodi l'anodo e il catodo.</p>
	<p>Triodo: la prima valvola amplificatrice composta da tre elettrodi, anodo, catodo e griglia di controllo.</p>
	<p>Tetrodo: nata per risolvere il problema che affligge il triodo nell'impiego ad alta frequenza, le capacità interelettrodeiche.</p>
	<p>Tetrodo a Fascio (Beam Tetrode): è nata come alternativa al pentodo, crea una griglia di soppressione virtuale utilizzando una particolare geometria degli elettrodi.</p>
	<p>Pentodo: la valvola nella sua veste più completa, con cinque elettrodi, anodo, catodo, griglia di controllo, griglia schermo e griglia di soppressione.</p>
	<p>Valvole multigriglia (Nota: queste valvole non sono usate in campo audio, in genere sono valvole per radiofrequenza, ad esempio miscelatrici/convertitrici di frequenza)</p>
	<p>Valvole Composte da più elementi inseriti in un unico tubo di vetro (Nota: questo tipo di valvole sono molto diffuse per motivi legati all'economicità e, molti anni fa, alla presenza di una tassa legata al numero di valvole presenti in un apparato). Sono dette anche tubi multipli.</p>

**Tipologia delle Valvole per usi particolari**

	<p>Valvole per usi particolari. Thyatron. Ignitron. Krytron. Sprytron. Photomultiplier.</p>
	<p>Ho messo i nuvistori della RCA a parte, nonostante si tratti di valvole riconducibili a tipologie già illustrate sopra (triode, tetrodi) perché sono l'estremo sviluppo della valvola termoionica, la massima espressione di una tecnologia che poi è sparita, surclassata dal transistor, quindi meritano di essere trattati a parte.</p>
	<p>Tubi indicatori di sintonia a schermo fluorescente chiamati "occhio magico".</p>
	<p>Vacuum fluorescent display o VFD. Vengono spesso confusi con i nixie, ma sono delle valvole triodo termoionico a tutti gli effetti, anche se impiegati come display.</p>
	<p>Cinescopio / Tubo a Raggi Catodici / Cathode-Ray Tube: la valvola più famosa in assoluto.</p>

**Componenti visivamente simili che all'occhio dell'inesperto possono essere confusi per valvole termoioniche**

	<p>Valvole Regolatrici di Tensione. Diodi a Gas. Non sono delle valvole termoioniche a vuoto spinto, all'interno hanno del gas rarefatto.</p>
	<p>Tubo Nixie: questo tubo è d'obbligo metterlo in questa rassegna perché in passato è stato molto utilizzato, anche se non si tratta di un tubo termoionico ma a scarica nel gas. E' concettualmente un parente molto stretto dei diodi regolatori di tensione a gas, anche se il suo uso è come display numerico.</p>
	<p>Ballast - Barretter: sono dei componenti messi in serie ai filamenti delle valvole che limitano la corrente di spunto. Sono l'equivalente antico di una resistenza PTC. Non sapendo dove metterli abbiamo deciso di mettere in questa sezione anche i ballast, che a prima vista in alcuni casi possono assomigliare ad una valvola termoionica e che sono impiegati nei circuiti di alimentazione dei filamenti.</p>

## Tipologia delle Valvole: Diodo Termoionico

### Diodo Termoionico:

E' la valvola meno complessa, ha solamente due elettrodi, l'anodo e il catodo e viene usata come raddrizzatore negli alimentatori.

Infatti gli elettroni possono transitare solo dal catodo (che li emette) all'anodo (o placca) che li riceve e questo succede solo se l'anodo è positivo rispetto al catodo.

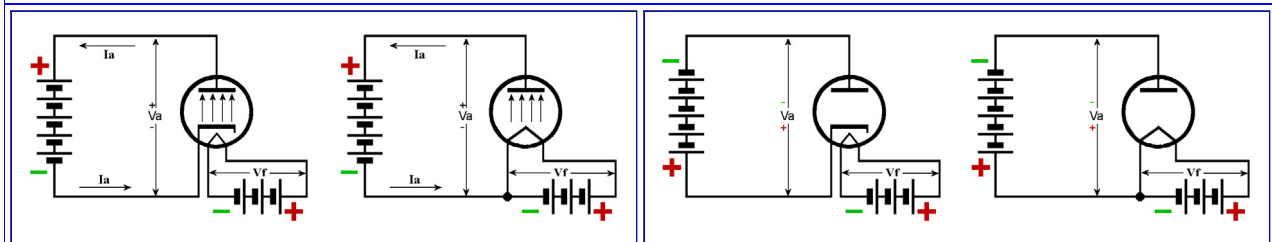
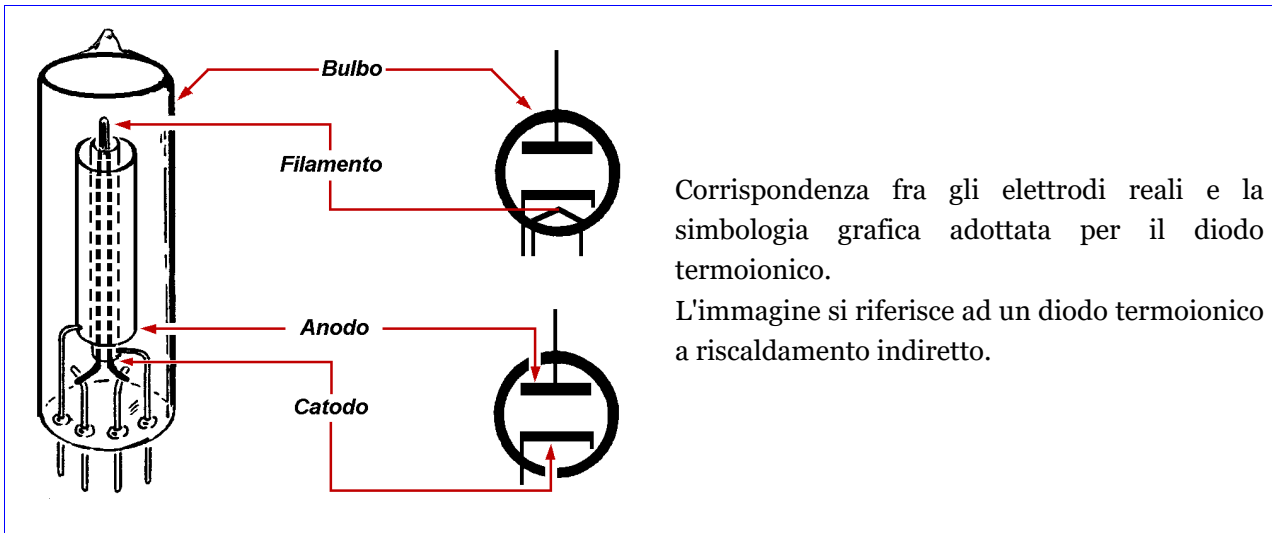
Viceversa se l'anodo è negativo o a potenziale zero non vi è corrente anodica ( $I_a$ ).

Da notare la non linearità del comportamento del diodo termoionico, che si accentua nella parte superiore della curva che assume un andamento orizzontale, ovvero aumentando la tensione la corrente non cresce.

Questo fenomeno detto saturazione è da imputare al fatto che tutti gli elettroni emessi vengono catturati dall'anodo.

Essendo il numero di elettroni emessi costante, la corrente anodica non aumenta.

Unico modo per aumentarla è far lavorare il diodo termoionico fuori dalle caratteristiche aumentando la corrente nel filamento e riscaldando di più il catodo che a quel punto emetterà più elettroni, processo che tuttavia ne pregiudica la durata.



Funzionamento normale: gli elettroni fluiscono dal catodo all'anodo grazie alla differenza di potenziale delle batteria dando luogo alla corrente anodica ( $I_a$ ).

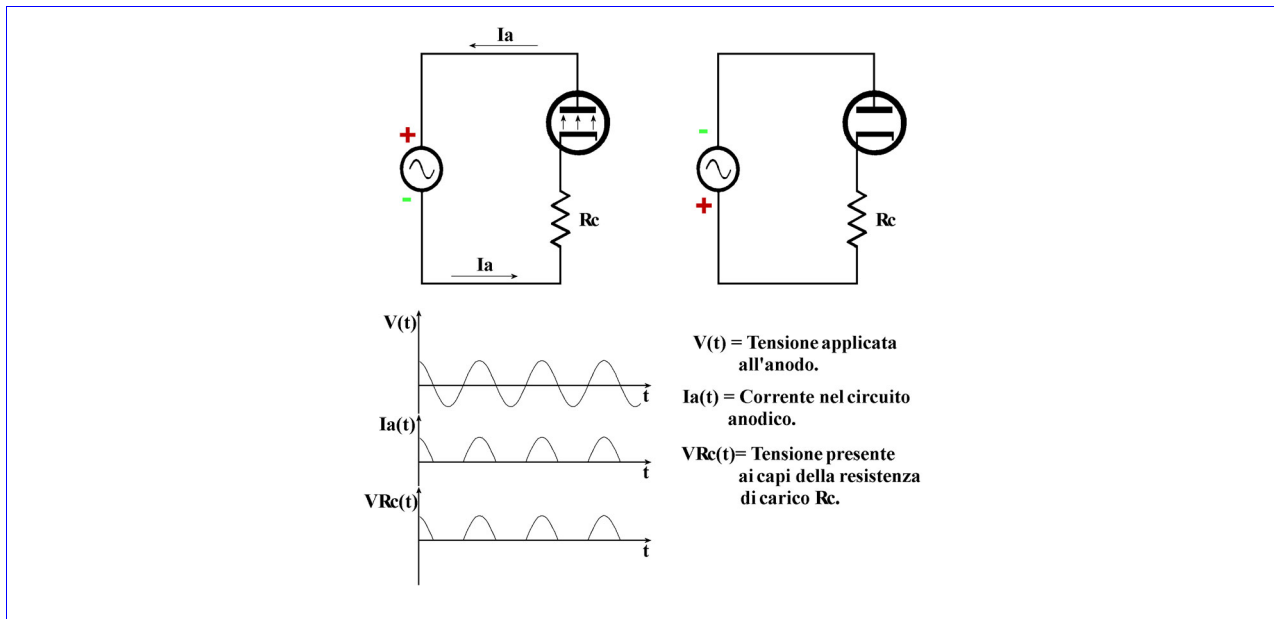
A sinistra diodo con catodo a riscaldamento indiretto, a destra diodo con catodo a riscaldamento diretto.

Invertendo la tensione il diodo termoionico (a sinistra con catodo a riscaldamento indiretto, a destra con catodo a riscaldamento diretto) non conduce.

Il diodo termoionico è un dispositivo che permette la circolazione della corrente in un solo verso, dal catodo verso l'anodo.

Quindi, come evidenziato nella figura sottostante, applicando una tensione alternata all'anodo la

corrente circola solo in corrispondenza delle semionde positive.



Nella figura sopra, se ad un diodo termoionico viene applicata una tensione alternata, nel circuito circola una corrente solo in corrispondenza delle semionde che rendono positivo l'anodo rispetto al catodo.

Infatti gli elettroni possono andare solo dal catodo, dove vengono emessi, all'anodo che li attira.

Quando l'anodo è negativo rispetto al catodo, quest'ultimo continua ad emettere elettroni, ma questi non possono essere attirati dall'anodo, e quindi non vi può essere corrente.

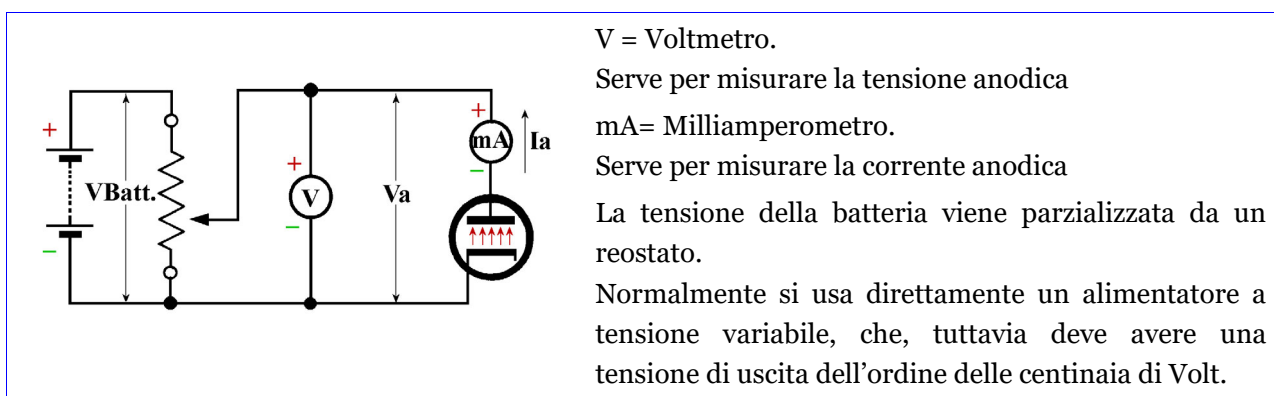
Sulla resistenza di carico  $R_c$ , quindi circola corrente solo in un verso.

Riassumendo:

- Quando l'anodo è positivo in corrispondenza della semionda positiva della tensione alternata il diodo termoionico conduce, vi è passaggio di corrente anodica e vi è una tensione ai capi della resistenza di carico ( $R_c$ ) in misura di  $V_{Rc} = R_c \cdot I_a$
- Quando l'anodo è negativo in corrispondenza della semionda negativa della tensione alternata il diodo non conduce, non vi è passaggio di corrente anodica e non vi è una tensione ai capi della resistenza di carico ( $R_c$ ) perché  $V_{Rc} = R_c \cdot I_a$  dove  $I_a = 0$  quindi la tensione  $V_{Rc} = 0$

Il diodo termoionico è impiegato in virtù di questa sua proprietà negli alimentatori come raddrizzatore e nelle radio come rettificatore.

Nella figura sottostante è invece riportato il circuito usato per rilevare la curva anodica caratteristica del diodo termoionico.



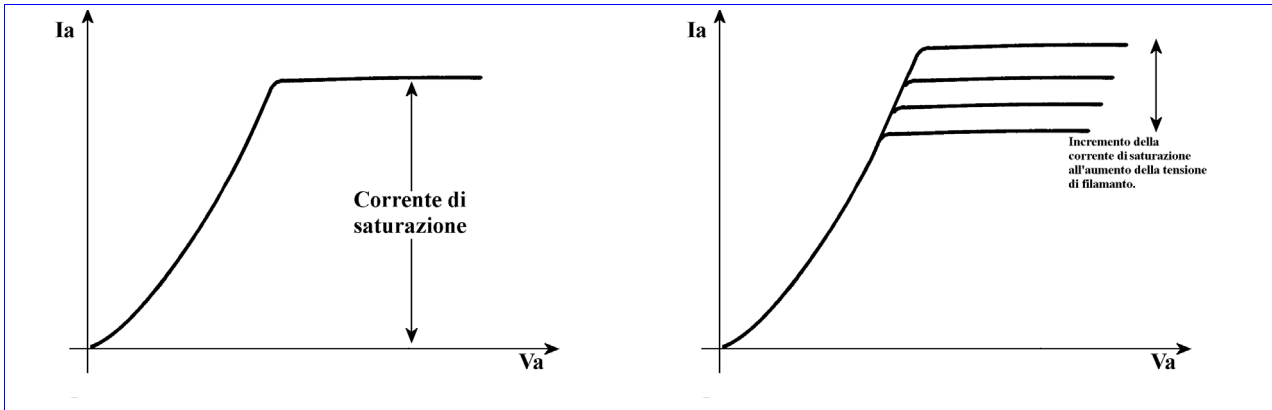
Si procede in questo modo: si porta, manovrando il reostato la tensione a 0 Volt, poi si incrementa e si rileva la corrente, si incrementa e si rileva la corrente e così via.

Questa procedura viene fatta per il numero di volte necessario ad avere una curva il più precisa possibile.

I risultati (le coppie di valori  $V_a$   $I_a$ ) vengono riportati in un grafico in cui sulle ascisse si riporta il valore della tensione e sulle ordinate il valore della corrente.

Da notare: il verso della corrente è quello convenzionale cioè va dall'anodo al catodo.

Questo per un motivo ben preciso: all'inizio non si sapeva dell'esistenza degli elettroni e si pensava che fossero le cariche positive a muoversi.



Aumentare la corrente di saturazione aumentando la tensione di filamento porta ad un prematuro esaurimento della valvola ma può aumentare la corrente oltre al valore di saturazione.

Questo perché per aumentare la corrente di saturazione occorre aumentare il numero di elettroni emessi cosa possibile solo aumentando la tensione di alimentazione del filamento e quindi la temperatura di quest'ultimo.

### Utilizzare una qualsiasi valvola come diodo termoionico

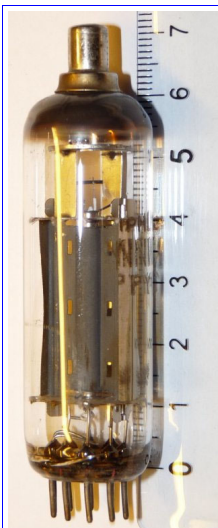
All'occorrenza è possibile utilizzare un triodo, un tetrodo o un pentodo come diodo termoionico, aldilà della convenienza economica (normalmente sono valvole più complesse e costose), se occorre, basta collegare le griglie all'anodo.

In questo caso ci sarebbe una corrente di griglia che si somma alla corrente anodica.

Un ulteriore vantaggio è che la resistenza interna della valvola diminuisce, in quanto le griglie essendo polarizzate positivamente concorrono ad estrarre gli elettroni dal catodo.

Unico problema: le griglie normalmente non sono progettate per dissipare calore, quindi potrebbero surriscaldarsi ed è necessario collegarle all'anodo attraverso un resistore che ne limiti la corrente.

### Esempio di Diodo Termoionico Commerciale



Diodo PY81 progettato nel 1959.

E' stato costruito come diodo termoionico ad alta efficienza per essere impiegato nelle televisioni.

Il raddrizzatore è disegnato per resistere ad una tensione di polarizzazione inversa di 5000 Volt, e un picco di corrente di 450 mA.

La tensione di filamento è di 17Volt e la corrente di filamento 300mA.

L'involucro, un tubo di sottile vetro è di 19 mm di diametro e, escludendo i pin di base, è alto 71 mm.





Diodo VT166: è un raddrizzatore ad alto vuoto utilizzato come diodo "clipper" nei RADAR.

Da notare le dimensioni in rapporto al righello.

Lunghezza = 9,25"

Diametro = 2.62"

Tensione Anodica Massima=25000Volt

Corrente Anodica Massima = 300 mA

Tensione filamento = 5Volt

Corrente Filamento = 10,3 ampere



Particolare dell'anodo del diodo raddrizzatore ad alto vuoto VT166.

Come vedete l'anodo ha una conformazione tale da massimizzare la dissipazione di calore ed è sostenuto da una struttura che è solidale con il terminale per il collegamento dell'anodo al circuito esterno realizzato nella parte superiore della valvola per motivi di isolamento.

## Tipologia delle Valvole: Triodo Termoionico

### Triodo Termoionico: introduzione

Il triodo deriva il suo nome dal numero di elettrodi presenti al suo interno (Anodo, catodo, griglia).

La griglia è, nei tubi più recenti realizzata con del filo sottile avvolto fra due montanti come si vede nella figura sottostante.

Nella figura è mostrato il simbolo circuitale del triodo e il relativo disegno meccanico semplificato.

Da notare che il filamento inserito all'interno del catodo nel caso di catodo a riscaldamento indiretto è isolato da esso mentre non lo è nel caso di riscaldamento diretto.

La griglia è posta in prossimità del catodo e geometricamente molto più vicina al catodo che all'anodo (per migliorare l'amplificazione del triodo).

Il triodo è nato come naturale evoluzione del diodo al quale è stato aggiunto un elettrodo denominato griglia di controllo posto in prossimità del catodo.

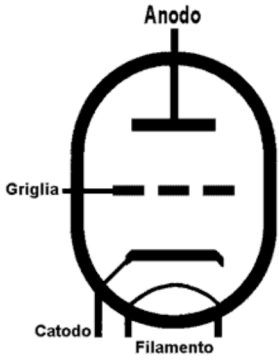
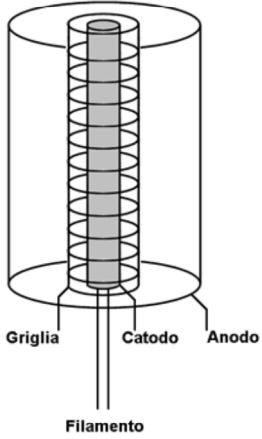

In definitiva la griglia di controllo ha un potenziale più negativo rispetto al catodo, quindi gli elettroni emessi da quest'ultimo vengono respinti dalla griglia.

Aumentando il potenziale negativo della griglia si arriva ad una tensione detta di interdizione per cui non passano più elettroni, quindi il triodo non conduce.

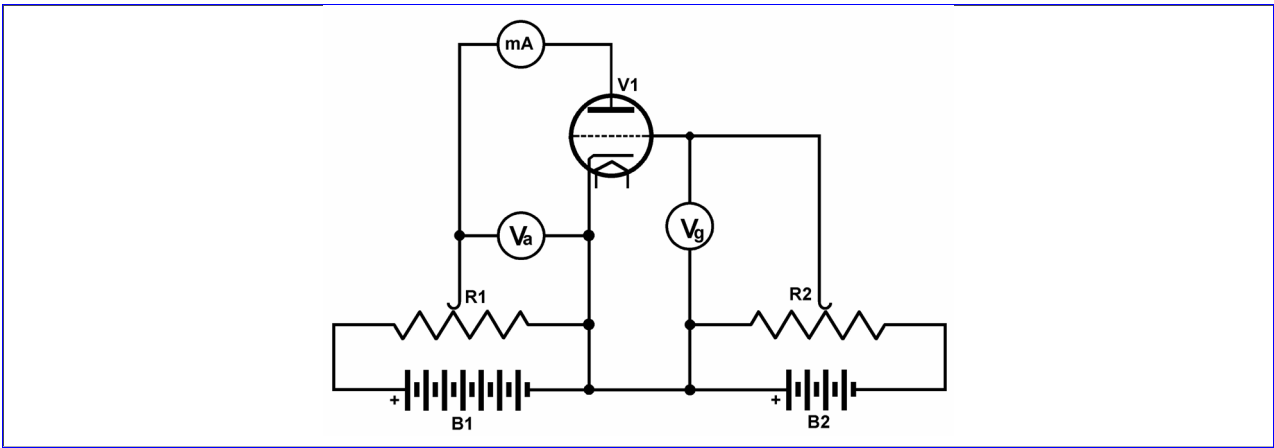
Variando il potenziale applicato alla griglia si ottiene una proporzionale variazione della corrente anodica.

La griglia di controllo durante il normale funzionamento non diviene mai positiva rispetto al catodo, e questo evita che vi sia una corrente di griglia, quindi questo elettrodo non è dimensionato per sopportare una eventuale corrente.

### Disegno costruttivo del triodo termoionico

		
<p>Simbolo circuitale del Triodo. Si tratta di un triodo a riscaldamento indiretto.</p>	<p>Disegno meccanico del triodo. In questo disegno sono rispettate le distanze che ci possono essere dal punto di vista geometrico fra il catodo, la griglia e l'anodo. Come si può notare la griglia è molto vicina al catodo, quindi l'influenza del campo elettrico della griglia di controllo sugli elettroni emessi è molto grande.</p>	<p>Disegno esploso dei componenti interni del triodo.</p>

### Rilevamento delle caratteristiche anodiche del triodo termoionico



Sopra il circuito che ci permette di rilevare le caratteristiche anodiche del triodo termoionico.

La batteria B1 serve per generare la tensione di polarizzazione anodica mentre B2 serve per generare la tensione negativa di polarizzazione della griglia controllo.

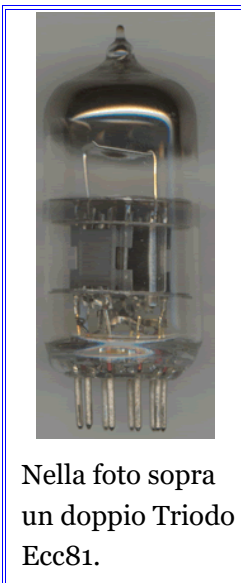
R1 ed R2 sono dei reostati che ci permettono di variare il valore di dette tensioni di polarizzazione.

Vg è un voltmetro che rileva la tensione applicata alla griglia di controllo mentre Va e mA rilevano la tensione anodica e la corrente anodica.

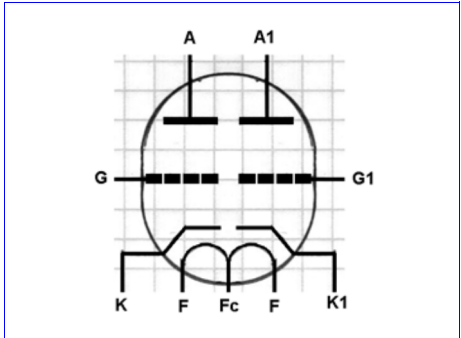
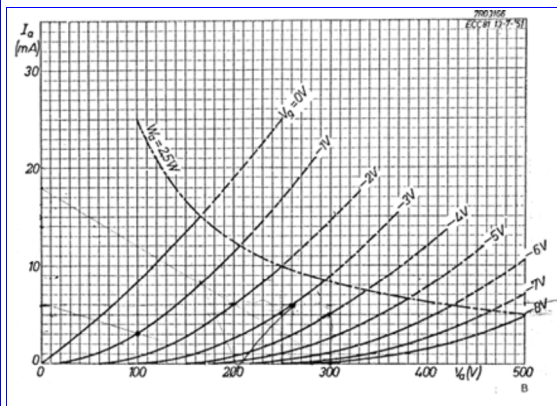
La misura va effettuata, come per tutte le valvole termoioniche, dopo un periodo di riscaldamento/stabilizzazione della valvola alimentando il filamento alla esatta tensione di targa e facendo passare una corrente anodica tale da portare la valvola ad almeno il 50% della potenza massima dissipabile.

Questo soprattutto se la valvola è nuova o è stata spenta per molto tempo.

Serve per fare in modo che il getter assorba eventuali molecole di gas presenti all'interno.



Nella foto sopra un doppio Triodo Ecc81.



Schema del triodo Ecc81.

L'unico punto che hanno in comune le due valvole è il piedino Fc che sta per filamento-comune.

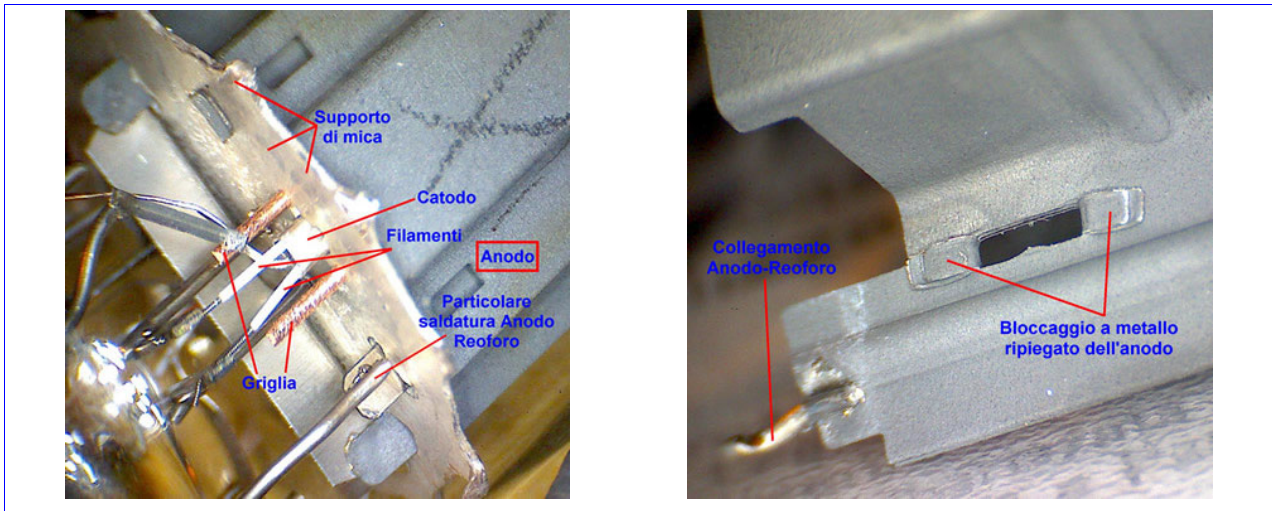
Nella foto sopra si può osservare un doppio triodo tipo Ecc81 usato come amplificatore di tensione.

Si notano i corpi distinti dei due triodi presenti all'interno della valvola (si notano soprattutto gli anodi di colore grigio in quanto gli altri elettrodi, griglia e catodo sono all'interno dell'anodo) e i relativi supporti di mica che li mantengono solidali con il bulbo.

Si notano anche i collegamenti fra i piedini della valvola e gli elettrodi interni alla valvola.

Sopra al centro: caratteristiche anodiche di un triodo ecc81.

Si noti la curva di massimo carico posta alla potenza di 2,5Watt che evidenzia il limite massimo di funzionamento in funzione della massima potenza dissipabile dalla valvola in esame.

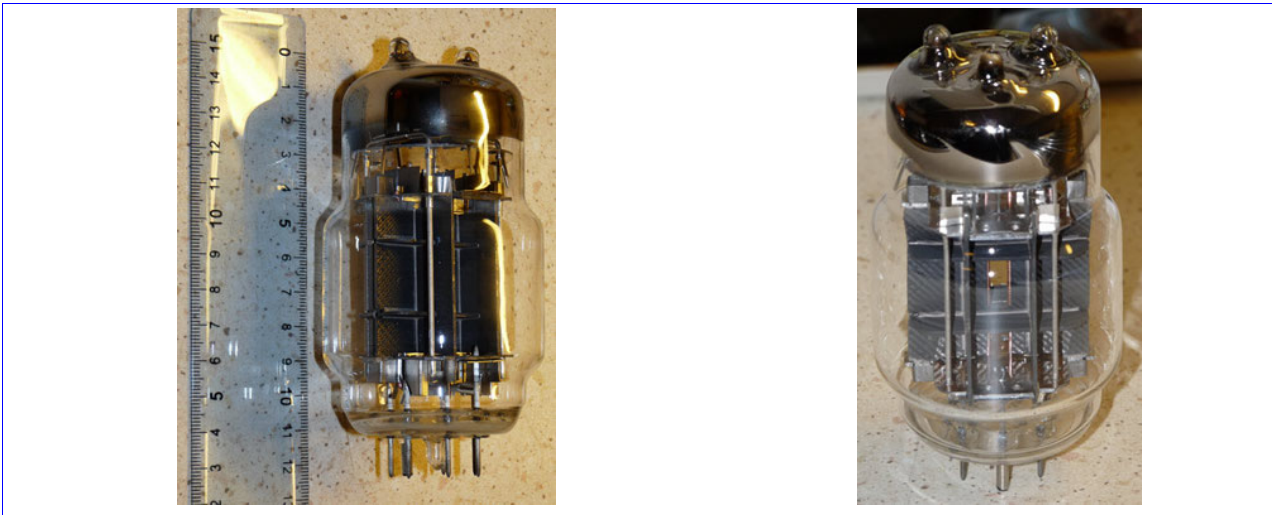


A sinistra sopra un particolare del collegamento dei piedini con gli elettrodi in un triodo.

A destra sopra particolare del serraggio dei due semigusci di cui è composto l'anodo, bloccati insieme da una piccola ripiegatura del metallo.

Foto realizzate con microscopio ottico.

### Evoluzioni del Triodo



Sopra un triodo 6c33c-b, valvola militare nata per essere impiegata come regolatore di tensione negli alimentatori stabilizzati in dispositivi mobili e sovente utilizzata in amplificatori audio.

Questa valvola è stata prodotta fino all'inizio degli anni 90' e rappresenta il massimo sviluppo della valvola termoionica triodo.

Ha l'anodo in grafite, i componenti interni mantengono la rispettiva simmetria anche in presenza di sollecitazioni meccaniche perché sono saldamente ancorati alla parte superiore in cui i montanti, che bloccano il tutto, sono annegati nello stesso vetro che compone l'involucro.

Per queste protuberanze superiori viene anche detta volgarmente "valvola cornuta".

E' comunemente usata nei finali mono-triodo (single-ended) come valvola finale di potenza, oppure negli amplificatori OTL in virtù della sua relativamente bassa resistenza interna, unita alla capacità di sopportare notevoli correnti.

### Vantaggi del Triodo

Il triodo produce molto meno rumore delle altre valvole in virtù della mancanza del fenomeno di ripartizione statistica della corrente fra l'anodo e la griglia schermo, che nel triodo (non avendo ovviamente la griglia schermo) è assente.

In virtù di questa caratteristica trova impiego laddove il segnale da amplificare è più basso come nei

preamplificatori in genere e phono in particolare.

Per una trattazione più esauriente consultare il paragrafo relativo al rumore.

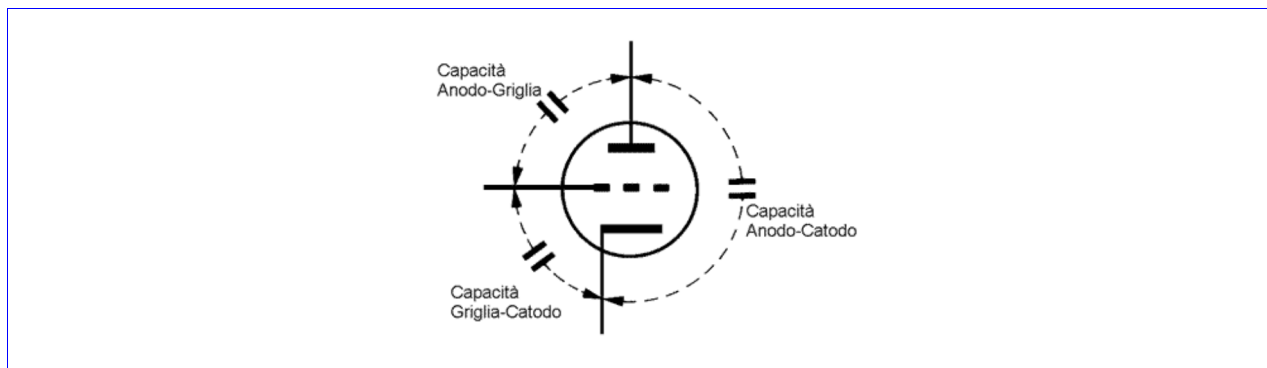
### Limiti del Triodo

Il principale limite del Triodo termoionico è costituito dalla capacità interelettrodica, ovvero la capacità parassita fra i suoi elettrodi.

La capacità fra griglia ed anodo in particolare forma un accoppiamento fra il circuito anodico e quello di griglia e determina all'aumentare della frequenza una retroazione che riduce progressivamente l'amplificazione di suddetta valvola.

Per ovviare a questo inconveniente è stato inventato il tetrodo.

Questo inconveniente si presenta in misura trascurabile nell'ambito audio.



Nell'immagine sopra il triodo ha gli elettrodi che costituiscono le armature di un condensatore parassita.

In particolare le capacità parassite formate in questo modo sono tre come si nota dalla figura a sinistra.

In ogni caso in ambito audio queste capacità hanno una scarsa influenza, viste le frequenze (basse).

Altra cosa su cui è bene riflettere è che il condensatore parassita è grande in proporzione alla dimensione fisica delle sue armature, quindi una valvola preamplificatrice di piccole dimensioni, risentirà meno di questo problema, rispetto ad una valvola di potenza che ha degli elettrodi molto più grandi.



## Tipologia delle Valvole: Tetrodo Termoionico

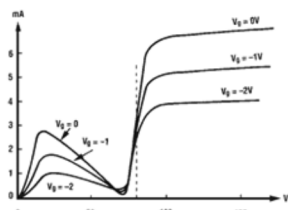
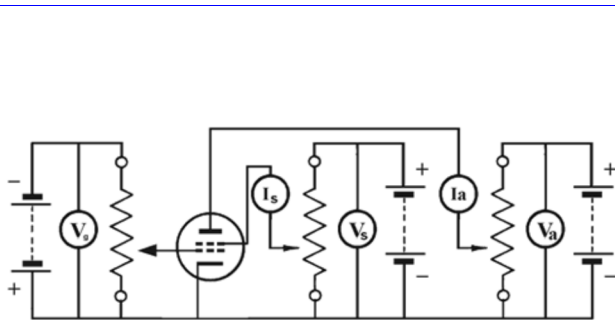
### Introduzione

Come anzidetto nella sezione dedicata al triodo, uno dei problemi principali che ha il triodo è la capacità fra griglia e anodo che determina un accoppiamento del circuito anodico con quello di griglia e che determina all'aumentare della frequenza una retroazione che riduce progressivamente l'amplificazione di suddetta valvola.

Un netto miglioramento del problema si ebbe con l'introduzione del tetrodo, tubo a quattro elettrodi nel quale è inserita, in aggiunta a catodo, griglia e anodo, una seconda griglia, denominata griglia schermo.

La sua presenza fra griglia controllo e placca viene a costituire uno schermo elettrostatico fra quelli che in genere sono gli elettrodi d'ingresso e d'uscita del triodo, la sua costruzione è simile a quella della griglia di controllo, salvo avere una maglia un po' più fitta.

Alla griglia schermo viene applicata una tensione positiva normalmente poco più bassa di quella di placca, che contribuisce ad intensificare l'azione di attrazione sugli elettroni emessi dal catodo e regolati dalla griglia controllo; ciò fa sì che essa intercetti un certo numero di elettroni, sottraendoli (nella misura del 10-12%) al flusso che attraversa la valvola proveniente dalla carica spaziale.



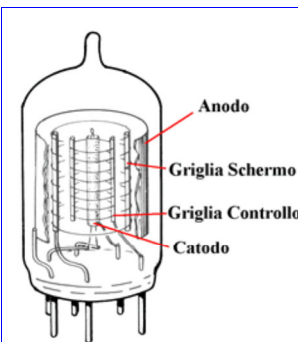
A sinistra: Circuito atto a rilevare le caratteristiche anodiche di un tetrodo.

$V_a$ =Tensione anodica

$V_g$ =Tensione di griglia

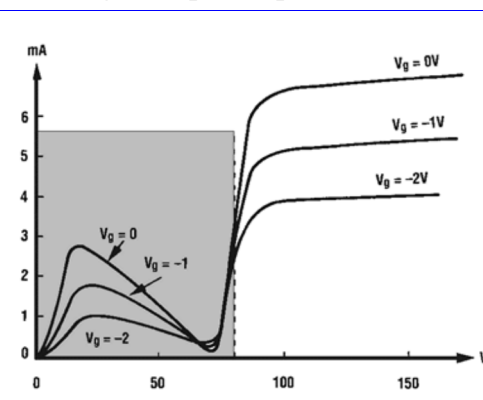
$I_a$ =Corrente anodica

Questo circuito è valido in linea di principio ma è stato soppiantato da sistemi di misura più moderni, automatici e dotati di computer che rilevano in automatico tutti i valori significativi.



A sinistra il disegno di un tetrodo dal punto di vista meccanico.

Nella figura sopra è riportato un circuito di prova di un tetrodo e la relativa curva rilevata.



Nella figura a lato è evidenziata l'area in cui la tensione di griglia schermo è più alta di quella anodica, quindi la griglia schermo cattura parte degli elettroni emessi per emissione secondaria dall'anodo provocando una diminuzione della corrente anodica.

E' da notare che nella condizione normale di funzionamento la tensione della griglia schermo deve essere positiva rispetto al catodo e leggermente inferiore a quella dell'anodo.

Per rilevare la caratteristica anodica di figura la tensione di griglia schermo viene settata ad un valore costante e viene fatta variare solo la tensione anodica.

Prendendo in considerazione le caratteristiche rilevate si vede che inizialmente la corrente sale in proporzione alla tensione, poi all'aumentare della tensione anodica vi è un abbassamento della corrente anodica.

Questo è dovuto al fatto che gli elettroni accelerati dalla griglia schermo anch'essa positiva arrivano all'anodo con una velocità e, quindi una energia, molto alta e colpendo quest'ultimo riescono ad estrarre altri elettroni ( emissione secondaria), che trovandosi in prossimità un potenziale positivo più alto di quello anodico, quello della griglia schermo, ne vengono attratti, quindi la corrente anodica totale diminuisce.

Aumentando ulteriormente la tensione dell'anodo quest'ultimo inizia ad avere un potenziale prossimo o maggiore di quello della griglia schermo, quindi riesce a catturare anche gli elettroni che fuoriescono per emissione secondaria e la corrente anodica torna a salire.

Questa caratteristica molto particolare fa sì che il tetrodo sia, nella sua veste originale, una delle valvole meno usate (purtroppo non ha un comportamento lineare).

Per ovviare a questo inconveniente sono stati creati i tetrodi a fascio, sfruttando particolari geometrie nella disposizione degli elettrodi che costringono il flusso di elettroni, nel percorso catodo-placca, in fasci di corrente ad alta densità, riuscendo a sfruttare gli effetti della carica spaziale che viene a formarsi fra griglia schermo e placca, in genere, si tratta di tubi di potenza.

La presenza di questa griglia, oltre a ridurre fortemente la reazione negativa interna del tubo, in quanto schermo la griglia principale rispetto alla placca, ne aumenta altrettanto fortemente il fattore di amplificazione, in quanto la tensione di placca ha molto meno effetto sulla corrente di placca, che risulta invece più sensibile al valore della tensione della stessa griglia schermo.

Al fine di risolvere il problema dell'emissione secondaria senza ricorrere ad artifici (come nel tetrodo a fascio) è stato creato il pentodo (che come dice il nome ha cinque elettrodi, anodo, catodo, più tre griglie).

## Tipologia delle Valvole: Tetrodo a Fascio

### Tetrodo a Fascio

Il tetrodo a fascio è usato sovente come valvola di potenza al posto del pentodo per il quale si propone come alternativa.

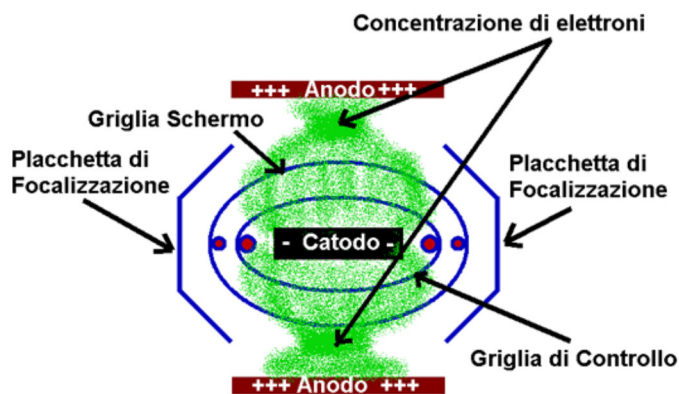
E' stato originariamente progettato e proposto per aggirare il brevetto Mullard (Philips) per il pentodo e nel contempo aggirare il problema degli elettroni che vengono estratti dall'anodo per emissione secondaria.

Nel 1933 venne brevettato il primo tetrodo a fascio.

Di seguito viene descritto nel dettaglio il funzionamento:

Gli elettroni vengono emessi dal catodo vengono regolati dalla griglia di controllo, passano attraverso la griglia schermo e a questo punto vengono focalizzati in una ristretta regione spaziale dalle placchette che differenziano il tetrodo a fascio dal tetrodo e formano un punto spaziale di potenziale negativo (in pratica una concentrazione di elettroni) che respingono gli elettroni emessi per emissione secondaria dall'anodo verso quest'ultimo.

Praticamente si tratta di un espediente che crea di fatto una ulteriore griglia fittizia di soppressione sfruttando la geometria dello spazio e la repulsione elettrostatica.



Nel disegno a lato si vede un tetrodo a fascio in sezione.

Come si può notare gli elettroni (in verde) vengono emessi dal catodo e il loro flusso verso l'anodo viene modellato dalle placchette di focalizzazione che provocano una concentrazione di elettroni in un ben preciso punto spaziale che funge da potenziale negativo simile alla griglia di soppressione del pentodo e limita gli elettroni emessi per emissione secondaria dall'anodo.

Praticamente in questo modo viene costruito un elettrodo virtuale che funziona come la griglia di soppressione di un pentodo.

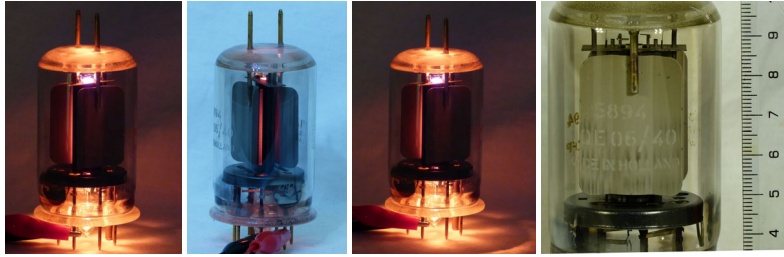


A sinistra l'immagine di un tetrodo a fascio kt88.

A destra l'immagine di un kt66.

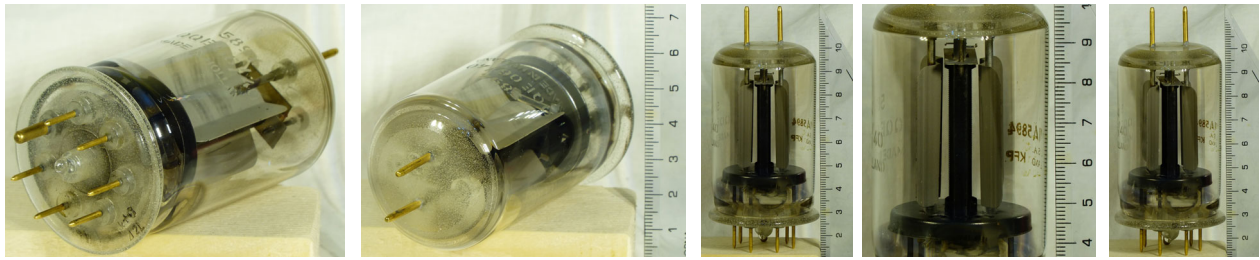
Ambedue le valvole sono normalmente impiegate negli amplificatori audio di potenza push-pull e negli amplificatori per chitarra elettrica in virtù della considerevole potenza che si ottiene in uscita.





Doppio tetrodo a fascio 5894, valvola nata per l'amplificazione push-pull in radiofrequenza, adattabile all'utilizzo come amplificatore stereo single-ended per audiofrequenza.

La valvola è stata fotografata con il filamento acceso e spento.



## Tipologia delle Valvole: Pentodo Termoionico

### Pentodo Termoionico: Introduzione.

Al fine di risolvere il problema dell'emissione secondaria senza ricorrere ad artifici (come nel tetrodo a fascio) è stato creato il pentodo (che come dice il nome ha cinque elettrodi, anodo, catodo, più tre griglie, griglia di controllo, griglia schermo e griglia di soppressione).

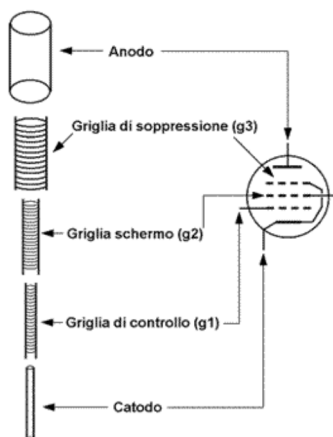
Il pentodo è, essenzialmente, un tetrodo con una griglia in più, la griglia di soppressione; questa ha lo scopo di ridurre l'emissione secondaria e la conseguente distorsione.

La terza griglia viene normalmente collegata al catodo, in genere con un collegamento interno alla valvola, (allo scopo sostanzialmente di risparmiare un piedino) che quindi spesso ha lo stesso numero di piedini del tetrodo.

Il pentodo è un vero e proprio punto d'arrivo nello sviluppo della valvola: alta amplificazione, larga banda, bassa distorsione, buona linearità.

I pentodi si trovano negli stadi a radiofrequenza e a media frequenza di un ricevitore, ma anche negli amplificatori finali audio.

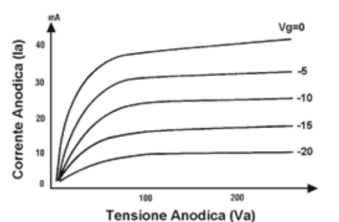
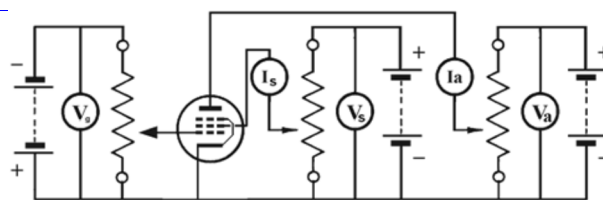
Il difetto principale del pentodo è un maggiore livello di rumore introdotto nel segnale in uscita dovuto alla natura tipicamente statistica del fenomeno dell'emissione secondaria dell'anodo che decurta la corrente anodica in modo casuale, introducendo rumore, che lo rende inadatto per i primi stadi di amplificazione o quando è necessaria una amplificazione molto elevata e un bassissimo rumore.



Nell'immagine a sinistra è riportata la corrispondenza fra la meccanica e il simbolo grafico del pentodo.

Come si può notare il pentodo ha una griglia aggiuntiva, detta griglia di soppressione che è elettricamente collegata al catodo.

Questa nuova griglia essendo polarizzata allo stesso potenziale del catodo respinge verso l'anodo gli elettroni emessi da quest'ultimo per emissione secondaria.

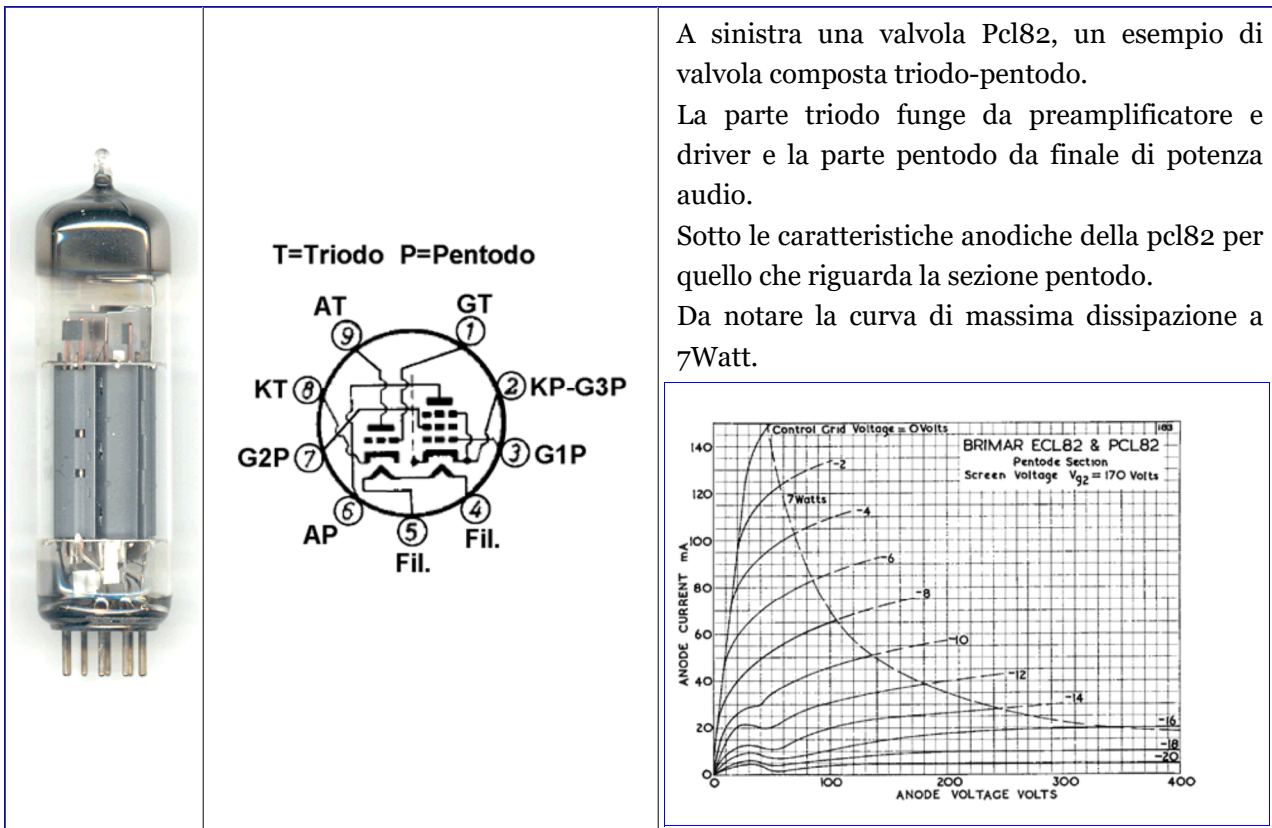


Sopra è riportato lo schema di principio utilizzato per rilevare le caratteristiche anodiche del pentodo e la relativa caratteristica anodica tipica.



Come si può notare il circuito per rilevare le caratteristiche è uguale a quello utilizzato per il tetrodo in quanto la griglia di soppressione è collegata internamente o esternamente (dipende dal tipo di pentodo) al catodo, quindi non necessita di un circuito di polarizzazione esterno.

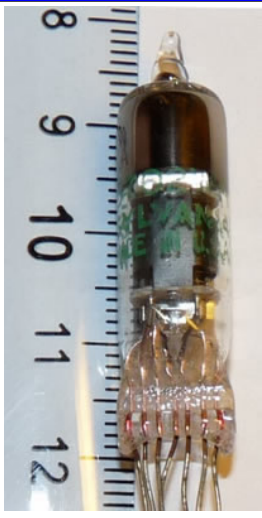

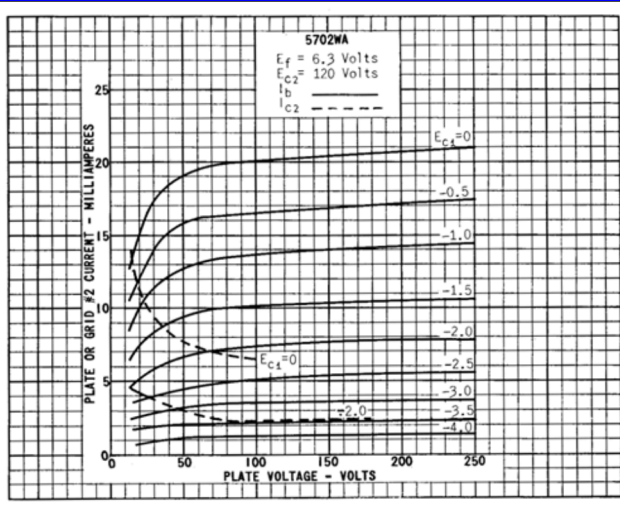
### Il Pentodo termoionico: esempi reali.



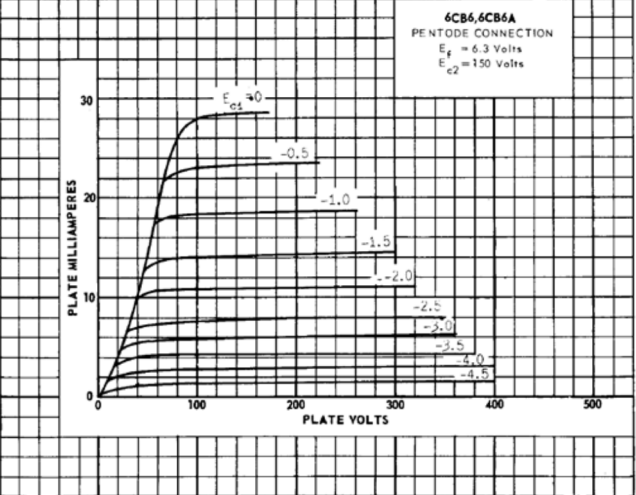


Per dare un'idea di quanto avanti si sia spinta la tecnologia nella costruzione delle valvole, sotto un esempio di valvola militare della sezione poco più grossa di una penna a sfera.

Come vedete dalle caratteristiche anodiche la massima tensione anodica è relativamente bassa a causa della vicinanza, viste le dimensioni, fra gli elettrodi.

Anche la potenza massima dissipata dall'anodo, poco più di 1Watt è in linea con le dimensioni.

		
<p>Valvola Pentodo 5702</p>	<p>Valvola Pentodo 5702</p>	<p>Valvola Pentodo 5702 - Caratteristiche anodiche. Produttori RAYTHEON, SYLVANIA TELEFUNKEN e altre. Subminiatura tipo 5702WA. Esecuzione militare.</p> <p>Pentodo amplificatore piccolo per applicazioni generali simili a 6AK5W, pendenza 5 mA / V.</p>

		
<p>Pentodo 6cb6 della FIVRE di fianco ad un righello per evidenziarne le dimensioni</p>	<p>Pentodo 6cb6 della FIVRE.</p>	<p>Caratteristiche anodiche della valvola pentodo 6cb6 della Fivre</p>

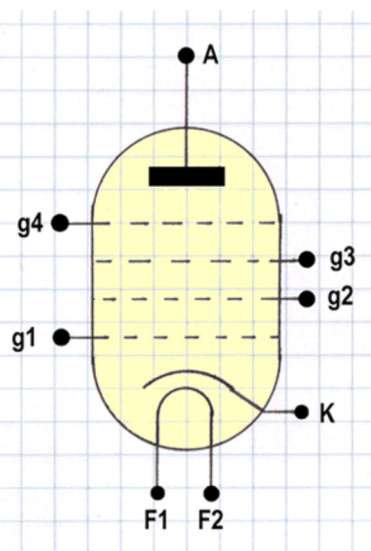
Per avere un'idea più precisa delle caratteristiche di un pentodo vi rimandiamo alla documentazione di riferimento di un tipico pentodo di piccola potenza usato nell'amplificazione audio l'EL84, e di un pentodo di media potenza l'EL34.

## Tipologia delle Valvole: Valvole Multigriglia

### Introduzione:

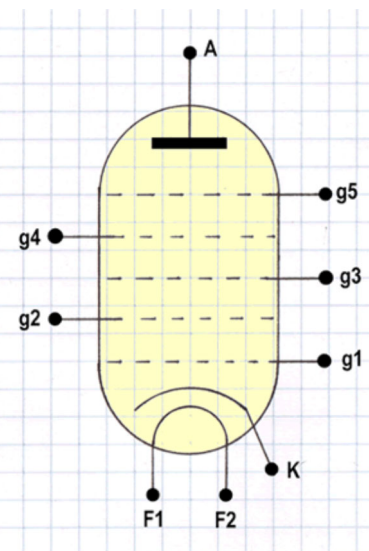
Per valvola multigriglia in questo contesto si intendono le valvole che hanno più griglie di un pentodo. Queste valvole vengono trattate solo per motivi di completezza perché normalmente non trovano impiego nell'amplificazione audio, ma come convertitrici di frequenza o miscelatrici nel campo della radiofrequenza.

Valvola multigriglia Esodo



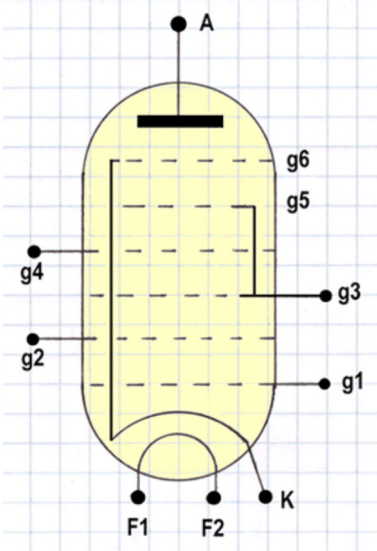
A=Anodo  
K=Catodo  
F1-F2=Filamenti  
g1=Griglia Controllo Oscillatore  
g2=Griglia Placca  
g3=Griglia Schermo  
g4=Controllo RF

Valvola multigriglia Eptodo



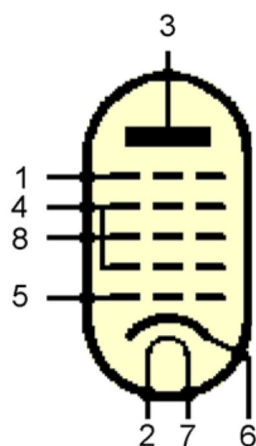
A=Anodo  
K=Catodo  
F1-F2=Filamenti  
g1=Griglia Controllo Oscillatore  
g2=Griglia Schermo  
g3=Griglia Placca  
g4=Griglia Schermo  
g5=Controllo RF

Valvola multigriglia Ottodo



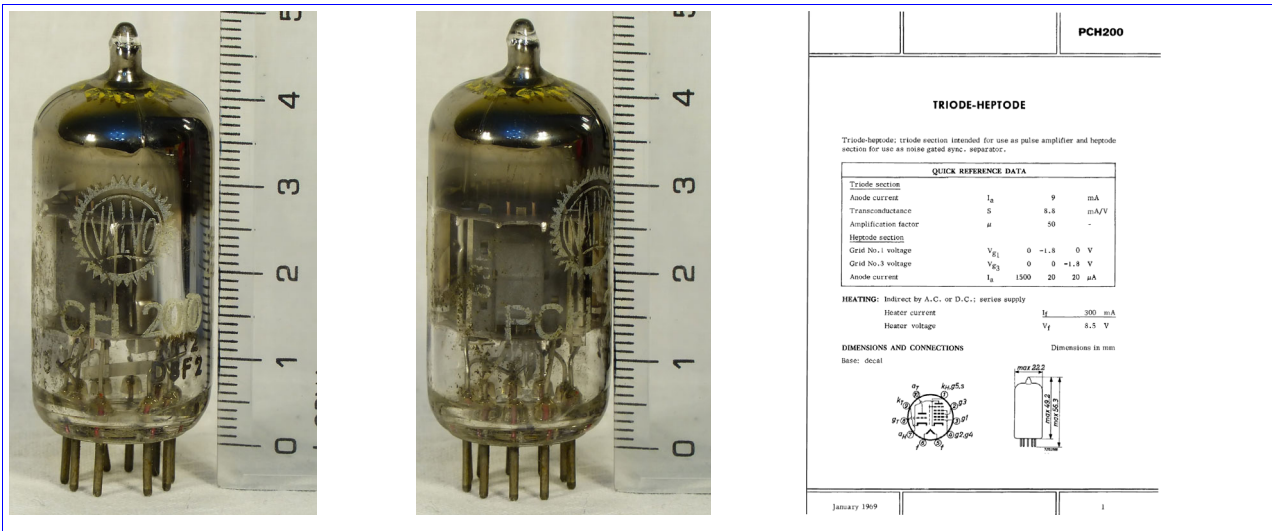
A=Anodo  
K=Catodo  
F1-F2=Filamenti  
g1=Griglia Controllo Oscillatore  
g2=Griglia Placca  
g3=Griglia Schermo  
g4=Controllo RF  
g5=Griglia Schermo  
g6=Griglia di Soppressione

Esempio di una valvole tipo 6SA7 (miscelatore, oscillatore) valvola del 1938 dotata di cinque griglie. Si tratta quindi di un eptodo.



Funzione delle griglie e relativo piedino dello zoccolo.

g1(5): griglia oscillatrice  
g2(4): griglia schermo  
g3(8): griglia controllo (a pendenza variabile)  
g4(4): griglia schermo  
g5(1): griglia soppressione



Classico esempio di tubo relativamente piccolo ma contenente due valvole distinte di cui una un triodo e l'altra un eptodo.

Pensate a quanto è complesso dal punto di vista meccanico creare una valvole del genere.



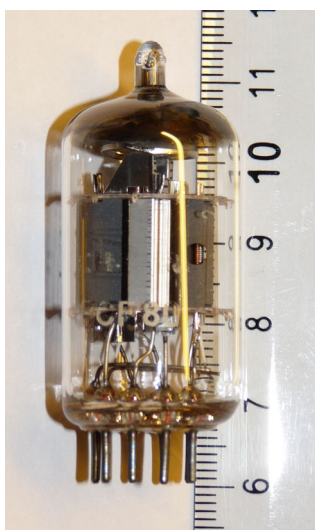
## Valvole Composte o Tubi Multipli

### Valvole Composte o Tubi Multipli

Nascono dalla necessità di ridurre gli ingombri seguendo la strada di inglobare quante più valvole possibile in un unico involucro, in un periodo in cui non esistevano ancora le valvole miniatura.

Per ridurre i piedini di collegamento esterno a volte venivano inglobati anche alcuni componenti ed i filamenti delle singole valvole venivano collegati in serie o parallelo direttamente all'interno della valvola.

### Esempio di Valvola Commerciale

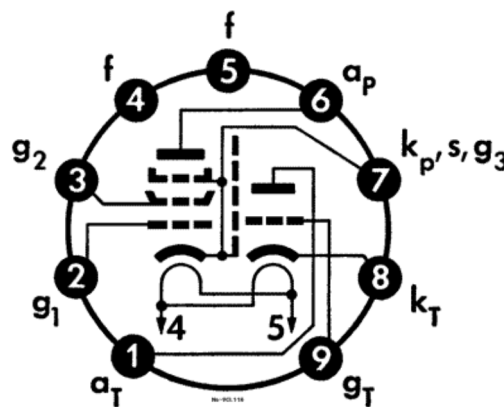


PCF80: Questa piccola valvola è un triodo-pentodo con catodi separati.

Nell'immagine a sinistra le dimensioni della valvole posta di fianco ad un righello, nel disegno a destra la piedinatura.

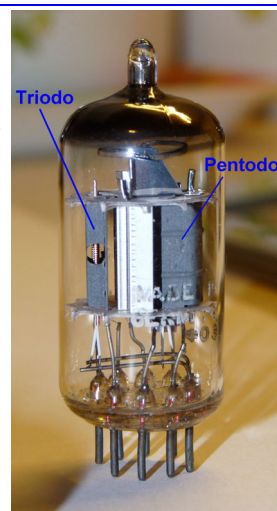
Si notano i filamenti delle due valvole presenti all'interno messi in parallelo.

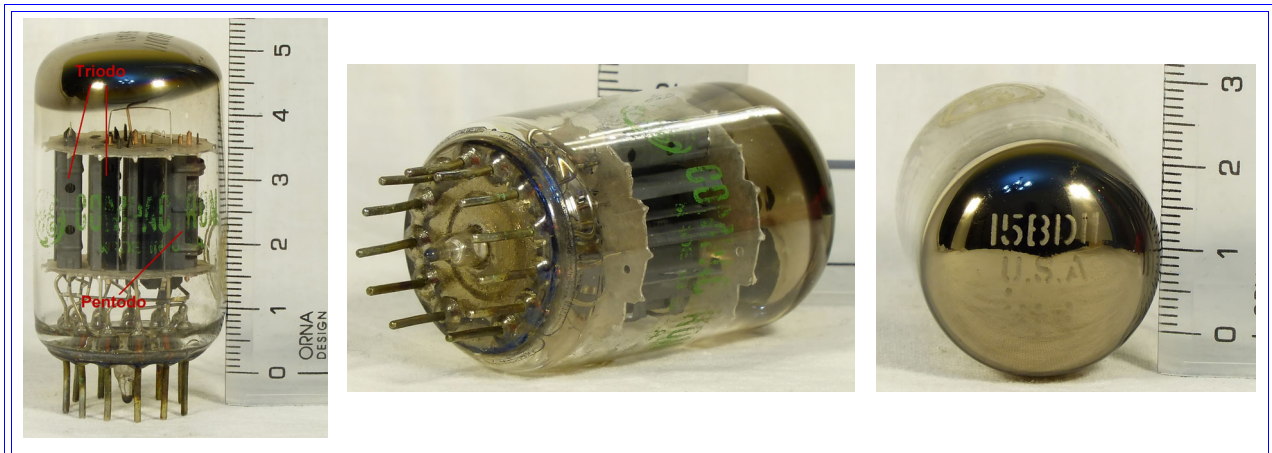
Da notare anche che fra le due valvole è posizionato uno schermo che è collegato al catodo e alla griglia di soppressione del pentodo.



PCF80: In questa foto si vedono chiaramente i due elementi all'interno della valvola, a sinistra il piccolo triodo e a destra con un ingombro decisamente maggiore il pentodo.

Nella parte superiore della valvola si può notare un anello di metallo posto a mo' di aureola all'interno del bulbo di vetro, si tratta del getter, che quando è stato attivato ha prodotto la metallizzazione sulla parte superiore della valvola, che indica che il vuoto all'interno si è mantenuto intatto (altrimenti la metallizzazione avrebbe un colore bianco).





Sopra una valvole composta da due triodi e un pentodo.

Per poterla collegare con il mondo esterno sono necessari zoccoli con 12 contatti.

Si tratta di una valvola che nonostante sia relativamente complessa ha delle dimensioni relativamente piccole

Di seguito sono riportate alcune valvole multiple che possono essere considerate delle vere opere d'arte per complessità e bellezza.

Una delle valvole più affascinanti, la Loewe 3NF incorpora tre triodi, due condensatori e quattro resistori in una singola ampolla.

L'inclusione dei componenti passivi ha ridotto il numero dei reofori richiesti a sei, ma per evitare che contaminino il vuoto, sono sigillati ad uno ad uno all'interno di tubetti di vetro.

Uno dei motivi che hanno portato allo sviluppo di questo dispositivo stupefacente è stato quello che in Germania c'era una tassa sulle radio riceventi basate sul numero di valvole impiegate nell'insieme, quindi dal 1926, Loewe Radio A.G ha prodotto la valvola 3NF ed anche la 2HF, che contiene all'interno due tetrodi, due resistori e un condensatore, destinato ad uso di amplificatore RF a due stadi.

Uno svantaggio evidente nel mettere tre valvole in un singolo contenitore è che se un filamento si rompe, il dispositivo intero diventa inutile.

Per ovviare a questo inconveniente Loewe ha offerto un servizio di riparazione per sostituire i filamenti danneggiati.

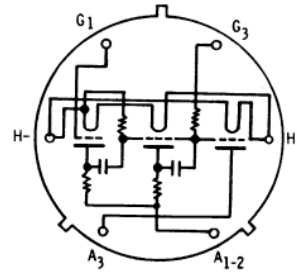
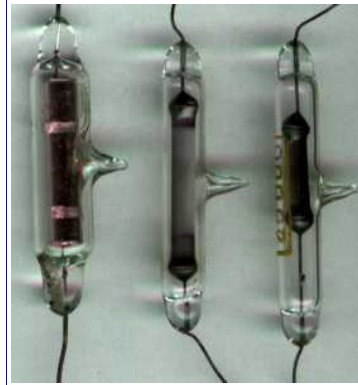




Sopra una foto di una valvola 3NF.



Sopra una foto ravvicinata di una valvola 3NF che mette in evidenza la complessità interna.



Nelle foto sopra dei componenti sotto-vetro (per evitare di contaminare il vuoto) inseriti all'interno della valvola per limitare il numero dei piedini di collegamento esterno.



A fianco una valvola 3NF e una radio che la monta.

NOTA: Le foto della Loewe 3NF sono di repertorio. Purtroppo non possediamo tale (costosissimo) tubo.

## Tipologia delle Valvole: Valvole Speciali

### Introduzione:

Per valvole speciali in questo contesto si intendono le valvole che hanno impieghi specifici per cui sono state espressamente progettate.

Queste valvole vengono trattate solo per motivi di completezza perché normalmente non trovano impiego nell'amplificazione audio.

### Thyratron



Tubo Thyratron Cerberus Männedorf Swiss GR16.

La condizione di valvola in conduzione è indicata dal gas neon incandescente.

La durata del tubo è di circa 25.000 ore.

Il thyratron o tiratron è un tubo riempito di gas utilizzato come interruttore per elevate potenze elettriche.

Si tratta essenzialmente di un raddrizzatore controllato, a gas.

La configurazione prevalentemente usata è quella a triodo, anche se sono state costruiti thyratron derivati dal tetrodo e dal pentodo.

Il gas utilizzato nel tubo può essere vapore di mercurio, xeno, neon e in applicazioni dove si abbia alta tensione o sia necessario un basso tempo di commutazione, anche idrogeno.

A differenza del tubo a vuoto il thyratron non può essere utilizzato come amplificatore lineare.

Il thyratron si è evoluto negli anni venti a partire dai tubi a vuoto come il UV-200, contenente una piccola quantità di argon per incrementare la sensibilità come rivelatore radio, ed il tubo-relè tedesco LRS, anche esso contenente gas argon.

Anche i dispositivi raddrizzatori a gas che hanno preceduto i tubi a vuoti, come i tubi ad argon e il raddrizzatore al mercurio hanno influito sull'ideazione del thyratron.

I primi studi che hanno portato all'ideazione del thyratron si devono a Irving Langmuir e G.S.

Meikle della General Electric nel 1914, ma il primo modello commerciale fu disponibile solamente nel 1928.

In un tipico thyratron a catodo caldo è presente un filamento riscaldato con funzione di catodo completamente circondato da una schermatura aperta da un lato attraverso una griglia di controllo, affacciata su una placca anodica.

Applicando un potenziale positivo all'anodo, se la griglia di controllo è allo stesso potenziale del catodo non si ha passaggio di corrente elettrica.

Se la griglia è portata ad un potenziale leggermente positivo, il gas compreso tra anodo e catodo si ionizza e conduce corrente.

Una volta che il flusso di corrente è innescato si mantiene fino a quando è presente una sufficiente differenza di potenziale tra anodo e catodo.

Riducendo la tensione anodica sotto una soglia il dispositivo si spegne.

La funzione dello schermo è di impedire che gli ioni possano passare per altre vie se non attraverso la griglia.

Il gas contenuto nel tubo ha una pressione pari ad una frazione di atmosfera, solitamente 1,5-3 Kilopascal.

Esistono versioni di thyatron a catodo freddo, ma il catodo caldo offre il vantaggio di una più facile ionizzazione e quindi una maggiore sensibilità dell'elettrodo di controllo.

In passato venivano fabbricati piccoli thyatron per il controllo di relè elettromeccanici e per applicazioni industriali come la regolazione di motori e saldatrici ad arco.

Grandi thyatron, in grado di gestire correnti di centinaia di migliaia di ampere e centinaia di migliaia di volt sono ancora costruiti.

I campi di applicazione attuali riguardano i sistemi radar a impulsi, i laser ad alta energia, dispositivi per radioterapia, bobine di Tesla e simili.

I thyatron sono anche impiegati in impianti trasmettenti televisivi in UHF, per proteggere i tubi finali da cortocircuiti interni, cortocircuitando l'alimentazione ad alta tensione per il tempo necessario all'intervento dell'interruttore automatico e allo scaricamento delle componenti induttive.

Il sistema è chiamato circuito crowbar.

Il thyatron è stato sostituito in molte applicazioni a bassa e media potenza dal suo equivalente a stato solido, il tiristore o Silicon Controlled Rectifier (SCR) e dai triac.

Dove si debbano commutare tensioni oltre i 20KV con tempi di intervento molto brevi si rientra nel campo di lavoro del thyatron.

Variazioni del thyatron sono il krytron, lo sprytron, l'ignitron e il raddrizzatore a scintilla controllata, attualmente ancora in uso.

## Ignitron

L'ignitron è un raddrizzatore controllato sviluppato negli anni trenta a partire dal tubo raddrizzatore al mercurio Cooper-Hewitt.

Il nome ignitron è un marchio registrato dalla General Electric, primo costruttore del dispositivo.

È costituito da:

- Un contenitore metallico contenente sul fondo una pozza di mercurio, in equilibrio con il proprio vapore, che costituisce il catodo.
- Un blocco di grafite sospeso sopra il mercurio da un supporto isolante costituisce l'anodo.
- Un elettrodo che pesca nella pozza di mercurio.

Un impulso di corrente viene applicato all'elettrodo e provoca il riscaldamento del mercurio con conseguente aumento della quantità di vapore e innesco di una scarica elettrica attraverso il vapore di mercurio tra anodo e catodo.

L'ignitron è usato nei raddrizzatori industriali da migliaia di ampere, come negli impianti di raffinazione elettrochimica dell'alluminio.

È impiegato anche in alcune locomotive elettriche laddove l'alimentazione sulla linea avviene in corrente alternata.

In alternativa all'ignitron era impiegato in passato il convertitore rotante e oggi il tiristore al silicio.

L'ignitron però è più resistente alle sovracorrenti ed alle tensioni inverse, e per questo è ancora usato

in diverse applicazioni.

### Krytron



Il krytron è una varietà di tubo a gas a bassa pressione e catodo freddo altamente specializzato, progettato come interruttore ad alta velocità e fu uno dei primi prodotti della EG&G Corporation.

E' per alcuni versi simile al thyatron.

Diversamente da altri tubi a gas il krytron usa una scarica ad arco nel gas per operare con alti voltaggi e correnti (fino a circa 5 kV e fino a circa 3KA).

Il krytron è un dispositivo che attua un controllo di un arco voltaico fra due elettrodi ed è stato originariamente sviluppato per trasmettitori radar durante la seconda guerra mondiale.

Il gas usato può essere Idrogeno o gas nobili come il Krypton o una miscela.

La sua particolarità è che riesce ad innescare l'arco voltaico fra gli elettrodi in tempi molto bassi perché si basa su plasma di gas già presente per innescare la scarica senza aspettare che il plasma di gas si formi.

Tempi di commutazione di meno di 1 nanosecondo sono realizzabili con il krytrons e l'intervallo di tempo tra l'applicazione di trigger e l'inizio di commutazione può essere inferiore ai 30 nSec con un circuito driver ottimizzato.

Nel dettaglio: ci sono quattro elettrodi in un krytron.

Due sono ovviamente l'anodo e il catodo, il terzo viene chiamato elettrodo keep-alive disposto in vicinanza del catodo.

Il quarto è la griglia di controllo.

L'elettrodo keep-alive ha un basso potenziale positivo applicato che causa una piccola area di ionizzazione di gas attorno al catodo.

Quando l'alta tensione viene applicata all'anodo la conduzione non inizia se non viene applicato un impulso positivo all'elettrodo di controllo (la griglia).

Una volta partito l'arco passa una notevole corrente.

In alcune versioni del krytron al posto dell'elettrodo keep-alive viene usata una piccola quantità di materiale radioattivo che emettendo particelle beta ionizza il gas attorno al catodo.

Una volta partito l'arco voltaico perdura fino a che la tensione fra anodo e catodo non scende sotto un determinato valore di mantenimento.

### Sprytron

Il Sprytron, altrimenti noto come Krytron a vuoto, è un dispositivo dalle prestazioni molto simili al Krytron.

In genere presenta un tempo di ritardo fra attivazione e conduzione leggermente inferiore rispetto al Krytron.

Lo Sprytron è progettato per l'uso in ambienti con alti livelli di radiazioni. E' un tubo a vuoto spinto a

differenza del Krytron che, come osservato in precedenza contiene un gas a bassa pressione.

Il motivo per l'uso del vuoto spinto è da ricercarsi nel fatto che in un ambiente saturo di radiazioni se ci fosse all'interno del gas, ionizzerebbe innescando la conduzione in modo incontrollato.

Il Sprytron richiede un impulso di trigger più potente del Krytron, in quanto il dispositivo funziona formando un arco direttamente tra l'anodo e il catodo, e per spegnerlo occorre diminuire la tensione sotto il valore di mantenimento.

### **Tubo Fotomoltiplicatore**

Un tubo fotomoltiplicatore è un rivelatore elettronico di luce estremamente sensibile con una amplificazione che può arrivare a valori elevatissimi ( $10^8$ ).

Il dispositivo è talmente sensibile da potere rilevare un singolo fotone.

Il fotomoltiplicatore è costituito da un tubo in vetro al cui interno è stato praticato il vuoto, in cui è presente un catodo di materiale atto a emettere elettroni quando colpito dalla luce, un anodo e diversi elettrodi chiamati dinodi che sono il cuore vero e proprio del fotomoltiplicatore.

Il funzionamento del fotomoltiplicatore si basa principalmente su due effetti: l'effetto fotoelettrico (catodo ricoperto di materiale fotosensibile) e l'emissione secondaria (cioè l'elettromoltiplicazione eseguita dai dinodi).

I fotoni colpiscono attraverso una finestrella di ingresso una superficie chiamata fotocatodo, ricoperta di uno strato di materiale che favorisce l'effetto fotoelettrico.

A causa di questo effetto vengono emessi degli elettroni, chiamati fotoelettroni che sono focalizzati da un elettrodo verso lo stadio di moltiplicazione che è costituito da una serie di elettrodi (i dinodi) ciascuno caricato ad un potenziale superiore al precedente.

Il primo elettrone emesso per effetto fotoelettrico subisce una accelerazione a causa del campo elettrico e acquisisce energia cinetica.

Quando l'elettrone colpisce il primo dinodo provoca l'emissione secondaria di diversi elettroni di minore energia.

La struttura del sistema è progettata in modo che ciascun elettrone emesso da un elettrodo venga accelerato e provochi l'emissione di diversi elettroni dal dinodo successivo.

Si ha così un fenomeno a cascata per cui un singolo fotone che colpisce il tubo provoca il passaggio di moltissimi elettroni.

Questo genere di sensori non è ancora stato rimpiazzato da dispositivi a semiconduttore per le caratteristiche peculiari dello stesso, come ad esempio l'altissima amplificazione e il bassissimo rumore, l'impiego tuttora è nei campi dell'astronomia, della fisica e della medicina.

### **Iconoscopio: il primo tubo termoionico da ripresa**

Si tratta del primo tubo da ripresa inventato, costituito da una ampolla di vetro in cui veniva praticato, il vuoto spinto.

All'interno vi era una lastra di mica metallizzata da un lato e coperta dall'altro lato di microscopici granuli di ossido di cesio, ciascuno dei quali forma un piccolo condensatore con la superficie metallizzata.

Quando un granulo di ossido di cesio viene investito dalla luce, rilascia elettroni caricando così il singolo condensatore elementare.

Un fascio di elettroni emessi da un catodo (Questo apparato appartiene di diritto alle valvole termoioniche in quanto il catodo che genera gli elettroni è caldo) e opportunamente focalizzati e direzionati scansiona la superficie della lastra di mica e provoca la scarica dei microscopici condensatori che modulano la corrente del fascio di elettroni.

La modulazione della corrente contiene l'informazione sulla luce che investe la lastra di mica.

Quindi con il procedimento inverso era possibile attraverso un tubo a raggi catodici ricostruire

l'immagine originaria (ovviamente in toni di grigio).

A questo tubo da ripresa ne seguirono molti altri, uguali come principio di funzionamento per quello che riguarda l'elemento fotosensibile, ma diversi per metodologia della scansione dello stesso che hanno permesso di migliorare progressivamente le caratteristiche di sensibilità e di eliminazione dell'effetto "cometa" che è costituito dalla scia luminosa che lasciavano le forti luci per una combinazione di saturazione dell'elemento recettore e per la persistenza di detta saturazione.



## Nuvistori RCA

### I nuvistori (RCA)

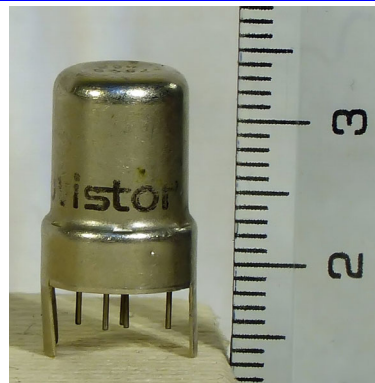
I nuvistori, prodotti dalla RCA e messi sul mercato nel 1959, sono state le ultime valvole termoioniche progettate nel periodo "classico", la massima espressione della tecnologia valvolare, quando già i transistor stavano conquistando il mercato.

Erano realizzati con un involucro metallico, in contenitori cilindrici del diametro di 10 mm e dell'altezza di 20 mm.

Il fondo era realizzato con del materiale ceramico, dal quale fuoriuscivano i piedini protetti da due linguette di metallo che fungevano anche da "chiave" per l'inserimento nello zoccolo.



Nuvistore (RCA) triodo 7895 visto dall'alto. Notare le dimensioni sul righello.



Nuvistore messo in piedi, si nota la scritta che identifica il componente.

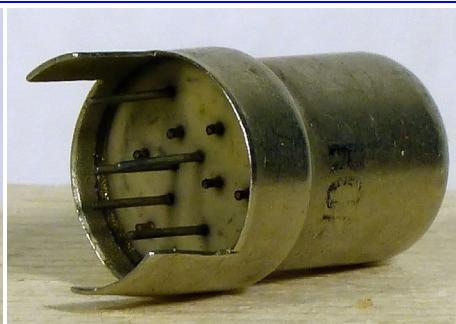
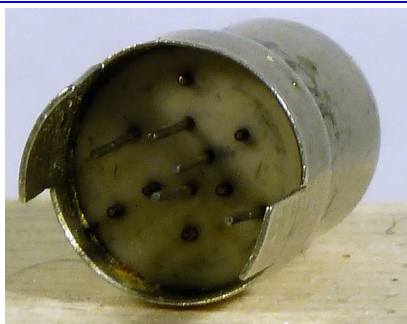


Foto dei piedini del nuvistore visto dal basso.



Alcuni nuvistori in rapporto con una valvola miniatura in vetro e accanto ad un righello. Le dimensioni sono dell'ordine di un transistor di piccola potenza.

## Tubi indicatori di sintonia "occhio magico"

Sono valvole termoioniche a tutti gli effetti, venivano montate come indicatore di sintonia negli apparecchi radio ed evidenziavano la corretta sintonia tramite un settore luminoso sul fianco o sulla testa della valvola.

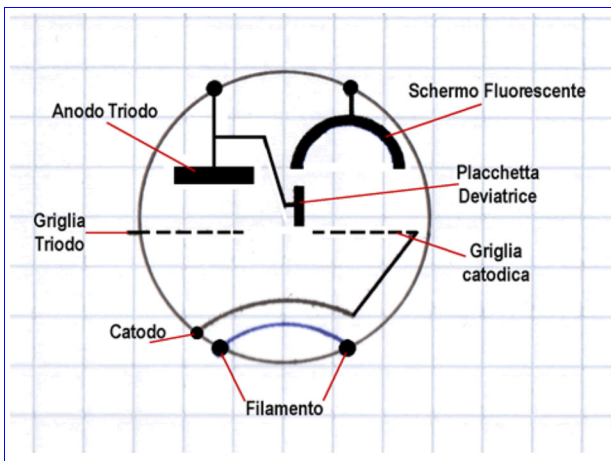
La costruzione è la seguente: nella parte superiore di queste valvole vi è uno schermo metallico di forma conica, ricoperto con del materiale fluorescente che diventa luminoso quando è colpito dagli elettroni emessi dal catodo (come il tubo a raggi catodici della televisione classica).

Lo schermo fluorescente è alimentato con una tensione relativamente alta di 250Volt.

Il catodo è al centro dello schermo conico ed è coperto rispetto all'osservatore da una piccola cupola con la funzione di "nascondere" la luminosità di quest'ultimo, il flusso di elettroni è controllato da due piccole aste dette anche bacchette deviatrici.

Queste sono collegate alla placca di un triodo che funge da rivelatore per la radio di cui vogliamo controllare la sintonia che è presente nella stessa valvola.

In pratica le placchette deviano il flusso degli elettroni fanno in modo che questi vengano a contatto con una parte più o meno ampia dello schermo fluorescente, dando una indicazione della sintonia.

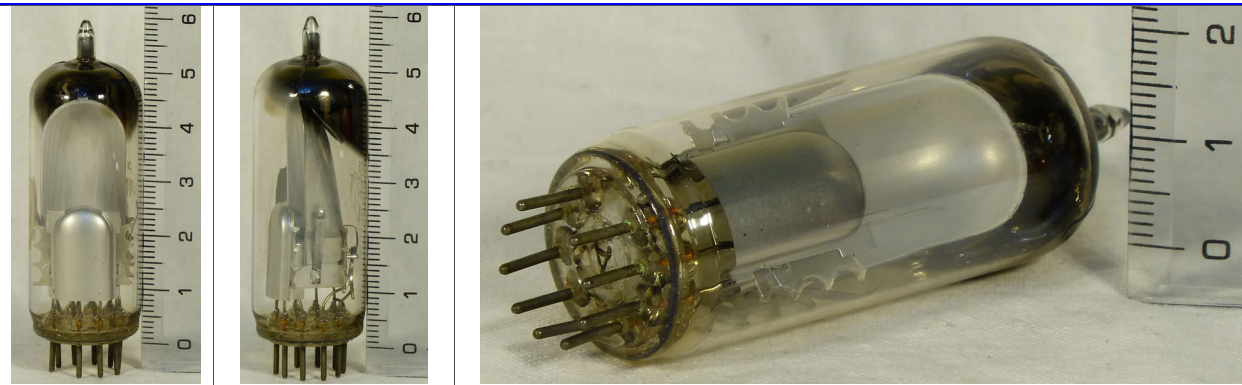


Sulla sinistra il simbolo circuitale di un indicatore di sintonia "occhio magico".

Questo componente non viene mostrato in questo sito solo per dovere di cronaca, è impiegato (di rado) negli amplificatori, in una sua variante, come indicatore di livello al posto del solito strumentino a lancetta, in quanto molto più "coreografico".

Sotto una rappresentazione schematizzata del funzionamento dell'occhio magico utile per la comprensione del principio di funzionamento.

<p>Occhio Magico spento. Si notino le placchette che hanno la funzione di deflettere gli elettroni diretti dal catodo verso l'anodo e lo schermo ottico che ha la funzione estetica di non far vedere il rosso del catodo acceso.</p>	<p>Occhio magico acceso con le placchette non polarizzate: lo schermo è completamente illuminato. Tutti gli elettroni emessi colpiscono tutta la superficie del catodo illuminandolo completamente.</p>	<p>Occhio magico acceso con le placchette polarizzate leggermente negative rispetto al catodo: lo schermo è parzialmente illuminato. In rosa il campo indotto nello spazio circostante dalle placchette.</p>	<p>Occhio magico acceso con le placchette polarizzate fortemente negative rispetto al catodo: lo schermo è parzialmente illuminato solo nella parte centrale. In rosa il campo indotto nello spazio circostante dalle placchette.</p>



Sopra un classico esempio, un occhio magico a ventaglio fra i più usati un EM81 Philips. Emette una luce verde.







Occhio magico a barra di tipo EM87.  
Le fotografie sono state gentilmente fornite dal  
sig.  
Davide Romano.

## Vacuum fluorescent display o VFD

### Vacuum fluorescent display o VFD

Il display fluorescente a vuoto (vacuum fluorescent display o VFD) non va confuso con il nixie, come spesso accade.

Si tratta di una valvola termoionica a tutti gli effetti, non ha gas all'interno e ha il catodo caldo.

Il VFD è a tutti gli effetti un triodo in cui diversi anodi sono ricoperti da fosfori e organizzati in matrici che accendendosi generano i vari simboli.

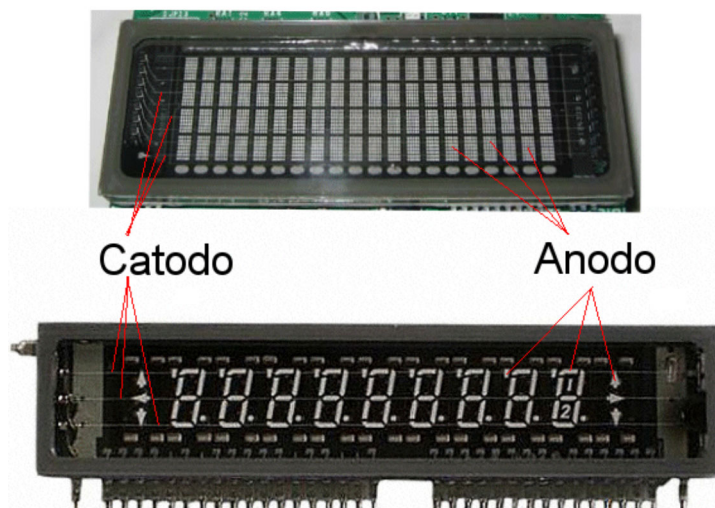
Di solito è di colore verde e veniva usato, per esempio, nelle calcolatrici, nei display dei videoregistratori e nei display dei forni a microonde.

I VFD potevano essere anche molto complessi e integrare svariate funzioni.

Nella foto sotto uno dei primi modelli di calcolatrice scientifica basata su microprocessore con display a vdf, la Casio Fx-31 del 1978.



### Storia del display fluorescente a vuoto



Il display fluorescente a vuoto è un dispositivo di visualizzazione utilizzato comunemente in elettronica di consumo attrezzature come videoregistratori, le autoradio, gli stereo, i forni a microonde ecc..

Inventato in Giappone nel 1967, il display è diventato comune in ambito di calcolatori e altri dispositivi elettronici consumer.

A differenza dei display a cristalli liquidi, un VFD emette una luce molto luminosa con elevato contrasto e in grado di supportare elementi di visualizzazione di vari colori.

Il VFD è in grado di visualizzare numeri a sette segmenti, caratteri alfanumerici multi-segmento o può essere fatto in forma di matrice di punti per visualizzare i diversi caratteri alfanumerici e simboli.

In pratica, vi sono pochi limiti alla forma dell'immagine che può essere visualizzata: dipende solo dalla forma del fosforo sull'anodo.

Il funzionamento è lo stesso su cui si basano le lampade fluorescenti o il cinescopio della televisione.

Si tratta di stimolare l'emissione di luce da parte di fosfori.

Nella foto sopra due modelli di VFD (quello sopra con anodo a matrice, quello sotto con visualizzazione a sette segmenti) e i relativi elettrodi che si vedono all'interno attraverso il vetro.

### Costruzione meccanica

Un display VFD è costituito da un catodo riscaldato, da una griglia e da tanti anodi ricoperti di fosfori, il tutto racchiuso in un contenitore di vetro in cui viene ricavato il vuoto spinto.

Il catodo è composto da fili di tungsteno ricoperti da ossidi metallici per aumentarne l'emissione di elettroni, quando viene percorso da corrente.

A differenza dei catodi delle valvole termoioniche tradizionali, questi catodi sono progettati per essere efficienti a temperature molto più basse, ragione per cui si intravedono a malapena quando sono accesi.

Gli elettroni vengono controllati e diffusi dalla griglia (che viene polarizzata positiva rispetto al catodo) che è realizzata in modo tale da non ostacolarne il moto.

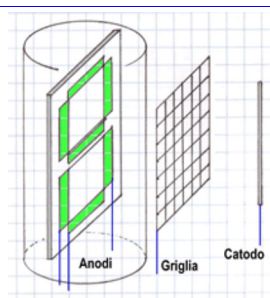
Alla fine gli elettroni arrivano agli anodi che sono ricoperti di fosforo e si illuminano.

I vari segmenti (anodi) che compongono i caratteri vengono polarizzati positivamente quando devono accendersi.



Di solito per limitare il numero dei fili vengono comandati da un multiplexer e pilotati con una matrice di indirizzamento.

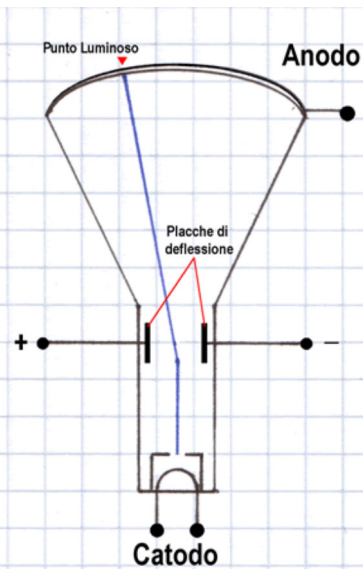
A differenza degli LCD questi display funzionano anche a basse temperature e sono molto più visibili anche in ambiente luminoso.





## Tubo a raggi catodici / CRT / Cinescopio

### Il cinescopio, la valvola che ci ha cambiato la vita (in peggio??)



Questa valvola viene trattata per conoscenza / completezza in quanto assolutamente fuori tema in questo libro/sito in quanto nulla ha a che vedere con l'amplificazione del suono.

Certo, il cinescopio è a tutti gli effetti un tubo termoionico a vuoto spinto, quindi a tutti gli effetti una valvola termoionica.

Funziona nel seguente modo: il catodo riscaldato emette elettroni che vengono accelerati verso l'anodo-schermo da una tensione positiva di diverse decine di migliaia di volt, il quale è di vetro trasparente ricoperto di fosforo.

Durante il tragitto passa attraverso due coppie di placchette di deflessione (due di deflessione orizzontale e due di verticale) che deviano il raggio e lo dirottano a piacimento sulla superficie dell'anodo-schermo.

Questa è la versione e deflessione elettrostatica che si usa negli strumenti di misura in quanto più precisa, nelle televisioni, si usa la deflessione magnetica, perché meno ingombrante.

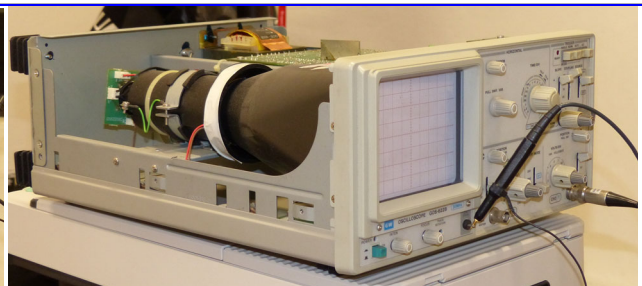
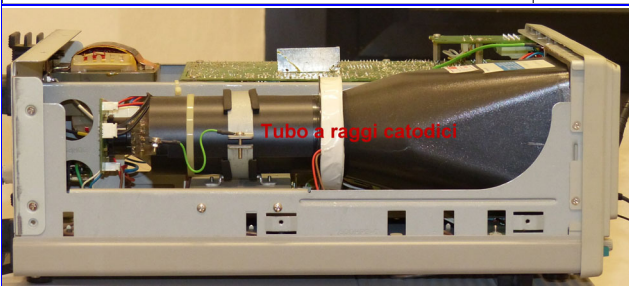


L'oscilloscopio analogico classico è un impiego del tubo a raggi catodici a deflessione elettrostatica.

La deflessione elettrostatica, nonostante sia più "ingombrante" rispetto a quella magnetica è particolarmente precisa, quindi ottima per essere impiegata negli strumenti di misura.

Anche questo impiego del tubo a raggi catodici sta tramontando, con l'avvento del computer e del campionario, unito ai display a cristalli liquidi o meglio ancora a led organici.

L'oscilloscopio campionario ha soppiantato quello analogico.



Come si nota nelle foto sopra il tubo a raggi catodici di un oscilloscopio, quindi a deflessione elettrostatica è molto più lungo (rapportato alla dimensione dello schermo) di uno a deflessione magnetica (di seguito).

Di seguito alcune foto di un cinescopio di un monitor da PC.

Si tratta di un cinescopio a deflessione magnetica.



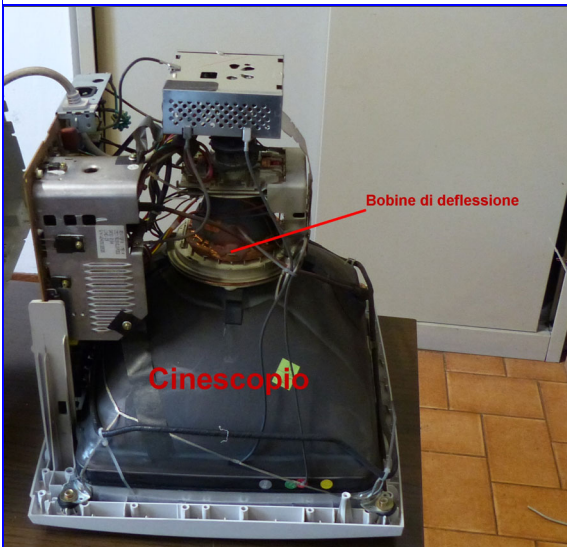
Monitor di computer con tubo a raggi catodici. L'ingombro in profondità è dovuto a questo componente.



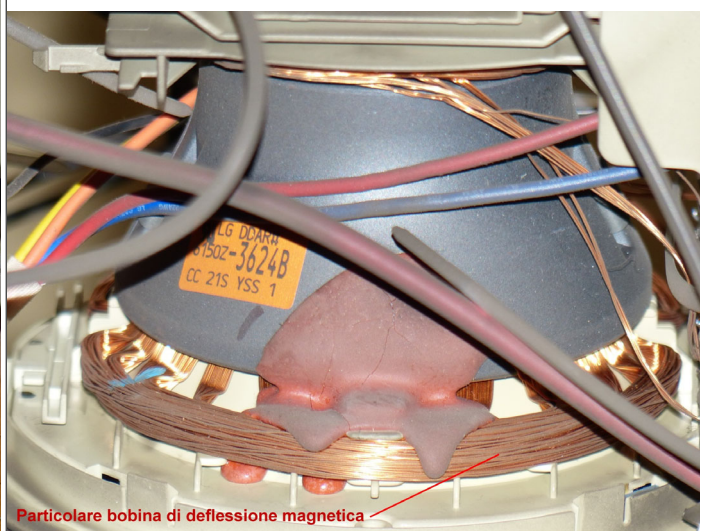
La parte anteriore del tubo a raggi catodici costituito da uno schermo ricoperto di fosfori che eccitati dagli elettroni diventano luminosi e compongono l'immagine che verrà visualizzata.



La parte posteriore del monitor è quella che ospita il cannone elettronico che in altre parole è il catodo del tubo a raggi catodici.



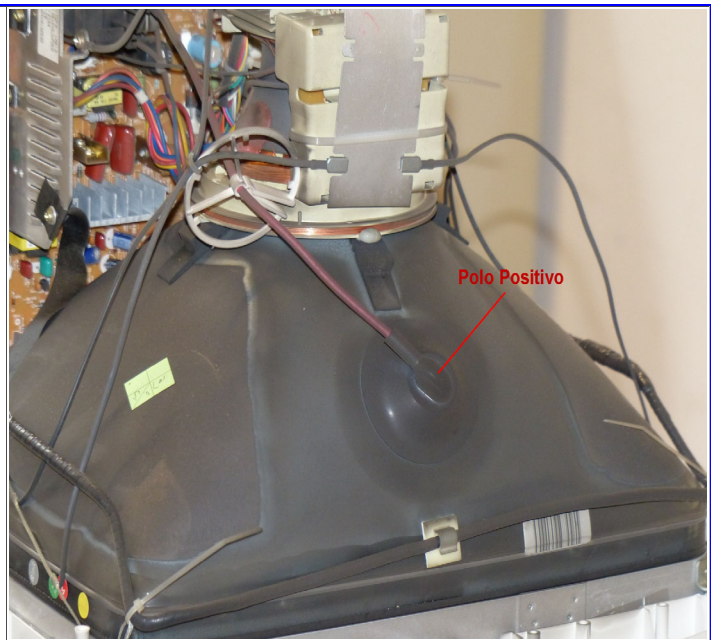
Monitor di computer smontato. Si nota il tubo a raggi catodici o cinescopio che di si voglia e le bobine di deflessione magnetica.



Particolare delle bobine di deflessione magnetica del cinescopio. L'avvolgimento è bloccato con una colata di resina.



Catodo/Cannone elettronico  
Zoccolo della "Valvola"



Polo Positivo

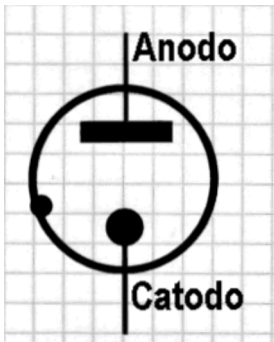
Particolare del catodo (cannone elettronico) del tubo a raggi catodici.

Polo positivo del tubo a raggi catodici.



## Valvola regolatrice di tensione

### Valvola Regolatrice di tensione (RT)



La valvola regolatrice di tensione è un componente elettronico utilizzato come regolatore shunt per mantenere costante una tensione.

Questo dispositivo è un tubo a scarica nel gas ed è più simile ad una lampada al neon che ad una valvola termoionica.

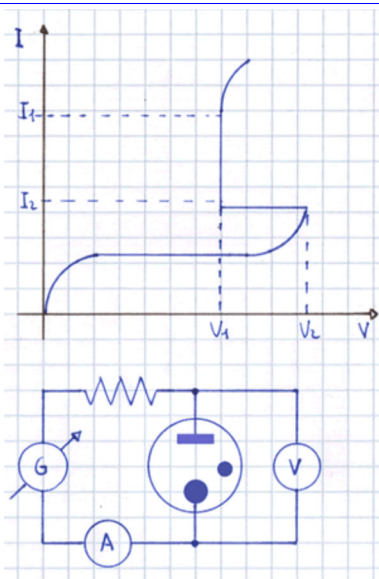
Questi dispositivi sono costruttivamente e visivamente molto simili ai tubi a vuoto ma hanno caratteristiche completamente diverse:

- Prima di tutto non sono tubi a vuoto ma sono riempiti di un gas.
- Non hanno un filamento e il catodo non è riscaldato, quindi NON sono valvole termoioniche.

A sinistra: Simbolo circuitale della valvola regolatrice di tensione.

Il pallino nero a sinistra rappresenta la presenza di gas all'interno.

### Dettaglio di funzionamento



In riferimento al disegno a sinistra, si possono trarre le seguenti considerazioni: dal punto di vista elettrico hanno delle similitudini con i diodi Zener ma il loro funzionamento è dovuto alla ionizzazione di un gas (come nelle lampade neon) che ha la caratteristica di ionizzarsi ad una ben determinata tensione.

Per far partire il fenomeno occorre una tensione di innesco ( $V_2$ ) che di norma è il 15-20% più alta della tensione di uscita nominale del tubo ( $V_1$ ).

Per il funzionamento di questo dispositivo occorre mantenersi dentro ben precisi parametri (fra i valori di  $I$  compresi fra  $I_1$  ed  $I_2$ ) di funzionamento altrimenti il valore della tensione in uscita non è garantito.

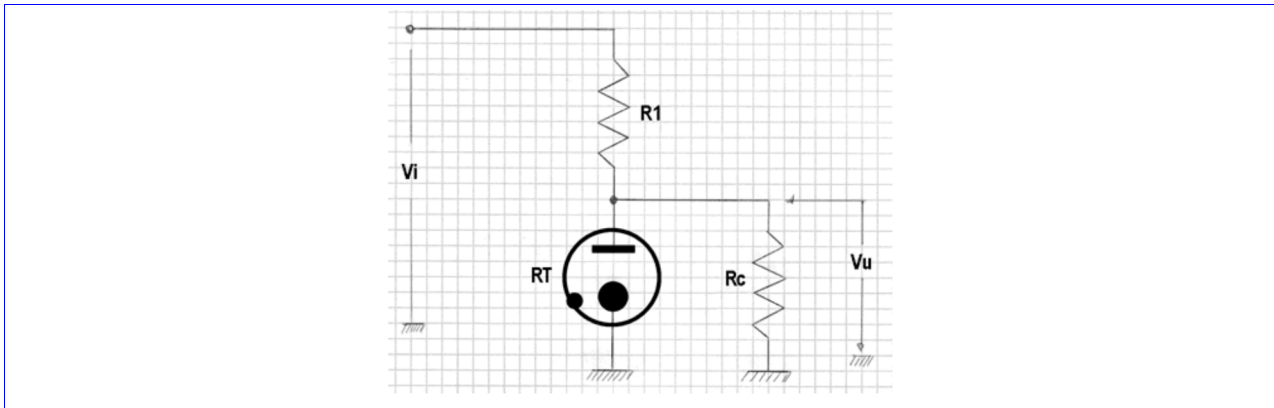
Quando una tensione di valore sufficientemente elevato viene applicata agli elettrodi, il gas ionizza e inizia la conduzione formando una scarica luminescente attorno al catodo.

Il tubo RT funziona quindi come un dispositivo a resistenza negativa, ovvero all'aumentare della tensione si abbassa la resistenza interna.

Questo è dovuto al fatto che all'aumentare della tensione aumenta la quantità di gas ionizzato e la resistenza del dispositivo si riduce.

Praticamente il RT conduce corrente sufficiente per tenere la tensione ai morsetti al valore desiderato.

Di solito in serie al RT viene posta una resistenza, la corrente che attraversa la resistenza è la somma di quella che passa nell'RT più quella che passa nel carico che è posto in parallelo all'RT.



Nel disegno sopra è riportato lo schema applicativo base del Regolatore di Tensione.

Ponendo  $V_i > V_u$ .

Calcolo di tutti i componenti tenendo conto che  $V_{RT}=100$  e  $V_i=200$  e  $I_{RTmax}=10mA$  (questi valori non reali sono stati scelti per semplicità di calcolo)

Tensione di innesco di RT=  $V_{RT} + V_{RT}/100 * 20 = 120$  Volt

Tensione  $V_{R1}=V_i-V_u=100$  Volt

Resistenza  $R_1=V_{R1}/I_{RTmax}=100/0,01=10K\Omega$

La resistenza di carico  $R_c$  può variare da infinito a  $10K\Omega$  non tenendo conto della corrente minima di mantenimento del RT.

Quando la tensione sufficiente è applicata attraverso gli elettrodi, il gas ionizza, formando una scarica luminescente intorno al catodo degli elettrodi.

Il tubo VR agisce quindi come un dispositivo a resistenza negativa, se la corrente attraverso il dispositivo aumenta, la quantità di ionizzazione aumenta, riducendo la resistenza del dispositivo.

In questo modo, il dispositivo mantiene la tensione al valore desiderato.

I limiti di utilizzo di questi tubi RT come già accennato sono la corrente minima di mantenimento della ionizzazione, la corrente massima che attraversa il tubo (per ragioni di dissipazione termica e per pericolo di innesco di un arco elettrico distruttivo).

Un altro limite di questi componenti è che generano del rumore dovuto al fatto che la ionizzazione non è un fenomeno continuo ma subisce delle piccole fluttuazioni che producono rumore elettrico sul carico.

Tuttavia questo è facilmente ovviabile mettendo in parallelo al carico un condensatore.

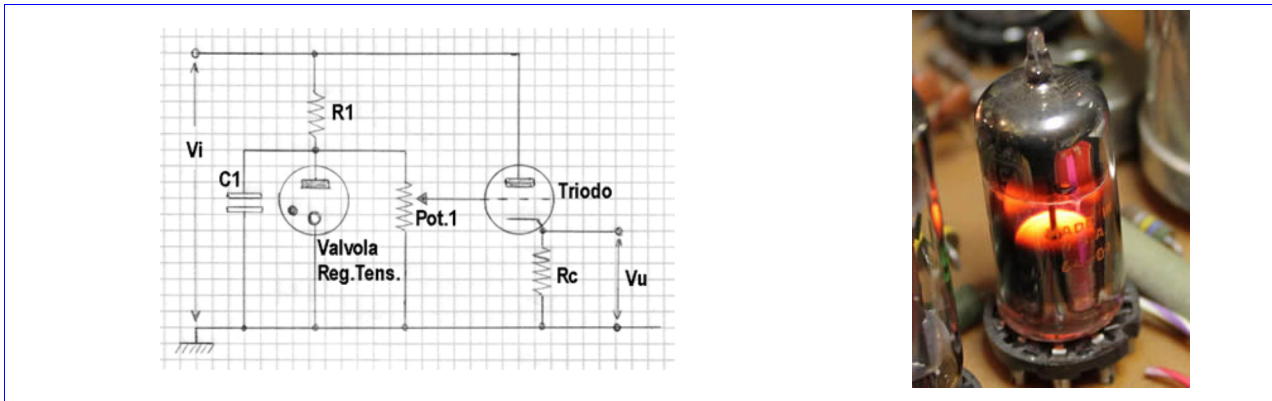
Per problemi di tolleranze costruttive (non sono tutti esattamente uguali) i RT non possono essere collegati in parallelo (per aumentare la corrente che passa nel circuito), ma se sono dello stesso tipo possono essere collegati in serie (per aumentare la tensione di uscita stabilizzata).

Molto di rado questi tubi vengono impiegati come mostrato nel circuito applicativo sopra, più spesso servono come riferimento di tensione per altre valvole negli alimentatori stabilizzati.

Attualmente questi tubi sono stati sostituiti anche nei circuiti valvolari con componenti allo stato solido (Diodi Zener).

Resistono solo nelle realizzazioni di costruttori che li usano ancora per motivi di coerenza con gli schemi originali.

Curiosità: Il colore della luce varia a seconda della miscela di gas usata per riempire i tubi.



Le disegno sopra un esempio di alimentatore stabilizzato a valvole che impiega un diodo Regolatore di Tensione e un Triodo nella configurazione a inseguitore catodico.

La particolarità di questo circuito è che la tensione di uscita è regolabile con il potenziometro Pot.1.

Il condensatore C1 è stato messo allo scopo di eliminare il rumore prodotto dal regolatore di tensione.

La tensione in uscita è regolabile da 0 V a  $V_R - V_{gc}$  dove  $V_R$  è la tensione nominale della valvola RT e  $V_{gc}$  è la tensione di polarizzazione griglia-catodo, mentre la massima corrente in uscita è limitata solo dalle caratteristiche intrinseche del triodo e dei circuiti a monte dello stabilizzatore.



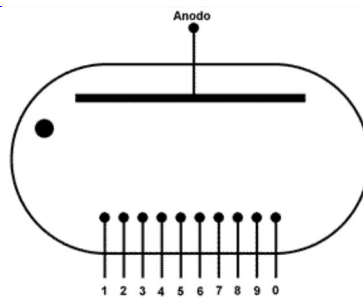
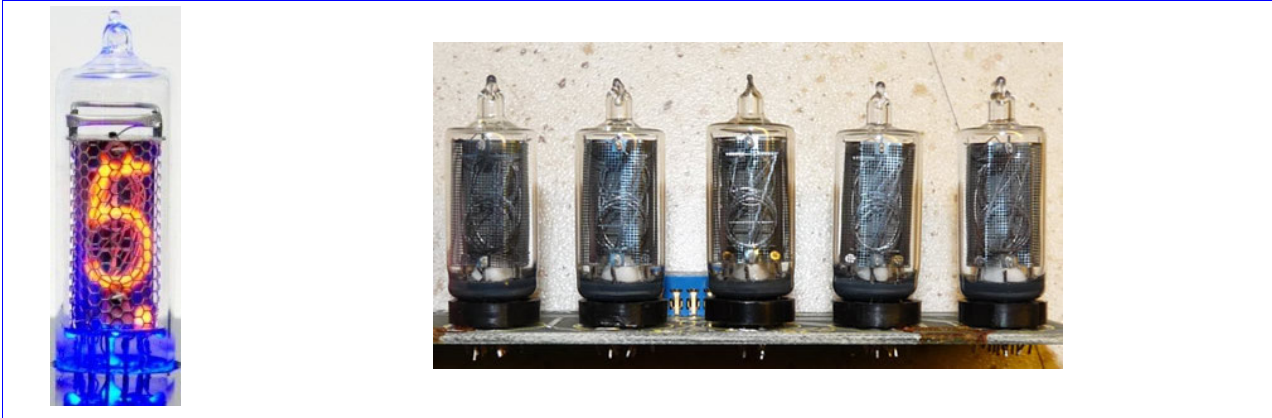
## Tubo Nixie: il display numerico

### Nixie: Di cosa si tratta

Il tubo nixie può essere considerato una variante della lampada al neon, è un display di solito numerico, ma può rappresentare qualsiasi simbolo.

Il colore dell'alone luminoso che compare attorno al simbolo da visualizzare, solitamente di tonalità arancio, dipende dalle percentuali delle miscele di gas contenute.

Per aumentare il contrasto e nascondere alla vista la struttura interna, alcune tipologie presentano esternamente una smaltatura trasparente arancione o rossa che funge da filtro ottico.



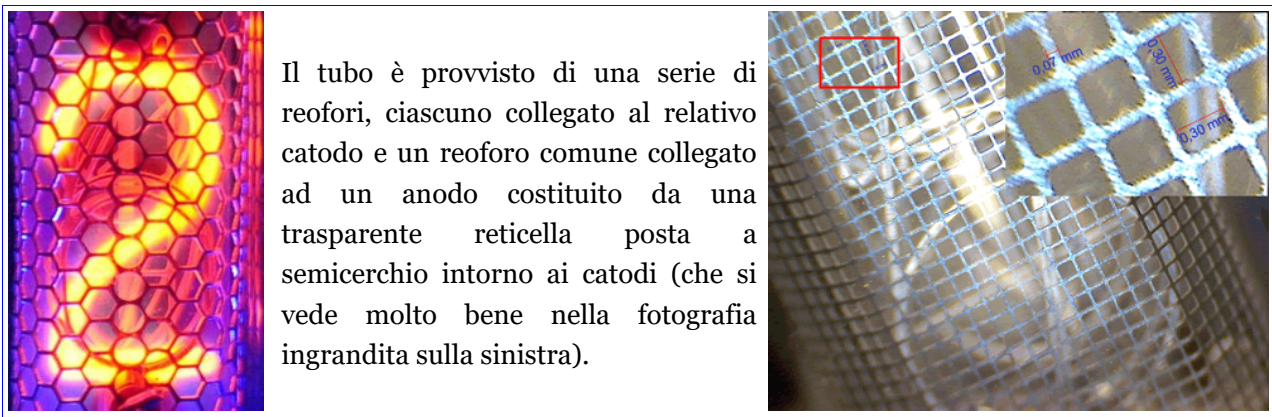
Sopra il simbolo circuitale del tubo nixie.

Il pallino nero all'interno indica la presenza di un gas.

Si nota un catodo per ogni simbolo che vogliamo visualizzare.

### Nixie: Struttura Meccanica

È costituito da un tubo all'apparenza simile alla valvola termoionica, al cui interno sono disposti un anodo (particolare foto a destra) e una serie di elettrodi sagomati a forma delle dieci cifre decimali (catodi) e all'occorrenza altri simboli (come +, -, %, etc.), sovrapposti uno sull'altro e leggermente distanziati tra di loro.



Il tubo è provvisto di una serie di reofori, ciascuno collegato al relativo catodo e un reoforo comune collegato ad un anodo costituito da una trasparente reticella posta a semicerchio intorno ai catodi (che si vede molto bene nella fotografia ingrandita sulla sinistra).

All'interno del tubo è contenuta una miscela di gas, di solito neon, ma anche mercurio e argon. La scarica di gas forma un alone di plasma intorno al catodo di turno, permettendone l'illuminazione.

### **Nixie: Caratteristiche Elettriche**

L'accensione delle cifre avviene fornendo una tensione continua di circa 170 volt tra l'anodo e uno degli elettrodi costituenti i catodi con una corrente di qualche milliAmpere limitata di solito da un resistore.

La corrente richiesta è in funzione del modello di nixie, di solito qualche milliAmpere.

Il Nixie ha pendenza negativa, quindi, dopo l'accensione, richiede per il mantenimento una tensione di 20-30 Volt più bassa di quella di innesco.

### **Nixie: Durata nel tempo e difetti**

La durata di un nixie dell'ultima generazione può arrivare a 200.000 ore, mentre era di circa 5000 ore nei primi modelli immessi sul mercato.

Si tratta di un componente relativamente fragile, quindi suscettibile di rotture del vetro e degli elettrodi interni dovuta a vibrazioni e con possibile infiltrazione di aria esterna che rende il display inutilizzabile.

Di seguito i problemi più comuni:

- rottura meccanica semplice,
- perdita delle tenuta ermetica che consente all'atmosfera di entrare,
- avvelenamento del catodo che rende illeggibile una parte del carattere che rappresenta, traducendosi in una illuminazione non uniforme (differenze di conduzione della superficie del catodo),
- maggiore tensione di funzionamento che causa sfarfallio o il mancato innesco,
- opacizzazione della parete interna che blocca la vista dei catodi,
- elettrodi staccati o corto circuiti che possono essere causati da sbattimento o vibrazioni.

I catodi rispetto all'osservatore non sono messi in sequenza numerica, ma in modo da non oscurarsi reciprocamente, o quantomeno posizionati in modo da ridurre tale fenomeno.

### **Nixie: Storia**

Un passo fondamentale nell'invenzione del nixie fu compiuto con l'invenzione della lampada al neon.

Si tratta di un tipo di lampada a scarica nel gas costituita da un bulbo di vetro trasparente contenente gas neon a bassa pressione.

Fu inventata da Georges Claude e venne presentata al Grand Palais di Parigi il 9 novembre del 1909.

Emette una debole luce arancione e viene usata per scopi di segnalazione e non di illuminazione, ad esempio come spia di funzionamento, non di rado in apparati valvolari.

E' presente anche nei cacciafasi "cercafase".

Può essere alimentata in continua e in alternata, l'alone luminoso appare attorno al catodo, in alternata essendovi una continua inversione delle polarità tutti e due gli elettrodi appaiono luminosi.

Il primo display nixie è stato prodotto da un piccolo produttore di tubi termoionici chiamato Haydu Brothers Laboratories, poi comprato dalla Burroughs Corporation che brevettò il marchio "nixie".

Il nome nixie è stato derivato da "NIX I" che è l'abbreviazione di "Numeric Indicator eXperimental No. 1".

I primi dispositivi che funzionavano in modo simile sono stati brevettati nel 1930 e la prima produzione di grossi quantitativi sul mercato risale al 1954 ad opera della National Union Co.

con il nome commerciale di "inditron" ma soffrivano di una scarsa affidabilità, un tempo di vita breve e una circuiteria di contorno complessa che ne pregiudicarono la penetrazione sul mercato.

Burroughs acquisendo Haydu venne in possesso anche di una valvola che operava come contatore digitale e poteva pilotare direttamente un nixie.

Questa venne chiamata "Trochotron" più tardi conosciuta anche con il nome di tubo contatore "Beam-X Switch".

Un'altro nome fu "magnetron beam-switching tube" riferendosi alla similitudine con una cavità magnetron.

Il trochotron fu usato per costruire il computer UNIVAC 1101, come contatore.

Nella storia ci sono stati molti dispositivi Nixie-simili costruiti da altri costruttori e svariati marchi registrati come Digitron, Inditron o Numicator.

Un nome generico proprio che descrive questo gruppo di dispositivi potrebbe essere "tubo di lettura al neon a catodo freddo" ma per descrivere il genere si è imposto il termine "Tubo Nixie" più corto e immediato.

Quindi questi dispositivi sono stati impiegati fino ai primi anni settanta in radiosvegliie, orologi, strumenti di misura elettronici, macchine a controllo numerico.

È andato rapidamente in disuso all'avvento dei display a stato solido, molto più compatti, robusti ed economici, come ad esempio i display lcd (cristalli liquidi) o i display led a sette segmenti nati negli anni ottanta.

### **Nixie: Consigli per l'utilizzo**

Un conveniente utilizzo, vista la bellezza dell'effetto scenico del nixie è quello di indicatore di ingresso attivo, in un preamplificatore stereo, la luminescenza del nixie ben si abbina con il rosso dei filamenti delle valvole.

Non ha nessun altro uso pratico per quello che concerne il nostro ambito di interesse (amplificazione del suono).

## Ballast - Barretter (resistore di zavorra)

Si tratta di componenti regolatori di corrente che venivano messi in serie ai filamenti alimentati (alla tensione della rete di distribuzione elettrica) in serie fra loro in modo da fungere da resistenza di caduta e, nel contempo, limitare la corrente di spunto negli stessi quando venivano alimentati da freddi ed avevano una resistenza molto più bassa che a regime.

Il ballast o barretter avendo una inerzia termica minore si riscalda più velocemente dei filamenti delle valvole, quindi la sua resistenza aumenta e limita la corrente in modo da non stressare troppo violentemente i filamenti stessi.

Essendo in definitiva dei resistori si possono utilizzare indistintamente sia per corrente continua che alternata.

Sono l'equivalente antico di una resistenza PTC.

Il ballast costruttivamente è costituito da un filamento di ferro puro immerso in atmosfera di idrogeno o elio (il gas ha la funzione di trasferire il calore generato all'involucro esterno per poi essere dissipato), inserito all'interno di un contenitore in vetro o metallo munito di un connettore per l'inserimento a pressione in uno zoccolo per poter essere rimpiazzato in caso di guasto.

Si tratta di componenti relativamente poco utilizzati anche all'epoca della loro introduzione.





## Caratteristiche Costruttive delle Valvole Termoioniche

### Indice Argomento Corrente

1) I principali componenti delle valvole termoioniche e le loro caratteristiche costruttive

2) Componenti delle valvole termoioniche dal vivo: Spaccato di un triodo 6s4

3) Caratteristiche costruttive ed obiettivi del progettista

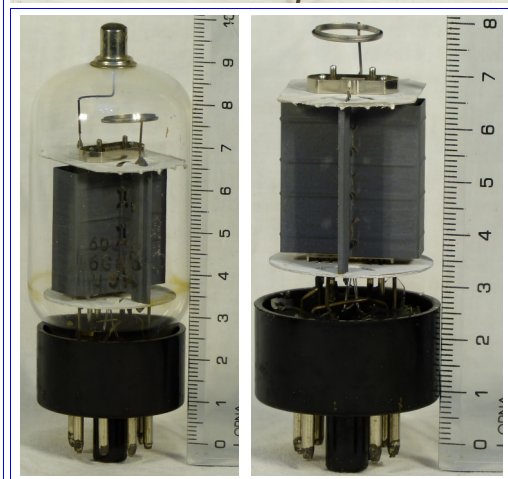
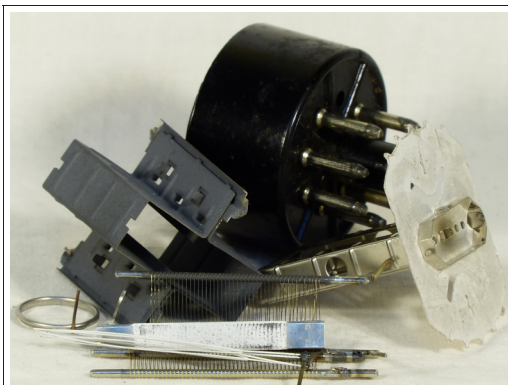
### Principali componenti delle valvole termoioniche e loro caratteristiche costruttive

Dalla loro nascita le valvole termoioniche sono state oggetto di una evoluzione mirata a migliorarne le caratteristiche e l'affidabilità, ridurre l'ingombro ed abbatterne i costi di produzione.

Nei seguenti capitoli sono descritte le caratteristiche principali degli elettrodi e dei componenti strutturali delle stesse.

Abbiamo demolito alcune valvole per meglio mostrarne la struttura interna e gli elettrodi che sono nascosti all'interno dell'anodo.

- Catodo
- Anodo
- Griglie
- Affinatore di vuoto o Getter
- Elementi di supporto
- Involucro
- Piedini



### Componenti delle valvole termoioniche dal vivo: Spaccato di un triodo 6s4



A titolo di esempio in questa foto sono riportati gli elettrodi di un triodo 6s4.

La scala della quadrettatura è di 5mm per quadretto.

Questa valvola ha una dimensione abbastanza ridotta.

### Caratteristiche costruttive ed obiettivi del progettista

In genere chi progetta una valvola ha ben chiare le caratteristiche che vuole ottenere e questo

influenza la progettazione dei componenti interni e dell'involucro.

Per esempio le valvole militari hanno il catodo costruito in modo da esaurirsi più lentamente e durare molto di più, le valvole destinate ad apparati avionici hanno una struttura interna e un involucro più robusto per resistere alle vibrazioni meccaniche ed avere una bassa microfonicità.



## Caratteristiche Costruttive del Catodo e del Filamento delle Valvole Termoioniche

Indice	Argomento	Corrente
1)	I Catodi	
2)	Catodi in Tungsteno e Tantalio	
3)	Catodi in Tungsteno Toriato	
4)	Catodi rivestiti di Ossidi	

### I catodi

Si tratta dell'elemento della valvola più delicato e che va incontro a fenomeni di esaurimento.

E' la parte della valvola su cui si è concentrata la ricerca per superarne le criticità ed aumentarne la durata e nel contempo diminuire l'energia utilizzata per scaldarlo.

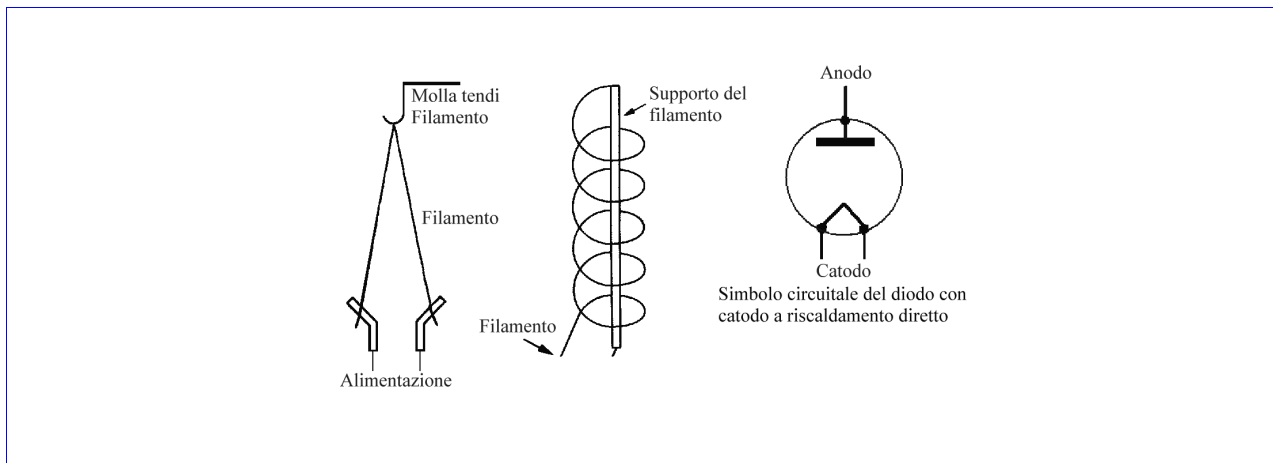
I catodi delle valvole termoioniche si possono innanzitutto suddividere in base al tipo di riscaldamento che può essere diretto o indiretto.

Nel primo caso il catodo e il filamento di riscaldamento sono la stessa cosa (basti pensare che le prime valvole termoioniche erano lampadine modificate e il catodo corrispondeva con il filamento della lampadina), quindi il circuito di alimentazione del filamento e il circuito anodico non sono elettricamente isolati.

L'inerzia termica è ridotta, la valvola va subito a regime, questa soluzione tuttavia richiede che la corrente che scorre nel filamento, onde evitare dei ronzii, sia continua.

E' stata la prima soluzione implementata nella costruzione delle valvole.

Questa soluzione è la meno usata anche se ci sono ancora alcuni tipi di valvole termoioniche che la adottano, non solo particolarmente datate ma anche molto recenti come ad esempio alcuni triodi sub miniatura utilizzati in ambito militare che hanno solo 4 piedini.



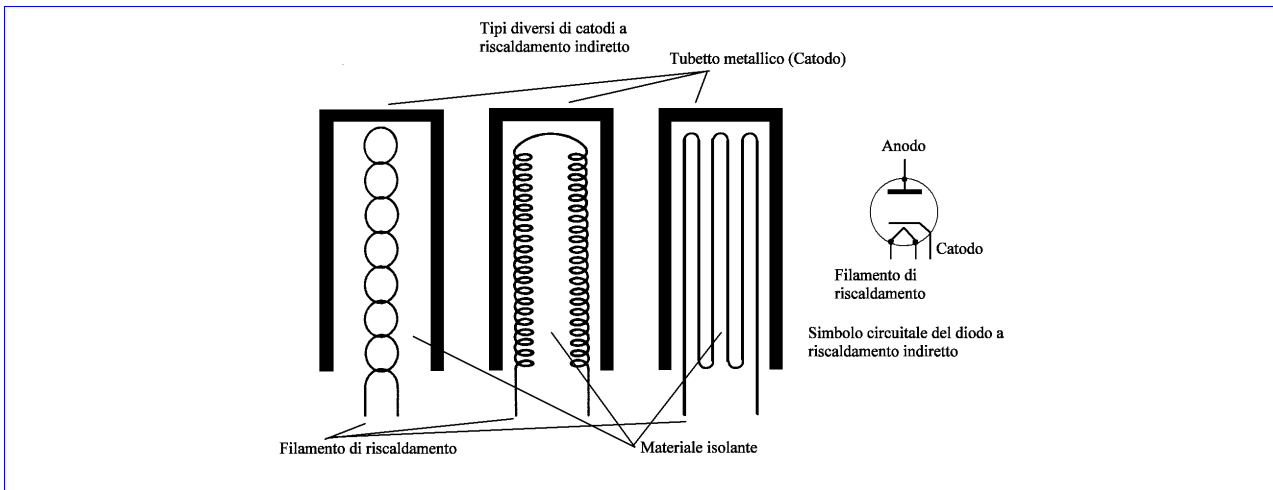
Sopra un disegno di un catodo a riscaldamento diretto.

Si noti nell'immagine di destra il simbolo circuitale di un diodo a riscaldamento diretto.

Questo tipo di catodo coincide con il filamento, ha una bassa inerzia termica, quindi va subito in temperatura, il tempo di riscaldamento della valvola prima di andare a regime è estremamente ridotto.

Per contro avendo una bassa inerzia termica sono sensibili alle variazioni della tensione di filamento, quindi questo deve essere alimentato in corrente continua se si vuole evitare un fastidioso ronzio all'uscita.

Questo complica di molto il circuito.



Nel disegno sopra: Catodo a riscaldamento indiretto.

Nei catodi a riscaldamento indiretto (disegno sopra) il filamento (in genere di tungsteno) è incapsulato nel catodo, che è elettricamente isolato dallo stesso e che si scalda per conduzione.

Ha massa maggiore e quindi una inerzia termica notevole che fa sì che possa essere alimentato con corrente alternata senza dare particolari problemi semplificando il circuito.

Come contro ha dei tempi più lunghi per andare in temperatura, anche di diverse decine di secondi.

Lo spazio che intercorre fra il filamento riscaldatore e il catodo vero e proprio è costituito da ceramica isolante, questo fa sì che il filamento e il catodo siano elettricamente isolati.

Quando si impiega una valvola termoionica che ha questo tipo di catodo occorre sempre prestare attenzione che la differenza di tensione fra il catodo e il filamento non ecceda le specifiche della valvola altrimenti si potrebbero innescare delle scariche fra il filamento e il catodo perforando l'isolante.

I catodi per assolvere alla loro funzione in modo ottimale devono essere costruiti con materiali in grado di emettere elettroni in abbondanza anche ad una temperatura lontana dal loro punto di fusione.

Quindi una soluzione è usare un catodo metallico in tungsteno che ha una temperatura di fusione di 3370 °C e che fornisce una buona emissione di elettroni ad una temperatura di 2500°C.

Tuttavia il consumo di energia per il riscaldamento del filamento è proporzionale alla temperatura dello stesso e più energia spendiamo per riscaldare più energia la valvola deve dissipare per una funzione accessoria.

Quindi si è fatto ricorso a vari espedienti per abbassare il più possibile la potenza assorbita per il riscaldamento e quindi la temperatura del catodo senza compromettere l'emissione.

Tipo di catodo (materiale)	Emissione in milliamperes per watt consumato per il riscaldamento
Tungsteno (si accendono fino al rosso chiaro)	3-4mA/W
Tungsteno Toriato (si accendono fino al giallo chiaro)	20-25mA/W
Tungsteno/nickel/platino rivestito di ossido di bario/ossido di stronzio (si accendono fino al rosso chiaro)	50mA/W
Tungsteno rivestito di ossido di bario atomizzato (restano di colore scuro durante l'accensione)	100mA/W

Quindi sono stati adottati quasi universalmente i catodi rivestiti di ossidi, fatta eccezione per le valvole di grandissima potenza.

Di norma si usano ossidi di torio, bario o stronzio depositati su un metallo che ha la funzione di supporto.

In questi catodi il riscaldamento viene ottenuto con un filamento isolato elettricamente tramite rivestimento ceramico, che riscalda a sua volta il tubetto (normalmente di nichel) che funge da supporto per gli ossidi.

Il limite di tutti i catodi è che non emettono elettroni all'infinito, ma dopo un certo tempo variabile in funzione del materiale usato, iniziano ad esaurirsi.

	
<p>Nella foto sopra si vede una valvola con catodo a riscaldamento diretto (si tratta di un doppio diodo). La valvola è accesa e si nota il catodo incandescente.</p>	<p>Nella foto sopra si vede una valvola con catodo a riscaldamento diretto (si tratta di un doppio diodo). Si vede distintamente la molla-supporto che tende il catodo e lo mantiene in posizione.</p>
	
<p>Nella foto sopra si vedono i due catodi di una valvola triodo pentodo. Si nota la forma parallelepipedica dei catodi a riscaldamento indiretto in cui alloggia il filamento che provvede al riscaldamento dello stesso.</p>	<p>Il catodo a riscaldamento indiretto acceso dentro una valvola funzionante. Si nota il filamento di riscaldamento avvolto da un sottile strato di ceramica che serve per isolarlo dal catodo.</p>

**Parametri che influenzano la quantità di elettroni emessi e la durata**

La quantità di elettroni emessi da un catodo a parità di materiale impiegato è proporzionale all'area della sua superficie e alla temperatura a cui viene portato.

La durata è inversamente proporzionale alla temperatura di funzionamento.

Quindi occorre sempre trovare un equilibrio fra emissione e durata.

Questo vuole che debba essere sempre prestata molta attenzione al rispetto delle specifiche per quello che riguarda la tensione di alimentazione del filamento.

In genere la tolleranza accettata è di un 5-10% (questo valore in genere è riportato sul datasheet della valvola), quindi una valvola con una tensione di filamento di 6,3V accetta valori di tensione di

accensione che vanno da circa 5,7V a 6,9V ma è sempre meglio essere precisi il più possibile perché lavorando con tensioni diverse oltre che l'aspettativa di vita varia anche l'emissione di elettroni e di conseguenza cambiano tutte le caratteristiche della valvola.

Sotto la tolleranza ammessa per le valvole doppio triodo 6N2P e la variante militare 6N2PEV (che hanno una tensione di filamento di 6,3V).

Come vedere nella valvola a specifiche militari la deviazione dalla tensione di filamento ammessa è minore, per garantirne la durata.

Type	6N2P	6N2PEV
Filament voltage, V	5,7-6.9	5,7-6.6
Anode voltage, V	300	300
Cathode - heater voltage, V	100	100
Cathode current, mA	10	10
Anode dissipation (each triode), W	1	0.8
Resistance in grid circuit, MOhm	0.5	1
Bulb temperature, °K	110	95

Un altro parametro interessante che si può notare dalla tabella sopra è la massima tensione ammessa fra il filamento di riscaldamento e il catodo.

100V è un valore abbastanza basso quando si adottano alcune configurazioni, occorre prestare attenzione in fase di progetto.

### Catodi in Tungsteno e Tantalio

Il fattore di discriminazione che influenza la scelta di un metallo invece di un altro è il rapporto fra evaporazione del metallo (sottovuoto il metallo sottoposto a forte temperatura tende a sublimare ovvero a passare direttamente dallo stato solido allo stato gassoso) e l'emissione di elettroni.

Ovviamente se il metallo evapora, il catodo durerà poco, e in più il metallo evaporato poi si condenserà in altre parti più fredde della valvola dando altri problemi e ostacolando il regolare funzionamento.

Sono di norma impiegati tungsteno o tantalio, nella realizzazione di valvole di grande potenza usate per trasmissione.

Questi catodi sono costruttivamente un filo di tungsteno avvolto a spirale o a forma di barretta.

Hanno una durata che normalmente si aggira sulle 1500 – 2000 ore.

### Catodi in Tungsteno Toriato

Per aumentare il coefficiente di emissione dei catodi è vantaggioso rivestire il metallo che funge da substrato di una pellicola di un altro metallo con più alto potere di emissione.

I catodi in Tungsteno Toriato sono costituiti da un filamento di tungsteno contenente una percentuale del 1-2% di ossido di torio.

Una volta costruito il catodo deve essere attivato ovvero viene portato ad una temperatura di 2800°K.

In questo modo l'ossido di torio si trasforma in torio metallico.

Durante il funzionamento del catodo il torio tende a portarsi sulla superficie del catodo formando uno strato monoatomico.

A mano a mano che il torio evapora dalla superficie del catodo viene rimpiazzato dagli atomi di torio contenuti nel catodo stesso.

Questi catodi per arrivare a fornire un buon rendimento hanno bisogno di un certo tempo per dare modo al torio di formare lo strato monoatomico.

### Catodi rivestiti di Ossidi

Il catodo in questo caso è formato da un supporto metallico sulla cui superficie sono depositi degli ossidi di metalli alcalini.

Questi ossidi sono caratterizzati da un alto coefficiente di emissione.

Questi catodi si possono differenziare in base alla tecnica usata per depositare lo strato di ossido sulla superficie del substrato che funge da supporto.

## Resistenza del filamento delle valvole termoioniche

### Indice Argomento Corrente

1) Premessa

2) Resistenza di filamento di una valvola fredda

3) Quanto tempo ci vuole per scaldare una valvola?

#### 1 - Premessa

I filamenti delle valvole, indistintamente dal fatto che siano valvole a riscaldamento diretto o indiretto, all'atto dell'accensione, quando sono ancora freddi hanno una resistenza che può essere 1/6-1/8 di quella a regime.

Questo provoca un innalzamento della corrente che scorre nel circuito di alimentazione dei filamenti e può provocare dei danni al circuito e dello stress alla valvola.

All'atto dell'accensione quando i filamenti sono alimentati con un trasformatore la tensione in uscita dallo stesso si abbassa notevolmente per l'assorbimento dei filamenti, in pratica al trasformatore è richiesta una potenza molto maggiore di quella a regime e la tensione alla sua uscita per effetto delle perdite si abbassa.

Quindi lo stesso trasformatore funge da limitatore di corrente.

In qualche caso è opportuno ricorrere ad un circuito limitatore della corrente del filamento che opera all'atto dell'accensione per allungare il tempo in cui il filamento va a regime limitando lo stress termico dello stesso.

In genere questo tipo di circuito (che non è mai presente negli apparati d'epoca) fa parte dell'alimentatore in corrente continua dei filamenti è realizzato con dei semiconduttori e ha il duplice scopo di generare una rampa di tensione e stabilizzare il valore finale della stessa.

Ma facciamo una veloce verifica sperimentale.

#### 2 - Resistenza di filamento di una valvola fredda

Per verificare questo parametro e dedurre l'assorbimento all'atto dell'inserzione dell'alimentazione abbiamo fatto un po' di misure per poi dedurre dei principi di massima.

Per la misura abbiamo utilizzato un multimetro Keithley 2015 fresco di taratura e una valvola EL34 nuova di fabbrica.



Nella prima foto viene misurata la resistenza dei cavi utilizzati, nella seconda la resistenza del filamento della valvola (con temperatura ambiente di 22°C).

Nella fotografia a lunga esposizione (3sec) i numeri che si muovono si notano perché non leggibili.

Gli altri sono stabili.



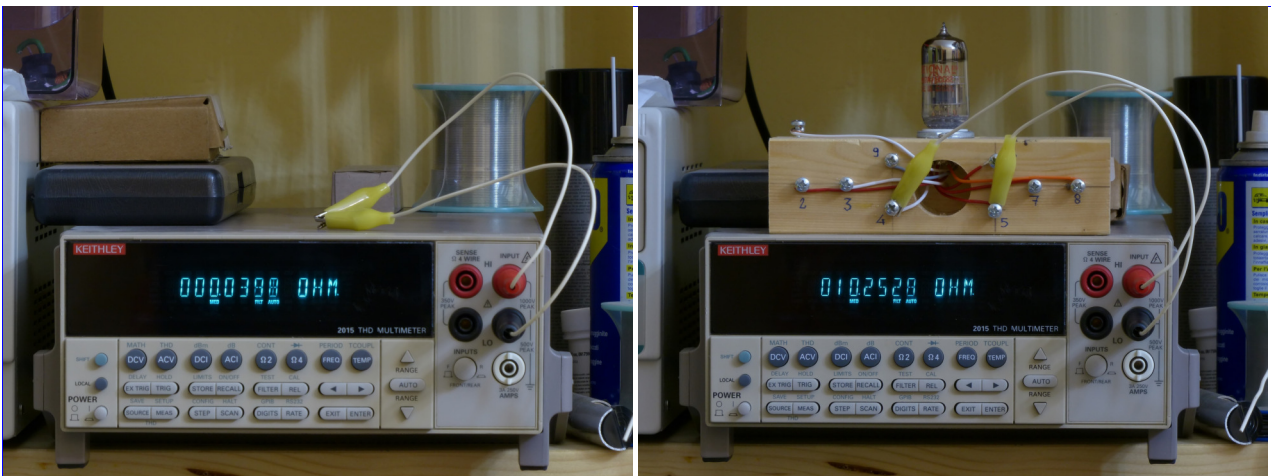
Quindi la resistenza del cavo è di  $0,28\Omega$ , il cavo più il filamento  $0,92\Omega$ .

Quindi il filamento ha una resistenza di  $0,92-0,28=0,64\Omega$ .

Con la tensione nominale di  $6,3\text{Volt}$  all'atto dell'accensione passano quasi  $10\text{A}$  contro  $1,5\text{A}$  a regime.

La resistenza a regime è  $6,3/1,5=4,2\Omega$ .

Sembra impossibile che possa cambiare così tanto, tuttavia questo dicono le misure!



Ora non ci resta che misurare la stessa cosa su una valvola preamplificatrice di piccola potenza.

Guarda caso nel cassetto ho un bel po' di ecc82.

Sottoposta allo stesso test utilizzando i piedini 4 e 5 la resistenza è risultata di  $10,25\Omega$ , togliendo quella del filo della sonda dello strumento, misurata nella prima foto,  $10,25-0,03=10,22\Omega$ .

La resistenza a regime citando il datasheet della ecc82 dovrebbe essere di  $12,6/0,15=84\Omega$ .

Quindi la differenza è di 8 volte e all'atto dell'accensione passa una corrente di 8 volte più alta.

Infine per avere una visione d'insieme ho misurato la resistenza di una lampadina da  $10\text{W}$ .

Prima l'ho alimentata e ho settato lo strumento per farle assorbire  $10\text{W}$ , poi ho misurato la resistenza con il filamento freddo.

Per farle assorbire  $10\text{W}$  (i dati di targa delle lampadine per auto sono sempre completamente sballati) la tensione di alimentazione è  $13,7\text{V}$  e la corrente  $0,73\text{A}$  ( $10,001\text{W}$ ).

Quindi a potenza nominale la lampadina ha una resistenza di  $13,7/0,73=18,7\Omega$ .

A freddo la resistenza del filamento della lampadina è  $1,3\Omega$ .

Il rapporto è  $18,7/1,3=14,3$  volte.

Questo è giustificato dal fatto che il filamento in tungsteno della lampadina partendo dalla stessa temperatura ambiente del test sulle valvole raggiunge una temperatura nettamente superiore.



### 3 - Quanto tempo ci vuole per scaldare una valvola?

Per quello che riguarda le valvole di potenza, quelle in cui il problema è più sentito, ho fatto un po' di

misure.

Per uscire dalla condizione iniziale, la più pericolosa, circa 1 Sec.

per arrivare ad una condizione stabile almeno 60 Sec.

In genere questo valore è riportato anche nel datasheet della valvola.

## Caratteristiche Costruttive dell'Anodo delle Valvole Termoioniche

### Indice Argomento Corrente

1) Anodo (o Placca)

2) Materiali impiegati nella costruzione degli Anodi

### Anodo (o Placca)


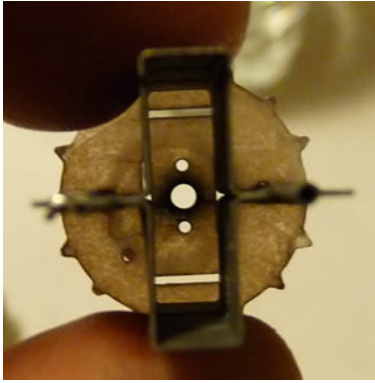
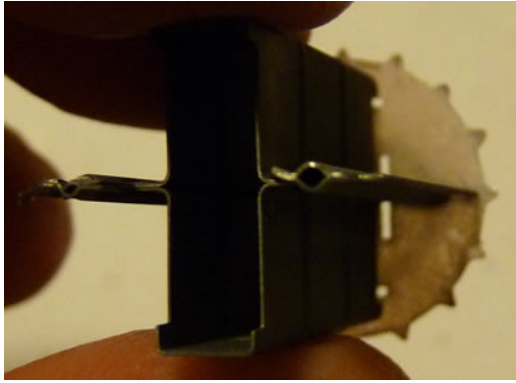
L'anodo nella valvola termoionica ha il compito di raccogliere gli elettroni emessi dal catodo.

L'anodo può avere diverse forme, tuttavia dovendo dissipare per irraggiamento (raggi infrarossi) gran parte del calore prodotto dalla valvola (ricordiamo che nel vuoto non vi sono fenomeni di conduzione del calore e l'energia cinetica degli elettroni quando arrivano all'anodo si trasforma in calore) deve possedere le seguenti caratteristiche:

1. Elevata malleabilità per poter essere stampati e mantenere poi la forma.
2. Basso coefficiente di dilatazione termica (per non alterare la geometria in presenza di forte calore).
3. Alta temperatura di fusione.

Vengono a questo scopo usati molibdeno, tantalio, ferro nichelato, nichel, tungsteno o grafite (nelle valvole che hanno un funzionamento più "estremo" a livello di dissipazione).

Infatti la grafite ha una temperatura di fusione più alta di quella del tungsteno e può lavorare a temperature molto elevate, che innescano una maggior dissipazione di energia per irraggiamento infrarosso fino al limite della luce visibile).

		
<p>Una valvola triodo 6s4 privata del vetro. La struttura metallica grigia è l'anodo. Sulla parte superiore, con la forma di una aureola svetta il getter.</p>	<p>Anodo della valvola 6s4 visto da sopra, completamente smontato a parte la mica che funge da supporto. Il catodo e la griglia sono stati rimossi. E' possibile vedere ancora i fori nella mica su cui si innestano il catodo e la griglia.</p>	<p>Anodo della valvola 6s4 visto da sopra, completamente smontato a parte la mica che funge da supporto. Il catodo e la griglia sono stati rimossi. L'anodo ha una forma tale da poter essere fissato saldamente sulla mica e da poter dissipare quanto più calore possibile.</p>

Nel dettaglio, quello che influenza la costruzione dell'anodo di una valvola termoionica è il tipo di dissipazione:

- Dissipazione per radiazione termica (o irraggiamento)
- Dissipazione del calore tramite altri mezzi, ad esempio raffreddamento ad acqua (valvole per alta potenza tipicamente utilizzate per trasmissione radio).

- Dissipazione per conduzione (nelle valvole in cui l'anodo corrisponde al contenitore stesso e nelle valvole a contenitore metallico).

In tutte le piccole valvole (piccole in rapporto a quelle impiegate in trasmissione radio che arrivano a potenze di centinaia di Kw) la dissipazione avviene per irradiazione del calore.

Questo implica che per avere un buon rendimento l'anodo deve raggiungere temperature molto alte.

Infatti l'irraggiamento del calore (sotto forma di raggi infrarossi) avviene in proporzione alla temperatura dell'elemento radiante (anodo in questo caso).

Tipicamente questi anodi possono lavorare a temperature superiori a 1000°C.

Questo comporta che il metallo di cui è composto l'anodo rilasci una certa quantità di gas (idrogeno, azoto, monossido di carbonio, biossido di carbonio) intrappolato nello stesso, condizione non accettabile in una valvola a vuoto spinto, quindi vi è bisogno di alcuni trattamenti preliminari che possono essere fatti prima di assemblare la valvola, in una camera a vuoto esponendo l'anodo ad alta temperatura, oppure una volta assemblata la valvola, riscaldando l'anodo ad induzione magnetica e aspirando il gas che si libera.

Nota: nelle valvole sottoposte ad alte tensioni anodiche spesso l'anodo è collegato ad un contatto esterno posto sulla sommità della valvola in modo da aumentare la distanza, e quindi l'isolamento fra l'anodo e gli altri elettrodi.

### Materiali impiegati nella costruzione degli Anodi

- Tungsteno: E' stato uno dei primi metalli usati per fare gli anodi, per la facile degassificazione, l'alta temperatura di fusione e il mantenimento della forma meccanica alle alte temperature. Purtroppo il tungsteno è di difficile lavorazione, si tratta di un metallo molto duro e resistente, questo ha fatto sì che il suo impiego sia molto limitato.
- Molibdeno: E' molto più facilmente lavorabile del tungsteno, purtroppo la sua emissione di calore radiante è bassa, questo comporta che per aumentarla è necessario aumentare la superficie radiante tramite l'uso di alette e irruvidire la superficie esterna dell'anodo a mezzo di sabbiatura. E' un metallo facilmente degassabile.
- Grafite: La grafite ha un potere di emissione di calore radiante molto alto, questo fa sì che a parità di potenza dissipata la temperatura dell'anodo sia più bassa rispetto ad altri materiali. Quindi la dissipazione del calore è molto efficiente. Tiene molto bene la forma anche ad alte temperature, ha una temperatura di fusione più alta di quella del tungsteno. Avendo una buona conduzione del calore evita di formare dei punti caldi, quindi la distribuzione del calore è omogenea. Unico neo, la grafite ha un volume di gas intrappolato molto alto, di un ordine di grandezza più alto del tungsteno e del molibdeno. Quindi deve subire trattamenti più complessi per degassificarla.

- **Tantalio:** Ha delle caratteristiche simili al molibdeno, una temperatura di fusione relativamente alta e può essere facilmente lavorato nella forma desiderata.  
Una delle sue migliori caratteristiche è che può assorbire gas, quindi ha un comportamento opposto agli altri tipi di anodo e concorre nel mantenere un buon grado di vuoto all'interno della valvola.  
Per aumentare la dissipazione di calore normalmente viene sabbiato in superficie per aumentare l'area di emissione del calore radiante effettiva.  
Tipicamente quando la valvola raggiunge la massima potenza dissipabile, questo tipo di anodo diventa di colore rosso fino ad arancio-rosso.
- **Nichel:** Questo tipo di metallo a causa della sua bassa temperatura di fusione è usato principalmente nelle valvole in cui la temperatura di lavoro è relativamente bassa.  
Ha un potere di emissione di calore radiante relativamente basso.  
Il motivo per cui è impiegato è da ricercarsi nella particolarità di essere particolarmente adatto per essere sottoposto ad un processo detto di carbonizzazione, che consiste nel rivestire l'anodo con carbonio e, in questo modo, aumentare il potere di emissione di calore radiante.  
Inoltre il nichel è di facile lavorazione.



## Caratteristiche Costruttive delle Griglie della Valvole Termoioniche

### Griglia.

Di griglie in una valvola ce ne possono essere diverse, tipicamente una nel caso del triodo, due nel caso del tetodo e tre nel caso del pentodo.

Poi esistono valvole particolari con più di tre griglie (come gli ottodi).

La griglia di controllo è posta fra anodo e catodo in prossimità di quest'ultimo ed è l'unica griglia che hanno in comune tutte le valvole amplificatrici.

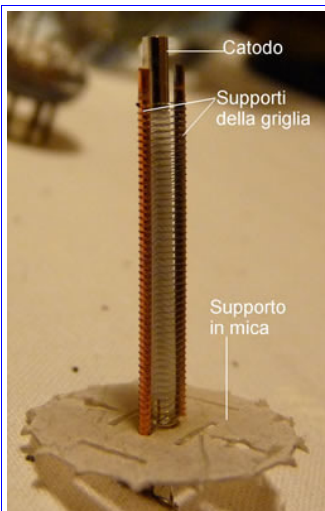
Deve avere le seguenti caratteristiche:

1. Non essere facilmente deformabile (deformazioni meccaniche dovute a sollecitazioni esterne, come vibrazioni possono indurre microfonicità).
2. Deve presentare condizioni sfavorevoli all'insorgere della emissione elettronica (per evitare che emetta elettroni sottoposta al riscaldamento per irraggiamento da parte del catodo).
3. Avere un basso coefficiente di dilatazione termica (per evitare di compromettere le delicate geometrie degli elettrodi).

Una piccola deformazione/spostamento della griglia comporta una grande variazione delle caratteristiche anodiche della valvola.

4. Le barrette laterali che sostengono la griglia e il filo che la costituisce al fine di impedire innalzamenti di temperatura dovuti alla prossimità del catodo, devono essere di un materiale buon conduttore di calore.

Normalmente per la griglia si usano fili di molibdeno rivestiti di zirconio o platino oppure placcati d'oro.



La griglia di controllo ha una capacità di controllare gli elettroni inversamente proporzionale alla sua distanza dal catodo, detto in altre parole più la griglia è vicina al catodo più la valvola è sensibile alla tensione applicata alla griglia, da questo dipende il fattore di amplificazione della stessa.

Nella foto a sinistra il catodo con attorno la griglia di una valvola triodo termoionico 6s4, il tutto ancora montato sul supporto di mica (alla base).



In alto un'altra foto di un particolare della griglia a brevissima distanza dal catodo, retta da due

supporti in lega di rame, il tutto incastrato sulla base di mica.

I supporti devono essere di un metallo buon conduttore di calore, vista la vicinanza con il catodo che comporta un certo riscaldamento per irraggiamento.

Il filamento della griglia deve essere realizzato con un metallo il più sottile possibile per non ostacolare meccanicamente il moto degli elettroni attraverso il vuoto.

Cosa non di secondaria importanza, il tutto deve essere il più possibile stabile termicamente (per evitare deformazioni meccaniche da dilatazione termica all'aumentare della temperatura) e il più rigido possibile per non risentire dell'effetto microfonico (oscillazione degli elettrodi della valvola termoionica a seguito di sollecitazione meccanica sul corpo esterno o vibrazione che si traduce con una variazione del flusso di elettroni e, quindi in un rumore che si sovrappone al segnale).

Si noti che la sezione del filo con cui è realizzata la griglia e la superficie dei supporti incidono sulla capacità interelettrodica fra griglia e catodo, quindi si tende a ridurre il più possibile la sezione e quindi la superficie esposta al catodo che costituisce una delle armature della capacità parassita (l'altra è la superficie del catodo).

### **Considerazioni sull'amplificazione**

- Tanto più la griglia è vicina al catodo tanto più l'influenza della stessa sarà grande.
- La griglia è tanto più efficace quanto più le maglie della stessa sono ravvicinate.

## Caratteristiche Costruttive del Getter delle Valvole Termoioniche

### Affinatore di vuoto o getter

All'interno della valvola termoionica è auspicabile avere il maggior grado possibile di vuoto. Eventuali atomi di gas rimasti all'interno dell'involucro della valvola ionizzano e conducono elettricità fra gli elettrodi in modo indesiderato.

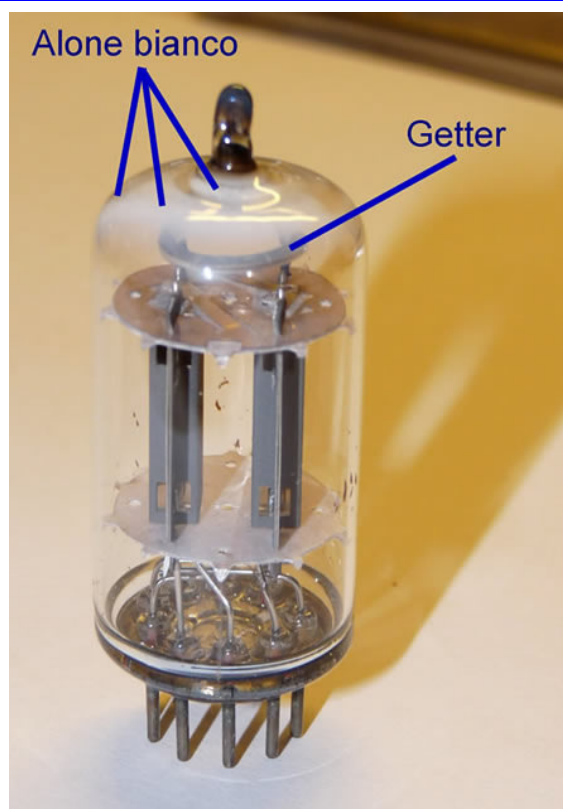
In una valvola difettosa la pressione dell'aria residua ionizzerà, diventando visibile come scarica luminescente di colore rosa-viola tra gli elementi interni.

Per evitare che i gas residui possano compromettere il vuoto della valvola, le moderne valvole sono provviste di getter, che sono solitamente di forma circolare composti da metalli che ossidano rapidamente, il bario è il più comune.

In alternativa al bario si usa lo zirconio.



Una vista della valvola danneggiata da sopra. Si vede molto bene la patina bianca chiaro avviso di non alimentare la valvola e scartarla subito prima di fare ulteriori danni.



Sotto l'involucro di vetro della valvola si vede l'alone bianco della metallizzazione prodotta dal getter che si è ossidata per la presenza di ossigeno, chiaro sintomo che la valvola ha "preso aria".

Più sotto si vede un dischetto a forma di aureola, è il getter.



Mentre l'involucro della valvola viene evacuato dal gas, le parti interne, tranne il getter sono riscaldate con radiofrequenza (riscaldamento ad induzione) per aiutare a liberare eventuali gas rimasti nelle parti metalliche.

La valvola viene quindi sigillata e il getter viene riscaldato ad una temperatura elevata, sempre con il riscaldamento ad induzione a radiofrequenza.

Questo fa sì che i materiali da cui è composto il getter evaporino, reagendo con eventuali gas residui e di solito lasciando un deposito di colore argento metallico all'interno dell'involucro del tubo nella parte alta.

Il getter continua ad assorbire piccole quantità di gas che potrebbe fuoriuscire nella valvola durante la sua vita lavorativa.

Se una valvola ha l'involucro danneggiato, questo deposito assume una colorazione bianca perché reagisce con l'ossigeno dell'atmosfera.

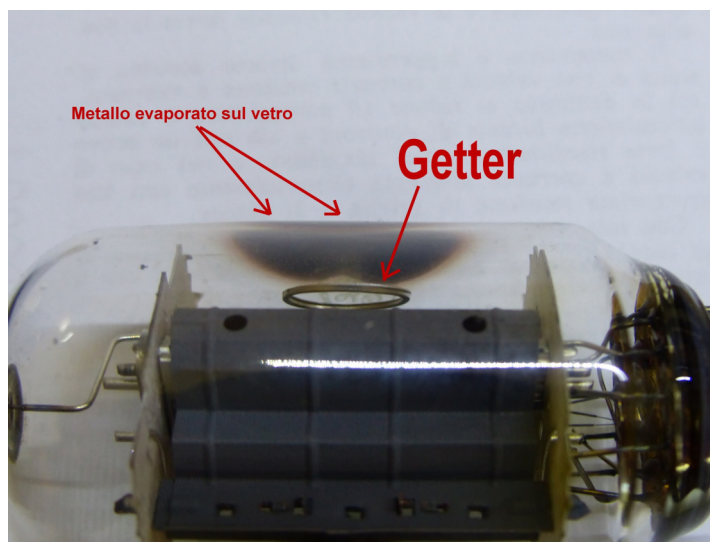
Le valvole di grande potenza e alcune valvole speciali utilizzano spesso materiali più esotici per il getter, come lo zirconio.

I primi dispositivi getter usavano fosforo.

Questi tubi sono facilmente identificabili perché il fosforo lascia un caratteristico deposito colore arancione o arcobaleno sul vetro.

L'uso del fosforo è stato di breve durata e fu presto sostituito dal getter di bario perché il fosforo non assorbe eventuali altri gas una volta che è stato "sparato".

Il getter in definitiva è l'elemento che ha permesso di fabbricare valvole con un buon grado di vuoto e mantenerlo a basso costo contribuendo al successo di questo dispositivo.



Esempio di getter posto nella parte bassa della valvola.

Questo tipo di disposizione viene usata quando la valvola ha un elettrodo sulla sommità (generalmente collegato all'anodo, con lo scopo di aumentare l'isolamento) che interferirebbe con il getter.

In alcuni casi il getter viene posto nella parte mediana, sempre con lo scopo di non interferire con l'elettrodo collegato sulla parte superiore della valvola.

#### **Nota sulla microfonicità indotta dal getter**

Il getter è un dispositivo che non dovrebbe influenzare in alcun modo le caratteristiche elettriche della valvola se non migliorandole tramite l'affinazione del vuoto all'interno della stessa.

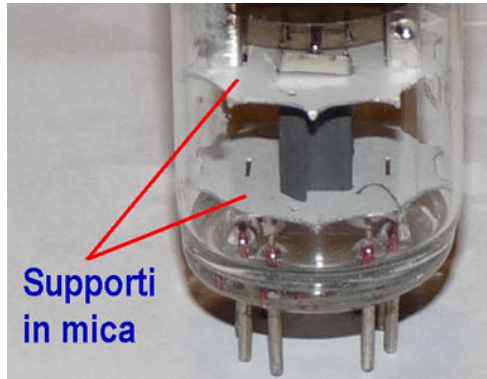
In realtà si è visto che collegandolo al supporto su cui è fissato in un solo punto, si comporta come un diapason e oscilla ad una frequenza meccanica ben precisa (dell'ordine delle centinaia di hertz) mandando in oscillazione anche gli altri elettrodi e generando della microfonicità.

Per questo motivo nelle valvole costruite per avere una bassa microfonicità, quelle destinate all'amplificazione di segnali deboli, viene fissato con dei supporti da due parti.



## Elementi di supporto nelle Valvole Termoioniche

### Elementi di supporto per gli elettrodi



Si tratta normalmente di supporti in mica, che mantengono gli elettrodi in posizione e li ancorano sulle pareti di vetro della valvola termoionica.

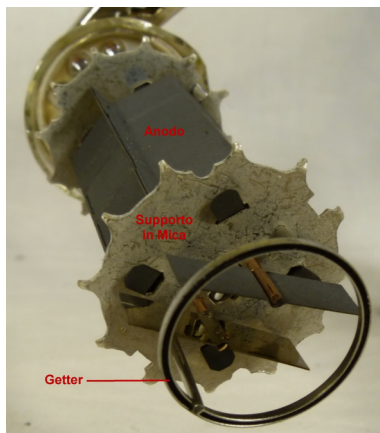
In genere i supporti in mica vengono realizzati per stampaggio.

Viene usata la mica per le sue proprietà di isolamento, la resistenza al calore e la stabilità termica.

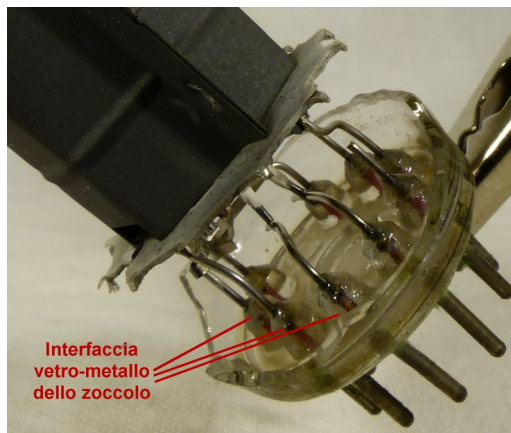
In alcuni tubi per ridurre la microfonia (evitare che il tubo vibrando possa comportarsi come un microfono, variando le distanze fra gli elettrodi in funzione di un'onda sonora) ci sono dei supporti sempre in mica ma a spessore maggiorato e sono detti "triple mica".

Normalmente i "triple mica" sono tubi costruiti per usi militari.

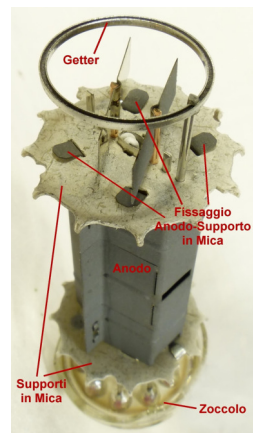
### Pentodo Philips UL84.



Parte superiore di una valvola con i supporti in mica che fissano l'anodo sul vetro del bulbo.



Particolare del fissaggio dei piedini sul vetro che costituisce la base della valvola



Supporti di mica e fissaggio dell'anodo su di essi.

## Caratteristiche Costruttive dell'involucro delle Valvole Termoioniche

La parte più esterna l'involucro che contiene gli elettrodi è una parte non meno importante della valvola termoionica stessa.

Deve avere delle caratteristiche peculiari, come la capacità di sopportare e smaltire il calore, la scarsa dilatazione termica, la capacità di sigillare al meglio il vuoto all'interno della valvola senza rilasciare gas durante il funzionamento.

### Principali tipologie di involucro delle valvole termoioniche

Di solito l'involucro è costituito da vetro, non raramente da metallo o ceramica.

Dal punto di vista commerciale, per contenere i costi si è andati verso un tipo di costruzione meno costosa in cui lo zoccolo della valvola e l'involucro sono fatti dello stesso materiale che funge anche da isolante fra i piedini dello zoccolo.

Quindi la scelta più logica e meno dispendiosa è stata il vetro.



Valvola 6ac7 RCA.

Si tratta di un pentodo di potenza con involucro metallico (lega ferrosa) fabbricato, come si vede dalla data stampigliata sullo zoccolo, nel 1951.

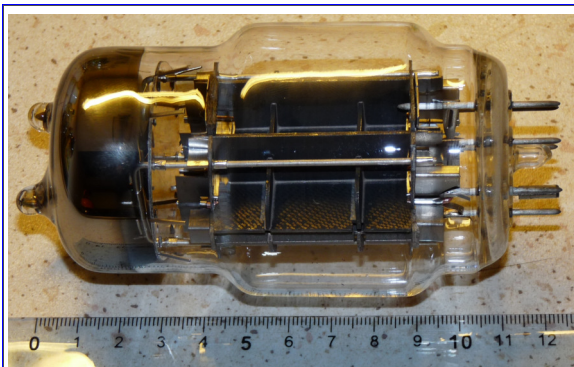
La valvola è in parte arrugginita ma è comprensibile per una valvola che ha più di 60 anni!!

Come possiamo vedere la base è costituita da materiale isolante, in questo caso bachelite, in cui sono innestati i reofori che collegano la valvola al circuito esterno.

Questa base è incastonata sull'involucro esterno che è realizzato in lega ferrosa.

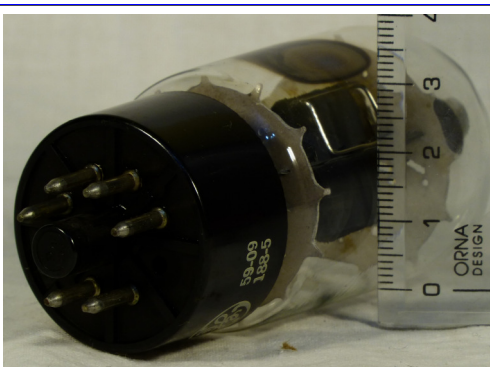
Da notare che l'involucro non corrisponde con l'anodo ne è collegato elettricamente a quest'ultimo ma è esattamente uguale alla realizzazione in vetro, in più funge da schermatura sia magnetica che elettrostatica ed è collegato ad un perno reoforo che di solito va poi messo a massa.

Purtroppo questo tipo di involucro ci toglie la possibilità di una ispezione interna che ci permetterebbe di determinare facilmente se nella valvola ci sono infiltrazioni di aria esterna e anche un po' della magia di vedere illuminarsi il catodo.



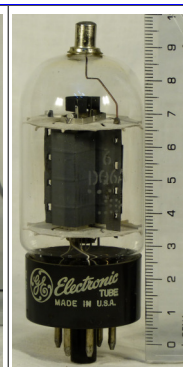
Esempio di valvola di grandi dimensioni con involucro completamente in vetro compreso lo zoccolo dal quale spuntano i terminali in lega ferrosa.

Si tratta di una valvola di derivazione militare quindi lo spessore del vetro, per conferire solidità, è di dimensioni generose.



Valvola pentodo General Electric in vetro con zoccolo in bachelite.

L'anodo è collegato sulla parte superiore della valvola per aumentare l'isolamento (aumentando la distanza dagli altri elettrodi).



Valvola pentodo General Electric uguale a quella di sinistra.



Valvola coassiale in metallo e vetro per alte frequenze.

La parte alettata funge da aletta di raffreddamento.

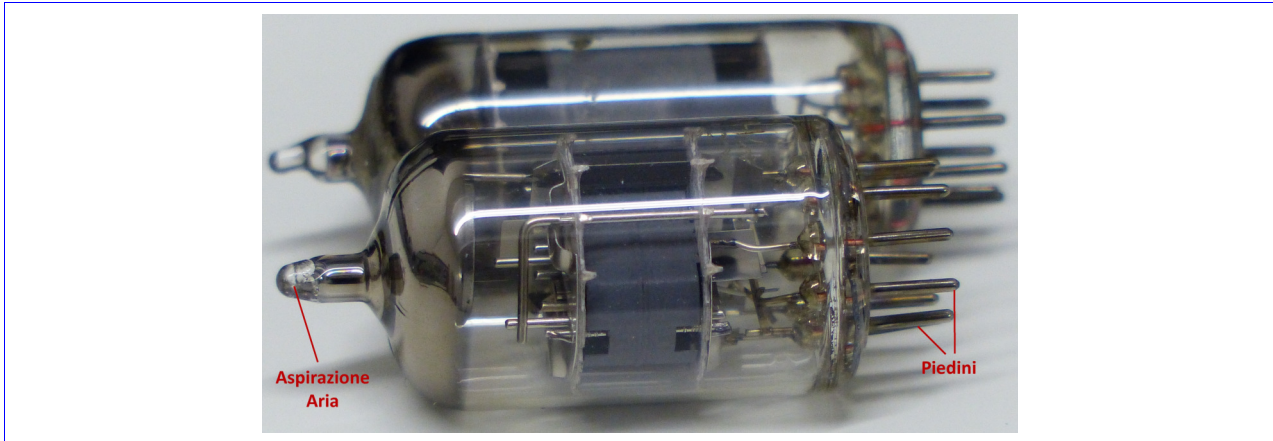
Gli elettrodi sono collegati tramite le sezioni circolari in metallo sulla superficie della valvola.



## Piedini delle Valvole Termoioniche

### Piedini delle Valvole Termoioniche

Bisogna distinguere fra valvole con piedini collegati ad un connettore esterno (le prime valvole in cui i fili che fuoriuscivano dal vetro erano saldati a dei piedini di un zoccolo esterno) e valvole con piedini direttamente fissati sul vetro del fondo come ad esempio le sub-miniatura.



Nella foto sopra sono ritratte due valvole sub-miniatura in cui si può vedere quello che resta del tubetto di vetro da cui è stata aspirata l'aria per fare il vuoto e all'altra estremità i piedini di collegamento.

Come vedete il metallo dei piedini è fuso con il vetro e il tutto è a tenuta d'aria, come testinonia la colorazione del metallo evaporato dal getter sulla parte superiore che è di un bel colore argento a dispetto del fatto che queste valvole hanno funzionato per alcune migliaia di ore.

I piedini permettono di collegare la valvola termoionica al mondo esterno quindi sono elementi di estrema importanza.

I piedini delle valvole, nel caso di valvole più recenti con contenitore di vetro, sono solidali con il vetro della stessa, quindi devono essere fatti di un materiale conduttore che ha lo stesso coefficiente di dilatazione del vetro per non produrre tensioni meccaniche quando la valvola si scalda ed evitare la rottura del vetro o la perdita del vuoto.

In genere veniva impiegata una lega (detta Alloy 42) di ferro e nichel (42% nichel e 58% ferro).

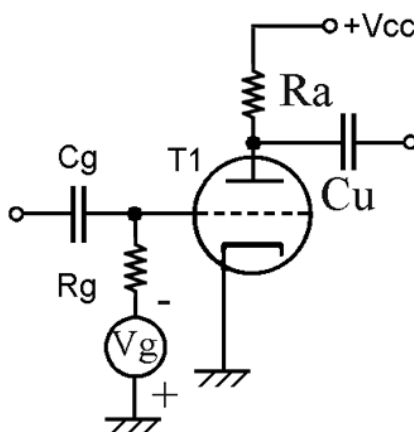
Altre leghe utilizzate per la costruzione dei piedini sono Cunife che è una lega di rame (Cu), nichel (Ni), ferro (Fe) e in alcuni casi cobalto (Co) e Fernico, una famiglia di leghe metalliche costituite principalmente da ferro (Fe), nichel (Ni) e cobalto (Co).

Come vedete a parte il nome sono tutte leghe molto simili.

Su versioni molto recenti di valvole di particolare pregio per evitare l'ossidazione è presente un rivestimento d'oro sulla parte terminale dei piedini.

## Classi di funzionamento degli amplificatori audio a valvole

<b>Indice Argomento Corrente</b>	
<b>1) Introduzione</b>	<b>Introduzione:</b> La classe di funzionamento si discrimina in base al tempo di conduzione di un dispositivo non lineare in rapporto alla durata di una onda sinusoidale applicata al suo ingresso. Per permettere una più chiara comprensione a questo punto tratterò il caso reale di un amplificatore di tensione che funziona nelle classi A, AB, B e C.
<b>2) Classe "A"</b>	
<b>3) Classe "AB"</b>	
<b>4) Classe "B"</b>	
<b>5) Classe "C"</b>	
<b>6) Conclusioni</b>	
<b>7) Riassumendo</b>	
<b>8) Nota</b>	



L'amplificatore di tensione posizionato a sinistra è composto da un triodo tipo Ecc82 (si tratta di un doppio triodo di cui usiamo solo una metà),  $C_g$  e  $C_u$  sono rispettivamente le capacità di disaccoppiamento di ingresso e uscita,  $V_g$  è un generatore di tensione continua che polarizza la griglia con una tensione che va da 0V a -30V,  $R_g$  è la resistenza di ingresso (quella che vede lo stadio precedente) e  $R_a$  è la resistenza di carico del triodo.

In questo modo variando unicamente la tensione prodotta da  $V_g$  possiamo esplorare tutte le classi di funzionamento possibili per la valvola in oggetto.

Di seguito è riportato il grafico delle caratteristiche anodiche di una Ecc82 (datato 20/06/1953).

In fase di progetto si procede in questo modo:

- Si sceglie la tensione  $V_{cc}$  (300V nel nostro caso).
- Si sceglie la resistenza  $R_a$  ( $300/0,025=12K\Omega$ ).
- Si traccia la retta di carico controllando che sia sotto la massima potenza che la valvola può sopportare ( $W_a=2,75W$ ).

Per lavorare in classe "A" il segnale in ingresso non deve mai mandare in interdizione la valvola ne renderla positiva.

Quindi il punto di lavoro della valvola deve essere scelto in modo che la tensione  $V_{ak}$  e la tensione  $V_{Ra}$  siano uguali.



Questo per consentire la massima elongazione del segnale.

Per lavorare in classe "AB" occorre polarizzare la griglia della valvola ad una tensione prossima al punto di interdizione della valvola, le semionde negative la manderanno in interdizione, le semionde positive ne aumenteranno la conduzione.

Per lavorare in classe "B" la tensione di griglia senza segnale di ingresso deve essere tale da mantenere esattamente in interdizione la valvola.

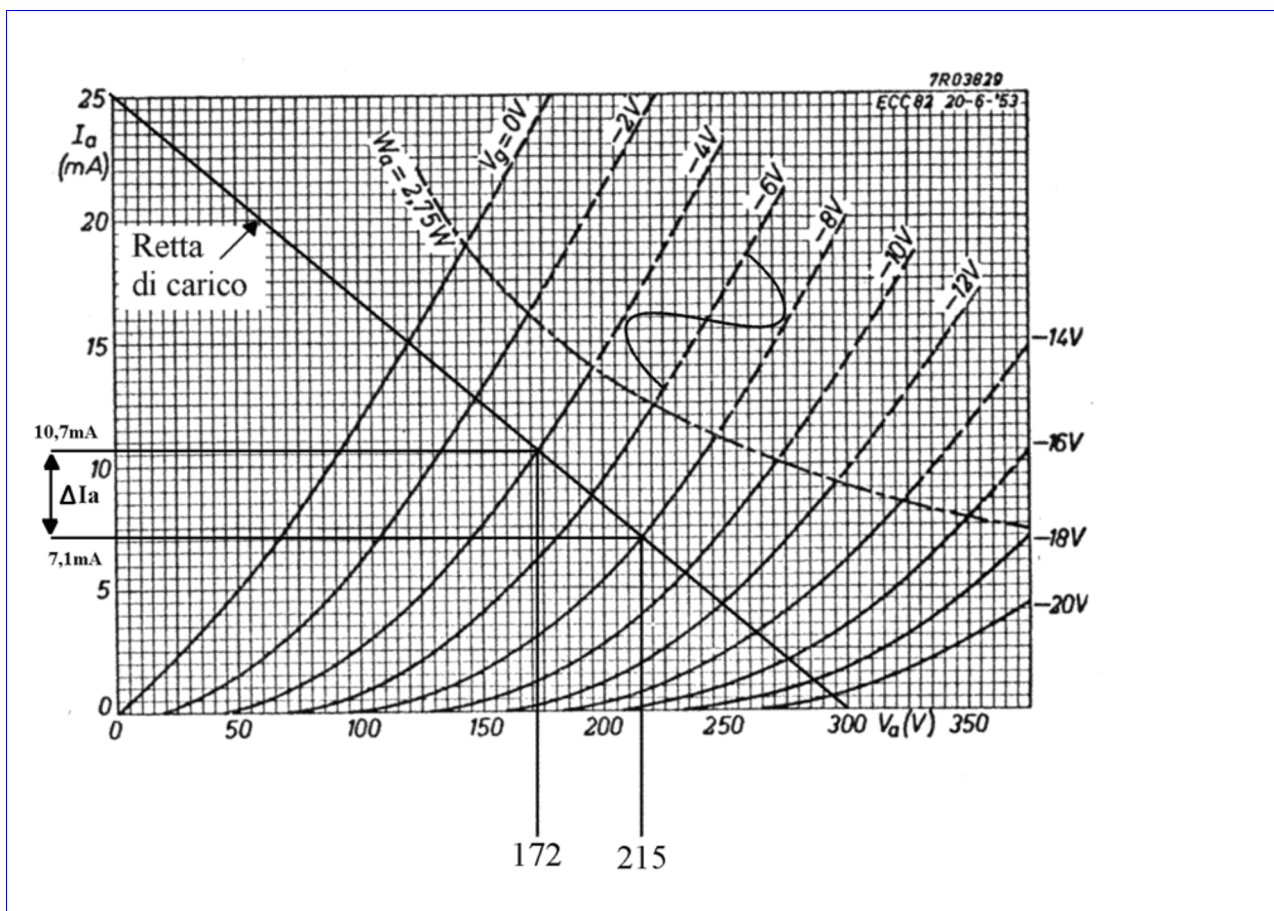
Le semionde negative manterranno la valvola interdotta, mentre quelle positive la porteranno in conduzione.

Per lavorare in classe "C" la tensione di griglia senza segnale di ingresso deve essere tale da mantenere la griglia ad un potenziale oltre l'interdizione, quindi di qualche Volt più negativa dell'interdizione.

Le semionde negative manterranno la valvola interdotta, mentre quelle positive la porteranno in conduzione la valvole quando arrivano ai valori di cresta.

### Classe "A"

Ora vediamo come si calcola il punto di lavoro di una valvola operante in classe "A".



Si sceglie una tensione di polarizzazione della griglia di controllo (nel caso della figura 6 Volt) e questa determina la classe di funzionamento, unitamente al valore del segnale in ingresso.

Si applica sull'ingresso una tensione di 4Vpp (per comodità).

La tensione applicata alla griglia di controllo è la somma della componente continua di 6 Volt più la componente alternata di 4Vpp, quindi la tensione di griglia va da -2V a -8V.

Questo provoca una variazione della corrente anodica e come conseguenza una variazione della caduta di tensione sulla  $R_a$ , quindi una variazione di tensione anodica.

Per il caso trattato la variazione di tensione anodica è di 43V e viene direttamente portata in uscita e disaccoppiata con il condensatore  $C_u$ .

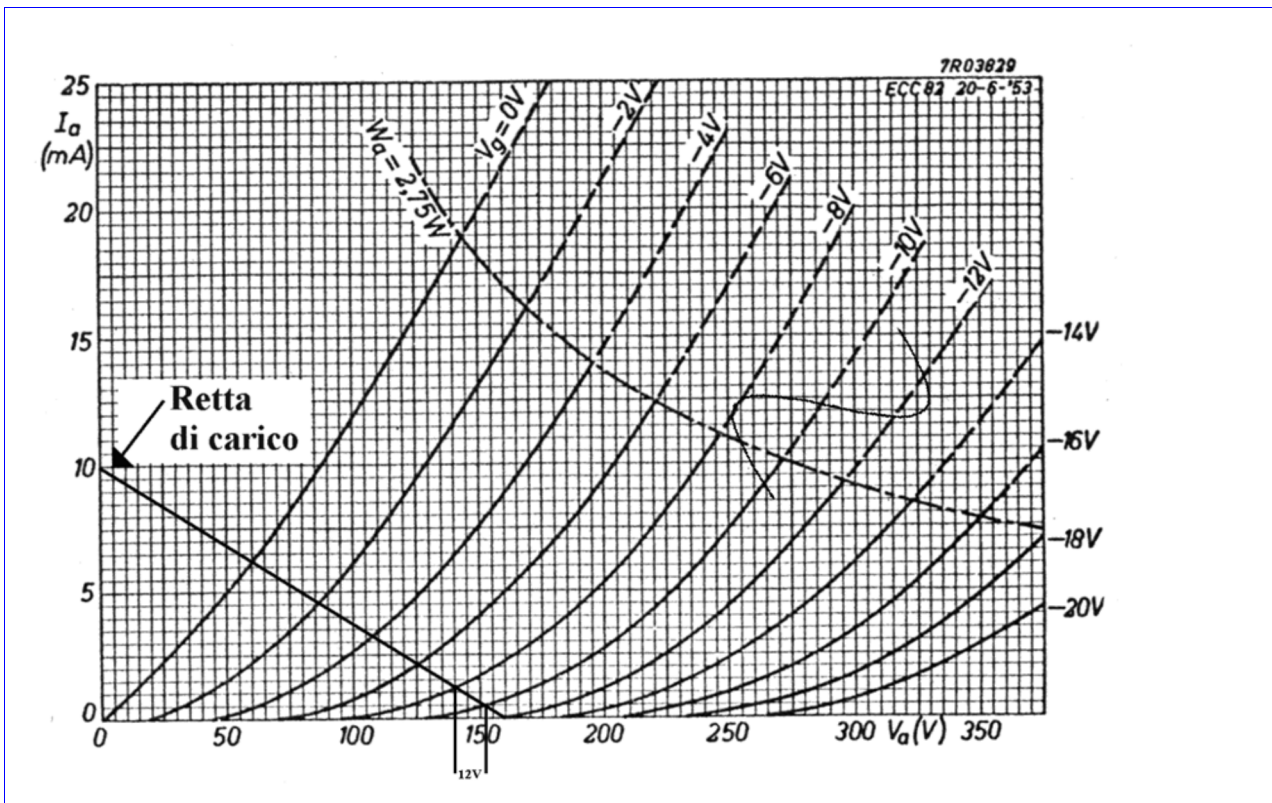
L'amplificazione in questo caso è data da  $V_{upp}/V_{ipp}$  quindi  $(215-172)/4=10,75$ .

Come si può notare nella valvola circola corrente per tutto il periodo del segnale in ingresso, quindi lavora in classe "A".

Questo perché la somma fra la tensione di polarizzazione della griglia e il segnale in ingresso non porta mai la valvola a funzionare in interdizione quindi nella stessa passa corrente per tutto il periodo del segnale in ingresso.

### Classe "AB"

Nella figura riportata di seguito lo stesso circuito variando la polarizzazione lavora in classe "AB" ovvero la corrente attraverso la valvola per un tempo inferiore al periodo dell'onda sinusoidale ma superiore al mezzo periodo.



Come si può notare dalla figura la tensione applicata al circuito anodico è in questo caso di 160V, la tensione di interdizione per tale tensione anodica da applicare alla griglia di controllo è -12V e nella massima elongazione la semionda negativa del segnale porta la griglia controllo (che ha una tensione continua di polarizzazione di -10V) a -12,5V tensione per la quale la valvola non conduce (stato di interdizione).

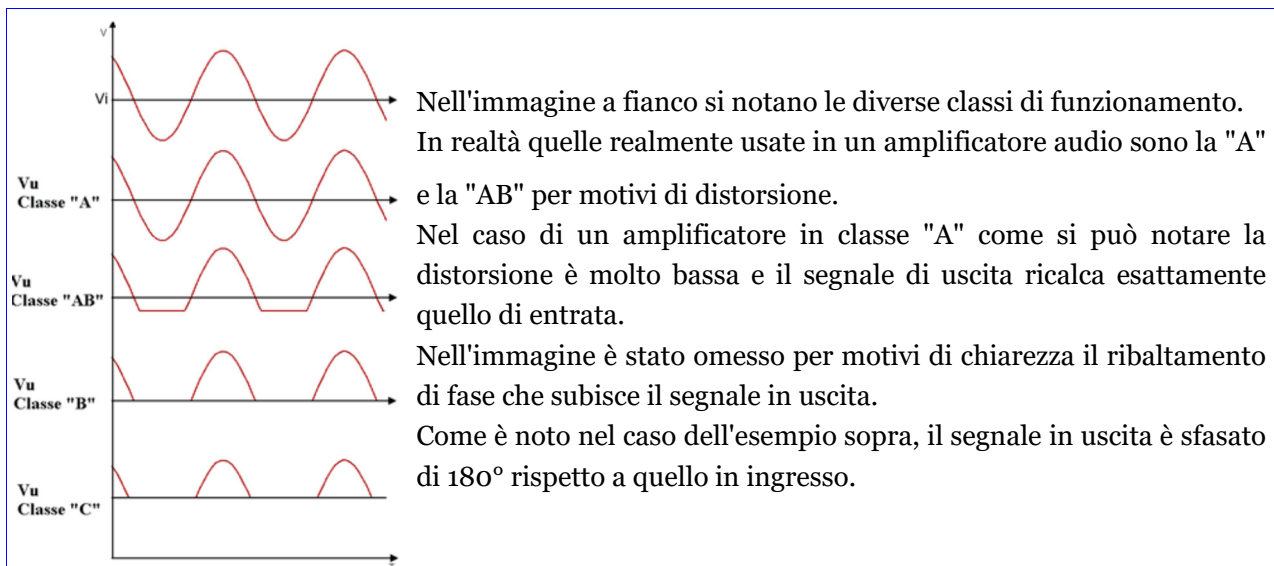
### Classe "B"

Con riferimento all'esempio precedente, se la tensione continua di polarizzazione della valvola fosse stata in questo caso -12V la valvola sarebbe stata in conduzione solo in corrispondenza della semionda positiva del segnale e avrebbe lavorato in classe B.

### Classe "C"

Con riferimento all'esempio precedente, se la tensione di polarizzazione della valvola fosse stata ancora più negativa la conduzione si sarebbe ridotta a meno del 50% del periodo del segnale in ingresso, quindi l'amplificatore avrebbe lavorato in classe C.

### Conclusioni



Nel caso di un preamplificatore è praticamente obbligatorio progettare degli stadi in classe "A", mentre la classe "AB" viene usata negli amplificatori finali di potenza audio per aumentare il rendimento.

Le classi "B" e "C" si usano negli amplificatori RF sempre per motivi legati al rendimento.

Esistono poi, e li cito per completezza, amplificatori in classe "A" fittizia in quanto hanno la polarizzazione della griglia di controllo che varia, per quello che riguarda la componente continua in funzione dell'ampiezza del segnale in ingresso mantenendo la valvola sempre in conduzione.

Questa soluzione peraltro di difficile attuazione presenta dei problemi per quello che riguarda i segnali che presentano picchi e forte dinamica (la polarizzazione non si adatta in tempo reale).

### Riassumendo:

Classe "A"	<p>Amplifica il 100% del segnale, nel caso di una sinusoide l'angolo di conduzione è di 360°.</p> <p>Con questa tecnica vengono realizzati amplificatori per bassa frequenza, media frequenza e alta frequenza.</p> <p>L'efficienza teorica massima del 50% ne limita l'impiego solo alle basse potenze.</p> <p>I classici amplificatori audio con una sola valvola in uscita per canale sono tutti in classe "A" e vengono denominati "single ended classe A".</p> <p>Da notare che l'amplificatore in classe "A" senza segnale in ingresso assorbe la massima potenza dall'alimentatore come in qualsiasi altro stato di funzionamento.</p> <p>Praticamente assorbe sempre la massima potenza.</p> <p>E in uscita sentiremo sempre il ronzio dovuto al massimo ripple di alimentazione.</p> <p>Quindi non si bara.</p> <p>Occorre un buon alimentatore.</p>
Classe "AB"	<p>Amplifica più del 50% ma meno del 100% del segnale, l'angolo di conduzione è compreso fra 180° e 360° estremi esclusi.</p> <p>Per amplificare l'intera onda sinusoidale (360°) si ricorre a due amplificatori in classe "AB" che lavorano rispettivamente, uno per la semionda positiva e l'altro per la semionda negativa.</p> <p>Notare che in questo caso una certa porzione del segnale viene amplificata da entrambi i dispositivi attivi, in questo modo si riduce enormemente la distorsione che si ha nella regione di commutazione di questi.</p> <p>Questa distorsione è anche nota con il nome "distorsione di attraversamento" (o crossover).</p> <p>Il valore dell'efficienza teorica è compreso fra il 50% e il 78.5% (Classe B).</p> <p>Da notare che in assenza di segnale in ingresso l'amplificatore in classe "AB" assorbe una corrente abbastanza bassa che serve per mantenere in conduzione le valvole finali ed evitare la distorsione di crossover.</p> <p>Questo implica che l'alimentazione deve fornire una corrente molto inferiore, quindi lavora con una resistenza di carico maggiore, questo riduce di molto il ripple dando la sensazione che l'amplificatore sia più silenzioso anche se ha un alimentatore peggiore.</p>
Classe "B"	<p>Amplifica il 50% del segnale, l'angolo di conduzione è esattamente di 180°.</p> <p>Con questa tecnica si realizzano amplificatori destinati all'uso in alta frequenza.</p> <p>Adatto per amplificare singoli toni sinusoidali (es. sinusoide fornita da un oscillatore).</p> <p>L'efficienza ha valori effettivi compresi fra il 50% e il 78.5%.</p> <p>Per amplificare l'intera onda sinusoidale (360°) si ricorre a due amplificatori in classe B che lavorano rispettivamente, uno per la semionda positiva da 0° a 180° e l'altro per la semionda negativa da 180° a 360°.</p> <p>In questo caso si amplifica tutto il segnale, come nella classe "A", ma con l'efficienza propria della classe B.</p> <p>Nella realtà la classe "B" è impossibile da ottenere, si finisce sempre per lavorare in classe "AB" o "C".</p>

Classe "C"	<p>Amplifica meno del 50% del segnale, l'angolo di conduzione è minore di 180°.</p> <p>Con questa tecnica si realizzano amplificatori destinati all'uso in alta frequenza.</p> <p>Adatto per amplificare singoli toni sinusoidali (es. senoide fornita da un oscillatore).</p> <p>L'efficienza teorica può rasentare il 100%, anche se i valori effettivi sono compresi tra il 70% e il 90%.</p> <p>La senoide del segnale in uscita viene di norma negli amplificatori a radiofrequenza ripristinata da un circuito oscillante LC.</p>
------------	---

**Nota:**

Sono state classificate altre classi di funzionamento più "moderne" (per lo più legate all'amplificazione di tipo digitale del segnale) che non ci interessano nell'ambito delle valvole audio.

Tuttavia per completezza (o magari per ispirare qualche sperimentatore estremo) le citiamo.

Classe "D"	<p>Amplificatori a commutazione che amplificano un segnale digitale.</p> <p>L'efficienza teorica è del 100%.</p> <p>Data la massima efficienza il loro uso è nell'elettronica di alta potenza.</p> <p>Spesso sono usati come amplificatori audio ma hanno bisogno di un modulatore d'ingresso PWM e di un circuito integratore d'uscita che ne limita la banda passante superiore.</p>
Classe "E"	<p>Amplificatore switching ad alta efficienza per radio frequenza, brevettato nel 1976.</p> <p>Un unico transistor agisce da interruttore, collegato attraverso un'induttanza all'alimentazione e attraverso una rete LC al carico.</p> <p>La rete di carico modula le forme d'onda di corrente e tensione al fine di evitare un'elevata dissipazione di potenza nel transistor.</p> <p>In pratica, in qualsiasi istante almeno una tra tensione e corrente ha valore basso, e il prodotto delle due è minimizzato.</p> <p>Una grossa capacità posta in parallelo al transistor evita che il segnale RF si diffonda all'alimentazione.</p> <p>A parità di transistor, frequenza e potenza d'uscita è più efficiente di un classe B o di un classe C.</p> <p>Il contenuto armonico è simile a quello di un classe B.</p>
Classe "G"	<p>Amplificatori in classe "AB" a cui è stato aggiunto un commutatore della tensione di alimentazione sugli stadi finali.</p> <p>Il passaggio fra alimentazione a bassa tensione e alimentazione a tensione più elevata è dato dall' ampiezza del segnale d'ingresso.</p> <p>In pratica il valore della tensione di alimentazione dello stadio finale varia fra due livelli discreti in funzione dell'ampiezza del segnale da amplificare.</p> <p>La massima efficienza teorica è del 85-90%</p>
Classe "H"	<p>Amplificatore in classe "AB" con tensione di alimentazione variabile con continuità a partire da un minimo fisso.</p> <p>La variazione della tensione è determinata dal segnale d'ingresso.</p> <p>La massima efficienza è maggiore dell' 85.9 % ma minore del 100%.</p> <p>Inizialmente la classe H era realizzata aggiungendo alla Classe G più commutatori di tensione, per approssimare l'involuppo della senoide.</p>



## Possibili configurazioni delle valvole

La valvola è un dispositivo attivo riconducibile a tre terminali (nella fattispecie del triodo il fatto è lampante, i tre terminali sono la griglia, l'anodo e il catodo, ma anche le altre valvole si possono ricondurre a tre terminali) si verifica che tra l'ingresso e l'uscita c'è necessariamente un terminale in comune.

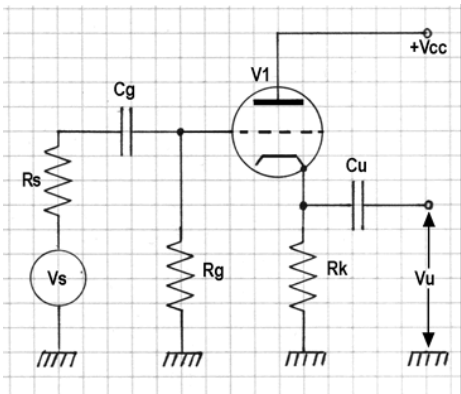
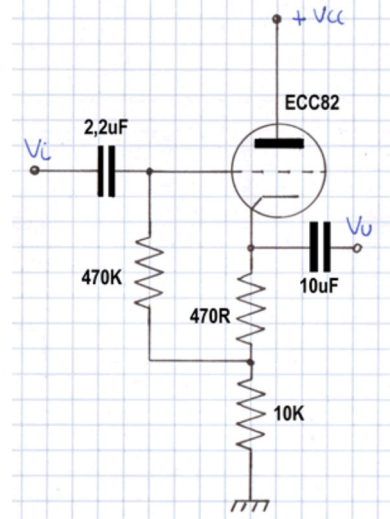
Quindi logicamente in funzione del terminale in comune fra ingresso e uscita, possiamo collegare la valvola in tre modi diversi, ovvero:

- ad Anodo Comune,
- a Griglia Comune e
- a Catodo Comune.

In fase di progetto viene preferita una configurazione piuttosto che un'altra in funzione delle caratteristiche di amplificazione, impedenza di ingresso e di uscita di ogni singolo stadio.

Sovente si usano più stadi in cascata per poter fruttare duo o più configurazioni differenti per i vari stadi al fine di sommarne i pregi.

### Configurazione ad Anodo comune

	
<p>Configurazione ad anodo comune o ad inseguitore catodico (cathode follower)</p>	<p>inseguitore catodico ad effetto bootstrap</p>

Questo tipo di connessione è detta ad Anodo Comune o ad inseguitore catodico (cathode follower): il segnale viene immesso nella griglia e prelevato dal catodo.

Questo circuito non è un amplificatore in senso stretto in quanto il segnale all'uscita ha un'ampiezza più piccola di quello in ingresso.

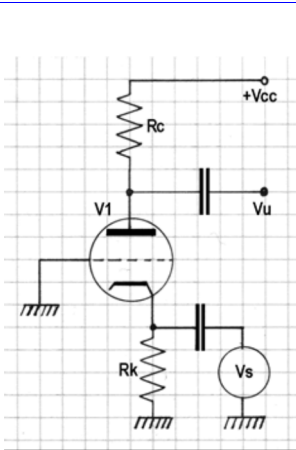
E' un circuito usato sovente come adattatore di impedenza, infatti in ingresso ha un'alta impedenza e in uscita una relativamente bassa.

Il limite di questo schema è che l'ampiezza del segnale non può superare in uscita la tensione di polarizzazione (negativa) di griglia, infatti in questo caso la griglia diverrebbe positiva e vi sarebbe una corrente di griglia che altererebbe il funzionamento del circuito.

A questo si ovvia con una variante del circuito detto inseguitore catodico ad effetto bootstrap.

Questo amplificatore permette una maggior elongazione del segnale di uscita, quindi permette di trasferire un segnale di ampiezza maggiore, in virtù del fatto che la tensione di polarizzazione della griglia è indipendente da quella del segnale.

### Configurazione a Griglia comune



Configurazione a Griglia Comune.

Il segnale da amplificare viene immesso sul catodo.

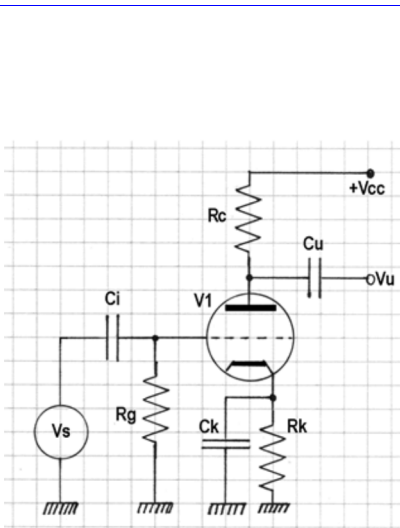
Il segnale amplificato viene prelevato sull'anodo.

Questo circuito è caratterizzato da una relativamente bassa impedenza di ingresso e un'alta impedenza di uscita.

La resistenza  $R_k$  funge anche da resistenza di polarizzazione della griglia, questo pone dei ben precisi limiti alla corrente che può circolare nel circuito anodico che passando su  $R_k$  produce ai capi di quest'ultima una caduta di tensione (regime statico) che è poi la tensione di polarizzazione negativa della griglia ed è anche la tensione massima del segnale applicabile in ingresso.

L'amplificazione di questo circuito è approssimativamente data da  $R_c/R_k$ .

### Configurazione a Catodo comune



Configurazione a Catodo Comune.

Il segnale da amplificare viene immesso sulla griglia.

Il segnale amplificato viene prelevato sull'anodo.

Questo circuito è caratterizzato da una alta impedenza di ingresso e un'alta impedenza di uscita.

Il gruppo  $R_k+C_k$  serve a polarizzare la griglia (genera una corrente continua di polarizzazione che rende la griglia negativa rispetto al catodo) e a tutti gli effetti della corrente alternata non c'è.

Il circuito a catodo comune è il più semplice circuito amplificatore costituito da valvole che possiamo immaginare e probabilmente proprio per questo è il circuito più comune e quello più conosciuto.

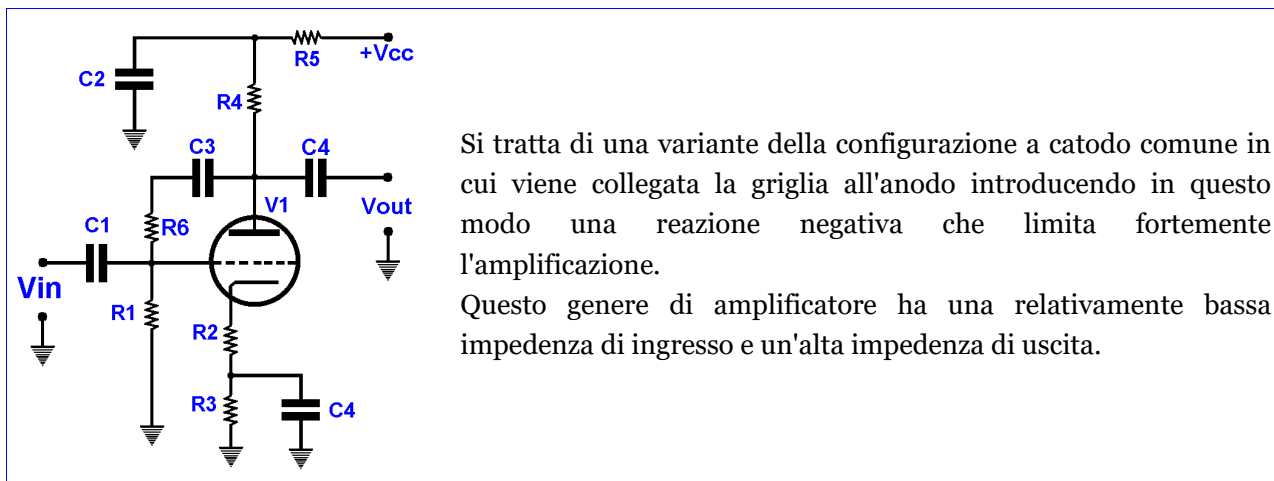
Deve il suo nome al fatto che il terminale in comune fra ingresso e uscita è il catodo.

In questo circuito l'ingresso è riferito tra griglia e catodo, mentre l'uscita è riferita tra anodo e catodo quindi l'elemento in comune tra l'ingresso e l'uscita è proprio il catodo, da cui il nome del circuito.

### Riassumendo:

Tipologia	Impedenza Ingresso	Impedenza Uscita	Fase	Amplificazione
Anodo Comune	Altissima (dell'ordine dei Mega $\Omega$ )	Bassa (dell'ordine del Kilo $\Omega$ )	In fase	Minore di 1
Griglia Comune	Bassa (dell'ordine del Kilo $\Omega$ )	Alta (dell'ordine delle decine di Kilo $\Omega$ )	Sfasato di 180°	Medio-Alta
Catodo Comune	Altissima (dell'ordine dei Mega $\Omega$ )	Alta (dell'ordine delle decine di Kilo $\Omega$ )	Sfasato di 180°	Alta

### Curiosità: Inseguitore anodico o anode follower.



## Polarizzazione della Griglia delle Valvole Termoioniche

### Polarizzazione delle Griglie delle Valvole Termoioniche

La corretta polarizzazione delle griglie di una valvola è fondamentale per il funzionamento e per mantenere al minimo la distorsione negli amplificatori.

- Polarizzazione della griglia di controllo
- Polarizzazione grid-leak della griglia di controllo
- Polarizzazione della griglia di controllo con corrente di lancio (da non confondersi con la polarizzazione grid-leak)
- Polarizzazione positiva della griglia di controllo per valvole con anodo a bassa tensione
- Polarizzazione della griglia di schermo (Tetrodo e Pentodo)
- Comportamenti limite

## Polarizzazione della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche

### Polarizzazione della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche: Prefazione.

Per polarizzazione si intende l'applicazione delle giuste tensioni ai vari elettrodi allo scopo di ottenere il giusto punto di lavoro e, nell'ottica di più valvole in cascata, il giusto adattamento di impedenza fra i vari stadi.

Per un corretto funzionamento in classe "A" di una valvola la griglia di controllo deve mantenersi ad un potenziale di polarizzazione negativo rispetto al catodo, e questo si può ottenere in vari modi che cercheremo di descrivere in seguito.

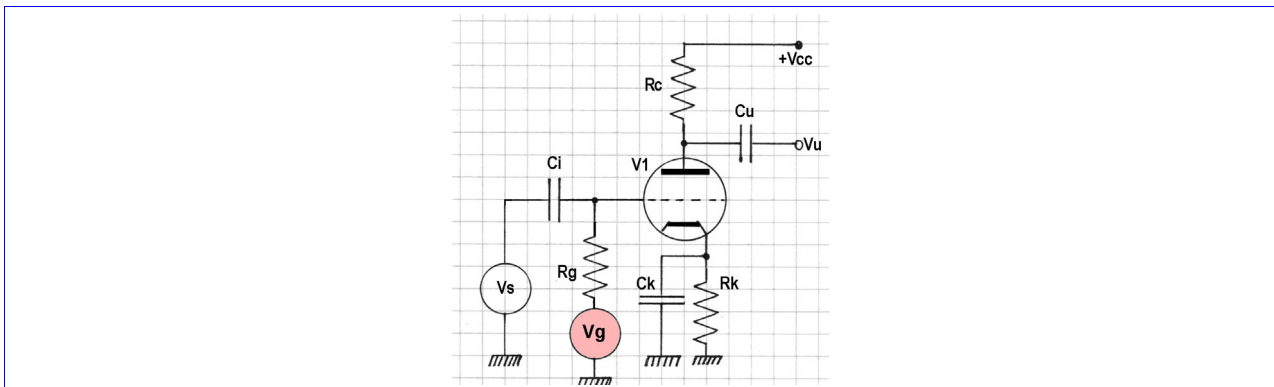
Negli esempi e negli schemi utilizzati di seguito si usa sempre una valvola triodo termoionico, questo per semplicità, ma gli esempi sono validi anche per le altre tipologie di valvole.

### Generatore di tensione dedicato per polarizzazione griglia di controllo delle valvole termoioniche.

Per quello che riguarda un generatore esterno c'è poco da dire, occorre un secondario a disposizione sul trasformatore di alimentazione e un circuito stabilizzatore molto accurato in quanto la griglia è molto sensibile a qualsivoglia disturbo associato alla polarizzazione.

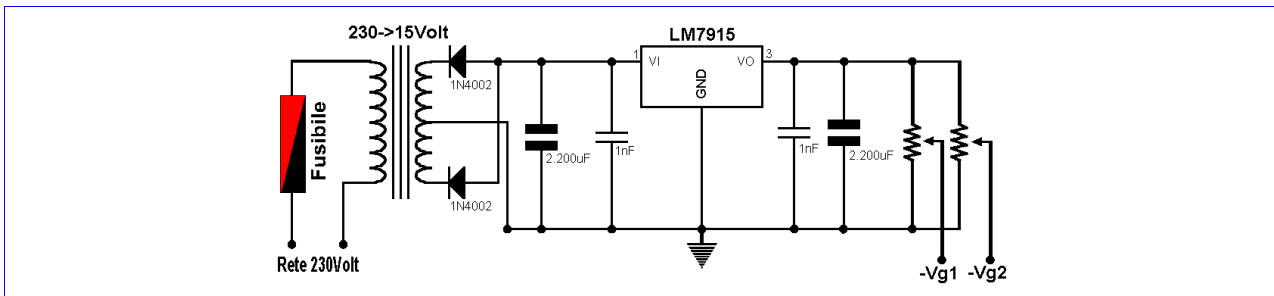
I vantaggi sono sostanzialmente legati alla possibilità di regolare con precisione il punto di lavoro della valvola termoionica, anche nel caso si debba cambiare e quella in sostituzione sia leggermente diversa.

Al limite si può predisporre un trimmer per regolare singolarmente ogni valvola presente nel nostro circuito, complicando in minima parte il circuito.



Come si presenta dal punto di vista teorico il circuito con la griglia polarizzata con generatore indipendente.

Si noti la mancanza della resistenza Rk divenuta in questo esempio ai fini della polarizzazione, inutile.



Sopra il circuito di un alimentatore per la polarizzazione della griglia.

Usa un LM7915, regolatore stabilizzato che all'uscita fornisce una tensione stabilizzata di -15Volt che viene poi regolata da 0 a -15 Volt secondo le necessità dai trimmer di taratura in uscita.

La corrente richiesta da questo alimentatore è bassissima essendo la resistenza di ingresso dell'ordine dei Mega $\Omega$ .

Il vantaggio è che con lo stesso alimentatore si possono alimentare con tensioni diverse molte valvole



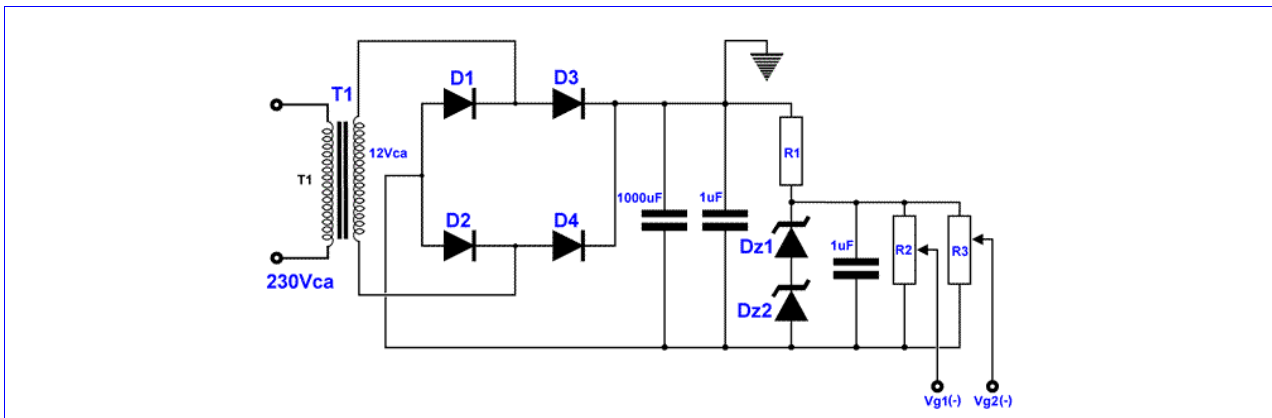
semplicemente aumentando il numero dei trimmer sempre che tutte le griglie abbiano lo stesso riferimento a massa.

Nell'immagine sotto un circuito per la polarizzazione stabilizzata (con zener) per le griglie controllo delle valvole termoioniche.

I diodi Dz1 e Dz2 sono scelti in modo che l'influenza della temperatura sia limitata (in genere di tensione prossima ai 6V) il più possibile.

Ricordiamoci che questo tipo di polarizzazione non è auto-adattante come la polarizzazione automatica, quindi deve avere una stabilità maggiore e, una volta regolati i trimmer R2 ed R3 mantenere la taratura senza variazioni apprezzabili nel tempo.

Questo circuito ha due uscite, quindi è adatto a polarizzare due valvole.



Tuttavia per aumentare il numero delle uscite basta aumentare il numero dei trimmer collegati in parallelo.

Il condensatore posto in parallelo ai diodi zener serve per annullare il rumore prodotto da questi ultimi.

Il valore di R1 viene calcolato in modo che nel ramo passi una corrente molto più alta di quella assorbita dal parallelo R2 - R3 compatibilmente con la potenza dissipata dai diodi zener.

In genere R2 ed R3 hanno resistenze dell'ordine dei M $\Omega$  mentre R1 dell'ordine dei K $\Omega$ .

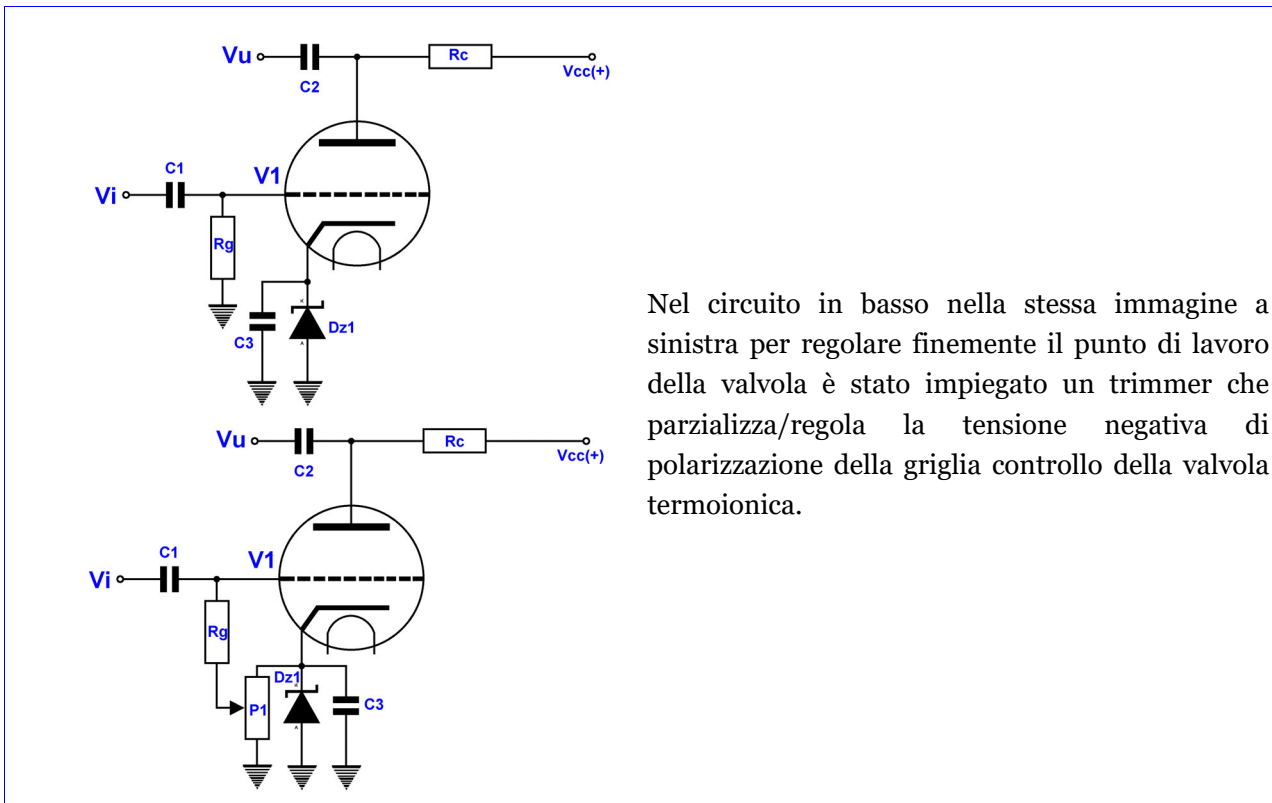
A sinistra un circuito preamplificatore con triodo termoionico.

Un esempio di utilizzo della polarizzazione stabilizzata (con diodo zener) per le griglie di controllo delle valvole termoioniche.

La caduta di tensione sul diodo zener determinata dalla tensione di zener di quest'ultimo è fissa e stabile al variare delle corrente anodica che lo attraversa.

Il condensatore C3 serve per annullare gli effetti della resistenza parassita dello zener che introdurrebbe una seppur minima reazione negativa (che si assume essere indesiderata in questo caso).

C3 potrebbe, vista l'entità della controreazione introdotta, essere eliminato se non servisse anche per annullare il rumore prodotto dal diodo zener.



Nel circuito in basso nella stessa immagine a sinistra per regolare finemente il punto di lavoro della valvola è stato impiegato un trimmer che parzializza/regola la tensione negativa di polarizzazione della griglia controllo della valvola termoionica.

### **Polarizzazione automatica griglia di controllo delle valvole termoioniche.**

La polarizzazione automatica prevede l'inserimento di una resistenza fra catodo e massa nel collegamento della valvola a catodo comune.

Inserzione di una resistenza RK al di sotto del catodo, per il passaggio attraverso di essa della corrente anodica a riposo, produce un innalzamento del potenziale del catodo rispetto alla griglia che è collegata al potenziale di riferimento di massa tramite una resistenza.

Quindi il catodo è più positivo della griglia del valore  $V_g = R_k \cdot I_a$ .

Questo metodo, chiamato polarizzazione automatica, ha diversi vantaggi come quello di essere facilmente implementabile ed economico ed ha una discreta capacità di autoregolazione al variare delle condizioni di funzionamento del circuito (Esempio: l'invecchiamento delle valvole, aumento o diminuzione della tensione anodica).

In pratica l'autoregolazione avviene nel seguente modo: quando la corrente che attraversa la valvola sale aumenta anche la caduta sulla resistenza  $R_k$ , quindi aumenta il potenziale negativo della griglia di controllo e la corrente diminuisce.

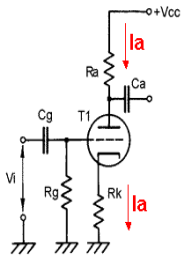
Viceversa quando la corrente diminuisce.

Praticamente si tratta di una reazione negativa in corrente che stabilizza il punto di lavoro della valvola.

La resistenza  $R_k$  deve essere bypassata dalla componente alternata di  $I_a$  nella condizione di funzionamento, altrimenti si produce una controreazione locale che diminuisce l'amplificazione dello stadio.

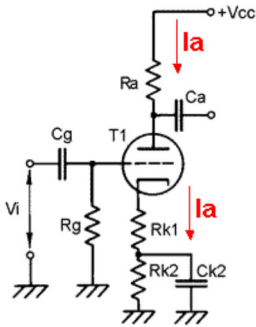
In realtà se non esiste un anello di controreazione globale si fa una via di mezzo, ovvero per linearizzare il comportamento dello stadio si bypassa solo una porzione più o meno grande di  $R_k$  (in funzione del guadagno che si vuole ottenere).

Questo tipo di polarizzazione è usato di norma su tutti gli stadi di preamplificazione, negli stadi finali è molto usata ma induce una perdita di potenza dovuta alla resistenza serie sul circuito anodico.



A sinistra: Polarizzazione della griglia con resistenza Rk.

Tutto funziona bene in regime statico (senza segnale di ingresso), mentre in regime dinamico la variazione di  $I_a$  produce una variazione di caduta di tensione su Rk che viene sottratta al segnale in ingresso innescando una controreazione locale in corrente, che da una parte stabilizza il punto di funzionamento della valvola e dall'altra riduce il guadagno.



A Sinistra: polarizzazione della griglia con resistenza Rk ( $Rk_1+Rk_2$ ) in questo caso parzialmente bypassata dal condensatore Ck2.

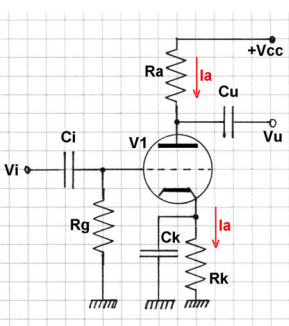
La resistenza Rk1 è adibita sia alla polarizzazione che alla reazione negativa (chiamata anche controreazione o degenerazione catodica ).

Sotto, il circuito in cui è stata completamente rimossa la componente alternata dai capi di Rk tramite il condensatore Ck, quindi niente controreazione.

Il valore del condensatore deve essere scelto per avere un'impedenza molto minore del valore di Rk alla frequenza più bassa a cui dovrà lavorare l'amplificatore.

Nel caso di un amplificatore audio la frequenza più bassa è inferiore a 20Hz.

Di solito nel caso di un triodo preamplificatore la tensione massima di lavoro di Ck è abbastanza bassa, quindi le dimensioni di Ck sono contenute anche per alte capacità.



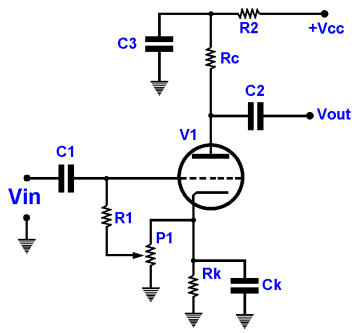
In questo caso, come visto in precedenza, in regime statico abbiamo una controreazione in corrente che stabilizza il punto di lavoro della valvola, in regime dinamico nessuna controreazione grazie a Ck che bypassa la componente alternata della tensione ai capi di Rk.

Nell'immagine sotto il circuito in cui è stata completamente rimossa la componente alternata dai capi di Rk tramite il condensatore Ck, quindi anche in questo caso niente controreazione.

La particolarità di questo circuito è il trimmer P1 che permette di regolare finemente la polarizzazione negativa della griglia di controllo della valvola V1 parzializzando la tensione presente ai capi di Rk.

In questo modo agendo sulla taratura si regola la tensione negativa di griglia fino a che in regime statico la tensione  $V_{ak}$  è uguale alla tensione  $V_{Rc}$ .

Ovviamente questo circuito funziona anche nel caso Ck sia assente, quindi in presenza di reazione negativa.



In questo caso varia anche la reazione negativa ed influisce anche sull'amplificazione dello stadio.

P1 ed R1 devono avere un valore Ohmico molto più grande di Rk in modo da non influire sul gruppo Rk-Ck.

Il gruppo R2-C3 serve solo per abbassare la tensione di polarizzazione anodica dello stadio e per ridurre il ripple di alimentazione residuo.

## Polarizzazione grid-leak della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche

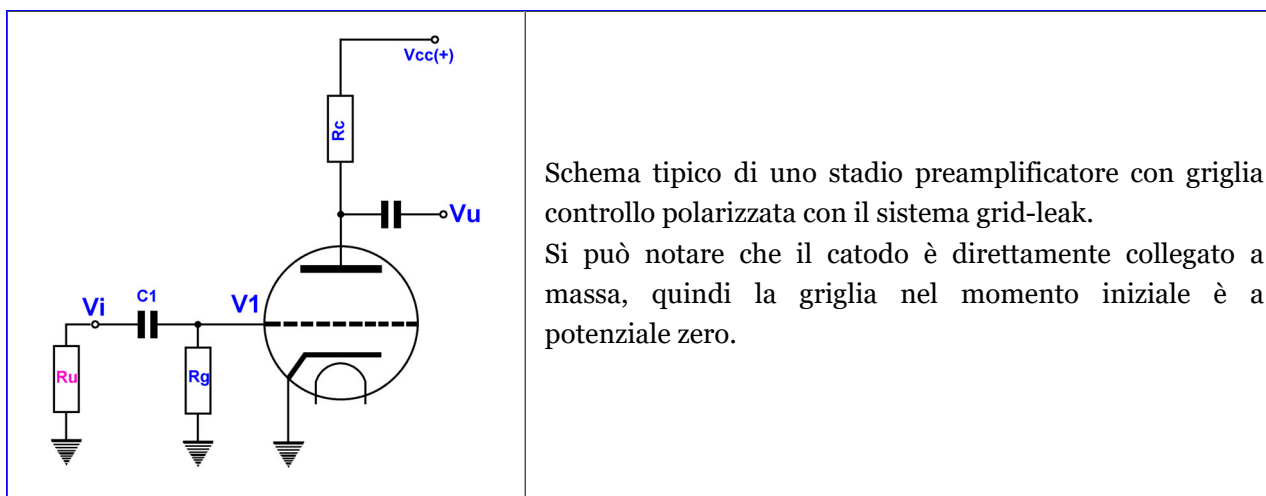
### Polarizzazione grid-leak della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche.

Cos'è la polarizzazione grid-leak della griglia di controllo delle valvole termoioniche?

È un tipo di polarizzazione che prevede che passi della corrente nella griglia di controllo dovuta alla polarizzazione positiva della stessa ad opera del segnale in ingresso.

Si tratta di una applicazione fuori standard ma interessante dal punto di vista concettuale e impiegata in genere nella alimentazione delle valvole standard adattate a lavorare a bassa tensione anodica.

Questo tipo di polarizzazione automatica in genere non è utilizzato in campo audio se non quando si ricercano delle caratteristiche che fanno passare in secondo piano la distorsione e la impedenza d'ingresso asimmetrica come ad esempio in alcuni effetti per chitarra e basso elettrico.

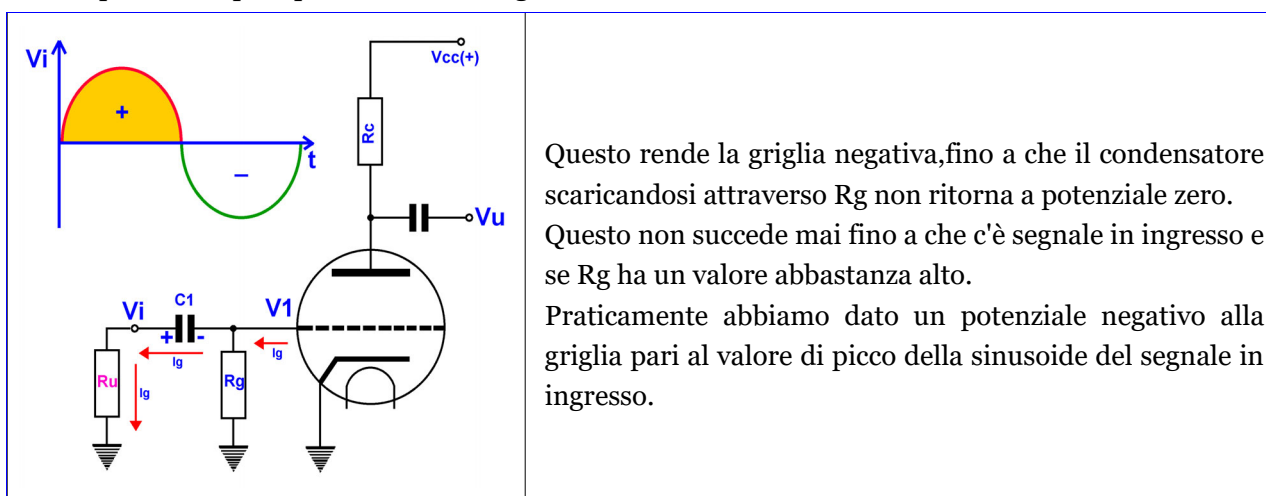


Nell'immagine sotto, quando viene posto un segnale in ingresso, in questo caso un segnale sinusoidale la valvola si comporta nel seguente modo:

Durante la semionda positiva del segnale la griglia diviene positiva, intercetta una parte degli elettroni che fluiscono verso l'anodo e da luogo ad una corrente di griglia.

La corrente passa attraverso il condensatore circolando nella Ru (che è la resistenza di uscita dell'apparato precedente).

Quindi quando il segnale in ingresso seguendo il suo andamento ritorna a zero il condensatore rimane carico per un tempo dipendente da  $C1 \times Rg$ .





	<p>Quando alla griglia giunge la semionda negativa questa si somma alla tensione con cui si è caricato il condensatore. Praticamente se <math>R_u</math> è molto minore di <math>R_g</math> il condensatore è carico al valore di cresta della semionda positiva del segnale in ingresso e quando giunge la semionda negativa se il segnale è simmetrico la tensione della griglia può giungere a zero in corrispondenza del valore di picco della semionda negativa.</p> <p>La tensione presente su <math>C_1</math> determinerà il punto di lavoro della valvola che inseguirà il valore di picco della tensione di ingresso.</p>
--	---

Sotto il circuito equivalente di ingresso in caso di polarizzazione della griglia grid-leak.

$R_{gk}$  è la resistenza griglia catodo della valvola.

La valvola, quando la griglia è positiva conduce, la griglia fa le veci dell'anodo quindi il sistema griglia-catodo si può rappresentare come un diodo.

Quando la griglia è positiva la resistenza d'ingresso dello stadio vista dallo stadio precedente subisce una notevole riduzione.

Per  $R_G \rightarrow +\infty$  il valore di tensione ai capi di  $C_1$  si stabilizza sul valore di picco positivo del segnale e l'impedenza di ingresso dopo il momento iniziale, a regime, tende a  $+\infty$  quindi ci approssimiamo al funzionamento standard con griglia negativa.

Diventa problematico determinare il valore ottimale di  $R_c$  in quanto la polarizzazione di griglia è variabile, quindi non potremo mai ottenere una tensione ai capi di  $R_c$  pari a  $1/2 V_{cc}$  che è il requisito per avere in uscita un segnale amplificato che sfrutta la massima elongazione in funzione della tensione di alimentazione.

In altre parole il segnale in uscita se di grande ampiezza potrebbe avere una distorsione notevole.

	<p>Quindi la resistenza d'ingresso dello stadio è fortemente influenzata dal segnale in ingresso, questo genera una distorsione, proporzionale al valore di <math>R_u</math>. Se <math>R_u \ll R_{gk}</math> la distorsione è trascurabile, aumentando il valore di <math>R_u</math> mano a mano aumenta la distorsione.</p>
--	--

	<p>Effetto della variazione dell'impedenza di ingresso della valvola dovuta alla polarizzazione positiva della griglia di controllo con conseguente passaggio di corrente di griglia.</p>
--	---

**Polarizzazione grid-leak della Griglia Controllo: considerazioni finali**

La tensione di polarizzazione della griglia di controllo è dipendente dell'ampiezza del segnale in ingresso, quindi il punto di funzionamento della valvola può spostarsi dovunque, la valvola può

lavorare in qualsiasi classe e passare dalla classe "A" a quella "AB" alla "C".

Per avere un funzionamento prevedibile come amplificatore audio occorre conoscere in fase di progetto l'ampiezza del segnale in ingresso.

Occorre calcolare esattamente il tempo di scarica (con riferimento al disegno sopra) dato da  $C_1 \times R_g$  che determina la velocità con cui la polarizzazione di griglia insegue il valore di picco del segnale in ingresso.

Tale valore non può essere troppo alto specie se la dinamica del segnale è molto elevata perché in conseguenza di un picco accentuato la polarizzazione di griglia potrebbe essere tale da interdire la valvola che rimarrebbe interdetta per un tempo troppo lungo prima di ritrovare una polarizzazione corretta.

Inoltre essendo un filtro passa alto deve soddisfare il requisito di avere una frequenza di taglio abbastanza bassa da non attenuare il segnale in ingresso.

Tali considerazioni hanno una valenza parziale qualora il nostro obiettivo sia quello di progettare un distorsore per chitarra o basso elettrico.

## Polarizzazione positiva della Griglia di controllo delle Valvole Termoioniche

### Perché polarizzare positivamente la griglia di controllo?

Si tratta di un espediente per aumentare il flusso di elettroni verso l'anodo, estraendoli dal catodo con un potenziale positivo posto in prossimità dello stesso.

Questo ha come effetto un abbassamento della resistenza anodica.

Si tratta di un espediente utilizzato nelle valvole destinate al funzionamento a bassa tensione anodica.

I limiti di utilizzo di questa soluzione sono la inevitabile corrente di griglia e il surriscaldamento di quest'ultima che potrebbe danneggiarsi, nonché la possibile saturazione della valvola.

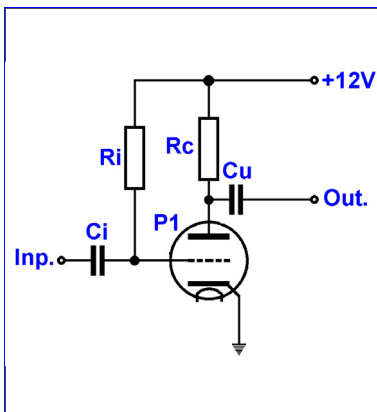
Questo tipo di polarizzazione viene chiamato configurazione "carica spaziale" in quanto ha come obiettivo il "prendere" gli elettroni dalla carica spaziale (la nube di elettroni che staziona attorno al catodo) e inviarli all'anodo.

Questo tipo di configurazione con valvola controllata in tensione e impedenza di ingresso molto alta non è possibile sul triodo per mancanza della griglia schermo, ma solo sul tetrodo e sul pentodo.

Sul triodo è possibile implementare la polarizzazione positiva della griglia a patto di pilotare la stessa in corrente, quindi con una impedenza di ingresso relativamente bassa.

### Impiego dei triodi, tetrodi e pentodi standard in configurazione con griglia di controllo positiva

Esempio con un generico triodo:

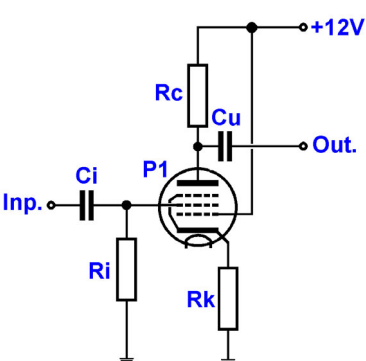


La griglia di controllo viene collegata al positivo.

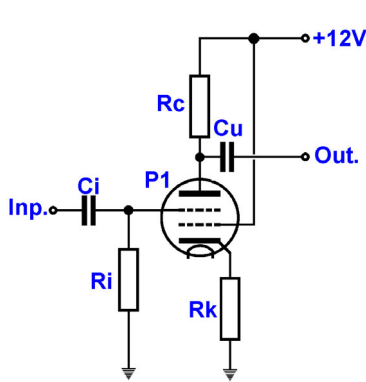
Con questo tipo di configurazione la valvola è controllata modulando la corrente che passa nella griglia di controllo, variando il potenziale di quest'ultima rispetto al catodo, il comportamento della valvola esula da tutte le possibili misure fatte sui datasheet quindi dovremo testarla e rilevare nuovamente le caratteristiche anodiche.

In questa configurazione l'impedenza di ingresso scende drasticamente, per qualche verso il funzionamento diventa simile a quello di un transistor.

Esempio con un generico pentodo:

	<p>La griglia di controllo viene collegata al positivo e la griglia schermo diventa la griglia di controllo.</p> <p>Tutto il resto rimane invariato rispetto ad una configurazione classica a catodo comune.</p> <p>Con questo tipo di configurazione il comportamento della valvola esula da tutte le possibili misure fatte sui datasheet quindi dovremo testarla e rilevare nuovamente le caratteristiche anodiche.</p> <p>Questo è uno schema di principio.</p> <p>E' opportuno aggiungere sperimentalmente un resistore di limitazione sulla griglia di controllo per limitare la corrente che vi passa e che sarebbe decurtata dalla corrente anodica.</p> <p>In questo caso l'impedenza di ingresso rimane invariata, l'amplificazione in tensione diminuisce a causa della più grande distanza dalla griglia schermo (che funge da griglia di controllo) dal catodo.</p>
---	--

Esempio con un generico tetrodo:

<p>La griglia di controllo viene collegata al positivo e la griglia schermo diventa la griglia di controllo.</p> <p>Tutto il resto rimane invariato rispetto ad una configurazione classica di un tetrodo a catodo comune.</p> <p>Con questa configurazione ci si può aspettare che le caratteristiche anodiche assomiglino di più a quelle di un triodo.</p> <p>Anche in questo caso l'impedenza di ingresso rimane invariata, l'amplificazione in tensione diminuisce a causa della più grande distanza dalla griglia schermo (che funge da griglia di controllo) dal catodo.</p> <p>Anche in questo caso è opportuno limitare la corrente di griglia controllo con l'utilizzo di un resistore il cui valore dovrà essere determinato sperimentalmente (Essendo un utilizzo non documentato).</p>	
---	--

Altro aspetto da prendere in considerazione è che usando la prima griglia per accelerare gli elettroni verso l'anodo la resistenza interna della valvola si abbassa, si riduce la carica spaziale e di conseguenza si dovrebbe ridurre in egual misura il rumore prodotto dalla valvola stessa.

Infatti come è noto, gli elettroni presenti nella carica spaziale e non inviati all'anodo ricadono ciclicamente sul catodo con un andamento tipicamente statistico, generando rumore.

### Esempio pratico di impiego di un triodo in configurazione con griglia di controllo positiva

Per la prova utilizzeremo un doppio triodo russo di tipo 6n2p (voskhod), valvola NOS di derivazione militare.

Ne utilizzeremo una sola sezione.

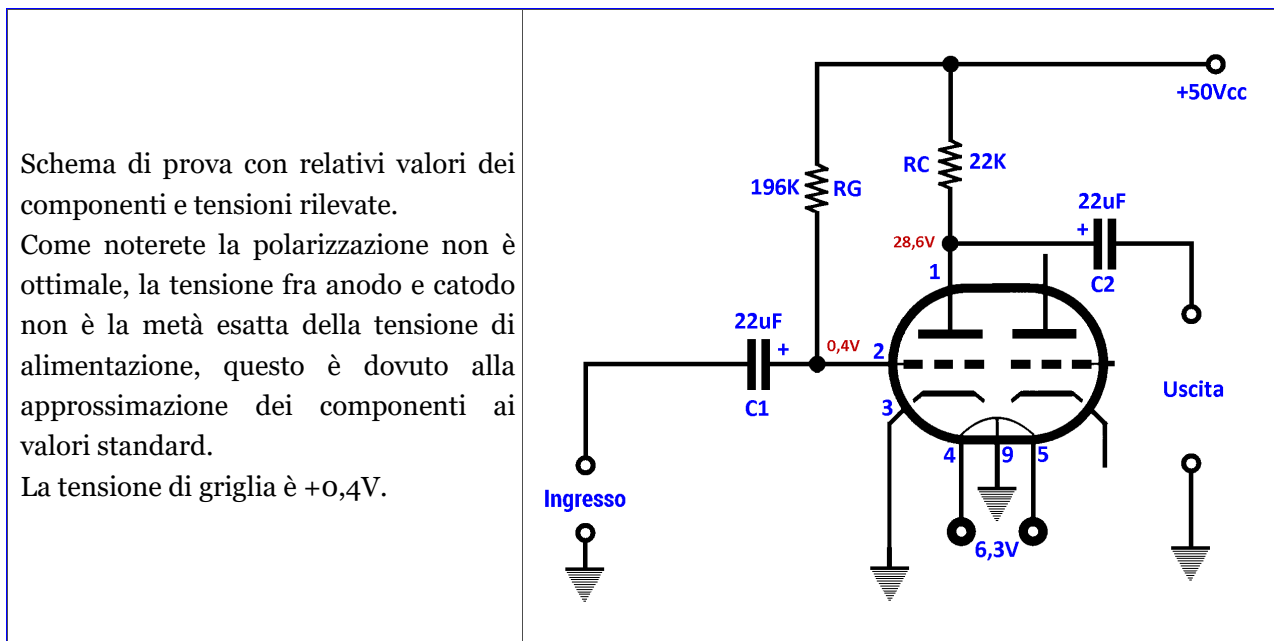
Questo tipo di valvola è stata progettata per funzionare con delle tensioni anodiche di qualche centinaio di volt, noi la alimenteremo a 30V.

Il procedimento sperimentale che adotteremo per definire i valori dei resistori di polarizzazione è il seguente:

Il circuito dovrà essere alimentato a 30V quindi la tensione che deve cadere sul resistore Rc per avere la massima elongazione del segnale in uscita è  $30/2=15V$ .

Quindi:

- Alimenteremo l'anodo della valvola a 30V
- Collegheremo una decade resistiva fra la griglia di controllo e la tensione positiva di alimentazione del circuito.
- Metteremo un resistore sull'anodo calcolando che dovranno caderci 15V con una corrente il triplo di quella che passerebbe se la griglia fosse a potenziale zero.
- Varieremo la decade resistiva fino a che la tensione  $V_{gk}$  del triodo non sarà 15V (che è il requisito per avere la massima elongazione del segnale di uscita).
- A questo punto sostituiremo la decade resistiva con un resistore fisso, completeremo il circuito con dei condensatori di disaccoppiamento e proveremo il tutto con un generatore sinusoidale e l'oscilloscopio.
- Poi calcoleremo i nuovi valori di amplificazione di tensione, impedenza di ingresso e di uscita.



Passiamo ai calcoli:

La corrente  $I_{Rg} = (V_{cc} - V_{gk}) / R_g = (50 - 0,4) / 196.000 = 0,00025 = 0,25 \text{ mA}$

La resistenza di ingresso quindi è  $V_{gk} / I_{Rg} = 0,4 / 0,00025 = 1580 \Omega$  (molto bassa per un circuito valvolare)

La corrente anodica è  $I_{Rc} = (V_{cc} - V_{ak}) / R_c = (50 - 28,6) / 22000 = 0,00997 \text{ A} = 0,997 \text{ mA}$

L'impedenza di uscita è circa  $R_c / 2 = 11000 \Omega = 11 \text{ K}\Omega$

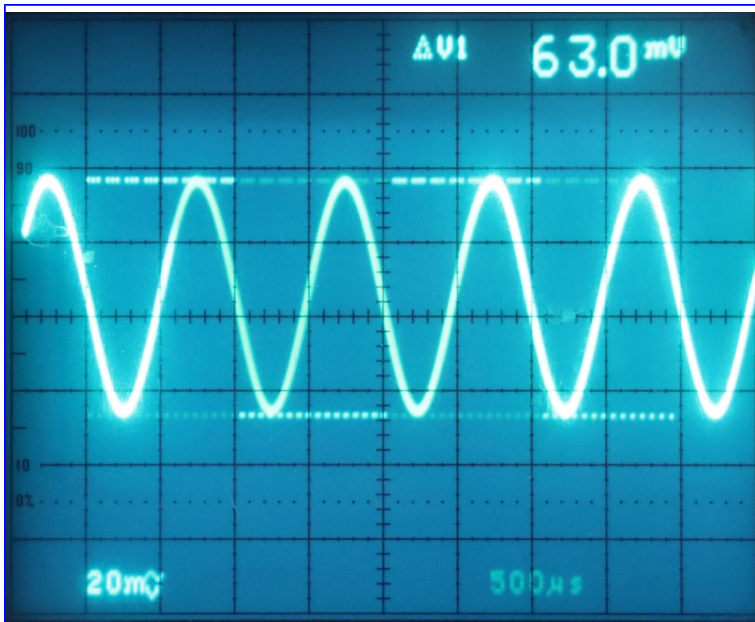
Questo circuito va bene come distorsore per chitarra a patto di collegare in ingresso il segnale prelevato da un amplificatore operazionale e sull'uscita di collegare un carico con una impedenza di almeno 47-50K $\Omega$ .

Si potrebbe diminuire di molto l'impedenza in uscita per adattare il circuito a carichi di impedenza più bassa aumentando la corrente di griglia, quindi diminuendo ulteriormente l'impedenza d'ingresso.

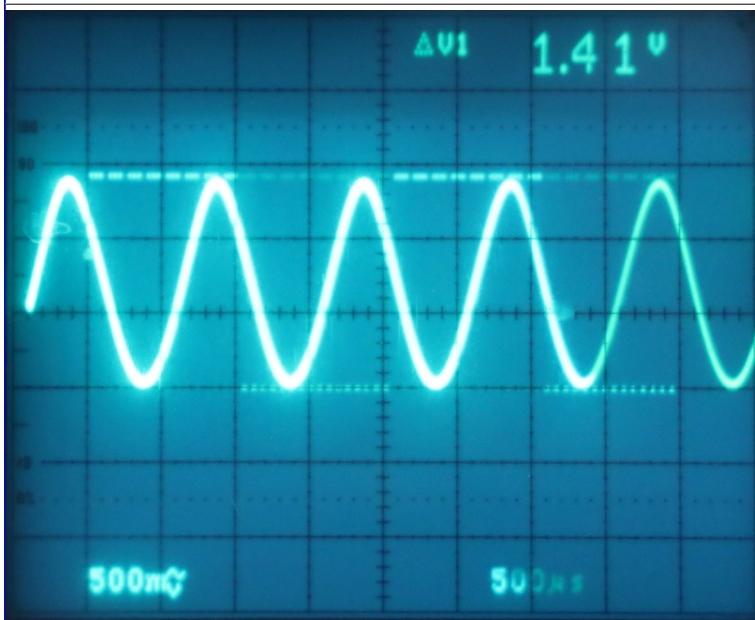
Nota: Per l'alimentazione del filamento è stato impiegato un alimentatore in corrente continua lineare regolabile, per l'alimentazione anodica per questo circuito di prova è stata impiegata la stessa tensione di filamento innalzata utilizzando un DC-DC converter step-up (un piccolo alimentatore switching in salita stabilizzato).

Di seguito i risultati rilevati all'oscilloscopio.





Tensione in ingresso misurata con una sonda con divisore 10 e segnale in ingresso di 1KHz. Quindi 630mVpp



Tensione in uscita misurata con una sonda con divisore 10. Quindi 14,1Vpp

L'amplificazione di tensione è data da  $A=V_u/V_i=14100/630=22,3$ .

Siamo lontani dalla zona in cui la valvola inizia a distorcere in modo evidente (la distorsione per questa tensione di ingresso è rilevabile solo con un analizzatore di spettro).

Il tutto funziona perfettamente, nel senso che questo triodo con una tensione di griglia positiva funziona perfettamente e amplifica correttamente il segnale posto in ingresso.

## Polarizzazione della Griglia Schermo delle Valvole Termoioniche

### Polarizzazione della Griglia Schermo delle Valvole Termoioniche.

La funzione della griglia schermo è quello di eliminare la reazione negativa dovuta alla capacità parassita posta fra griglia controllo e anodo.

Questo si ottiene interponendo fra griglia controllo ed anodo un potenziale fisso ed interrompendo in questo modo l'accoppiamento capacitivo.

In realtà alle frequenze audio il problema non si pone, tuttavia se vogliamo usare un tetrodo o un pentodo dobbiamo per forza polarizzare detta griglia.

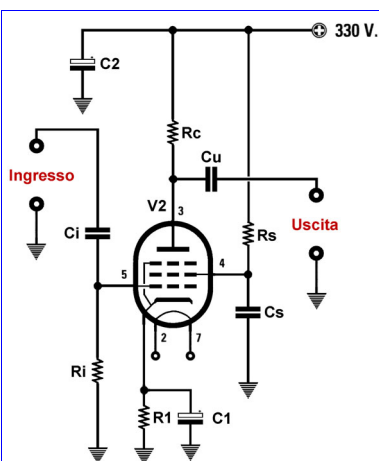
Al limite possiamo usare il tetrodo o pentodo come triodo collegando la griglia di schermo all'anodo.

Vi sono poi collegamenti "intermedi" che fanno lavorare il tetrodo/pentodo in uno stato intermedio fra la configurazione triodo pura e quella come tetrodo/pentodo come ad esempio la configurazione ultralinea.

### Polarizzazione standard della griglia schermo

Essendo la griglia schermo positiva cattura una parte degli elettroni destinati all'anodo dando come risultato una corrente di griglia schermo.

Quindi la resistenza presente fra catodo e griglia schermo non è infinita come nel caso della griglia di controllo polarizzata negativa rispetto al catodo, ma ha un valore che è dato da  $V_{gsk}/I_{gs}$ , dove  $V_{gsk}$  è la tensione presente fra griglia schermo e catodo e  $I_{gs}$  è la corrente che passa nel circuito della griglia schermo.



Vedendola da un altro punto di vista, la tensione presente sulla griglia schermo è data dal rapporto di partizione, quindi:  $(V_{cc}/(R_s - R_{sk})) \times R_{sk}$  dove  $V_{cc}$  è la tensione di alimentazione,  $R_{sk}$  è la resistenza che c'è fra griglia e catodo ed  $R_s$  la resistenza posta fra griglia schermo e alimentazione del circuito.

Il condensatore  $C_s$  serve per stabilizzare la tensione sulla griglia schermo.

### Polarizzazione della griglia schermo ultralinea

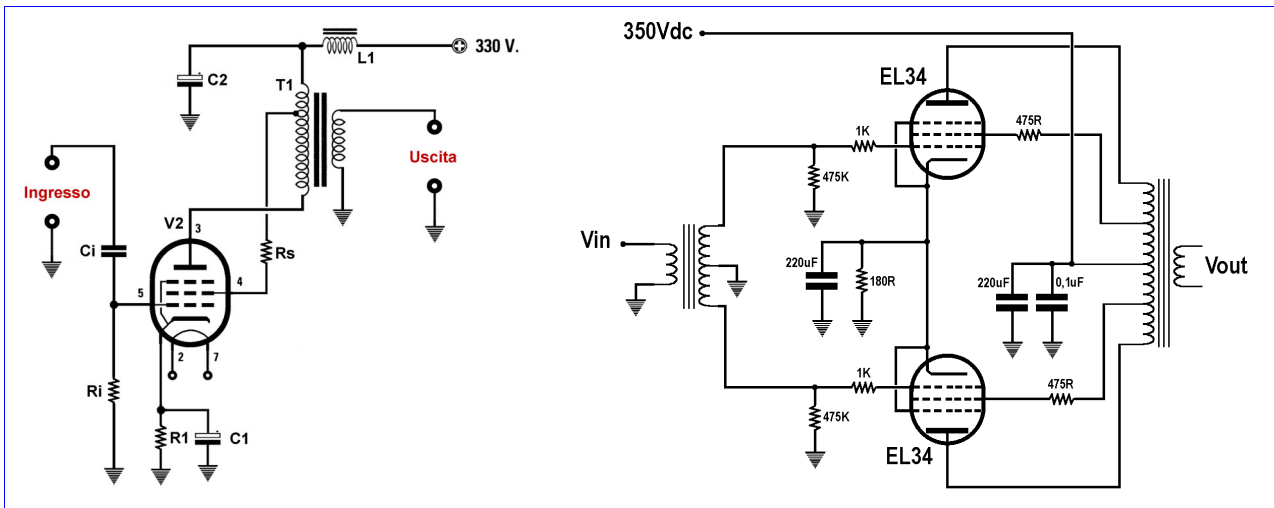
In questa configurazione il pentodo lavora in una modalità intermedia fra quella di un pentodo e quella di un triodo.

Una parte della tensione di uscita viene riportata sulla griglia schermo in fase con la tensione anodica.

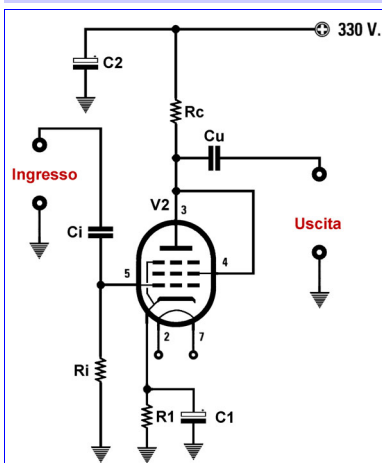
Lo schema si comporta come un triodo ma con una capacità  $C_{ac}$  (capacità parassita anodo-griglia controllo) molto bassa, quindi con una forte amplificazione.

E' possibile costruire il trasformatore in modo che la presa intermedia sia spostata da un verso o dall'altro del trasformatore, avvicinandola all'anodo della valvola o allontanandola, in questo modo ci si può avvicinare più o meno al funzionamento come triodo.

In fase di prototipo è opportuno ricavare più prese intermedie in modo poi da scegliere la soluzione migliore.



**Polarizzazione in modalità emulazione triodo della griglia schermo**



La griglia schermo viene direttamente collegata all'anodo, a tutti gli effetti il pentodo si comporta come un triodo. In altre parole la fluttuazione di tensione della griglia schermo viene riportata in parte sulla griglia di controllo tramite la capacità parassita  $C_{ac}$  (capacità parassita anodo-griglia controllo) con decremento del guadagno della valvola per effetto della controreazione. Questa soluzione si applica ovviamente anche al tetrodo.

## Comportamenti limite Polarizzazione Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche

### Valore di picco del segnale e Polarizzazione della Griglia Controllo delle Valvole Termoioniche.

Qualsiasi metodo di polarizzazione adottiamo si scontra con il livello del segnale in ingresso che se ha una grande dinamica è possibile che ecceda come valore di picco la polarizzazione negativa della griglia di controllo.

Da questo nascono poi dei fenomeni di clipping che non sono riconducibili alla massima elongazione possibile del segnale in uscita (che notoriamente è legato alla tensione di alimentazione) ma sono riconducibili alla variazione (diminuzione) dell'impedenza di ingresso dello stadio amplificatore che carica lo stadio precedente.

Dicendolo con altre parole, se noi abbiamo un picco di segnale in ingresso di +2V e abbiamo una polarizzazione negativa della griglia di -1V il picco del segnale rende la griglia positiva, vi è una corrente di griglia e l'impedenza di ingresso dell'amplificatore crolla, questo produce un disadattamento di impedenza con lo stadio che precede e si innescano dei fenomeni di clipping, ovvero la parte del segnale che fa diventare positiva la griglia viene "tagliato" o nella migliore delle ipotesi "compresso".

Un'altra conseguenza è che la corrente di griglia carica il condensatore di disaccoppiamento e sposta il punto di lavoro della valvola, la tensione  $V_{ak}$  (anodo-catodo) aumenta in conseguenza dell'aumento della resistenza interna della valvola e la tensione ai capi della resistenza di carico di conseguenza diminuisce.

Questo fa sì che la massima elongazione possibile del segnale in uscita diminuisca e da qui si producono ulteriori fenomeni di clipping.

Quindi prestate molta attenzione ai livelli del segnale in fase di progettazione.

## Accoppiamento fra vari stadi di un amplificatore

<b>Indice Argomento Corrente</b>
<b>1) Prefazione</b>
<b>2) Accoppiamento Capacitivo</b>
<b>3) Accoppiamento Diretto</b>
<b>4) Accoppiamento a Trasformatore</b>

<b>1) Prefazione</b>
----------------------

<b>2) Accoppiamento Capacitivo</b>
------------------------------------

<b>3) Accoppiamento Diretto</b>
---------------------------------

<b>4) Accoppiamento a Trasformatore</b>
---

### Prefazione

Per accoppiamento si intende il collegamento fra vari stadi di un amplificatore.

Per quello che riguarda gli stadi preamplificatori, il segreto di un buon accoppiamento risiede nel non caricare mai lo stadio precedente con l'impedenza di ingresso di quello successivo, mentre negli amplificatori di potenza ci deve essere il miglior adattamento di impedenza possibile per trasferire quanta più potenza possibile sul carico.

L'accoppiamento fra gli stadi di un amplificatore concorre a determinare la banda passante dello stesso.

### Accoppiamento Capacitivo

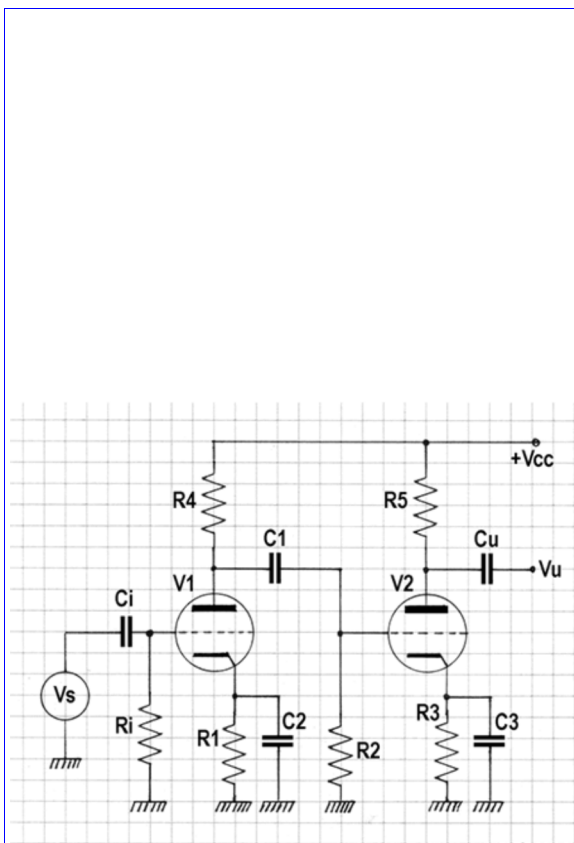
I principali accoppiamenti in uno stadio amplificatore, sono in ingresso e in uscita.

Sia in ingresso, nel caso della polarizzazione della griglia, sia in uscita sull'anodo o sul catodo abbiamo una componente continua sovrapposta ad una componente alternata.

A noi interessa solo quest'ultima (la componente alternata) che rappresenta il nostro segnale da amplificare o amplificato, quindi dobbiamo rimuovere la componente continua.

In questo caso usiamo un accoppiamento capacitivo e realizziamo un filtro passa-alto che trasferisce solo la componente alternata.

Quello che stiamo implementando è un condensatore di accoppiamento che forma un filtro passa-alto con la resistenza di carico.

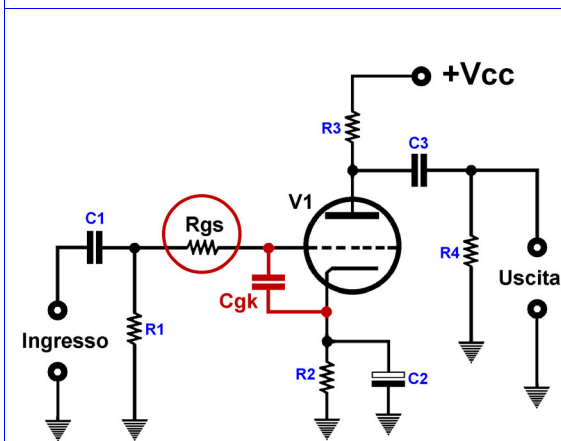


Nel disegno a sinistra è riprodotto lo schema di un preamplificatore a due stadi con accoppiamento a condensatore.

Il primo gruppo condensatore resistenza (CR) è composto da  $C_i$ - $R_i$ , il secondo da  $C_1$ - $R_i$  e il terzo da  $C_u$ - $R_{ii}$ , dove  $R_{ii}$  è la resistenza d'ingresso dello stadio che segue (idealmente collegata fra  $V_u$  e massa).

Nel dettaglio ponendo dei valori (di componenti che abbiamo nel cassetto) verifichiamo che vadano bene tenendo conto delle seguenti regole:

- La frequenza di taglio come si evince dalle formule relative ai filtri  $F_t = 1/2\pi RC$
- $R_2 \gg R_4$  ( $R_2$  deve essere almeno 10 volte  $R_4$  per non alterare la retta di carico dinamica).
- $C_1$  è sottoposto alla tensione anodica, quindi deve reggere una tensione almeno uguale a  $+V_{cc}$ .
- $C_1 \gg V_2 C_{gc}$  (capacità parassita griglia catodo di  $V_2$ ) per evitare che quest'ultima possa bypassare a massa il segnale.
- Ponendo  $R_2 = 1 \text{ Mega}\Omega$  e  $C_1 = 100 \text{ nanoFarad}$  si ottiene una frequenza di taglio di  $1,5 \text{ Hz}$  quindi più che buona. Questo valore si può applicare anche a  $C_i$ - $R_i$  ma non a  $C_u$ - $R_{ii}$  perché ci è ignota l'impedenza di ingresso dello stadio che segue.
- Ricordarsi che le pendenze di più filtri posti in serie si sommano, quindi in questo caso abbiamo ben tre celle di filtro in serie ed è bene che abbiano una frequenza di taglio molto bassa per evitare che possano in qualche modo interferire con la banda passante che vogliamo ottenere.



Sovente in un accoppiamento di tipo capacitivo possiamo incontrare il seguente caso costituito da una resistenza detta "grid stopper" ( $R_{gs}$ ) messa in serie al condensatore ( $C_1$ ), come nel disegno a sinistra.

Questa resistenza di valore adeguato sfrutta la capacità parassita griglia-catodo ( $C_{gk}$ ) della valvola per realizzare un filtro passa basso che previene possibile autooscillazioni ad alta frequenza dell'amplificatore.

Per calcolare il filtro si può misurare il reale valore della capacità parassita con un capacimetro (soluzione migliore) oppure ricavare il valore dal datasheet della valvola.

### Accoppiamento Diretto

E' usato raramente e solo per ottenere dei risultati particolari soprattutto per quanto concerne la frequenza minima della banda passante di un amplificatore.

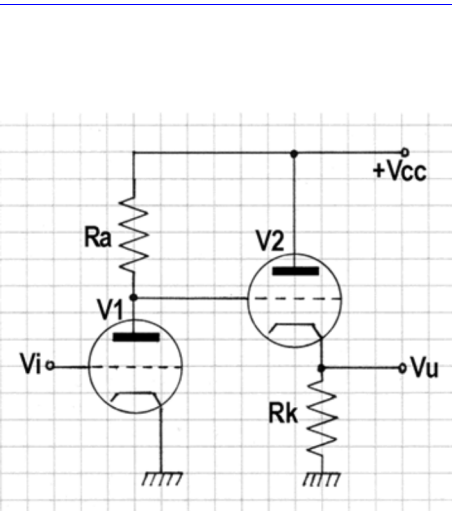
Con l'accoppiamento diretto si eliminano anche le rotazioni di fase che si manifestano in prossimità



della frequenza di taglio di un filtro RC, e si evitano dei problemi con la controreazione.

Un importante difetto di questo tipo di accoppiamento si manifesta con l'invecchiamento dei componenti che variano le loro caratteristiche, ed essendo accoppiati direttamente, non rimane isolato al singolo stadio come avviene per esempio con l'accoppiamento capacitivo, ma comporta una variazione dei punti di lavoro di tutto il complesso.

Questa disposizione circuitale merita di essere menzionata, per conoscenza, ma implica una complessità che in questi testi mirati al principiante vorremmo evitare.



Nell'immagine a sinistra due triodi accoppiati direttamente.

Si tratta di una soluzione problematica in quanto la griglia di controllo e l'anodo hanno sempre tensioni di funzionamento non compatibili.

Questo complica oltremodo i circuiti, che divengono più costosi e molto più complessi, alle volte senza avere benefici effettivi.

In questo caso la prima valvola funge da amplificatore in tensione, mentre la seconda da adattamento di impedenza, infatti essendo collegata come inseguitore catodico la sua amplificazione è minore di 1.

L'unico vantaggio di questo tipo di accoppiamento è l'estensione della banda passante per quello che riguarda le frequenze più basse che arriva fino ad amplificare una tensione continua.

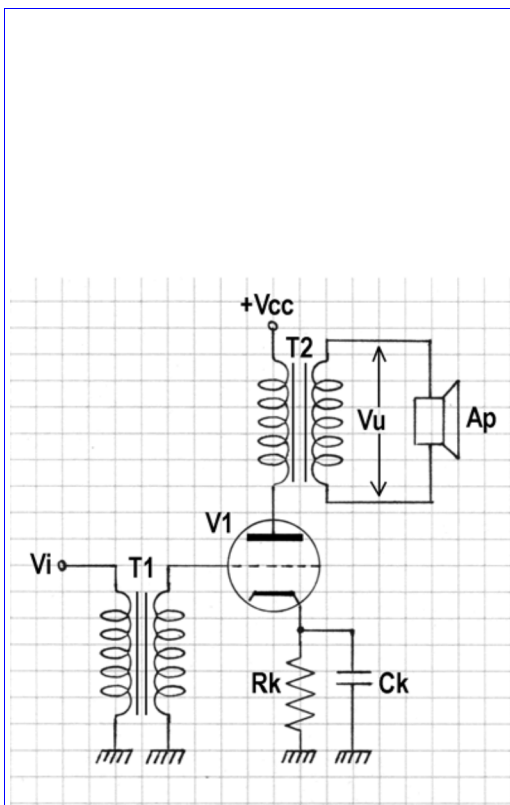
Inoltre è assente qualsiasi rotazione di fase mancando qualsiasi elemento reattivo (condensatore o induttanza).

### Accoppiamento a Trasformatore

Questo tipo di accoppiamento è molto comune per adattare l'impedenza delle valvole finali alle casse acustiche ed è universalmente noto nel mondo dell'audio valvolare.

Tuttavia questo tipo di accoppiamento può venire usato anche per accoppiare stadi preamplificatori, tuttavia in questo ambito non è migliore dell'accoppiamento capacitivo, introducendo distorsioni legate ai cicli di isteresi e alla non linearità dei trasformatori.

Invece per quello che riguarda l'accoppiamento dei diffusori (che notoriamente hanno impedenze molto basse 4-8  $\Omega$ ) non vi sono alternative a basso prezzo, mentre per quello che riguarda la fascia altissima degli amplificatori, troviamo accoppiamenti OTL (Output Transformer Less), che sfruttano molte valvole in parallelo per abbassare l'impedenza con ovvi problemi di riscaldamento e di durata.



Qui a sinistra possiamo vedere un tipico stadio finale con accoppiamento a trasformatore in un finale single-ended.

Si tratta ovviamente di un esempio, si trova molto di rado nella realtà un accoppiamento in ingresso di questo tipo (T1) mentre è abbastanza frequente (anzi è la norma) in uscita sull'altoparlante (T2).

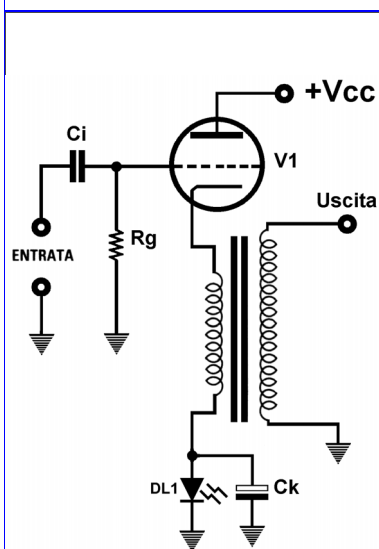
Per aumentare il trasferimento di potenza in alcuni casi viene rimosso il gruppo Rk-Ck che introduce una resistenza serie alla corrente anodica a favore di un generatore di tensione separato per la griglia.

Il più grosso inconveniente che si riscontra in questo tipo di accoppiamento è la relativa non linearità del trasformatore unita nel caso di T2 dalla possibilità della saturazione del nucleo dovuto alla corrente continua che circola e che richiede quindi dei nuclei più grandi o l'impiego di traferri.

Altro inconveniente è il limite di funzionamento del trasformatore sulle basse frequenze che di fatto lo trasforma in un filtro passa alto.

Questo rende quasi sempre necessario un anello di controreazione per linearizzare la risposta.

Da notare: nel caso in esame si presuppone che lo stadio precedente abbia l'uscita sul catodo, nel caso in cui lo stadio precedente abbia l'uscita sull'anodo il terminale a massa di T1 deve essere collegato a +Vcc, quindi il trasformatore si viene a trovare nella stessa configurazione di T2 rispetto a V1.



Lo schema a sinistra rappresenta un interessante paradosso.

Lo stadio amplificatore a triodo è configurato come inseguitore catodico, quindi ha un guadagno inferiore ad uno.

In realtà essendo il trasformatore in salita (trasformatore interstadio) il guadagno è dato dalla somma del guadagno dello stadio amplificatore più il rapporto di trasformazione.

In pratica se il rapporto di trasformazione è 10 il guadagno è di poco inferiore a 10.

Questo circuito funziona nella misura in cui l'impedenza del circuito che segue è uguale o maggiore all'impedenza di uscita dello stadio vista dal primario moltiplicata per il rapporto di trasformazione al quadrato. Da notare il diodo led impiegato come zener per fornire una tensione di polarizzazione negativa alla griglia di controllo.

Ovviamente la corrente anodica non deve eccedere la massima corrente che il led può tollerare, pena la sua distruzione.

### Dimensionamento dei componenti

In fase di progetto occorre dimensionare correttamente la potenza dei resistori e la tensione di lavoro dei condensatori, nonché la tipologia più adatta per l'impiego specifico.

Per il calcolo della potenza dei resistori non vi è nulla di difficile, basta moltiplicare la tensione ai capi per la corrente che li attraversa, per i condensatori di accoppiamento interstadio si dimensiona la

tensione di lavoro uguale o leggermente maggiore di quella di alimentazione dello stadio, per quelli di bypass della resistenza catodica si somma la tensione di polarizzazione di griglia e quella di picco del segnale più un margine di sicurezza.

Per una scelta di tipo qualitativo è leggermente più difficile.

Per esempio:

- Nei preamplificatori è conveniente utilizzare resistori a film metallico perché producono un rumore contenuto e mantengono alto il rapporto segnale/rumore
- Negli amplificatori finali il rumore dei componenti come i resistori essendo il segnale già ad un livello alto ha poca influenza sul rapporto segnale/rumore.
- Negli accoppiamenti interstadio occorre scegliere dei condensatori con un basso effetto memoria come ad esempio quelli con dielettrico plastico.
- Per il bypass delle resistenze catodiche possono essere utilizzati dei condensatori elettrolitici perché l'effetto memoria da meno fastidio.

## Rumore nelle Valvole Termoioniche

### Il rumore come un fattore limitante nella sensibilità dei dispositivi elettronici.

Tutti i dispositivi elettronici sono dei generatori di rumore, quindi all'uscita di un amplificatore avremo una copia del segnale che abbiamo applicato all'ingresso addizionato con del rumore.

Le valvole come tutti i componenti elettronici non fanno eccezione a questa regola.

Amplificatori che fanno uso di triodi e pentodi sono in grado di fornire amplificazioni estremamente elevate di potenza e tensione.

In realtà si possono ottenere amplificazioni di qualsiasi ordine di grandezza mediante l'uso di tubi a vuoto.

Questo potrebbe voler dire che possiamo amplificare segnali di qualsivoglia ampiezza, anche molto piccola.

In verità il limite è determinato dal rumore, che è a grandi linee generato dal movimento casuale di elettroni, e viene raffigurato come una tensione in ingresso al circuito che si sovrappone al segnale da amplificare.

Qualsiasi segnale il cui livello è sensibilmente inferiore al rumore, sarà mascherato da esso.

L'ordine di grandezza della tensione di rumore è estremamente piccolo, dell'ordine di frazioni di microVolt, ma molti amplificatori hanno un sensibilità tale da portare questo segnale parassita fino ad un livello rilevabile.

Il rumore viene generato tanto dalle valvole termoioniche quanto da altri dispositivi, come ad esempio i resistori che hanno un loro rumore dovuto all'agitazione termica degli atomi che li compongono.

### Rumore nelle resistenze (resistori)

Il rumore nei resistori è dovuto al moto casuale degli elettroni dentro questi.

L'energia del rumore è proporzionale al valore della resistenza, alla temperatura (riferita allo zero assoluto) e alla larghezza di banda (frequenza massima-frequenza minima) nella quale il rumore viene misurato.

$$e^{-2} = 4kT_r RB$$

Il risultato della formula a sinistra è la radice quadrata della tensione ( $e^{-2}$ ) di rumore rilevabile ai capi di un resistore, dove:

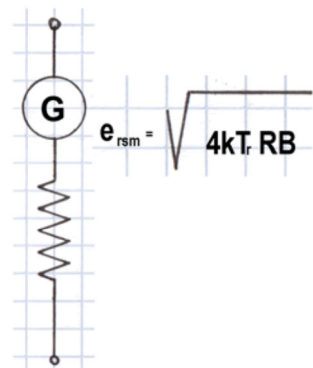
$k$ =costante di Boltzmann pari a  $1,3805 \times 10^{-23}$  watt-Secondo x grado Kelvin.

$T_r$ =temperatura del resistore a cui viene fatta la misura in °K o °C+273)

$R$ =valore della resistenza del resistore in  $\Omega$

$B$ =estensione della banda a in cui viene misurata la tensione in Hertz.

A destra il circuito equivalente per il rumore di un resistore, il generatore simboleggia la tensione di rumore che si ottiene (valore efficace) con la formula a fianco.



Ad esempio un resistore di  $1000\Omega$  alla temperatura di  $17^\circ\text{C}$  in una banda larga  $10\text{MHz}$  ha un rumore efficace di  $12,6$  microVolt, quindi si tratta di un valore abbastanza basso, anche considerato che la banda presa in esame è  $10\text{MHz}$  mentre quella audio è  $20\text{KHz}$ .

Gli effetti del rumore termico possono essere considerati in fase di progettazione mettendo nel circuito in serie al resistore un generatore di tensione avente l'ampiezza del rumore e considerando il resistore

privo di rumore.

### Cause del Rumore nelle Valvole Termoioniche

Le cause del rumore nelle valvole termoioniche sono le seguenti:

- 1) Shot Effect
- 2) Reduced shot effect
- 3) Flicker effect (effetto tremolio)
- 4) Ionizzazione per collisione
- 5) Divisione di corrente casuale fra elettrodi
- 6) Rumore in alta frequenza indotto (VHF)
- 7) Difetti di costruzione (Ronzio, Scarso Isolamento, Vibrazioni)

### Rumore Shot e Reduced Shot nei tubi a vuoto

Nei tubi a vuoto il rumore Shot è dovuto all'emissione casuale e alla fluttuazione della carica spaziale che limita l'emissione da parte del catodo.

I fattori che limitano l'emissione di elettroni emessi dal catodo sono spiegati di seguito.

a) Carica spaziale, ovvero la nuvola di elettroni attorno al catodo che forma un potenziale negativo, che respinge parte degli elettroni che potrebbero fuoriuscire e che, quindi limita l'emissione da parte del catodo.

La nube si forma quando il potenziale dell'anodo è abbastanza basso da non attrarre tutti gli elettroni emessi dal catodo o il potenziale della griglia troppo alto (troppo negativo rispetto al catodo).

b) Temperatura del catodo.

Tutti gli elettroni emessi vengono catturati dall'anodo, quindi non vi è carica spaziale e l'unico modo per aumentare la circolazione di elettroni è aumentare la temperatura del catodo, che quindi ne emetterebbe di più.

Questi due fattori hanno un impatto anche sulla generazione del rumore shot da parte dei tubi a vuoto. Nel caso a) il tubo emette un tipo di rumore detto "shot noise" descritto per primo da W.

Schottky nel 1918, nel caso b) il rumore emesso è diverso come valore assoluto (più basso) e viene chiamato "reduced shot noise".

Quindi per ridurre il rumore occorre limitare il più possibile la carica spaziale nell'intorno del catodo.

Il Rumore Shot ha una disposizione spettrale particolare, è presente solo per le frequenze basse in altre parole il valore di detto rumore è proporzionale a  $1/f$  (dove  $f$  è la frequenza).

### Ionizzazione per collisione

Quando è presente del gas all'interno di un tubo a vuoto per un difetto costruttivo, un problema con il getter o semplicemente perché è impossibile togliere tutto il gas, le molecole di gas possono venir colpite da un elettrone, in questo caso vi sono tre possibilità:

- a) L'elettrone viene assorbito dall'atomo che diventa uno ione negativo e migra verso l'anodo
- b) l'energia dell'elettrone è alta e riesce a strappare un altro elettrone dall'atomo che diventa uno ione positivo che migra verso il catodo e due elettroni liberi che migrano verso l'anodo (al posto di uno),
- c) L'elettrone urta l'atomo, viene assorbito e ne libera un altro, l'atomo rimane neutro e il numero degli elettroni non cambia.

In tutte e tre i casi vi è generazione di rumore, nel primo caso dovuto ad una diminuzione temporanea di corrente, nel secondo ad un aumento e nel terzo per la perturbazione nel moto dell'elettrone che arriverà con un certo ritardo sull'anodo.

### Divisione casuale della corrente fra elettrodi concorrenti

Questo è il tipico problema del pentodo, in cui la griglia schermo e l'anodo si dividono gli elettroni che giungono dal catodo.

Questa divisione avviene su base statistica e genera un rumore.

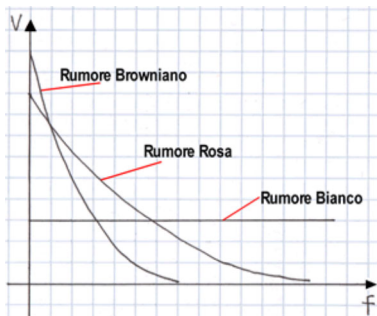
Per questo motivo il rumore emesso da un pentodo è circa il triplo di quello emesso da un triodo e ne limita l'impiego qualora il segnale da amplificare abbia una ampiezza molto bassa.

### Distribuzione spettrale del Rumore nei dispositivi elettronici

Ora analizzeremo i vari tipi di rumore in funzione della disposizione spettrale, ovvero come appaiono guardandoli con un analizzatore di spettro.

Tipologie di rumore in funzione della disposizione spettrale dello stesso:

- 1) Rumore Termico (Rumore Bianco)
- 2) Rumore Rosa (Rumore  $1/f$ )
- 3) Rumore Browniano ( $1/f^2$ )



- 1) Rumore termico (Johnson-Nyquist).

Il rumore termico è causato dal moto termico casuale dei portatori di carica nel conduttore e dipende dalla temperatura.

E' stato osservato sperimentalmente nel 1927 da J.B.

Johnson (Bell Telephone Laboratories) misurando il rumore termico su resistori.

H.

Nyquist nel 1928 fornisce l'analisi teorica del fenomeno in base ai principi della termodinamica e della meccanica statistica.

Per questa ragione il rumore termico viene spesso denominato rumore Johnson oppure rumore Nyquist.

Per quello che riguarda le frequenze audio ha una distribuzione spettrale assolutamente uniforme.

- 2) Rumore Rosa ( $1/f$ ) è predominante alle basse frequenze e sovrasta il rumore bianco.

- 3) Rumore Browniano ( $1/f^2$ ), sovrasta il rumore rosa alle frequenze più basse.

La risultante spettrale vede una predominanza di rumore 2) e 3) nelle basse frequenze, mentre da un certo punto in poi predomina il rumore bianco 1) che è costante per  $f \rightarrow \infty$ .

### Misura del rumore prodotto da un apparato

Nel caso di un amplificatore o preamplificatore basta mettere a massa l'ingresso ed eseguire la misura del valore della tensione in uscita.

In questo modo non potremo distinguere fra i vari tipi di rumore ma avremo un valore totale, somma del rumore generato dalla (o dalle) valvola e dalle resistenze, il rumore captato per via magnetica od elettrostatica e quello residuo dell'alimentazione, che ci fornisce informazioni sull'amplificatore nel suo complesso.



TABLE VI  
TUBE-NOISE VALUES\*

Type	Application	Voltages			Currents			Trans-conductance, micro-mhos	Noise-equivalent resistance		Noise-equivalent input voltage** microvolts
		Plate volts	Screen volts	Bias volts	Plate ma	Screen ma	Cathode ma		Calculated ohms	Measured ohms	
6SK7	Pentode amplifier	250	100	-3	9.2	2.4	11.6	2,000	10,500	9,400-11,500	0.94
6SJ7	Pentode amplifier	250	100	-3	3	0.8	3.8	1,650	5,800	5,800	0.70
6SG7	Pentode amplifier	250	125	-1	11.8	4.4	16.2	4,700	3,300	.....	0.53
6AC7/1852	Pentode amplifier	300	150	-2	10	2.5	12.5	9,000	720	600-760	0.25
956	Pentode amplifier	250	100	-3	5.5	1.8	7.3	1,800	9,400	.....	0.90
1T4	Pentode amplifier	90	45	0	2.0	0.65	2.65	750	20,000	.....	1.3
6SA7	Frequency converter	250	100	0	3.4	8.0	11.9	450§	240,000	210,000	4.5
6K8	Frequency converter	250	100	-3	2.5	6.0	8.5‡	350§	290,000	.....	4.9
1R5	Frequency converter	90	45	0	0.8	1.8	2.75	250§	170,000	.....	3.8
6L7	Pentagrid mixer	250	100	-3	2.4	7.1	9.5	375§	255,000	210,000	4.6
6J5	Triode amplifier	250	...	-8	9.0	...	.....	2,600	960	1,250	0.28
955	Triode amplifier	180	...	-5	4.5	...	.....	2,000	1,250	.....	0.32
6AC7/1852	Triode amplifier	150	150	-2	...	...	12.5	11,200	220	200	0.14
6AC7/1852	Pentode mixer	300	150	-1†	5.2	1.3	6.5	3,400§	2,750	3,000	0.48
6SG7	Pentode mixer	250	125	-1†	3.0	1.1	4.1	1,180†	13,000	.....	1.0
956	Pentode mixer	250	100	-1†	2.3	0.8	3.1	650†	33,000	.....	1.7
6J5	Triode mixer	100	...	-1†	2.1	...	.....	620§	6,500	.....	0.74
6AC7/1852	Triode mixer	150	150	-1†	...	...	6.5	4,200§	950	.....	0.28
955	Triode mixer	150	...	-1†	2.8	...	.....	660§	6,100	.....	0.72

\* Reproduced from HARRIS, W. A., Space Charge Limited Current Fluctuations in Vacuum Tube Amplifiers and Input Systems, RCA Rev., vol. 5, pp. 505-524, 6, pp. 114-124, April, July, 1941.

† At peak of oscillator cycle. ‡ Hexode section only. Triode section takes its current from a separate part of the cathode.

§ Conversion transconductance value. \*\* For effective bandwidth of 5,000 cycles.

Tabella tratta dal testo Spangenberg - Vacuum tubes 1948.

Si può notare che nel pentodo in linea di massima il rumore è molto più alto, inoltre si può notare che il rumore aumenta al diminuire della transconduttanza, in relazione a basse correnti di placca, in quanto siamo nel caso in cui la limitazione della conduzione aumenta la carica spaziale attorno al catodo (Shot Noise).

### Considerazioni di massima sul rumore prodotto in relazione ad altri dispositivi

In questo paragrafo metteremo a confronto con le valvole vari tipi di dispositivi amplificatori, come transistor e amplificatori operazionali tenendo conto dei vari tipi di utilizzo in campo audio compreso l'impiego in amplificatori ed effetti per chitarra elettrica solid body e basso elettrico.

Partiamo da alcune semplici considerazioni:

- Per logica un dispositivo semplice come un triodo, un mosfet o un transistor produce meno rumore di un amplificatore operazionale nel quale ci sono centinaia di componenti.

La differenza nel rumore prodotto fra un triodo e un amplificatore operazionale è di un ordine di grandezza, considerando un operazionale a basso rumore.

- L'amplificazione che dobbiamo ottenere in tutta la catena di amplificazione è funzione della elongazione del segnale che dobbiamo ottenere nell'ultimo stadio, nell'amplificatore di potenza che pilota i diffusori.

Questo determina il numero di stadi che dovremo introdurre per ottenere detta amplificazione.

Questo penalizza sicuramente le valvole in quanto prima del trasformatore adattatore di impedenza avremo un segnale elettrico con una elongazione anche di centinaia di volt.

In altre parole in qualche caso genera meno rumore un amplificatore operazionale collegato ad un finale a mosfet che una catenaria di valvole preamplificatrici e finali.

- In un distorsore per chitarra elettrica dove si sfrutta il fenomeno del clipping la valvola deve arrivare ad una elongazione del segnale in uscita di poco inferiore alla tensione di alimentazione. Tenendo conto che in genere una valvola ha una tensione di alimentazione dell'ordine delle centinaia di volt per ottenere il clipping dovremo avere una grande amplificazione del segnale con

diversi stadi il che ovviamente aggiunge più rumore che non nel caso di un transistor che va in clipping con una tensione di alimentazione di pochi volt.

## Chitarra e basso elettrico

Questo paragrafo è stato realizzato al solo scopo di dare una traccia sull'ordine logico in cui devono essere lette le varie sezioni per un apprendimento logicamente corretto dell'argomento.

Quindi si parte dalle basi per arrivare alla progettazione di amplificatori ed effetti per basso e chitarra elettrica.

### Chitarra elettrica e basso elettrico effetti e amplificazione

- Il suono e la chitarra elettrica
- I pickups della chitarra elettrica
- La Catena del Suono della Chitarra elettrica e basso elettrico
- Amplificatori per chitarra elettrica
- Amplificatori per basso elettrico
- Altoparlanti per chitarra elettrica
- Effetti per Chitarra e basso elettrico
- Progettazione Effetti per Chitarra e basso elettrico
- Modifiche e migliorie di amplificatori commerciali
- Analisi di amplificatori commerciali

Questo ordine logico vi permetterà di avere una maggior comprensione dell'argomento trattato e di tutti gli aspetti ad essi legati.

## Il suono e la Chitarra Elettrica

### Lo strumento chitarra elettrica solid body

Si tratta di una chitarra priva di cassa armonica allo scopo di annullare l'effetto Larsen.

Questo tipo di cassa non è microfona ma fornita di un certo numero di pick-up magnetici che traducono in segnale elettrico il movimento delle corde metalliche all'interno di un campo magnetico generato dagli stessi pick-up.

In genere per verificare la qualità dello strumento è bene suonare lo stesso senza amplificazione per verificare il suono prodotto.

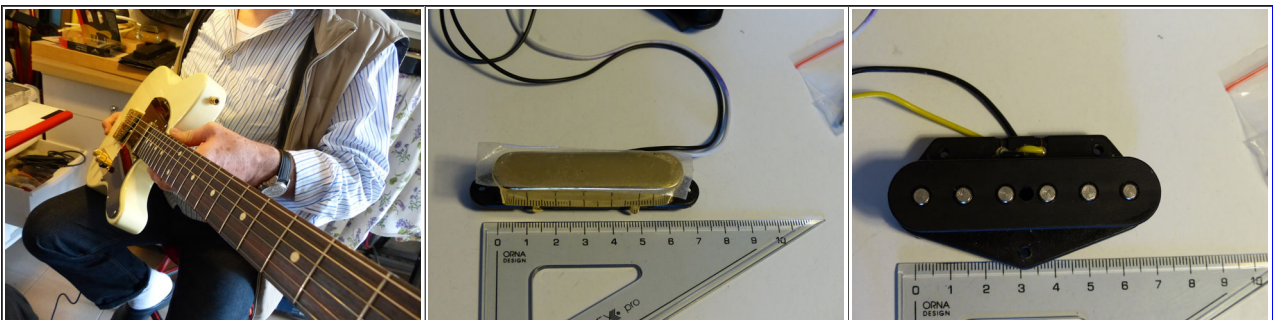
Infatti gli stadi successivi lavorano sulla base del suono prodotto dalla chitarra, quindi se la chitarra funziona bene potremo sempre cambiare i pickup o l'amplificatore, ma se il suono è pessimo in partenza non potremo fare quasi nulla per migliorarlo.



Tre immagini di una chitarra elettrica solid body derivata dalla Fender Telecaster in cui si possono vedere due pick-up single coil e i relativi comandi di volume e selezione.

Si nota che il pick-up nero è ad altezza differenziata rispetto alle corde in quanto le corde più grosse che producono suoni di frequenza più bassa hanno una massa molto maggiore di quelle che emettono suoni più acuti (più piccole come diametro).

Quindi le corde più piccole come diametro influenzano di meno il campo magnetico prodotto dal pick-up e, quindi vanno poste più vicine allo stesso per produrre un segnale elettrico di ampiezza uguale.



Vista di una chitarra elettrica solid body

Pick-up single coil di una chitarra elettrica con riferimento dimensionale

Pick-up single coil di una chitarra elettrica con riferimento dimensionale

Per capire come amplificare uno strumento prima di tutto dobbiamo analizzarlo e capire che tipo di suono produce.

Guardando le note emesse si può facilmente calcolare banda di frequenze emesse, ma questo non è esaustivo dell'argomento in quanto occorre tenere conto di due fenomeni fisici che contribuiscono ad aumentare tale banda, i battimenti e le armoniche.

Tenendo conto di questo si può ipotizzare che la banda di frequenze che è possibile produrre copre tutto lo spettro delle frequenze udibili, quindi il limite sarà legato alle frequenze riproducibili dal nostro sistema di amplificazione e diffusione del suono e dal nostro gusto personale.

Nota: Le foto sono state realizzate nel laboratorio di Rolando Mariani liutaio specializzato nella realizzazione di questo tipo di chitarre elettriche.

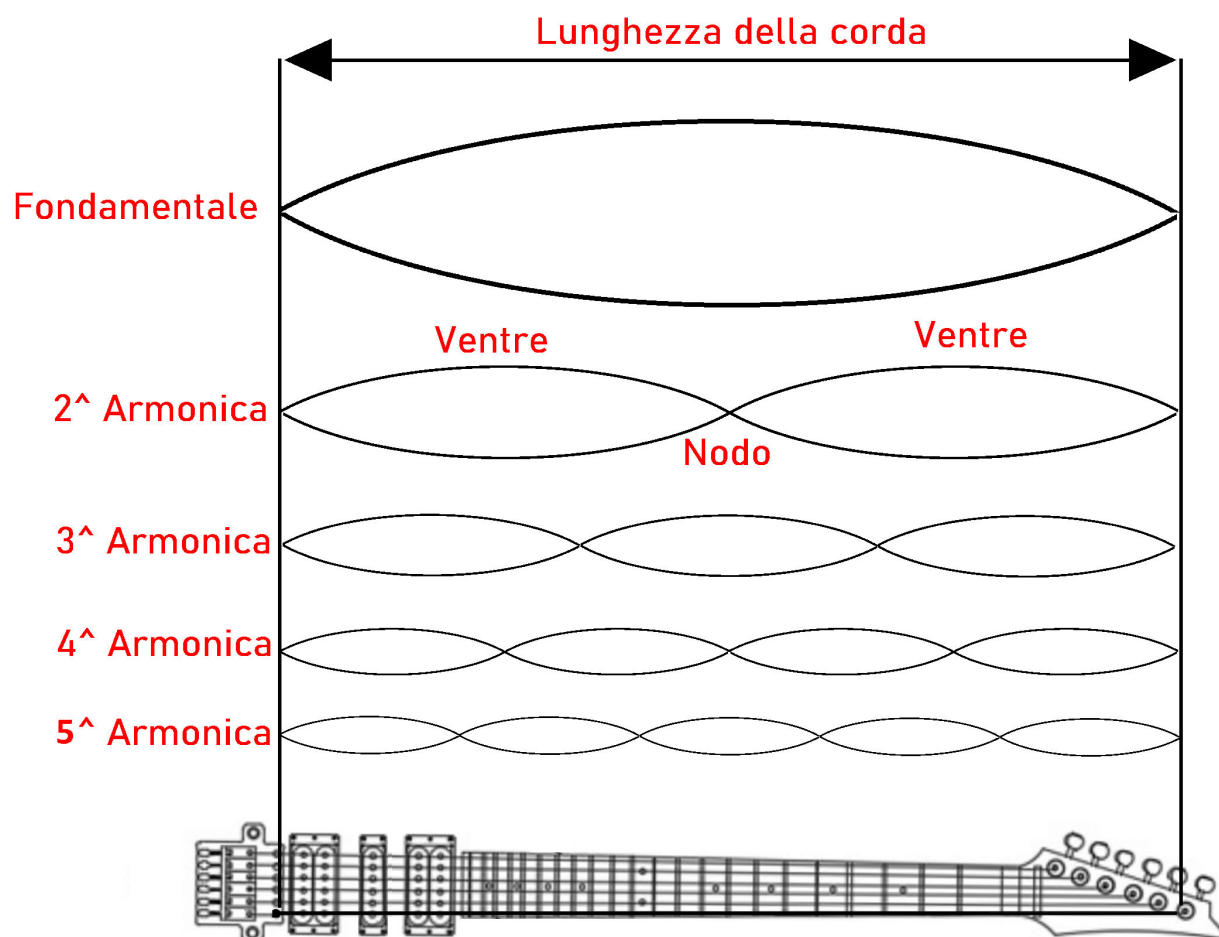
### La chitarra elettrica e il range di frequenza

Le corde di una chitarra elettrica (a 6 corde) oscillano da una frequenza minima di 82,41Hz ad una massima di 1318,51Hz.

Questo è un dato di massima che lascia il tempo che trova per i seguenti motivi:

- Oltre ai toni puri la chitarra produce anche un certo numero di armoniche che hanno frequenza multipla della fondamentale, il distorsore ne genera di ulteriori per cui si arriva abbondantemente oltre i 10KHz.
- Il fenomeno dei battimenti produce frequenze somma e differenza di due note fondamentali, quindi il range di frequenze prodotte si può spostare anche di molto verso il basso arrivando a produrre frequenze di 25Hz.
- Se utilizziamo l'octaver avremo frequenze di un'ottava sotto rispetto alle fondamentali.

### Il suono e le frequenze armoniche



Nel disegno sopra come si strutturano le vibrazioni sulla corda della chitarra senza nessun tasto pigiato, come si nota le armoniche sono di ampiezza decrescente rispetto alla fondamentale.

In realtà la generazione o meno delle armoniche dipende molto dal punto in cui viene pizzicata la corda.

Ovviamente i pickup captano la vibrazione della corda che li sovrasta nel punto in cui sono collocati,

quindi il suono prodotto cambia radicalmente in funzione della posizione dei pickup.

### Il suono e i battimenti

Il fenomeno dei battimenti fa in modo che quando suoniamo due note contemporaneamente avremo all'uscita del pickup le due note più un segnale somma delle due frequenze e un segnale differenza delle due frequenze.

Quindi se per esempio suoniamo a vuoto insieme la sesta e la quinta corda che corrispondono a circa 82Hz e 110Hz otterremo all'uscita del pickup 82Hz, 110Hz,  $110+82=192\text{Hz}$  e  $110-82=28\text{Hz}$ .

Per questo motivo il range di frequenze che arrivano al nostro amplificatore copre praticamente tutta la banda del segnale audio.

Le frequenze più alte e più basse vicine ai limiti della gamma audio difficilmente verranno udite dal nostro orecchio (ad esempio il mio sente da 30-40Hz fino a 14KHz e non sono neanche particolarmente sordo!) ed è anche inutile se non fastidioso amplificarle e diffonderle, ammesso di riuscirci.

### Attack (Attacco), Decay (Decadimento), Sustain (Sostegno), Release (Rilascio)

È costituito dalle quattro fasi che rappresentano il volume di un suono emesso da uno strumento nel tempo.

- **Attack:** È il tempo che impiega il volume per passare da zero al suo valore massimo.  
In una chitarra coincide con il momento in cui viene sollecitata una o più corde.
- **Decay:** Rappresenta il tempo che il suono impiega a passare dal volume massimo raggiunto durante la fase di attack al volume di sustain.
- **Sustain:** Volume che si mantiene dopo la fase di attack.  
In una chitarra elettrica è influenzato dalla massa della corda e dalla distanza fra la stessa e il pickup e dall'impiego di effetti come il compressore, il distorsore, l'overdrive.
- **Release:** In questa fase il volume diminuisce fino al valore 0.  
Il qualche caso si giunge a questa fase in modo non uniforme se si utilizzano per esempio dei soppressori di rumore che tagliano il suono sotto un certo livello.



## I pickups della chitarra elettrica

### Introduzione

Non ci dilungheremo su questo componente della catena audio, occorrerebbe un libro solo per questo. Ne daremo una breve descrizione solo per comprenderne i limiti e il tipo di segnale elettrico che possiamo trarne.

### Utilizzo

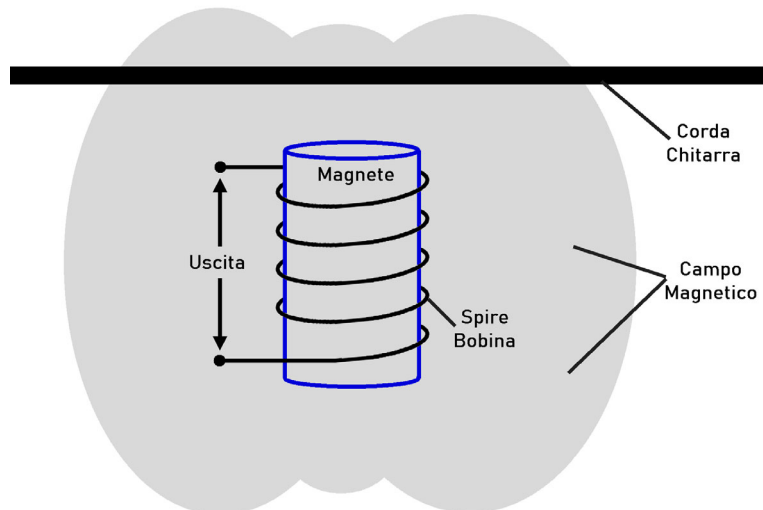
Sono dei trasduttori che trasformano la vibrazione delle corde della chitarra in un segnale elettrico.

### Fondamenti sul Funzionamento

Si basa sulla perturbazione di un campo magnetico le cui linee di flusso si concatenano con una bobina da parte di un oggetto metallico che si muove in prossimità del campo magnetico, nella fattispecie la corda della chitarra elettrica.

Per questo motivo le corde sono realizzate in acciaio.

Se fossero di materiali plastici come quelle della chitarra acustica sarebbero trasparenti al campo magnetico e non funzionerebbero.



Ora cerchiamo di capire quali sono i parametri che influenzano il segnale prodotto all'uscita:

1. Il segnale è direttamente proporzionale al campo magnetico
2. Il segnale è direttamente proporzionale alla dimensione (diametro) della corda della chitarra
3. Il segnale è direttamente proporzionale al numero delle spire della bobina
4. Il segnale è inversamente proporzionale alla distanza fra il magnete e la corda della chitarra
5. Il segnale è direttamente proporzionale alla velocità di variazione del campo magnetico, quindi alla frequenza con cui vibra la corda della chitarra (questo è un po' più difficile da capire e bisogna partire dalla legge di induzione elettromagnetica che vi consiglio di studiare per approfondimenti)

Quindi visto che ci occorre un segnale elettrico da mandare all'amplificazione il nostro interesse è che questo abbia un'ampiezza il più grande possibile per motivi legati a vari aspetti come il rapporto segnale/rumore e la complessità del preamplificatore, quindi gli approcci possono essere i seguenti:

1. Aumentare il numero delle spire della bobina.

Vi sono due limiti fisici legati all'aumentare del numero delle spire.

Il primo è il più banale, lo spazio per allocarle, il secondo è legato alla capacità parassita che vi è fra una spira e l'altra e che aumenta all'aumentare delle spire.

Questo fa sì che la bobina del pickup si comporti come un filtro passa-basso che limita le alte

frequenze.

## 2. Aumentare il flusso magnetico mettendo un magnete più potente.

A parità di spire avremo una tensione di uscita più alta ma nel contempo un magnete più potente ha un effetto freno sulla corda per via delle correnti parassite e del relativo effetto freno che ne deriva.

In pratica un forte campo magnetico riduce il sustain dello strumento.

Come vedete è sempre una questione di equilibrio.

Dal punto di vista dei materiali in genere quello che caratterizza un pickup è il magnete che può essere in un unico pezzo alla base del pickup o essere inserito all'interno della bobina come nucleo e in tal caso sono uno per ogni bobina.

Può essere realizzato in ferrite, in neodimio o alnico, questi tre materiali producono un campo magnetico più o meno intenso e influenzano il livello del segnale in uscita e le caratteristiche sonore del pickup.

Per fare un esempio pratico se realizziamo un pickup in neodimio, questo tipo di magnete è di gran lunga più potente degli altri e per avere lo stesso segnale (come ampiezza) in uscita potremo utilizzare una bobina con più spire, quindi con meno capacità parassita e il suono sarà più brillante con note acute più marcate, qualcuno lo potrebbe giudicare più secco.

Con questo per dire che è sempre la combinazione di magnete e bobina che caratterizza il suono per la timbrica.

Poi sicuramente un pickup in neodimio in funzione della sua potenza frenerà di più la corda, quindi il sustain calerà.

Problemi tipici: in fase di costruzione la bobina deve essere impregnata per evitare che alcuni fili possano muoversi per effetto delle vibrazioni indotte dalla musica amplificata trasformando il pickup in un microfono.

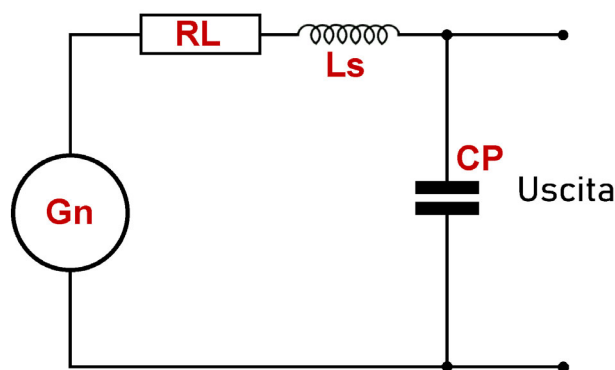
Questo indurrebbe dell'effetto larsen che renderebbe il pickup inutilizzabile.

In genere si usa una miscela di cera d'api e paraffina ma anche resina bicomponente per trasformatori.

L'unico vantaggio indiscusso della cera d'api è che in caso volessimo svolgere il filo dalla bobina basterebbe scaldarla.

### Circuito equivalente di un pickup

Di seguito il circuito equivalente di un pickup.



Come si può vedere  $L_s$  rappresenta la bobina ideale mentre  $R_L$  è la resistenza parassita del filo di rame e  $C_P$  è la capacità parassita che vi è fra le spire della bobina ed eventualmente sul filo di collegamento.

$G_n$  è un generatore ideale che rappresenta il segnale prodotto dal pickup.

Dal punto di vista del generatore  $G_n$  l'induttanza e la bobina costituiscono un filtro passa basso e nel contempo un circuito risonante LC serie.

Quindi potremo aspettarci due fenomeni: il primo è l'attenuazione dei toni alti e il secondo è un picco di risonanza alla frequenza di risonanza del circuito LC composto da  $L_s$  e  $C_P$ .

Di seguito analizzeremo un pickup single coil commerciale e faremo una analisi del circuito analizzandone l'impedenza nel dominio della frequenza vista dall'uscita utilizzando il famoso software ARTA LIMP.

Il circuito visto dall'uscita si modifica, nel senso che  $G_n$  diviene un cortocircuito e ci troviamo la serie  $L_s+R_L$  in parallelo con la capacità  $C_P$ .

Quindi il circuito si modifica e diviene un circuito risonante parallelo.

Interpretando i valori che vedremo potremo capirne le peculiarità e il comportamento.

Intanto vediamo che  $C_P$  ed  $L_s$  risuonano a quasi 7,7 KHz, quindi una frequenza abbastanza alta, ribaltando il valore sul circuito equivalente precedente è facile supporre che per quel valore l'efficienza del pickup sarà massima quindi ci dovremo aspettare un pickup particolarmente brillante sulle alte frequenze.

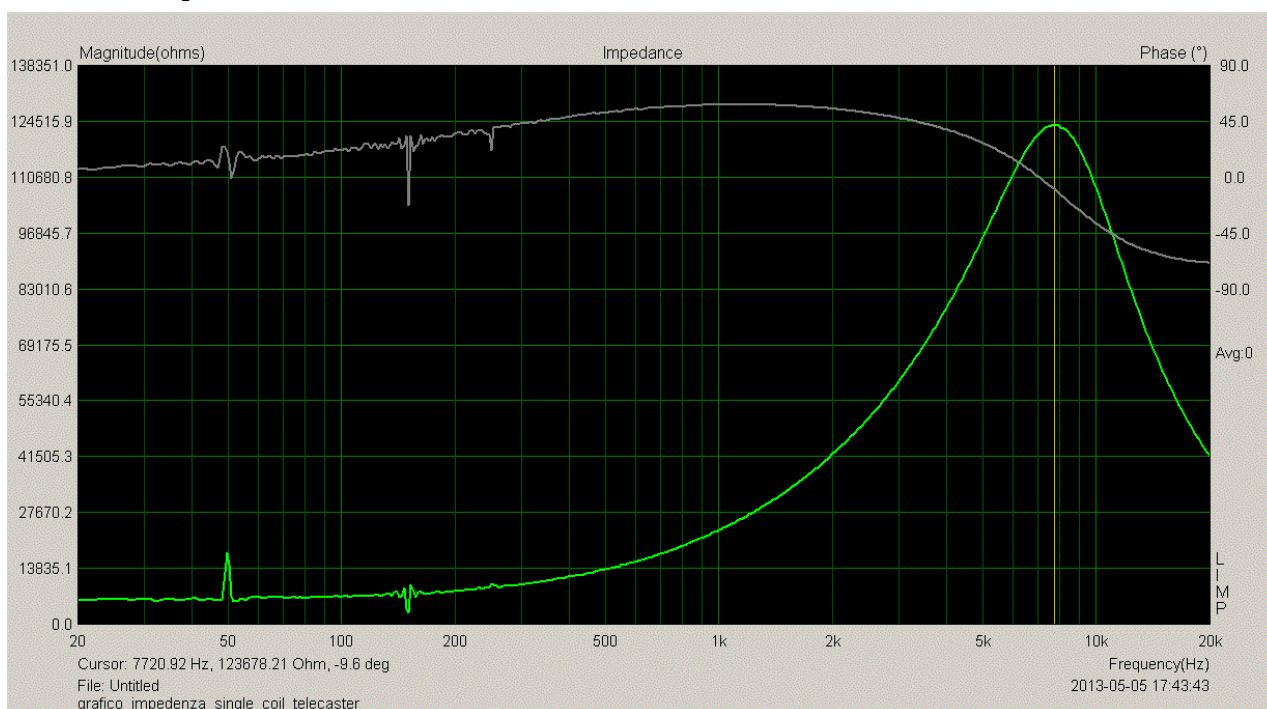
Questo significa che la bobina ha relativamente poche spire e avremo un segnale abbastanza basso.

Nel primo tratto della curva a frequenze molto basse invece potremo leggere il valore della resistenza parassita  $R_L$  (che è di circa 5  $K\Omega$ ) in quanto l'influenza sia della bobina che della capacità sono praticamente nulle.

Potremmo anche calcolare il valore approssimativo dell'induttanza e della capacità.

Nello specifico ora che abbiamo il valore di  $R_L$  possiamo prendere il dato dell'impedenza in un punto della curva in cui la componente capacitiva non è rilevante, come per esempio a 500 Hz punto in cui l'impedenza è 13,9 $K\Omega$ , decurtandola del valore di  $R_L$  otterremo la reattanza induttiva e da questa potremo calcolare il valore della induttanza e poi una volta nota questa sapendo la frequenza di risonanza calcolare anche  $C_P$ .

Ma ai fini di questo libro non ci interessa.



Si noti anche il piccolo picco in corrispondenza alla frequenza di 50Hz prodotto da un campo magnetico generato dalla rete elettrica.

Questo pick-up è molto sensibile ai disturbi.

## Tipologie

Possiamo dividere i pickup in due macrogruppi, ovvero:

1. Single Coil (ma vedremo in seguito che questa tipologia dovrebbe avere un nome diverso).

Sono i pickup più semplici e hanno un suono più squillante, ma di ampiezza più ridotta.

2. Humbucker ovvero a doppia bobina (parola composta che tradotta in italiano potrebbe essere "a ronzio abbattuto").

Sono due pickup single coil messi in serie che grazie alla peculiare geometria annullano il ronzio indotto da campi magnetici esterni.



A loro volta queste due tipologie si possono ulteriormente suddividere in:

1. Pickup passivi, sono quelli tradizionali dai quali il segnale viene inviato ad un preamplificatore per mezzo di un cavetto.

Viste le impedenze di uscita abbastanza alte sono molto sensibili al tipo e alla lunghezza del cavo di collegamento e tendono ad avere per questo un rumore di fondo più accentuato rispetto agli analoghi preamplificati.

2. Pickup attivi, hanno un piccolo preamplificatore direttamente cablato in prossimità e nello strumento trova alloggiamento anche la batteria che alimenta questo piccolo preamplificatore.

Il vantaggio è che possono produrre un segnale molto basso, quindi una bobina più piccola e quindi una frequenza di risonanza molto alta, anche al di fuori della gamma audio, il preamplificatore comunque porta il segnale ad una ampiezza molto maggiore.

Lo svantaggio è che necessitano di alimentazione (una batteria o più).

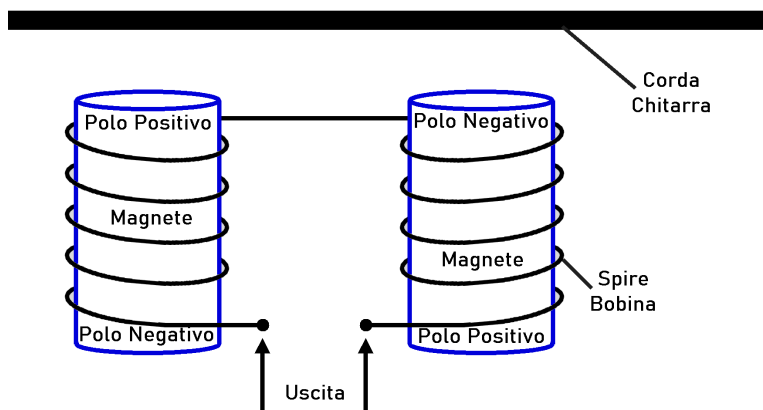
Poi per completare la carrellata occorre menzionare i pickup che hanno una piccola bobina per ogni corda dello strumento, a volte anche preamplificata separatamente (nel caso di pickup attivo) con la possibilità di variare l'ampiezza del segnale prodotto per ogni singola corda dello strumento.

Tecnologicamente sono l'ultima frontiera del pickup, poi i gusti sono gusti ed ogni musicista utilizza quello che più gli piace in barba alla tecnologia.



Tre inquadrature dello stesso pick-up, si tratta di un single coil che viene montato alla base del manico nelle chitarre tipo Fender Telecaster.

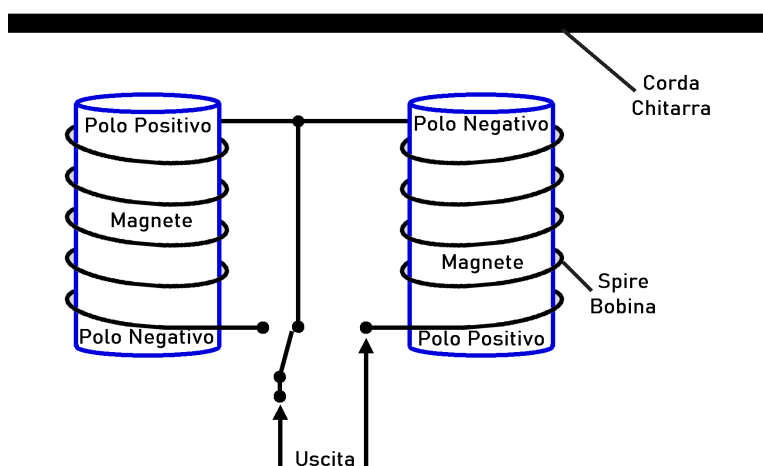
Si notano i punti in cui i fili per il collegamento si saldano su due piazzole in cui termina il filo smaltato utilizzato per avvolgere la bobina.



Sopra un disegno dello schema di principio di un Humbucker, da notarsi il senso di avvolgimento delle due bobine e la polarità dei magneti.

Al movimento della corda le due bobine producono due segnali sfasati di  $180^\circ$  che si sommano in virtù del collegamento.

I campi magnetici esterni si elidono.



Sopra un esempio di come con un semplice interruttore un pickup Humbucker si può trasformare in un single coil.

### L'avvolgimento della bobina del pickup

In genere si utilizza un filo di rame smaltato dal diametro molto piccolo, misura compresa fra Awg 41 - Awg 43 (in più utilizzato è il Awg 42) che corrisponde ad un diametro che va da 0,054mm a 0,071mm AWG sta per "American wire gauge" una unità di misura utilizzata a partire dal 1857, soprattutto negli Stati Uniti d'America e in Canada, per conduttori di sezione circolare.

In Europa si utilizza il sistema MKS (unità di misura standard Metro-chilogrammo-secondo) ma ancora molti produttori danno la misura in AWG.

Di seguito una tabellina riassuntiva con la misura in AWG e mm dei principali diametri utilizzati.

AWG	Diametro in mm	Sezione in mm <sup>2</sup>
<b>40</b>	0.079	0.005
<b>41</b>	0.071	0.004
<b>42</b>	0.063	0.003
<b>43</b>	0.054	0.0025
<b>44</b>	0.050	0.0020
<b>45</b>	0.044	0.0016

Per quello che riguarda il numero di spire, in genere si va dalle 5000 alle 10000, in funzione dell'ampiezza del segnale che si vuole in uscita e della sua timbrica.

Per chi volesse cimentarsi nella costruzione di un pickup il materiale è di facile reperibilità, compreso il filo per avvolgere la bobina, i magneti e anche tutti gli altri pezzi, a dei prezzi abbastanza bassi.

Questa operazione deve avere come scopo la sperimentazione, non certo il risparmio, si trovano pickup già fatti a prezzi minori.

### **Caratteristiche del segnale prodotto**

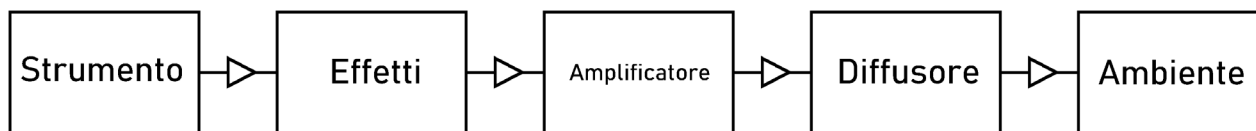
Il suono prodotto varia molto in funzione delle caratteristiche costruttive, dei materiali utilizzati e soprattutto del posizionamento del pickup (ponte, centrale o manico), sia per quello che riguarda la frequenza del segnale prodotto che l'ampiezza.



## La Catena del Suono della Chitarra elettrica e basso elettrico

### Elementi che determinano la percezione del suono

Questa è la catena di generazione e diffusione del suono partendo dallo strumento che genera il suono fino all'ambiente in cui viene udito.



Di seguito descriveremo i vari blocchi per sommi capi, nei capitoli di seguito li analizzeremo più nel dettaglio.

### Strumento

Genera il suono, nel caso di una chitarra elettrica solid body sotto forma di segnali elettrici, in pratica il movimento di una corda metallica perturba un campo magnetico generando una fluttuazione dello stesso che viene captata da una bobina.

In pratica il pickup trasforma direttamente il movimento della corda in segnale elettrico senza nessuna mediazione.

Quindi il pickup al suo interno contiene sia il magnete permanente che genera il campo magnetico costante sia la bobina che ne capta le variazioni indotte dal movimento della corda.

In genere in una chitarra elettrica sono presenti alcuni potenziometri che regolano in modo basilare i toni e un selettore che permette di selezionare un pickup invece di un altro o una combinazione di più pickups.

In un capitolo dedicato analizzeremo i pickups, la loro collocazione e selezione in funzione del suono che si vuole ottenere.

### Effetti

Gli effetti alterano il suono aggiungendovi delle componenti che lo rendono caratteristico.

Ne esistono centinaia e influenzano tutti gli aspetti del suono, dalla dinamica al volume alla distribuzione spettrale.

Tratteremo i principali effetti valvolari in seguito.

### Amplificatore

Amplifica il segnale e fornisce la giusta potenza per pilotare i diffusori.

In qualche caso viene utilizzato anche come distorsore, spingendolo alla massima potenza, un caso tipico è quello degli amplificatori valvolari.

Può avere la possibilità di includere degli effetti tramite un uscita (send) e un ingresso (return) che possono fare parte di un canale separato che poi può essere miscelato al canale pulito (clean).

### Diffusore

E' il sistema altoparlante-cassa acustica che trasforma il segnale elettrico in suono.

Gli altoparlanti possono essere diversi, in funzione della pressione acustica che si vuole ottenere e dello spettro di frequenze che si vuole riprodurre.

### Ambiente

E' l'ambiente in cui viene posto il diffusore, l'ambiente in funzione della sua struttura e conformazione attenua od esalta alcune frequenze.

Quindi è in parte responsabile della percezione del suono prodotto almeno quanto i diffusori.

Inoltre in funzione della dimensione può aggiungere un certo riverbero.

Mentre la risposta spettrale può essere corretta, ad esempio con un equalizzatore, altre componenti come l'eco e il riverbero non possono essere corrette se non modificando l'ambiente stesso.

## Amplificatori per chitarra elettrica (solid body)

### Amplificatore per chitarra elettrica Solid Body (Testata)

Questi amplificatori si differenziano da un comune amplificatore Hi-Fi in quanto nell'amplificazione di uno strumento non è necessaria una banda passante così estesa come nell'Hi-Fi, né una distorsione così contenuta.

In alcuni contesti la distorsione è volutamente ricercata.

L'amplificatore a valvole contribuisce ad arricchire la timbrica con tutta una serie di armoniche che si vanno a sommare al suono dello strumento e che caratterizzano il suono finale ottenuto.

Quindi, in definitiva l'amplificatore manipola il suono caratterizzandolo, quindi si può dire che fa parte dello strumento.

Questo fa sì che l'amplificatore debba essere realizzato per modificare il suono in un certo modo e rendere il timbro dello strumento compatibile con i gusti del musicista che lo utilizzerà.

In altre parole, sia la chitarra elettrica che l'amplificatore sono suscettibili di migliorie che li renderebbero tecnologicamente superiori a quelli esistenti, ma il nostro gusto su questo tipo di suoni si è formato ascoltando strumenti concepiti negli anni '50 e qualsiasi miglioria rendendo il suono diverso da quello a cui siamo abituati non ha fortuna commerciale.

Per quello che riguarda la potenza, occorre stabilire il contesto in cui sarà usato l'amplificatore, se si suona in casa per diletto bastano potenze molto basse, dell'ordine dei 5-10Watt, se si vuole fare una esibizione in un locale occorre arrivare al volume delle percussioni e degli altri strumenti, quindi potenze comprese fra i 50 e i 100 Watt.

Occorre tenere in considerazione che per innescare alcuni comportamenti di un amplificatore, come la distorsione dello stadio finale occorre utilizzarlo al massimo del volume, quindi è dannoso oltre che inutile avere un amplificatore molto potente da utilizzare in casa.

### Cassa per chitarra

Si tratta del trasduttore che trasforma il segnale elettrico in uscita dall'amplificatore in suono.

Molto simile come struttura ad un comune diffusore acustico (una cassa acustica per intenderci) ha delle caratteristiche di banda passante e fedeltà nettamente inferiori a quelle utilizzate per l'Hi-Fi, non essendo richiesta una banda tanto estesa.

In genere all'interno vi è un solo altoparlante di grande diametro, in genere 12" o 15", nelle più piccole 10" (le misure sono espresse in genere in pollici).

Nelle casse acustiche utilizzate per concerti o comunque per sonorizzare grandi ambienti ci possono essere 2, 4 o anche 8 altoparlanti collegati direttamente fra loro in una unica cassa acustica.

La realizzazione degli altoparlanti per questo tipo di utilizzo è la cosa veramente interessante.

Essendo praticamente diffusori monovia l'altoparlante deve riprodurre dalle frequenze basse a quelle alte.

Questo si ottiene creando degli altoparlanti con delle membrane non troppo rigide in modo che la bobina per le frequenze basse muova tutta la membrana mentre per quelle più alte solo una sezione circolare (partendo dalla bobina verso l'esterno) che si riduce di mano in mano che la frequenza aumenta.

Quindi la ricerca è spinta verso la direzione opposta rispetto a quella delle casse per Hi-Fi multivia, in cui gli altoparlanti sono specializzati nella riproduzione di una stretta gamma di frequenze.

In alcune casse tuttavia vi è anche un altoparlante dedicato ai medio-alti.

In genere dal punto di vista della tipologia si tratta o di casse chiuse o di casse che sono aperte nella parte posteriore.

Sono quasi assenti le bass reflex.

Nel caso di quelle aperte posteriormente l'emissione dei toni bassi ne risente per l'evidente corto circuito acustico che si genera.

La potenza dell'amplificatore deve essere messa in rapporto al rendimento dell'altoparlante che collegheremo, non dimentichiamo che un altoparlante (vedi Nota1) con una efficienza di 89dB e un altro con un'efficienza di 92dB producono una sensazione sonora uno il doppio dell'altro in quanto la scala in dB è logaritmica e non lineare.

\*Nota1= La sensibilità si misura in dB SPL (Sound pressure level) posizionando un microfono alla distanza di 1m e alimentando l'altoparlante con la potenza di 1W.

### **Combo per chitarra**

Per combo si intende un amplificatore e una cassa uniti in un unico blocco.

In alcuni casi nel combo sono integrati anche alcuni effetti, in genere il riverbero e overdrive.

Nei combo tecnologici di ultima generazione ci possono essere anche molti effetti in genere ottenuti con una elaborazione di tipo digitale del segnale che viene prima campionato, poi elaborato e alla fine riconvertito in analogico.

In genere per effettuare queste operazioni si utilizzano canali paralleli, in pratica il primo canale è adibito al segnale pulito (clean) e gli altri al segnale elaborato con degli effetti che poi alla fine vengono mixati in proporzioni variabili al segnale pulito per poi amplificare il tutto.

Questo dà un maggiore controllo della percentuale di suono pulito ed effetti che alla fine poi compongono il risultato finale.

## Amplificatori per basso elettrico (solid body)

Il basso elettrico è uno strumento che in genere è utilizzato in alternativa o insieme alla batteria per la base ritmica.

Può avere 4 oppure 5 ma anche 6 corde e questo ne determina l'estensione in frequenza.

La differenza è nella gamma di frequenze che lo strumento è in grado di generare ed influenza anche l'amplificazione e il diffusore utilizzato.

### Frequenze minime e massime generate da un basso elettrico

Tipo di basso elettrico	Frequenza fondamentale più bassa e più alta	Armoniche fino a
4-corde	41Hz-392Hz	~4kHz-5kHz
5-corde	31Hz-392Hz	~4kHz-5kHz
6-corde	31Hz-523Hz	~4kHz-5kHz

Come vedete rispetto al basso elettrico a quattro corde il cinque corde parte da una frequenza minima più bassa mentre quello a sei corde ha anche una frequenza massima più alta.

In tutti i casi le armoniche superiori prodotte possono arrivare a 4-5Khz.

La difficoltà nell'amplificazione del basso, ma soprattutto per quello che riguarda il diffusore consiste proprio nella frequenza minima estremamente bassa, di difficile riproduzione, che rende impossibile ridurre il peso e l'ingombro dello stesso.

Per risolvere in parte questo problema in alcune casse per basso vengono impiegati dei risuonatori di Helmholtz, ovvero dei tubi accordati che mettono in comunicazione il volume interno della cassa con l'esterno.

Inoltre per rendere udibili le frequenze più basse occorre utilizzare amplificatori ed altoparlanti con una grande potenza.

### Amplificatore per basso elettrico (Testata)

Questi amplificatori si differenziano da quelli per chitarra elettrica soprattutto per l'estensione verso il basso della banda passante a volte esasperato dall'utilizzo di filtri appositamente tarati.

La potenza in genere deve essere molto più alta di un amplificatore analogo per chitarra elettrica, questo in parte è dovuto alla tipologia di altoparlanti impiegati nelle casse che si collegano che hanno una sensibilità più bassa e alla stessa caratteristica dell'orecchio umano che ha una più bassa sensibilità alle frequenze basse.

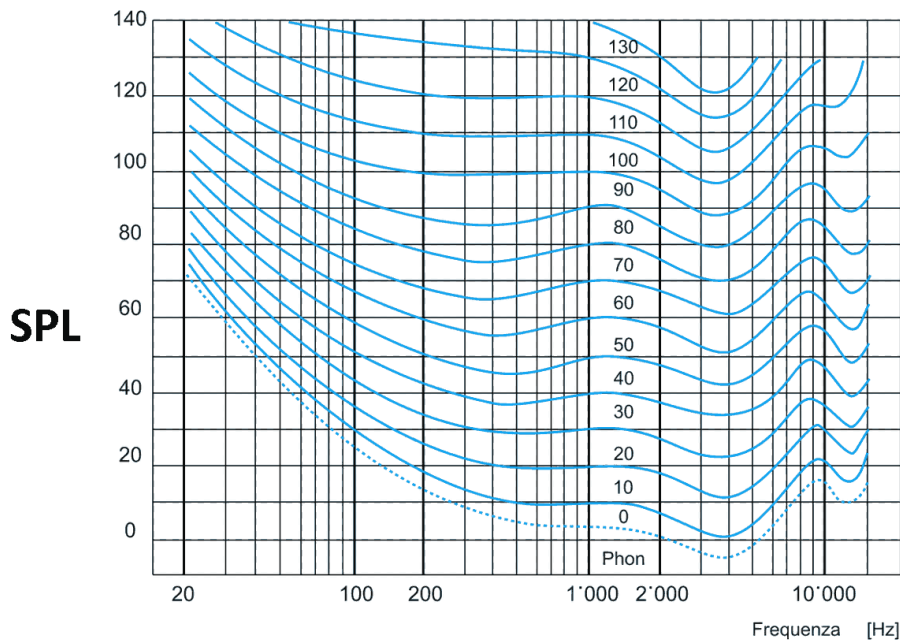
Nell'immagine in basso la curva di sensibilità dell'orecchio umano.

A sinistra sull'asse "y" la pressione sonora applicata.

Le varie curve rappresentano la sensazione percepita in Phon (1 Phon è equivalente a 1dB).

Come vedete la massima sensibilità dell'orecchio si ha attorno dai 2 ai 5 KHz.

Sulle frequenze basse la sensibilità è molto minore, quindi occorre più pressione sonora per avere la stessa sensazione uditiva.



Per tutto il resto vale quanto detto per quelli progettati per chitarra elettrica.

### Cassa per basso elettrico

La cassa per un basso elettrico in genere è più grande a livello di ingombri di una analoga per chitarra elettrica, per una corretta riproduzione dei bassi più profondi occorre muovere un bel volume di aria.

Per questo si utilizzano altoparlanti con un diametro maggiore e con i coni che hanno una maggiore escursione lineare, questo rende necessario un cabinet molto robusto per gestire la potenza ed evitare risonanze, questo implica un diffusore più grande e pesante.

Nelle esecuzioni dal vivo è abbastanza comune l'impiego di 2 o 4 altoparlanti in un'unica cassa sia per aumentare il rendimento che per aumentare il volume di aria che è possibile muovere e potenze di centinaia di watt.

Tuttavia per quanto si possa fare è sempre difficile diffondere le note più basse prodotte da un basso a 5 o 6 corde, i volumi della cassa, il peso e l'ingombro diventano veramente eccessivi.

### Combo per basso elettrico

Nel combo non sono quasi mai integrati gli effetti, in alcuni è possibile collegarli tramite l'uscita "send" e l'ingresso "return", ovvero utilizzare una catena di effetti esterni.

In genere si utilizza un solo altoparlante da anche da 15 o 18 pollici, in qualche caso è presente anche un midrange in quanto la dimensione generosa del woofer gli impedisce di riprodurre le frequenze medie.



## Altoparlanti per chitarra elettrica

In questa sezione analizzeremo la metodica di scelta degli altoparlanti per una ipotetica cassa a due vie per chitarra elettrica solid body.

### Scelta degli altoparlanti

Questa è una fase che richiede molto tempo, occorre analizzare diversi aspetti.

Nell'ordine per il woofer:

- La dimensione, che influenza la frequenza di risonanza e quindi l'estremo basso della banda passante che avrà poi il futuro combo.
- La sensibilità, che influenza poi la pressione acustica massima che riusciremo ad ottenere.
- La potenza, che influenza con la sensibilità la pressione acustica massima che riusciremo ad ottenere, e di conseguenza la potenza che dovrà essere in grado di produrre l'amplificatore dedicato a questo altoparlante.

Per il tweeter:

- La sensibilità, che influenza poi la pressione acustica massima che riusciremo ad ottenere. Non deve essere inferiore di quella del woofer.

Di solito non è difficile trovare un tweeter con una buona sensibilità, specie fra quelli caricati a tromba.

- La potenza, che influenza con la sensibilità la pressione acustica massima che riusciremo ad ottenere, e di conseguenza la potenza che dovrà essere in grado di produrre l'amplificatore dedicato a questo altoparlante.

La potenza RMS che il tweeter deve essere in grado di gestire è funzione della differenza fra la sensibilità del tweeter e quella del woofer.

Facendo un esempio, se abbiamo un woofer che ha una sensibilità tale per cui la pressione sonora a un metro con un watt di potenza è 100dB ed un tweeter che nelle stesse condizioni fornisce una pressione sonora di 103dB, la differenza è 3dB che corrisponde al doppio dell'efficienza, quindi la potenza con cui dovremo pilotare il tweeter dovrà essere la metà di quella del woofer per avere un rendimento bilanciato.

- La frequenza minima riproducibile, deve essere ovviamente più bassa della massima riproducibile dal woofer, per non avere buchi nella banda passante.

Io per fare una scelta ho preparato una tabella in cui annoto tutti i dati dei possibili candidati scegliendoli fra gli altoparlanti specifici per la diffusione del suono della chitarra elettrica e per PA (Public Address system, sistema di amplificazione e distribuzione del suono per comunicare a un ampio pubblico, come ad esempio locale da ballo o un cinema.).

In realtà si possono includere anche altoparlanti nati per un altro uso.

Sono veramente tanti e a questo punto possiamo solo fidarci dei dati pubblicati dai produttori.

Non utilizzate mai degli altoparlanti di cui non avete i dati, a meno che non ve li abbiano regalati o non vogliate voi stessi ricavare i dati per fare un esperimento.

### Scelta del woofer

Dopo una lunga indagine la mia scelta è approdata su due altoparlanti della Eminence, il Wizard e il Governor che di fatto sembrano esattamente uguali.

Si tratta di due classici.

Hanno una sensibilità abbastanza alta, questo mi permetterà di avere delle buone pressioni acustiche con delle potenze ridotte.

Ne ho presi due esattamente uguali come ingombri in modo da poterli alternativamente montare sullo stesso cabinet per delle prove comparative.



### Eminence Wizard <sup>TM</sup>.

Ad una prima analisi si nota subito la dimensione del magnete, veramente imponente, le costolature di irrigidimento del cestello che è di lamiera, e la verniciatura della sospensione fatta probabilmente allo scopo di irrigidirla e aumentarne la durata.

La realizzazione non mi sembra particolarmente ben curata, ci sono degli sbaffi di vernice sul magnete.



### Eminence Governor <sup>TM</sup>

E' una copia esatta del modello Wizard, dal punto di vista estetico e costruttivo all'apparenza non vi è nessuna differenza.

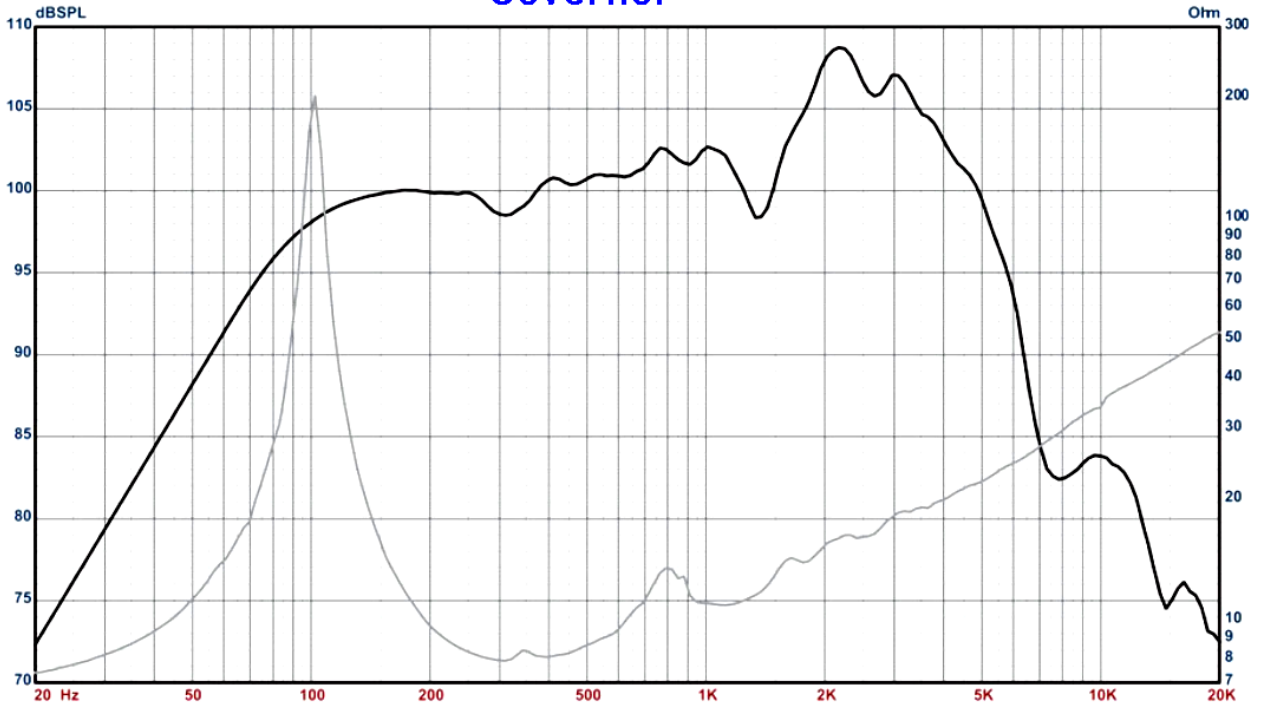
Probabilmente le differenze sono a livello di bobina o di centratore, oppure nel trattamento del materiale della membrana.

Ora analizziamo i dati forniti dal costruttore presi direttamente dal sito dello stesso.

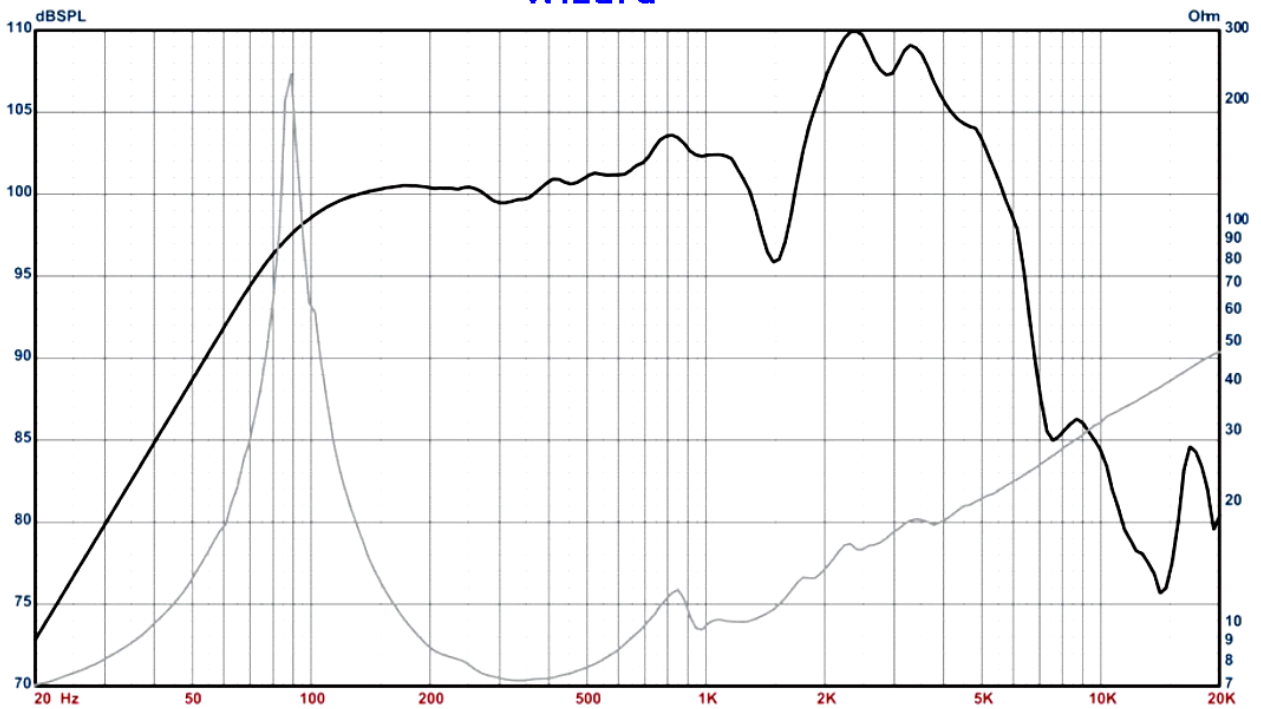
Le tabelle sono state affiancate per avere una idea immediata delle differenze.

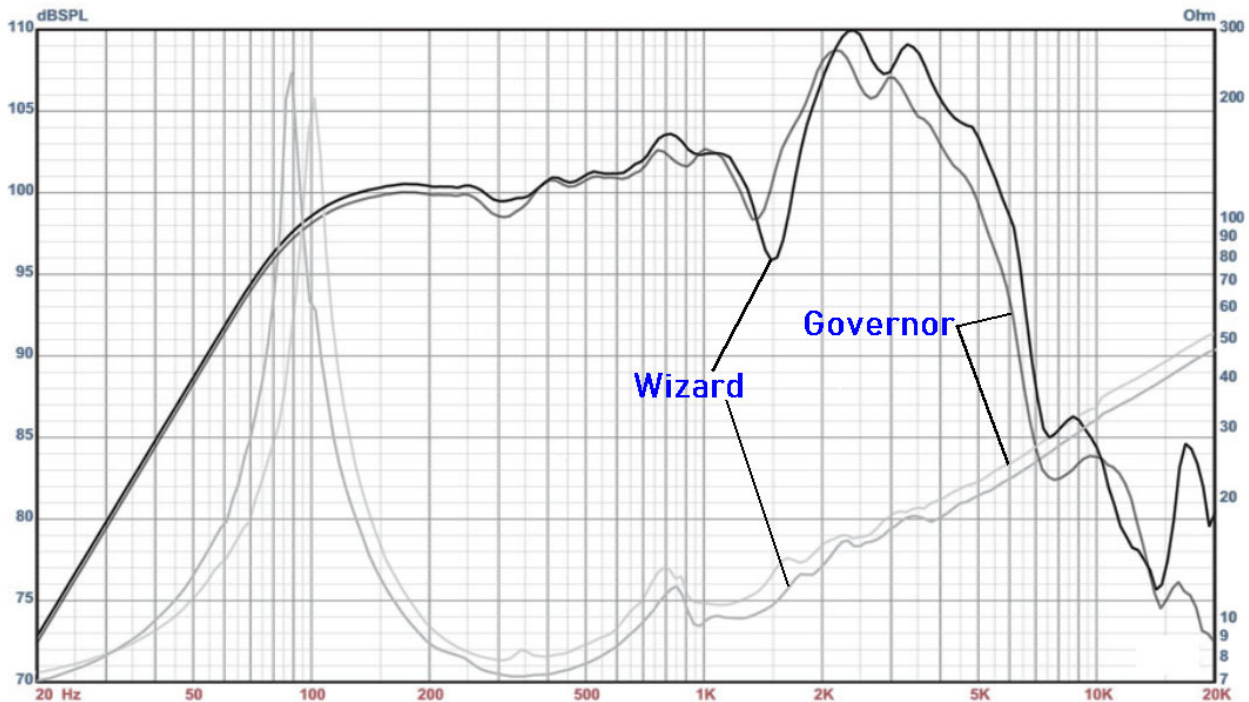
<b>Specifications for Eminence Wizard A 12" Speaker 75 W 8 Ohms:</b>		<b>Specifications Eminence Governor A 12" Speaker 75 W 8 Ohms:</b>	
Product type:	Loudspeaker Chassis	Product type:	Loudspeaker Chassis
Type:	Guitars	Type:	Guitars
Nominal Diameter:	12 "	Nominal Diameter:	12 "
Nominal Diameter:	304.8 mm	Nominal Diameter:	304.8 mm
Voice Coil:	1.75 "	Voice Coil:	1.75 "
Voice Coil:	44.5 mm	Voice Coil:	44.5 mm
Overall diameter:	305.3 mm	Overall diameter:	305.3 mm
Pitch Circle Diameter:	295.4 mm	Pitch Circle Diameter:	295.4 mm
Section Diameter:	278.6 mm	Section Diameter:	278.6 mm
Diameter of fixing holes:	6.4 mm	Diameter of fixing holes:	6.4 mm
Depth:	132 mm	Depth:	132 mm
Nominal Impedance:	8 Ohm(s)	Nominal Impedance:	8 Ohm(s)
Nominal Load Capacity:	75 W	Nominal Load Capacity:	75 W
Sensitivity (1 W / 1 m):	103 dB	Sensitivity (1 W / 1 m):	102 dB
Frequency response:	70 - 5500 Hz	Frequency response:	70 - 5000 Hz
Voice Coil Material:	copper	Voice Coil Material:	copper
Magnet:	Ferrite	Magnet:	Ferrite
Depth of the magnetic gap:	7.92 mm	Depth of the magnetic gap:	7.92 mm
<b>Thiele &amp; Small Parameter for Eminence Wizard A 12" Speaker 75 W 8 Ohms:</b>		<b>Thiele &amp; Small Parameter Eminence Governor A 12" Speaker 75 W 8 Ohms:</b>	
Fs (Resonance Frequency):	89 Hz	Fs (Resonance Frequency):	101 Hz
Re (DC resistance):	6.13 Ohm(s)	Re (DC resistance):	6.81 Ohm(s)
Qms (mechanical quality):	11.48	Qms (mechanical quality):	11.41
Le (inductance of the voice coil):	0.38 mH	Le (inductance of the voice coil):	0.41 mH
Qes (electrical quality):	0.49	Qes (electrical quality):	0.59
Qts (overall quality):	0.47	Qts (overall quality):	0.56
Vas (equivalent volume):	41.5	Vas (equivalent volume):	30.1
Mms (moving mass):	30 g	Mms (moving mass):	32 g
BL (power factor):	14.4 T/m	BL (power factor):	15.3 T/m
Xmax (maximum displacement):	0.8 mm	Xmax (maximum displacement):	1.2 mm
Cms (elasticity of the suspension):	0.11 mm/N	Cms (elasticity of the suspension):	0.08 mm/N
Sd (membrane area):	519.5 cm <sup>2</sup>	Sd (membrane area):	519.5 cm <sup>2</sup>
Weight:	5,67 kg	Weight:	5,7 kg

### Governor



### Wizard





### Valutazioni comparative

Aldilà dell'apparenza dai dati e dalle curve caratteristiche emergono alcune differenze.

Prima di tutto un buon indizio lo abbiamo dal valore di resistenza ( $R_e$  (DC resistance)) che per Governor è più elevata, unita a  $x_{Max}$ .

Sul governor è stata impiegata una bobina più lunga e con una resistenza maggiore che ha aumentato l'escursione della stessa in zona lineare  $X_{max}$  (maximum displacement).

Questo ha aumentato la massa mobile ( $M_{ms}$  (moving mass)).

Inoltre nel governor è aumentata la frequenza di risonanza, in genere questa diminuisce all'aumentare della massa mobile, quindi nel governor è stata aumentata la rigidità della sospensione.

Queste modifiche hanno avuto come effetto una lieve diminuzione della sensibilità.

Un'altra modifica su cui possiamo indagare è la riduzione del buco di emissione su 1,5KHz che potrebbe essere determinato da un irrigidimento della membrana così come la riduzione di tutte le variazioni di emissione dopo i 2KHz.

Quindi il governor rispetto al wizard ha una bobina più lunga, delle sospensioni più rigide e una membrana più rigida.

Questo lo rende un po' più lineare ma ne penalizza l'escursione in frequenza.

Infatti ha un crollo di emissione dopo i 5KHz.

### Rodaggio degli altoparlanti

In genere prima di montarli eseguo il rodaggio degli altoparlanti, applicando una tensione sinusoidale a 50Hz, prelevandola da un banale trasformatore.

Si può anche utilizzare un generatore sinusoidale e un amplificatore connesso all'altoparlante, in questo modo si può scegliere in modo preciso la frequenza e la potenza impiegata spingendo più facilmente l'altoparlante al limite massimo di escursione.

Questo è un buon test oltre che per rodare le sospensioni, per verificare il corretto assemblaggio e funzionamento degli stessi.

A bassa frequenza l'escursione è massima, ottimale per rodare le sospensioni.

In aria libera non serve una grande potenza per avere escursioni significative.



Durante il rodaggio si deve percepire il tono a 50Hz senza distorsioni.

Ho provato ad applicare 12V ma sono eccessivi, l'altoparlante va in distorsione quindi siamo oltre l'escursione massima, con 6V invece non vi è nessuna distorsione e l'escursione è sufficiente.

Li lascio lavorare in genere per 24 ore.

### Scelta del tweeter

La scelta di questo altoparlante è condizionata dalla sensibilità che deve essere pari o superiore a quella del woofer.

Per eguagliare una sensibilità di 102-103dB/1W/1m occorre orientarsi su un tweeter caricato a tromba.

La scelta è caduta su un Pyle PDBT28, un discreto tweeter a basso costo che avevo disponibile a magazzino.

Mi riservo di cambiarlo qualora non soddisfi le mie aspettative.



La ditta costruttrice è molto avara di informazioni, gli unici dati disponibili sono i seguenti:

- sensibilità: 104 dB/1W/1m
- Impedenza: 8 ohm
- Range di frequenze riproducibile: 2KHz-20KHz
- Potenza RMS: 150 Watt
- Membrana realizzata in titanio
- Bobina mobile in kapton da 2,50 cm di diametro (1")
- Raffreddamento a ferrofluido

Non è disponibile un grafico di risposta in frequenza.

Provederemo noi a colmare questa lacuna.

Come si vede dalle specifiche è un tweeter realizzato per resistere ad una notevole potenza, più adatto all'Hi-Fi car più che per combo per chitarra, ma siamo qui per sperimentare.

Nelle intenzioni del costruttore questo componente andava direttamente collegato in parallelo al woofer, da qui il condensatore in dotazione già saldato sul terminale positivo.

Vale la pena provarlo solo per il costo.



## Effetti per Chitarra e basso elettrico

In questa sezione vengono analizzati gli effetti per chitarra e basso elettrico.

Di effetti ne esistono veramente tanti, noi tratteremo i più diffusi sempre rimanendo nel campo di **quelli realizzabili con elettroniche valvolari** non troppo complesse senza soffermarci su quelli più particolari che molte volte sono solo delle piccole varianti degli effetti standard.

Si parte da una trattazione teorica e generale per poi approdare nello specifico e analizzare dal punto di vista circuitale i vari effetti.

Catalogare i vari effetti è pressoché impossibile, ogni effetto quasi sempre agisce su diversi parametri quindi quello che si otterrà è sempre una somma, anche l'amplificatore e il diffusore sono degli effetti quando si parla di chitarra elettrica.

### Gli effetti per chitarra e basso: a cosa servono?

In generale gli effetti servono per modificare il suono pulito (clean) e dargli delle caratteristiche che lo rendono particolare.

Gli effetti che in genere si presentano come dei pedali (si azionano con il piede) si applicano o all'uscita dello strumento o dopo una preamplificazione direttamente sulla testata (amplificatore) quando questa è predisposta (uscita "send" e ingresso "return").

Di effetti sul mercato ne esistono centinaia, le differenze fra un produttore e l'altro per quello che riguarda lo stesso tipo di effetto sono limitate ma presenti e in genere sono dettate da modifiche ad uno schema base e dalla componentistica utilizzata.

In genere quelli a pedale sono assemblati in delle pedaliera che provvedono anche all'alimentazione degli stessi, poi esistono i multi-effetto che ne raggruppano diversi.

Gli effetti si possono dividere nelle seguenti categorie:

- Effetti di modulazione: Chorus, Tremolo, Flanger e Phaser
- Effetti basati sul tempo: Riverbero, Delay ed Eco
- Effetti spettrali: EQ, Panning, Distorsione, Overdrive
- Effetti che agiscono sulla dinamica: Compressione, Noise Gate, Sustain

Poi si possono a loro volta dividere in effetti "classici" legati al mondo della musica degli anni in cui è nata la chitarra elettrica e i decenni successivi.

Gli effetti classici sono stati concepiti in un periodo in cui la tecnologia elettronica era agli inizi quindi hanno una complessità molto bassa e possono essere anche auto costruiti, gli effetti attuali più complessi si basano su una campionatura del suono e una successiva elaborazione digitale che richiedono per la loro costruzione una conoscenza non comune dell'elettronica e dell'informatica, passando per la matematica e il calcolo numerico.

## Effetti basati sul tempo: Riverbero, Delay ed Eco

In questa sezione vengono analizzati gli effetti introdotti dal tempo di ritardo del suono, per riflessione su una o più superfici.

Questi effetti esistono in natura, l'eco è il più evidente e quando siamo all'interno di una cattedrale percepiamo distintamente il riverbero.

Quindi la distanza dell'oggetto o degli oggetti su cui si riflette il suono determina il tempo di ritardo, che è poi il tempo che impiega il suono andando ad una determinata velocità a completare il tragitto fonte - ostacolo riflettente - ascoltatore.

### Delay

Il delay altro non è che un suono che arriva ritardato di un certo tempo rispetto al primo, quello diretto che fa il tragitto fonte - ascoltatore.

Si può riprodurre facilmente in modo elettronico con delle linee di ritardo analogiche o digitali.

Prima che l'elettronica si sviluppasse e dell'avvento del digitale si utilizzava un dispositivo elettromeccanico, un nastro magnetico in cui la prima testina magnetizzava e una seconda testina simultaneamente lo leggeva.

Variando la distanza fra le testine e la velocità del nastro si poteva variare il tempo di ritardo.

### Eco

E' una esasperazione del delay, in cui il tempo che impiega in suono riflesso ad arrivare all'ascoltatore è molto grande.

Si può implementare con le stesse metodiche del delay.

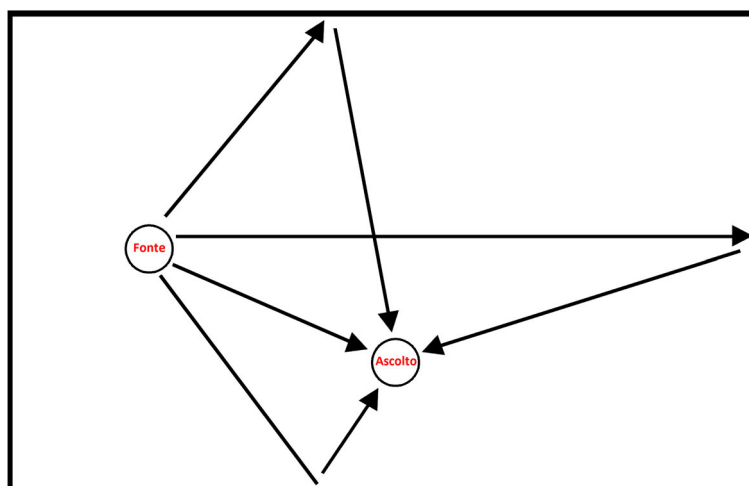
Il ritardo deve essere maggiore di 1/10 di secondo.

### Riverbero

Un tipico esempio di riverbero è quello prodotto in una stanza dalla riflessione di onde sonore sulle pareti perimetrali.

E' la somma di più delay, il suono parte e si riflette su più ostacoli poi torna all'ascoltatore.

Come vedete nell'immagine sotto il suono rimbalza in questo caso su più pareti e torna poi all'ascoltatore con ritardi diversi che sono dettati dalle singole distanze che percorre.



Per generare questo effetto dal punto di vista elettronico è abbastanza complesso, in passato si utilizzavano i riverberi a molla che funzionano utilizzando un elemento meccanico, una molla che funge da elemento di ritardo.

La qualità di questo tipo di effetto lascia a desiderare e non era realistico ma con l'andare del tempo è diventato un effetto caratterizzante, ed ancora oggi si usa.

Più recentemente si trovano in commercio tutta una serie di effetti riverbero digitali in cui tutto il lavoro è svolto da un DSP che permette in qualche caso di impostare tutte le linee di ritardo che concorrono alla generazione dell'effetto.

Di seguito analizzeremo un riverbero a molla che è l'unico implementabile anche per quello che riguarda il mondo delle valvole.

### Riverbero a molla

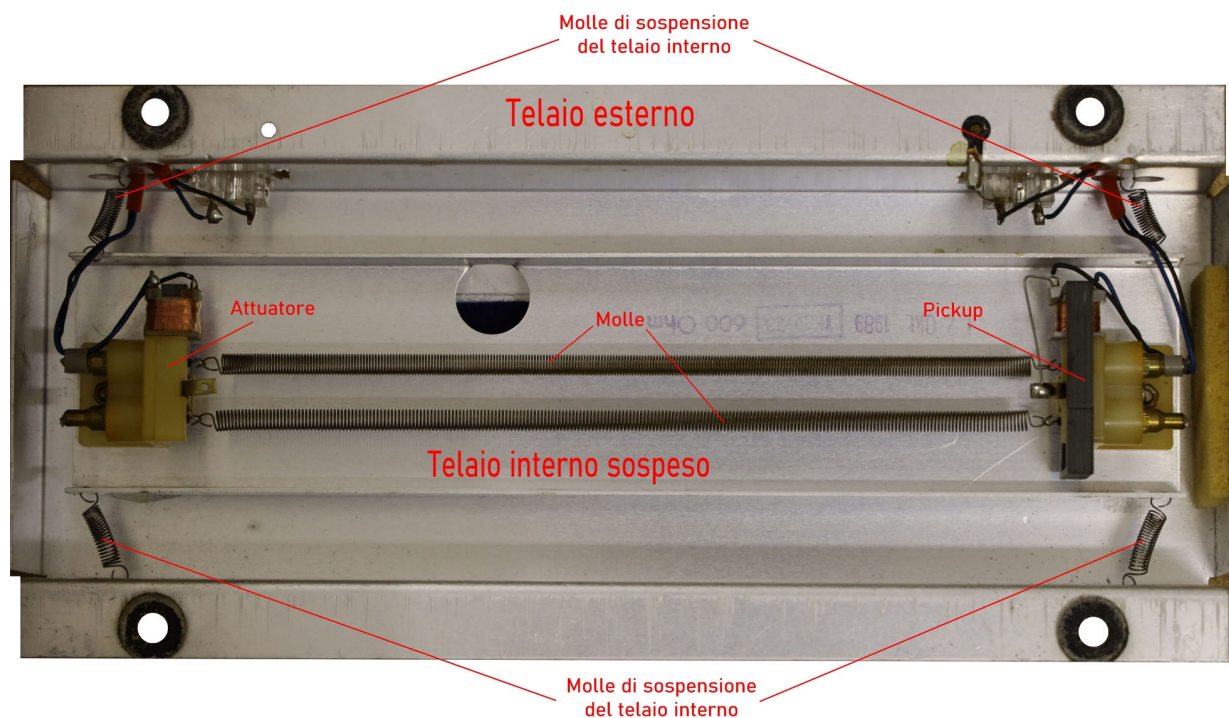
Si tratta di un classico effetto per chitarra, presente ancora oggi in alcuni combo dal sapore retro.

E' un dispositivo elettromeccanico che trasforma il segnale elettrico nella vibrazione tramite una bobina che interagisce con un piccolo magnete solidale ad una molla che trasmette la vibrazione e induce un ritardo che è funzione della sua lunghezza per poi ritrasformarlo in segnale elettrico tramite un pickup posto all'altra estremità della molla.

Questo effetto non è "pulito" come il ritardo che introduce un riverbero digitale ne è possibile manipolare il ritardo se non cambiando la molla ma è proprio la sua particolarità che piace.

Inoltre capta anche una parte del segnale esterno sottoforma di vibrazioni che arrivano alla molla, quindi ha anche una sorta di microfonicità.

Ora valuteremo i vari aspetti progettuali dell'introduzione di questo effetto, analizzandolo nei dettagli.



Innanzitutto vediamo come è realizzato un riverbero a molla.

In relazione alla foto sopra, in genere ha le seguenti componenti:

- Telaio esterno.  
E' la scatola, in genere di alluminio in cui è contenuto tutto il resto.
- Telaio interno sospeso.  
E' un profilato di alluminio su cui sono montati l'attuatore, le molle e il pickup.  
E' fissato al telaio esterno con delle molle che hanno il compito di disaccoppiarlo dalle vibrazioni a cui potrebbe essere sottoposto il telaio per limitare la microfonicità.
- L'attuatore funziona sullo stesso principio dell'altoparlante elettrodinamico, la parte messa in movimento è la molla sulla quale si propaga il suono.
- Il pickup trasforma il movimento della molla in un segnale elettrico.
- Una spugnetta posta a destra nella foto sopra ha il compito di smorzare le oscillazioni violente in

genere dovute al trasporto.

- Un'altra spugnetta o del tessuto posto sotto il telaio sospeso, fra questi e il telaio esterno, sempre con lo scopo di smorzare le oscillazioni violente in genere dovute al trasporto.
- Il telaio esterno è fissato in genere nel combo frapponendo sei piedini in gomma, sempre con il compito di smorzare le vibrazioni.

In genere la realizzazione è tradizionalmente molto povera.

Come si vede dalla data stampigliata nel riverbero della foto sopra, risale al 1989 e funziona ancora egregiamente.

Questo non vuol dire che non si possa migliorare, ad esempio smorzando le risonanze del telaio interno sospeso ricoprendolo di gomma o montando degli smorzatori in piombo.

Tuttavia questo tipo di effetto è in genere prodotto a basso costo e tutte queste soluzioni non vengono implementate.

Nessuno ci impedisce di farlo noi.

Questo riverbero ha un verso di montaggio dettato dal fatto che sotto l'azione del loro peso le molle portano fuori asse i magneti solidali con le stesse e li avvicinano alla sede dentro la quale sono montati.

Il riverbero in genere è pensato per essere montato con le molle in posizione verticale o parallele al suolo.

Prima di montarlo guardate la documentazione fornita a corredo.

Le caratteristiche fisiche ed elettriche di un riverbero sono le seguenti:

- Impedenza dell'attuatore, nei vecchi riverberi si utilizzavano impedenze alte per essere tranquillamente pilotati dai circuiti a valvole termoioniche, in quelli più recenti sempre più spesso l'impedenza è dell'ordine degli 8 Ohm per poter essere pilotati con circuiti integrati amplificatori commerciali e a basso costo.
- Impedenza di uscita, dell'ordine dei KOhm, questo valore è connesso all'ampiezza del segnale che avremo in uscita.

L'ingresso dell'amplificatore per il pickup deve avere una impedenza di un ordine di grandezza più alta in modo da non caricare il pickup.

- Numero delle molle, in genere da 2 a 3.
- Lunghezza delle molle e tempo di decadimento della nota che va in genere da 1 a 4 secondi (Short 1.2-2sec, Medium 1.75-3 sec, Long 2.75-4 secs).

## Progettazione Effetti per Chitarra e basso elettrico

Di seguito affronteremo il problema della progettazione di effetti basati su elettronica valvolare per chitarra elettrica e basso.

### Progettazione effetti per chitarra e basso

Progettazione di un overdrive classico per chitarra e basso elettrico

Progettazione di un preamplificatore distorsore / overdrive per chitarra e basso elettrico

Progettazione di un preamplificatore / compressore per chitarra e basso elettrico

### Progettazione effetti per chitarra e basso: stato solido e valvole, caratteristiche a confronto

- Questo vuol essere un confronto fra le elettroniche basate sullo stato solido rapportate a quelle valvolari, non dal punto di vista della bontà dell'effetto ottenuto ma dal solo punto di vista della difficoltà incontrata a livello tecnico per la realizzazione.

Per quello che riguarda gli effetti basati sulla saturazione occorre tenere presente che una valvola viene alimentata a tensioni molto più alte, quindi per ottenere il clipping occorre che il segnale venga amplificato molto di più.

Per esempio, un circuito a transistor con una amplificazione di 100 alimentato a 9 volt va in clipping con una tensione in ingresso di  $9/100=90\text{mV}$ , un preamplificatore a valvole con una amplificazione di 100 e con una tensione di alimentazione di 200V va in clipping con un segnale in ingresso di  $200/100=2\text{V}$ .

Quindi in questo caso a parità di segnale in ingresso dovremo amplificare molto di più per andare in clipping.

- Mentre ci sono transistor e amplificatori operazionali che possono amplificare il segnale al loro ingresso di 300-400 volte (ma anche 1000) sono molto rare le valvole che possono amplificare più di 100 volte.

Questo fa sì che il circuito a valvole sia più complesso e composto il più delle volte da più stadi in cascata.

- Dal punto di vista dell'ingombro poi non c'è paragone, un circuito con transistor e amplificatori operazionali può essere grande come un francobollo mentre un circuito a valvole è al minimo grande (non tenendo conto dell'alimentazione) come un paio di pacchetti di sigarette impilati.
- Dal punto di vista del rumore introdotto anche qui le valvole dovendo amplificare maggiormente il segnale per andare in saturazione introdurranno più rumore, anche per le tensioni accessorie come quella di accensione dei filamenti che se in alternata producono campi magnetici che captati poi si trasformano in rumore.
- Inoltre è più facile schermare un circuito allo stato solido, per via delle più ridotte dimensioni.

In definitiva le valvole conviene usarle solo per il particolare "colore" che danno al suono.

## Effetto Overdrive per Chitarra e basso elettrico

### Effetto Overdrive classico

L'effetto overdrive simula il suono di un amplificatore a valvole saturato, quindi portato oltre il massimo volume indistorto, generando quindi un suono ricco di armoniche, perfetto per generi quali il blues e il rock.

Noi non ci limiteremo a simulare, come fanno tutti i pedali che producono questo effetto, noi faremo un piccolo amplificatore a valvole con tanto di trasformatore finale adattatore di impedenza.

Un circuito senza compromessi che lavora ad una tensione da valvola, non un clone dei tanti circuiti che si trovano in commercio che utilizzano valvole a bassa tensione (non nate per questo scopo) con risultati che non si avvicinano neppure al suono di un amplificatore saturato.

Quindi nel nostro caso non c'è trucco, si tratta in piccolo di un amplificatore valvolare a tutti gli effetti. L'uscita di questo effetto è adatta per essere inviata sia ad un amplificatore che ad un mixer per miscelarlo con il suono indistorto nella proporzione che più ci piace.

Questo effetto si può costruire in due varianti, utilizzando una configurazione single-ended o push-pull.

Questa è la variante più semplice, quella single-ended.

Per la variante push-pull occorre trovare un adatto trasformatore di uscita ed utilizzare almeno due valvole doppio triodo, la prima come preamplificatore e invertitore di fase e la seconda come amplificatore di potenza.

L'effetto di saturazione nella configurazione push-pull sarà diverso, il clipping sarà più simmetrico in funzione del diverso funzionamento delle valvole finali, che introdurranno anche una notevole distorsione di incrocio che può essere esaltata non utilizzando la controreazione.

### Specifiche di progetto

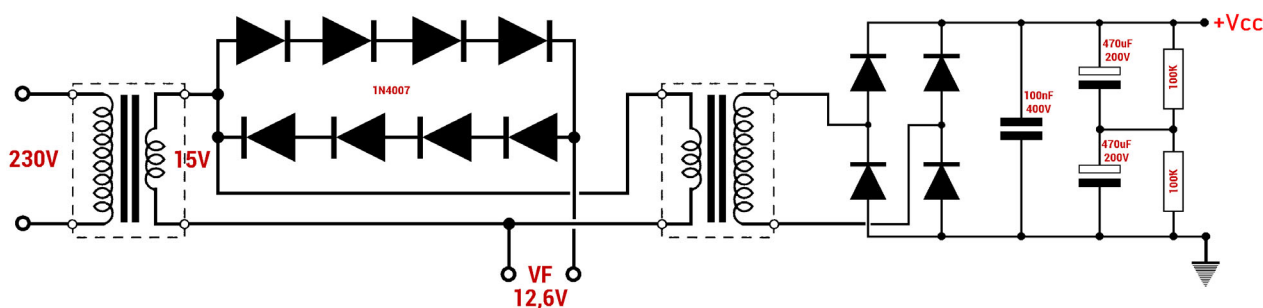
Questo effetto verrà realizzato utilizzando componenti commerciali di facile reperibilità, nulla di esotico, nell'ottica di una bassa spesa ma senza compromettere il funzionamento.

Caratteristiche generali:

- Questo effetto richiede in ingresso un segnale di livello abbastanza alto per assolvere al suo compito, circa 3Vpp.

Quindi si adatta per essere utilizzato dopo un preamplificatore.

### Alimentatore anodica e filamenti valvole



Le valvole sono relativamente difficili da alimentare in quanto richiedono oltre ad una alta tensione anodica anche una tensione di accensione per il filamento.

In genere si utilizzano trasformatori che hanno più secondari che forniscono tali tensioni.

Tuttavia non si trovano di ingombro limitato come quello che occorrerebbe per un effetto.

Per ovviare all'inconveniente ho utilizzato un sistema abbastanza inedito, ho utilizzato un trasformatore da 15V di secondario per alimentare i filamenti a 12,6V utilizzando per la caduta di



tensione 8 diodi ( $0,6 \times 4 = 2,4V$ ).

Poi con l'uscita del trasformatore ho alimentato un trasformatore esattamente uguale.

Ho ottenuto all'uscita 220Vca a vuoto che raddrizzati dal ponte di Graetz e livellati dai condensatori elettrolitici sotto carico diventano 234Vcc, tensione più che sufficiente per alimentare l'anodica delle valvole.

Per il livellamento ho utilizzato due condensatori smontati da un alimentatore per computer.

I resistori da 100KΩ in uscita servono per scaricare i condensatori che potrebbero altrimenti rimanere carichi per giorni e fulminare un malcapitato riparatore di turno.

Con questo circuito siamo isolati dalla tensione di rete.

Tutte le tensioni vanno verificate, tutti i componenti sono soggetti a tolleranze, la cosa importante è che la tensione di filamento non si discosti troppo dal valore ideale che in questo caso è 12,6V, quindi manteniamoci nel range da 12,2 a 13V.

Nel caso sia troppo alta occorre aggiungere altre coppie di diodi alla serie presente fra i due trasformatori, se la tensione è troppo bassa occorre toglierne una coppia o più.

Quando eseguite le misure prima di modificare il circuito ricordatevi di misurare anche la tensione di rete, potrebbe discostarsi anche del 10% dal valore nominale, per cui in questo caso una deviazione del 10% della tensione di filamento sarebbe normale.

### Amplificatore valvolare

L'amplificatore valvolare è realizzato con un doppio triodo ECC82.

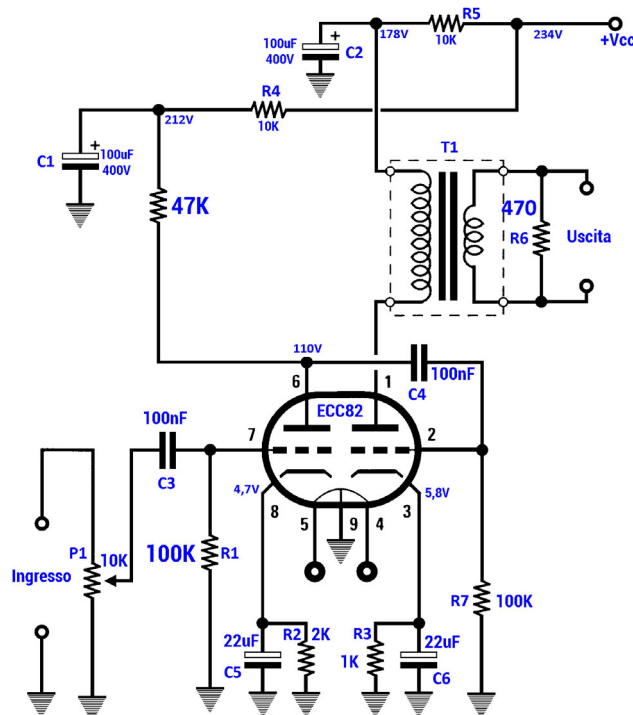
Il primo triodo funge da preamplificatore e il secondo triodo da amplificatore di potenza.

Occorre ottenere un guadagno abbastanza alto da poter mandare in distorsione il secondo triodo.

L'uscita del secondo stadio viene mandata al mixer e può essere mandata in fase per ottenere un effetto overdrive che in controfase (sfasata di  $180^\circ$ ) per ottenere l'effetto fuzz.

Queste funzioni vengono ottenute con un relè che manda al mixer il segnale in fase o in controfase.

Il tipo di distorsione che si può ottenere con questo circuito non è il solito clipping a onda squadrata nella parte superiore e inferiore che si ottiene con i semiconduttori ma molto meno brusca.



Questo circuito è stato progettato e collaudato espressamente per questo progetto, tuttavia nulla vieta di utilizzarlo per costruire un effetto a pedale.

Tutti i valori sono scritti vicino ai componenti, i condensatori non polarizzati hanno una tensione di lavoro di 600V mentre i condensatori elettrolitici, dove non indicato hanno una tensione di 50V.

Per il trasformatore di uscita è stato utilizzato un trasformatore di alimentazione 230V-9V.

Come è possibile vedere con l'oscilloscopio si comporta più che bene per questo utilizzo.

Questo distorsore per assolvere al meglio al suo scopo non ha nessun genere di controreazione.

Questo fa sì che l'uscita del trasformatore sia isolata galvanicamente.

All'uscita è possibile mettere un basilare noise gate per eliminare il seppur minimo rumore del ripple residuo utilizzando due diodi al germanio in serie al segnale, quindi eliminando tutto quello che è più basso della tensione di polarizzazione di detti diodi ovvero 0,3V.

Utilizzando diodi al silicio il valore di polarizzazione diretta sale a 0.6V che ho reputato troppo "aggressivo" in relazione alla tensione dei disturbi.

Di seguito la spiegazione dettagliata del circuito:

Il segnale entra dall'ingresso, arriva al potenziometro da 10K che ne regola l'ampiezza prima di mandarlo alla griglia del primo triodo attraverso un condensatore da 100nF.

La polarizzazione della griglia è dovuta al parallelo del resistore e del condensatore posti fra il piedino 8 e massa ed è di 3,6V (tensione negativa).

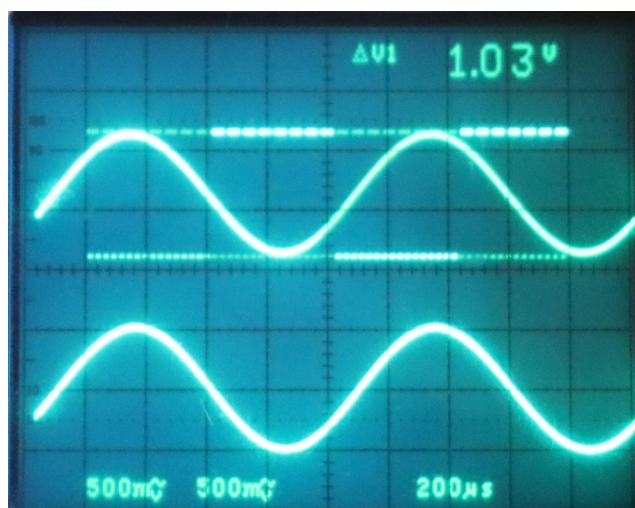
Il segnale amplificato lo ritroviamo sull'anodo (piedino 6) e attraverso il condensatore da 100nF giunge alla griglia del secondo triodo (piedino 2).

Il secondo triodo ha una polarizzazione di griglia negativa di 5,8V dovuta al gruppo resistore-condensatore posti fra il piedino 3 e massa.

Il segnale amplificato esce dal piedino 1 (anodo del secondo triodo) e tramite il trasformatore viene trasferito al carico che è un resistore da 470  $\Omega$ .

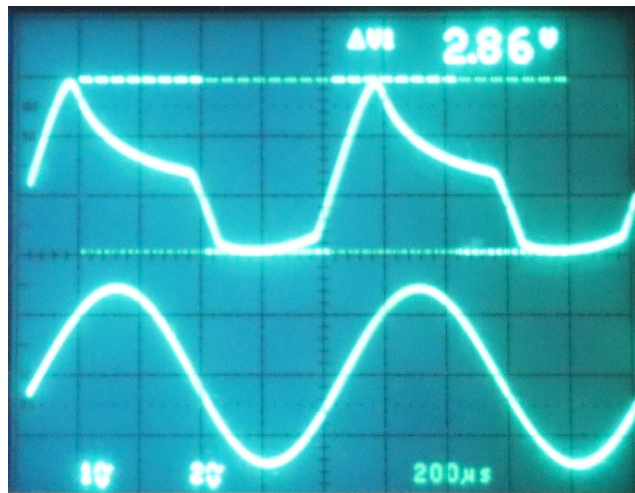
Di seguito alcuni rilievi effettuati con un oscilloscopio professionale e un generatore sinusoidale a bassissima distorsione.

Valori rilevati:



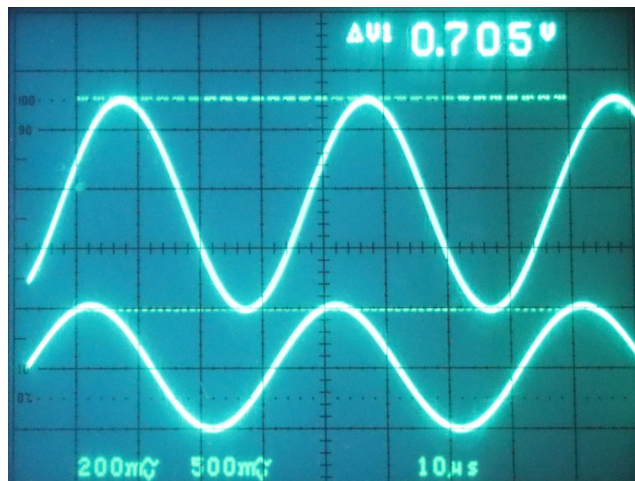
- Massima tensione in ingresso per uscita a bassa distorsione: 1Vpp a 1000Hz (la sonda è impostata a X10)
- Massima tensione in uscita: 10,3Vpp

Tensione in ingresso 2,88Vpp



- Tensione di uscita: 28,6Vpp (in forte distorsione, questa tensione è da considerarsi il massimo livello di uscita ottenibile qualsiasi sia l'ingresso)

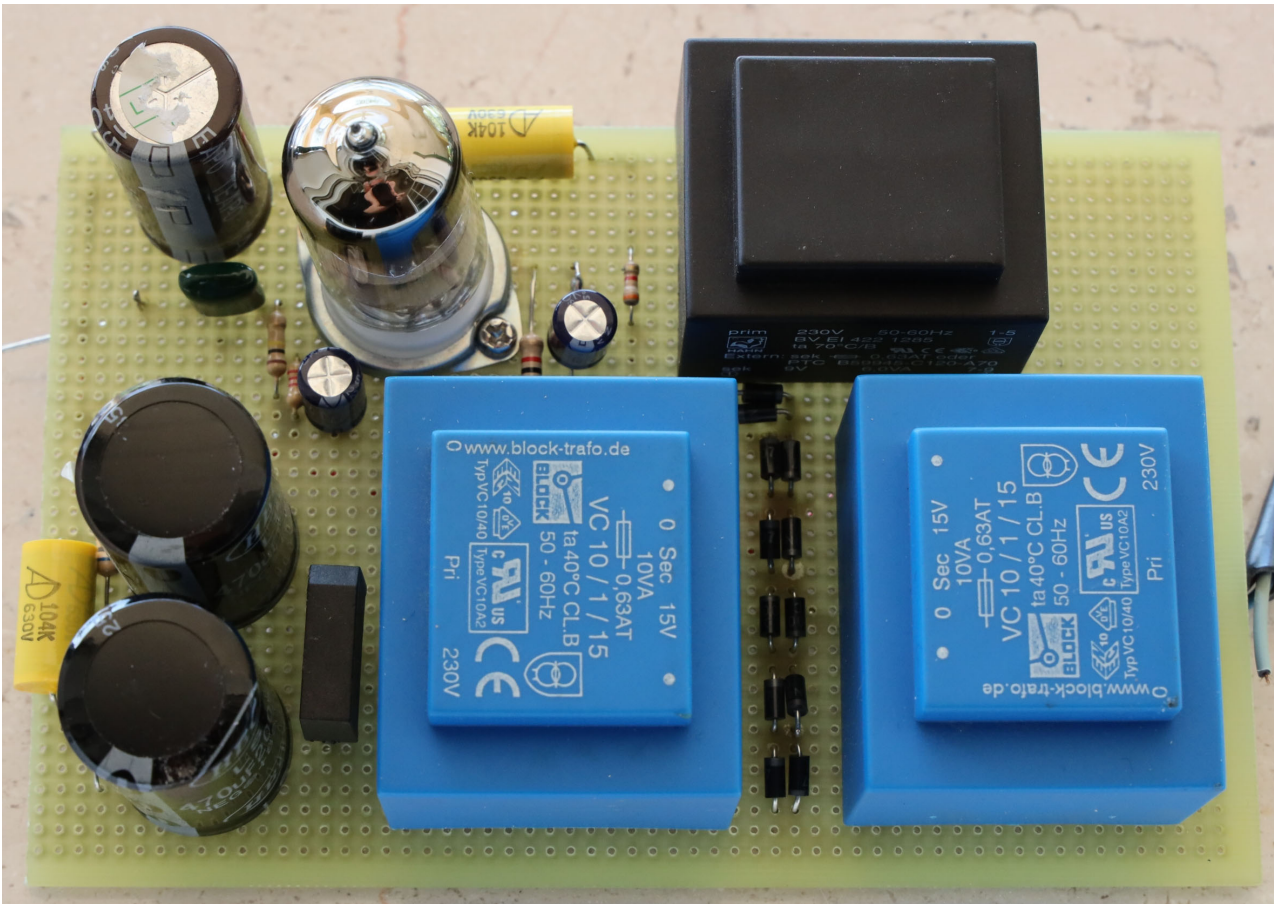
Banda passante (-3dB usando come riferimento la frequenza centrale di 1KHz):



- Da 80Hz a 25KHz.
- Tensione di ripple sulla alimentazione dello stadio finale non misurabile.
- Tensione di ripple sulla alimentazione del preamplificatore non misurabile.
- Tensione di uscita dovuta al ripple non misurabile.

Si rilevano in uscita dei disturbi in alta frequenza probabilmente captati dall'ambiente.





Prototipo montato su basetta millefori visto dall'alto.

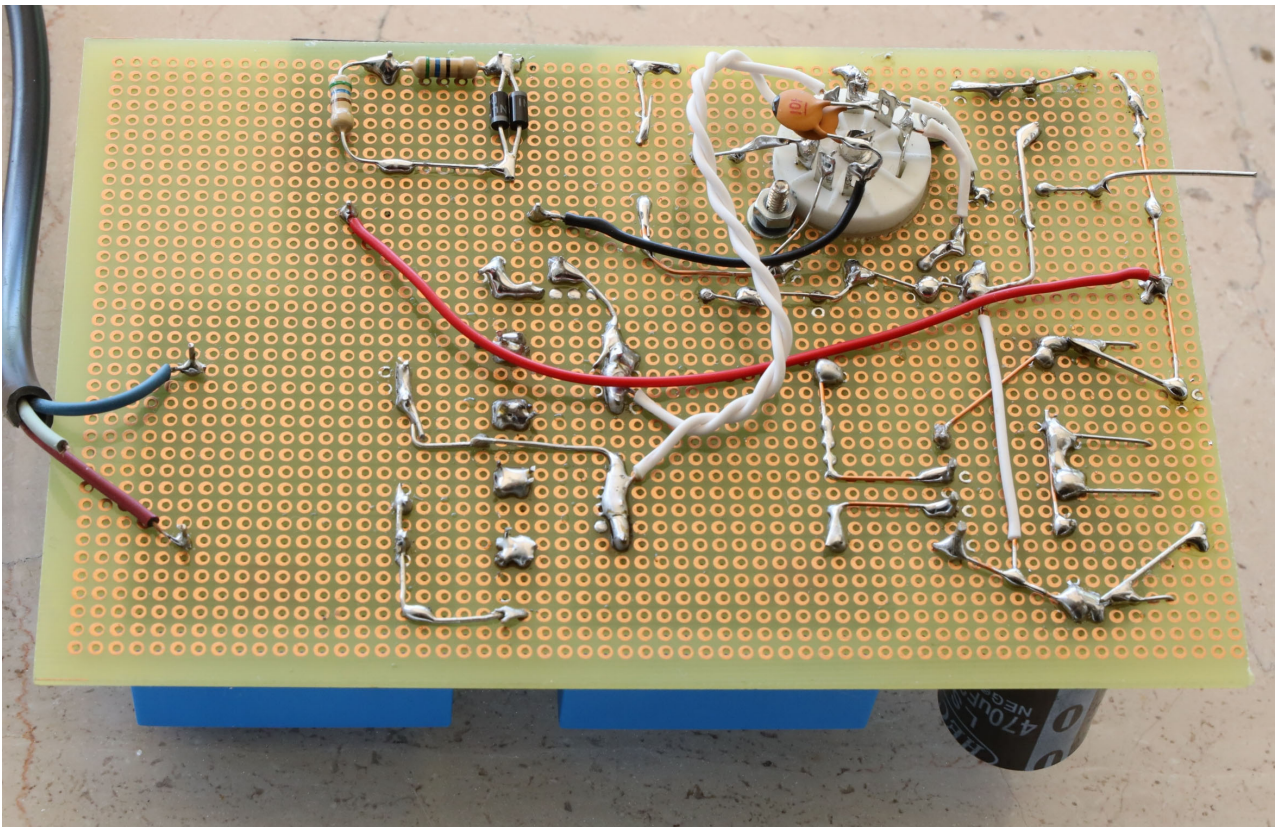


Prototipo montato su basetta millefori visto dal fianco.





Prototipo montato su basetta millefori visto dal fianco.



Prototipo montato su basetta millefori visto da sotto.  
Si noti il filo ritorto che alimenta il filamento.

Questo filo va necessariamente ritorto per elidere i campi magnetici che si generano e potrebbero altrimenti rientrare come disturbo.

Nel prototipo finale il trasformatore di uscita è stato girato per evitare accoppiamenti magnetici con quelli di alimentazione.

### **Effetti secondari**

Come tutti i distorsori / overdrive che sfruttano il fenomeno di clipping si comportano anche in una certa misura come compressori.

Quando il segnale in ingresso è tale da ottenere in uscita la massima elongazione in tensione possibile e noi aumentiamo ulteriormente il segnale in ingresso, il massimo segnale in uscita rimarrà costante non potendo aumentare ulteriormente.

E questo succederà per ogni segnale in ingresso superiore al massimo segnale che produce una uscita indistorta.

Questo oltre all'effetto di compressione produrrà anche un effetto di generazione di armoniche proporzionale all'ampiezza del segnale in ingresso.

A sua volta l'effetto compressione genererà un maggiore sustain della nota.

Come vedete difficilmente un effetto non ne genera altri secondari.



## Progetto preamplificatore distorsore / overdrive per chitarra e basso elettrico

Per la progettazione di questo preamplificatore utilizzeremo una tecnica top-down dove svilupperemo uno stadio alla volta utilizzando un approccio pratico invece di uno matematico.

Questo tipo di approccio è alla portata di tutti e vi permette di avere un buon prodotto finale al netto della differenze che si riscontrano fra i valori da datasheet e i valori reali nel caso delle valvole queste differenze sono rilevanti.

Quello che poi mi preme è dare la possibilità di progettare questo tipo di apparati anche a chi non ha le basi per un approccio matematico.

Un altro aspetto che ci tengo a mettere in luce è che utilizzando delle valvole avrete un risultato finale che sarà diverso da quello ottenibile con apparati commerciali basati su elettronica allo stato solido, quindi non otterrete un clone di qualche pedale già esistente ma qualcosa di diverso che vi potrà piacere o meno ma che sarà comunque "particolare".

Quello che vedrete di seguito è un prodotto finito e funzionante frutto di svariati step di sviluppo.

### La chitarra elettrica e il basso elettrico: caratteristiche del suono in uscita

In genere un pickup normale, non attivo di una chitarra elettrica ha in uscita un segnale con una tensione che arriva ad un valore di picco, dipendente dal tipo di pickup e dal setup da qualche qualche centinaio di millivolt ad un volt.

Noi in fase di progetto considereremo di avere una tensione di 100mVpp (il segnale di un pickup può arrivare anche a 1Vpp ma in ogni caso possiamo abbassarlo utilizzando il potenziometro P1 all'ingresso oppure utilizzando il controllo volume della chitarra), oppure aumentarlo utilizzando un preamplificatore.

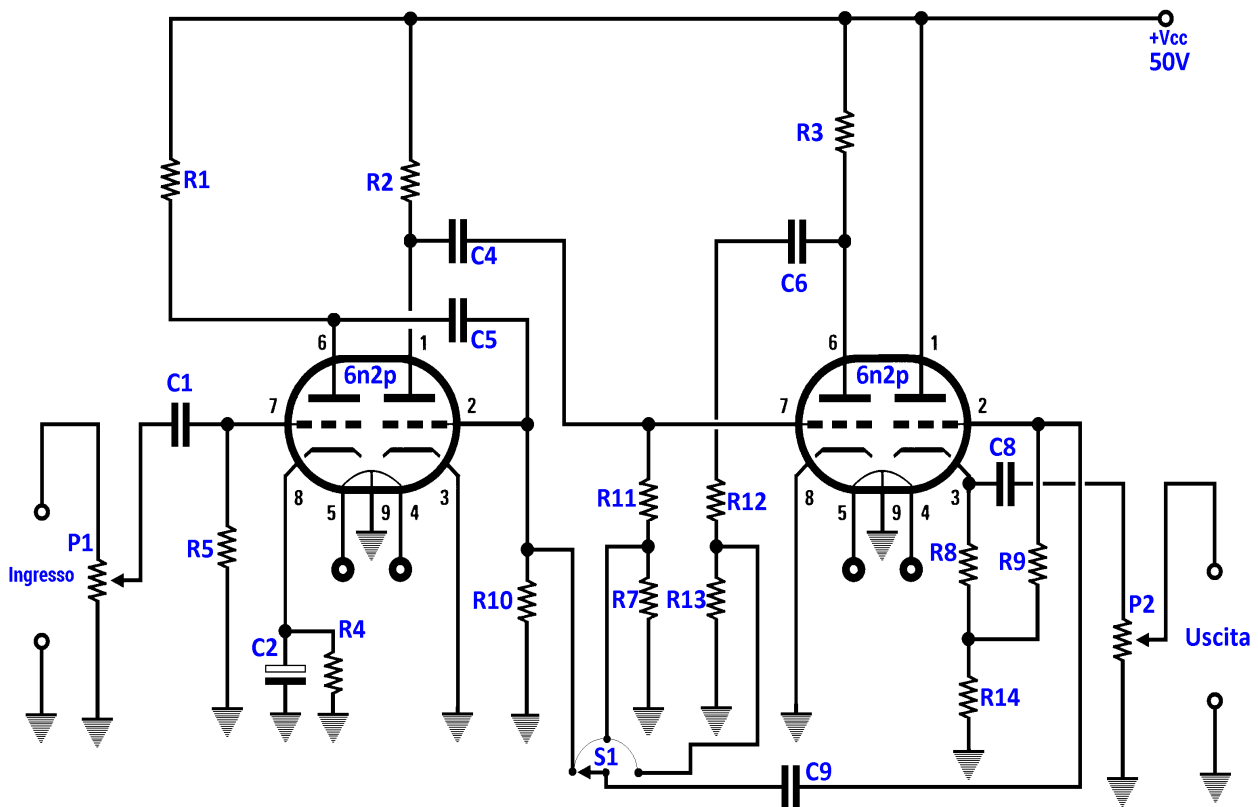
Nel caso della chitarra elettrica viene ricercata in fase di progettazione una notevole distorsione del segnale amplificato allo scopo di generare armoniche dello stesso che "colorano" il suono dando delle caratterizzazioni.

Il progetto di seguito è in grado di produrre alla sua uscita sia un segnale pulito che un segnale altamente distorto.

Abbiamo voluto creare un circuito senza badare troppo al risparmio ma molto versatile e con delle buone caratteristiche.

Le caratteristiche di progetto sono le seguenti:

- Prima uscita relativamente indistorta con discreta amplificazione (clean)
- Seconda uscita più distorta (overdrive)
- Terza uscita altamente distorta (fuzz)
- Impedenza di uscita relativamente bassa.
- Selettore per selezionare le uscite
- Potenziometro in ingresso
- Potenziometro in uscita
- Segnale in uscita della stessa ampiezza con il selettore su qualsiasi posizione
- Bassa tensione di alimentazione.



### Caratteristiche dell'alimentazione del distorsore/overdrive per chitarra elettrica

Allo scopo di rendere più flessibile l'utilizzo e ridurre l'ingombro e il peso per questo progetto abbiamo scelto un approccio più moderno e tecnologico.

La tensione di alimentazione anodica e di filamento viene ottenuta con due convertitori DC-DC che possono essere alimentati da 12V a 30V.

La bellezza di questo tipo di approccio un po' estremo è che la tensione di alimentazione è regolabile e stabilizzata.

Questo ci permetterà di alimentare i filamenti esattamente a 6,3V e mantenere la polarizzazione stabile.

L'ingombro di questa soluzione è un decimo rispetto ad un trasformatore standard.

L'unico svantaggio è il rumore ad alta frequenza generato dall'alimentazione che tuttavia non sarà udibile e verrà quasi totalmente eliminato dalle caratteristiche di banda passante dell'elettronica alimentata.

Il tutto si può alimentare anche a batteria fermo restando che l'assorbimento è relativamente elevato, il consumo totale si aggira sui 5-6W quasi completamente dovuti al riscaldamento dei catodi, quindi a 12V assorbe al massimo una corrente di circa 500mA.

La tensione di alimentazione anodica è stata tenuta relativamente bassa (50V) in modo da ridurre la possibile elongazione del segnale allo scopo di mandare in clipping l'amplificatore molto prima che con una tensione di alimentazione anodica più alta.

In altre parole arriva più facilmente alla distorsione pur mantenendo una tensione di alimentazione accettabile per il buon funzionamento di questo tipo di valvole senza ricorrere a buffer o amplificatori operazionali, in altre parole costruendo tutta la parte analogica a valvole termoioniche.

Questo ci dà anche la possibilità di utilizzare dei condensatori di disaccoppiamento con tensione massima di 50-65V e quindi di ridurre l'ingombro e il costo a parità di capacità.

### Caratteristiche del preamplificatore distorsore/overdrive per chitarra elettrica

Un preamplificatore / distorsore per chitarra di tipo valvolare conferisce al suono un particolare

timbro dovuto alla particolare distorsione introdotta dalle valvole e alle armoniche prodotte.

Prima di tutto occorre scegliere un triodo adatto all'amplificazione di un segnale molto basso che abbia una grande amplificazione.

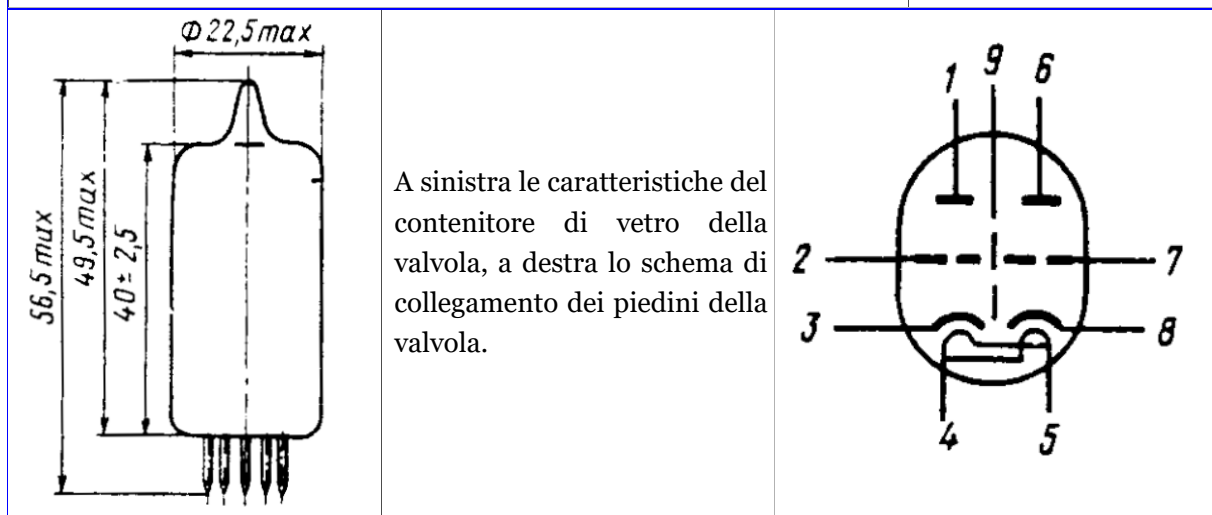
Fra le valvole commerciali la più comunemente utilizzata è il doppio triodo 12ax7/Ecc83 o la variante russa 6n2p che differisce unicamente per la tensione di alimentazione del filamento e una amplificazione leggermente più bassa, ma reperibile anche nella versione militare 6n2p-EV che è particolarmente ben costruita e ha una durata minima di 5000 ore.

Abbiamo optato per quest'ultima.

L'impiego 6n2p vista la grande amplificazione in tensione di questo tipo di valvola semplifica di molto lo schema riducendo il numero di valvole necessarie.

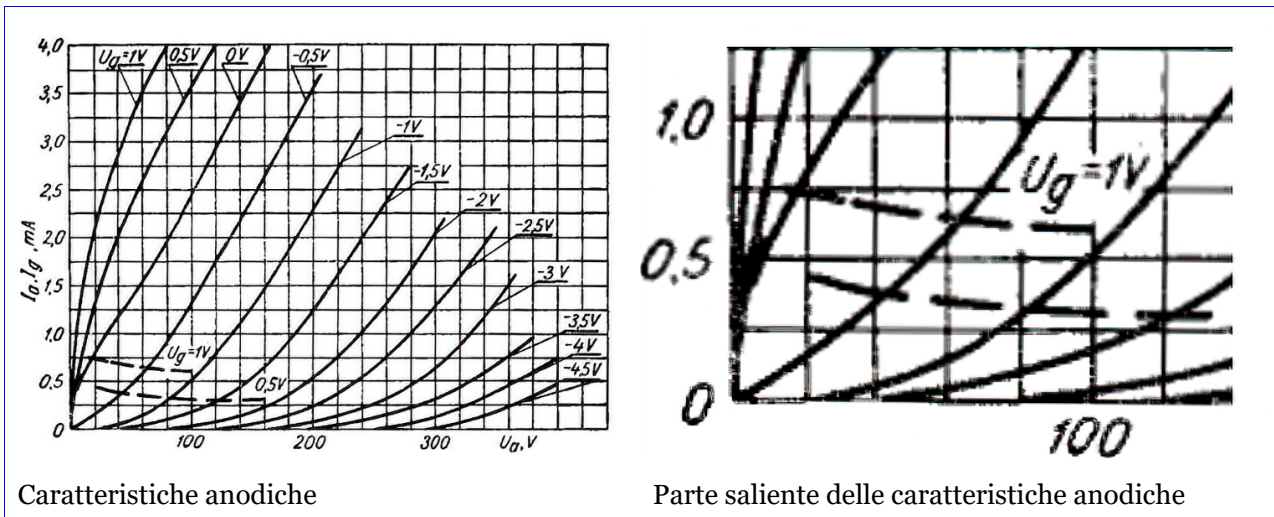
Di seguito le caratteristiche salienti della valvola.

Tipo 6N2P-EV doppio triodo pre amplificatore per bassa frequenza	
Tensione di filamento	5,7-6.9 Volt
Corrente di filamento	340±35 mA
Capacità interelettrodica Griglia Catodo	2.25±0.45 pF
Potenza massima dissipabile	1 Watt (per ogni triodo)
Coefficiente di amplificazione (da notare la grande tolleranza costruttiva)	97.5±17.5 (minimo 80)
Massa	15 grammi
Contenitore	Vetro miniatura
Durata di vita minima	5000 ore
Massima tensione fra catodo e filamento	100 Volt
Massima tensione anodica	300 Volt
Massima corrente anodica	10 mA
Resistenza del circuito di griglia	0,5 MΩ



Da notare la schermatura fra i due triodi che è collegata al piedino 9 e deve essere collegata a massa.

I due filamenti che scaldano il catodo dei due triodi presenti all'interno sono collegati in parallelo, questa è una caratteristica che fa sì che questa valvola non sia direttamente compatibile con la ECC83 di cui ricalca grossomodo tutte le altre caratteristiche.



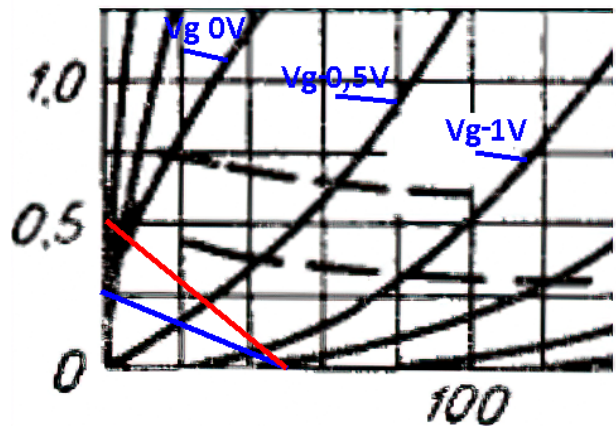
Caratteristiche anodiche

Parte saliente delle caratteristiche anodiche

Il fase di progetto terremo conto del minimo coefficiente di amplificazione garantito, ovvero 80.

**Progettazione preamplificatore distortore/overdrive per chitarra elettrica: primo stadio preamplificatore**

Nell'immagine sopra le caratteristiche anodiche di una valvola 6n2p prese da un datasheet. Tenendo in considerazione il segnale da amplificare per il primo stadio è inutile polarizzare la griglia oltre -0,5V (il segnale non riuscirà mai a renderla positiva). Partendo da questo valore e inclinando la retta di carico per avere una retta il più possibile vicina all'asse X per aumentare l'amplificazione scegliamo la resistenza anodica (R1) da 110KΩ. Qui possiamo vedere il limite di questa valvola alimentata ad una tensione bassa, come i nostri 50V. Non possiamo avere una grande corrente anodica e questo si tradurrà in una grande nube di elettroni attorno al catodo (carica spaziale) che aumenterà leggermente il rumore prodotto.



Sopra le caratteristiche anodiche (la linea rossa più alta) della 6n2p con la retta di carico che otterremo con una resistenza da 110KΩ (R1) che abbiamo ottenuto mettendo in parallelo due resistenze da 220KΩ.

Si noti facendo riferimento alla linea blu che più la retta di carico si avvicina all'asse "X" più l'amplificazione aumenta.

Il limite è dovuto all'innalzamento dell'impedenza di uscita.

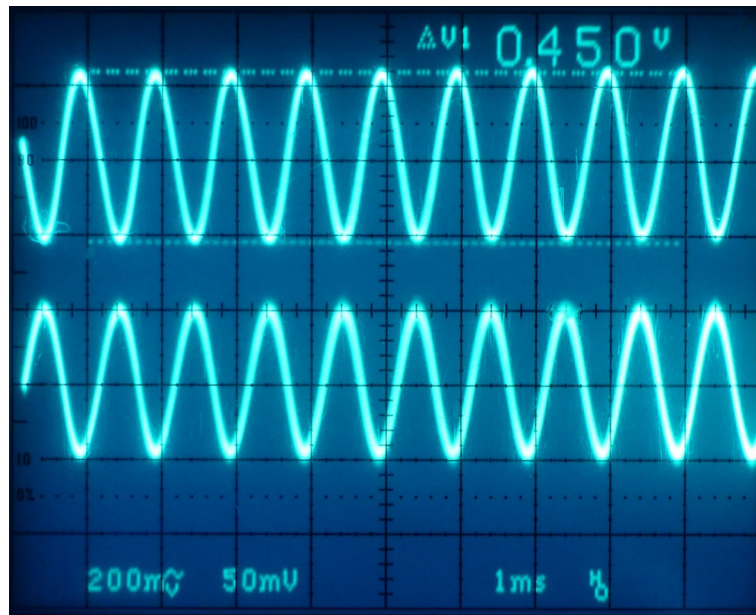
Con questa polarizzazione facendo un rapido calcolo sul grafico possiamo aspettarci una amplificazione del segnale in ingresso di circa 40 Volte.

Quindi il nostro segnale in ingresso di 100mVpp in uscita arriverà ad una ampiezza di 4Vpp.

Di seguito procediamo con le misure di conferma.

Per calcolare la resistenza di polarizzazione automatica R4 da mettere fra catodo e massa sapendo la tensione che vogliamo ottenere ai capi e la corrente che passerà:  $V_{gk}/I_a = 0,25/0,0005 = 500\Omega = 0,5K\Omega$ .

Per quello che riguarda il condensatore C2 come per tutti gli altri condensatori di disaccoppiamento della resistenza di polarizzazione catodica adotteremo un valore standard di 100 $\mu$ F (16V).



Sopra la fotografia dello schermo dell'oscilloscopio.

Sotto il segnale in ingresso, 100mVpp, 1000Hz, sopra il segnale di uscita misurato con una sonda 1/10 (divide per 10), quindi 4,5Vpp.

Il preamplificatore ha un guadagno di 45 volte (leggermente più alto di quello calcolato).

Il segnale di uscita con 100 mVpp sarà di 4,5Vpp.

Questo fa sì che il prossimo stadio non può essere uguale a quello appena calcolato.

Infatti essendo la tensione del segnale superiore a quella di griglia la polarizzazione non andrebbe bene.

Dal secondo stadio avremmo in uscita  $4,5V_{pp} \times 45 = 202,5V_{pp}$  che è ovviamente impossibile, quindi avremo un segnale di poco inferiore a 50Vpp con un forte clipping.

Quindi un segnale a forte distorsione, alla massima elongazione consentita dalla tensione di alimentazione.

### Progettazione preamplificatore distorsore/overdrive per chitarra elettrica: secondo stadio preamplificatore / distorsore

Per la progettazione del secondo stadio dovremo utilizzare un approccio diverso da quello del primo stadio.

Visto che l'elongazione del segnale in ingresso eccede di gran lunga il massimo segnale che possiamo applicare alla griglia senza farla diventare positiva prendiamo atto di questo e adottiamo una polarizzazione automatica di tipo grid-leak, ovvero utilizzeremo lo stesso segnale per polarizzare la griglia di controllo portandola in conduzione.

Questo provocherà un abbassamento dell'impedenza di ingresso di questo stadio e caricherà un po' il precedente diminuendo di un po' l'amplificazione.

Quindi procediamo con il progetto.

Occorre tenere conto di quanto segue:

- Dal punto di vista della polarizzazione il tempo di scarica di R10-C5 deve essere tale da potersi adattare velocemente alle fluttuazioni del segnale di ingresso.
- Dal punto di vista della banda passante la frequenza di taglio del filtro R10-C5 deve essere inferiore o uguale a 20Hz.

L'impedenza di ingresso del triodo a regime è circa 1M $\Omega$  quindi per avere una frequenza di taglio di



20Hz, applicando la formula per calcolare il condensatore  $C_5=1/(2\pi\pi T_1x Ft)$  dove  $C_5$  è la capacità,  $\pi$  è pigreco=3,1415 e  $Ft$  la frequenza di taglio.

$$C_5=1/(2x3,1415x1000000x20)=7,95nF.$$

Tenendo conto che quella ricavata per  $C_5$  è la capacità minima quindi qualsiasi valore più alto è meglio e che l'impedenza in fase di conduzione della griglia diminuirà proviamo arbitrariamente a calcolare il valore della costante di tempo per  $C_5=50nF$ .

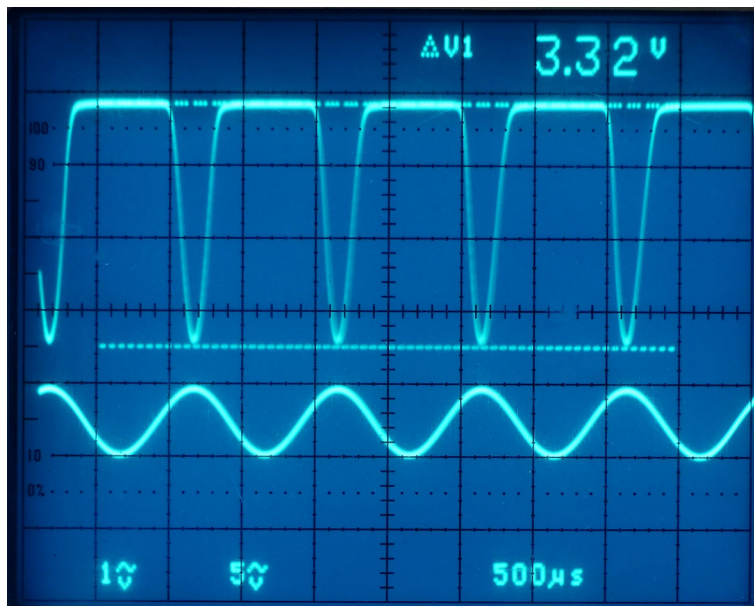
$$T=RxC=T_1xC_5=1000000x0,00000005)=0,05 \text{ Secondi.}$$

Dove  $T$  è il tempo che impiega il condensatore per andare dal 100% al 63% della sua carica.

E' un tempo sufficientemente breve per adattarsi alla variazione del segnale.

Quindi procediamo con il calcolo della resistenza di carico del secondo stadio.

Visto che la retta di carico del primo stadio si adatta anche al secondo utilizziamo lo stesso valore di resistenza del primo stadio, ovvero 110 K $\Omega$ .



Sopra la fotografia dello schermo dell'oscilloscopio.

Sotto il segnale in ingresso, 4,5Vpp, 1000Hz, sopra il segnale di uscita misurato con una sonda 1/10 (divide per 10), quindi 33,2Vpp.

Il preamplificatore ha un guadagno di 7,37 volte.

L'amplificazione è ridotta dalla massima elongazione del segnale in uscita.

Dal terzo stadio avremo in uscita una tensione che sarà uguale a quella ottenuta con questo stadio, sempre per via della massima elongazione del segnale.

Quindi un segnale a forte distorsione, alla massima elongazione consentita dalla tensione di alimentazione.

### **Progettazione preamplificatore distorsore/overdrive per chitarra elettrica: terzo stadio, distorsore (fuzz)**

Questo stadio riceverà un segnale già distorto dallo stadio precedente quindi la distorsione verrà portata ad un valore estremo, tale che in uscita vi sarà praticamente un'onda quadra, molto particolare perché una valvola in genere non è efficiente a tal scopo come un transistor quindi avrà i fronti di salita e discesa un po' più smussati.

Questo stadio sarà uguale al secondo perché deve avere le stesse caratteristiche.

### **Progettazione preamplificatore distorsore/overdrive per chitarra elettrica: quarto stadio, buffer**

Questo stadio serve per adattare l'impedenza del segnale in uscita, ovvero ad avere una bassa

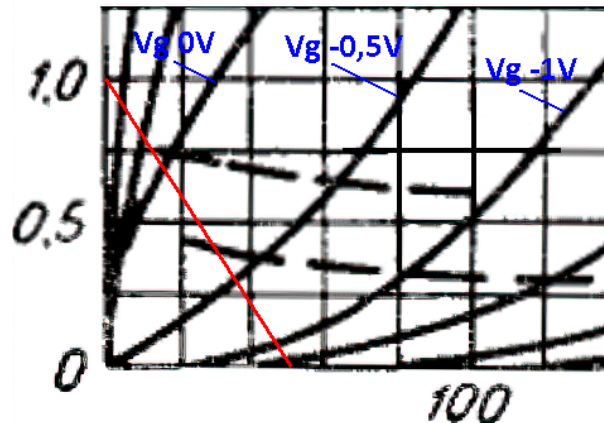


impedenza di uscita (che non sarà mai troppo bassa visto il componente utilizzato, ovvero la valvola). Quindi il suo scopo non è né amplificare né distorcere.

È il classico stadio ad inseguitore catodico.

I due partitori resistivi  $R_{11}/R_7$ ,  $R_{12}/R_{13}$  servono per rendere i segnali in ingresso a questo stadio della medesima ampiezza, quindi devono essere calcolati a questo scopo.

La tensione in uscita dovrebbe essere di  $1V_{eff}$  pari a  $2,88V_{pp}$  per questioni di compatibilità con gli stadi che seguiranno, valore che tuttavia possiamo facilmente aggiustare con il potenziometro in uscita.



In questo caso per ridurre l'impedenza in uscita la retta di carico va inclinata il più possibile.

Tenendo conto che dobbiamo evitare che la griglia possa diventare positiva e considerando la massima elongazione del segnale in uscita utilizzeremo una polarizzazione di griglia compresa fra  $0V$  e  $-1V$  nella parte geometricamente centrale.

Quindi circa  $-0,3V$ .

La tensione con griglia a  $-0,3V$  la corrente che attraversa la valvola è di  $0,4mA$  quindi calcoliamo  $R_8 = V_{r8}/I_a = 0,3/0,0004 = 750\Omega$ .

Una volta stabilito il punto di lavoro possiamo determinare la resistenza  $R_{ak}$  della valvola e l'adatto valore per  $R_{14}$  che dovrà essere uguale.

Ovvero  $V_a/I_a = 30/0,0004 = 75K\Omega$ .

Questo sarà anche il valore di  $R_{14}$  (per un adattamento di impedenza ottimale).

Comunque tenendo conto che in uscita non ci serve un segnale particolarmente grande, non ci saranno problemi.

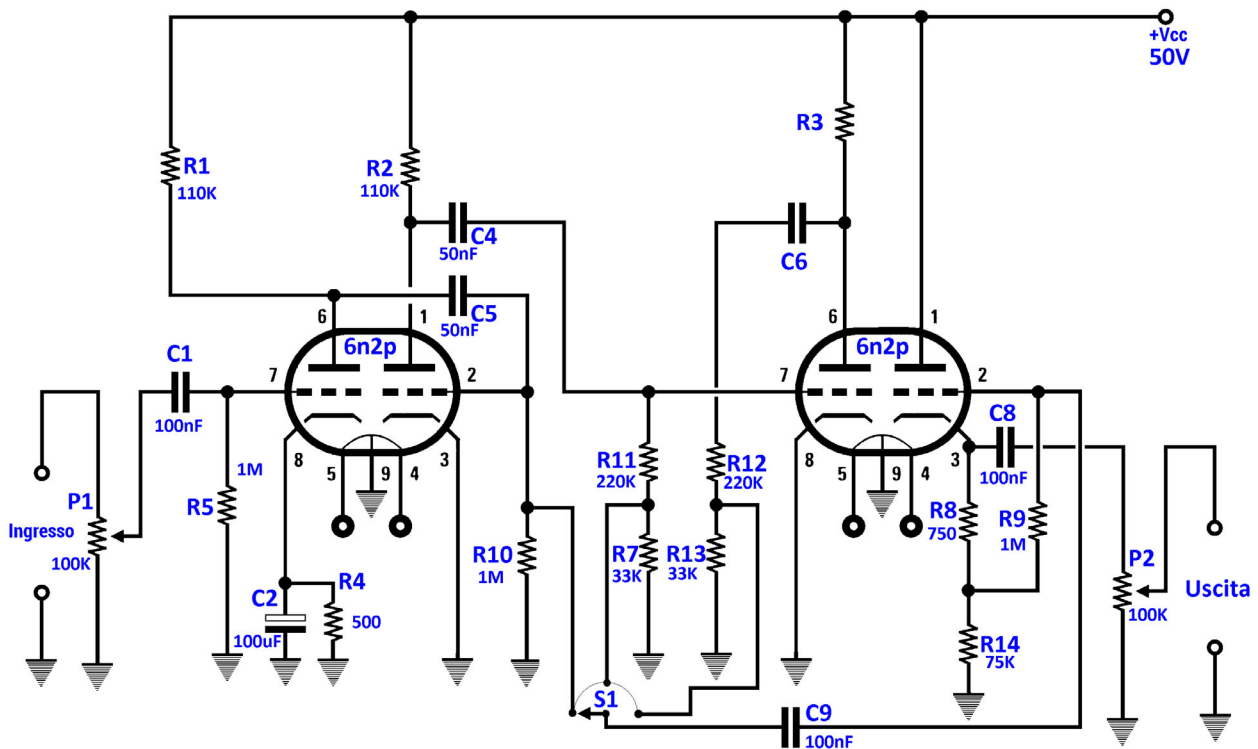
### Calcolo dei partitori resistivi

La resistenza vista dall'uscita di ogni singolo stadio deve essere molto più alta di quella di uscita dello stadio stesso, quindi sceglieremo un resistore per  $R_{11}$  ed  $R_{12}$  di  $220K$ , valore sufficientemente alto poi di conseguenza calcoleremo  $R_7$  ed  $R_{13}$ .

Il rapporto dovrà essere uguale all'amplificazione dello stadio che è come abbiamo visto circa 7 volte.

Quindi  $220/7 = 31,4K\Omega$ , approssimato al valore commerciale di  $33K\Omega$ .

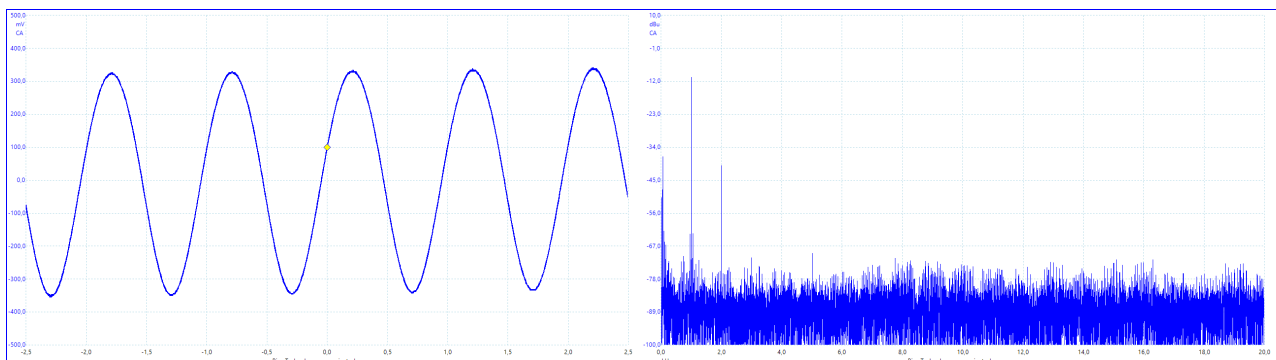
### Progettazione preamplificatore distorsore/overdrive per chitarra elettrica: schema con valori dei componenti



### Misure su preamplificatore distortore/overdrive per chitarra elettrica

Abbiamo applicato all'ingresso di questo circuito un generatore di funzioni e all'uscita di ogni singolo stadio un oscilloscopio digitale con analizzatore di spettro.

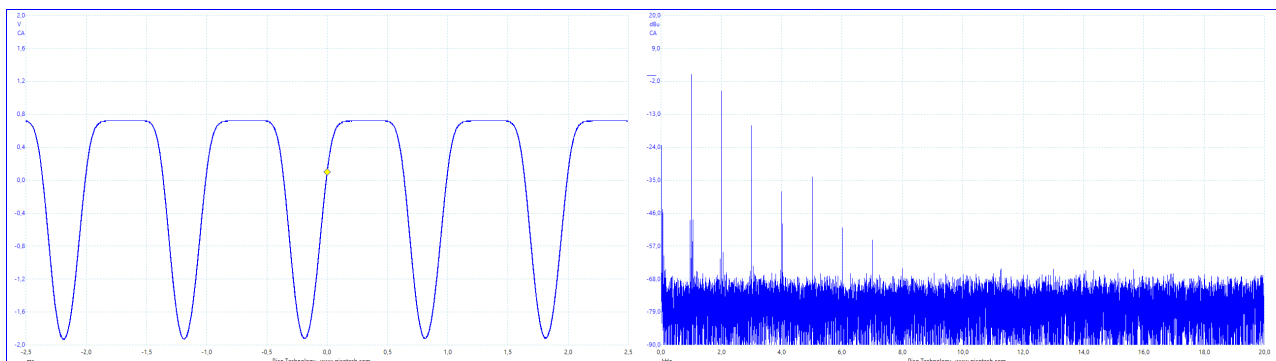
Di seguito i risultati.



Sopra il primo stadio con 1KHz 100mVpp in ingresso con sonda 1/10 (divide per 10 il segnale).

Come vedete il segnale in uscita è praticamente indistorto.

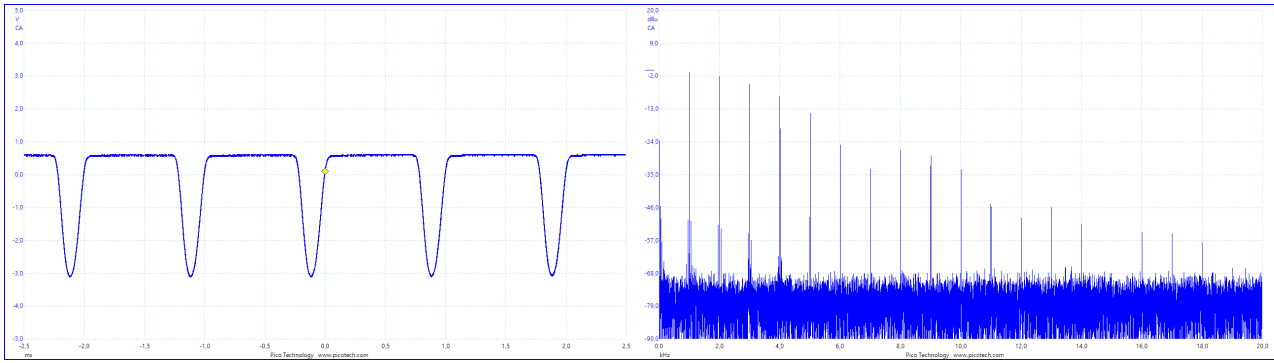
Dall'analisi dello spettro si nota la presenza della seconda armonica.



Sopra il secondo stadio con 1KHz 4Vpp in ingresso con sonda 1/10 (divide per 10 il segnale).

Come vedete il segnale in uscita è molto distorto con un forte clipping sulla parte superiore.

Dall'analisi dello spettro si nota la presenza di diverse armoniche ben visibili fino alla quinta (5KHz).



Sopra il secondo stadio con 1KHz 1Vpp in ingresso con sonda 1/10 (divide per 10 il segnale).

Come vedete il segnale in uscita è molto distorto con un forte clipping sulla parte superiore.

Dall'analisi dello spettro si nota la presenza di diverse armoniche ben visibili fino alla diciottesima (18KHz).

Sulla parte superiore del segnale rilevato con l'oscilloscopio si vede che si genera una notevole asimmetria dovuta al tratto in cui la griglia della valvola per la forte polarizzazione negativa (dovuta alla polarizzazione indotta dal segnale stesso) è interdotta.

Questo tipo di distorsione è caratteristica della valvola con la griglia di controllo polarizzata con grid-leak.

L'ultimo stadio operando su un segnale di alto livello sfasato di 180° altro non farà che introdurre del clipping anche per quello che riguarda la parte bassa dell'onda che vedete, mantenendone tuttavia l'asimmetria.

Dalle misure sopra si deduce facilmente che la distorsione è proporzionale all'ampiezza del segnale in ingresso.

Per quello che riguarda il sustain l'ultimo stadio in pratica funge da riserva, ci dobbiamo aspettare quindi un sustain molto pronunciato che degraderà come contenuto di armoniche al ridursi del segnale in ingresso, ma non come ampiezza del segnale in uscita dall'ultimo stadio.

Nota: come vedete alla base della frequenza fondamentale e di alcune armoniche nell'analisi dello spettro si notano due linee verticali parallele per le frequenze  $1000\text{Hz}-50\text{Hz}$  e  $1000\text{Hz}+50\text{Hz}$ .

Sono dei battimenti fra la frequenza fondamentale e la frequenza di 50Hz di rete che rientra nella sonda dell'oscilloscopio per accoppiamento capacitivo con la rete di distribuzione dell'energia, problema comune a tutte le misure eseguite in prossimità della stessa.

Per evitare il problema in genere si utilizza una sonda differenziale per l'oscilloscopio.

### Progettazione preamplificatore distorsore/overdrive per chitarra elettrica: possibili modifiche

Il terzo stadio per approssimarsi di più ad un effetto fuzz potrebbe essere modificato portando C4 a 5-10nF per tagliare un po' i bassi.

Lo stesso dicasi per C5.

Con qualche piccolissima modifica per quello che riguarda l'alimentazione dei filamenti è possibile utilizzare le ECC83 o qualsiasi valvola doppio triodo che abbia un adeguato coefficiente di amplificazione.

Infine, i segnali che giungono al commutatore possono essere tutti assieme mandati ad un mixer per per trattarli insieme e ottenere una uscita combinata.

Tuttavia queste modifiche sono legate al genere musicale, al gusto personale ed alla collocazione dell'effetto nella catena di amplificazione.

### Considerazioni

Come avete potuto vedere l'approccio alla progettazione di questo circuito è stato molto pratico, alcuni

valori sono stati ottenuti semplicemente utilizzando una decade resistiva per trovare il valore resistivo ottimale (controllando con generatore e oscilloscopio) poi sostituita con una resistenza.

E' sicuramente un approccio più sperimentale e divertente che non risolvere decine di equazioni (con il problema poi degli eventuali errori e della mancata corrispondenza del modello matematico al componente reale).

Questo tipo di approccio sicuramente deprecato dai matematici si adatta anche alla progettazione con valvole di cui non abbiamo le caratteristiche.

In più alla fine abbiamo un prototipo funzionante con cui fare le più svariate prove, anche sul campo.

## Progetto preamplificatore compressore per chitarra e basso elettrico

### Caratteristiche del preamplificatore compressore per chitarra elettrica

Quello che progetteremo sarà un preamplificatore compressore basato su uno schema classico con meno componenti possibile.

Tutta la parte analogica è con valvole termoioniche, alcuni componenti ausiliari sono basati su semiconduttori al fine di ridurre la complessità e il costo.

In linea di massima un preamplificatore compressore è un circuito che varia il guadagno in funzione del segnale applicato all'ingresso diminuendolo quando è eccessivo in relazione all'ampiezza del segnale.

Questo ha come effetto secondario un incremento notevole del sustain ovvero della capacità di allungare il lasso temporale entro cui il suono è udibile prima di esaurirsi.

Questo circuito è progettato per essere direttamente collegato allo strumento o introdotto nella linea degli effetti.

Lo progetteremo per funzionare con un segnale in ingresso di 100mVpp ma ampiamente adattabile grazie al potenziometro in ingresso.

Un preamplificatore di questo tipo deve avere le seguenti caratteristiche:

- Avere una discreta amplificazione per segnali di basso livello e una bassa amplificazione per segnali di livello più alto.
- Avere possibilmente una bassa microfonicità.
- Avere al minimo una banda passante da 80Hz a 12Khz che corrisponde alla risposta in frequenza della maggior parte di questi strumenti anche tenendo conto delle armoniche e dei battimenti.
- Avere una relativamente bassa impedenza in uscita per renderlo interfacciabile con la maggior parte degli amplificatori e mixer.

Utilizzeremo anche in questo caso un triodo.

### Progettazione preamplificatore per chitarra elettrica: primo stadio

Prima di tutto occorre scegliere un triodo adatto all'amplificazione di un segnale alto che abbia una bassa amplificazione.

Fra le valvole commerciali la più comunemente utilizzata è il doppio triodo Ecc91 caratterizzato da un coefficiente di amplificazione di 38.

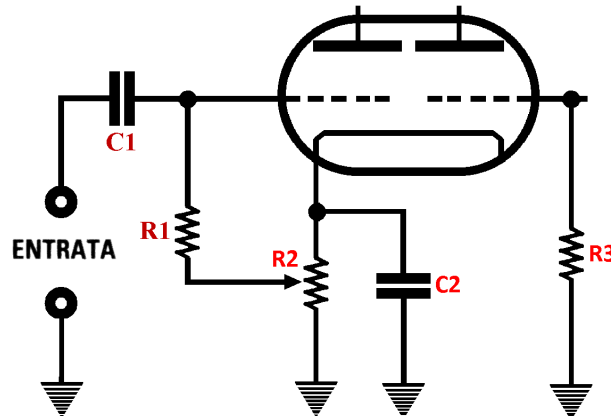
Di seguito le caratteristiche che ci interessano per la progettazione del circuito.

Parametro	Valore
Tensione di filamento (è presente un solo filamento ed un solo catodo)	6,3V
Corrente di filamento	0,45A
Tensione anodica massima	300V
Coefficiente di amplificazione	38
Potenza massima dissipabile (anodo)	1,5W per ogni sezione
Tensione massima fra catodo e filamento	100V
Tensione massima di griglia controllo	-40V

Nell'immagine a destra estratta da un datasheet Mullard mostra visivamente i collegamenti interni della valvola, come potete vedere i catodi sono raggruppati in un unico elemento.

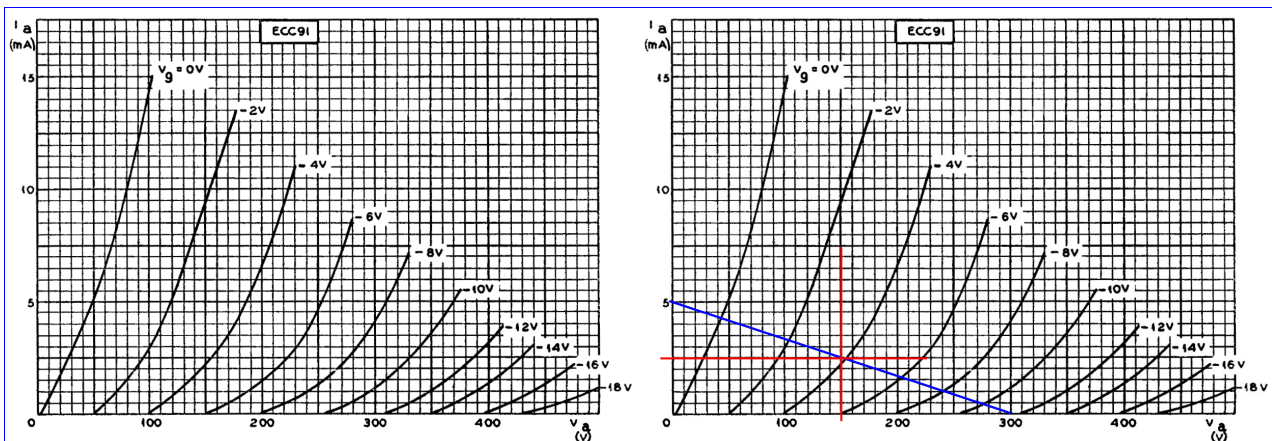
Questo condizionerà il progetto, non essendo possibile trattare i catodi separatamente.

E' possibile tuttavia polarizzare le griglie a potenziali diversi utilizzando questo schema di seguito:



Nel disegno sopra l'esempio pratico di polarizzazione delle due griglie di controllo a potenziali diversi in una valvola doppio triodo a catodo unico.

Il potenziale di riferimento della prima griglia è dovuto alla posizione del trimmer R2 mentre per la seconda griglia il potenziale è dato dal valore di R2 non parzializzato.



Nell'immagine sopra le caratteristiche anodiche di una valvola ecc91 prese da un datasheet Mullard.

A destra la retta di carico con il punto di lavoro che vogliamo utilizzare.

Tenendo in considerazione il segnale da amplificare polarizzeremo la griglia oltre -4V (il segnale non riuscirà mai a renderla positiva).

Questo ci permette di mantenere molto alta l'impedenza di ingresso.

Ma facciamo un po' di calcoli per il primo stadio:

Nella figura sopra a destra si vede per che avere una corrente anodica di 2,5mA occorre una tensione anodica di 125V.

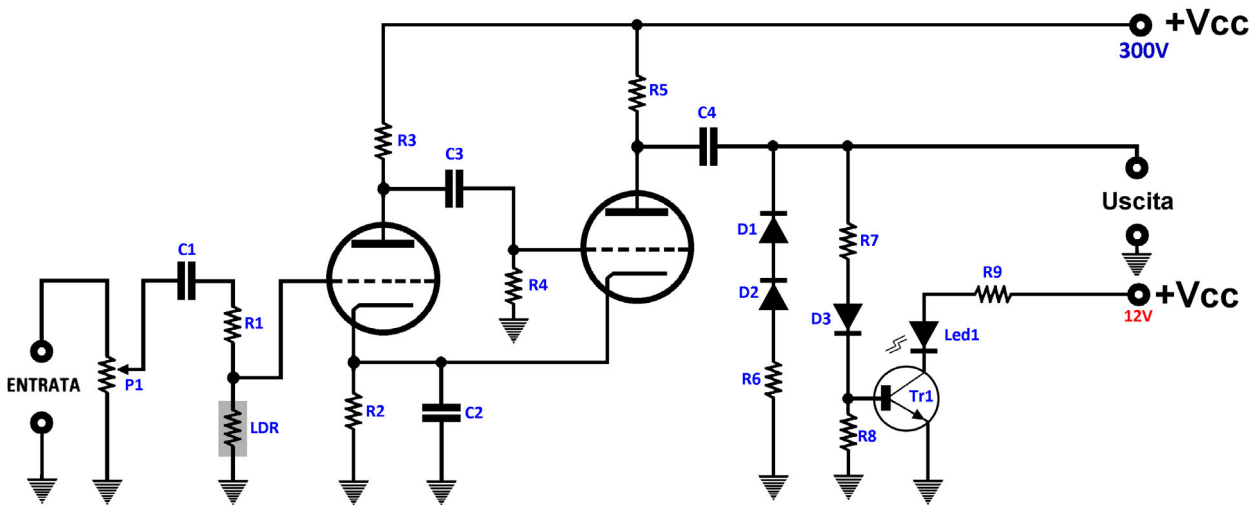
- Tenendo conto che la stessa tensione deve cadere sulla resistenza di carico la tensione di alimentazione dovrà essere di 250V.
- La resistenza Rk per produrre una caduta di tensione di 5,5V dovrà essere  $V_k = I_a \cdot R_k$  quindi  $R_k = V_k / I_a = 5,5 / 0,0025 = 2200 \Omega$  (dove  $V_k$  è la tensione fra griglia di controllo e catodo,  $I_a$  è la corrente anodica, Rk è la resistenza da mettere fra catodo e massa).  
tenendo conto che la corrente che passa su Rk è il doppio (quella di tutte e due le sezioni della valvola) la resistenza definitiva dovrà essere la metà, quindi  $2200 / 2 = 1100 \Omega$ .



- $R_c$  dovrà essere  $(V_{cc}/2)/I_a$  oppure  $V_{rc}/I_a=100.050 \Omega=100K\Omega$  circa, dove  $V_{cc}$  è la tensione di alimentazione del circuito,  $V_{rc}$  è la tensione che cade in regime statico sulla resistenza di carico ( $R_c$ ).

Come vedete nulla di più facile.

Ma vediamo lo schema del preamplificatore.



Possiamo dividere lo schema nei seguenti blocchi per meglio comprendere i vincoli di progetto.

- $P_1$ =Potenziometro per dosare il segnale in ingresso.  
Determina con  $C_1+R_1+LDR$  l'impedenza di ingresso.
- $C_1+R_1+LDR$ = filtro passa alto in ingresso.  
Contribuisce a determinare la banda passante per quello che riguarda la frequenza di taglio inferiore e l'impedenza di ingresso.  
Ponendo per  $R_1$  un valore di  $100K\Omega$ , la frequenza di taglio si calcola  $F_t=1/(2*\pi*R_1*C_1)$  dove  $F_t$  è la frequenza di taglio del filtro e  $\pi$  è pigreco.  
 $C_1$  va calcolato in modo che la frequenza di taglio sia il più bassa possibile.  
Con il valore indicato  $100nF$  la frequenza di taglio è  $15,9$  Hz.
- $R_2=R_k$  calcolata precedentemente.
- $C_2$ =Occorre che abbia una capacità abbastanza alta per stabilizzare la tensione ai capi di  $R_2$  che funge da generatore per la tensione di riferimento di griglia controllo.  
Vista la bassa tensione in gioco possiamo tranquillamente mettere  $100\mu F$   $25V$ .  
La costante di tempo  $R_2-C_2$  è data da  $T_1=R_2*C_2=0,22$  Secondi.  
Più che sufficiente tenendo conto che se la minima frequenza riproducibile fosse  $20Hz$  il tempo fra una sinusoide e la successiva sarebbe di  $1/20=0,05$  Secondi.
- $R_3=R_c$  anche questa calcolata in precedenza

### Progettazione preamplificatore compressore per chitarra elettrica: secondo stadio

Il secondo stadio è un amplificatore esattamente uguale al primo stadio, quindi:

- $C_3=100nF$
- $R_4=1M\Omega$
- $R_5=100K\Omega$
- $C_4=100nF$

Per quello che riguarda il compressore funziona su un principio ampiamente collaudato e di sicura efficacia.

Quando il segnale arriva ad un certo livello porta in conduzione il transistor NPN  $tr_1$  che accende il

diodo led di un foto-accoppiatore la cui resistenza LDR è collegata sul circuito di ingresso in un partitore che varia la porzione di segnale che viene mandata all'amplificatore.

Più il diodo led si accende, più il valore resistivo di LDR si abbassa e più il segnale in ingresso viene ridotto.

Il foto-accoppiatore nel mio caso è stato costruito utilizzando una resistenza LDR e un diodo led verde, il tutto racchiuso in un tubetto di plastica nera completamente isolato dalla luce ambiente.

Il diodo led è stato scelto verde perché corrisponde alla lunghezza d'onda a cui l'LDR è più sensibile, quindi possiamo utilizzare una corrente minore per accendere il led.

Ma analizziamo nel dettaglio il componente utilizzato.

Si tratta di un LDR del tipo GL5528 caratterizzato da una resistenza che varia in funzione della luce con un comportamento schematizzato nel grafico a sinistra.

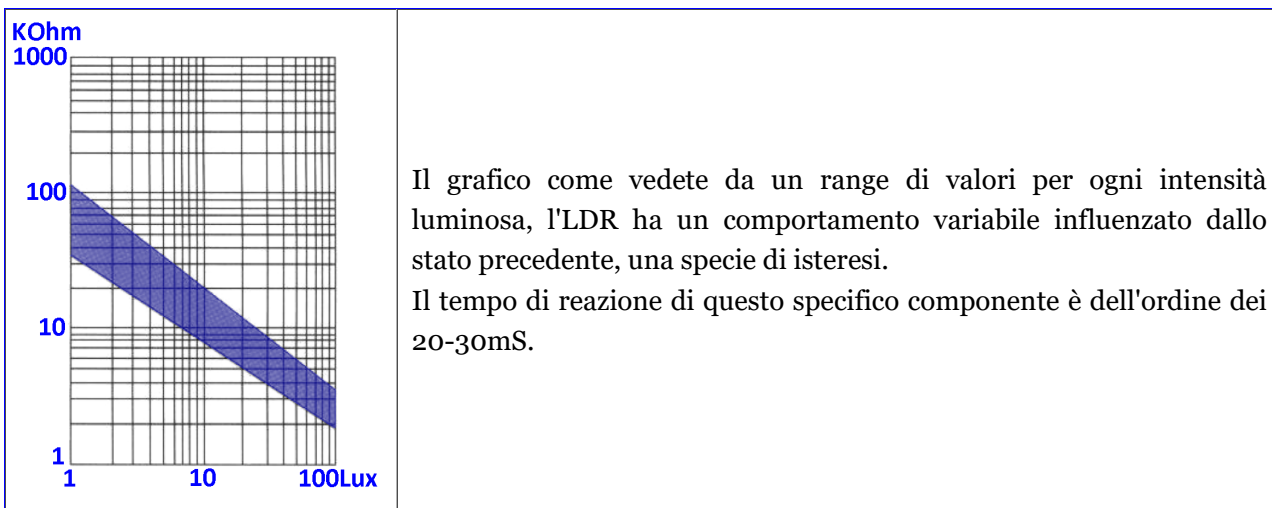
Utilizzeremo un led da 5mm non troppo prestazionale e sottoalimentato, l'LDR è molto sensibile e alla distanza a cui sono posti il led e l'LDR il led a piena potenza è in grado di emettere migliaia di Lux.

Come vedete il suo valore varia da 35 a 100K $\Omega$  per 1Lux fino a 2-4K $\Omega$  per una luce di 100Lux.

Dopo 10 secondi di buio il valore di resistenza dell'LDR arriva a 1M $\Omega$ .

Il grafico come vedete da un range di valori per ogni intensità luminosa, l'LDR ha un comportamento variabile influenzato dallo stato precedente, una specie di isteresi.

Il tempo di reazione di questo specifico componente è dell'ordine dei 20-30ms.



Essendo  $R_1=100K\Omega$  il valore del segnale in uscita dal partitore riferito all'ingresso va dal 50% a 1 Lux fino al 2% a 100Lux, quindi un grande intervallo di regolazione.

### Progettazione preamplificatore compressore per chitarra elettrica: circuito di controllo del guadagno

Questo circuito è composto da Tr1, il led e la relativa rete di polarizzazione.

La soglia di intervento è determinata dalla tensione di polarizzazione diretta del diodo D3 e della giunzione Base-Emettore di Tr1.

Quindi indicativamente 1,2Vp, quindi il sistema inizierà ad intervenire per tensione del segnale di uscita di 2,4Vpp.

Superata la soglia di conduzione la resistenza R7 determina la corrente di base di Tr1.

Come transistor Tr1 ho utilizzato un BC171 che è caratterizzato da un guadagno di corrente per piccoli segnali superiore a 100 (hfe), va bene qualsiasi transistor NPN con caratteristiche di guadagno simili.

Tenendo conto che sul led dovrà circolare una corrente molto bassa diciamo 1mA per avere una simile corrente di collettore sulla base dovrà scorrere una corrente di  $1/100=0.01mA$ .

Poi poniamo il massimo livello di uscita a 2Vp, quindi la tensione che cadrà sulla resistenza sarà di  $2-1,2=0,8V$ .

Quindi  $R7$  sarà  $0,8/0,00001=80K\Omega$ .

$R9$  invece servirà solo per limitare la massima corrente che passerà nel led, che accetta come massima corrente 20mA.

Quindi  $(12-0,7)/0,02=565\Omega$ .

$R8$  è una resistenza di pull-down che serve per portare a massa la base del transistor in assenza di segnale in ingresso.

In genere si utilizza un valore di  $1M\Omega$ .

Il gruppo  $D1-D2-R6$  serve per fare in modo che il condensatore  $C4$  non si carichi attraverso il diodo  $D3$  e la giunzione BE del transistor.

Il valore di  $R6$  deve essere uguale a  $R7$ .

Per  $D1$  e  $D2$  si utilizzano dei generici diodi al silicio, ad esempio gli 1N4001, ne utilizzeremo solo la soglia di conduzione diretta.

Quindi riassumendo:

Componente	Valore	Componente	Valore
V1-V2	ECC82/12Au7 doppio triodo a catodo comune	R1	1 M $\Omega$ 1/4W
C1	10 nF 400V	R2	2200 $\Omega$ 1/4W
C2	10 nF 400V	R3	100 K $\Omega$ 1/4W
C3	100 nF 400V	R4	1 M $\Omega$ 1/4W
C4	100 uF 25V	R5	2713 $\Omega$ 1W (consigliato 2,2K $\Omega$ e un trimmer da 1K $\Omega$ )
C5	10 uF 400V	R6	3043 $\Omega$ 1W
C6	100 nF 400V	R7	330 $\Omega$ 1/4W
Vcc	300V	R8	3571 $\Omega$ 1W

## Combo per Chitarra e basso elettrico: modifiche

Capita spesso di voler migliorare delle elettroniche in nostro possesso per adattarle o semplicemente capita di dover riparare dei malfunzionamenti.

In questa fase visto che comunque dovremo smontare il tutto vale la pena dare un'occhiata alla ricerca di parti migliorabili.

Nello specifico faremo alcune considerazioni partendo da un combo per chitarra di livello basso e anche un po' datato e con elettroniche allo stato solido.

Gli stessi criteri sono applicabili anche alle testate e in generale a tutto quello che è elettronica per strumenti.

### Considerazioni sulla ricerca di parti critiche in una circuitazione

Per capire cosa si può migliorare in genere ci si affida al buonsenso, basta farsi due domande:

1. Quali sono i componenti più costosi su cui in fase di produzione si tende a risparmiare?
2. Quali sono le parti più soggette ad invecchiamento?

Nel caso 1):

- Altoparlante/i
- Trasformatore di alimentazione
- Trasformatore adattatore di impedenza nel caso di elettronica valvolare
- Valvole
- Condensatori di livellamento
- Mobile del combo

Nel caso 2):

- Tutti i condensatori elettrolitici
- Altoparlante/i
- Potenzimetri

Occorre poi fare delle considerazioni sulla convenienza economica di spendere tanti soldi per mettere a posto qualcosa che magari commercialmente non li vale, ma qui subentra la soddisfazione personale e la consapevolezza di avere qualcosa di migliore di un apparato magari nuovo ma che si assoggetta a tutte le logiche commerciali del punto 1).

Ma andiamo per gradi ed analizziamo tutte le criticità in ordine.

### Altoparlante

Si tratta di un organo in movimento e come tale soggetto ad usura, soprattutto della sospensione.

1. Quindi occorre smontarlo e verificare visivamente se ci sono danni alla sospensione o alla membrana.
2. La sospensione va accuratamente pulita dalla polvere con un pennello, nel contempo produrre un flusso di aria secca con un compressore o con una ventola per rimuovere la polvere che stacciamo con il pennello.
3. Delicatamente facendo pressione sulla membrana con le dita verificare l'escursione del cono e verificare che non ci siano sfregamenti della bobina sul traferro in cui scorre.

Nel caso di una sospensione in carta se notiamo che la sospensione ha perso consistenza, ovvero si è un po' sfibrata basta trattarla con una miscela di colla vinilica ed acqua non troppo densa in modo che penetri, stendendola con un piccolo pennello.

In questo modo si ricompatta il tutto.

Dare più passate senza inumidire troppo la sospensione e senza insistere troppo su un unico punto in modo da evitare deformazioni.

La stessa cosa si può fare per piccoli strappi della membrana per quello che riguarda le membrane in carta pressata.

Se i danni invece sono consistenti occorre cambiare l'altoparlante avendo cura di trovarne uno uguale o compatibile meccanicamente ed adatto allo scopo sia come banda passante che come potenza e sensibilità.

Per quello che riguarda gli altoparlanti da  $4\Omega$  (la stragrande maggioranza) la scelta è molto vasta, parte da quelli appositamente progettati per strumenti e sconfina su quelli per automobile che in qualche caso possono essere adatti allo scopo mentre è un po' più difficile per quelli da  $8\Omega$ .

### Trasformatore di alimentazione

In genere questo componente è sottodimensionato in relazione alla massima potenza e di pessima qualità, questo in genere determina i seguenti problemi:

- Surriscaldamento e relativo gioco fra i lamierini che producono ronzio.
- Flussi magnetici dispersi dovuti alla scarsa cura nell'assemblaggio che producono ronzio indotto dal campo magnetico che si concatena con altri circuiti.
- Effetto di compressione del suono in quanto sotto carico alla massima potenza la tensione in uscita diminuisce e la massima elongazione del segnale in uscita viene limitata.

Purtroppo non ci sono molti modi per porre rimedio, il più radicale, ingombro permettendo, è sostituirlo con uno toroidale di maggiore potenza.

In questo modo si risolvono tutti i difetti elencati sopra.

Per quello che riguarda il ronzio si può ovviare con una verniciatura a base di vernice epossidica in modo da bloccare i lamierini, per il surriscaldamento e i flussi dispersi non vi è nessuna soluzione alla portata del riparatore.

### Condensatori elettrolitici

Questo tipo di condensatori sono soggetti ad un degrado che è legato al modo in cui vengono impiegati ed al periodo di utilizzo.

Quando si ripara un circuito elettronico è buona norma rimpiazzarli tutti in special modo quelli di livellamento della tensione di alimentazione che sono i più sollecitati.

In genere per rimpiazzarli si cercano dei condensatori di capacità maggiore (la maggiore possibile) a parità di dimensioni, cosa possibile in quanto con il miglioramento delle tecnologie costruttive le dimensioni nel tempo si sono ridotte.

Per assicurarsi una durata nel tempo più protratta possibile è bene utilizzare quelli con una temperatura massima di utilizzo di  $105^{\circ}\text{C}$  al posto di  $85^{\circ}\text{C}$ .

Per quello che riguarda i condensatori di accoppiamento e disaccoppiamento è meglio rispettare la capacità nominale per non alterare il funzionamento del circuito.

### Valvole

Nel caso degli apparati valvolari occorrerebbe controllare tutte le valvole presenti e magari rimpiazzarle con componenti di buona qualità e se possibile NOS.

Molti apparati moderni in genere di fascia bassa utilizzano valvole cinesi prodotte in economia dalle caratteristiche pessime.

Non basta mettere valvole a caso perché funzionino bene.

Molta gente si fa attirare dagli apparati valvolari in quanto tali senza considerare che esistono valvole buone, mediocri e pessime.

Le valvole sono soggette ad esaurimento dopo un periodo che potrebbe essere anche solo di 1000 ore di funzionamento o meno.

Per verificarne il funzionamento occorre un tester per valvole (prova valvole).

In ogni caso se sono sporche vanno pulite.

E' buona norma utilizzare anche un spray pulisci contatti secco per lo zoccolo dove si innestano le stesse.

### **Potenzimetri**

Quando si invecchiano sono soggetti a falsi contatti che producono rumori e scricchiolii sull'altoparlante.

Prima di rimpiazzarli è meglio provare a ripristinarli con uno spray pulisci contatti secco che va spruzzato con l'apposita cannuccia all'interno del potenziometro mentre si muove il contatto mobile.

Se il potenziometro non è troppo usurato il difetto scompare.

### **Modifiche dei circuiti**

In genere le modifiche sono mirate a migliorarne la timbrica o l'amplificazione dei circuiti allo scopo di migliorarne la resa a determinate frequenze o adattarne l'ingresso ad un segnale di livello più alto o basso.

Per fare le modifiche occorre conoscere nei dettagli il circuito e questo si può fare ricostruendo lo schema (ci vuole molto tempo e pazienza) o cercandolo online.

Le modifiche più facili da mettere in opera riguardano l'amplificazione degli stadi di ingresso.

In qualche caso occorre aggiungere della circuiteria esterna fatta ad-hoc che si interfaccia con l'esistente.

Qualche volta ho visto modifiche più radicali, come la sostituzione di componenti con altri di migliore qualità o caratteristiche, specie per quello che riguarda amplificatori operazionali o semiconduttori discreti.

Altre volte ho visto modifiche ancora più invasive come la sostituzione completa dell'amplificatore finale di potenza con uno più performante.

Tutte queste modifiche richiedono una conoscenza approfondita dell'elettronica.

I risultati sono proporzionali a questa.

### **Modifiche dei cabinet**

In genere i cabinet vengono realizzati, nella migliore delle ipotesi in MDF (Medium-density fibreboard), un derivato del legno, nella peggiore delle ipotesi in legno truciolare, pannelli in fibra di legno composti di trucioli risultanti dallo scarto delle normali lavorazioni del legno.

Quelli migliori e ben realizzati sono in multistrato di pino o di betulla e in questo caso il maggior vantaggio è nel peso finale del cabinet che risulterà più leggero.

I pannelli che compongono il cabinet sono uniti fra loro per incollaggio.

In genere sia l'MDF che il multistrato e il truciolare sono rivestiti sull'esterno di materiale plastico (similpelle).

La parte interna è grezza.

Questo tipo di modifiche mirano a rendere più solido il cabinet per eliminare risonanze o vibrazioni.

Sono tanto più efficaci quanto il cabinet è grande, difficilmente un cabinet piccolo ha risonanze che possono dare fastidio.

In genere si mettono in opera applicando dei traversini in legno o alterando il peso in determinati punti delle superfici per smorzare le vibrazioni.

Per migliorarne le caratteristiche la prima cosa è rinforzare gli spigoli con angolari in legno e consolidare l'interno applicando della vernice o della colla vinilica diluita stesa a pennello in strati successivi.

Per la messa in opera di traversini di irrigidimento in genere si utilizzano dei quadrotti in legno avvitati e incollati sui punti che si vogliono irrigidire avendo sempre l'accortezza di fare un pre foro con il trapano prima di mettere le viti e rimuovendo sempre le bave dopo il foro in modo che non



facciano spessore ostacolando il corretto incollaggio.

Per smorzare le vibrazioni la più efficace soluzione che ho visto utilizzare consiste nell'incollare su una superficie dei pallini di piombo da caccia di piccolo diametro a strati sovrapposti per creare una zona con una inerzia molto alta che funge da smorzatore.

Altre volte vengono realizzate delle schermature della parte elettronica per eliminare rumori elettrici captati dall'esterno con fogli di materiale conduttivo che vengono poi collegati a massa.

Anche in questo campo le possibili modifiche sono tantissime e non tutte efficaci o auspicabili.

### **Modifiche e riparazioni nella pratica: modifica e riparazione di un piccolo combo per chitarra elettrica**

In questo caso tratteremo un'elettronica non valvolare a scopo di esempio.

Qualche tempo fa mi è stato portato un piccolo combo con circuiteria allo stato solido, l'utilizzo è quello classico casalingo, quindi potenza ridotta e dimensioni minime.

Ad una prima prova ho notato un forte ronzio sull'uscita (tipico ripple mal filtrato) e un notevole rumore di fondo (soffio sulle alte frequenze) in fase di utilizzo.

Si tratta di un "Gorilla TC-35" un amplificatore di fine anni 80 che quindi ad oggi ha oltre 30 anni di vita.



Dopo aver smontato il combo si procede ad una analisi preliminare.

Come si evince dalla scritta posta sul pannello anteriore questo combo dovrebbe essere in grado di fornire 35W, probabilmente si tratta della potenza di picco perché il trasformatore di alimentazione a giudicare dalla dimensione non è in grado di fornire più di 10-15W efficaci.

La potenza dichiarata in genere non è mai la potenza efficace ma viene sempre calcolata con criteri atti a dare un valore in genere molto più alto di quello effettivo.

Per avere un metro di paragone che tenesse anche conto della sensibilità degli altoparlanti sarebbe opportuno dichiarare il valore di pressione sonora ottenibile, ma quasi nessun costruttore lo fa.

Il circuito è minimale ma il cabinet è molto pesante e molto robusto e costituisce la parte più pregevole del tutto.

Il circuito è in buono stato, alcune viti sono leggermente ossidate.

L'altoparlante è in buono stato e a una misurazione risulta da 4Ω.

Per l'amplificazione di potenza è stato utilizzato un integrato TDA2030 che effettivamente non è in grado di fornire più di 10-12W su un carico di 4Ω con la tensione di alimentazione che misurata risulta di ±16V.

L'aletta di raffreddamento è stata ricavata da un profilo di alluminio ad "U" che funge anche da supporto per tutto il circuito ed è saldamente ancorato alla base del contenitore in ferro dell'amplificatore.

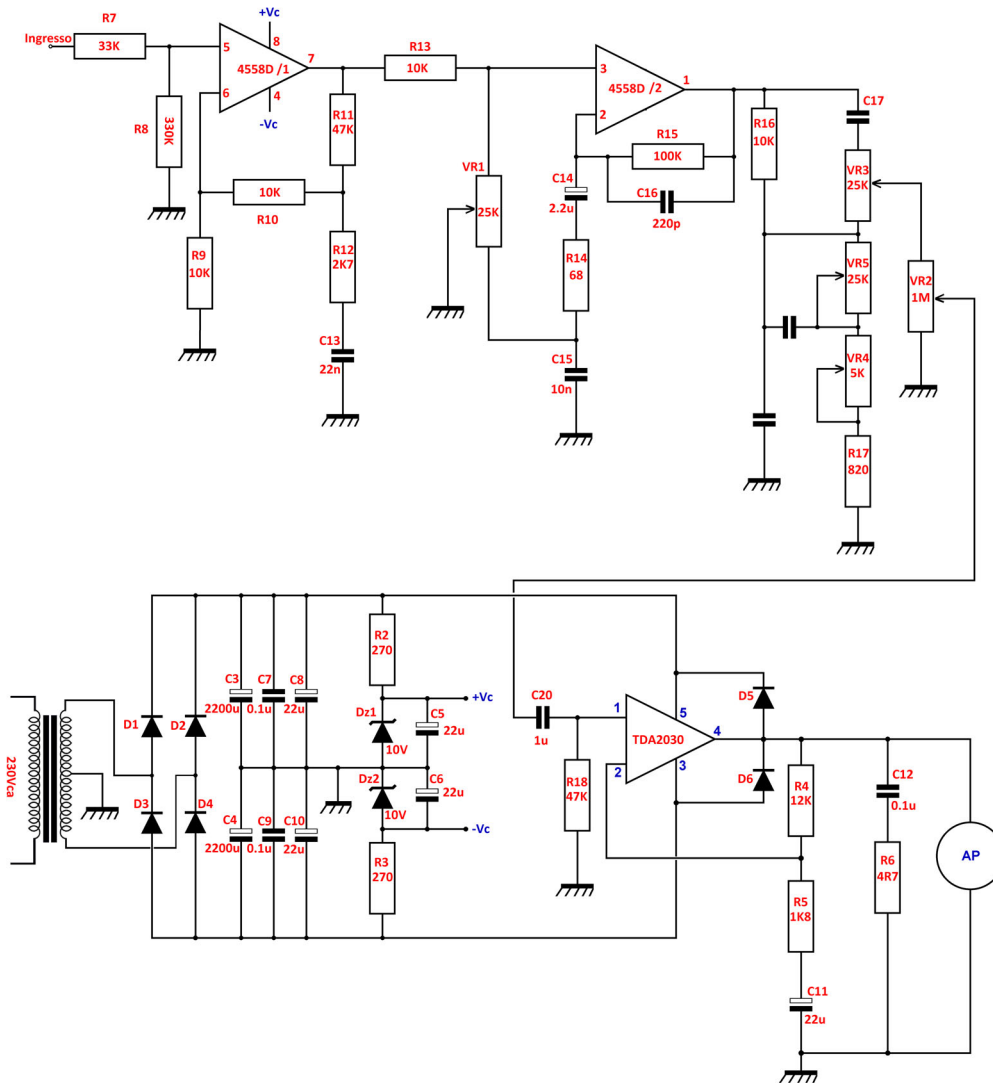
Purtroppo come si nota nella foto sotto il dissipatore è fissato malamente sull'aletta.

Tutta la parte preamplificatrice è costituita da un doppio amplificatore operazionale 4558D direttamente saldato sul pcb ed alimentato con una tensione duale di  $\pm 10V$  ricavata con due diodi zener e due condensatori di livellamento e soppressione del rumore degli zener.

Sarebbe opportuno dissaldarlo e metterlo su uno zoccolo nel caso si vogliano anche fare delle prove di sostituzione con altri amplificatori operazionali più performanti.



Ora facciamo un disegno dello schema partendo dal circuito stampato rispettando i nomi dei componenti stampati sullo stesso:



Come vedete non è particolarmente complesso, vi è la parte preamplificatrice in alto e la parte alimentazione e di potenza in basso.

Come vedete la parte preamplificatrice è costruita per esaltare i toni alti, i condensatori posti sulla reazione degli amplificatori operazionali (C13, C15 e C14) fanno in modo che questi abbiano una risposta in frequenza che enfatizza gli acuti.

Questo ha come effetto indesiderato il fastidioso sibilo dovuto al rumore termico esageratamente amplificato in una parte della gamma audio scarsamente coperta dallo strumento che si va ad amplificare.

Questo può essere dovuto ad una caratterizzazione ricercata in fase di progetto.

Tutti i produttori cercano di caratterizzare la propria produzione con una timbrica particolare.

Questo circuito è privo di qualsiasi forma di distorsore e l'unica distorsione possibile oltre a quella insita negli amplificatori consiste nel clipping dovuto a sovra-elongazione del segnale in uscita agli amplificatori.

Poi vi sono alcuni errori di adattamento di impedenza e altri valori "al risparmio" soprattutto per quello che riguarda l'alimentatore.

I valori "al risparmio" intesi come componenti ridotti al minimo per ridurre i costi di produzione sono i condensatori C3, C4, C5 e C6 di livellamento dell'alimentazione che ora andremo a rimpiazzare con componenti più performanti.

E' opportuno rimpiazzare anche il trasformatore di alimentazione con uno toroidale da almeno 30VA ma lo spazio non lo permette quindi troveremo per il trasformatore una diversa collocazione, questa

operazione non è di sicuro economicamente conveniente.

Ma andiamo a descrivere il funzionamento nel dettaglio:

- Il segnale in ingresso arriva ai resistori R7 ed R8 che con la loro somma determinano la resistenza di ingresso del preamplificatore.
- Il segnale viene mandato all'ingresso non invertente di 4558D/1 (la prima sezione dell'amplificatore operativo).
- La rete R9, R10, R11, R12 e C13 determina il guadagno dell'amplificatore 4558D/1, alle basse frequenze quando la reattanza capacitiva di C13 è molto alta il guadagno è dato da  $(R10+R11)/R9$  ed è quindi 5,7 mentre quando la frequenza sale la reattanza capacitiva di C13 scende ed aumenta il guadagno.

In definitiva è un filtro passa alto che inizia a far sentire il suo effetto dopo i 3KHz.

Il guadagno massimo è limitato dal resistore R12 ed è quindi di  $R11/R12$  quindi circa 17 volte.

- L'uscita attraverso il resistore R13 arriva all'ingresso non invertente del secondo operativo 4558D/2.

R13 serve per limitare la corrente quando il cursore di VR1 è sull'estremo superiore (riferito al disegno sopra).

- VR1 funge da controllo di guadagno, quando è sull'estremo superiore bypassa la tensione in ingresso a 4558D/2 verso massa quindi il guadagno diminuisce, quando è nell'estremo basso bypassa il condensatore C15 quindi il guadagno di 4558D/2 è dato da  $R15/R14$  quindi di oltre 1000 volte.

In questo caso l'influenza del condensatore C14 alle alte frequenze è praticamente nulla.

- Il condensatore C16 serve per limitare il guadagno di 4558D/2 oltre i 13KHz.
- Il segnale in uscita entra nella rete di controllo toni e poi viene inviato all'amplificatore finale.

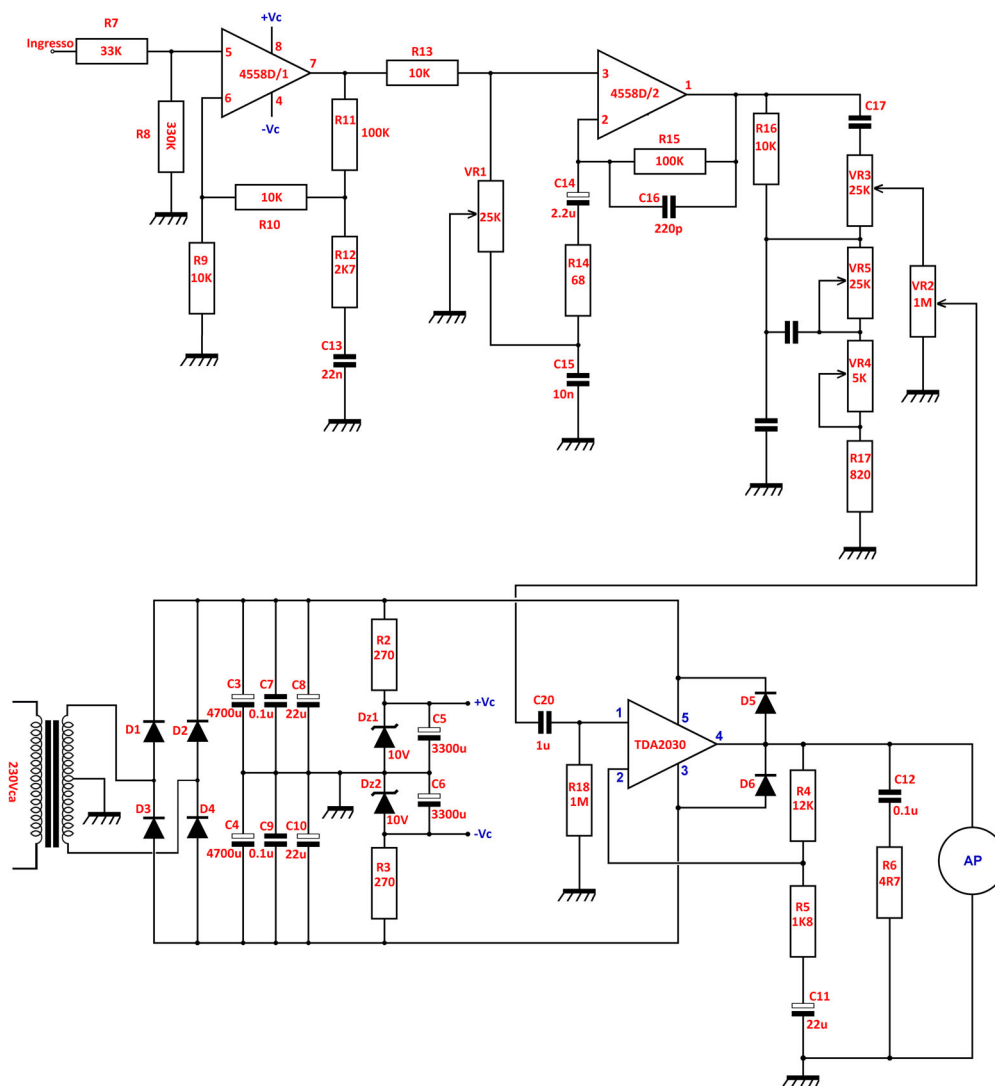
Risultato:

- Esaltazione degli acuti limitata ad alti guadagni dalla banda passante di 4558D/2 che si riduce per la massima amplificazione a qualche KHz.
- Estrema disuniformità di guadagno fra 4558D/1 e 4558D/2 con esaltazione del "soffio" in uscita dovuta all'esaltazione dei toni alti.
- Disadattamento di impedenza fra VR2 ed R18, non giustificata dall'impedenza di ingresso dell'amplificatore di potenza che si aggira su  $1M\Omega$ .

In definitiva il tutto è ampiamente migliorabile.

Sotto una prima modifica non invasiva, la sostituzione di tutti i condensatori di livellamento con analoghi di capacità maggiorata, il resistore R11 portato a 100K per aumentare il guadagno del primo stadio e il resistore R18 portato a  $1M\Omega$  per eliminare il disadattamento di impedenza.

Questa modifica non apporta benefici sostanziali ma è conservativa perché non richiede la modifica del circuito stampato.



Ecco lo schema con i nuovi valori, C3 e C4 sono stati sostituiti con condensatori di dimensioni compatibili da 4700uF e C5 e C6 con condensatori da 3399uF.

Ora il ronzio di alimentazione all'uscita si è in parte attenuato e dopo lo spegnimento il circuito rimane alimentato dai condensatori per 2-3 secondi mentre prima si spegneva immediatamente.

Poi abbiamo rimpiazzato R18 con una resistenza da 1MΩ per eliminare il disadattamento di impedenza con il controllo toni e il potenziometro VR2.

Infine abbiamo sostituito R11 con un valore di 100K per aumentare leggermente l'amplificazione del primo stadio.

In parte i problemi di questo circuito sono stati risolti ma non siamo ancora soddisfatti.

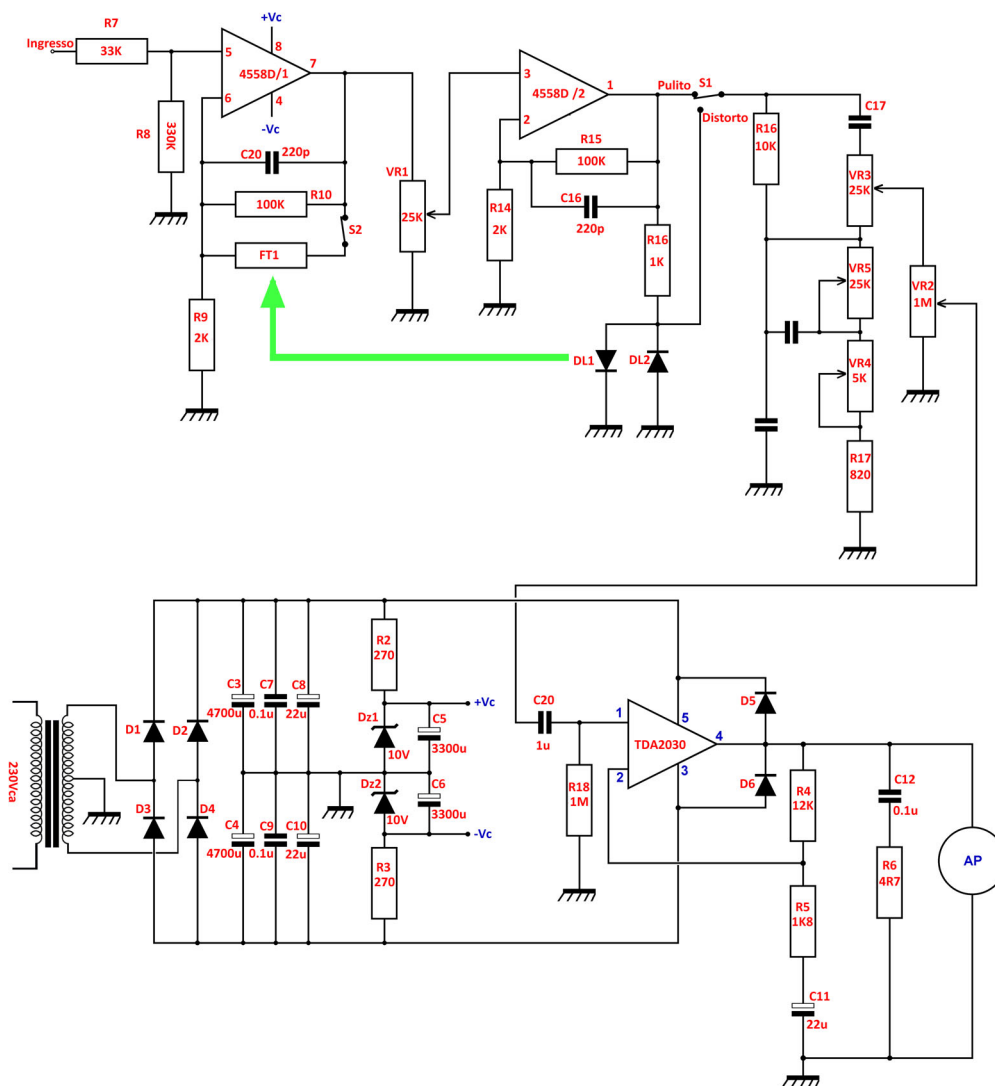
### Modifiche e riparazioni nella pratica: modifica radicale dello schema precedente

Questa modifica è in pratica una riprogettazione dell'intero circuito che introduce anche un controllo automatico di guadagno (compressore) e anche un banale distorsore.

Inoltre abbate il rumore ad alta frequenza sull'uscita.

E' necessario posizionare sul pannello frontale due deviatori per eliminare il compressore e il distorsore e un led per evidenziare la funzione del compressore e del distorsore.

Viste le dimensioni del combo questo è il massimo che siamo riusciti a fare.



Il primo stadio preamplificatore ha un guadagno di 50 volte, così come il secondo stadio. Questo fa sì che il rapporto segnale/rumore si mantenga alto.

I due diodi led in antiparallelo all'uscita del secondo stadio preamplificatore hanno la doppia funzione di generare gli impulsi luminosi che eccitano la fotoresistenza abbassando il guadagno del primo stadio (compressione), sia di produrre il clipping per il distorsore.

Alla verifica il "soffio" in uscita si è attenuato e il rapporto segnale/rumore è migliorato.

Il volume in uscita è aumentato parecchio chiaro indizio che il segnale che giunge all'amplificatore finale ha una ampiezza maggiore.

Evidentemente prima era insufficiente, complici anche dei pickup della chitarra poco performanti in termini di ampiezza del segnale prodotto.

In funzione del tipo di diodi led (DL1 e DL2) utilizzati la compressione parte dal valore di tensione che mette in conduzione i diodi che è variabile in funzione del tipo e del colore.

La resistenza R16 va scelta in funzione dell'efficacia della compressione che vogliamo ottenere.

Più è basso il valore più il compressore interverrà in modo brusco.

Il compressore aumenta anche il sustain in quanto quando la nota decade come ampiezza aumenta l'amplificazione, in special modo se il guadagno viene mantenuto alto regolando VR1.

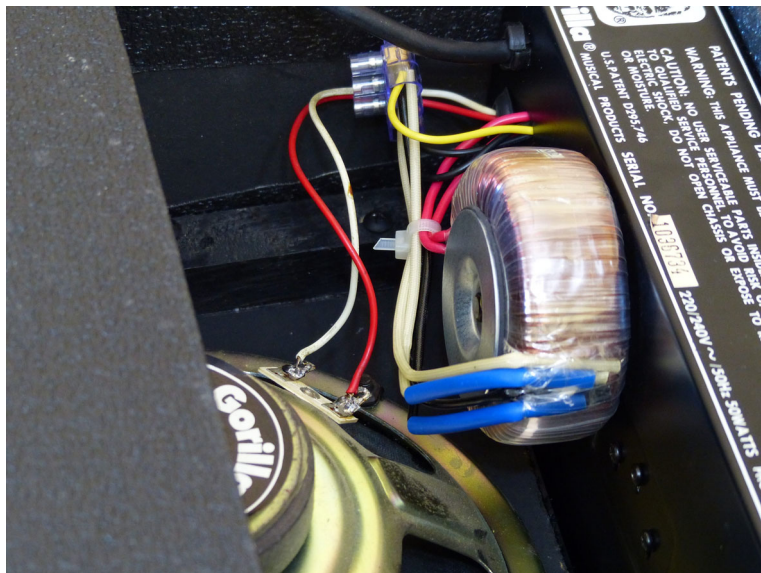
### Cambio del trasformatore

Ho acquistato un trasformatore toroidale da 50VA (ampiamente surdimensionato) che fornisce le stesse tensioni di quello rimpiazzato.



Come si può vedere nella foto sotto il trasformatore è stato collocato sulla parte esterna del telaio utilizzando un foro di fissaggio che già serviva per il precedente trasformatore, utilizzando una rondella adatta separata dal trasformatore da un distanziale di gomma, che è presente anche sulla parte a contatto con il telaio.

In questo caso oltre ai bassi flussi dispersi propri di questo tipo di trasformatore si aggiunge la ulteriore schermatura del telaio che è realizzato in lega ferrosa.



Dopo la modifica si può notare la quasi totale scomparsa del ronzio sull'altoparlante, segno inequivocabile che era dovuto ai flussi dispersi del precedente trasformatore di alimentazione che rientravano sulla parte preamplificatrice.

Una soluzione migliore sarebbe stata quella di piazzare il trasformatore nella parte bassa del cabinet, lontano dall'elettronica, non l'ho fatto per la difficoltà di allungare i fili di alimentazione del primario e per il fissaggio che avrebbe richiesto la foratura del cabinet.

In pratica dell'originale combo sono rimasti invariati solo il cabinet e l'altoparlante.

Ora abbiamo un combo per chitarra elettrica dalle ottime caratteristiche, di gran lunga superiore all'originale.

Ovviamente in questo caso dal punto di vista economico non ne valeva la pena visto il costo delle modifiche che supera il valore del combo.

Però ora abbiamo una cosa unica, un prodotto artigianale che non è possibile acquistare.

## Fender "bassman" 5f6a. Combo per basso elettrico.

### Introduzione

Allo scopo di illustrare il funzionamento di un amplificatore per basso elettrico commerciale studieremo lo schema dell'amplificatore Fender "bassman" 5f6a.

Si tratta di un combo, quindi è inclusa anche la cassa acustica con quattro altoparlanti.

Questo amplificatore anche se destinato al basso elettrico ha il più largo impiego nella amplificazione della chitarra, specie se non troppo distorta.

Infatti sia l'amplificatore che gli altoparlanti, vista l'iniziale destinazione d'uso, sono poco performanti sulle frequenze più alte.

NOTA: vista la difficile reperibilità di questo amplificatore essendo nell'impossibilità di fotografarlo, le foto sono state reperite su internet, i marchi menzionati appartengono ai rispettivi proprietari.

### Caratteristiche amplificatore Fender "bassman" 5f6a

Si tratta di un amplificatore della potenza di 50W RMS con una distorsione armonica totale del 5%.

### Caratteristiche cassa acustica Fender "bassman" 5f6a

La parte cassa acustica del Fender "bassman" 5f6a è composta da 4 altoparlanti da 10" (10 pollici quindi circa 25 cm) Jensen P10Q con magnete in Alnico con una discreta sensibilità.

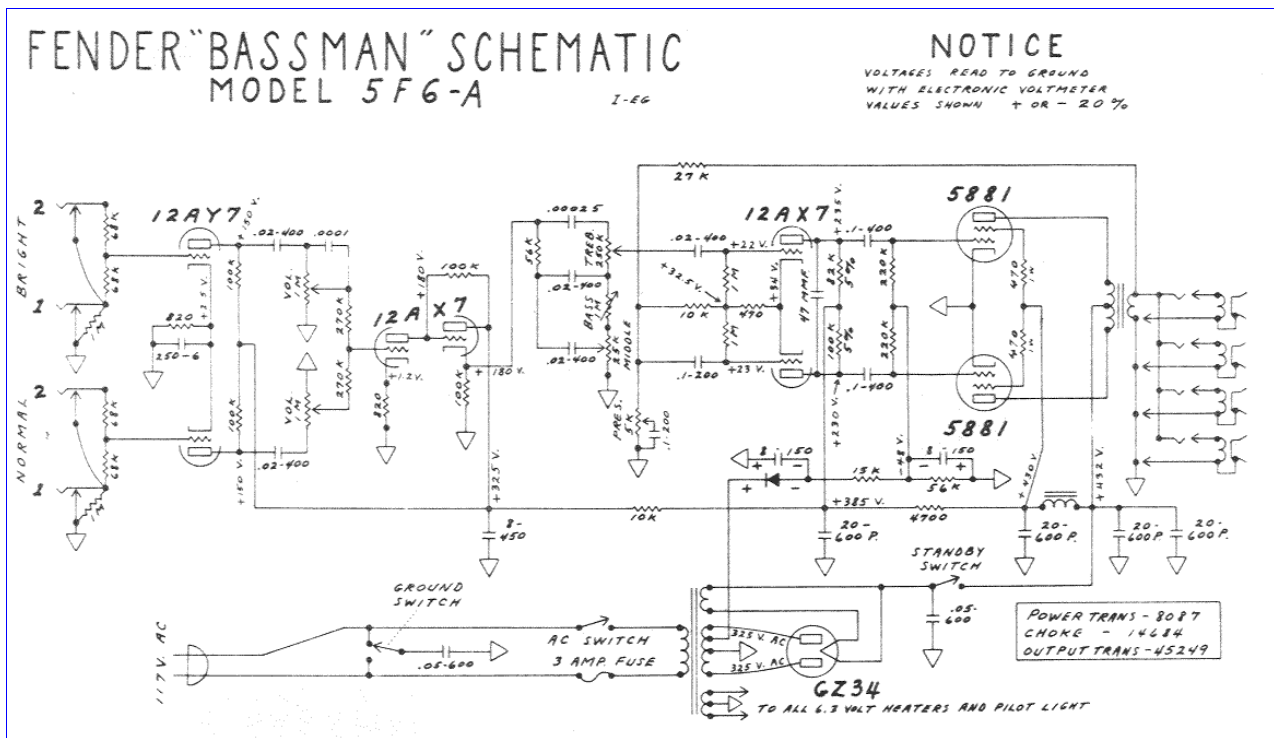
Questa parte è stata progettata per resistere ai maltrattamenti a cui sono sottoposti tutti gli amplificatori per basso, soprattutto il notevole spostamento delle membrane alle note più basse, effetto dovuto alla cassa aperta in cui operano, che in genere causano la rottura meccanica delle membrane.

Questa parte rispetto alla reale potenza dell'amplificatore è stata abbondantemente surdimensionata.



Parametro	Valore
Impedenza	8 $\Omega$
Potenza	40W
Potenza musicale	80W
Sensibilità@1W-1m	93,8 dB

### Schema amplificatore Fender "bassman" 5f6a



Come vedete il disegno dello schema del Fender "bassman" 5f6a lo abbiamo cercato su internet. E' un disegno migliorabile.

1. Iniziamo la descrizione dall'alimentazione.

La spina è priva di terra, tramite il "ground switch" useremo come terra il neutro di alimentazione disaccoppiandolo con un condensatore (0,05uF 600V) per evitare in caso di sbagliato posizionamento del "ground switch" di avere la fase collegata alla massa dell'amplificatore.

Il "ground switch" si rende necessario perché la spina non ha un verso prestabilito.

Quindi detto deviatore deve essere posizionato dove si sente meno rumore in uscita.

2. Dopo il "ground switch" troviamo un interruttore di accensione e un fusibile di protezione.

3. A questo punto arriviamo al primario del trasformatore.

Questo trasformatore ha 3 secondari, il primo in alto per alimentare il filamento del doppio diodo rettificatore (GZ34), il secondo secondario è quello per l'anodica, si tratta di un secondario 325-325V a presa centrale, con una ulteriore presa per ricavare la tensione di polarizzazione delle griglie delle 5881.

Il terzo secondario serve per alimentare i filamenti di tutte le valvole e delle spie di accensione.

4. All'uscita del doppio diodo rettificatore (GZ34) troviamo una capacità di stabilizzazione (0,05uF 600V) e poi l'interruttore di stand-by che serve per togliere l'anodica alle valvole lasciando accesi i filamenti.

5. Dopo l'interruttore di stand-by troviamo 2 grossi condensatori da 20uF 600V e da questo punto si preleva l'anodica per le 5881 (432V).

6. Attraverso un induttore e un altro condensatore da 20uF 600V si preleva la tensione per le griglie schermo delle 5881 (430V)

7. Proseguendo troviamo una resistenza da 4700Ω poi un altro condensatore da 20uF 600V. Da qui viene presa l'anodica per alimentare le 12AX7 utilizzate come driver per le 5881.

8. Proseguendo troviamo una resistenza da 10K e di seguito un condensatore da 8uF 450V punto da cui si preleva la tensione anodica per tutta la parte preamplificatrice costituita da 4 triodi contenuti in due 12AX7 (doppio triodo).

9. Come già accennato la polarizzazione (erroneamente chiamata bias) delle griglie di controllo delle

5881 viene ottenuta tramite una presa intermedia posta sul secondario per l'anodica.

Questa presa alimenta un diodo semiconduttore che rettifica una semionda e carica il condensatore da 8uF 150V che funge da stabilizzatore, più che sufficiente vista l'altissima impedenza di griglia controllo delle 5881.

Le griglie vengono polarizzate attraverso un partitore di tensione costituito dalle resistenze da 15K e 56K e la tensione viene ulteriormente filtrata da un altro condensatore da 8uF 150V.

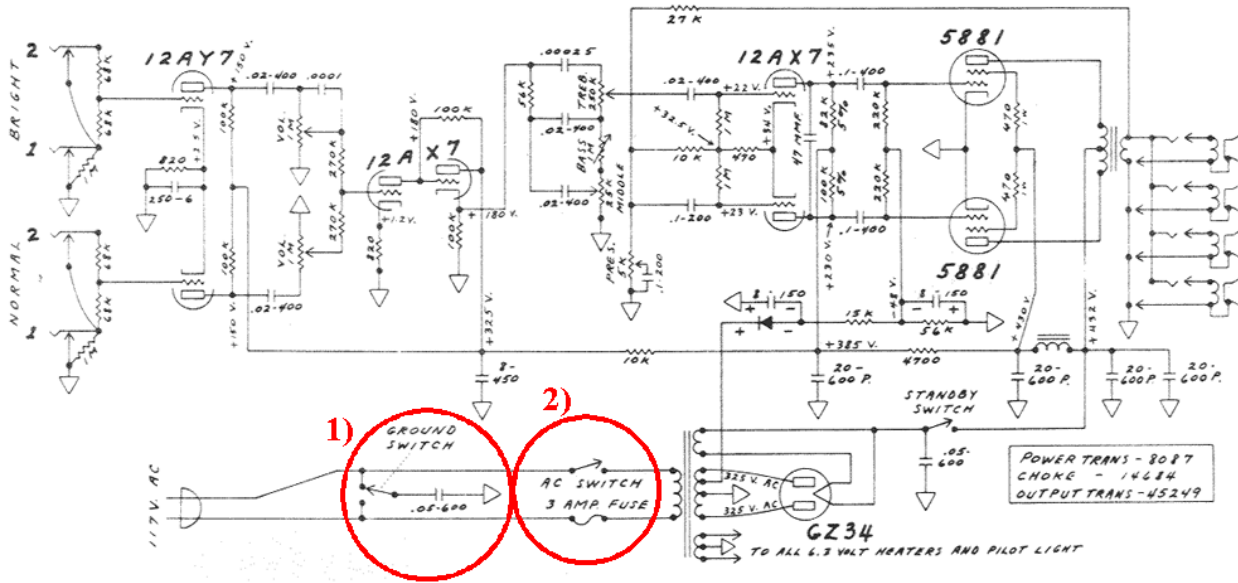
La tensione fornita alle griglie è di -45V.

# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20 %

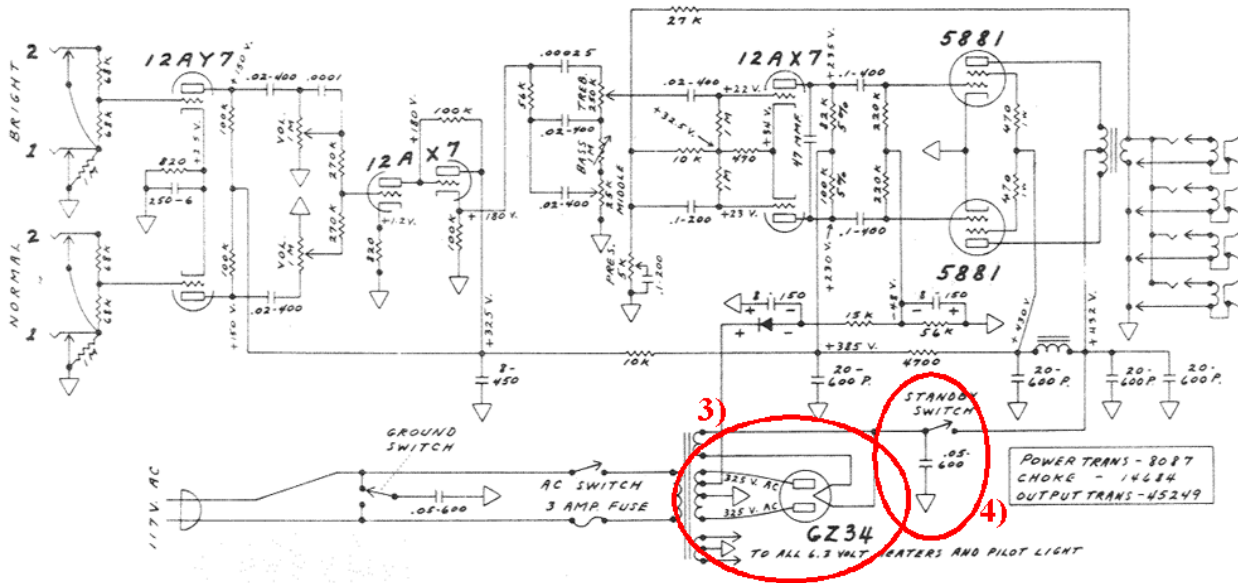


# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20 %



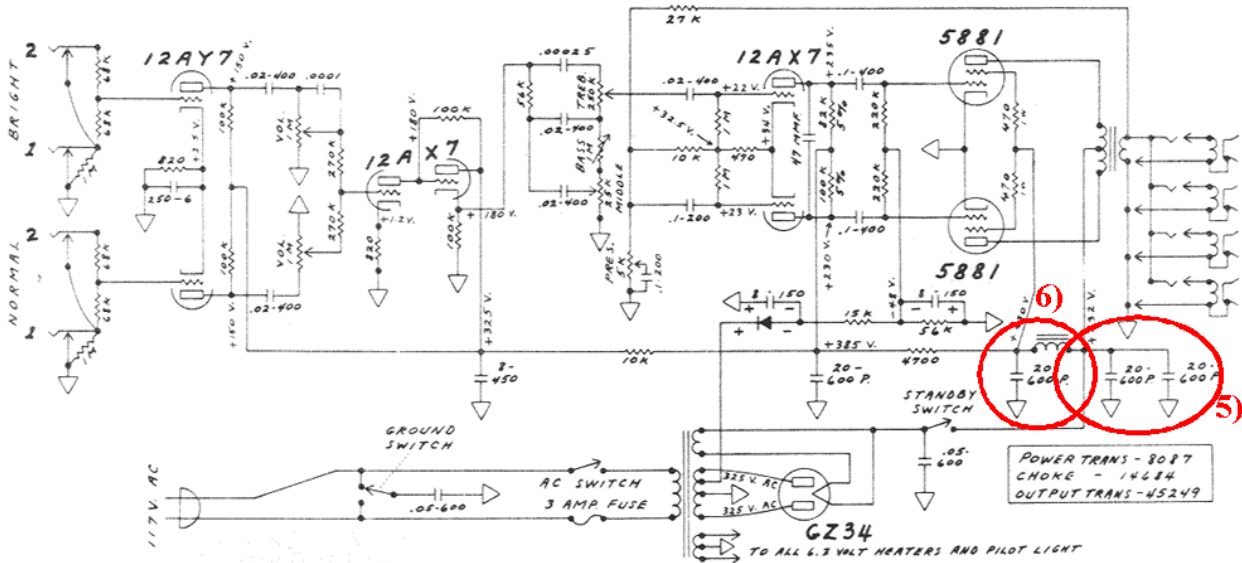


# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20 %

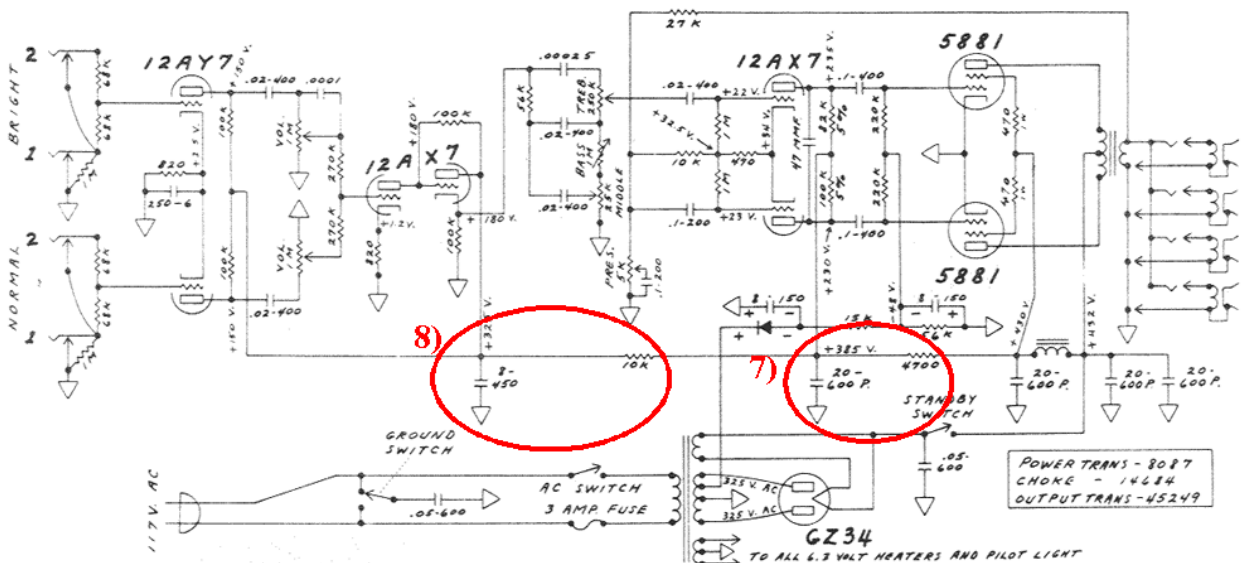


# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20 %



Direi che l'alimentazione del Fender "bassman" 5f6a è quanto di più classico ci possa essere.

Il ritardo di accensione dell'anodica si ottiene sia per il tempo di accensione del doppio diodo rettificatore che con l'uso dello "stand-by switch".

Ora passiamo alla parte di spiegazione riguardante lo stadio preamplificatore e lo stadio finale di potenza.

1. Ci sono due ingressi denominati "normal" e "bright" che tramite alcune resistenze portano il segnale all'ingresso dei due triodi contenuti in una 12AY7.
2. La polarizzazione di griglia controllo di questi due triodi è ottenuta dalla resistenza e il condensatore posti sul catodo verso massa da 820 Ω e 6μF 250V.  
Le resistenze di carico poste sull'anodo sono da 100K.
3. I condensatori di accoppiamento con lo stadio successivo sono da 0,02μF 400V e sono collegati a



due potenziometri (uno per canale).

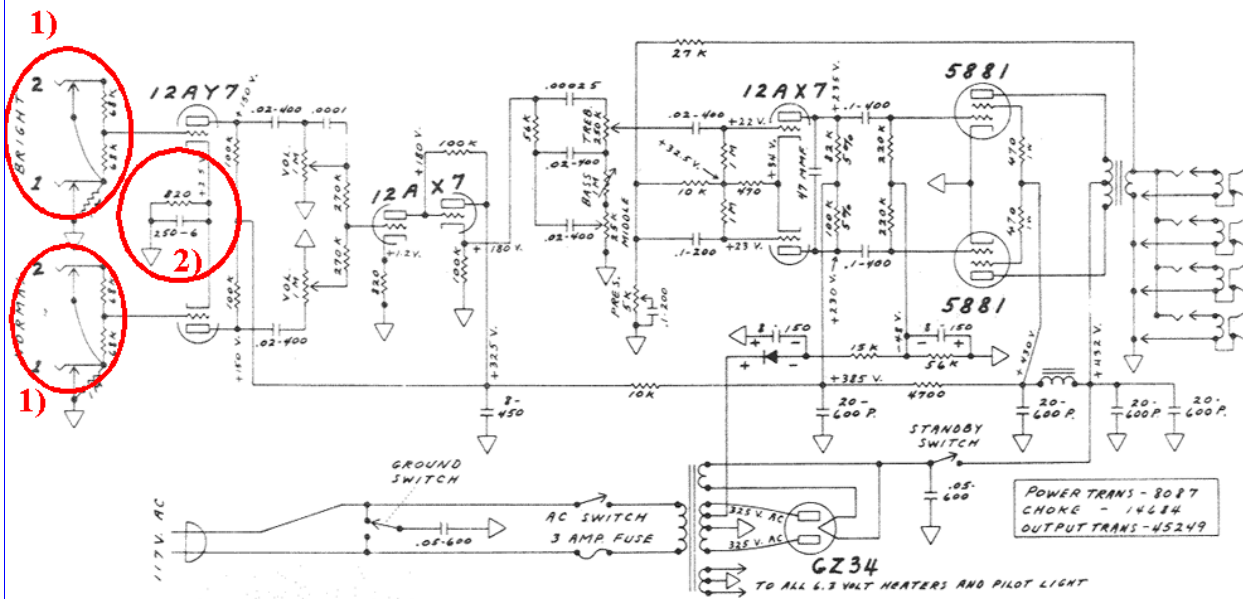
4. Sono perfettamente simmetrici tranne che per il condensatore da 0,001uF che permette ad una parte delle alte frequenze di scavalcare il potenziometro, giungendo direttamente (non attenuato) sulla griglia della valvola dello stadio successivo.  
Ecco perché la denominazione "bright".
5. A questo punto i segnali dei due canali si sommano e arrivano alla griglia della successiva 12AX7 in cui il primo stadio ha la funzione di preamplificatore e il secondo di adattatore di impedenza con collegamento ad inseguitore catodico.
6. All'uscita di questo stadio troviamo il controllo di toni.
7. L'uscita del controllo di toni è collegata ad altri due triodi (sempre contenuti in una 12AX7) che fungono da invertitore di fase.
8. Le due uscite dell'invertitore di fase pilotano le valvole di potenza 5881 che costituiscono un push-pull (controfase) che pilota il trasformatore adattatore di impedenza.
9. Sul secondario di questo sono collegati in parallelo i 4 altoparlanti.
10. Da qui parte anche la controreazione che arriva ad uno degli ingressi dell'amplificatore differenziale che costituisce l'inversore di fase.
11. Con il controllo di presenza si può modificare la risposta in frequenza della controreazione, cambiando la timbrica dell'amplificatore.

# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20%

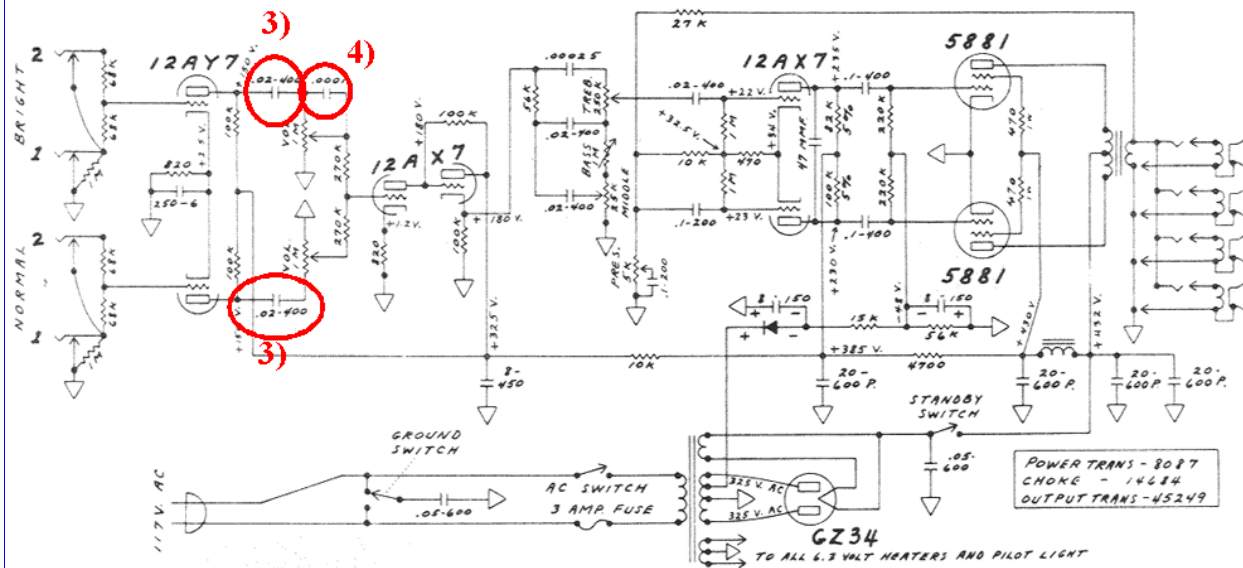


# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20%

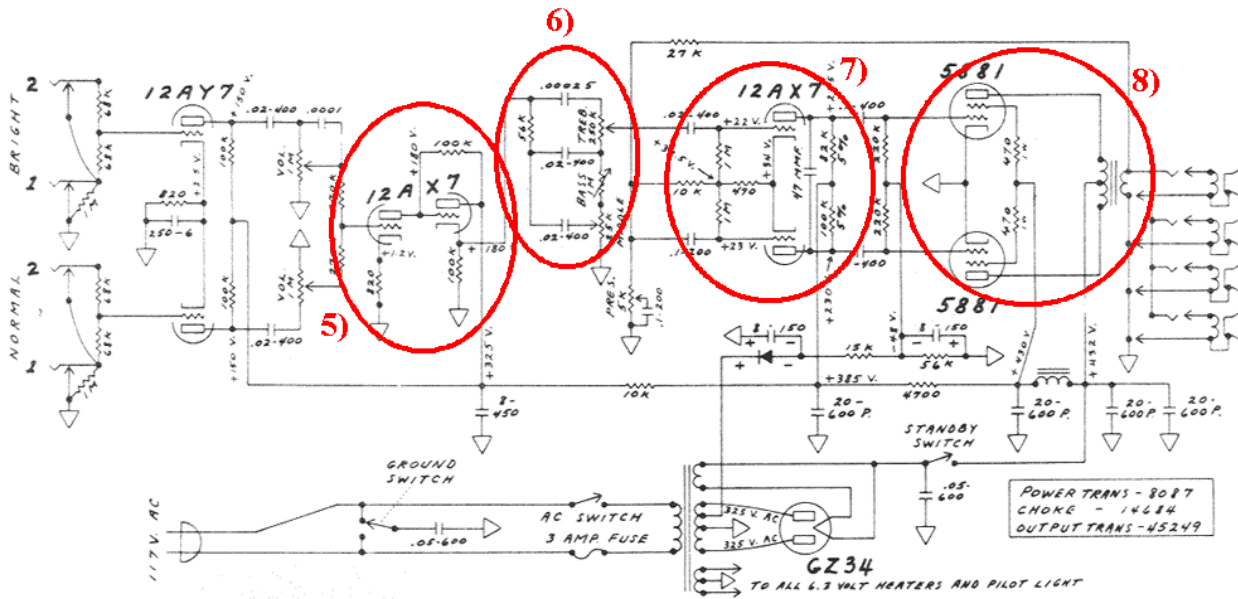


# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20 %

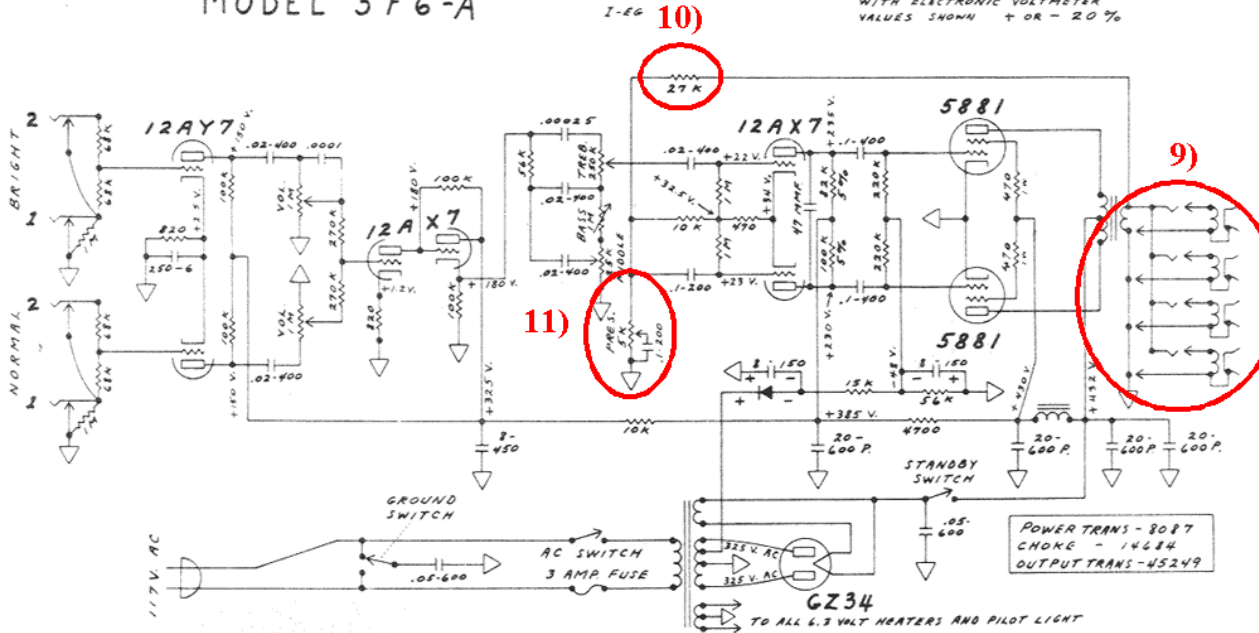


# FENDER "BASSMAN" SCHEMATIC MODEL 5F6-A

I-EG

## NOTICE

VOLTAGES READ TO GROUND  
WITH ELECTRONIC VOLTMETER  
VALUES SHOWN + OR - 20 %



Anche per il preamplificatore e l'amplificatore del Fender "bassman" 5f6a nulla di sconvolgente. Si tratta di quanto di più classico ci sia a livello di schema.

Si nota una certa ricerca nella alterazione di alcune componenti del suono modificando la contoreazione e il settaggio del controllo toni oppure utilizzando il canale "bright".

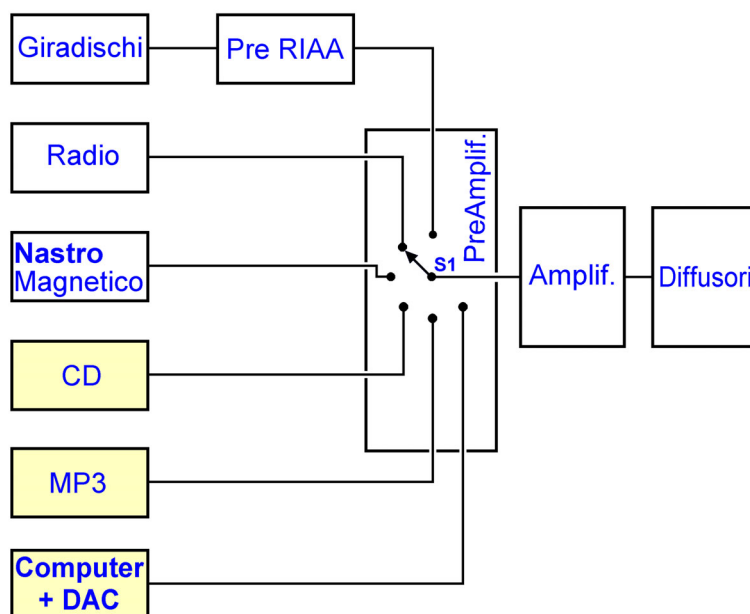
Senza aver avuto la possibilità di fare misure direi che essendo nato per l'amplificazione del basso elettrico, questo amplificatore difficilmente amplificherà frequenze maggiori di 5-8Khz anche considerando che sono stati impiegati altoparlanti adatti soprattutto alla riproduzione delle frequenze fino a qualche Khz.

## Indice Amplificazione

### Cosa amplifichiamo? Le fonti del suono e la catena HI-FI.

Per iniziare analizziamo le fonti classiche che generano il segnale elettrico che poi amplificheremo, per capire quanto amplificare e i limiti connessi a questa operazione.

A destra possiamo vedere la classica catena HI-FI con i componenti più moderni in giallo.



- I dischi in vinile e il suono analogico: tutto quello che vorreste sapere sui dischi in vinile e molto altro.

Il vinile, prima dell'avvento del CD era la fonte per eccellenza e per molti audiofili tale è rimasta.

- Radio: la radio o tuner stereo FM che dir si voglia altro non è che un giradischi remotizzato, in quanto in generale la fonte del suono utilizzata dalla radio era costituita, prima dell'avvento del digitale dal vinile.
- Nastro Magnetico: veniva ascoltato con la piastra di registrazione altrimenti detto riproduttore di nastri.  
I nastri venivano registrati dal vinile o prodotti in originale.
- I CD e il suono digitale: l'avvento del digitale, limiti e pregi.
- I file MP3 sono l'ultimo arrivato, si riproducono con un mp3 player che può essere anche uno smartphone.
- Computer e convertitore per riprodurre vari file audio.  
Esistono dei convertitori D/A (DAC=Digital to Analog Converter) di buon livello esterni che possono riprodurre vari formati (WAV,AIFF,APE,WMA,quicktime ecc.) con una qualità potenziale (dipende dalla qualità della registrazione) molto maggiore del CD audio.

Qui è opportuno usando un neologismo in voga in questo periodo parlare di "musica liquida" ovvero non legata a nessun tipo di supporto.

Questo tipo di musica può essere distribuita via internet e riprodotta anche con un computer abbinato ad un DAC oppure utilizzando con qualche sacrificio a livello di qualità, la scheda audio

presente all'interno di tutti i computer moderni.

Nota: nel disegno sopra è anche riportato il Preamplificatore RIAA perché, nonostante sia a volte integrato nel preamplificatore o nell'amplificatore integrato (amplificatore così chiamato in quanto questi contiene sia il preamplificatore che l'amplificatore in un unico contenitore) molti preferiscono averne uno dedicato e magari costruito appositamente per il proprio giradischi.

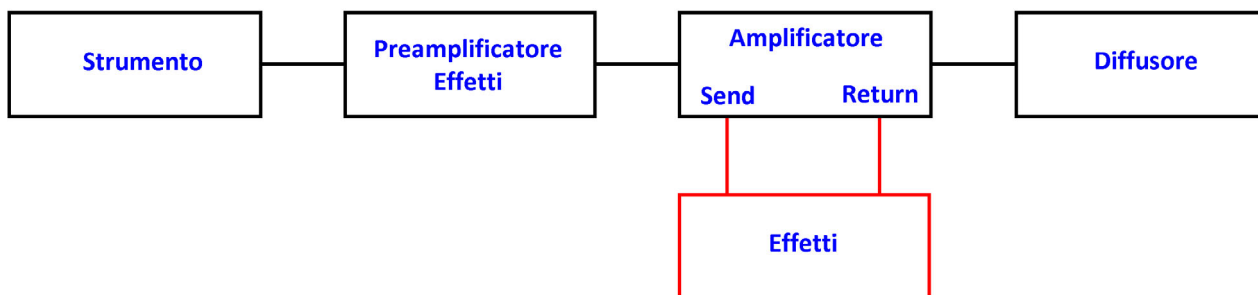
E' stato anche messo in evidenza nel preamplificatore il selettore S1 che serve per selezionare l'ingresso attivo.

Si ricorda che i componenti in giallo sono quelli ultimi arrivati in una catena di amplificazione HI-FI stereo.

### Cosa amplifichiamo? Gli strumenti elettrici, chitarra acustica, chitarra solid body e basso elettrico.

In questo caso trattiamo di strumenti musicali, quelli che vengono impiegati per produrre il suono che poi ascolteremo con il nostro impianto Hi-Fi.

In special modo tratteremo gli strumenti più diffusi, la chitarra elettrica solid body e il basso elettrico, non tratteremo gli strumenti acustici microfionati in quanto non producono direttamente un segnale elettrico ma si avvalgono per l'amplificazione dell'uso di un microfono.



- Strumento: si tratta ovviamente di una chitarra, di un basso elettrico o di qualsiasi strumento dotato di pickup.
- Preamplificatore/effetti: Questa parte serve per preamplificare ma anche per introdurre effetti sul suono allo scopo di arricchirlo di armoniche.

In genere queste due funzioni in questo punto sono fuse, nel senso che la preamplificazione viene attuata con circuiterie fatte allo scopo di NON limitare la distorsione come invece si farebbe in una catena Hi-Fi.

- Amplificatore: in questo stadio il segnale acquisisce la necessaria potenza per essere poi inviato ai diffusori.

Anche in questo stadio è possibile in genere (non è una regola) introdurre degli effetti attraverso un circuito (send/return) atto allo scopo, in cui il "send" è una uscita da cui si preleva il suono da trattare che poi rientra in "return" che è un ingresso.

- Diffusore: si tratta di un sistema di uno o più altoparlanti (anche 8 nel caso del basso elettrico) atto a diffondere il suono nell'ambiente circostante.

In genere per una successiva amplificazione viene posto un microfono in prossimità del diffusore.

Il principio cardine che occorre conoscere nel caso della amplificazione e diffusione del suono di uno strumento è che tutto concorre al risultato finale, addirittura gli altoparlanti sono fatti in modo tale da introdurre delle colorazioni timbriche (in altre parole distorcono).

I musicisti amano produrre sonorità classiche ma anche suoni inediti e questo da un notevole margine di manovra in cui la distorsione viene scrupolosamente ricercata.

### Amplificazione

Essendo un argomento molto articolato si è resa necessaria la creazione di questo sottomenu per

meglio raccordare le varie parti.

Vi consigliamo di leggere le varie parti nell'ordine in cui ve le proponiamo, a meno che non abbiate già una conoscenza articolata dell'argomento.

#### Concetto di amplificazione

- Amplificazione di Tensione: amplificatore che restituisce in uscita una tensione maggiore di quella ricevuta in ingresso, in genere con l'uscita ad impedenza alta, tale da non poter pilotare un diffusore.
- Amplificazione di Corrente: amplificatore che in funzione di una esigua corrente in ingresso fornisce all'uscita una corrente molto più alta.
- Amplificazione di Potenza: amplificatore che fornisce in uscita una potenza tale da poter pilotare nel caso di una catena audio, dei diffusori.

#### Catena di amplificazione e componenti costituenti

- Preamplificatore a valvole termoioniche:Circuiti di Ingresso
- Preamplificatore a valvole termoioniche:Controllo Toni
- Preamplificatore a valvole termoioniche:Amplificatore di Linea

#### Invertitore di fase a valvole termoioniche

#### Stadio finale di potenza a valvole termoioniche

- Single-ended
- Controfase (o push-pull)
- Ultralineare
- Configurazione Unity-coupled di Macintosh

#### Variazioni sul tema: amplificatore a separazione di toni

- Separatore di toni
- Amplificatore per bassi
- Amplificatore per acuti

#### Variazioni sul tema: amplificatore OTL (ovvero il delirio dell'audiofilo)

- Di cosa si tratta

#### Altoparlanti: l'ultimo anello della catena di amplificazione del suono

- Varie tipologie in funzione della frequenza riprodotta
- Varie tipologie in funzione del tipo di motore lineare impiegato
- Filtro crossover
- Tipologia delle casse acustiche



## Amplificazione

### Cosa si intende per amplificazione

Per amplificatore si intende un dispositivo che moltiplica il segnale applicato in ingresso per un valore costante detto guadagno.

In altre parole la relazione tra ingresso e uscita dell'amplificatore, normalmente espressa come funzione della frequenza del segnale di ingresso, è chiamata funzione di trasferimento dell'amplificatore e l'ampiezza di detta funzione di trasferimento è chiamata guadagno.

Questo è vero in linea teorica, in pratica viene introdotta, non voluta, una certa distorsione quindi il segnale in uscita non è esattamente uguale al segnale in ingresso.

Questo per effetto della non perfetta linearità dei dispositivi amplificatori.

Più nel dettaglio le distorsioni introdotte possono essere:

- Distorsione di non linearità o di ampiezza.

Questo tipo di distorsione è dovuto al fatto che il segnale in ingresso viene moltiplicato per il guadagno che non è una funzione lineare, ma assume dei valori diversi per le diverse ampiezze del segnale da amplificare.

- Distorsione di fase.

A causa di componenti reattivi presenti nel circuito, ad esempio condensatori di accoppiamento o trasformatori, il segnale presenta in uscita una fase che è funzione della frequenza dello stesso.

Questo tipo di distorsione non è percepibile dall'orecchio umano ma da problemi di altro genere, specie per quello che riguarda autooscillazioni indesiderate, in relazione alla controreazione.

- Distorsione della risposta in frequenza.

Si manifesta quando diverse frequenze vengono amplificate in modo diverso, ovvero il guadagno varia in funzione della frequenza applicata all'ingresso.

In un amplificatore si trovano, di norma, tutte le distorsioni sommate, la qualità dell'amplificatore è tanto maggiore quanto più queste vengono contenute in limiti accettabili (che sono stati quantificati per avere dei valori di riferimento).

L'amplificazione totale di un amplificatore è il prodotto delle amplificazioni dei singoli stadi che lo compongono.

In genere si considerano tre tipi di amplificazione:

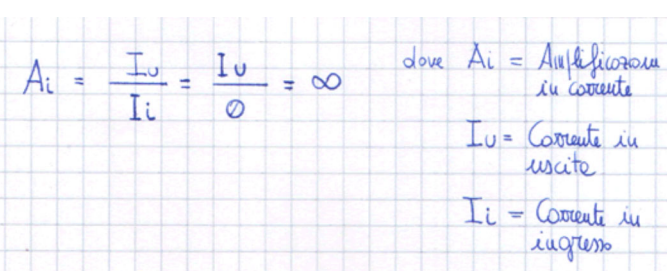
- a) Amplificazione in tensione
- b) Amplificazione in corrente
- c) Amplificazione in potenza

a) L'amplificazione in tensione è il rapporto fra il segnale in uscita e quello in ingresso per quanto riguarda la tensione.

Essendo un rapporto fra unità di misura uguali (Volt su Volt) è un numero puro.

$A = \frac{V_u}{V_i}$	<p><i>A = Amplificazione</i>  <i>dove <math>V_u =</math> tensione in uscita</i>  <i><math>V_i =</math> tensione in ingresso</i></p>	<p>Amplificazione in tensione.          Essendo un rapporto fra dimensioni uguali il risultato è un numero puro, quindi l'amplificazione si calcola in "volte".</p>
-----------------------	---	---

b) L'amplificazione di corrente non ha senso nel caso delle valvole termoioniche con la griglia che lavora con tensione negativa rispetto al catodo, in quanto non passa corrente, quindi dal punto di vista puramente matematico:

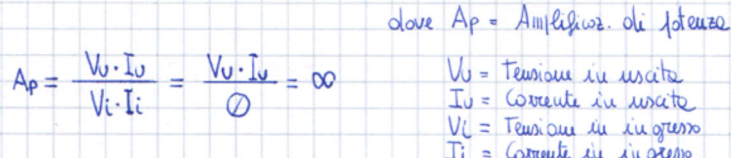


$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{0} = \infty$$
 dove  $A_i = \text{Amplificazione in corrente}$   
 $I_o = \text{Corrente in uscita}$   
 $I_i = \text{Corrente in ingresso}$

L'amplificazione in corrente nel nostro caso non ha senso essendo la valvola un dispositivo comandato in tensione. Ha senso per dispositivi elettronici come il transistor che è un amplificatore pilotato in corrente.

Dal punto di vista matematico qualsiasi numero diviso per zero dà infinito, quindi qualsiasi dispositivo pilotato in tensione ha, giustamente, amplificazione in corrente infinita.

c) L'amplificazione in potenza, entrando ancora una volta in gioco la corrente nulla, segue lo stesso "destino" dell'amplificazione in corrente:



$$A_p = \frac{V_o \cdot I_o}{V_i \cdot I_i} = \frac{V_o \cdot I_o}{0} = \infty$$
 dove  $A_p = \text{Amplif. di potenza}$   
 $V_o = \text{Tensione in uscita}$   
 $I_o = \text{Corrente in uscita}$   
 $V_i = \text{Tensione in ingresso}$   
 $I_i = \text{Corrente in ingresso}$

Anche l'amplificazione in potenza non ha senso nel caso delle valvole per le stesse ragioni viste per l'amplificazione in corrente.

Nel caso di più amplificatori in cascata l'amplificazione totale è il prodotto delle amplificazioni dei singoli stadi.

### Banda di guadagno unitario

Esiste un rapporto fra amplificazione di uno stadio e banda passante, o meglio il prodotto di questi due valori è una costante, quindi maggiore sarà l'amplificazione, minore sarà la banda passante. Questo è dovuto alle capacità interelettrodiche dei componenti che formano un filtro passa basso. Quindi per aumentare la banda passante occorre ridurre l'amplificazione e, quindi, usare più stadi amplificatori per arrivare allo stesso risultato.

### Limiti dell'amplificazione

Se il segnale in ingresso è abbastanza piccolo si potrebbe essere indotti a pensare che aumentando l'amplificazione si potrebbe comunque aumentarlo di livello fino a renderlo adatto ai nostri scopi.

Non dobbiamo dimenticare che il segnale in ingresso oltre che venire amplificato viene additivato con il rumore di tutti gli stadi di amplificazione che lo trattano, quindi il vero limite dell'amplificazione è il rumore introdotto dagli stadi di amplificazione.

Il danno è tanto maggiore quanto minore è il livello del segnale da amplificare, quindi gli stadi preamplificatori devono essere il più possibile esenti da rumore.

Il rumore equivalente in ingresso si calcola mettendo l'ingresso in cortocircuito e misurando il livello del segnale in uscita.

Poi si divide tale livello per l'amplificazione e si ottiene il livello di rumore equivalente in ingresso.

Quindi con una semplice operazione matematica si ottiene il rapporto segnale/rumore sia in valore assoluto che in decibel.

## Catena di amplificazione

### Il percorso del segnale dall'ingresso all'uscita

Le configurazioni più usate differiscono per lo stadio finale che può essere single-ended o push-pull (controfase) e questo condiziona il progetto anche dei restanti componenti.

Da notare: il senso in cui si legge il disegno dell'amplificatore, di norma, è da sinistra verso destra, quindi a sinistra troveremo sempre l'ingresso e a destra l'uscita.

Quindi nell'ordine troveremo, da sinistra a destra, l'ingresso il preamplificatore, l'invertitore di fase (se ovviamente c'è), lo stadio finale di potenza e l'uscita.



A sinistra una catena di amplificazione tipica relativa ad un amplificatore single-ended.

Partendo dall'ingresso troviamo prima lo stadio di pre-amplificazione poi lo stadio finale di potenza, che pilota l'altoparlante (AP).



A sinistra una catena di amplificazione tipica relativa ad un amplificatore controfase o push-pull che dir si voglia.

Partendo dall'ingresso troviamo il preamplificatore, poi l'invertitore di fase che pilota con due segnali sfasati di  $180^\circ$  le due valvole in controfase dell'amplificatore finale di potenza.

Questa configurazione fornisce in uscita una potenza più alta di quella single-ended.

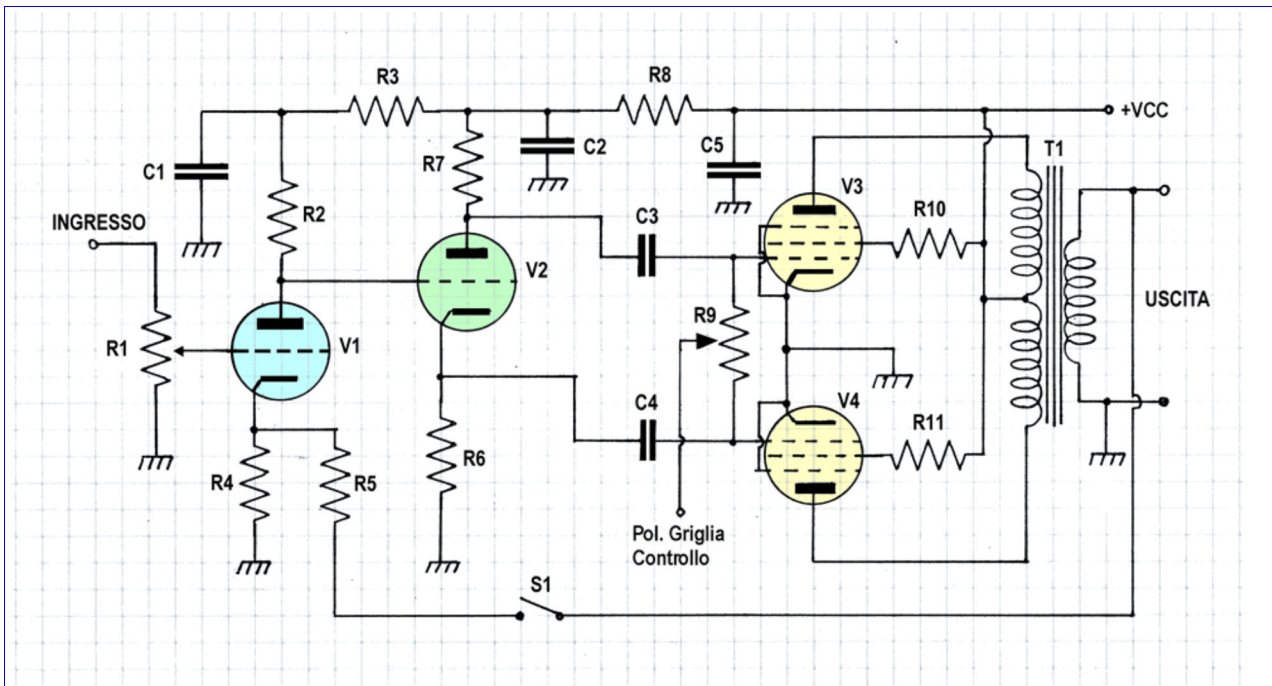
### Preamplicatore + Amplificatore (con telai separati)

Nel caso di due telai separati il circuito si complica in quanto occorre considerare che la distanza che separa il preamplificatore dal finale di potenza può essere anche di vari metri, mentre in un amplificatore integrato si parla di decine di centimetri al massimo, quindi occorre tenere in considerazione la capacità del cavo, che nel caso si usi un cavo schermato sarà abbastanza alta (la calza del filo schermato con il cavo centrale costituisce un ottimo condensatore cilindrico).

Poi per evitare di sporcare il segnale che passa nel cavo di collegamento con disturbi vari è meglio avere un segnale di livello il più alto possibile, in modo che il rapporto con l'eventuale disturbo sia molto alto.



### Amplificatore integrato (esempi di circuito)



Sopra un amplificatore controfase (o push-pull) completo, (tutta la catena di amplificazione) dove V1 funge da preamplificatore, V2 da invertitore di fase e V3-V4 da finale in controfase (push-pull).

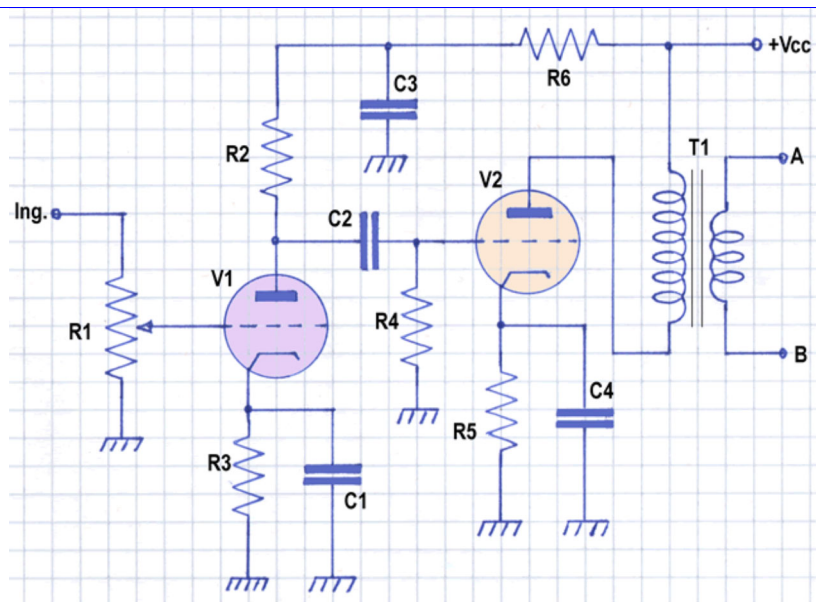
Gli altoparlanti sono collegati con il trasformatore che adatta l'impedenza delle valvole termoioniche (alta, dell'ordine dei  $K\Omega$ ) a quella degli altoparlanti magnetici (bassa, tipicamente 4-8-16  $\Omega$ ).

L'interruttore S1 (che potrebbe benissimo essere sostituito da un ponticello) serve per introdurre la controreazione globale, mettendo in comunicazione il secondario del trasformatore di uscita con la resistenza R4 nel circuito di polarizzazione dinamica di griglia di V1.

Questo è uno schema classico, ne esistono centinaia di varianti.

Questo genere di amplificatore lavora tipicamente in classe A o AB (dipende dalla polarizzazione di griglia controllo) ed è in mancanza del segnale in ingresso abbastanza "silenzioso" perché il ripple residuo si elide sul trasformatore dello stadio finale.

La controreazione nel caso di un impiego come amplificatore Hi-Fi è necessaria soprattutto nel caso del funzionamento in classe AB per ridurre la distorsione di crossover mentre può essere omessa nel caso di un amplificatore per basso o chitarra elettrica in quanto in genere in questo tipo di impiego la distorsione non è cosa da evitare.



Nel disegno sopra un amplificatore single-ended completo, ovvero con una sola valvola come finale di potenza.

Ad una breve analisi si deduce che  $R_1$  è il potenziometro posto in ingresso,  $R_3$ - $C_1$  sono il gruppo di polarizzazione automatica di  $V_1$ ,  $R_2$  rappresenta la resistenza di carico di  $V_1$ , tutto questo è lo stadio pre-amplificatore.

$R_6$  e  $C_3$  servono per diminuire la tensione, rispetto a  $+V_{cc}$  per alimentare il pre-amplificatore e filtrare la tensione anodica di quest'ultimo.

$C_2$ - $R_4$  costituiscono l'accoppiamento (di tipo capacitivo) fra preamplificatore e stadio finale di potenza,  $R_5$ - $C_4$  sono il gruppo di polarizzazione automatica di  $V_2$ ,  $T_1$  il trasformatore di uscita che accoppia la valvola termoionica finale con l'altoparlante.

Non è presente l'anello di controreazione, né delle controreazioni locali (che sarebbero evidenziate dall'assenza dei condensatori  $C_1$  e  $C_4$ ).

L'amplificatore single-ended è più semplice e richiede meno stadi (e quindi meno componenti) di un amplificatore push-pull, tuttavia fornisce in uscita meno potenza e richiede a parità di potenza un trasformatore adattatore di impedenza più grande, in quanto il flusso magnetico nel nucleo di questo non si inverte mai ed è più facile la saturazione del nucleo.

L'amplificatore single-ended è anche più sensibile ai disturbi di alimentazione.

## Preamplificatore a Valvole Termoioniche

### Preamplificatore: a cosa serve?

Nel disegno sotto lo schema a blocchi di un preamplificatore d'epoca, in cui sono presenti anche gli ingressi per l'amplificazione microfonica e l'equalizzatore RIAA per il giradischi.

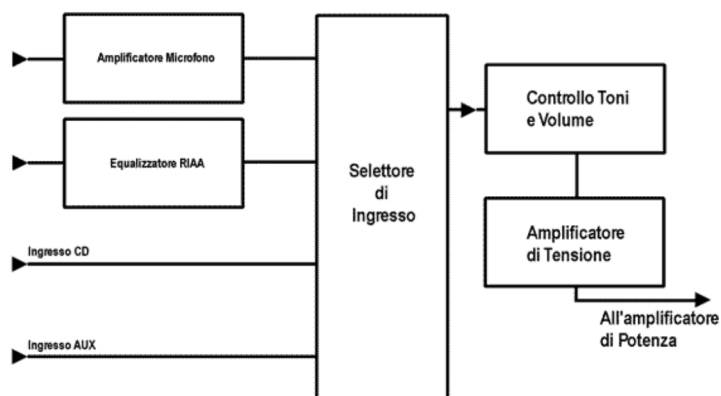
Nei preamplificatori più moderni è più facile trovare ingressi dedicati alle fonti digitali come il CD il DAT ecc.

Il selettore di ingresso che commuta i vari ingressi disponibili è in genere realizzato con un commutatore rotativo o con una serie di relè.

Il controllo toni è seguito da un amplificatore di tensione che ha anche il compito di adattatore di impedenza.

Di solito si cerca di avere in uscita un'impedenza relativamente bassa e un segnale di tensione relativamente alta (tipicamente 1 Veff).

Questo serve nell'ottica di collegare l'amplificatore finale con un cavo che potrebbe avere una capacità parassita tale da caricare un'uscita ad alta impedenza costituendo un filtro passa-basso.



Il compito di un preamplificatore è quello di amplificare in tensione il segnale da inviare allo stadio finale introducendo il minor rumore possibile.

Si tratta di una amplificazione, quindi, in tensione.

Il guadagno del preamplificatore è funzione dell'ampiezza del segnale in ingresso e della sensibilità del finale di potenza.

Ai giorni nostri il compito del preamplificatore si è notevolmente semplificato, i segnali di uscita delle fonti come, ad esempio, il CD sono caratterizzati da una buona ampiezza, quindi già difficili da "sporcare" con il rumore.

Un CD tipicamente esce con un segnale dell'ordine di 1V, mentre un giradischi uscirà con un segnale dell'ordine di 1 millivolt (quindi 1000 volte più basso di quello di un CD).

Per gli audiofili che ancora usano il giradischi le cose si complicano un po', occorre aggiungere un preamplificatore phono equalizzato RIAA.

Il preamplificatore può essere incluso nello stesso telaio del finale, e in questo caso si parla di amplificatore integrato, o su un telaio a parte.

Nel primo caso i costi vengono contenuti, nel secondo è possibile lavorare meglio sul rumore che potrebbe essere introdotto dalla vicinanza del finale, che genera perturbazioni, della tensione di alimentazione e di natura magnetica (flussi dispersi) con i trasformatori, in cui scorre una notevole corrente.

Potendo scegliere è meglio un preamplificatore separato.

### Progettazione di un Preamplificatore



Per prima cosa occorre sapere quale sarà la fonte del segnale e che livello il segnale deve avere in uscita.

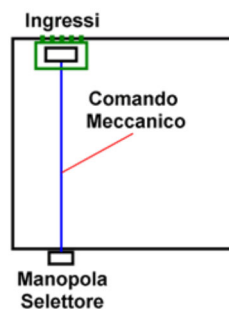
Quando sappiamo questo, è nota l'amplificazione ( $A_v = V_u/V_i$ ) che dobbiamo ottenere, quindi possiamo iniziare a cercare una valvola o una combinazione di valvole adatte allo scopo.

Dobbiamo tenere presente che se vogliamo una grande banda passante non possiamo "spremere" troppo una singola valvola.

Un'altra cosa che ci interessa è sapere l'impedenza di ingresso dell'amplificatore (se si tratta di un amplificatore allo stato solido commerciale in genere si aggira su alcune decine di  $K\Omega$  mentre nel caso di un amplificatore finale a valvole qualche centinaio di  $K\Omega$ ) a cui collegheremo poi il preamplificatore.

Il problema si presenta solo se facciamo un pre a se stante, mentre se dobbiamo progettare anche il finale, allora questo dato ci è noto e possiamo anche modificarlo entro certi limiti secondo le nostre necessità.

## Circuiti di Ingresso



In ingresso troviamo normalmente un commutatore o selettore di ingresso che è posto fra i vari stadi preamplificatori dedicati a funzioni specifiche, come il preamplificatore microfonico o rias e gli stadi preamplificatori comuni.

Il selettore serve per selezionare la fonte da cui prelevare il segnale da amplificare.

Se i segnali che abbiamo in ingresso hanno tutti la stessa ampiezza si possono omettere tutti gli stadi specifici, che servono appunto per preamplificare ulteriormente i segnali più deboli.

Per selezionare l'ingresso da amplificare di solito si usa un commutatore rotativo, che commuta direttamente il segnale oppure pilota un certo numero di relè, uno per ogni ingresso.

Nel primo caso, per non portare il segnale al commutatore usando dei cavi schermati, si porta il commutatore più vicino possibile agli ingressi usando un comando meccanico con una lunga asta fra manopola e commutatore.

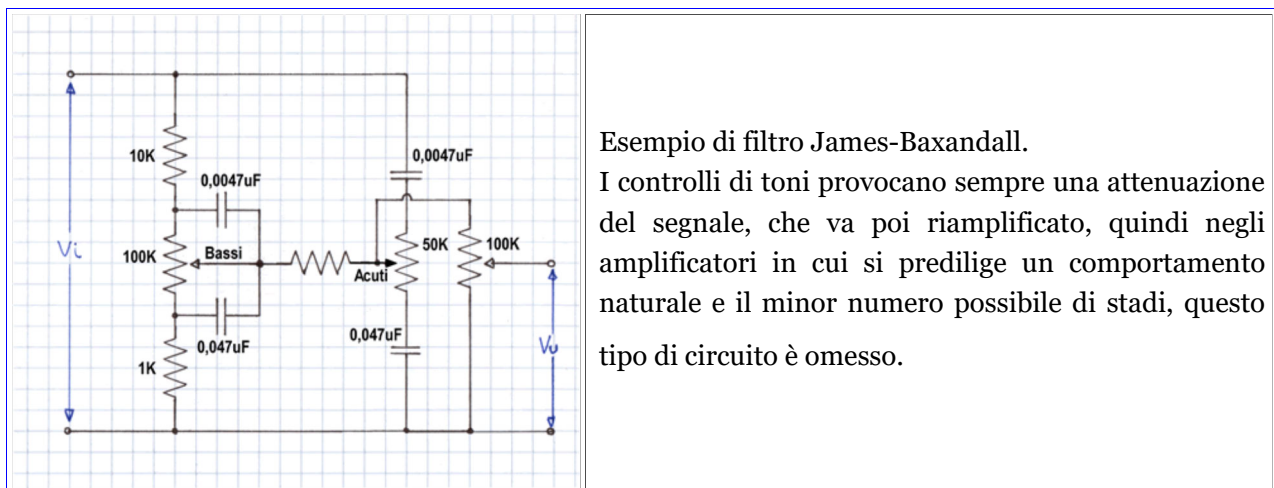
Nel secondo caso si pongono i relè il più vicino possibile agli ingressi e si alimentano tramite il commutatore che può essere messo anche distante.

## Controllo Toni e Volume

Uno degli schemi più usati negli amplificatori hi-fi è quello di James-Baxandall che permette di controllare in modo indipendente i bassi e gli acuti sia in esaltazione che in attenuazione.

Il potenziometro in uscita invece funge da controllo di volume.

Per pilotare correttamente un controllo di toni occorre avere un'impedenza di uscita abbastanza bassa, e all'uscita del controllo un'impedenza di ingresso dello stadio successivo il più alta possibile.



Esempio di filtro James-Baxandall.

I controlli di toni provocano sempre una attenuazione del segnale, che va poi riamplicato, quindi negli amplificatori in cui si predilige un comportamento naturale e il minor numero possibile di stadi, questo tipo di circuito è omissso.

### Circuiti amplificatori di tensione: Configurazione Cascode

La configurazione cascode utilizza una coppia di triodi e ci permette di avere livelli molto elevati di guadagno e di sensibilità di ingresso usando un singolo stadio amplificatore.

In sintesi questa configurazione circuitale ha i seguenti pregi:

- Alto guadagno.
- Alta impedenza di ingresso.
- Capacità di ingresso molto bassa, come un pentodo.
- Rumore molto basso.
- Bassa microfonicità.
- Costo contenuto.

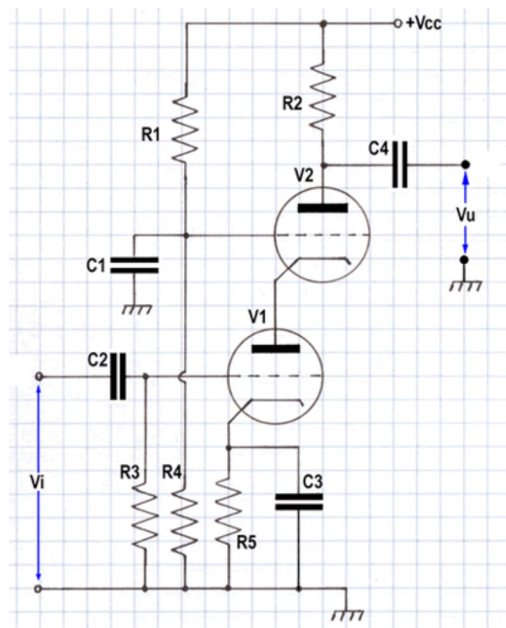
In genere i due triodi sono contenuti nella stessa valvola come, ad esempio la Ecc82.

Il funzionamento del circuito si riassume in questo modo: Il primo triodo ( $V_1$ ) amplifica normalmente il segnale e costituisce a tutti gli effetti un amplificatore a catodo comune, ma si trova fra il catodo e la massa del secondo triodo ( $V_2$ ) che, quindi, funziona come un amplificatore a griglia comune, dove la resistenza fra catodo e massa di  $V_2$  è rimpiazzata dal primo triodo ( $v_1$ ) e dal gruppo  $R_5$ - $C_3$  che serve come polarizzazione di griglia per il primo triodo.

Il segnale viene prelevato dall'anodo della seconda valvola.

La griglia della seconda valvola viene polarizzata in continua con un partitore resistivo ( $R_1$ - $R_4$ ) e viene posta a massa per quello che riguarda la componente alternata da un condensatore ( $C_1$ ).

Il guadagno complessivo è dato dal prodotto del guadagno dei due triodi.



Il limite dell'amplificatore cascode è la massima tensione applicabile fra il catodo e il filamento della valvola utilizzata (valore presente nel datasheet della valvola).

Se si accede tale valore (che nel caso di V2 è dinamico) ci possono essere delle scariche fra il catodo e il filamento che possono introdurre un notevole rumore.

### Amplificatore adattatore di impedenza di uscita (di linea)

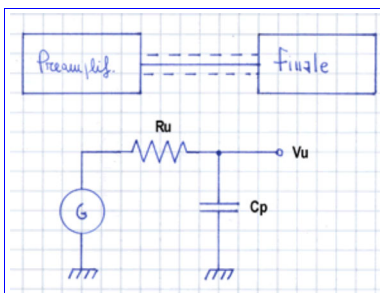
È uno stadio che serve per abbassare l'impedenza di uscita.

Negli amplificatori integrati questo stadio non è presente.

In un preamplificatore che andrà poi collegato con un cavo ad un finale questo stadio si rende necessario per rendere ininfluenti le capacità del cavo di collegamento e dei connettori che tendono a bypassare a massa il segnale, costituendo con l'impedenza di uscita un filtro passa basso che taglierebbe gli acuti.

Normalmente viene fatto con un inseguitore catodico.

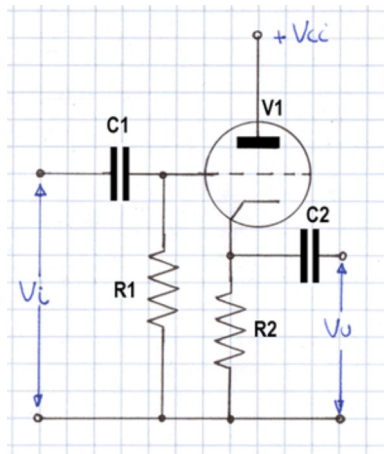
Si usa anche una particolare circuitazione che prende il nome di "effetto bootstrap".



Schematizzazione del collegamento fra pre e finale, in basso il circuito equivalente con  $R_u$  e  $C_p$  (capacità parassita) che costituiscono un filtro passa-basso.

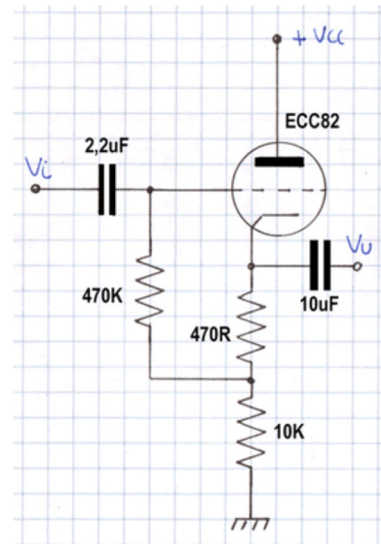
Ovviamente più è lungo il cavo e più è grande la capacità parassita.

Capacità dell'ordine dei 100pF/metro sono normali per un cavo schermato.



Qui sopra un amplificatore adattatore di impedenza ad inseguitore catodico classico.

Il limite di questo circuito è che la tensione del segnale non può mai essere maggiore della tensione di polarizzazione di griglia (valore di picco) perché renderebbe la griglia positiva.



Sopra un amplificatore adattatore di impedenza ad effetto bootstrap, questo amplificatore permette una maggior elongazione del segnale di uscita, quindi permette di trasferire un segnale di ampiezza maggiore, in virtù del fatto che la tensione di polarizzazione della griglia è indipendente da quella del segnale.

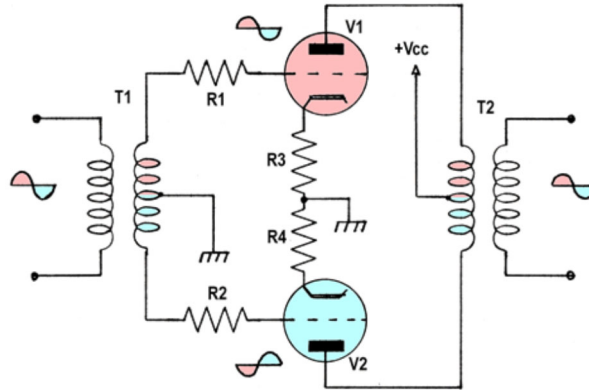
Negli amplificatori integrati il problema del collegamento con un cavo che potrebbe avere una grande capacità non c'è, tuttavia si presenta un problema simile con le capacità interelettrodiche, che nelle valvole di potenza hanno dei valori abbastanza alti, il che richiede comunque da parte del circuito driver una impedenza di uscita abbastanza bassa.

## Invertitore di fase per amplificatore push-pull

### L'invertitore di fase e l'utilizzo in un amplificatore finale.

L'inversore di fase serve per mandare alle valvole termoioniche in controfase dello stadio finale una coppia di segnali di pilotaggio sfasati fra loro di  $180^\circ$ .

Il più banale inversore è costituito da un trasformatore a presa centrale.



Nel disegno sopra lo schema di principio di un amplificatore controfase con invertitore a trasformatore.

Lo stesso trasformatore funge da amplificatore di tensione, grazie alla possibilità di variare il rapporto di trasformazione in fase di progettazione dello stesso.

In realtà questo schema non viene mai usato nel campo delle frequenze audio, mentre è possibile usarlo per i trasmettitori a radiofrequenza trasformando i trasformatori (permettetemi il gioco di parole) in circuiti risonanti grazie a condensatori posti in parallelo.

Questo perché nell'audio è rilevante la distorsione per isteresi magnetica che il trasformatore induce, inevitabile nell'accoppiamento con le casse (non considerando gli amplificatori OTL), ma largamente evitabile per lo stadio di ingresso.

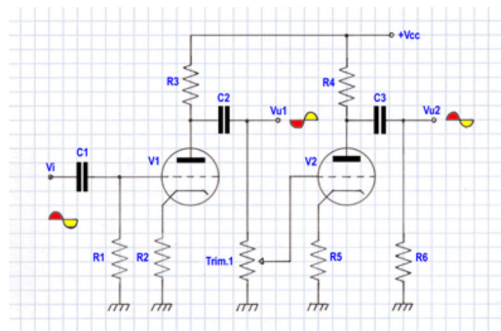
Analizziamo il circuito: il trasformatore T1 ha una presa centrale ed è possibile considerarlo come due trasformatori separati, uno che invia il segnale da amplificare alla griglia di V1 e l'altro alla griglia di V2.

I due segnali sono sfasati di  $180^\circ$ , quindi quando V1 aumenta la conduzione V2 la diminuisce.

Quindi sul trasformatore finale avremo sempre due segnali amplificati, ma in opposizione di fase, che vengono sommati (grazie a T2) e mandati al carico.

Le resistenze R3-R4 servono per la polarizzazione automatica di V1-V2.

Le resistenze R1-R2 possono essere tolte se si è sicuri che l'ampiezza del segnale non renderà mai positive le griglie di controllo, infatti serve per ridurre la corrente in questo caso.



Nel disegno sopra il primo invertitore di fase.

La valvola V1 a catodo comune inverte il segnale e lo passa a V2 che è collegata esattamente nello stesso modo e inverte a sua volta la fase del segnale.

La prima uscita è sull'anodo della prima valvola, la seconda è sull'anodo della seconda valvola.

Visto che V1 ha una certa amplificazione, il trimmer Trim.1 serve per attenuare il segnale da passare a V2 e si tara facendo in modo che i due segnali sfasati in uscita abbiano la stessa ampiezza.

Il difetto principale è che rispetto all'uscita il segnale che attraversa V2 passa per uno stadio in più, quindi l'amplificatore non è esattamente simmetrico e la distorsione di una semionda è diversa dall'altra.

Un altro difetto è che l'impedenza di ingresso dello stadio che segue è perturbata dalla presenza di Trim.1 e della capacità Griglia-Catodo di V2 che sono a tutti gli effetti in parallelo.

Il vantaggio è che è possibile usare lo stadio invertitore come amplificatore di tensione.

Sotto un invertitore di fase classico e nella variante con polarizzazione di griglia bootstrap (disegno del circuito più a destra).

Le resistenze R3 e R2 sono esattamente uguali ed essendo attraversate tutte e due dalla stessa corrente anodica hanno ai capi la stessa tensione, ma ribaltata di fase.

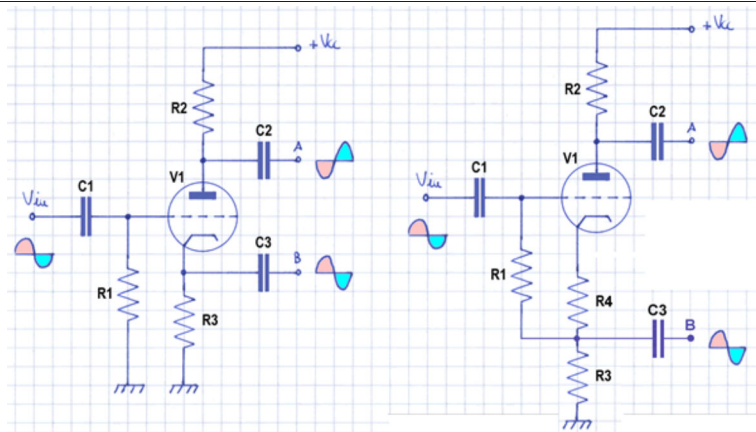
Nella variante ad effetto bootstrap è possibile variare a piacimento la polarizzazione di griglia rispetto al catodo variando la resistenza R4.

Il guadagno di questo stadio è minore di uno, essendo una delle uscite ricavata sul catodo si comporta come un inseguitore catodico reazionato.

La resistenza R1 deve avere un grande valore (470 k $\Omega$  1/4 Watt) mentre R2-R3 devono avere un valore relativamente basso 37-39k $\Omega$  2Watt, valori tipici riferiti ad una valvola 12AX7 con alimentazione Vcc a 350 Volt.

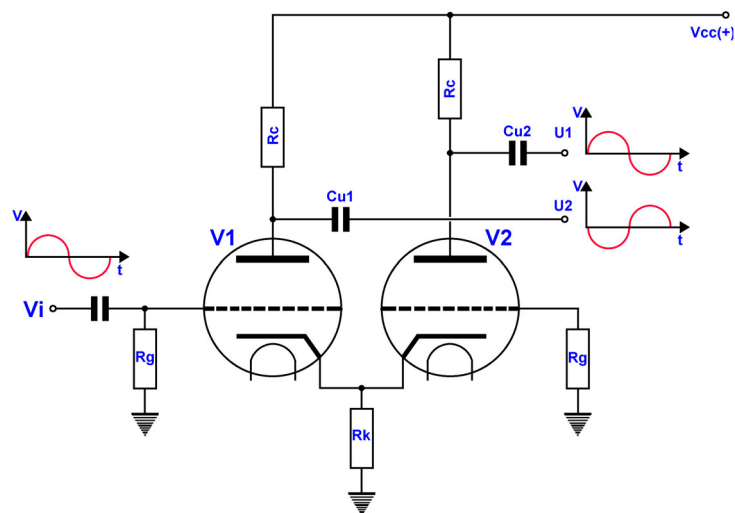
I condensatori sono tutti da 100 nF 400 Volt.

Le resistenze R2-R3 devono avere dei valori relativamente bassi per non essere influenzate dalla impedenza di ingresso della valvola finale che avendo grandi elettrodi ha anche una relativamente grande capacità interelettroica.



Supponendo di dover pilotare una EL34, che ha una capacità di 15picoF, l'impedenza di ingresso non tenendo conto della resistenza verso massa di 470 k $\Omega$  è di circa 530 k $\Omega$  (usando la formula dell'impedenza di un condensatore) a 20 kHz, abbastanza più alta di R2-R3 da non caricare l'invertitore di fase.





Nello schema sopra un invertitore di fase che utilizza un amplificatore differenziale con un ingresso collegato a massa.

Il primo triodo V1 essendo collegato ad inseguitore catodico replica il segnale presente sull'ingresso sulla resistenza Rk.

Il secondo triodo V2, quello con l'ingresso a massa viene pilotato dal segnale presente su Rk.

In uscita abbiamo due segnali U1 e U2 che sono sfasati di  $180^\circ$  fra loro.

Il circuito è assolutamente simmetrico, quindi le differenze di ampiezza fra U1 e U2 sono limitate alle tolleranze dei componenti impiegati.

Il vantaggio di questo tipo di circuito oltre alla perfetta simmetria è che ha una amplificazione maggiore di uno.

## Amplificatore Finale e possibili Configurazioni Circuitali

### Premessa

Occorre tenere conto in fase di progetto:

1. Della potenza che vogliamo ottenere in uscita, che è funzione del volume di ascolto e della sensibilità delle casse acustiche che intendiamo usare.
2. Complessità della circuitazione che vogliamo usare.
3. Filosofia di progetto.

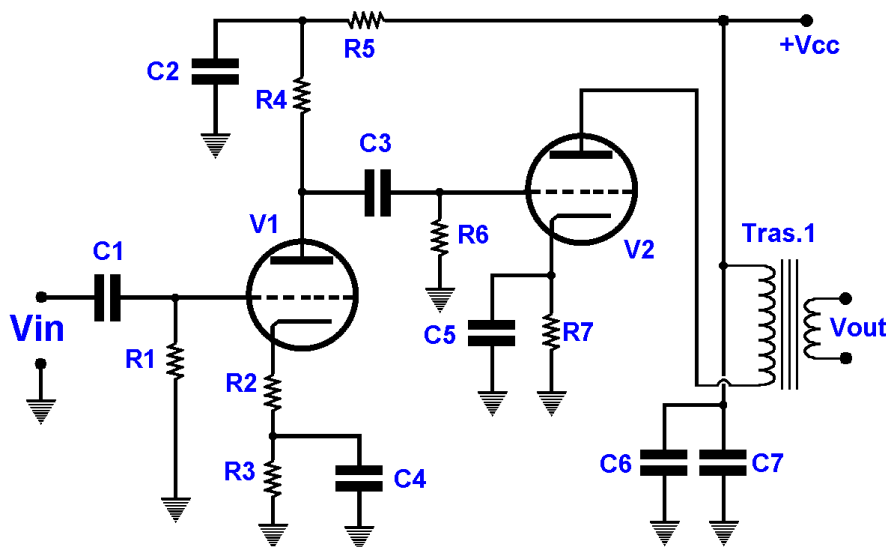
Molti costruttori preferiscono per partito preso una particolare configurazione, adducendo motivi spesso opinabili.

A nostro avviso occorre sempre partire dalla considerazione dei punti 1) e 2)

### Amplificatore Single-Ended

Facciamo un po' di chiarezza, il termine "Single Ended" applicato ad un dispositivo elettronico potrebbe essere tradotto in "terminato singolarmente" o "finale singola", cioè che utilizza un unico segnale, rispetto ad un sistema duale che utilizza due segnali (come il push-pull).

Nel caso specifico di uno amplificatore finale si identifica una configurazione in cui il segnale va a pilotare direttamente un unico dispositivo (o più dispositivi in parallelo) di amplificazione, siano essi triodi, tetrodi, pentodi, o MOSFET che invariabilmente lavora in classe "A".



L'amplificatore single-ended utilizza comunemente una valvola o più valvole in parallelo nella configurazione a catodo comune, polarizzata in classe "A".

La potenza in uscita di solito è modesta, in genere fino 10-15 Watt ed è la configurazione preferita dai "puristi" del suono.

Il funzionamento dello schema nel disegno sopra è il seguente: in segnale supera il condensatore C1 e arriva alla griglia di V1 polarizzata negativamente in continua rispetto al catodo con la tensione che cade ai capi di R2+R3.

La R2 serve per la controreazione e limita il guadagno di V1 mentre R3 è bypassata per la componente alternata da C4 e quindi partecipa solo alla polarizzazione della griglia in regime statico.

Il segnale passa dalla resistenza di carico di V1 che è R4 attraverso C3 alla griglia di V2 che è polarizzata in continua da R7+C5.

V2 è collegata al carico attraverso il trasformatore Tras.1 che funge da adattatore di impedenza.

I condensatori C6 e C7 sono di stabilizzazione della tensione anodica e sono da calcolarsi il più piccolo

un centesimo (come valore) di quello più grande.

Il gruppo R5-C2 stabilizza la tensione di alimentazione di V1.

I vantaggi sono i seguenti:

- Si tratta di un amplificatore poco complesso, che ha quindi pochi componenti, quindi abbastanza facile da realizzare.
- La possibilità di usare una controreazione limitata al minimo.
- Il segnale da amplificare attraversa pochi stadi, quindi ne viene preservata la naturalezza.

Gli svantaggi:

- Il peso e le dimensioni del trasformatore adattatore di impedenza che è sottoposto alla corrente che scorre sempre nello stesso verso, quindi deve avere un nucleo di grande dimensione per non andare in saturazione.
- La ridotta efficienza, che teoricamente può arrivare al 50% ma che in pratica non supera quasi mai il 30%.
- La bassa potenza in uscita che condiziona l'utilizzo di diffusori con una grande sensibilità per avere livelli sonori accettabili.

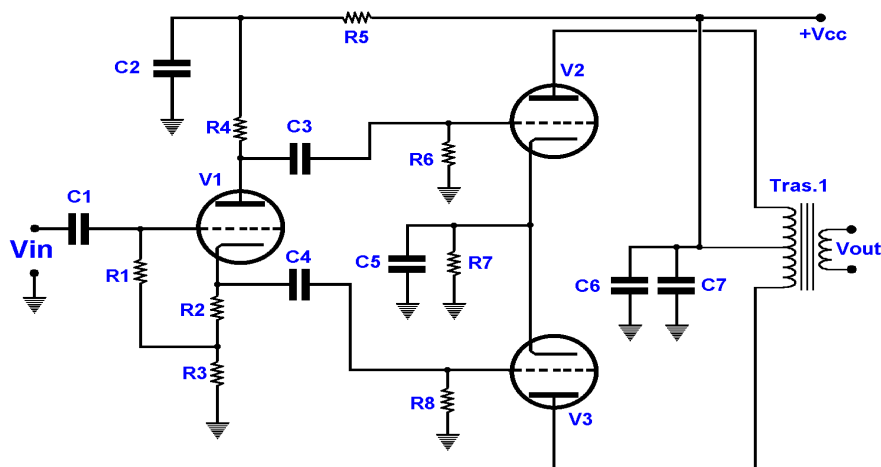
### Amplificatore Controfase o Push-Pull

Push-Pull si traduce letteralmente in "spingi e tira".

Questa tipologia di amplificatori è costituita nella parte finale da due tubi uguali che lavorano in modo alternato ed amplificano due segnali uguali ma sfasati di  $180^\circ$ , ricomponendoli con il trasformatore di uscita.

In pratica attraverso uno stadio invertitore di fase che precede quello finale, vengono creati due segnali sfasati di  $180^\circ$  ed a turno i finali li amplificano per poi sommarli sul primario del trasformatore di uscita.

Da questi amplificatori si riescono ad ottenere potenze considerevoli ed offrono un rendimento medio alto potendo lavorare in classe "AB". Sono più complessi da realizzare, in quanto hanno uno stadio, come detto già prima quello invertitore di fase, in più rispetto ai single ended ed introducono una distorsione detta "di incrocio" quando il segnale passa per lo zero, per cui vi è la commutazione nell'utilizzo dei due dispositivi finali, per questo motivo è quasi sempre necessaria la reazione negativa.



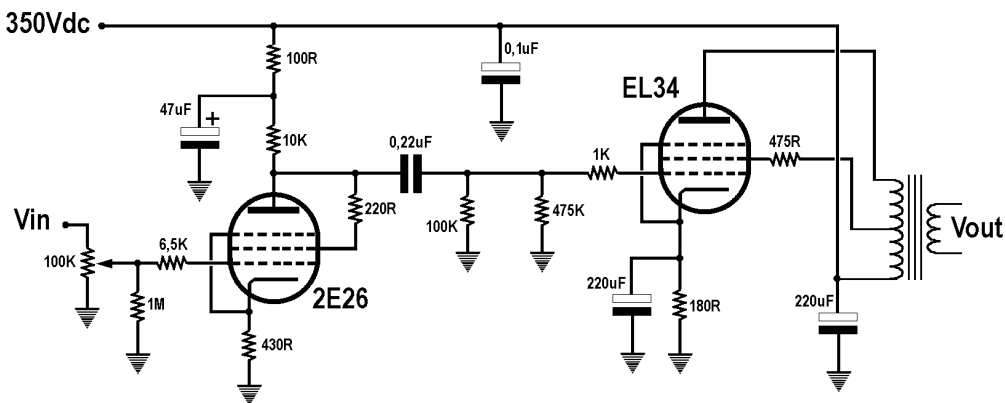
Con questa tipologia di amplificatore si possono ottenere potenze in uscita abbastanza grandi da pilotare anche casse acustiche poco sensibili, tuttavia si tratta di una delle configurazioni più critiche per quello che riguarda la distorsione specie se si usa una polarizzazione in classe "AB" in quanto ogni valvola finale amplifica solo una semionda.

In questo caso nel momento in cui si passa da una semionda alla successiva vi è una particolare distorsione detta di crossover che va attenuata aumentando la controreazione.

Ovviamente aumentando la corrente di riposo delle valvole finali si può fare in modo che lavorino ambedue in classe "A", in questo caso il problema è il rendimento e la dissipazione di potenza in assenza di segnale in ingresso che complica lo smaltimento del calore prodotto e l'alimentatore che deve fornire sempre la massima potenza.

In questo tipo di amplificatore il segnale viene ricomposto dal trasformatore finale, il flusso magnetico a riposo in quest'ultimo è zero in quanto le forze magnetomotrici prodotte dai due primari si elidono.

### Amplificatore Ultralinearare



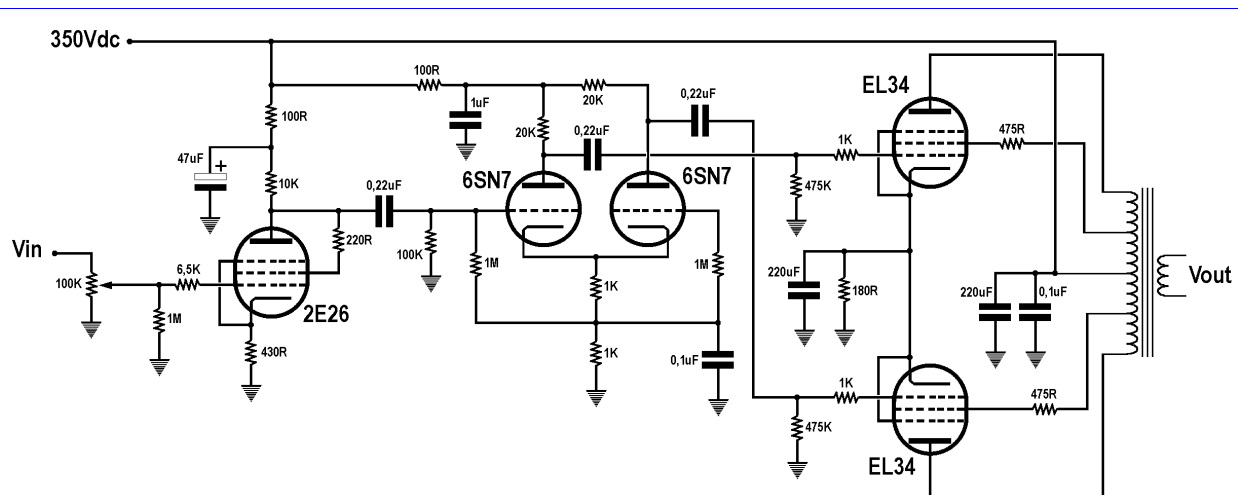
Si tratta di una particolare configurazione ottenibile solo con i pentodi in cui la griglia schermo viene collegata ad una presa intermedia del trasformatore di uscita in modo tale che la tensione della griglia schermo sia variabile ed insegua il valore della tensione di placca.

Questo implica un rendimento alto e un comportamento che è una via di mezzo fra quello di un pentodo classico e quello di un triodo, nell'intenzione di sfruttare il meglio delle caratteristiche delle due tipologie di valvole (triode e pentodo).

La configurazione ultralinearare si può adottare sia per un finale single-ended che push-pull.

Nel disegno a lato un amplificatore single-ended ultralinearare completo.

La griglia schermo è collegata ad una presa intermedia del trasformatore di uscita.



Nel disegno sopra un amplificatore push-pull ultralinearare completo.

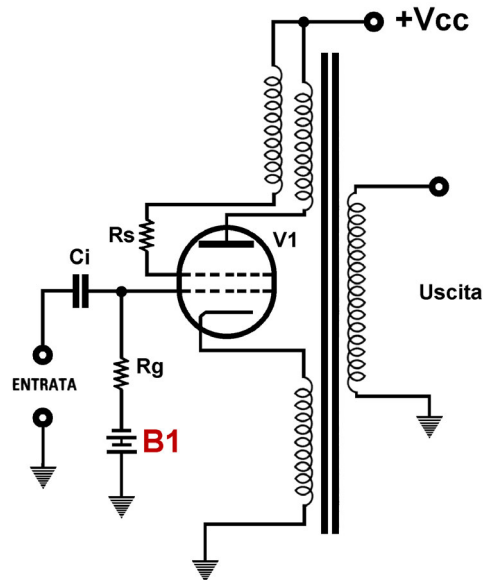
La griglia schermo è collegata ad una presa intermedia del trasformatore di uscita (una per ogni valvola finale che compone la configurazione push-pull o controfase che dir si voglia).

### Amplificatore in configurazione Unity-coupled di Macintosh (Circuito brevettato)

## McIntosh Laboratory)

Si tratta di una configurazione molto particolare, il circuito a sinistra è la versione single-ended derivata da questa configurazione.

In realtà questa versione non è stata presa in considerazione da Frank McIntosh, i disegni di corredo alla richiesta di brevetto contemplavano solo la versione push-pull.

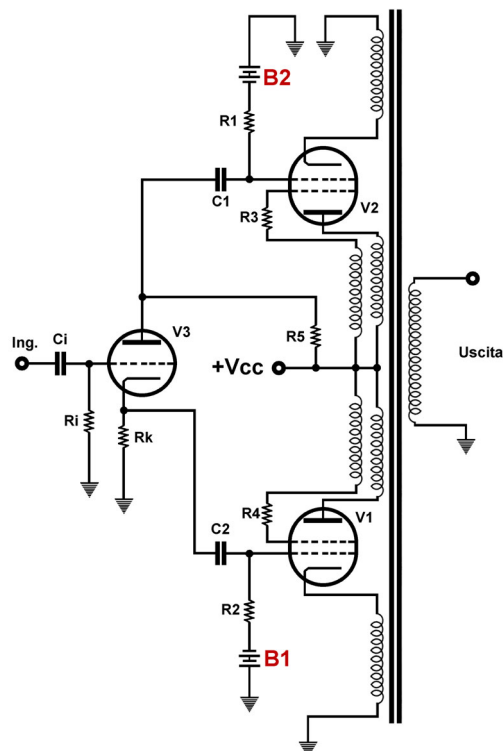


La complessità del trasformatore adattatore di impedenza è notevole, questo circuito garantisce una banda passante molto ampia.

Lo stesso Frank McIntosh lo ha denominato Wide Band Amplifier (amplificatore a larga banda).

Lo abbiamo riportato per l'originalità della soluzione che prevede un collegamento della valvola doppio, sia come inseguitore catodico che come amplificatore a catodo comune con guadagno unitario.

Un terzo avvolgimento è collegato alla griglia schermo emulando una configurazione ultralineare utilizzando un avvolgimento del trasformatore dedicato alla funzione.



A sinistra un amplificatore in configurazione Unity-coupled di Macintosh nella versione push-pull.

Questo esempio è realizzato utilizzando dei tetrodi ma concettualmente nulla cambia utilizzando dei pentodi.

Questo circuito è completo di invertitore di fase realizzato con un triodo.

Il trasformatore adattatore di impedenza ha ben sette avvolgimenti che diventano di più se si prende in considerazione che il secondario normalmente è composto a sua volta da più avvolgimenti per modificare l'impedenza di uscita e adattarla a vari carichi.



## Bi-Amplificazione o Amplificazione a separazione di toni

### Di cosa si tratta:

Si tratta di un amplificatore che ha all'ingresso un separatore di toni e due amplificatori distinti, uno per i bassi e uno per gli acuti.

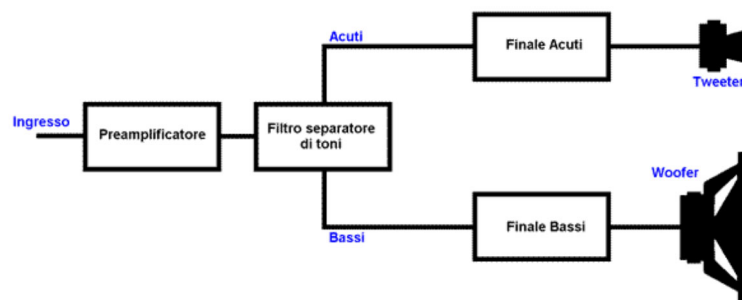
Questo ovviamente per ogni canale, quindi un amplificatore stereo sarà composto da quattro amplificatori.

### Amplificatore convenzionale a separazione di toni

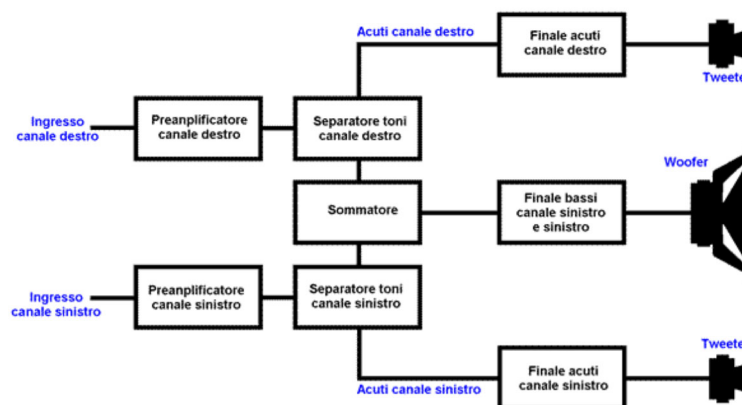
Amplificatori distinti per bassi e acuti con separatore di toni che li pilota.

Nella versione stereo questo circuito viene replicato due volte.

In qualche caso il tutto si trova sottoforma di cassa amplificata, tutta la circuiteria è inglobata nella stessa.



### Amplificatore a separazione di toni con canale centrale per bassi



Amplificatore stereo in configurazione con unico amplificatore per i bassi.

Questo è giustificato dalla bassa direttività delle frequenze basse che possono essere riprodotte da un unico diffusore centrale.

In questo caso il separatore di toni è collegato ad un circuito sommatore, che somma i bassi che escono da ambedue i canali e li invia ad un unico amplificatore per i bassi, mentre i toni medi-acuti vengono amplificati separatamente e inviati a casse indipendenti.

Questo apre molte possibilità, come ad esempio usare un amplificatore push-pull di grande potenza per il canale centrale e due amplificatori di bassa potenza single-ended per i due canali medi-acuti.

Quindi grande potenza per i bassi con un trasformatore di uscita abbastanza piccolo e piccola potenza per i medio-alti con un trasformatore di uscita sempre piccolo.

Pochi buchi di impedenza sui diffusori a vantaggio della linearità e purezza del suono.

Occorrono diffusori progettati appositamente.

### Vantaggi e svantaggi di questo tipo di approccio

I vantaggi sono molteplici:

- Possibilità di avere amplificatori ottimizzati per una banda di frequenza più stretta, con filtri con pendenza molto ripida e con rotazioni di fase limitate.
- Possibilità di pilotaggio delle casse senza crossover molto complessi, a tutto vantaggio di una più grande prevedibilità del carico, senza buchi di impedenza.
- Possibilità di usare un unico amplificatore per i bassi che pilota una cassa priva di crossover, quindi senza i tipici problemi di impedenza variabile che introducono i filtro crossover, quindi un maggior adattamento di impedenza, un miglior trasferimento di potenza ed un miglior fattore di smorzamento.

Ma anche gli svantaggi:

- Maggior costo.
- Maggiore complessità circuitale.

## Amplificatori OTL

### Indice Argomento Corrente

<b>1) Configurazione SRPP (acronimo di Shunt Regulated Push Pull)</b>
<b>2) Configurazione Inseguitore Catodico Push-Pull</b>
<b>3) Configurazione Single Ended Push-Pull (SEPP)</b>
<b>4) Configurazione Futterman</b>
<b>5) Configurazione Circlotron</b>
<b>6) Scelta dei tubi termoionici per la realizzazione di un OTL</b>
<b>7) Julius Futterman</b>

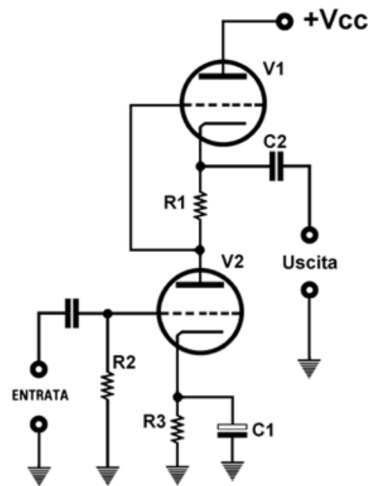
Un OTL, o Output Transformer Less (in italiano "Amplificatore senza Trasformatore di Uscita") è un amplificatore elettronico.

Nonostante la definizione generica che potrebbe adattarsi anche ai componenti allo stato solido, è tipicamente a valvole, in cui le valvole termoioniche dell'amplificatore sono direttamente accoppiate al carico senza un trasformatore di accoppiamento per adattare l'impedenza.

Questo permette di evitare la distorsione del trasformatore (che è anche il componente più pesante e costoso dell'amplificatore) ma introduce altri problemi, soprattutto progettuali.

La via per collegare l'amplificatore direttamente al carico porta ad abbassare l'impedenza di uscita dell'amplificatore tramite soluzioni circuitali particolari, valvole termoioniche particolari e, se possibile, contemporaneamente ad aumentare l'impedenza del carico (casse ad alta impedenza) usando, ad esempio, dei diffusori elettrostatici.

### Configurazione SRPP (acronimo di Shunt Regulated Push Pull)



Si tratta di un tipo di circuito usato nei primi amplificatori OTL.

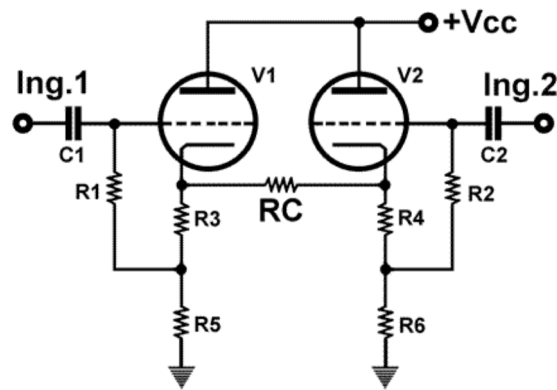
Sul catodo di V1 a riposo abbiamo una tensione che è  $+V_{cc}/2$ .

Questo circuito è veramente elegante nella sua semplicità, quando il segnale rende la griglia di V2 meno negativa e V2 conduce di più, passa più corrente, ai capi di R1 la tensione aumenta e, quindi anche la tensione negativa sulla griglia di V1 che viceversa tende a condurre di meno.

Questo circuito si comporta in definitiva come un push-pull.

E' possibile ovviare al condensatore C2 con una alimentazione duale.

### Configurazione Inseguitore Catodico Push-Pull



Con riferimento al disegno sopra, agli ingressi Ing.1 e 2 viene applicata una tensione sfasata di  $180^\circ$  che ritroviamo poi ai capi del carico (RC).

Se le due valvole termoioniche sono uguali, ai capi del carico, in condizione di riposo la tensione è nulla.

La simmetria del circuito è perfetta e la distorsione è molto bassa.

Unico problema, l'impedenza di uscita è abbastanza alta.

Un amplificatore realizzato con questa configurazione usando ad esempio delle 6C33C-B a coppie in parallelo (4 totale) darebbe in uscita su  $8\Omega$  una potenza massima di 2,5 Watt.

Potenza in assoluto bassa che potrebbe anche bastare con dei diffusori con una efficienza molto alta.

Da notare che se l'impedenza di carico RC raddoppia e passa da  $8\Omega$  a  $16\Omega$  la potenza massima raddoppia (ovviamente adattando anche i valori di R3-R5 e R4-R6), questo perché l'adattamento di impedenza migliora fino a che l'impedenza del carico non diviene uguale alla resistenza anodica della valvola.

In pratica l'amplificatore per valori di resistenza anodica molto maggiori di quella di carico si comporta come un generatore di corrente, essendo la potenza  $W=RC \times I^2$  al raddoppiare di RC raddoppia la potenza.

Come si determina la potenza massima ottenibile sul carico? Basta determinare la massima corrente che la valvola è in grado di erogare, in questo caso  $560 \text{ mA} \times 2$  (il numero delle valvole in parallelo), quindi  $1120 \text{ mA} = 1,12 \text{ A}$ .

Questa è la corrente massima che può attraversare il carico.

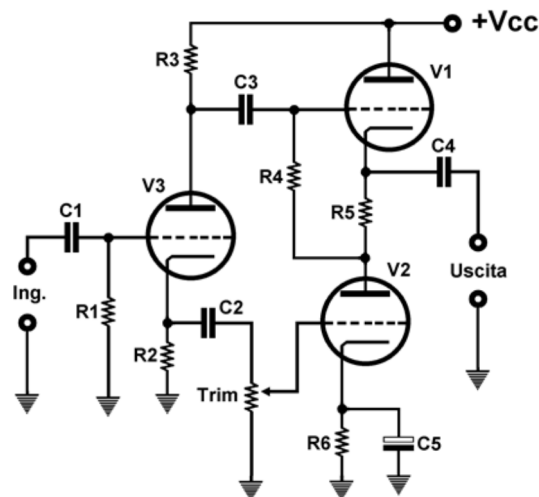
La corrente efficace tenendo conto di una sinusoide come segnale da amplificare è  $I_{\text{eff}}=1,12/1,41=0,79 \text{ A}$ .

Tenendo conto di un carico di  $8\Omega$  la potenza massima è data  $W_{\text{eff}}=8 \times 0,79 \times 0,79=5 \text{ Watt}$ .

Tenendo conto che in parallelo e in serie a RC (alternativamente in funzione del segnale) abbiamo R3-R5 e R4-R6 per ottenere il miglior trasferimento di potenza siamo costretti a dimensionarle di valore uguale a RC quindi avremo un consumo di potenza di almeno il 50%.

Quindi la potenza sul carico scende a 2,5Watt.

### Configurazione Single Ended Push-Pull (SEPP)



Questo amplificatore ha come vantaggio un miglior adattamento di impedenza per quello che riguarda il carico, ma anche una difficile taratura, in quanto è fortemente asimmetrico.

Per sommi capi la valvola V1 vede il carico come se fosse collegata come inseguitore catodico, quindi con una amplificazione massima che è 1, mentre V2 vede il carico come se fosse collegata nella configurazione a catodo comune, quindi con una amplificazione maggiore di 1.

Questo implica che il segnale in ingresso a V2 debba essere tarato con in trimmer (Trim) in modo che il risultato finale sia che l'uscita delle due valvole sia perfettamente uguale.

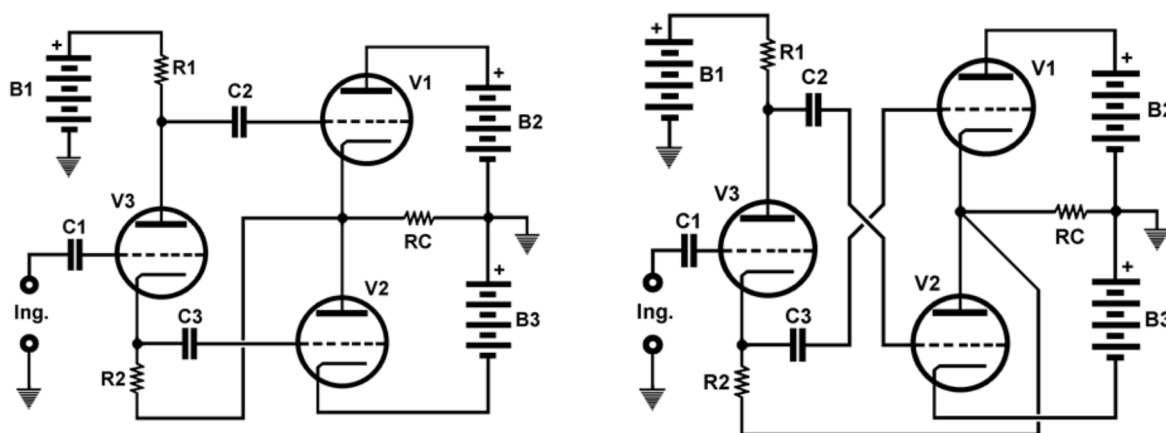
In pratica Trim attenua quanto la valvola V2 amplifica.

Purtroppo in questa configurazione è necessaria una alimentazione duale, oppure il condensatore di disaccoppiamento C4 che funge anche da alimentazione fittizia per la valvola V2 quando V1 conduce meno di V2.

Anche in questo caso valgono le considerazioni relative alla potenza erogata in uscita che abbiamo visto per la Configurazione Inseguitore Catodico Push-Pull, ma con la miglioria che non ci sono carichi concorrenti alla resistenza di carico, quindi tutta la potenza (5Watt in relazione al caso precedente) la ritroviamo in uscita sul carico.

Si tratta a tutti gli effetti della configurazione SRPP migliorata, in cui anche la valvola V1 viene pilotata in modo diretto dal segnale da amplificare.

### Configurazione Futterman



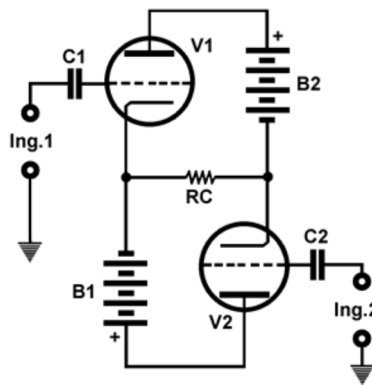
Amplificatore Futterman Classico

Amplificatore Futterman Modificato

L'amplificatore di Futterman è una evoluzione del Single Ended Push-Pull, risolve il problema del diverso pilotaggio dei due triodi in cui uno è collegato come inseguitore catodico e l'altro a catodo comune. Egli propose che la resistenza di catodo dell'invertitore di fase fosse messa a terra attraverso il carico, piuttosto che direttamente, come sarebbe stato più logico fare. Questo comporta una reazione

negativa sull'invertitore tale da rendere simmetrico il pilotaggio delle valvole finali.

### Configurazione Circlotron



A sinistra lo schema di principio di un amplificatore Circlotron.

Questo schema è esattamente simmetrico, a costo di una notevole complicazione del circuito di alimentazione.

Gli ingressi Ing.1 e 2 hanno un segnale sfasato di  $180^\circ$  che viene da un invertitore di fase, tutte e due le valvole lavorano allo stesso modo nella configurazione ad inseguitore catodico.

Questa configurazione circuitale è stata utilizzata nell' Electro-Voice Circlotron del 1955, ma non fu mai applicata in un OTL commerciale fino a che Atma-Sphere Music Systems ha prodotto il modello MA-1 alla fine del 1980.

Se volete vedere la configurazione OTL portata al suo massimo sviluppo vi consiglio di andare a vedere il sito di Atma-Sphere Music Systems.

### Scelta dei tubi termoionici per la realizzazione di un OTL

Semplicemente occorrono delle valvole termoioniche in grado di gestire un'alta corrente, con una impedenza interna bassa.

Le valvole normalmente impiegate nelle soluzioni commerciali sono triodi progettati inizialmente per essere usati negli alimentatori valvolari stabilizzati come regolatore serie.

Per avere un'idea dello stato dell'arte potete guardare le caratteristiche della famosa Sovtek 6C33C-B, un triodo di potenza.

Nata come valvola militare dopo il crollo dell'unione sovietica e ora disponibile a buon prezzo.

Molto simile nelle prestazioni a 6336A, ma molto più economica, questa valvola è costruita come un carro armato con il vetro di notevole spessore e rinforzi interni per ridurre la microfonicità.

Si è rapidamente affermata come valvola finale preferita dai progettisti OTL di tutto il mondo.

### Julius Futterman

Julius Futterman fu il primo progettista ad interessarsi seriamente di OTL con l'idea di migliorare le caratteristiche degli amplificatori audio eliminando il trasformatore di uscita.

L'idea che l'OTL rappresentasse una eccellente configurazione per un amplificatore fece nascere il progetto iniziale nell'anno 1954 e fu la prima configurazione OTL ad essere resa anche commerciabile.

L'evoluzione del design OTL seguì l'avanzare della potenza e della qualità delle valvole realizzate dai vari costruttori.

La prima valvola di potenza ad essere utilizzata allo scopo fu la 12B4, in origine realizzata come finale per autoradio.

Una delle ultime versioni impiega invece le 6LF6, ovvero la più famosa e generosa valvola utilizzata per la scansione orizzontale degli apparecchi televisivi.

La sua posizione di unico progettista di rilievo di amplificatori valvolari OTL, concesse a Futterman l'accesso privilegiato ad una vastissima serie di valvole non appena queste vedevano la luce,



applicandole all'evoluzione continua dei propri amplificatori.

All'epoca il problema era la durata e l'affidabilità, avendo molte valvole in parallelo per abbassare l'impedenza di uscita il tempo medio fra un guasto e l'altro si abbassava a livelli preoccupanti (MTBF di una valvole/numero delle valvole), questo tipo di amplificatore al giorno d'oggi con l'evoluzione delle tecnologie produttive risulta sufficientemente stabile e duraturo.

Dopo la piccola produzione commerciale di apparecchi OTL di prima concezione, solamente dopo la morte di Futterman la Harvey Rosenberg portò la configurazione OTL ad una produzione su più larga scala.

Questi amplificatori in passato non arrivarono mai ad una diffusione rilevante.

## Altoparlante

Tutte le tipologie di altoparlanti con una breve trattazione dei principi fisici coinvolti nel funzionamento.

L'intento è quello di dare una infarinatura generale sul funzionamento dei trasduttori elettro-acustici per spunti di ricerca futuri.

### Altoparlante: prefazione

Questa sezione è un po' fuori tema visto l'argomento trattato, tuttavia abbiamo ritenuto opportuno fare una trattazione di questi dispositivi in quanto la loro tipologia e le loro caratteristiche influenzano la progettazione delle casse acustiche e di conseguenza degli amplificatori finali, in modo determinante.

Quindi con l'intento di rendere una visione d'insieme il più completa possibile li trattiamo in questo capitolo.

La trattazione che faremo sarà abbastanza approfondita, reputiamo fondamentale comprendere correttamente il funzionamento di questi dispositivi, nell'ottica della progettazione degli amplificatori che li devono pilotare.

Questo capitolo è fondamentale per comprendere il funzionamento delle casse acustiche (che tratteremo in un altro capitolo) che comportano un ulteriore grado di complessità per la presenza di più altoparlanti (normalmente due, tre o più) e di un filtro separatore di toni (filtro crossover).

Per le tipologie di altoparlante meno diffuse accenneremo il meccanismo di funzionamento, difficilmente vi capiterà di doverli impiegare e tanto meno progettare un amplificatore che li pilota, tuttavia è d'obbligo almeno sapere che esistono e comprenderne a sommi capi i principi di funzionamento.

Quando affrontate il tema diffusori tenete ben presente che si tratta di un sistema non reazionato, quindi la linearità del sistema non può essere corretta così come non possono essere corrette le distorsioni.

La linearità è una caratteristica intrinseca del sistema che dipende solo dalla buona progettazione e realizzazione degli altoparlanti e delle casse acustiche, non dimenticando dove è presente, anche il filtro crossover a complicare il tutto.



Esempio di altoparlante inserito sulla scheda madre di un pc.

### Altoparlante: di cosa si tratta

L'altoparlante è l'ultimo anello della catena di amplificazione, il trasduttore che converte il segnale elettrico amplificato in onde sonore.

Sono realizzati da un motore lineare che muove una membrana che a sua volta muove l'aria producendo onde sonore proporzionali alla potenza elettrica impiegata.

Le caratteristiche dell'altoparlante, come la massa della membrana, la sensibilità, il rendimento e l'impedenza influenzano la progettazione degli amplificatori finali.

Normalmente l'altoparlante è una macchina elettrica reversibile ovvero trasforma una grandezza elettrica in suono ma anche viceversa.

Quindi gli altoparlanti possono essere usati come microfoni, anche se ovviamente non sono costruiti con questo intento e in questo tipo di utilizzo normalmente non sono il massimo.

### Limiti intrinseci dell'altoparlante

L'altoparlante è una macchina elettrica sulla quale è impossibile (almeno per ora) introdurre un sistema di feedback, ovvero non vi è la possibilità di introdurre una reazione tale da compensare problemi di distorsione o linearità.

Quindi è un sistema in anello aperto non controreazionato e deve essere quindi intrinsecamente lineare e realizzato a regola d'arte.

### Altoparlante: cenni storici

La nascita dell'altoparlante è stata una diretta conseguenza della nascita del telefono.

Uno dei primi dispositivi assimilabili ad un altoparlante fu infatti inserito da Johann Philipp Reis (prima ancora di Alexander Graham Bell ) nel suo telefono nel 1861.

L'altoparlante con la bobina mobile immersa in un campo magnetico si deve a Oliver Joseph Lodge ed è datato 1898.

La prima applicazione pratica dell'altoparlante a bobina mobile risale al 1915 si deve a Peter L. Jensen e Edwin Pridham.

I primi altoparlanti di questo tipo erano elettrodinamici, ovvero il campo magnetico fisso era prodotto da una bobina percorsa da corrente (detta bobina di campo) in quanto all'epoca non erano disponibili grossi magneti ad un prezzo basso.



Sopra due foto dello stesso altoparlante telefonico, ricavato da un telefono di tipo attuale.

Si può notare la membrana in plastica (trasparente) per resistere all'umidità (il telefono era un cordless).

Grazie alla trasparenza della membrana si può intravedere l'avvolgimento della bobina mobile.

L'impedenza di questo altoparlante (vedi scritta sul retro, nella foto a sinistra) è insolitamente alta per un altoparlante (32  $\Omega$ ) mentre la potenza è abbastanza ridotta (0,25Watt).

Del resto lavorando molto vicino all'orecchio non serve molta potenza.

### Altoparlante: varie tipologie in funzione della frequenza riprodotta

In linea di massima un altoparlante non è in grado di riprodurre l'intero spettro delle frequenze udibili, a parte la tipologia detta "full range" che si propone esplicitamente questo scopo.

Ciò perché per riprodurre le frequenze alte è necessario muovere poca aria ma con elevati valori di accelerazione e quindi occorre un diffusore piccolo e leggero dotato di una membrana leggera, con una massa ridotta al minimo.

Viceversa per riprodurre le frequenze basse è necessario muovere volumi d'aria sempre maggiori man mano che diminuisce la frequenza e quindi occorre un diffusore grande e capace di una ampia escursione e di un notevole diametro.

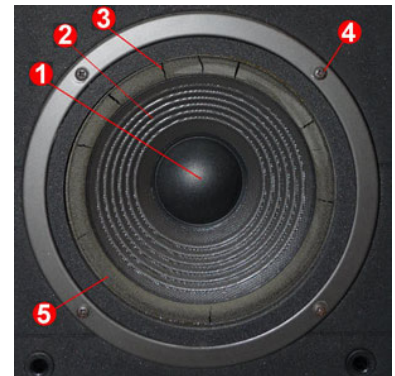
Per riprodurre correttamente l'intero spettro udibile è conveniente devolvere il compito della riproduzione delle principali bande di frequenza (bassa, media e alta) a singoli altoparlanti dedicati realizzati con specifiche diverse (sub-woofer, woofer, medi, tweeter e super-tweeter).

Un'eccezione a quanto detto finora sono gli altoparlanti a larga banda che sono progettati per riprodurre tutta la gamma delle frequenze acustiche.

A destra la foto di un Woofer con sospensione della membrana in foam.

1) Parapolvere 2) Membrana 3) Crepa nella sospensione in foam della membrana probabilmente dovuta all'invecchiamento del materiale, 4) Vite di Fissaggio 5) Sospensione della membrana.

Questo altoparlante è stato preso da una cassa acustica a 2 vie quindi viene impiegato nel ruolo di mid-woofer ed è stato realizzato con una membrana a rigidità differenziata (da notarsi i cerchi concentrici sulla membrana tipici di questa soluzione).



In linea di massima in funzione della frequenza riprodotta abbiamo dunque i seguenti tipi con le relative frequenze riprodotte (le frequenze sono puramente indicative):

- SubWoofer (da 20 a 120Hz)
- Woofer (da 120 a 2KHz)
- MidWoofer (80-4500Hz)
- MidRange (da 2-3KHz a 6-10KHz)
- Tweeter (da 6-8Khz a 16-20Khz)
- SuperTweeter (oltre i 18KHz)
- Full Range (altoparlanti a larga banda che coprono completamente il range delle frequenze udibili).

In genere per aumentare l'estensione verso le alte frequenze della banda si utilizzano degli artifici, come la membrana a rigidità differenziata o il doppio cono solidale con la bobina mobile.

Sotto a destra la prima foto è di un tweeter a cupola in titanio della JBL.

Il titanio è usato per la membrana a cupola in quanto straordinariamente leggero e rigido allo stesso tempo.

La seconda foto sotto a sinistra ritrae un woofer da 15" e 200Watt di potenza RMS (400Watt di picco)

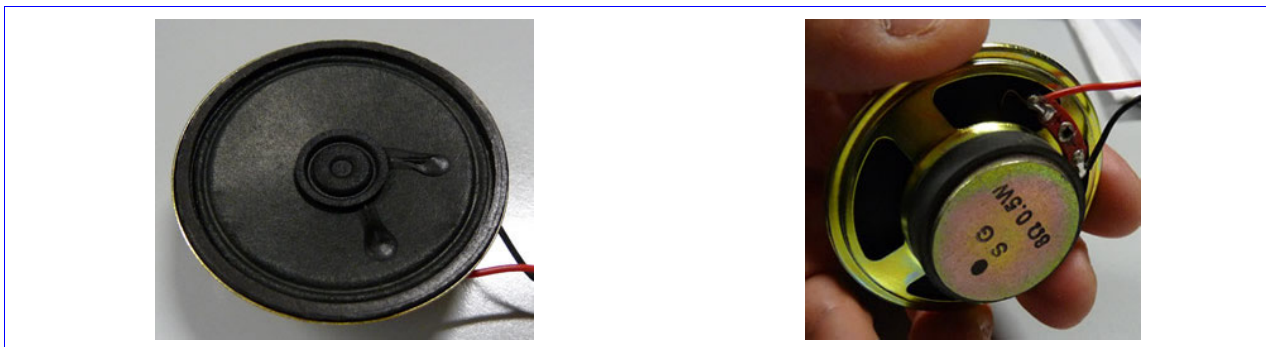


### Altoparlante: varie tipologie in funzione del tipo di motore lineare impiegato

Gli altoparlanti in funzione del principio fisico usato per produrre la forza che muove l'aria si possono dividere nelle seguenti categorie, messe in ordine di diffusione sul mercato:

- Altoparlanti magnetodinamici
- Altoparlanti elettrodinamici
- Altoparlanti elettrostatici

- Altoparlanti piezoelettrici
- Altoparlanti a nastro
- Air motion transformer (Oskar Heil)
- Altoparlanti a plasma di gas



In realtà il mercato è dominato dal primo tipo menzionato ovvero gli altoparlanti magnetodinamici (di cui si può vedere un esempio nell'immagine sopra sulla destra che ritrae la parte posteriore e sopra sulla sinistra la parte anteriore di un altoparlante di piccole dimensioni e di basso costo) nei quali il motore lineare è costituito da un magnete permanente di grande potenza, quasi sempre in ferrite, e da una bobina mobile percorsa dalla corrente del segnale che vogliamo trasdurre immersa nel campo magnetico del magnete permanente.

La sospensione della membrana è realizzata piegando la stessa carta impregnata della membrana.

### Impedenza degli altoparlanti magnetodinamici

In questo caso si parla di impedenza perché un altoparlante magnetodinamico è un carico reattivo, costituito dalla pura resistenza della bobina mobile e della induttanza dovuta alla stessa bobina mobile.

Quindi l'impedenza varia con la frequenza con proporzione diretta e in genere il valore riportato è relativo ad una frequenza di 1Khz.

Il caso più comune per diffusione è l'altoparlante per uso automobilistico, caratterizzato da una impedenza di  $4\Omega$ , una impedenza così bassa è stata scelta per migliorare la resa in potenza con l'alimentazione tipica delle autoradio e degli amplificatori da auto di 12Volt.

Gli altoparlanti per uso diverso, come per esempio negli impianti hi-fi hanno in genere una impedenza di  $8\Omega$ .

In casi molto rari si possono trovare altoparlanti con impedenza di 16, 32 o  $64\Omega$  (normalmente per impieghi particolari).

Poi ci sono dei casi unici come i PHILIPS AD9710/AM da  $800\Omega$ , full range realizzati negli anni '60 e nati per essere pilotati da amplificatori valvolari OTL.

### Altoparlante magnetodinamico



Sopra un esempio di altoparlante magnetodinamico ellittico di piccole dimensioni e di basso costo, comunemente impiegato in radio o apparati senza troppe pretese.

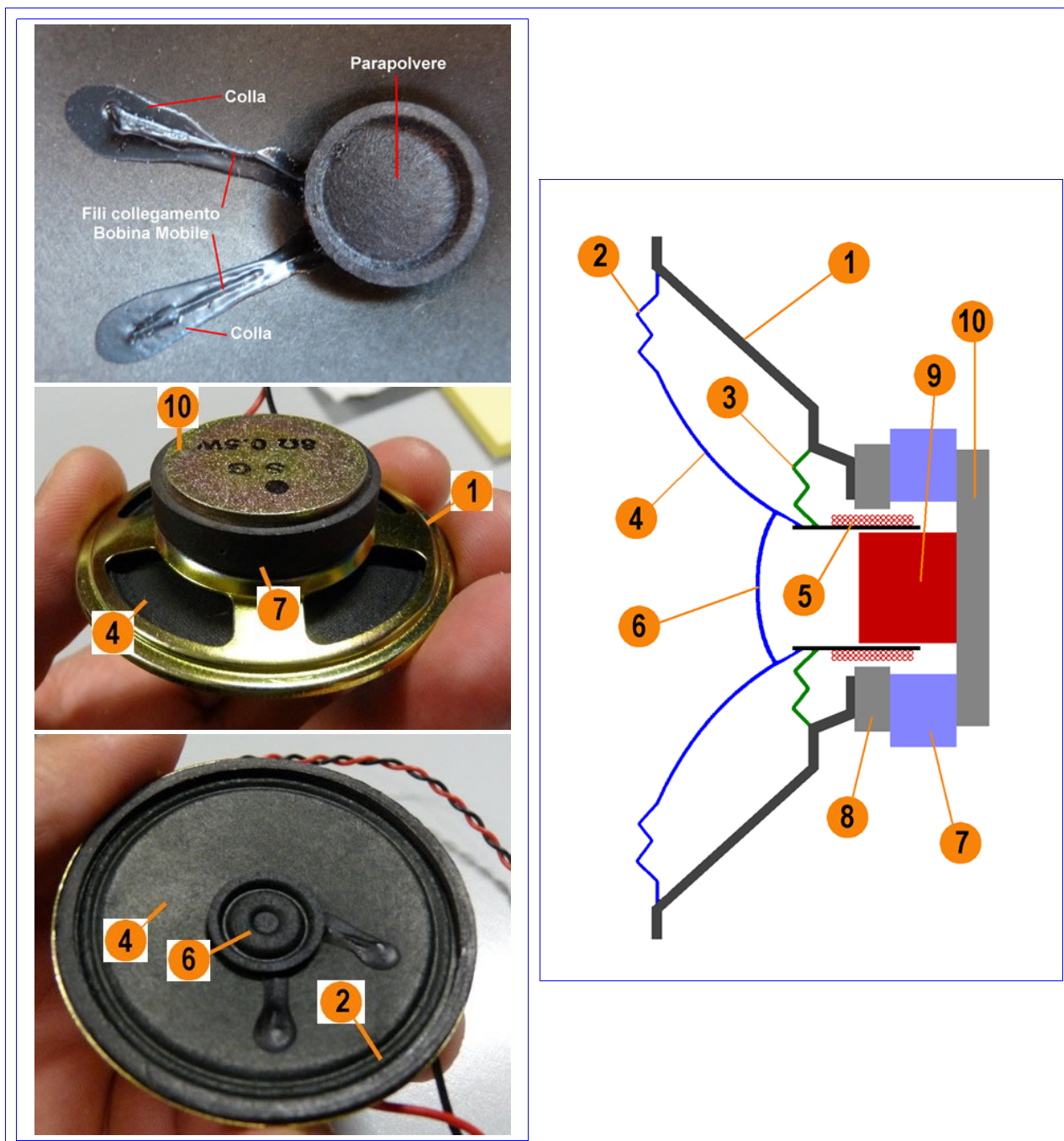
La sospensione della membrana è realizzata in tela impregnata come del resto anche la membrana stessa (sono ricavare da un pezzo unico per stampaggio).



NOTA: i terminali dietro l'altoparlante sono contrassegnati da due simboli (+ e -) oppure da un puntino che può essere di vari colori (in genere rosso) che contrassegna il polo positivo.

Questo serve, in caso si usino più altoparlanti per metterli in fase, in modo che si muovano tutti in modo sincrono quando alimentati (in pratica applicando il polo positivo di una batteria al + dell'altoparlante la membrana deve muoversi in fuori ovvero produrre una pressione, viceversa invertendo la polarità deve produrre una depressione).

Di solito la resistenza della bobina mobile di un altoparlante di questo tipo è di  $4\Omega$  per i modelli destinati ad essere montati su apparati mobili e auto e  $8\Omega$  per tutti i modelli destinati alle casse acustiche da casa.



### Struttura di un altoparlante magnetodinamico

Con riferimento alle immagini sopra:

1) Cestello: Si tratta della struttura portante di tutto l'altoparlante, su di esso sono fissati sia il magnete che la parte mobile.



Sulla circonferenza esterna sono di solito presenti dei fori di fissaggio che servono per fissarlo con delle viti alla struttura della cassa acustica.

Normalmente è realizzato per stampaggio con lamiera d'acciaio o in alluminio pressofuso.

Deve essere il più rigido e indeformabile possibile ed esente da risonanze.

2) Sospensione della membrana: la sua funzione è quella di ancorare la membrana al cestello permettendone il movimento e mantenendola perfettamente centrata.

Costituisce una sorta di molla che riporta la membrana nella zona di riposo in assenza di segnale applicato alla bobina.

In queste funzioni lavora in sinergia con il centratore.

E' realizzata in diversi materiali come foam, gomma, tessuto o carta gommata.

Non deve permettere il passaggio di aria.

Ha una durata che di solito è compresa fra i 10 e i 20 anni, poi va sostituita.

Quando è nuova è più rigida e l'altoparlante per funzionare al meglio deve essere sottoposto a rodaggio.

3) Centratore: il centratore collabora con la sospensione della membrana per mantenere la bobina mobile perfettamente centrata sul traferro, in modo da non avere interferenze meccaniche che porterebbero al danneggiamento della bobina mobile per sfregamento sul polo centrale.

L'effetto molla del centratore e della sospensione della membrana determina un parametro dell'altoparlante detto "cedevolezza" che insieme alla massa mobile determina la frequenza di risonanza dell'altoparlante.

4) Membrana: la membrana è praticamente il diaframma che spostandosi determina la compressione e la rarefazione dell'aria, in altre parole con il suo movimento crea le onde sonore.

La membrana deve essere leggera, rigida e smorzata (per non innescare effetti di risonanza) ed è realizzata in carta, fibra di carbonio, grafite polimerica e anche fibra di legno.

E' la parte che più ha risentito dell'evoluzione dei materiali.

La forma, il peso e le dimensioni unitamente alla rigidità determinano la risposta in frequenza dell'altoparlante e la banda passante.

Negli altoparlanti a range esteso, che cioè possono riprodurre una più ampia gamma di frequenze la membrana ha una rigidità differenziata in modo che alle frequenze più alte si muova solo la parte centrale che è più morbida, quella direttamente collegata alla bobina mobile.

5) Bobina mobile: e' costituita da un supporto su cui è avvolto un filo di materiale conduttore isolato.

La parte portante può essere realizzata in carta, fibra di vetro o altre fibre, sempre di materiale rigorosamente isolante.

L'avvolgimento normalmente è di rame smaltato di sezione molto fine, gli estremi dell'avvolgimento sono ancorati alla membrana con colla o resina e poi collegati con delle cordine flessibili in rame ai morsetti elettrici dell'altoparlante.

Il nome "bobina mobile" si deve al fatto che è in grado di muoversi e si sposta in funzione della corrente e del verso della corrente che la attraversa, producendo un campo magnetico che interagisce con quello fisso generato dal magnete.

6) Parapolvere: si tratta di una copertura a forma di calotta che evita il passaggio di polvere che potrebbe depositarsi fra la bobina mobile e il nucleo centrale danneggiandoli.

7) Magnete: è il magnete permanente che genera il campo magnetico fisso che viene poi indirizzato dalle piastre polari e dal polo centrale che costituiscono un circuito magnetico.

E' fabbricato in ferrite o terre rare come neodimio e affini.

8) Piastra polare: realizza una parte del circuito magnetico, si affaccia sulla bobina mobile che di fatto si trova nel traferro fra piastra polare e nucleo centrale.

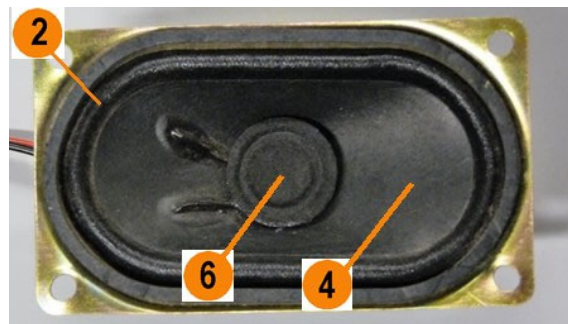
E' di materiale con alta permeabilità magnetica, di solito in ferro dolce.

9) Polo centrale: convoglia il flusso magnetico proveniente dalla piastra esterna verso la piastra polare,

è sormontato dalla bobina mobile.

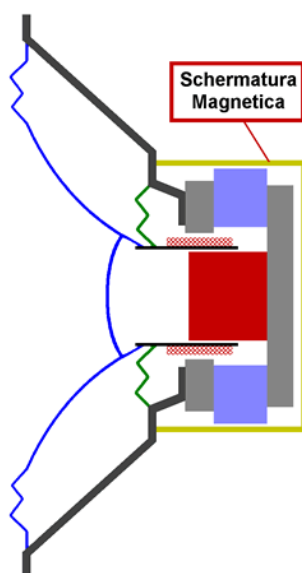
E' realizzato in materiale con alta permeabilità magnetica, di solito in ferro dolce.

10) Piastra esterna: Serve per chiudere il circuito magnetico, è di materiale con alta permeabilità magnetica, di solito in ferro dolce.



NOTA: Nella foto sopra sulla membrana (4) si notano solitamente due fili affogati in colla o resina. Sono i fili della bobina mobile che vanno da quest'ultima ai terminali dell'altoparlante, necessari per collegarlo all'amplificatore o, nel caso di un sistema a più vie, al filtro crossover.

Questi fili fanno solitamente capo ad una morsettiera posta sul lato posteriore, collegata ai fili visibili sulla membrana con un tipo di filo particolarmente flessibile di rame (per evitare che con l'andare del tempo sottoposto a continuo movimento si spezzi).



Ci sono alcuni altoparlanti che differiscono leggermente da quanto descritto in precedenza per la presenza di un anello di corto circuito magnetico in alluminio (Aluring) o altro materiale conduttore coassiale e solidale con la bobina mobile che serve come freno dinamico per avere un maggior controllo del movimento dell'altoparlante.

Nel caso dell'aluring si tratta di un brevetto Peerless.

Questi sistemi migliorano lo smorzamento ma peggiorano la resa dell'altoparlante (per fare un esempio è come guidare l'automobile con il freno azionato).

Nel disegno sopra: Un'altra caratteristica abbastanza comune negli altoparlanti impiegati in prossimità di dispositivi sensibili ai campi magnetici (come ad esempio i cinescopi delle televisioni vecchia maniera) è la schermatura magnetica (vedi disegno a destra), che consiste in una calotta di materiale con un'alta permeabilità magnetica posto a copertura del gruppo magnetico posteriore (magnete + piastra esterna).

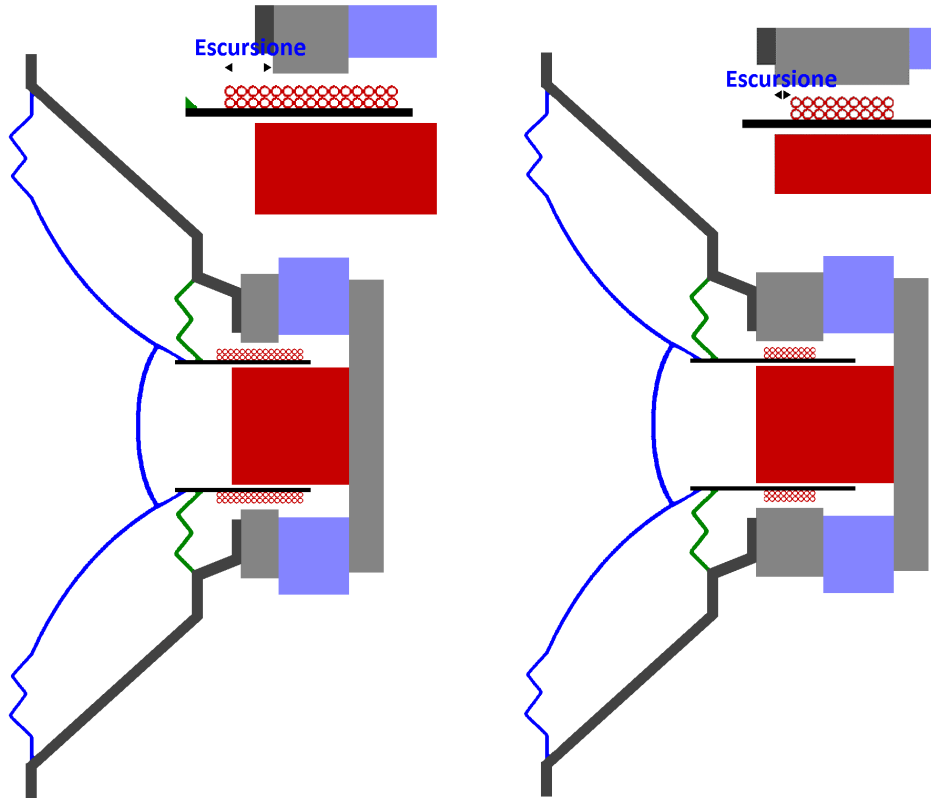
La funzione è quella di convogliare le linee di flusso magnetico generate dai campi magnetici dispersi in prossimità del magnete e della piastra esterna in modo che non possano interagire con dispositivi

esterni.

### Altoparlante magnetodinamico e massima escursione lineare

Negli altoparlanti magnetodinamici la sensibilità e la massima escursione lineare sono inversamente proporzionali.

Per rendersi conto di questo basta guardare il disegno sotto.



Nel disegno a sinistra la bobina è molto più lunga dell'espansione polare del traferro, l'escursione lineare si ha quando la bobina non fuoriesce dal traferro, in questo modo si fabbricano altoparlanti con una grossa escursione lineare, tipicamente woofer e subwoofer, tuttavia il campo magnetico che produce la parte della bobina fuori dal traferro non concorre a produrre spinta sulla membrana e quindi più la bobina è lunga più sporge dal traferro, maggiore sarà l'escursione lineare e minore sarà la sensibilità.

Quindi avremo un altoparlante meno efficiente.

Nel disegno a destra avremo l'opposto, tutta la bobina è nel traferro, l'escursione lineare massima avviene fino a che una parte della bobina non fuoriesce dal traferro, quindi sarà minore ma visto che tutto il campo magnetico che produce la bobina è nel traferro ed interagisce in modo massimale con il campo magnetico prodotto dal magnete permanente, la sensibilità sarà massima a costo di una minore escursione lineare.

Si può ovviare aumentando la lunghezza del traferro ma in questo modo la densità del flusso magnetico cala proporzionalmente e con questo la sensibilità.

In generale gli altoparlanti appositamente costruiti per chitarra elettrica ricadono in questa tipologia, hanno una grande sensibilità ma una modesta escursione lineare.

### Casi particolari: altoparlante magnetodinamico a doppia bobina

Si tratta di un altoparlante che ha due bobine mobili perfettamente uguali ed isolate fra loro avvolte sullo stesso supporto.

Si tratta di una speciale configurazione di solito utilizzata nei sub-woofer, in pratica le due bobine mobili fanno capo ai due canali dell'amplificatore stereo e sommano la potenza di questi due.

Questo per due motivi: 1) i bassi di solito sono in fase e presenti in egual modo sui due canali, 2) i bassi non sono direttivi, quindi possono essere riprodotti dalla stessa fonte perché non partecipano alla formazione dell'immagine sonora tridimensionale.

Una variazione sul tema consiste nell'usare due altoparlanti distinti ma accoppiati, praticamente montati uno di fronte all'altro, essendo a queste frequenze particolarmente basse ininfluenza la massa della parte mobile degli altoparlanti.

### **Note sulle particolarità costruttive degli altoparlanti magnetodinamici full range**

Come innanzi accennato per estendere verso le alte frequenze la gamma riprodotta da un altoparlante occorre soddisfare a due requisiti: l'altoparlante deve spostare un grande volume di aria per avere un buon rendimento sulle basse frequenze e nel contempo avere una membrana abbastanza leggera da poter riprodurre le alte frequenze.

Questo ovviamente è impossibile senza compromessi.

Quindi si ricorre a degli espedienti elencati di seguito:

- Doppio cono: si incolla nella parte centrale dell'altoparlante un secondo cono solidale con la bobina, o meglio un piccolo diffusore rigido caratterizzato da una massa molto bassa.

In abbinamento con una membrana principale (per i bassi) poco rigida si svincola il funzionamento dei due coni aumentando il rendimento dell'altoparlante alle alte frequenze.

- Membrana a rigidità differenziata: la membrana viene realizzata con una bassa rigidità, in questo modo alle basse frequenze si muove tutta e all'aumentare della frequenza si riduce la superficie irradiante che assume l'aspetto di una corona circolare che si origina dal centro verso l'esterno e si riduce all'aumentare della frequenza.

Un esempio tipico di questo tipo di altoparlante sono quelli impiegati nei diffusori per chitarra elettrica solid body, in cui in genere vi è un solo altoparlante con un diametro che va dai 10 ai 15 e più pollici (quindi enorme) ma con la possibilità di riprodurre frequenze fino a 4-6 KHz partendo da 82Hz (che è la frequenza più bassa che può produrre una chitarra).

### **Note sulla qualità di un altoparlante magnetodinamico**

In genere il progetto e la qualità costruttiva di un altoparlante magnetodinamico ne condiziona enormemente la linearità e la risposta in frequenza.

E' difficile stabilire la qualità di un altoparlante solamente affidandosi al prezzo di vendita, in genere un altoparlante più costoso è di qualità migliore ma non è detto.

Senza una prova strumentale possiamo valutare la buona realizzazione del cestello, della sospensione, del gruppo magnetico e della membrana, soprattutto per quello che riguarda il woofer.

In genere occorre tenere presente che un bel cestello robusto è anche rigido e darà meno problemi di risonanze e oscillazioni della struttura, in special modo per altoparlanti molto grandi, una membrana rigida e leggera sarà più facilmente controllabile e avrà un'escursione più precisa e priva di flessioni che si traduce in una minor distorsione del suono prodotto.

Un gruppo magnetico corposo produrrà un flusso magnetico maggiore e il rendimento dell'altoparlante sarà più alto, tuttavia non è detto perché il rendimento dipende anche dalla dimensione del traferro in cui si muove la bobina, negli altoparlanti economici per sopperire a delle imprecisioni in fase di lavorazione del centratore e della sospensione si tende a mantenere un traferro più grande del dovuto e a montare magneti enormi per sopperire a questo.

Il risultato sarà un altoparlante con un grosso magnete ma uno scarso rendimento.

Una sospensione in gomma è migliore di una in foam che tende a lesionarsi con il tempo.

Oltre a queste considerazioni che il più delle volte lasciano il tempo che trovano, occorre prendere l'altoparlante e misurarne le prestazioni con degli strumenti adatti.

Non fidatevi MAI dei grafici e delle caratteristiche divulgate dalle case costruttrici, per quello che

riguarda la mia esperienza non sono mai veritiere e possono portarvi fuori strada specie quando si tratta di progettare una cassa acustica (intesa come cabinet) o un filtro crossover.

A volte ho trovato delle differenze notevoli fra altoparlanti uguali (marca e modello) magari prodotti a distanza di qualche tempo.

Altro consiglio: quando eseguite delle prove comparative fatelo sempre a parità di rodaggio, non ha senso comparare un altoparlante che ha lavorato per migliaia di ore con uno nuovo.

Il rodaggio incide principalmente sulla cedevolezza della sospensione.

### Altoparlante magnetodinamico e distorsione

L'altoparlante magnetodinamico è sicuramente un apparato impreciso e soggetto a diversi tipi di distorsione che dipendono da svariati fattori che sono difficilmente migliorabili.

- Primo fra tutti la non uniformità del campo magnetico nel traferro in cui si muove la bobina che si traduce in una non linearità della forza motrice che esercita la bobina sulla membrana.

La distorsione è tanto più marcata quanto più è grande il movimento della bobina.

Una delle caratteristiche di progetto di un altoparlante è proprio la massima escursione della bobina per mantenersi in regione di massima linearità ( $X_{max}$ ).

Nello specifico questo è dovuto al fatto che la bobina fuoriesce in parte dalla zona in cui il campo magnetico prodotto dal magnete permanente ha delle linee di flusso che si allineano perfettamente con essa e di intensità costante, quindi fuori da questa zona non vi è più linearità fra la corrente applicata alla bobina e la forza che si genera sulla stessa e che poi viene sfruttata per muovere l'equipaggio mobile.

- Un altro problema è la non linearità della risposta del centratore e della sospensione.

In altre parole quando noi spostiamo la membrana dalla sua posizione di riposo la forza che oppongono la sospensione e il centratore possono non essere lineari e questo si ripercuote sul moto dell'equipaggio mobile che non sarà lineare.

- Un'altra causa di distorsione è l'effetto doppler che si manifesta quando vengono prodotte nello stesso momento due frequenze distanti fra loro.

Facendo un esempio, l'altoparlante deve riprodurre 100 Hz e 1000 Hz nello stesso momento, la membrana si muoverà rispetto all'ascoltatore seguendo la frequenza di 100 Hz e nel contempo emetterà anche i 1000 Hz che risentiranno dell'effetto Doppler della membrana che si allontana e si avvicina all'ascoltatore.

L'effetto doppler farà in modo che i 1000 Hz prodotti quando la membrana si avvicina all'ascoltatore vengano avvertiti come una frequenza superiore e viceversa quando la membrana si allontana.

Una idea ce la possiamo fare ascoltando il fischio del treno che si avvicina e si allontana da noi.

Queste sono solo le principali cause di distorsione, in realtà ve ne sono molte altre.

### Altoparlante elettrodinamico

In questo tipo di altoparlanti il campo magnetico fisso è prodotto da una bobina invece che da un magnete permanente.

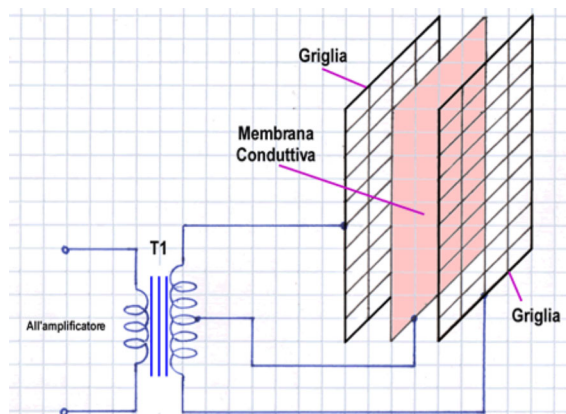
La bobina in oggetto aveva il doppio scopo di fornire il campo magnetico fisso e di filtrare la tensione anodica da inviare poi alle valvole.

Questo aveva come effetto secondario l'introduzione di un certo rumore dovuto alle variazioni del campo magnetico a causa del ripple della corrente da filtrare.

Dal punto di vista della struttura, basta rifarsi a quella dell'altoparlante magnetodinamico sostituendo il magnete con un solenoide.

Sono caduti in disuso quando sono diventati disponibili magneti permanenti di grande potenza e basso costo, si trovano ancora come pezzi di ricambio per radio a valvole antiche.

## Altoparlante Elettrostatico



Si tratta di dispositivi in cui è sfruttato il meccanismo della attrazione-repulsione elettrostatica.

Consiste in una membrana elastica conduttiva posta in mezzo a due griglie conduttive.

La membrana è a potenziale zero e le due griglie sono alternativamente, in funzione del segnale una a potenziale positivo e una a potenziale negativo rispetto alla membrana.

La membrana in questo modo viene attratta dalla griglia positiva e respinta dalla griglia negativa, e questa forza fa sì che la membrana si muova e sposti l'aria che la circonda comprimendola e rarefacendola in funzione del segnale di pilotaggio.

L'onda sonora prodotta passa attraverso le griglie senza trovare un significativo ostacolo e si propaga all'ambiente circostante.

Il sistema è pilotato da un trasformatore in salita, richiede delle tensioni di funzionamento molto alte per avere una resa decente, tipicamente dell'ordine dei KVolt.

In alternativa al trasformatore si può usare un driver dedicato a valvole termoioniche, che scelte opportunamente, possono arrivare alle tensioni di esercizio di questo tipo di diffusore, evitando l'impiego del trasformatore.

Questo sistema è un dipolo, ovvero genera il suono davanti e dietro il diffusore, viste le basse escursioni della membrana e il corto circuito acustico per le frequenze basse (non essendoci una netta separazione fra la parte anteriore e quella posteriore), questo tipo di diffusore non è adatto a riprodurre i toni bassi e, di solito, viene affiancato da un diffusore magnetodinamico che sopperisce a tale lacuna.

Altri inconvenienti: possibili scariche elettrostatiche (viste le alte tensioni in gioco) fra le griglie e la membrana conduttiva, cattura della polvere e di altre impurità dell'aria (vedi fumo) per via elettrostatica che addensandosi sulle griglie e sulla membrana nel tempo generano dei cortocircuiti.

Questo sistema è tuttora usato nei diffusori hi-fi hi-end (di fascia altissima).

## Altoparlante piezoelettrico

Sono altoparlanti che sfruttano il fenomeno della piezoelettricità, per cui applicando una tensione sulle facce di un cristallo piezoelettrico, questo subisce una deformazione meccanica proporzionale alla tensione applicata.

La deformazione meccanica viene sfruttata per mettere in movimento una massa di aria e produrre il suono.

Sono utilizzati soprattutto per le suonerie degli orologi, non hanno grande diffusione in ambito hi-fi se non per qualche modello di tweeter.

## Altoparlante a Nastro

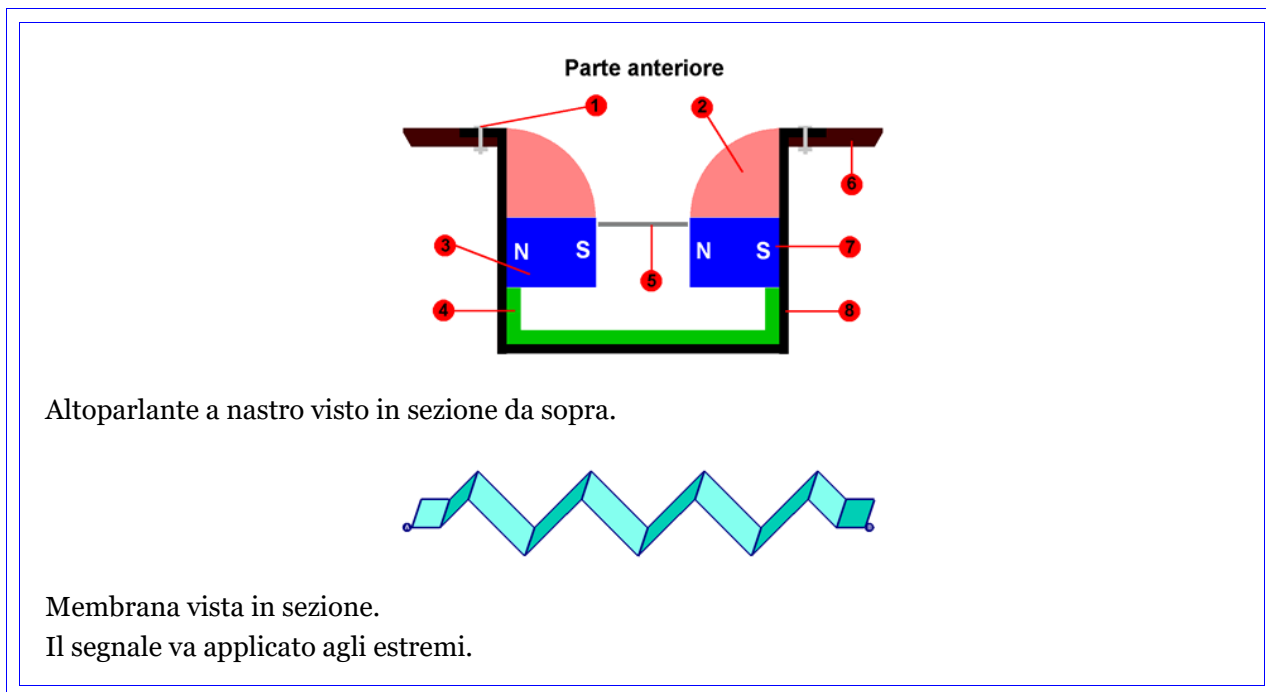
Il diffusore a nastro ha una membrana di polimero plastico rivestito di metallo (solitamente, ma può essere anche interamente di metallo piegato per renderlo più adatto a muoversi) immersa in un campo



magnetico nella quale passa una corrente proporzionale al suono da riprodurre che provoca, interagendo con il campo magnetico fisso, lo spostamento di quest'ultima.

La massa molto ridotta della membrana la rende adatta a spostamenti molto veloci, quindi questo tipo di altoparlante è adatto al trattamento delle frequenze medie, alte e altissime ma non alle basse frequenze e viene principalmente usato come midrange e tweeter.

Sono trasduttori molto apprezzati in campo hi-fi, ma la loro delicatezza ne ha sempre limitato la diffusione.



Nel disegno sopra un altoparlante a nastro visto in sezione da sopra.

Nel dettaglio i vari componenti:

- 1) Vite di fissaggio al legno della cassa acustica
- 2) Profilo in legno o materiale plastico a forma di tromba (in questo caso ma può anche essere assente e in questo caso il nastro sarebbe a filo del bordo esterno della cassa acustica)
- 3-7) Magnete al neodimio o altro materiale similare come caratteristiche
- 4) Strato di fonoassorbente per assorbire la radiazione posteriore del nastro (che è a tutti gli effetti un trasduttore bipolare)
- 5) Nastro polimero plastico rivestito di metallo, solitamente alluminio per limitare il peso della massa mobile
- 6) Legno della cassa acustica
- 8) Cestello esterno

Per come è costruito è facile dedurre che questo tipo di altoparlante ha una impedenza molto bassa (si tratta di un nastro conduttivo abbastanza corto con una grande superficie e una discreta sezione totale), se rapportato ad un magnetodinamico.

Questo complica un po' la progettazione delle casse anche perché di solito viene accoppiato con un woofer magnetodinamico per riprodurre i bassi.

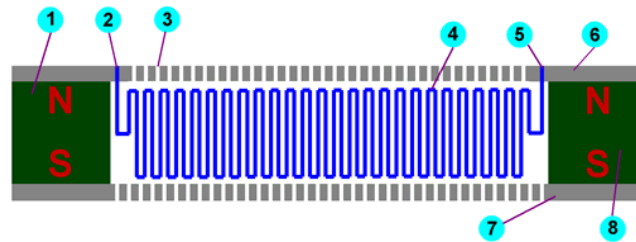
### Air Motion Transformer

Si tratta di un sistema brevettato da Oskar Heil, per alcuni versi molto simile all'altoparlante a nastro e ne rappresenta di fatto una evoluzione.

In questo caso il mastro è piegato a fisarmonica ed immerso in un forte campo magnetico.

La corrente che passa nel nastro ne provoca lo spostamento e la compressione/rarefazione dell'aria presente fra le varie pieghe.

E' tendenzialmente più robusto di un analogo a nastro e ha grossomodo le stesse caratteristiche.



A destra la rappresentazione in sezione vista da sopra di un altoparlante Air Motion Transformer.

1) e 8) Magnete in neodimio o materiale similare

2) e 5) Terminale di collegamento al segnale

3) Foro nell'espansione polare per consentire la propagazione dell'onda sonora

4) Nastro metallico conduttivo ripiegato a fisarmonica (l'elemento in cui passa la corrente elettrica che deve essere convertita in suono)

6) e 7) Espansione polare

### Altoparlante a plasma di gas

Sono in assoluto i più avveniristici altoparlanti che abbia mai visto, la parte che comprime ed espande l'aria è costituita da un plasma di gas (gas fortemente ionizzato).

Il gas viene mantenuto allo stato di plasma da una scarica elettrica continua.

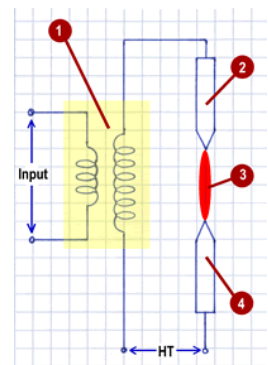
Modulando l'intensità della scarica con il segnale elettrico che vogliamo convertire in suono si crea l'onda sonora.

Questo tipo di trasduttore ha una massa prossima allo zero, quindi è molto veloce e reattivo.

Nel disegno a destra si vede lo schema di principio di un altoparlante al plasma di gas.

All'ingresso HT viene applicata una tensione continua stabilizzata dell'ordine delle migliaia di Volt che genera un arco voltaico [3] continuo fra gli elettrodi [2] e [4].

Al punto [1] invece possiamo notare un trasformatore dove viene applicato il segnale che modula la tensione HT che arriva agli elettrodi variando di conseguenza l'intensità dell'arco voltaico e la quantità di plasma di gas presente fra gli elettrodi (in rosso).



Il plasma di gas è estremamente caldo quindi quando aumenta scalda l'aria in cui si forma e genera un aumento istantaneo della pressione e viceversa una diminuzione quando diminuisce.

Con questo meccanismo vengono generate le onde sonore.

Questa fonte non è bipolare ma un trasduttore omnidirezionale.

### Altoparlante : accoppiamento e Hi-End

In un impianto di riproduzione senza compromessi non ha senso nel caso di una elettronica valvolare, ma anche allo stato solido, accoppiare scrupolosamente le valvole (o i transistor e i mosfet) e selezionarle il più simili possibile fra loro, magari montare resistori a bassa tolleranza, condensatori di alta qualità e trasformatori fatti a regola d'arte e poi pilotare dei diffusori che possono aver tolleranze notevoli.

La tecnica costruttiva degli altoparlanti se non sono di buonissima qualità è approssimativa e andrebbero anche questi selezionati e misurati scrupolosamente prima di essere montati.

E lo stesso si può dire per i cabinet (le casse acustiche).

Questo è vero soprattutto quando si parla di Hi-End dove vi è la ricerca del limite tecnologico, senza

limiti di budget.

### **Altoparlante : Sensibilità**

Per sensibilità si intende l'attitudine di un altoparlante a trasformare un segnale elettrico in suono.

Maggiore è la sensibilità, maggiore è la pressione acustica prodotta a parità di potenza applicata.

La sensibilità di un altoparlante si misura fornendo una potenza nota (1Watt) e misurando con un microfono la pressione sonora a 1 metro di distanza, mantenendosi in direzione dell'asse dell'altoparlante.

Questa pressione sonora si misura in dB SPL (Sound pressure level).

E' tanto è più alta quanto più l'altoparlante è efficiente.

Occorre tenerne conto quando in una cassa acustica si accoppiano più altoparlanti con efficienza diversa, nel senso che occorre applicare degli attenuatori agli altoparlanti più efficienti in modo da equalizzarli.

Tenete conto che la scala in dB è logaritmica e, quindi un aumento di 3dB equivale ad un raddoppio della sensibilità.

Per una trattazione più specifica dei parametri di un altoparlante nello specifico per il tipo magnetodinamico (Parametri di Thiele e Small) andare alla seguente sezione: altoparlanti magnetodinamici.

## **Altoparlanti magnetodinamici: parametri tipici**

Abbiamo deciso di approfondire solo la tipologia degli altoparlanti magnetodinamici in quanto sono i più diffusi per ogni genere di applicazioni.

Quando sfogliamo un catalogo di altoparlanti ci imbattiamo in tutta una serie di parametri che servono sia nella progettazione dei filtri crossover che nella progettazione del cabinet.

Si chiamano comunemente parametri di Thiele e Small, dal cognome dei due ricercatori che per primi li studiarono e divulgarono.

Di seguito una tabella che li elenca con una breve descrizione del parametro.

Re	<p>Resistenza elettrica della bobina dell'altoparlante misurata in corrente continua. E' il parametro più facile da misurare, basta un multimetro digitale dotato di una buona precisione.</p>
Vas	<p>Il Vas (Volume Acoustic Suspension), si misura in litri o in decimetri cubici ( 1 litro= 1 decimetro cubico) ed e' la misura della cedevolezza della sospensione in aria libera. Rappresenta il volume d'aria che ha la stessa cedevolezza della sospensione dell'altoparlante quando mossa da un pistone avente la stessa area (Sd) del cono dell'altoparlante. E' un parametro importante, in quanto può dare l'idea di che volume (per quello che riguarda la cassa acustica) serve all'altoparlante per funzionare al meglio. Un Vas elevato significa sospensioni cedevoli, un Vas basso indica sospensioni rigide. Siccome più il volume è grande, più l'aria è facilmente comprimibile, altoparlanti con Vas alto hanno una cedevolezza della sospensione elevata e viceversa. Il valore non è inoltre vincolante nel senso che la cassa acustica in cui viene fatto lavorare l'altoparlante non deve necessariamente avere lo stesso volume del Vas. È però altresì vero che se un altoparlante con Vas elevata viene incassato in un volume molto inferiore a quello equivalente, la risposta in frequenza sarà molto ristretta, smorzata e povera in basse frequenze, poiché l'altoparlante non riuscirà quasi per niente a comprimere/decomprimere l'aria all'interno della cassa, e quindi a generare pressione all'esterno, praticamente l'escursione del cono sarà molto limitata dalla pressione/decompressione dell'aria all'interno della cavità. Al contrario, se un altoparlante con Vas bassa viene fatto suonare in un volume molto elevato, si avrà una risposta molto estesa ma anche una notevole perdita di controllo dell'altoparlante, che risulterà in una perdita di dettaglio sonoro, dovuta al fatto che le sospensioni dell'altoparlante non vengono adeguatamente "frenate" dall'aria durante la loro escursione, ovvero all'interno della cavità non si produrrà una pressione/depressione sufficiente per frenare l'altoparlante. Questo potrebbe implicare anche una escursione eccessiva del cono anche a potenze nominali più basse di quella massima sopportabile, con possibili rotture meccaniche dello stesso. Il Vas varia in proporzione del quadrato del diametro dell'altoparlante, la tipica tolleranza di misura si aggira sul <math>\pm 20-30\%</math>.</p>
Fs	<p>Frequenza di risonanza dell'altoparlante in aria libera. In linea di massima si tende a far lavorare l'altoparlante partendo da una frequenza superiore a questa, quindi è più bassa della minima frequenza che l'altoparlante può convenientemente produrre. Di norma più è bassa meglio è, fermo restando che per avere frequenze di risonanza basse occorrono altoparlanti molto grandi. La frequenza di risonanza è un moto armonico per fare un esempio è come se l'altoparlante si comportasse come un pendolo, basta poco per mantenerlo in oscillazione e la frequenza di oscillazione è strettamente legata alla massa dell'equipaggio mobile ma anche all'elasticità dell'aria che costituisce il mezzo in cui si muove la massa mobile dell'altoparlante. A questa frequenza essendo necessaria poca energia per mantenere l'oscillazione l'impedenza dell'altoparlante visto dall'amplificatore finale aumenta di molto.</p>

Qes	<p>Fattore di merito elettrico in aria libera alla frequenza <math>F_s</math>.          E' un dato adimensionale, quindi un numero puro.          Quantifica le perdite nella sola parte elettrica dell'altoparlante.</p>
Qms	<p>Fattore di merito meccanico in aria libera alla frequenza <math>F_s</math>.          E' un dato adimensionale, quindi un numero puro.          Quantifica le perdite nella sola parte meccanica dell'altoparlante.</p>
Qts	<p>Fattore di merito totale in aria libera alla frequenza <math>F_s</math>.          E' un dato adimensionale, quindi un numero puro.          Il valore di <math>Q_{ts}</math> è proporzionale all'energia immagazzinata, divisa per l'energia dissipata alla frequenza di risonanza (<math>F_s</math>).          Di norma è un valore compreso fra 0,2 e 0,5 ma ci sono anche casi particolari in cui questa regola non è rispettata.</p>
Sd	<p>Area effettiva del cono, cioè quella utile per l'emissione del suono.          Quando si misura il diametro dell'altoparlante per ricavare questo valore occorre misurare dalla metà della sospensione dello stesso.</p>
Xmax	<p>Espressa in millimetri e il massimo spostamento della membrana in un senso.          Questo parametro si deve intendere in un contesto di distorsione, in genere l'escursione possibile senza rotture meccaniche è maggiore ma la distorsione cresce di molto.          Questo è dovuto al fatto che la bobina fuoriesce in parte dalla zona in cui il campo magnetico prodotto dal magnete permanente ha delle linee di flusso che si allineano perfettamente con essa e di intensità costante, quindi fuori da questa zona non vi è più linearità fra la corrente applicata alla bobina e la forza che si genera sulla stessa e che poi viene sfruttata per muovere l'equipaggio mobile.</p>
Mms	<p>Espresso in grammi è il peso dell'equipaggio mobile dell'altoparlante comprensivo di tutto (bobina, cono, centratore, parte della sospensione ecc..) <b>compreso il carico acustico dell'aria a contatto con il cono.</b>          E' strettamente correlato alla dimensione dell'altoparlante e al materiale con cui è realizzato.</p>
Mmd	<p>Espresso in grammi è il peso dell'equipaggio mobile dell'altoparlante comprensivo di tutto (bobina, cono, centratore, parte della sospensione ecc..) <b>escluso il carico acustico dell'aria a contatto con il cono.</b>          E' strettamente correlato alla dimensione dell'altoparlante e al materiale con cui è realizzato.</p>
Cms	<p>E' la cedevolezza della sospensione dell'altoparlante.          Più cedevole è la sospensione minore è la rigidità.          Questo dato è proporzionale a <math>V_{as}</math>.          Si misura in mm/N (millimetri fratto Newton)</p>
Bl	<p>Fattore elettromeccanico di forza, si misura in Tesla/metro e indica la forza del campo magnetico.          E' detto anche fattore di forza perché è la forza imposta sulla bobina dal campo magnetico fisso quando questa è percorsa da una corrente.</p>



Le	<p>E' l'induttanza della bobina mobile misurata in mH (milliHenry).</p> <p>Varia in funzione della posizione della bobina rispetto al ferro che compone il circuito magnetico, quindi con il movimento vi è una modulazione dell'induttanza fonte di distorsione.</p> <p>Per ridurre questo fenomeno si usa un anello di cortocircuito il rame o alluminio che limita la distorsione alle alte frequenze.</p>																																
Sensibilità	<p>La pressione sonora, in dB, prodotta da un altoparlante in risposta ad uno stimolo specificato.</p> <p>Di solito questo viene attuato alimentando l'altoparlante con una potenza di 1 watt o 2,83 volt (2,83 volt = 1 watt in un carico di 8 Ω) e misurando la pressione sonora ad una distanza di un metro.</p> <p>Misura in altre parole il rendimento di conversione dell'energia elettrica in energia acustica.</p> <p>Essendo su scala logaritmica ogni 3dB l'altoparlante raddoppia il rendimento di conversione.</p> <p>Ovvero, se noi abbiamo un altoparlante da 90dB (1W/1m) di efficienza e lo pilotiamo con 10Watt di potenza produce la stessa pressione acustica di un altoparlante da 93dB (1W/1m) pilotato con 5Watt.</p> <p>Per capire meglio guardate la seguente tabellina:</p> <table border="1" data-bbox="322 949 1415 1393"> <thead> <tr> <th>Potenza di pilotaggio (W)</th> <th>Pressione acustica prodotta Altoparlante 90dB (1W/1m)</th> <th>Pressione acustica prodotta Altoparlante 93dB (1W/1m)</th> <th>Pressione acustica prodotta Altoparlante 100dB (1W/1m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>90</td> <td>93</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>93</td> <td>96</td> <td>103</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>96</td> <td>99</td> <td>106</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>99</td> <td>102</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>102</td> <td>105</td> <td>112</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>105</td> <td>108</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>108</td> <td>112</td> <td>118</td> </tr> </tbody> </table> <p>In pratica l'altoparlante della colonna a destra con soli 8Watt produce la stessa pressione sonora che l'altoparlante a sinistra con ben 64Watt.</p> <p>Pensate quanto questo può essere rilevante in un concerto dal vivo dove occorre sonorizzare un intero stadio.</p> <p>La differenza a livello di potenza richiesta dall'amplificazione è enorme fra un sistema di altoparlanti molto efficiente e uno scarsamente efficiente.</p>	Potenza di pilotaggio (W)	Pressione acustica prodotta Altoparlante 90dB (1W/1m)	Pressione acustica prodotta Altoparlante 93dB (1W/1m)	Pressione acustica prodotta Altoparlante 100dB (1W/1m)	1	90	93	100	2	93	96	103	4	96	99	106	8	99	102	109	16	102	105	112	32	105	108	115	64	108	112	118
Potenza di pilotaggio (W)	Pressione acustica prodotta Altoparlante 90dB (1W/1m)	Pressione acustica prodotta Altoparlante 93dB (1W/1m)	Pressione acustica prodotta Altoparlante 100dB (1W/1m)																														
1	90	93	100																														
2	93	96	103																														
4	96	99	106																														
8	99	102	109																														
16	102	105	112																														
32	105	108	115																														
64	108	112	118																														

In genere questi parametri vengono resi disponibili dalle ditte produttrici e ci informano sulla tipologia di impiego dell'altoparlante e il suo accoppiamento con la cassa acustica e con gli altri altoparlanti quando abbiamo un sistema a più vie.

## Filtro crossover

### Cosa si intende per filtro crossover

Il filtro crossover viene usato nelle casse acustiche (o diffusori acustici) per separare le varie frequenze da inviare agli altoparlanti presenti nel diffusore.

Un altro compito del filtro crossover è quello di ottimizzare l'impedenza del diffusore in modo che non abbia "buchi" o "impennate" di impedenza, per rendere più semplice il pilotaggio da parte dell'amplificatore.

Questa trattazione viene fatta in modo non approfondito, in quanto serve solo per farvi rendere conto di quanto tutto ciò sia strettamente correlato al buon funzionamento di un amplificatore, specie se a valvole, che in genere mal tollera i "buchi" di impedenza non essendo in grado di erogare forti correnti verso il carico.

### Tipologia dei filtri crossover

I filtri crossover si possono classificare in funzione del numero di vie e della pendenza della curva caratteristica.

Ci sono quindi:

- Filtri crossover a due vie con pendenza 6dB per ottava
- Filtri crossover a due vie con pendenza 12dB per ottava
- Filtri crossover a tre vie con pendenza 6dB per ottava
- Filtri crossover a tre vie con pendenza 12dB per ottava
- Filtri a più vie.

I filtri a tre vie con l'evoluzione delle tecniche costruttive degli altoparlanti che ora sono in grado di riprodurre una banda di frequenze più ampia, sia per la complessità tecnica, sono caduti relativamente in disuso.

### Pendenza dei filtri crossover

In funzione del numero di componenti reattivi utilizzati è possibile ottenere dei filtri con una pendenza più o meno accentuata.

Quindi con un taglio di frequenze più netto e una miglior separazione dei segnali da inviare ad ogni singolo altoparlante.

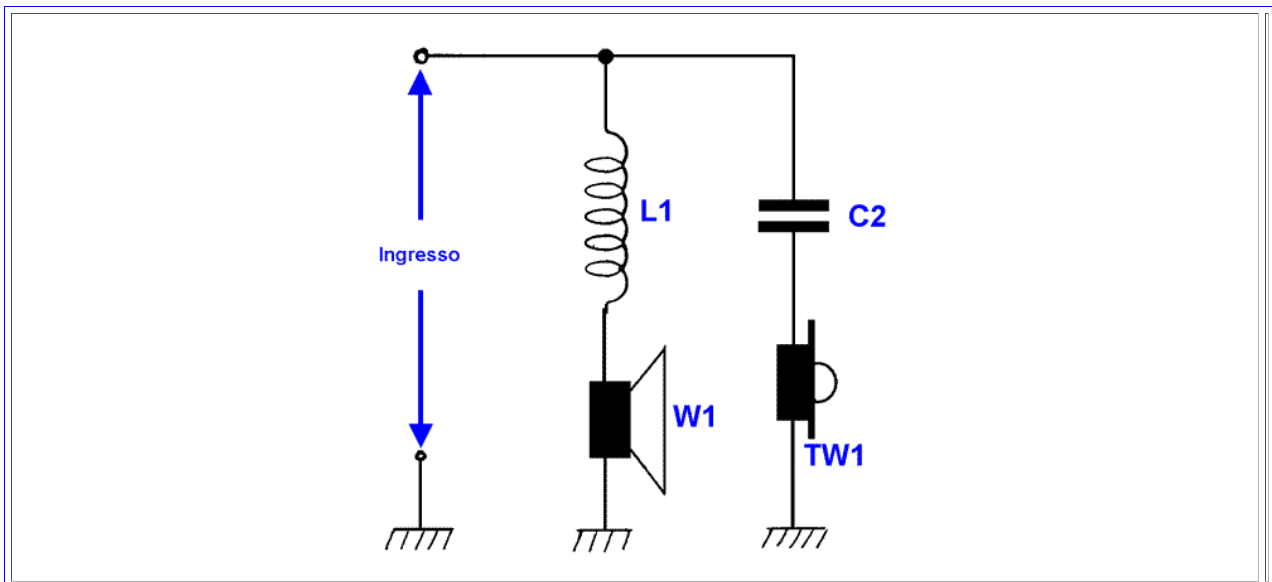
Tuttavia, in genere, più i filtri sono complessi più inducono effetti indesiderati come alterazione della fase del segnale in corrispondenza soprattutto delle frequenze di taglio.

Quindi è sempre meglio realizzare dei filtri semplici, senza troppe criticità, magari con un occhio per la qualità dei componenti utilizzati.

Esistono poi scelte progettuali particolari in cui si utilizza un filtro minimale, composto anche da un solo condensatore, che sfrutta le caratteristiche elettriche e meccaniche del woofer per avere meno problemi di linearità e di fase.

### Filtro crossover a due vie con pendenza 6 e 12dB per ottava

È una delle tipologie di filtro più utilizzata in assoluto.

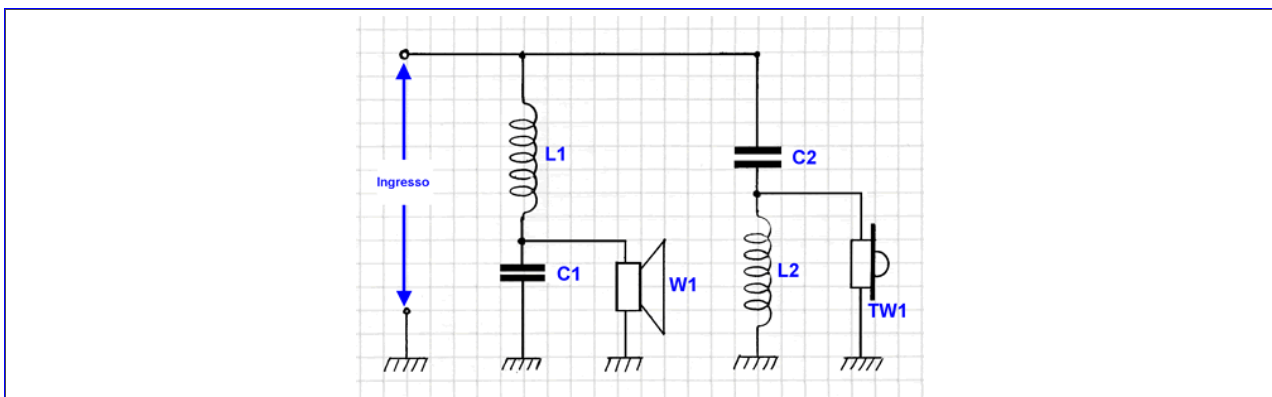


Nell'immagine sopra il classico filtro a 6dB/oct a due vie che pilota un woofer e un tweeter.

Il funzionamento è banale.

L'induttanza  $L_1$  posta in serie al woofer aumenta la propria reattanza induttiva in funzione della frequenza, quindi fungerà da sbarramento alle frequenze alte mentre lascerà passare quelle basse verso il woofer, mentre il condensatore  $C_2$  ha il comportamento inverso, aumentando la sua reattanza capacitiva al diminuire della frequenza, quindi facendo passare solo le frequenze alte verso il tweeter.

Si tratta di un filtro banale, che tuttavia è apprezzato per l'assenza di buchi di impedenza in quanto non ci sono circuiti LC risonanti serie.



In alto il disegno di un filtro crossover a due vie tipico, con una pendenza di 12 dB per ottava.

Il segnale da filtrare, in uscita dall'amplificatore, viene applicato all'ingresso.

Qui viene filtrato dal filtro passa-basso costituito da  $L_1$  e  $C_1$  e inviato al woofer  $W_1$ .

Allo stesso tempo le frequenze alte vengono filtrate dal filtro passa-alto costituito da  $C_2$  e  $L_2$  e inviate al tweeter  $TW_1$ .

Nel dettaglio se prendiamo in considerazione il comportamento del filtro costituito da  $L_1$  e  $C_1$  abbiamo che all'aumentare della frequenza del segnale (in funzione dei valori di  $L_1$  e  $C_1$ ) la reattanza induttiva di  $L_1$  aumenta e la reattanza capacitiva di  $C_1$  diminuisce.

Quindi più la frequenza sale più viene ostacolata da  $L_1$  e bypassata a massa da  $C_1$ .

Unico limite di cui occorre tenere conto è la frequenza di risonanza serie del gruppo  $L_1$ - $C_1$ , che essendo un circuito LC serie per detta frequenza oppone una resistenza molto bassa producendo di conseguenza un "buco" di impedenza.

Altra cosa di cui occorre tenere conto è la frequenza di risonanza dell'altoparlante, in corrispondenza di cui quest'ultimo assume una impedenza molto alta.

### Progettazione dei filtri crossover: Condizioni e complessità

Quando si progetta un filtro crossover si ricerca innanzi tutto la linearità nella curva dell'impedenza del complesso filtro-altoparlante, quindi occorre tenere conto dei seguenti problemi:

- Frequenza di risonanza dell'altoparlante (aumento dell'impedenza dello stesso in corrispondenza di detta frequenza)
- Frequenza di risonanza del complesso altoparlante-cassa acustica (aumento dell'impedenza dello stesso in corrispondenza di detta frequenza).

Nel caso di una cassa bass-reflex occorre tenere in considerazione l'influsso del tubo di accordo.

- Frequenza di risonanza dei vari filtri (nel caso di crossover a 12 dB/oct) LC serie.  
L'impedenza in corrispondenza della frequenza di risonanza è molto bassa (praticamente la sola componente resistiva del ramo)
- Differenze di sensibilità fra i vari altoparlanti (equalizzazione delle stesse).  
In genere la sensibilità dei tweeter è più alta di quella dei woofer, quindi occorre mettere in serie al tweeter una resistenza.

Queste sono condizioni indispensabili per avere un buon funzionamento dell'amplificatore e un buon equilibrio in generale fra le varie frequenze riprodotte dal diffusore.

In pratica esiste un solo filtro crossover che funziona bene per un altoparlante, quello fatto su misura.

Rimandiamo a testi specifici una trattazione più approfondita.

## Casse Acustiche/Diffusori Acustici

### Indice Argomento Corrente

<b>1) Cosa si intende per cassa acustica</b>
<b>2) Casse Chiuse o a Sospensione Pneumatica</b>
<b>3) Casse bass reflex a labirinto</b>
<b>4) Casse "bass reflex" a tubo accordato (risonanza di Helmholtz)</b>
<b>5) Casse bipolari</b>
<b>6) Struttura della cassa acustica</b>

### Cosa si intende per cassa acustica (o diffusore acustico che dir si voglia)

Per cassa acustica si intende un sistema di diffusione del suono che comprende un certo numero di altoparlanti (da uno a molti) e di filtri, montati su una struttura idonea a ottimizzarne il rendimento. Eccezionalmente, è montato nella cassa acustica anche l'amplificatore finale, in questo caso vengono chiamate casse acustiche amplificate.

Strutturalmente, nella norma, si tratta di un parallelepipedo di legno o altro materiale adatto caratterizzato da un adatto volume interno libero.

Questo come norma, in realtà ne esistono di tutte le forme (dalla piramide al dodecaedro a facce pentagonali simmetriche, passando per il cilindro, il cono e la sfera) e materiali possibili, come ad esempio il cemento, il marmo, i polimeri plastici.

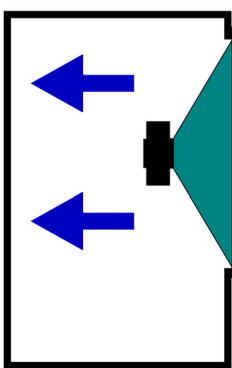
Sostanzialmente si dividono in tre categorie principali, in funzione dell'utilizzo o meno dell'onda prodotta dalla membrana dell'altoparlante adibito alla riproduzione dei bassi (woofer) nel volume interno della cassa:

- casse bass-reflex
- casse chiuse o pneumatiche
- casse bipolari

Per quello che riguarda invece i medi e gli acuti non vi è distinzione fra i diversi tipi di cassa e non rappresentano un elemento critico nella costruzione della stessa.

Caso particolare è la cassa monovia con altoparlante a larga banda che ha un solo altoparlante o più dello stesso tipo, in grado di riprodurre tutte le frequenze della banda audio.

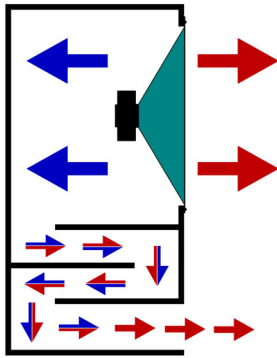
### Casse Chiuse o a Sospensione Pneumatica



Il volume interno della cassa è completamente separato dallo spazio esterno, l'onda prodotta dall'altoparlante all'interno viene (in una cassa perfetta) completamente assorbita.

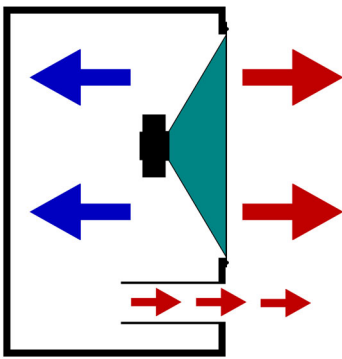
Questo presuppone che all'interno ci sia uno strato di materiale assorbente e la cassa sia priva di elasticità, quindi completamente rigida.

### Casse bass reflex a labirinto



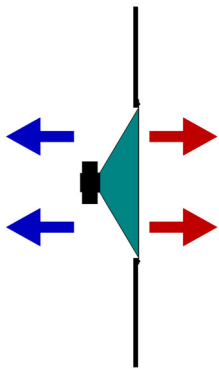
Il volume interno della cassa non è completamente separato dallo spazio esterno, l'onda prodotta dall'altoparlante all'interno viene riportata in fase con quella esterna e poi reimpressa all'esterno. Questo grazie ad un percorso interno, detto labirinto. Questo è possibile per un range molto ristretto di frequenze, quindi il percorso del labirinto caratterizzato da una lunghezza ben specifica riporta in fase solo un ben determinato range di frequenze e deve essere correttamente calcolato. Si usano perché hanno una maggiore efficienza sui bassi.

### Casse "bass reflex" a tubo accordato (risonanza di Helmholtz)



Questo tipo di cassa impropriamente denominato "bass reflex" in realtà non lo è affatto, il tubo non viene utilizzato per riportare in fase l'onda posteriore dell'altoparlante ma per risuonare su una precisa frequenza ed il suo intorno. In questo range il sistema si comporta come una canna d'organo, entra in risonanza con l'altoparlante e ne aumenta l'escursione della membrana. Quindi l'effetto è quello di aumentare il rendimento in un preciso range di frequenze avente una frequenza centrale su cui è accordato il tubo. Il tubo per questo può avere anche l'uscita posta sul retro della cassa. In qualche caso si può utilizzare più di un tubo, accordati su frequenze diverse per aumentare il rendimento su un range di frequenze più esteso.

### Casse bipolari



Questo tipo di diffusore (che non si può per ovvi motivi chiamare "cassa") è costituito da un pannello di grandi dimensioni con al centro montato un altoparlante. L'isolamento fra onda anteriore e posteriore viene ottenuto aumentando la distanza fra l'emissione anteriore e posteriore con il pannello per evitare un corto circuito acustico.

### Struttura della cassa acustica



In linea di massima il diffusore deve essere costruito per evitare che abbia delle risonanze che possono esaltare alcune frequenze rendendo la risposta in frequenza non uniforme.

In genere le componenti che possono entrare in risonanza sono le pareti e il volume interno.

Per evitare fenomeni di risonanza sul volume interno in genere viene ricoperta la parte interna di materiale fonoassorbente, come lana di vetro, lana di roccia (in passato) o polimeri plastici adatti allo scopo.

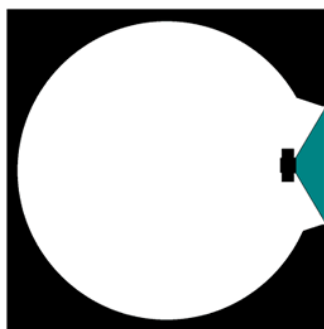
Per quello che riguarda le pareti viene impiegato del materiale il più inerte e rigido possibile, come, ad esempio per le fasce economiche il mediodenso e per le casse più costose il comprexilon (legno pressato ad alto peso specifico).

Alcune casse usano spessori differenziati per le pareti interne, ricavando per fresatura un volume sferico all'interno di un cubo.

In questo modo lo spessore della parete è assolutamente disomogeneo e si evitano tutte le risonanze legate allo stesso.

In alcuni casi vengono usati anche degli smorzatori dinamici, come ad esempio altoparlanti non alimentati con la bobina collegata su una resistenza che in corrispondenza di una risonanza presentano una più ampia escursione della membrana che si traduce in una potenza prodotta e dissipata sulla resistenza maggiore, quindi un maggior smorzamento per quella frequenza.

Tuttavia, più la cassa è inerte e lineare più in genere ha una bassa sensibilità, quindi richiede una potenza elevata di pilotaggio.



Esempio di cassa in mediodenso cubica con all'interno uno spazio sferico ricavato per fresatura.

In questo caso le pareti della cassa hanno spessore variabile ed è estremamente improbabile che possano risuonare.

L'altoparlante nella sezione mediana è allineato alla superficie della sfera.

L'unica possibile risonanza è legata al volume interno.

Le possibili riflessioni si possono all'interno si possono ulteriormente smorzare rivestendo l'interno con della lana poliestere.

Dal punto di vista concettuale è la miglior cassa, dal punto di vista dei costi di produzione è la peggiore!!

## Banda passante di un amplificatore Hi-Fi

### Premessa:

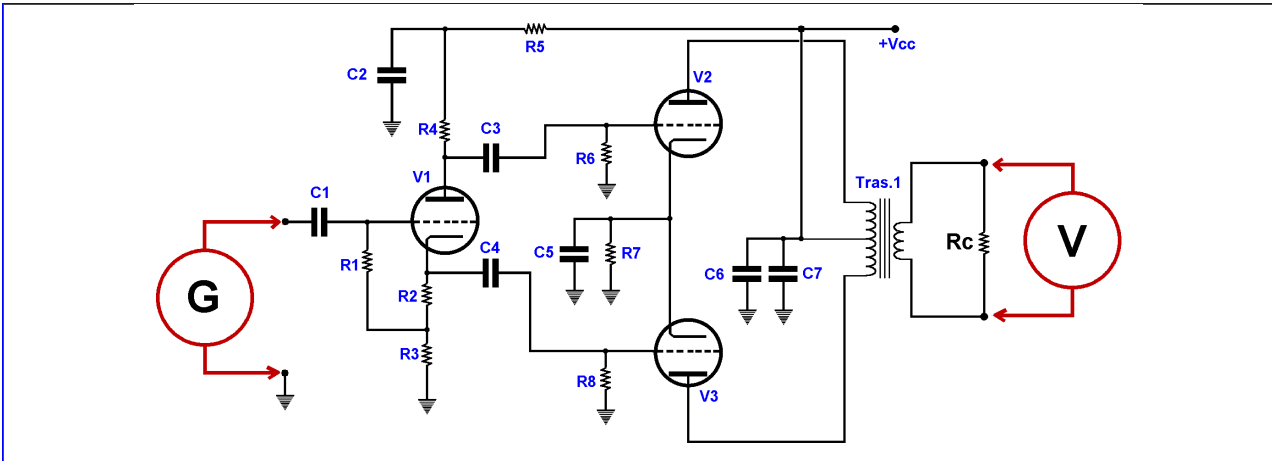
Per banda passante di un amplificatore si intendono tutte le frequenze, dalla più bassa alla più alta che vengono amplificate in modo uniforme dall'amplificatore, con una tolleranza di 3dB.

Molti sono i fattori che influenzano la banda passante, come l'accoppiamento e la controreazione.

Un amplificatore per essere definito Hi-Fi deve avere una banda passante che va da 20Hz a 20.000Hz.

Normalmente quando si progetta a tavolino un amplificatore si fa in modo di avere un margine più alto possibile.

### Circuito per il rilievo della banda passante di un amplificatore audio.



Quello riportato sopra è il circuito generico per il rilievo della banda passante di un amplificatore audio.

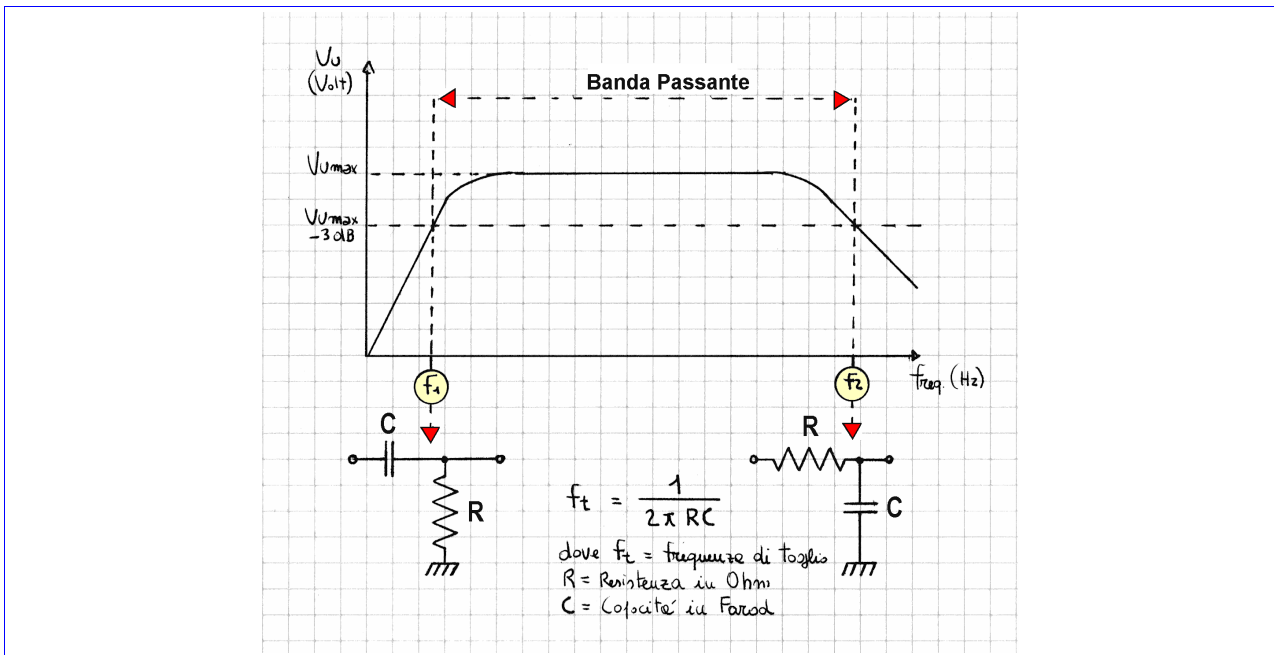
Come vedete all'ingresso dell'amplificatore è stato posto un generatore sinusoidale (o generatore di funzioni) a frequenza variabile in grado di coprire almeno tutta la banda delle frequenze audio.

La tensione in uscita da detto generatore deve essere il 50% di quella massima indistorta.

In uscita un voltmetro in corrente alternata per rilevare i dati di tensione all'uscita per ogni singola frequenza di prova.

Il grafico viene fatto mettendo in ascissa il valore della frequenza e in ordinata la tensione in uscita.

In genere al posto del voltmetro in uscita si utilizza un oscilloscopio a doppia traccia in cui sulla prima traccia viene visualizzato il segnale in ingresso, con il duplice scopo di controllare la tensione del segnale in ingresso e di controllare lo sfasamento fra il segnale in ingresso e quello in uscita.



Nell'immagine sopra la tipica banda passante di un amplificatore con evidenziati gli elementi che la determinano.

Come si può vedere la  $f_1$  è determinata dai vari filtri passa-alto dovuti all'accoppiamento fra i vari stadi e al trasformatore di uscita nel caso di un amplificatore finale che è di per se un filtro passa-alto, mentre  $f_2$  è determinata dalle capacità verso massa che costituiscono un filtro passa-basso.

Si tratta normalmente di capacità parassite difficili da togliere come ad esempio le capacità interelettrodiche del triodo, a meno di non riprogettare tutto l'amplificatore con componenti diversi.

In alcuni casi la banda passante può essere "corretta" con degli artifici come ad esempio aumentare l'amplificazione dell'amplificatore a determinate frequenze con dei filtri di compensazione sulla reazione negativa allo scopo di compensare l'attenuazione alle frequenze di taglio.

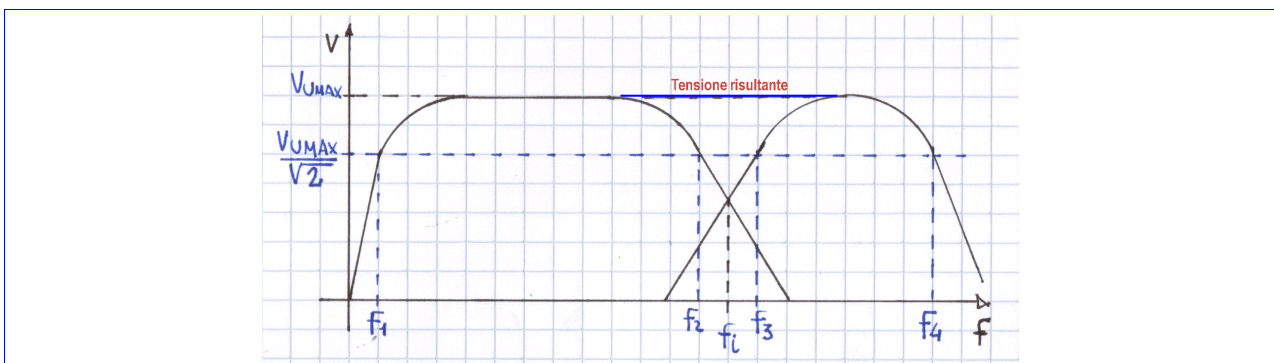
Comunque, di norma basta progettare bene il tutto e il problema non si presenta.

### La misura della frequenza di taglio

La frequenza di taglio si determina misurando la tensione di uscita dell'amplificatore a centro banda (di solito a 1000 Hz), poi si varia la frequenza del segnale in ingresso fino a che non si trova il punto in cui la tensione di uscita scende di 3dB o è uguale alla tensione di centro banda divisa per radice di 2.

Se la banda passante non comprende al suo interno le frequenze di 20 Hz e 20 KHz, allora l'amplificatore non si può definire hi-fi.

Questo è giustificato dal fatto che l'orecchio umano non è in grado di percepire una differenza di volume inferiore di 3dB.



Nella figura sopra la banda passante di un sistema biamplificato.

Come è possibile dedurre dal disegno si tratta di due amplificatori che concorrono ad amplificare il segnale, il primo, quello che ha banda passante  $f_2$ - $f_1$  amplifica i bassi, mentre quello che ha banda

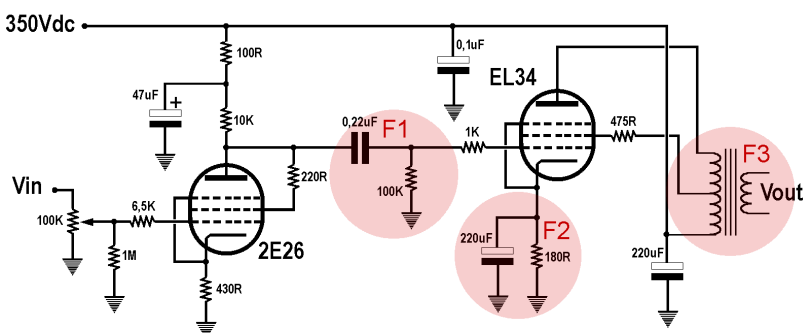
passante  $f_4$ - $f_3$  amplifica gli acuti.

La somma algebrica delle due tensioni nei punti in cui le curve si sovrappongono, fornisce la banda passante risultante, che si estende da  $f_1$  ad  $f_4$ .

La frequenza  $f_i$  è detta frequenza di incrocio, è il punto in cui le due curve si toccano.

Difficilmente si ha una sovrapposizione perfetta come quella del disegno, normalmente a causa delle tolleranze dei componenti le frequenze di taglio dei filtri che dividono le frequenze non sono mai precise, a meno che non si usino componenti selezionati a bassa tolleranza.

### Componenti che influenzano le frequenze di taglio



Nell'immagine sopra nei cerchi rosa sono evidenziati i filtri presenti in un amplificatore single-ended su cui è possibile agire per migliorare la banda passante.

Sono stati volutamente trascurati i filtri dovuti alle capacità interelettrodiche su cui non abbiamo nessun tipo di controllo in quanto facenti parte dei "difetti" congeniti della valvola utilizzata e che in genere non hanno una grande influenza quando si parla di audiofrequenze.

I filtri dovuti alle capacità interelettrodiche purtroppo non sono migliorabili.

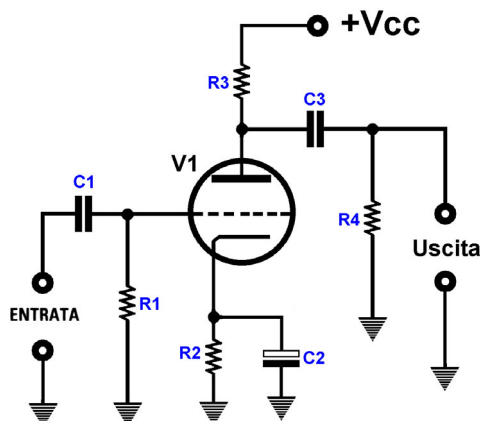
F1 è un filtro passa alto.

F2 è un filtro che agisce sulla controreazione locale della valvola EL34, alle basse frequenze la resistenza da 180Ω non viene più bypassata per quello che riguarda la componente alternata della corrente che la attraversa introducendo una reazione locale che riduce il guadagno per le basse frequenze.

F3, il trasformatore d'uscita, si comporta come un filtro passa alto alle basse frequenze, poi si comporta come un filtro passa basso alle alte, per via delle capacità fra le spire, sia del primario che del secondario.

Il trasformatore in pratica un filtro passa banda.

L'ampiezza della banda di un trasformatore è funzione delle caratteristiche costruttive e della qualità della realizzazione.



Nel preamplificatore nella figura sopra la banda passante dovuta alla scelta dei componenti esterni è

funzione del filtro passa-alto C1-R1 e C3-R4 (dove R4 è in realtà il valore della resistenza di ingresso dello stadio successivo) e del filtro C2-R2 che influenza la controreazione locale in corrente del triodo V1.

Giocando sul valore dei componenti che compongono questi filtri è possibile modificare il valore della frequenza di taglio inferiore.

### **Banda passante e controreazione**

In genere la controreazione è direttamente proporzionale alla banda, quindi aumentando la controreazione diminuisce l'amplificazione e aumenta la banda passante.

Questo concetto ne introduce un altro, che è la banda passante a guadagno unitario, ovvero la banda passante di un amplificatore quando la controreazione lo forza ad avere un guadagno pari a 1.

Questo valore è fondamentale per capire il funzionamento degli amplificatori operazionali e in qualche misura è valido per capire la dipendenza di guadagno-controreazione-banda passante di tutti gli amplificatori.

### **Limitazioni volute della banda passante**

Può succedere che la banda passante di un amplificatore sia eccessiva per l'uso al quale è destinato.

Questo può essere dovuto a caratteristiche del suono da amplificare o a caratteristiche limitative di uno dei componenti della catena audio.

Per esempio, se abbiamo delle casse che hanno una frequenza minima riprodotta di 50Hz è inutile e dannoso per l'incolumità degli altoparlanti avere un amplificatore che amplifica fino a 20 Hz.

Così come è inutile e dannoso amplificare frequenze troppo alte per la gamma audio, potremmo amplificare un disturbo ultrasonico e bruciare i twitter senza neanche rendercene conto.

Quindi in genere gli amplificatori sono corredati da filtri che limitano in modo voluto la banda passante qualora sia eccessiva a volte azionabili intenzionalmente con dei commutatori.

Discorso a parte meritano gli amplificatori destinati ad amplificare una gamma di frequenze molto limitata, come nei sistemi attivi di multiamplificazione in cui vi è un amplificatore che amplifica i bassi e uno che amplifica i medio-alti con dei filtri attivi a monte.

Questo permette di eliminare il filtro crossover e alimentare direttamente gli altoparlanti.

Per quello che riguarda invece gli amplificatori per strumenti, in genere rispecchiano le caratteristiche dello strumento da amplificare anche per quello che riguarda la banda passante tenendo conto delle frequenze fondamentali prodotte e di tutte le armoniche che "colorano" il suono.

In alcuni amplificatori per strumenti, ad esempio nei combo per chitarra elettrica si utilizzano volutamente delle limitazioni di banda sia per le basse che per le alte frequenze in accordo con la risposta in frequenza dell'unico altoparlante a larga banda utilizzato per la riproduzione, utilizzando allo scopo amplificatori a basso costo in cui la limitazione di banda viene ottenuta con componenti di scarsa qualità, unendo l'utilità di una banda limitata con il ridotto costo di queste soluzioni che introducono anche una notevole distorsione, altro elemento che in questo genere di amplificatori è più un pregio che un difetto.

## La Reazione negli amplificatori a valvole

### Di cosa si tratta.

Per reazione si intende riportare parte del segnale di uscita di un amplificatore in ingresso allo scopo di linearizzarne la risposta, nel caso degli amplificatori audio o per trasformarlo in un generatore di segnale, nel caso di un oscillatore.

### Tipologie di reazione

Reazione positiva o rigenerazione.

Viene attuata portando all'ingresso un segnale in fase con quello originale, quindi aumentandone l'ampiezza.

E' il caso tipico degli oscillatori, nei quali una parte del segnale in uscita viene riportato in fase all'ingresso e serve per mantenere lo stato oscillatorio.

Reazione negativa o degenerazione.

Si tratta di riportare una parte del segnale in uscita all'ingresso invertito di fase (sfasato di  $180^\circ$ ), che quindi si sottrae al segnale di ingresso riducendo l'amplificazione.

Tipica reazione adottata negli amplificatori audio al fine di linearizzarne il comportamento ed estendere la banda passante.

Si divide a sua volta in tre sottospecie:

- Reazione negativa globale
- Reazione negativa locale
- Reazione negativa mista (globale + locale)

Quindi si parla di reazione negativa o controreazione globale quando il segnale in uscita viene riportato all'ingresso del primo stadio, mentre si parla di controreazione locale quando il segnale di ogni singolo stadio amplificatore viene portato al rispettivo ingresso, introducendo quindi tante reazioni negative localizzate in ogni stadio amplificatore.

La terza soluzione è la somma delle prime due, implementate in contemporanea.

Nella figura sotto è riportato un esempio tipico di reazione negativa.

Il segnale applicato alla griglia induce una variazione della corrente anodica.

Sulla resistenza  $R_{k1}$  la variazione di corrente induce una caduta di tensione variabile che si somma, essendo la resistenza stessa sia parte del circuito anodico che di quello di griglia, alla tensione del segnale applicato alla griglia.

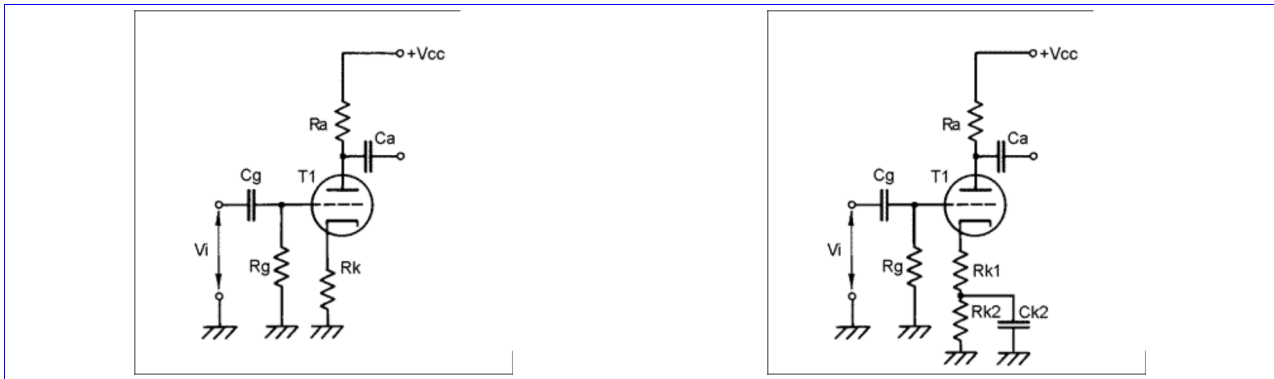
Analizzando il comportamento della corrente anodica vediamo che quando la tensione sulla griglia aumenta, aumenta anche la corrente anodica, quindi aumenta la tensione ai capi di  $R_1$  che si somma algebricamente con quella di ingresso dando come risultante, essendo sfasate di  $180^\circ$  la differenza delle due.

Praticamente al segnale di ingresso si sottrae quello di reazione.

Nell'esempio è possibile variare la reazione bypassando parte della resistenza  $R_k$  (scomposta in  $R_{k1}$  ed  $R_{k2}$  tali che  $R_{k1}+R_{k2}=R_k$ ) con un condensatore  $C_{k2}$ , che funge da bypass per la componente alternata come visibile nel disegno.

Il condensatore  $C_{k2}$  dovrà avere una capacità tale da essere un cortocircuito per la componente variabile della tensione  $V_{rk2}$  (ai capi di  $R_{k2}$ ).

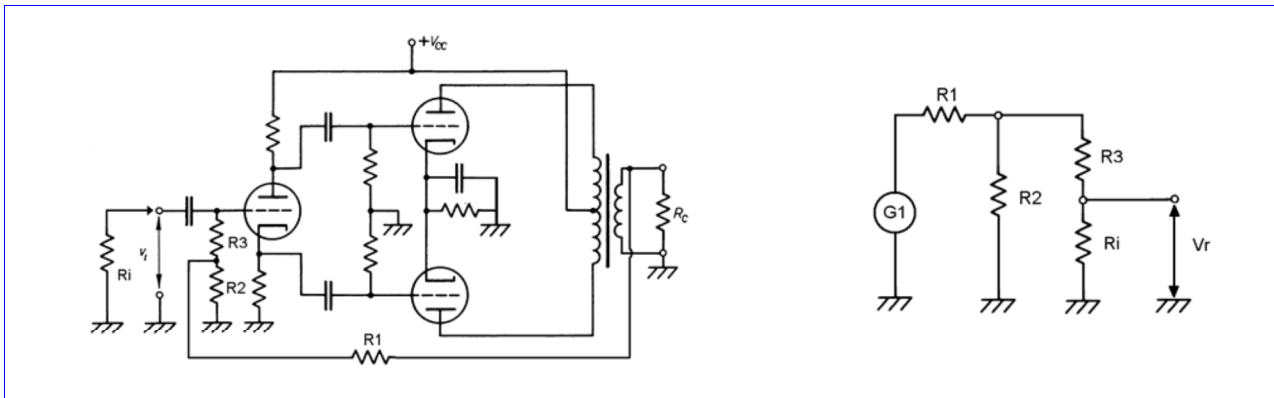




Classico esempio di amplificatore di tensione a Triodo reazionato con resistenza di polarizzazione posta sul catodo.

Oltre a polarizzare negativamente la griglia rispetto al catodo determina anche una reazione negativa che può essere variata parzializzando la resistenza Rk.

Questo tipo di controreazione è detta "in corrente" in quanto è la corrente anodica che la determina scorrendo attraverso Rk che fa parte sia del circuito anodico che di quello di ingresso.



Nella figura in alto è riportato il classico esempio di reazione globale ovvero fra l'uscita e l'ingresso.

Come si può facilmente notare la tensione da reazionare viene presa direttamente ai capi della resistenza di carico, ridotta come ampiezza da un partitore resistivo formato dalle resistenze R1, R2, R3 ed Ri (la resistenza di uscita dello stadio precedente, in questo caso visto che lo schema si riferisce ad un finale di potenza, presumibilmente la resistenza di uscita di un preamplificatore).

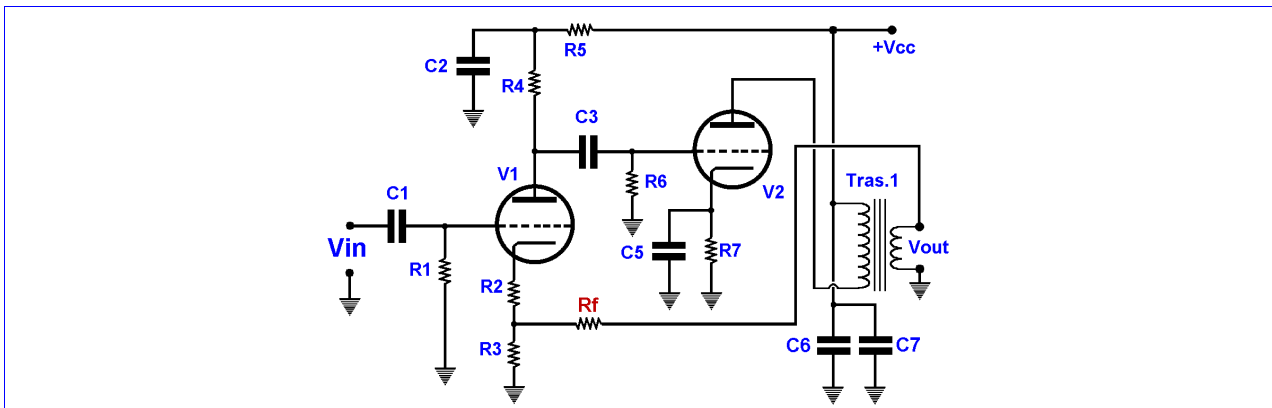
A fianco è riportato il circuito equivalente del circuito di reazione dell'amplificatore .

G1 è Vu.

Si ottiene applicando i teoremi di Tevenin e Norton.

Si tratta di una semplificazione in quanto non si tiene conto dei comportamento nei casi limite, quando le capacità di accoppiamento iniziano a far sentire i propri effetti.

Da notare che con questo tipo di controreazione si compensano, entro certi limiti, anche le variazioni di impedenza tipiche dei carichi variabili al variare della frequenza, come le casse acustiche che hanno molte componenti reattive, sia negli altoparlanti che nel filtro crossover.



Nel disegno sopra un anello di reazione globale su un amplificatore single ended.

$R_f$  insieme a  $R_3$  costituiscono il partitore resistivo che determina l'entità della reazione negativa e il valore della tensione che dal secondario del trasformatore adattatore di impedenza viene riportata sullo stadio pilota della valvola finale di potenza.

Nel caso la reazione venga presa dal secondario del trasformatore occorre prestare molta attenzione al filo del secondario da mettere a massa e a quello a cui collegare l'anello di reazione perché invertendoli si inverte la fase del segnale reazionato e il tutto diventa un ottimo oscillatore.

La controreazione globale può anche servire per correggere comportamenti anomali e modificare la banda passante introducendo elementi reattivi nel circuito di reazione.

Nel caso sopra, ad esempio se volessimo limitare la banda passante dell'amplificatore potremmo facilmente farlo introducendo un condensatore in parallelo a  $R_f$ .

In questo modo all'aumentare della frequenza la reattanza capacitiva prevarrebbe sulla resistenza di  $R_f$ , il segnale reazionato aumenterebbe e diminuirebbe il guadagno dell'amplificatore per i toni alti.

Viceversa si possono aumentare i toni alti mettendo un condensatore in parallelo ad  $R_3$ , in questo modo il segnale reazionato per quello che riguarda i toni alti diminuirebbe e l'amplificatore per queste frequenze avrebbe una maggiore amplificazione.

### Studio dei comportamenti limite

Lo studio dei casi limite serve per verificare la stabilità dell'amplificatore, infatti le capacità e le induttanze introducono degli spostamenti di fase della tensione di reazione a volte tali da mandare in autooscillazione l'amplificatore, ovvero la controreazione si trasforma in reazione positiva.

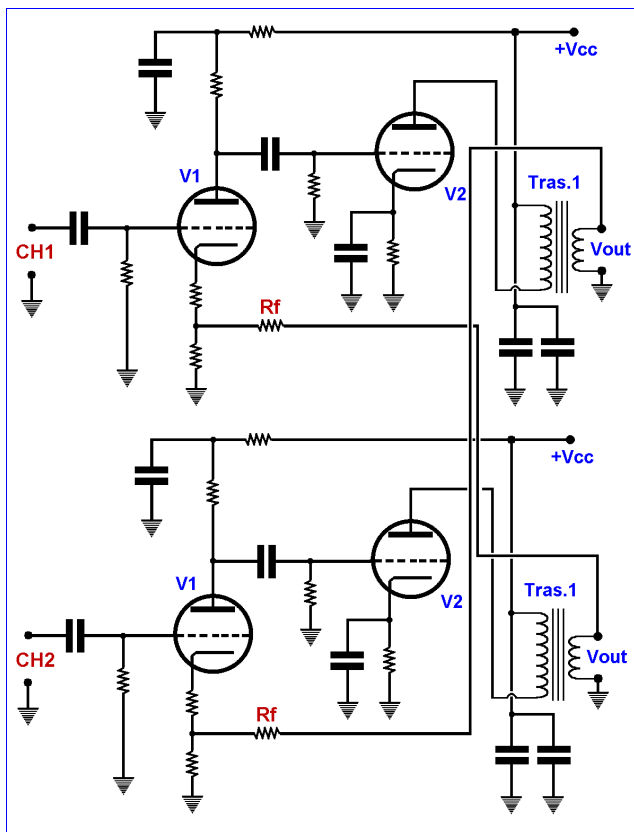
In ogni caso comportamenti anomali si possono rilevare facilmente in fase di prova dei prototipi con un generatore di funzioni ed un oscilloscopio a doppia traccia.

Occorre considerare che comportamenti anomali si possono manifestare ben oltre la banda passante, mi è capitato in passato di provare degli amplificatori audio che si sono rivelati degli ottimi oscillatori radio per onde medie.

Tenete sempre conto che un buon amplificatore, ben progettato non ha bisogno di un anello di controreazione globale, quindi curate il progetto e ottimizzate stadio per stadio!

La reazione globale nasconde anche difetti di progettazione quali ad esempio la saturazione o il clipping degli stadi intermedi.

### Un caso particolare di controreazione: la reazione incrociata (espansore di immagine stereo)



Il caso più particolare di reazione negativa l'ho visto applicato in un amplificatore stereo al fine di aumentare l'ampiezza dell'immagine stereofonica. In pratica la reazione è incrociata fra i due canali, il segnale di reazione del canale destro finisce all'ingresso del sinistro e viceversa.

In questo modo vengono attenuati tutti i segnali presenti sui due canali e amplificati i segnali differenza fra i due canali.

E' una pratica che nulla ha a che fare con l'alta fedeltà ma è interessante a livello concettuale.

## Progettazione degli amplificatori a valvole

<b>Indice Argomento Corrente</b>
<b>1) Principi generali</b>
<b>2) Cosa è l'amplificazione?</b>
<b>3) Limiti intrinseci</b>
<b>4) Classi di funzionamento</b>
<b>5) La reazione</b>
<b>6) Progetto di amplificatori</b>

### Principi generali

Prima di progettare un amplificatore a valvole occorre avere le idee ben chiare sui vari concetti elencati di seguito.

Quando si parte da un progetto già sviluppato da altri occorre comprenderne fino in fondo il funzionamento e i limiti allo scopo, se possibile, di migliorarlo.

Un amplificatore, per bene che sia progettato ha dei limiti intrinseci dettati dalle scelte di progetto, il miglior risultato è sfruttare al massimo quello che abbiamo a disposizione.

### Cosa è l'amplificazione?

In ambito elettronico, in campo audio, per amplificazione si intende la moltiplicazione di un segnale per un valore detto guadagno per ottenere in uscita lo stesso segnale applicato all'ingresso amplificato, ovvero aumento di A volte.

Il guadagno a volte è espresso in dB.

Quindi l'amplificatore nel suo insieme è un componente attivo, che quindi va alimentato e trasferisce parte della energia che assorbe al segnale da amplificare (viene sfruttata una fonte esterna di energia per conferire al segnale in ingresso la maggiore ampiezza/potenza necessaria).

Di solito si parla di amplificatori in elettronica, considerando come segnale da amplificare una tensione o una corrente.

Quindi abbiamo amplificatori di tensione, di corrente, o tutti e due nel caso di un amplificatore audio.

In genere un amplificatore audio è formato, semplificando molto, da due unità accoppiate tra loro: stadio pre-amplificatore e stadio di potenza.

In pratica sono i due stadi base che da soli sono in grado di dare al segnale in ingresso la potenza necessaria per pilotare le casse acustiche.

### Limiti intrinseci

I limiti di un amplificatore sono rappresentati dal massimo guadagno che può fornire che a sua volta è frutto di varie scelte di progetto e dalla distorsione che inevitabilmente introduce nel segnale che viene amplificato.

Un amplificatore è sempre un compromesso, non esiste quello perfetto.

Si lavora per ottenere il massimo in relazione al materiale che si ha a disposizione.

## **Classi di funzionamento**

Un amplificatore audio può funzionare in classe A o AB.

## **La reazione**

La reazione viene usata in questo caso, per linearizzare il comportamento degli amplificatori.  
Per una trattazione più dettagliata: La reazione negli amplificatori audio.

## **Progetto di preamplificatori e amplificatori finali**

Progetto di un preamplificatore

Progettazione di un preamplificatore per microfono dinamico

Progettazione di un preamplificatore per chitarra e basso elettrico con uscita bilanciata

Progetto di un amplificatore finale in classe "A"

## **Progetto di preamplificatori e amplificatori finali: formule di calcolo utilizzate**

In tutti i progetti trattati in questa sezione sono state utilizzate formule semplificate e calcoli eseguiti in via geometrica sulle rette di carico.

Questo per rendere più facile la progettazione, a costo di una certa tolleranza che il più delle volte è ininfluente per la stessa tolleranza dei componenti utilizzati.

Negli ultimi anni ha preso piede la simulazione dei circuiti tramite software come SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) che eseguono una simulazione del funzionamento del circuito abbastanza veritiera.

Noi abbiamo preferito un approccio più pratico e "vecchio stile" anche per evitare le complessità insite nell'utilizzo di tali software.

## Progettazione di un preamplificatore a valvole

### Elementi distintivi di un preamplificatore audio

Si dice preamplificatore audio un dispositivo elettronico attivo atto ad incrementare l'ampiezza di un segnale audio applicato al suo ingresso per renderlo adatto ad una amplificazione successiva.

Quindi un apparato atto ad amplificare una tensione la cui frequenza rientra nell'insieme delle frequenze audio, senza introdurre apprezzabile distorsione o rumore.

Nella sua variante stereo collocato in una catena di amplificazione stereo necessita di alcuni accorgimenti atti a renderlo adattabile a diverse fonti di segnale caratterizzate da diverse ampiezze dello stesso.

Questo implica la possibilità di selezionare più ingressi e di avere dove necessario una amplificazione differente per i vari ingressi.

Nello specifico gli ingressi che differiscono in modo sostanziale dagli altri per quello che riguarda l'ampiezza del segnale e quindi il fattore di amplificazione richiesto sono quelli phono, ovvero relativi ai giradischi con pick-up MM o MC (dove ricordiamo che MM sta per Moving Magnet o magnete mobile ed MC sta per Moving Coil o bobina mobile).

Questi pick-up forniscono una tensione che va da 0,5 mV per gli MC a 5 mV per gli MM.

Contro i 0,5-1V per i CD, Tape, Dat e Tuner che sono quindi ad un livello di segnale nettamente più alto.

Questa differenza di amplificazione si ottiene introducendo stadi aggiuntivi dedicati a tali ingressi che servono anche per la equalizzazione RIAA richiesta, sempre nel caso dei giradischi.

### Progettazione di un preamplificatore audio: Prefazione

In questo paragrafo tratteremo la progettazione di uno stadio preamplificatore audio generico, quello che potremmo trovare, ad esempio, prima dello stadio finale in un amplificatore integrato, quindi come preamplificatore audio non intenderemo in senso stretto il dispositivo che in una catena di amplificazione viene prima dell'amplificatore, ma tutti quegli stadi che in qualche modo operano una amplificazione di tensione.

Si può considerare un caso particolare di preamplificatore audio anche uno stadio a guadagno unitario o inferiore all'unità come gli adattatori di impedenza (buffer) che spesso sono necessari qualora l'uscita di uno stadio e l'ingresso di quello successivo non siano compatibili a livello di impedenze.

### Progettazione di un preamplificatore audio: Parametri generali di progettazione

Di seguito vengono riportati i parametri fondamentali di cui occorre tenere conto quando si intraprende la progettazione di un preamplificatore audio.

- a) Amplificazione in tensione (numero adimensionale)
- b) Resistenza di ingresso (espressa in  $\Omega$ )
- c) Resistenza di uscita (espressa in  $\Omega$ )

### Progettazione di un preamplificatore audio: Amplificazione e scelta della valvola termoionica

L'amplificazione si determina sapendo quale deve essere la tensione di uscita per pilotare lo stadio successivo e la tensione del segnale in ingresso.

$A = V_u / V_i$  dove  $A$  è l'amplificazione,  $V_u$  è la tensione del segnale in uscita e  $V_i$  la tensione del segnale in ingresso.

E' necessario che le tensioni  $V_u$  e  $V_i$  siano misurate in valore picco-picco.

Una volta determinato il valore di  $A$  occorre scegliere una o più valvole adatte, se il segnale da amplificare è di basso livello occorre tenere anche conto del rumore introdotto, quindi è d'obbligo



quasi sempre scegliere un triodo.

Per questo motivo negli schemi di esempio di seguito sono stati sempre utilizzati dei triodi.

Se l'amplificazione ha un valore alto occorre progettare un preamplificatore a più stadi.

In linea di principio bisogna coniugare la maggior semplicità circuitale possibile con la necessità di mantenere entro certi limiti l'amplificazione di un singolo stadio (mai "spremere" troppo una singola valvola, mai usarne due se è possibile usarne solo una).

Ovviamente trattandosi di un preamplificatore è inutile scegliere una valvola progettata per gestire una grande potenza.

### Primo esempio: preamplificatore audio a un singolo stadio.

Dati di progetto:

a) Tensione di ingresso 2Vpp

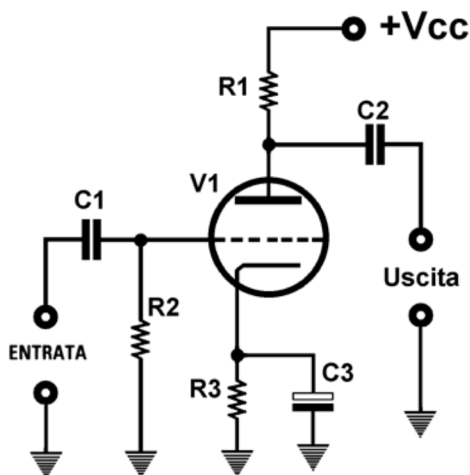
b) Tensione di uscita 20Vpp

Quindi si calcola  $A=40/2=20$ .

Si tratta di un valore di amplificazione abbastanza basso, facilmente ottenibile con una sola valvola.

Cercheremo nel contempo di mantenere la resistenza di ingresso alta e la resistenza di uscita accettabilmente bassa senza ricorrere a buffer in uscita.

Praticamente un preamplificatore audio minimale.



Nel disegno sopra lo schema più classico per un preamplificatore audio.

Come vedremo anche questo riserva delle sorprese per quello che riguarda la progettazione.

In questo circuito che è a polarizzazione automatica ottenuta con il gruppo R3-C3, la resistenza R2 serve per collegare a massa la griglia di controllo e polarizzarla, quindi al potenziale di riferimento che è negativo rispetto al catodo del valore di tensione che cade su R3.

La resistenza di ingresso è quindi approssimativamente del valore di R2.

R1 è la resistenza di carico, C1 il condensatore di disaccoppiamento in ingresso e C2 di disaccoppiamento in uscita.

Il condensatore C3 serve per bypassare la componente alternata della tensione che cade su R3 per effetto della corrente anodica per evitare di avere una controreazione locale.

La valvola termoionica V1, evidentemente un triodo, deve avere un fattore di amplificazione maggiore di 20.

Per la scelta della valvola optiamo per un triodo per il basso rumore prodotto anche se in questo caso non è fondamentale trattando un segnale che ha già una notevole ampiezza.

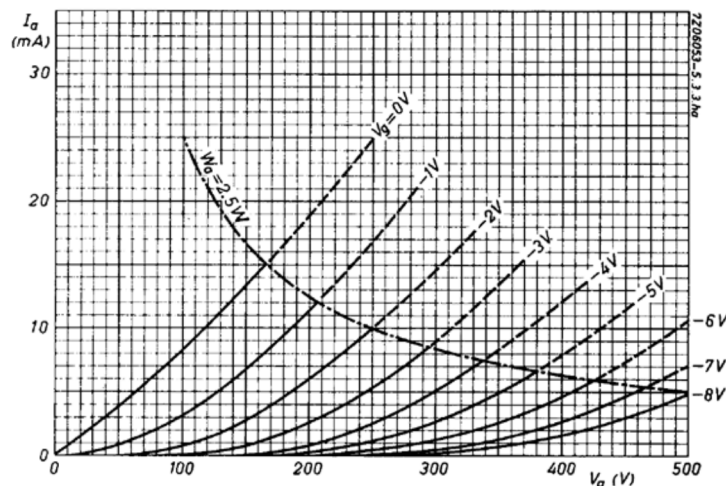
Potremmo utilizzare anche un pentodo, tuttavia in questo caso non è conveniente perché complicheremmo il circuito senza avere benefici.

Riferendoci a valvole commerciali potenzialmente alla realizzazione di un preamplificatore audio, ne

selezioniamo tre facilmente reperibili sul mercato:

Tipo Valvola	Impiego Classico	Composizione	Potenza massima dissipabile	Amplificazione (mu)
Ecc81/12AT7	Amplificatore Oscillatore Miscelatore RF	Doppio Triodo con catodo a riscaldamento indiretto	2,5 Watt	60
Ecc82/12AU7	Amplificatore RF	Doppio Triodo con catodo a riscaldamento indiretto	2,75 Watt	17
Ecc83/12AX7	Amplificatore RF	Doppio Triodo con catodo a riscaldamento indiretto	1 Watt	100

La scelta, scartando la Ecc82 che ha un fattore di amplificazione troppo basso puntiamo sulla Ecc81, ma andrebbe bene anche la Ecc83 che tuttavia per quello che serve a noi ha un fattore di amplificazione troppo alto.



Nel disegno sopra le caratteristiche anodiche Ecc81 tratte da un datasheet philips del 1969.

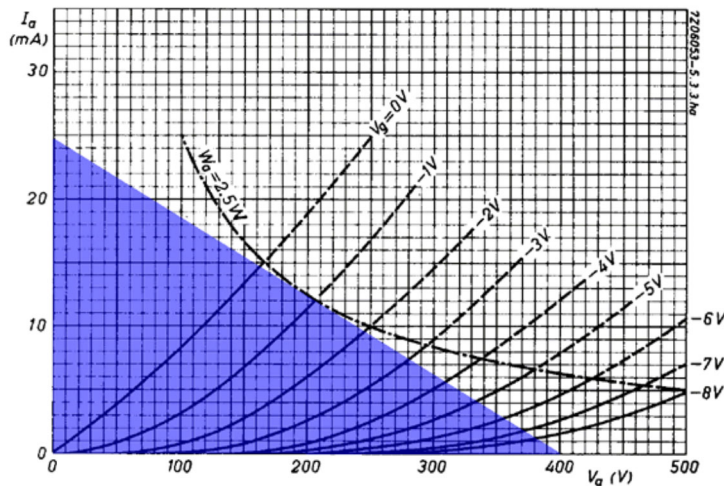
Si nota la curva tratteggiata della massima dissipazione che mette un limite al prodotto tensione anodica x corrente anodica.

Il procedimento grafico che prendiamo in esame ci permette di avere la miglior visuale di quello che sarà il punto di lavoro della valvola.

Innanzitutto dobbiamo stabilire la tensione di funzionamento del preamplificatore, tensione che quasi sempre è imposta dagli altri circuiti che dovranno essere alimentati con lo stesso alimentatore.

Mettiamo che sia 400Volt.

Poi cerchiamo di scegliere sul grafico un punto di lavoro in una zona abbastanza lineare, per esempio con una tensione negativa di griglia di 2 Volt, valore che può andare bene anche dal punto di vista della tensione di griglia che con un segnale di 2Vpp non diverrà mai positiva.

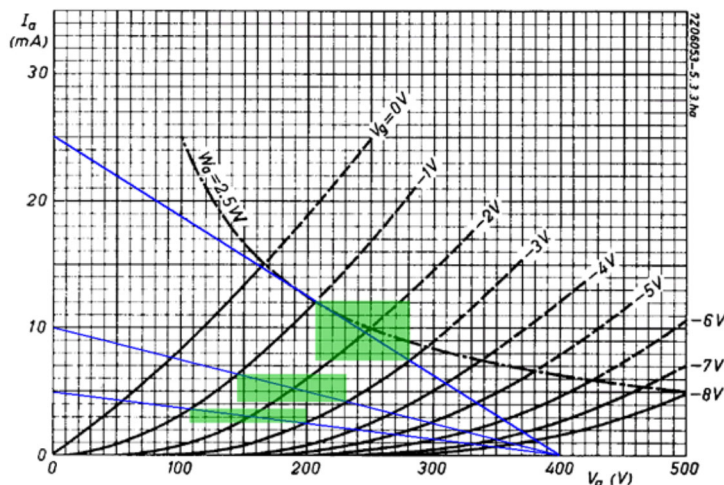


A questo punto (disegno sopra) tracciamo il triangolo che comprende tutti i punti di possibile funzionamento della valvola, partendo dalla tensione di 400V fino a sfiorare la curva di massima dissipazione allo scopo di avere una corrente anodica abbastanza alta da ridurre il rumore dovuto alla formazione di una carica spaziale attorno al catodo.

Il valore della possibile resistenza anodica è compreso fra infinito (per  $I_a=0$ ) e  $R_1=400/0,025=16K\Omega$  (per  $I_a=25mA$ ) che è la minima resistenza che possiamo usare senza superare il limite massimo di dissipazione.

Come si può facilmente desumere, variando la resistenza di carico  $R_1$  varia l'inclinazione dell'ipotenusa del triangolo che determina entro certi limiti, anche l'amplificazione della valvola.

Ma facciamo un paio di esempi, prendendo come resistenza  $R_1$  nel primo caso  $16K\Omega$ , nel secondo  $40K\Omega$  e nel terzo  $80K\Omega$ .



Questo sopra è il disegno risultante.

I quadrati sono stati fatti tracciandoli dall'intersezione fra la retta di carico e le caratteristiche anodiche relative al punto di lavoro con la massima elongazione del segnale in ingresso sovrapposto alla polarizzazione di griglia, quindi -2+1 e -2-1, quindi da -1Volt a -3Volt.

Il lato verticale del rettangolo rappresenta la variazione di corrente anodica in funzione del segnale di ingresso, mentre il lato orizzontale la variazione di tensione ai capi della valvola.

A questo punto è facile stabilire la tensione in uscita moltiplicando la lunghezza del lato verticale del rettangolo per la resistenza di carico equivalente, oppure contando i quadretti nel lato del rettangolo orizzontale.

Nel primo caso  $V_u = 4,5\text{mA} \cdot 16\text{K}\Omega = 72\text{Vpp}$   $A = 72/2 = 36$

Nel secondo caso  $V_u = 2,2\text{mA} \cdot 40\text{K}\Omega = 88\text{Vpp}$   $A = 88/2 = 44$

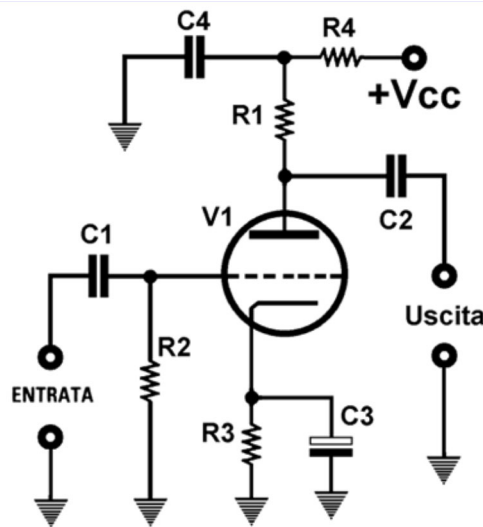
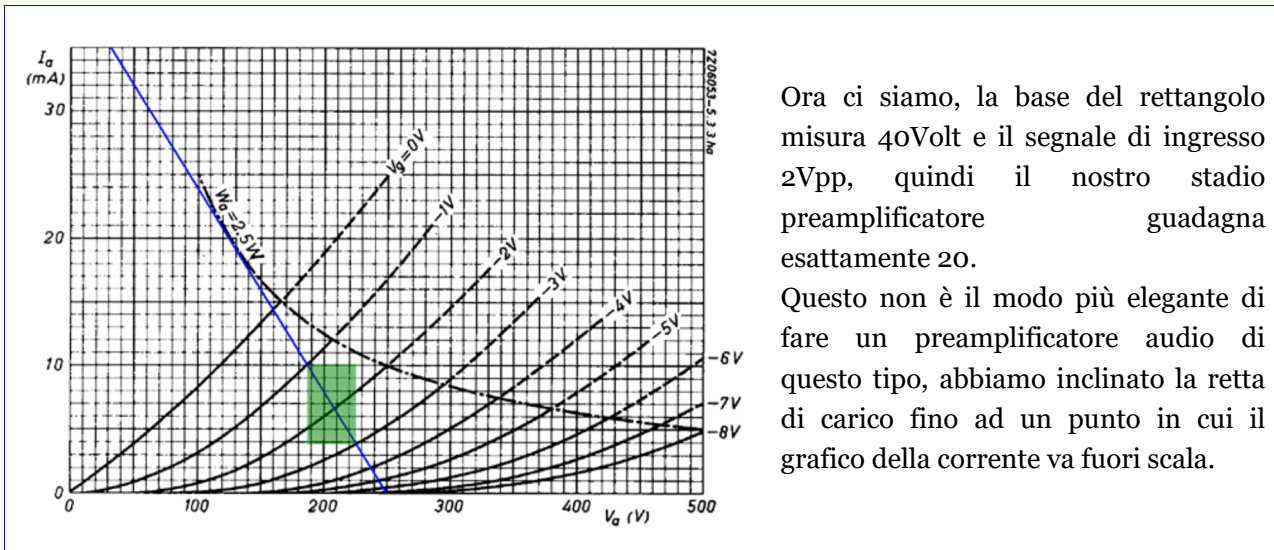
Nel terzo caso  $V_u = 1,15\text{mA} \cdot 80\text{K}\Omega = 92\text{Vpp}$   $A = 88/2 = 46$

A questo punto come si ottiene una amplificazione esattamente di 20 da questo circuito? Non è possibile.

Dobbiamo cambiare valvola oppure variare anche la tensione di alimentazione.

Proviamo a variare la tensione di alimentazione del circuito.

Per ottenere un abbassamento dell'amplificazione siamo costretti ad alimentare il tutto a 250Volt, quindi molto di meno dei 400Volt che abbiamo a disposizione.



Questa sopra è la versione modificata per abbassare la tensione di alimentazione del circuito preamplificatore audio.

La resistenza R4 deve provocare una caduta di tensione pari a  $V_{R4} = 400 - 250 = 150\text{Volt}$ .

Tenendo conto che passa a riposo una corrente di 7mA R4 dovrà essere di  $R4 = 150/0,007 = 21428\Omega$  (si sceglie ovviamente il valore commerciale più vicino) e dovrà dissipare una potenza di  $W_{R4} = 150 \cdot 0,007 = 1,05\text{ Watt}$ .

La resistenza R1 avrà un valore che si calcola sul grafico sottraendo alla tensione di alimentazione che è 250Volt la tensione che in regime statico cade ai capi della resistenza che è 208Volt (circa), Quindi  $V_{R1} = 240 - 208 = 32\text{Volt}$ .

La corrente che passa sulla resistenza è quella anodica, quindi 0,007mA.

Quindi  $R1 = 32/0,007 = 4571\Omega$ .

La resistenza  $R_3$  deve produrre una caduta di tensione di 2Volt, quindi  $R_3 = 2 / 0,007 = 285,7\Omega$ .

Tutti i condensatori tranne  $C_3$  che ha una tensione di esercizio piuttosto bassa (2Volt circa) dovranno avere una tensione di lavoro di almeno 400Volt.

L'impedenza di ingresso corrisponde a  $R_2$  e si può mettere alta a piacere, optando ad esempio su  $1M\Omega$ . Ricordiamo che la resistenza di uscita è data dal parallelo di  $R_1$  e  $R_a$  (dove  $R_a$  è la resistenza anodica della valvola nel punto di lavoro prescelto).

La resistenza di uscita del preamplificatore audio è praticamente uguale ad  $R_1$  (perché la resistenza anodica è molto maggiore), quindi 4-5K $\Omega$ , quindi per non caricarlo si consiglia di accoppiarlo ad un amplificatore con resistenza in ingresso di almeno 40-50K $\Omega$ .

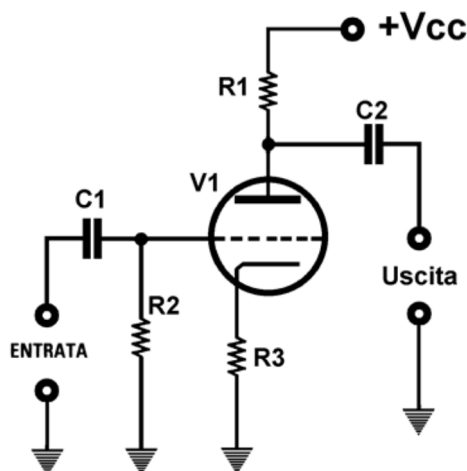
Quello che abbiamo analizzato fino a questo momento è un preamplificatore audio classico, sul quale tuttavia non è possibile intervenire più di tanto, il trucco è usare una valvola che meglio si avvicina alle nostre esigenze, facendola lavorare nel punto migliore delle caratteristiche anodiche.

Nel circuito trattato sopra abbiamo forzato la valvola a lavorare in un punto non ottimale, in un punto in cui la resistenza interna della valvola è molto diversa come valore in regime statico da quella di carico, che è sempre la soluzione ottimale a livello di adattamento di impedenza e massima elongazione del segnale in uscita.

### Secondo esempio: preamplificatore audio a un singolo stadio.

A questo punto progettiamo un preamplificatore audio leggermente diverso, introducendo una reazione locale in modo da adattare l'amplificazione e ridurre la distorsione.

Questo si ottiene facendo lavorare la valvola termoionica su una parte molto ridotta della retta di carico, riducendo il segnale che arriva alla griglia controllo del triodo con l'impiego della controreazione in corrente.

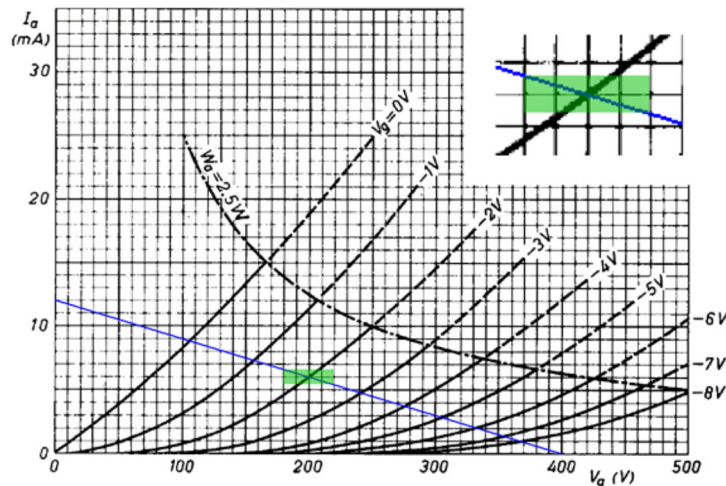


L'unica differenza che notiamo è l'assenza del condensatore di bypass della resistenza di polarizzazione di griglia  $R_3$ .

Questo comporta una reazione locale che di fatto riduce il modo dinamico il segnale che pilota la griglia di controllo. Questo ci permette di far lavorare la valvola nel punto più lineare delle caratteristiche anodiche.

Ma facciamo una analisi dei parametri di funzionamento del circuito partendo dai dati di partenza.





Come si può vedere dal disegno sopra il segnale che ci occorre in ingresso al preamplificatore audio per avere 40 Volt all'uscita è meno della metà di quello che abbiamo in ingresso.

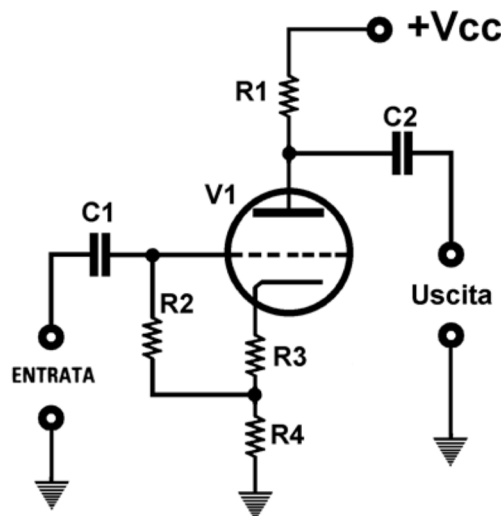
La retta di carico è stata disegnata in modo che il punto di funzionamento statico della valvola coincida con esattamente la metà della tensione di alimentazione quando la tensione di griglia è -2Volt, punto di lavoro prescelto.

Questo impone una resistenza di carico  $R1=200/0,012=16,7k\Omega$  circa (dove 200Volt è uguale a  $V_{cc}/2$  e 12mA si ricavano dal grafico a fianco).

Per avere una tensione di polarizzazione di 2Volt fra catodo e griglia occorre che  $R3$  abbia un valore di  $R3=2/0,012=166,6\Omega$ .

A questo punto tenendo conto che  $R1$  ed  $R3$  sono percorse dalla stessa corrente e che la tensione della componente alternata ai capi di  $R3$  è di  $V_i - 1$  dove  $V_i$  è la tensione di ingresso e 1 è il valore della tensione che serve per produrre in uscita 40 Volt (si calcola in modo approssimativo dal grafico), quindi  $V_a R3 = 1$  il guadagno è troppo elevato ancora una volta ed essendo il rapporto fra  $R1$  ed  $R3$  prossimo a 100, questo sarà il guadagno (limitato dalle caratteristiche intrinseche della valvola).

L'unico modo di svincolare il guadagno dell'amplificatore dalla polarizzazione in regime statico della griglia è quello di scindere le due cose, quindi frazionare in due parti il resistore  $R3$  ed usarne una parte per polarizzare la griglia e l'altra per regolare la controreazione.



Finalmente nel disegno sopra per il nostro preamplificatore audio ora possiamo fare quadrare il cerchio!! Poniamo  $R3=166,6\Omega$  in modo che la griglia venga polarizzata a -2Volt e la somma  $R3+R4=R1/40$  quindi  $R3+R4=16700/40=417,5\Omega$ .

Avendo  $R3=166,6\Omega$   $R4=417,5-166,6=250,9\Omega$ .



Abbiamo finalmente ottenuto quello che ci eravamo prefissi.

Ovviamente questo è un metodo approssimativo per calcolare il tutto, tuttavia dà risultati abbastanza precisi.

Trattandosi di componenti che soffrono di notevoli tolleranze di costruzione è inutile essere troppo precisi.

Poi una volta realizzato il circuito si possono fare modifiche per adattare al meglio il funzionamento, variando di poco i valori delle resistenze.

Il più delle volte non è necessario.

In questa fase ci si può avvalere di una decade resistiva per trovare sperimentalmente il miglior valore.

Se proprio vogliamo lavorare di precisione possiamo collegare una decade resistiva al posto di  $R_1$  a variarla fino a che la tensione  $V_{ak}$  non è uguale a  $V_{R1}$  ovvero la tensione che cade ai capi del triodo non è uguale a quella che cade ai capi della resistenza di carico.

A questo punto basta sostituire la decade resistiva con una resistenza fissa dello stesso valore trovato sperimentalmente e abbiamo il valore ottimale per  $R_1$ .

Questa tecnica permette, al netto delle tolleranze, di avere il miglior punto di funzionamento e la minor distorsione unita alla massima elongazione del segnale in uscita senza clipping.

### **Preamplificatore Audio Multi-stadio**

La configurazione multi-stadio di solito, per un preamplificatore audio, è la norma, comprende lo stadio di ingresso ad alta impedenza, il preamplificatore audio vero e proprio e lo stadio adattatore di impedenza (buffer) di uscita.

Tuttavia questi stadi si possono progettare come se fossero composti da diversi preamplificatori collegati in cascata tenendo conto delle reciproche impedenze di ingresso ed uscita.

E' buona norma utilizzare sempre il minimo dei componenti per raggiungere l'obiettivo che abbiamo scelto.

Questo per ridurre il rumore, le possibilità di guasto e il costo finale dell'apparecchiatura.

## Progetto preamplificatore microfonico per microfono dinamico

### Il microfono dinamico

Questo tipo di microfono è sostanzialmente l'applicazione inversa di un altoparlante dinamico.

La membrana che viene sollecitata dalla pressione acustica è solidale ad una piccola bobina che si muove in un campo magnetico costante.

La bobina mobile del microfono dinamico non può avere molte spire, deve avere una massa molto piccola per avere una bassa inerzia e poter essere messa in movimento dalle frequenze più alte della gamma audio.

In genere questi microfoni forniscono all'uscita pochi mV.

Da qui la necessità di utilizzare dei preamplificatori particolarmente sensibili e silenziosi per avere poi un buon rapporto segnale/rumore.

E' opportuno rivedere il valore della resistenza in ingresso (aumentandolo) del preamplificatore nel caso in cui la sorgente da amplificare abbia una impedenza di uscita più alta.

### Caratteristiche del preamplificatore per microfono dinamico

Quello che progetteremo sarà un preamplificatore basato su uno schema classico con meno componenti possibile.

Un preamplificatore per questo tipo di microfono deve avere le seguenti caratteristiche:

- Produrre meno rumore possibile, quindi occorre usare una valvola particolarmente silenziosa per avere un buon rapporto segnale/rumore.
- Avere una grande amplificazione in modo da portare il segnale da pochi mV ad una ampiezza compatibile con l'ingresso di un amplificatore o di un mixer.
- Avere possibilmente una bassa microfonicità.
- Avere una banda passante da 50Hz a 15Khz che corrisponde alla risposta in frequenza della maggior parte di questi microfoni.

In realtà essendo principalmente utilizzati per la voce umana si può, all'occorrenza, limitare ulteriormente l'estensione sugli acuti allo scopo di ridurre ulteriormente il rumore.

- Avere una bassa impedenza in uscita per renderlo interfacciabile con la maggior parte degli amplificatori e mixer.

La scelta obbligata è il triodo.

E' la tipologia di valvola che produce minor rumore in assoluto.

Inoltre per limitare ulteriormente il rumore il triodo va fatto funzionare limitando la carica spaziale in prossimità del catodo (per approfondimenti leggere la trattazione sul rumore nelle valvole).

Tenendo conto che il rumore equivalente all'ingresso di un triodo in genere non supera il uV (in genere nei casi migliori 0,2 uV) il rapporto fra segnale e rumore in questo caso è superiore a 1000.

Espresso in dB è maggiore di  $20\log(V_s/V_n)=60\text{dB}$  dove  $V_s$  è il valore del segnale espresso in Volt e  $V_n$  il valore del rumore espresso in Volt.

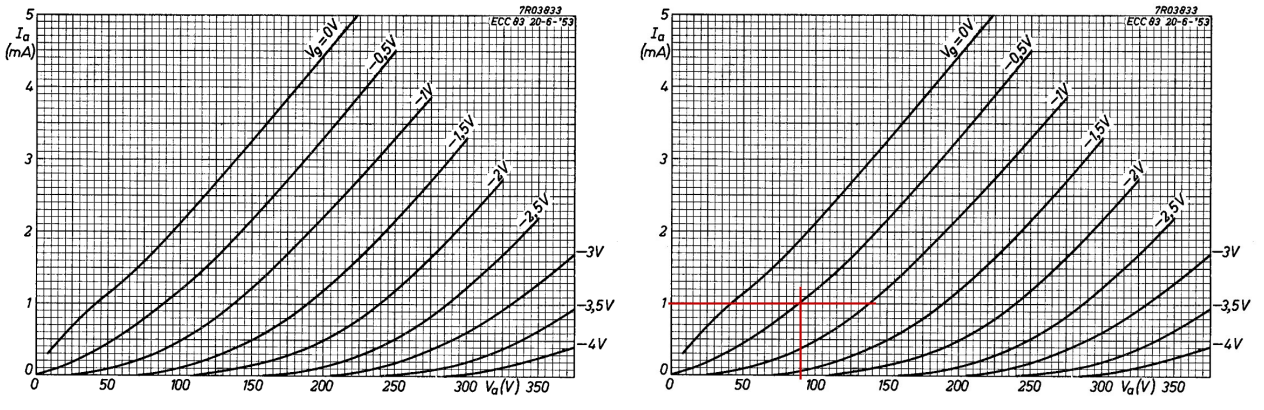
Nei casi migliori con un buon microfono e un buon triodo dove  $V_s=2\text{mV}$  e  $V_n=0,2\mu\text{V}$  il rapporto segnale rumore sarà di 80dB.

### Progettazione preamplificatore microfonico per microfono dinamico

Prima di tutto occorre scegliere un triodo adatto all'amplificazione di un segnale molto basso che abbia una grande amplificazione.

Fra le valvole commerciali la più comunemente utilizzata è il doppio triodo 12ax7/Ecc83 o la variante russa 6n2p che differisce unicamente per la tensione di alimentazione del filamento e una amplificazione leggermente più bassa, ma reperibile anche nella versione militare 6n2p-EV che è

particolarmente ben costruita e ha una durata minima di 5000 ore.



Nell'immagine sopra le caratteristiche anodiche di una valvola ecc83 prese da un datasheet Philips. Tenendo in considerazione il segnale da amplificare è inutile polarizzare la griglia oltre -0,5V (il segnale non riuscirà mai a renderla positiva). Questo ci permette con una corrente anodica accettabilmente alta di avere una tensione anodica relativamente bassa.

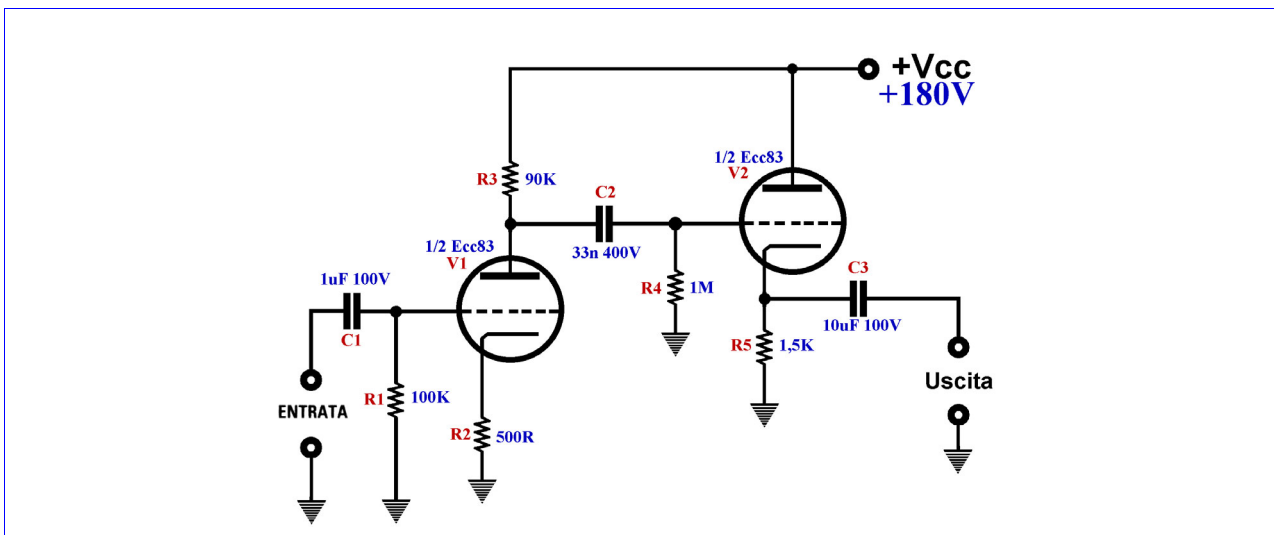
Ma facciamo un po' di calcoli per il primo stadio:

Nella figura sopra a destra si vede per che avere una corrente anodica di 1mA occorre una tensione anodica di 90V.

- Tenendo conto che la stessa tensione deve cadere sulla resistenza di carico la tensione di alimentazione dovrà essere di 180V.
- La resistenza Rk per produrre una caduta di tensione di 0,5V dovrà essere  $V_k = I_a * R_k$  quindi  $R_k = V_k / I_a = 500 \Omega$ .
- Rc dovrà essere  $(V_{cc} / 2) / I_a$  oppure  $V_{rc} / I_a = 90 K\Omega$

Come vedete nulla di più facile.

Ma vediamo lo schema del preamplificatore.



Possiamo dividere lo schema nei seguenti blocchi per meglio comprendere i vincoli di progetto.

- C1+R1= filtro passa alto in ingresso.  
Contribuisce a determinare la banda passante per quello che riguarda la frequenza di taglio inferiore e l'impedenza di ingresso.  
La frequenza di taglio si calcola  $F_t = 1 / (2 * \pi * R_1 * C_1)$  dove PI è pigreco.  
C1 va calcolato in modo che la frequenza di taglio sia il più bassa possibile.

Con il valore indicato  $1\mu\text{F}$  la frequenza di taglio è  $1,5\text{ Hz}$ .

L'impedenza di un microfono dinamico è abbastanza bassa quindi non occorre aumentare troppo il valore di  $R_1$ .

- $R_2=R_k$  calcolata precedentemente.
- $R_3=R_c$  anche questa calcolata in precedenza
- $C_2$ = condensatore di disaccoppiamento.

Con  $R_4$  costituisce un filtro passa basso che taglia a  $4,8\text{ Hz}$ .

$R_4$  deve essere molto minore di  $R_3$  per non caricare  $V_1$  con una impedenza troppo bassa.

- $R_5$ = resistenza catodica della valvola  $V_2$ .  
E' calcolata per fornire una caduta di  $1,5\text{V}$  che alla tensione anodica di  $180\text{V}$  ( $V_2$ ) determina una corrente anodica di  $1\text{mA}$ .
- $C_3$ =condensatore di disaccoppiamento per lo stadio successivo.  
E' stato scelto di capacità abbastanza grande per non limitare la banda passante.

La prima valvola  $V_1$  si comporta come un amplificatore di tensione (guadagno circa 100 volte) mentre la valvola  $V_2$  è un adattatore di impedenza per lo stadio successivo.

Il tutto è stato realizzato con un doppio triodo Ecc83.

Tenendo conto di una tensione di  $2\text{-}5\text{mV}$  che in genere fornisce un microfono dinamico collocato vicino alla fonte del suono (strumento o bocca) la tensione in uscita avrà un valore di  $200\text{-}500\text{mV}$ .

Tutte le resistenze dissipano una potenza minore di  $1/4$  di Watt.

### Amplificazione e numero di valvole utilizzate

E' sempre meglio utilizzare il numero minimo possibile di valvole, questo per ovvie ragioni di costi (costi diretti per le valvole e indiretti per l'alimentazione e tutti i componenti di supporto) ma soprattutto dove il costo non sia influente, per ragioni di rumore introdotto.

In questo caso abbiamo utilizzato un'unica valvola, un doppio triodo in cui la prima sezione è l'amplificatore vero e proprio e la seconda funge da adattatore di impedenza.

Se il livello del segnale in uscita non basta occorre mettere un terzo stadio amplificatore di tensione lasciando inalterato il primo stadio che garantisce una amplificazione tale che il segnale non possa essere "sporcato" dal rumore della seconda valvola amplificatrice, ne dalle successive.

Mettere due stadi successivi utilizzando la Ecc83 non è opportuno, l'amplificazione sarebbe troppo alta (10.000) quindi è meglio utilizzare una valvola con un guadagno più basso.

Per la prima valvola è fondamentale lavorare sul rumore aggiunto al segnale, mentre la distorsione è trascurabile lavorando su una porzione della retta di carico molto piccola, per le successive diventa più importante mano a mano che il valore del segnale aumenta ed aumenta proporzionalmente l'ampiezza della caratteristica anodica utilizzata.

### Considerazioni sull'alimentazione

Essendo il segnale di ingresso molto basso è fondamentale avere a disposizione un alimentatore particolarmente "silenzioso", magari filtrato con un diodo zener con in parallelo un condensatore per eliminare il rumore prodotto da quest'ultimo.

## Progetto preamplificatore per chitarra e basso elettrico con uscita bilanciata

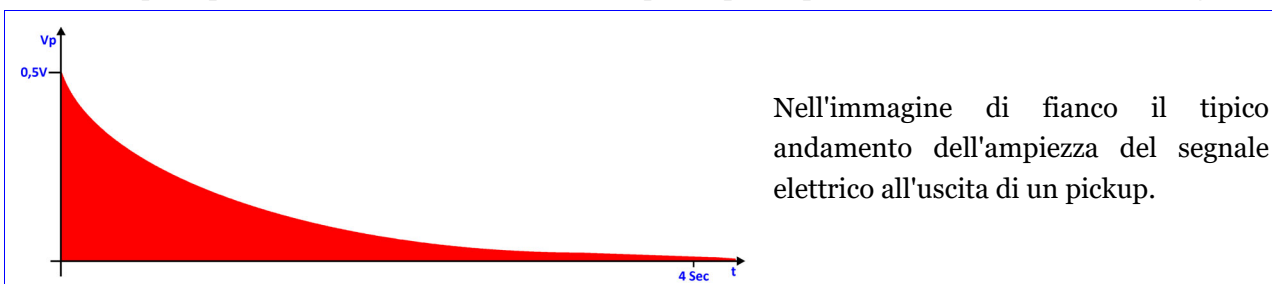
### Pickup chitarra elettrica e segnale in uscita

Il pickup di una chitarra elettrica ha molte spire, quindi ha una grande impedenza ma un grande segnale in uscita che in fase di attacco produce picchi da 1Vpp per poi decadere a valori via via più bassi con l'estinguersi dell'oscillazione della corda della chitarra.

L'uscita ovviamente varia da pickup a pickup e in funzione del setup della chitarra (corde più vicine al pickup o più lontane).

Per restare su un valore prudenziale calcoleremo il tutto per un segnale in ingresso di soli 100mVpp, in ogni caso è quasi sempre presente sulla chitarra un potenziometro per regolare il volume e abbassarlo è facile.

In caso di pickup con valori di uscita molto diversi questo preamplificatore non funzionerà al meglio.



L'ampiezza del suono dipende dall'energia impiegata per muovere la corda e dalla distanza della corda dal pickup.

Se avviciniamo la corda otterremo un segnale di ampiezza maggiore ma un minor sustain (l'ampiezza del suono si riduce più velocemente) perché la corda viene frenata dal magnete del pickup.

Quindi l'ampiezza e la durata sono inversamente proporzionali.

L'ampiezza del segnale in uscita dipende anche dalla collocazione del pickup e dalla sua struttura, come ad esempio il numero delle spire della bobina del pickup e l'intensità del campo magnetico.

### Caratteristiche del preamplificatore per chitarra elettrica

Quello che progetteremo sarà un preamplificatore basato su uno schema classico con meno componenti possibile.

Non si tratta di un distorsore ma di un preamplificatore che distorce il meno possibile e che avrà una uscita bilanciata, l'ideale per entrare in un campionatore dotato di ingresso con connettore Canon per registrare o per sottoporre il suono ad elaborazione per aggiungere effetti digitali, magari con un cavo fra preamplificatore e campionatore anche lungo, quindi in grado di sopportare anche una certa capacità parassita del cavo di collegamento.

Un preamplificatore di questo tipo deve avere le seguenti caratteristiche:

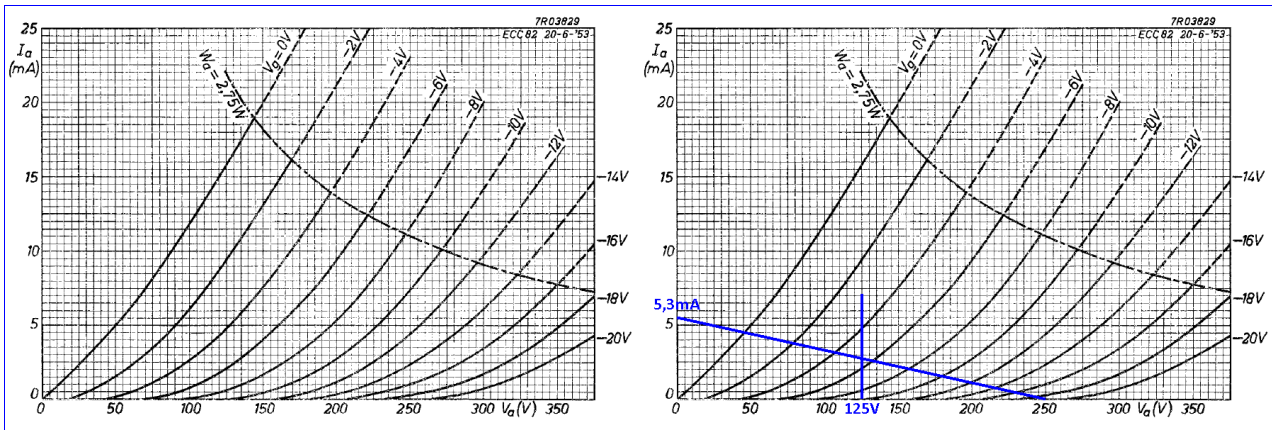
- Produrre meno rumore possibile, quindi occorre usare una valvola particolarmente silenziosa per avere un buon rapporto segnale/rumore.
- Avere una bassa amplificazione in modo da portare il segnale da 100mVpp ad una ampiezza compatibile con l'ingresso di un amplificatore o di un mixer.
- Avere possibilmente una bassa microfonicità.
- Avere una banda passante da 80Hz a 12Khz che corrisponde alla risposta in frequenza della maggior parte di questi strumenti anche tenendo conto delle armoniche e dei battimenti.
- Avere una relativamente bassa impedenza in uscita per renderlo interfacciabile con la maggior parte degli amplificatori e mixer.

Utilizzeremo anche in questo caso un triodo.

### Progettazione preamplificatore per chitarra elettrica: primo stadio

Prima di tutto occorre scegliere un triodo adatto all'amplificazione di un segnale alto che abbia una bassa amplificazione.

Fra le valvole commerciali la più comunemente utilizzata è il doppio triodo 12au7/Ecc82 caratterizzato da un coefficiente di amplificazione di 17.



Nell'immagine sopra le caratteristiche anodiche di una valvola ecc82 prese da un datasheet Philips.

Tenendo in considerazione il segnale da amplificare è inutile polarizzare la griglia oltre  $-5,5V$  (il segnale non riuscirà mai a renderla positiva).

Questo ci permette di mantenere molto alta l'impedenza di ingresso.

Ma facciamo un po' di calcoli per il primo stadio:

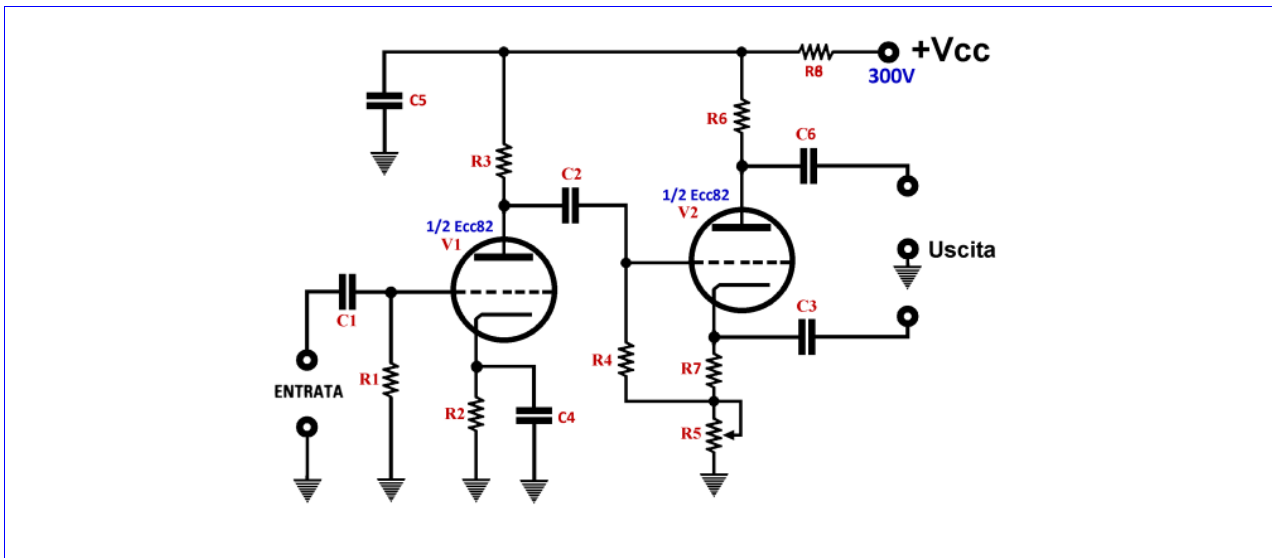
Nella figura sopra a destra si vede per che avere una corrente anodica di  $2,5mA$  occorre una tensione anodica di  $125V$ .

- Tenendo conto che la stessa tensione deve cadere sulla resistenza di carico la tensione di alimentazione dovrà essere di  $250V$ .
- La resistenza  $R_k$  per produrre una caduta di tensione di  $5,5V$  dovrà essere  $V_k = I_a \cdot R_k$  quindi  $R_k = V_k / I_a = 5,5 / 0,0025 = 2200 \Omega$  (dove  $V_k$  è la tensione fra griglia di controllo e catodo,  $I_a$  è la corrente anodica,  $R_k$  è la resistenza da mettere fra catodo e massa).
- $R_c$  dovrà essere  $(V_{cc}/2) / I_a$  oppure  $V_{rc} / I_a = 100,050 \Omega = 100K\Omega$  circa, dove  $V_{cc}$  è la tensione di alimentazione del circuito,  $V_{rc}$  è la tensione che cade in regime statico sulla resistenza di carico ( $R_c$ ).

Come vedete nulla di più facile.

Ma vediamo lo schema del preamplificatore.





Possiamo dividere lo schema nei seguenti blocchi per meglio comprendere i vincoli di progetto.

- $C1+R1$ = filtro passa alto in ingresso.  
Contribuisce a determinare la banda passante per quello che riguarda la frequenza di taglio inferiore e l'impedenza di ingresso.  
Ponendo per  $R1$  un valore di  $1M\Omega$ , la frequenza di taglio si calcola  $F_t=1/(2*\pi*R1*C1)$  dove  $F_t$  è la frequenza di taglio del filtro e  $\pi$  è pigreco.  
 $C1$  va calcolato in modo che la frequenza di taglio sia il più bassa possibile.  
Con il valore indicato  $10nF$  la frequenza di taglio è  $15,9$  Hz.
- $R2=R_k$  calcolata precedentemente.
- $C4$ =Occorre che abbia una capacità abbastanza alta per stabilizzare la tensione ai capi di  $R2$  che funge da generatore per la tensione di riferimento di griglia controllo.  
Vista la bassa tensione in gioco possiamo tranquillamente mettere  $100\mu F$   $25V$ .  
La costante di tempo  $R2-C4$  è data da  $T1=R2xC4=0,22$  Secondi.  
Più che sufficiente tenendo conto che se la minima frequenza riproducibile fosse  $20Hz$  il tempo fra una sinusoide e la successiva sarebbe di  $1/20=0,05$  Secondi.
- $R3=R_c$  anche questa calcolata in precedenza

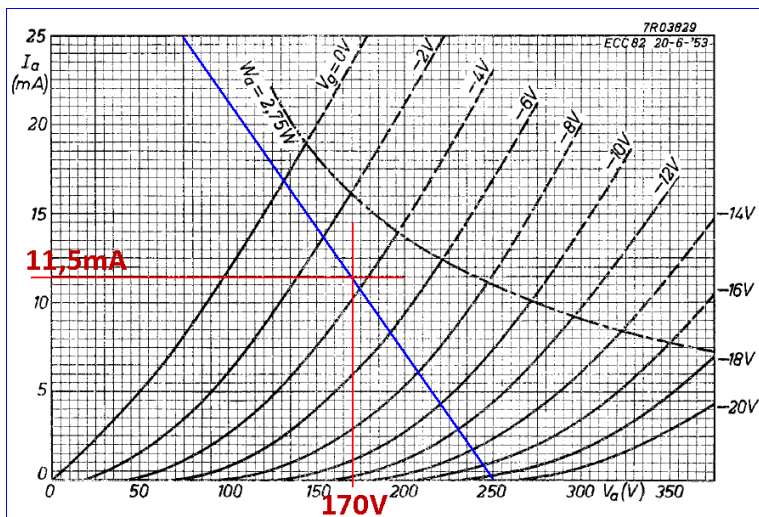
Tutte le resistenze dissipano una potenza minore di  $1/4$  di Watt.

### Progettazione preamplificatore per chitarra elettrica: secondo stadio

Il secondo stadio è un amplificatore a guadagno unitario a doppia uscita nel quale le uscite sono sfasate di  $180^\circ$ , in pratica trasforma il segnale sbilanciato in bilanciato per poi essere trasferito sul cavo senza problemi di interferenze.

Il suo scopo è anche abbassare l'impedenza di uscita il più possibile.

- $C2$ = condensatore di disaccoppiamento.  
Con  $R4$  costituisce un filtro passa basso.  
La considerazione è la stessa che per  $C1-R1$  e anche i valori.
- Uno dei vincoli di progetto è che  $R6=(R7+R5)$  in modo da avere all'uscita segnali simmetrici e invertiti di fase.



Come vedete abbiamo scelto una retta di carico con una pendenza molto accentuata per avere una alta corrente anodica e quindi una bassa impedenza di uscita.

Una volta tracciata la retta di carico stando attenti a mantenersi in una zona in cui la dissipazione è ancora nei limiti con un certo margine (sotto la curva di massima dissipazione) i restanti calcoli sono relativamente facili.

- $R_7$  = resistenza catodica della valvola  $V_2$  per la polarizzazione della griglia di controllo. E' calcolata per fornire una caduta di 3,8V con una corrente di 11,5mA. Quindi  $3,8/0,0115=330 \Omega$  circa.
- Sulle resistenza  $R_6+R_7+R_5$  deve cadere una tensione di 250-170V quindi 70V. Quindi essendo  $R_6=(R_7+R_5)$  su  $R_6$  cadrà una tensione di  $70/2=35V$  con una corrente di 11,5mA. Quindi  $R_6$  sarà  $35/0,0115=3043 \Omega$ . Essendo  $R_6=(R_7+R_5)$  e  $R_7=330 \Omega$   $R_5$  sarà uguale a  $R_6-R_7=3043-330=2713 \Omega$ . Come avrete notato  $R_5$  è un trimmer (multi-giro per avere una maggiore precisione in fase di taratura) allo scopo di regolare le uscite allo stesso livello per sopperire alle tolleranze dei componenti.
- L'impedenza di uscita sarà più piccola di  $3043 \Omega$  essendo determinata dal parallelo di  $R_6$  e  $R_a+R_7+R_5$  per un ramo ed essendo le uscite simmetriche sarà uguale anche per l'altro ramo.
- $C_6$  e  $C_3$  dovranno avere un valore tale da non tagliare le frequenze più basse della banda audio, quindi adotteremo un valore di 100nF che è abbastanza alto da non determinare tagli di frequenza anche con carichi abbastanza bassi all'uscita. tenendo conto che l'impedenza di ingresso di un convertitore ADC o di un amplificatore è in genere da 100K $\Omega$  a 1M $\Omega$  il valore è più che sufficiente. Questo componente si calcola utilizzando la formula  $C=1/(2 \times \pi \times R \times f_t)$  dove  $C$  è la capacità in Farad  $\pi$  è pigreco  $R$  è la resistenza di carico presunta e  $f_t$  è la frequenza di taglio. Invertendo la formula possiamo data una capacità trovare la resistenza di carico minima per una data frequenza di taglio  $R=1/(2 \times \pi \times C \times f_t)$ . Ponendo la frequenza di taglio a 80Hz (vicino alla frequenza fondamentale minima che può produrre una chitarra elettrica, e  $C=100nF$  possiamo calcolare  $R=1/(6,28 \times 0,0000001 \times 80)=19894 \Omega$ .
- Tutti i resistori sono da 1/4 di watt tranne  $R_5$  ed  $R_6$  che sono da 1W. Per eliminare il rischio di sovraccaricare il trimmer  $R_5$  è meglio scinderlo in due resistori in serie, uno fisso da 2,2K $\Omega$  e un trimmer da 1K.

Quindi riassumendo:

Componente	Valore
V1-V2	ECC82/12Au7 doppio triodo
C1	10 nF 400V
C2	10 nF 400V
C3	100 nF 400V
C4	100 uF 25V
C5	10 uF 400V
C6	100 nF 400V
R1	1 M $\Omega$ 1/4W
R2	2200 $\Omega$ 1/4W
R3	100 K $\Omega$ 1/4W
R4	1 M $\Omega$ 1/4W
R5	2713 $\Omega$ 1W (consigliato 2,2K $\Omega$ e un trimmer da 1K)
R6	3043 $\Omega$ 1W
R7	330 $\Omega$ 1/4W
R8	3571 $\Omega$ 1W
Vcc	300V

### Considerazioni sull'alimentazione

Come avrete notato dallo schema del preamplificatore la tensione a cui è alimentato è 300Vcc, per abbassarla a 250Vcc dovremo produrre su R8 una caduta di 50V.

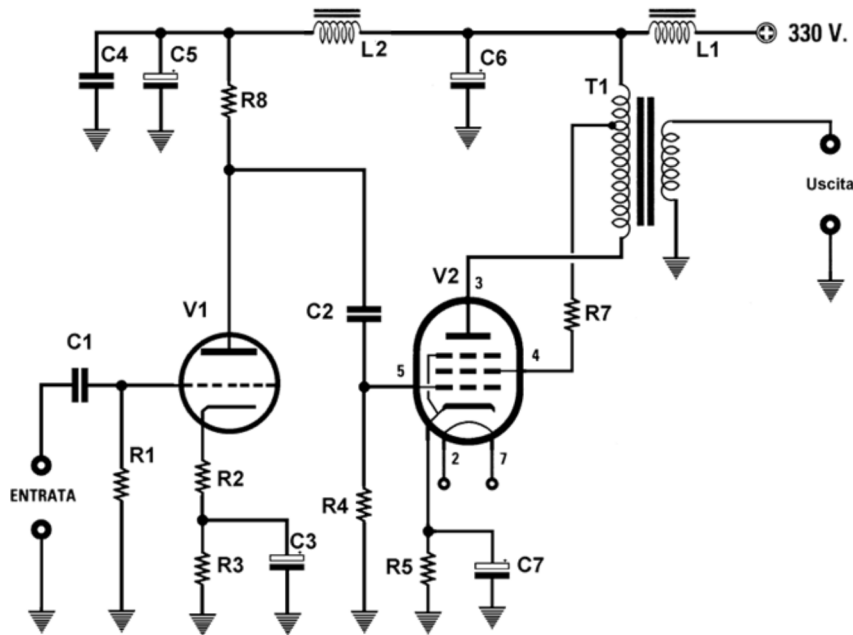
Essendo la corrente che passa in tale resistore la somma di quelle dei due stadi sarà quindi  $11,5\text{mA} + 2,5\text{mA} = 14\text{mA}$ .

Quindi  $R8 = 50 / 0,014 = 3571\Omega$ .

Il condensatore C5 dovrebbe essere elettrolitico e di capacità sufficiente per stabilizzare la tensione, quindi diciamo 10-22uF (400V).

## Esempio di Progetto di un amplificatore finale in classe "A"

### Amplificatore finale in classe "A" con due valvole.



Nota: con qualche piccola modifica è possibile trasformare un pentodo (EL34) in un triodo (ECC83) collegando la resistenza R7 fra il piedino 4 e il piedino 3 della valvola, praticamente fra anodo e griglia schermo.

Questo riduce l'amplificazione del pentodo, quindi la potenza in uscita sarà più bassa.

C'è chi preferisce il suono del triodo rispetto a quello del pentodo.

Quello che si vede in figura è uno schema classico di amplificatore finale in classe "A" composto da un triodo preamplificatore e un pentodo amplificatore finale di potenza.

In questo amplificatore finale è assente un circuito di controreazione globale.

Sull'ingresso troviamo il condensatore C1 e la resistenza R1 che determina la resistenza di ingresso dello stadio preamplificatore.

Le resistenze R2-R3 e il condensatore C3 servono per ottenere la tensione di polarizzazione negativa della griglia del triodo.

In effetti ai fini della polarizzazione e del regime statico di funzionamento il gruppo R2-R3 si comporta come un'unica resistenza ottenuta dalla somma della serie R3+R2.

Il segnale attraverso C1 arriva alla griglia del triodo e modula il flusso di elettroni che migrano dal catodo all'anodo.

Il segnale a questo punto viene prelevato ai capi della resistenza di carico anodica R8.

Il Condensatore C2 serve per disaccoppiare la tensione continua dall'alternata presente sulla R4 e inviarla alla griglia del pentodo.

La resistenza R4 polarizza la griglia del pentodo al potenziale di massa.

Il gruppo R5-C7 serve per polarizzare il catodo ad una tensione leggermente positiva rispetto a massa in modo che la massa e la griglia a cui è collegata tramite R4 siano ad un potenziale negativo rispetto al catodo.

Il condensatore C7 serve per minimizzare ai fini della polarizzazione la fluttuazione della corrente anodica.

In pratica stabilizza la tensione ai capi di R5 per fare in modo che la griglia del pentodo sia sempre polarizzata ad un potenziale costante.

L'impedenza L1 e il condensatore C6 servono per filtrare la tensione di alimentazione sia per eliminare il ripple sia per evitare fenomeni di diafonia nel caso allo stesso alimentatore sia collegato un altro amplificatore (amplificazione stereo).

La impedenza L2 e i condensatori C4 e C5 servono per alimentare lo stadio preamplificatore riducendo sia il ripple di alimentazione che le variazioni di tensione prodotte dall'assorbimento del pentodo.

Il preamplificatore è sempre molto sensibile al rumore presente sulla tensione di alimentazione , lavorando con segnali più deboli dello stadio finale.

Il trasformatore T1 adatta l'impedenza del pentodo al carico, l'altoparlante in questo caso, per ottimizzare il trasferimento di potenza.

La resistenza R7 serve per polarizzare la griglia schermo del pentodo.

Di seguito viene sviluppata la progettazione di questo amplificatore finale di potenza nel dettaglio .

Questo progetto può venire scisso nei seguenti stadi:

- a) Stadio di ingresso preamplificatore (C1-R1)
- b) Circuito di polarizzazione del triodo (R2-R3-C3)
- c) Stadio di ingresso del pentodo (C2-R4)
- d) Circuito di polarizzazione del pentodo (R5-C7)
- e) Circuito accessorio di alimentazione del triodo (R9-C4-C5)
- f) Circuito accessorio di polarizzazione del pentodo (L1-C6)
- g) Stadio di uscita (T1)
- g) Induttanza L2 e condensatori C4 e C5 (alimentazione del triodo e riduzione della diafonia e dei feedback di alimentazione)

a) La resistenza R1 è la resistenza di ingresso dell'amplificatore finale e deve avere un valore molto alto dell'ordine del MΩ per non caricare lo stadio precedente per il quale funge da carico.

Il condensatore C1 deve essere calcolato di conseguenza in quanto la frequenza di taglio del filtro passa-alto che compongono C1-R1 deve avere un valore molto basso ovvero permettere anche alle frequenze più basse di passare.

Sotto è riportato nei dettagli il calcolo necessario per verificare che la frequenza di taglio di questo filtro sia compatibile con le caratteristiche di Hi-Fi che vogliamo ottenere.

Consiglio: i condensatori reali, quelli che si possono comperare nei negozi hanno una resistenza parassita in serie dovuta a vari fattori che è proporzionale alla capacità del condensatore, quindi è buona norma metterne sempre 2 in parallelo uno di grande valore e uno di piccolo valore.

Per quello che riguarda la resistenza, adottare dei valori non troppo alti per non alzare troppo l'impedenza in ingresso altrimenti si allungano troppo i tempi di stabilizzazione e normalizzazione in presenza di tensione continua sull'ingresso.

Ft= Frequenza di taglio del filtro

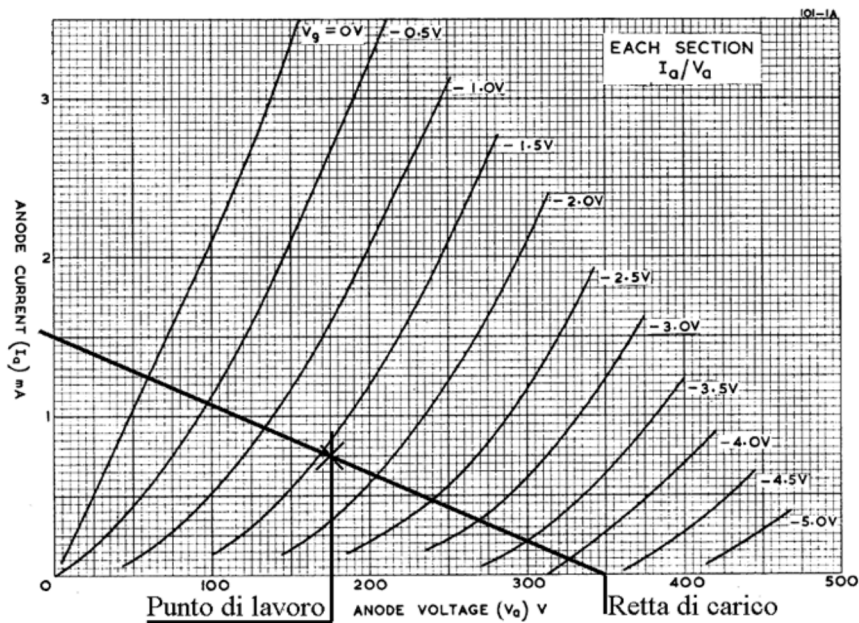
R= Resistenza espressa in Ω

C= Capacità espressa in Farad

π = Pigreco, costante approssimata a 3,14 per semplicità

$$F_t = \frac{1}{\sqrt{2 \pi RC}}$$

b) La resistenza R8 deve essere calcolata con le caratteristiche anodiche del triodo (ECC83) alla mano.



La retta di carico si calcola mettendo il primo punto per contrassegnare la tensione di alimentazione sull'asse "X" del grafico.

Il secondo punto, quello sull'asse "Y" si determina empiricamente tracciando la retta in modo che passi sotto la curva di massima dissipazione (con un certo margine per mettersi al riparo da un possibile sovraccarico della valvola).

A questo punto si può determinare l'amplificazione della valvola (che è determinata dalla pendenza della retta di carico).

In linea di massima aumentando la resistenza di carico anodica si aumenta l'amplificazione e di pari passo la distorsione della valvola.

Per esempio: fissando una tensione in ingresso di 2vpp (2 volt picco picco) e riportando questo dato sulle caratteristiche anodiche del triodo si ottiene il seguente grafico, che in linea di massima e senza un errore troppo elevato ci permette di determinare con un procedimento grafico l'amplificazione in tensione dello stadio preamplificatore.

Si riportano sulla retta di carico i punti relativi alla tensione che la griglia assume sommando e sottraendo 1V alla tensione a riposo (punto di lavoro in assenza di segnale) e si conducono dai suddetti punti delle rette parallele all'asse X fino ad intercettare l'asse Y.

A questo punto si rileva la tensione dall'asse Y fra i due punti tracciati.

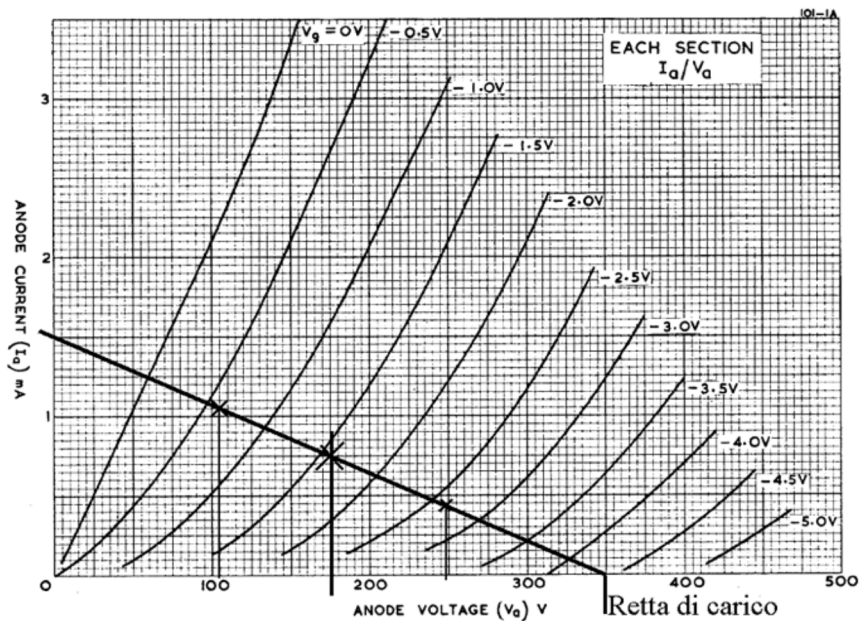
In pratica il primo punto è a 105V e il secondo punto è a 250V (circa).

Quindi  $250-105=145V$ .

Questa è la tensione che abbiamo in uscita applicando all'ingresso 2 volt e ( $V_u/V_i=A$ ) corrisponde anche all'amplificazione della valvola.

Quindi  $145/2=72,5$ .





A questo punto abbiamo determinato la tensione in assenza di controeazione.

Tuttavia questo amplificatore finale di potenza ha una controeazione locale generata dalla resistenza  $R_2$  che non essendo bypassata (come  $R_3$ ) da un condensatore per quello che riguarda la parte alternata della corrente che la attraversa genera una tensione di polarizzazione variabile della griglia che è composta da una componente continua più una alternata che si somma vettorialmente alla tensione di ingresso.

Quindi la tensione in ingresso è in realtà decurtata della componente retroazionata da  $R_2$ .

Questa componente si calcola determinando la variazione della corrente anodica (picco-picco) determinata dal segnale in ingresso moltiplicata per  $R_2$ .

In pratica  $V_r$  (tensione reazione) =  $dI_a * R_2$  (dove  $dI_a$  è la variazione di corrente massima).

Quindi approssimativamente  $V_u = A * (V_i - V_r)$ .

Quindi riassumendo in regime statico:  $V_a = 175$  Volt (si ricava dal grafico sopra)  $I_a = 0.75$  mA

La tensione che deve cadere ai capi di  $R_8$  è data dalla tensione di alimentazione meno la tensione ai capi della valvole  $V_{R8} = 330 - 175 = 155$  Volt

Quindi la resistenza  $R_8 = (155 * 1000) / 0.75 = 206$  K $\Omega$

La somma delle resistenze è data dalla tensione di griglia che ci occorre fratto la corrente anodica, quindi  $R_2 + R_3 = (1.5 * 1000) / 0.75 = 2$  K $\Omega$ .

In funzione della controeazione che vogliamo implementare possiamo variare il valore di  $R_2$  ed  $R_3$  in via sperimentale, fino ad ottenere il risultato che ci piace di più.

Dimensionando ad esempio  $R_2 = R_3$  la tensione di controeazione è uguale a metà della tensione del segnale, quindi l'amplificazione si riduce del 50%.

Il gruppo  $C_2 - R_4$  è di facile calcolo, la resistenza  $R_4$  deve avere un valore abbastanza alto da non caricare lo stadio precedente e il condensatore  $C_2$  deve avere un valore abbastanza alto da non ostacolare (componendo con  $R_4$  un filtro passa-alto) le frequenze più basse.

Di norma  $R_4$  si pone  $R_8 \times 10$  e poi si dà un valore arbitrario abbastanza alto a  $C_2$ , per esempio 100 nF (100 nanofarad) poi si verifica qual'è la risultante frequenza di taglio applicando la formula già usata per  $R_1 - C_1$ .

Unico vincolo,  $C_1$  deve avere una tensione di lavoro almeno alta quanto la tensione di alimentazione anodica.

Ora per poter proseguire con il calcolo del parallelo  $R_5 - C_7$  occorre capire come far lavorare il pentodo finale, quindi occorre determinare la sua resistenza di carico e stabilire poi la polarizzazione di griglia

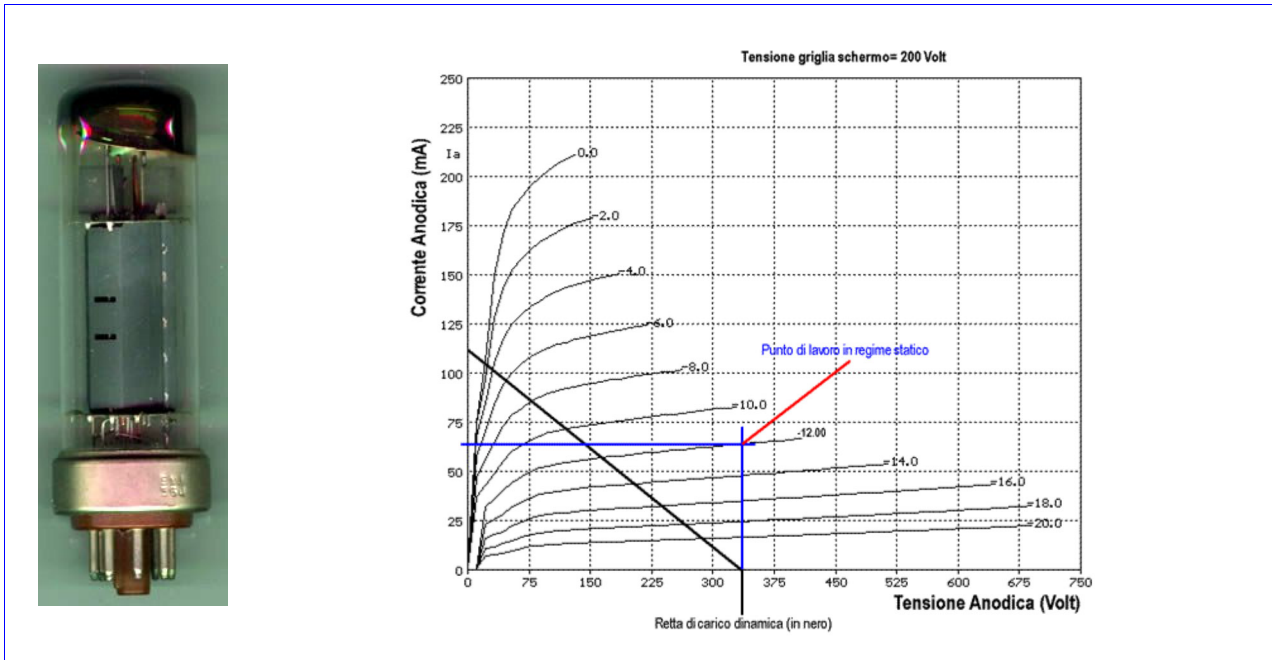
(funzione appunto svolta dal parallelo R5-C7).

Occorre poi verificare il comportamento in regime statico, cioè quando l'impedenza del trasformatore finale è costituita solo dalla sua resistenza ohmica.

Quindi ci occorrono le caratteristiche anodiche del pentodo.

Per questo esempio useremo quelle di un pentodo EL34, una valvola comunemente usata in questo ruolo.

Di seguito un sunto delle caratteristiche salienti di questa valvola:



Specifiche della valvola EL34		
Filament Voltage	6.3	V
Filament Current	1.5	A
Plate Voltage (max)	800	V
Plate Current (max)	140	mA
Plate Dissipation (max)	25	W
Screen Voltage (max)	425	V
Screen Current (max)	50	mA
Screen Dissipation (max)	8	W

A questo punto occorre determinare un punto di funzionamento che sia relativamente lontano dalla massima potenza che l'anodo può dissipare per mettersi al riparo da danni, sia dal punto di vista del funzionamento dinamico che, in questo caso più critico per il funzionamento statico (in assenza di segnale all'ingresso).

Si procede nel seguente modo: si traccia una riga verticale dal punto sull'asse orizzontale del grafico poi calcolatrice alla mano si determina qual'è la corrente massima che a quella tensione la valvola può sopportare.

Nel nostro caso  $I_{max} = 25 / 330 = 0.075$  ovvero 75mA.

Per stare in sicurezza si è scelta a questo punto la tensione di polarizzazione di griglia di -12Volt che corrisponde ad una corrente  $I_a = 62mA$ .

A questa corrente la potenza dissipata dalla valvola è  $W_a = 330 * 0,062 = 20,46Watt$  che è inferiore a

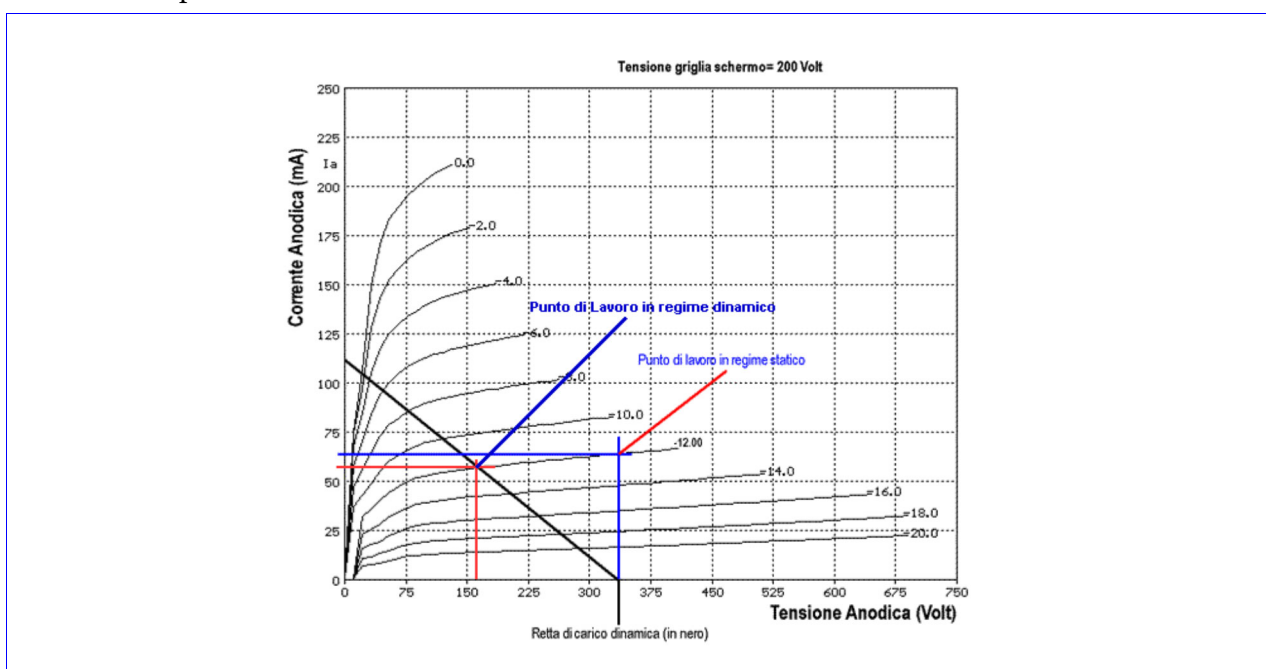
25Watt quindi accettabile.

Quindi si calcola la resistenza  $R_5$  facendo riferimento al regime statico.

Con una approssimazione accettabile la resistenza  $R_5=12/0,062=193,5\Omega$  (valore commerciale 196 $\Omega$  all'1% di tolleranza).

Per quello che riguarda la tensione di griglia schermo è fissata dalla curva anodica che abbiamo usato, quindi 200Volt.

Non avendo a disposizione dei dati circa la caratteristica della griglia schermo adottiamo un valore tipico per la R7 (si può trovare negli application note di varie case costruttrici), riservandoci poi di cambiarlo dopo aver verificato la tensione con il tester .



Per quello che riguarda il trasformatore diamo un po' di valori: la resistenza anodica della valvola in regime dinamico è circa  $R_{ak}=165/0,060=2750\Omega$  (dati ricavati dal grafico delle caratteristiche anodiche dove 165V e 0,060A sono ricavati con una valutazione puramente geometrica sul grafico delle caratteristiche anodiche dell'EL34 riportate nel disegno sopra, tenendo conto che in classe "A" la valvola dovrebbe lavorare al centro della retta di carico, nel punto indicato come "Punto di Lavoro in regime dinamico"), la resistenza di carico sul secondario è 8 $\Omega$  (resistenza tipica delle casse), quindi il rapporto di trasformazione è la radice quadra di 2750/8 che equivale a 18.5.

Quindi dobbiamo trovare o costruire (vedere la sezione sulla costruzione dei trasformatori) un trasformatore che abbia un rapporto di trasformazione di 18.5.

Quello descritto in questa pagina è un metodo empirico per progettare un amplificatore finale, i valori calcolati sono stati determinati con formule approssimate, non tenendo volutamente conto di aspetti che impattano in misura minimale sui calcoli.

Del resto non c'è una valvola uguale ad un'altra, valvole con la stessa sigla prodotte da produttori diversi hanno diverse caratteristiche.

Le caratteristiche pubblicate praticamente sono poco più di un esempio.

Quindi il miglior modo è provare e poi adattare il circuito fino a farlo rientrare nei parametri che abbiamo imposti.

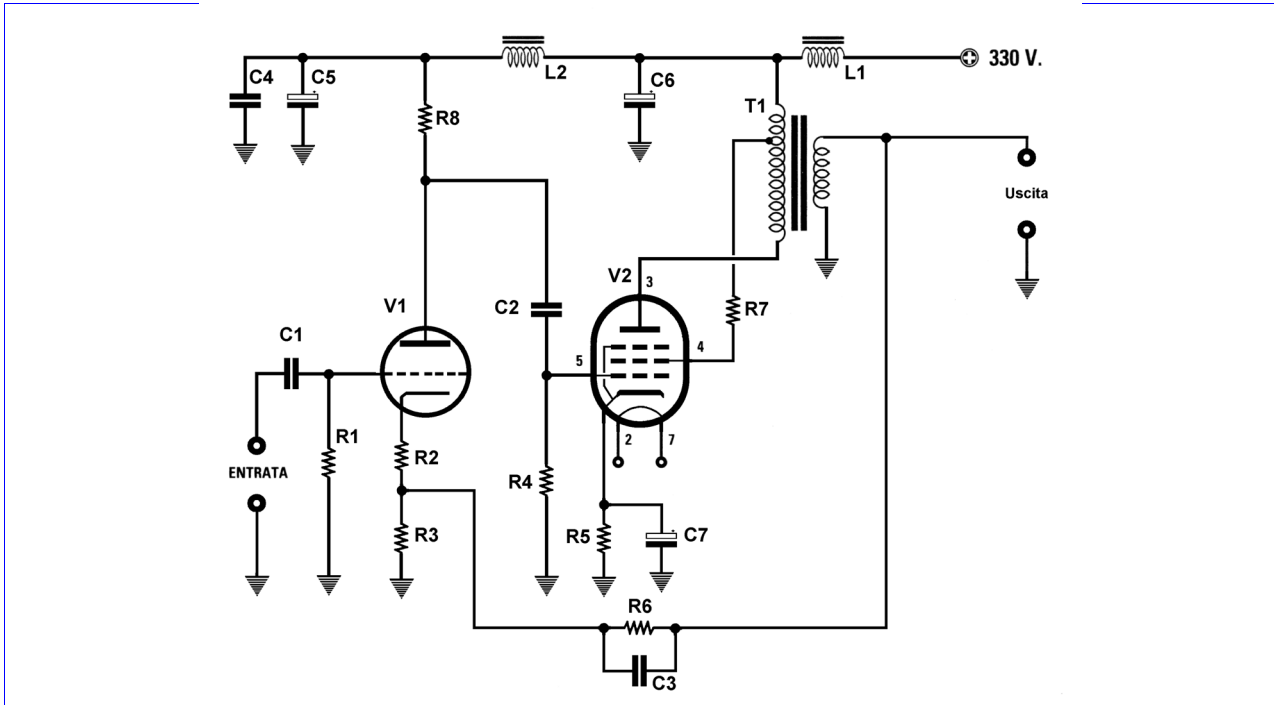
L'amplificatore finale trattato fino ad ora è reazionato per quello che riguarda il primo stadio, ma non per il secondo stadio di potenza.

Ora vedremo come si può implementare una reazione negativa globale per linearizzare ulteriormente il comportamento.

## Reazione negativa globale

Si tratta di includere nell'anello di reazione anche lo stadio finale e il trasformatore adattatore di impedenza.

A questo scopo è necessario prendere il segnale dall'uscita e re indirizzarlo all'ingresso con fase opportuna.



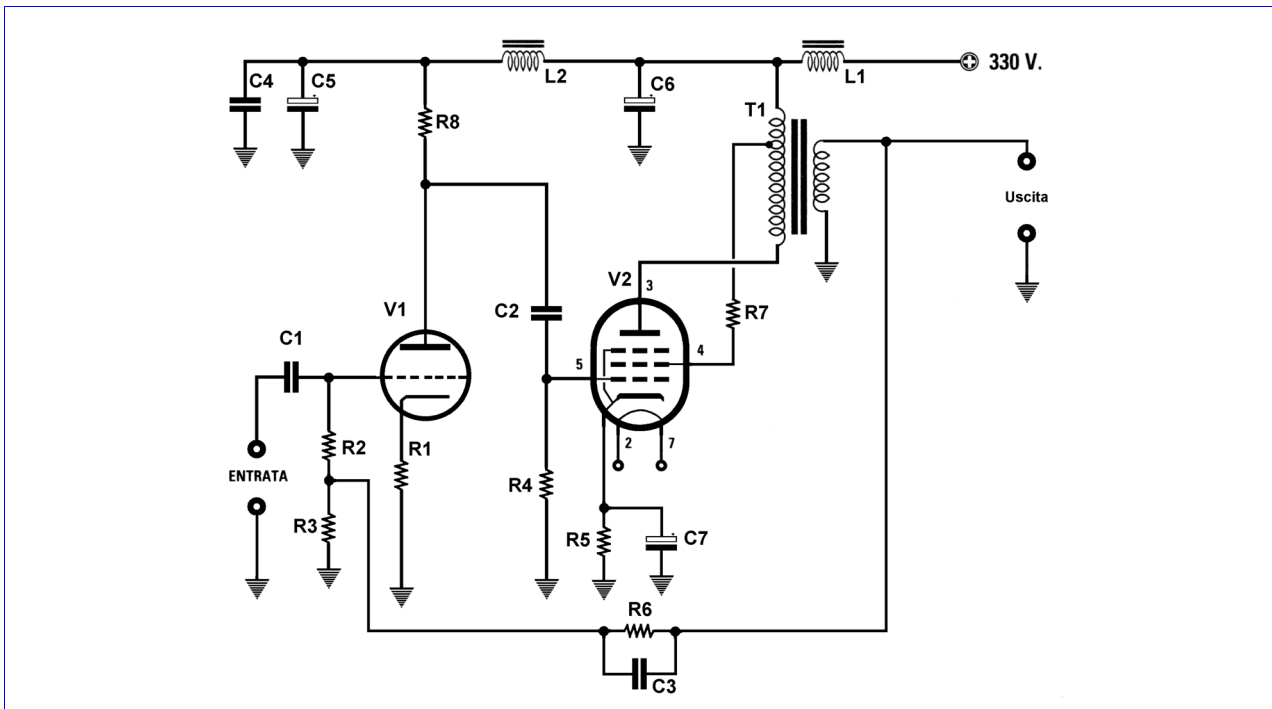
Come vedete il segnale preso dal trasformatore adattatore di impedenza viene riportato a V1 e sommato a quello presente sulla serie R2-R3 che già rappresenta una reazione negativa locale in corrente per V1.

La parte di segnale riportata all'ingresso è determinata dal valore di R6 ed R3 collegate come partitore resistivo.

Il condensatore C3 serve per attenuare le alte frequenze.

Quindi viene messa in opera anche una sorta di equalizzazione.

Inoltre serve per evitare autooscillazioni ultrasoniche.



Nulla ci vieta di adottare soluzioni diverse.

In questo caso il segnale di reazione è stato applicato direttamente all'ingresso dell'amplificatore.

L'uso o meno della reazione negativa dal punto di vista filosofico ha sia estimatori che detrattori, in linea generale la reazione elimina (o nasconde) difetti più o meno grandi dell'amplificatore e ne linearizza la risposta in frequenza abbattendo la distorsione.

Se un amplificatore è fatto a regola d'arte la reazione negativa è superflua.

Nulla ci vieta comunque di mettere un interruttore sulla linea di reazione in modo da poterla escludere a piacimento.

### Non dimenticare mai di collegare il carico

Una cosa che non dobbiamo mai dimenticare in un amplificatore di potenza a valvole termoioniche con trasformatore adattatore di impedenza e di collegare il carico, sia questo una cassa acustica o un carico fittizio.

L'assenza di carico all'uscita provoca un innalzamento dell'impedenza sul primario del trasformatore che si traduce in extratensioni sul primario stesso.

Il rischio in un amplificatore single-ended è limitato, molto più grande è in un amplificatore push-pull.

Il rischio consiste nel bruciare il primario del trasformatore per scarica distruttiva fra gli avvolgimenti.

### Spunti di lavoro

L'induttore L2 per limitare il costo e le dimensioni può essere sostituito con un resistore, vista la bassa corrente che passa nel triodo.

Per progettare sullo stesso schema un amplificatore più compatto (ma meno potente) si può utilizzare come punto di partenza una valvola triodo-pentodo, per esempio una PCL81.

Questo schema si adatta perfettamente anche per un amplificatore per chitarra elettrica o basso per uso casalingo vista la bassa potenza in uscita e, quindi, la facilità anche nel produrre effetti legati al sovraccarico dello stadio di uscita utilizzando l'amplificatore anche come distorsore.

## Cause del ronzio (hum)

Tutti gli amplificatori, in misura minore o maggiore hanno all'uscita una certa componente di ronzio che si avverte facilmente mettendo al massimo il volume, in assenza di segnale in ingresso e avvicinando l'orecchio ai diffusori.

Le cause possono essere molteplici e le discuteremo in seguito.

Un altro tipo di possibile ronzio è quello meccanico, prodotto dal trasformatore di alimentazione, in questo caso la fonte del ronzio sarà l'amplificatore stesso e non i diffusori.

Se il rumore è avvertibile solo avvicinando l'orecchio all'amplificatore o ai diffusori, mentre non si avverte dalla posizione di ascolto evitate di intervenire, si tratta di un rumore normale.

### Il rumore meccanico del trasformatore

Questo tipo di rumore è causato dai lamierini del trasformatore che sottoposti al campo magnetico vibrano.

E' molto comune nei trasformatori tipici a lamierini E+I ed è in genere dovuto al gioco che nel tempo si instaura fra i lamierini, dovuto alla dilatazione e al restringimento del metallo per riscaldamento.

Questo genere di rumore, se fastidioso (ovvero se è avvertibile dalla posizione di ascolto) è parzialmente eliminabile serrando le viti che tengono insieme il pacco lamellare.

In genere i trasformatori moderni di buona qualità sono impregnati sottovuoto di resina e questo basta ad attenuare tale problema.

Una ulteriore causa potrebbe essere l'allentamento delle viti che tengono il trasformatore ancorato al telaio dell'amplificatore.

In questo caso provare a stringerle oppure applicate dei distanziali di gomma fra trasformatore e telaio.

Questo genere di rumore è rarissimo per quello che riguarda i trasformatori toroidali.

### Rumore elettrico sui diffusori (hum)

Questo tipo di disturbo si può a sua volta dividere in due categorie:

1. Il rumore a bassa frequenza che si sente principalmente dal woofer dei diffusori composto dal punto di vista dello spettro da multipli di 50Hz (dando per assodato che la frequenza della rete di distribuzione dell'energia è 50hz).
2. Rumore di alta frequenza principalmente udibile dal tweeter dei diffusori acustici come un fruscio continuo.

Nel caso 1) è un rumore captato dalla rete elettrica di distribuzione dell'energia.

Se il rumore ha una frequenza pari a quella della rete elettrica, allora viene captato per via induttiva o capacitiva dall'impianto elettrico, in sostanza si tratta di un difetto di schermatura.

Se ha frequenze multiple di quella della rete elettrica si tratta di un difetto di filtraggio dell'alimentazione (ripple).

Nel caso 2) invece si tratta quasi sempre di rumore elettrico prodotto dagli stessi componenti dell'amplificatore, indice di una grande amplificazione o di un difetto di progettazione del circuito.

Questo tipo di rumore è abbattibile in fase di progettazione semplicemente adottando dei componenti a basso rumore, per esempio mettendo negli stadi di ingresso e dove il segnale è molto basso come ampiezza dei triodi piuttosto che dei pentodi che producono più rumore.

In realtà tutti questi tipi di rumore saranno sempre contemporaneamente presenti in proporzioni variabili.

E' impossibile rimuoverli completamente.



## Alimentatori Valvolari Tradizionali per tensione Anodica

### Indice Argomento Corrente

**1 - Schema a blocchi di un alimentatore per tensione anodica**

**2 - Trasformatore**

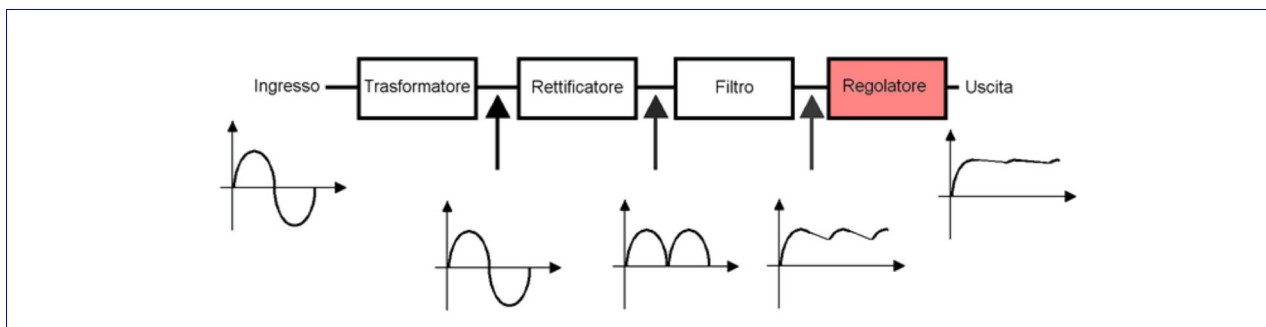
**3 - Raddrizzatore o rettificatore**

### 1- Schema a blocchi di un alimentatore per tensione anodica

Gli alimentatori per valvolari si dividono in varie categorie in base al funzionamento e alle caratteristiche di realizzazione.

In linea di massima tutti gli alimentatori sono caratterizzati dai seguenti stadi:

- 1) Trasformatore (con semplice o doppio secondario)
- 2) Raddrizzatore a diodo termoionico (a singola o doppia semionda)
- 3) Filtro (capacitivo, induttivo o pigreco)
- 4) Regolatore a triodi (parte non sempre presente)



Il trasformatore isola galvanicamente il tutto dalla rete e modifica l'ampiezza della tensione alternata di ingresso.

All'uscita del trasformatore otteniamo una tensione sinusoidale alternata.

Il rettificatore “ribalta” la semionda negativa in positiva.

Il filtro livella la tensione riducendo la componente variabile.

All'uscita del filtro abbiamo una tensione continua con un residuo di alternata denominato “ripple”.

Il regolatore modifica la tensione di uscita, abbassandola e limita ulteriormente la tensione di ripple.

Questo stadio è presente solo in apparati di alto livello in quanto implica una notevole complicazione circuitale dell'alimentatore che, ovviamente ha un costo.

In genere per abbassare il ripple in vece del regolatore si usano dei filtri passivi di tipo capacitivo-induttivo-capacitivo, i cosiddetti “filtri pigreco” per la loro forma circuitale.

Di seguito verranno trattati solo alimentatori “tradizionali” ovvero realizzati con tubi termoionici e non con dispositivi a semiconduttore.

Iniziamo analizzando i singoli componenti dell'alimentatore.

### 2 - Trasformatore

Il trasformatore tipico di alimentazione ha il primario alla tensione di rete, un secondario a 6,3 Volt che serve per alimentare il filamento delle valvole e un secondario ad alta tensione con presa centrale che serve per ricavare la tensione anodica.

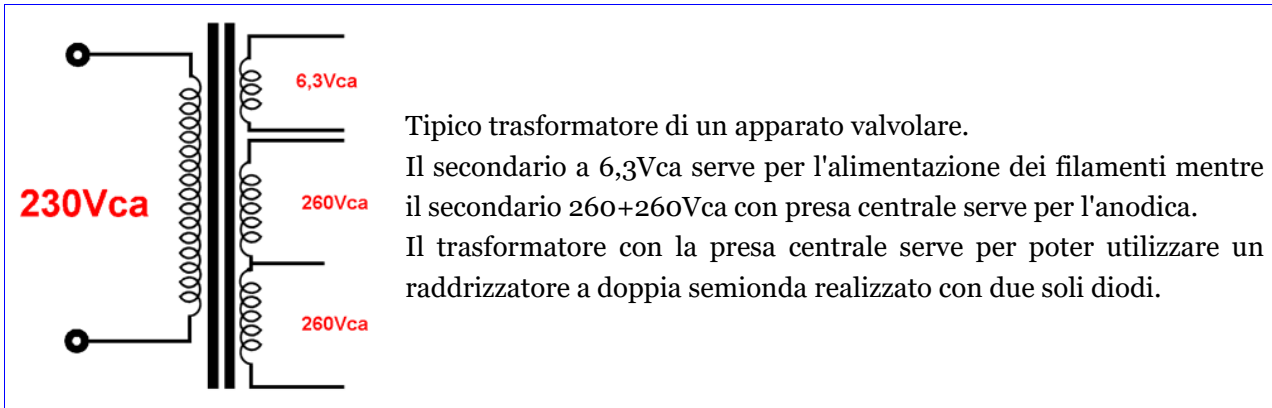
Nell'esempio qui sotto il secondario ad alta tensione è a 520 volt con una presa centrale.

Dimensionalmente il trasformatore deve avere una potenza adatta ad alimentare tutto il circuito senza surriscaldarsi, quindi occorre fare precisi calcoli per stabilire l'entità della potenza richiesta e poi

surdimensionare il trasformatore di almeno un 20-30%.

Tradizionalmente venivano utilizzati trasformatori con lamierini tipo E+I che hanno dei flussi magnetici dispersi molto intensi, quindi in prossimità del trasformatore non potevano essere posizionate valvole preamplificatrici, pena la captazione del flusso magnetico che si traduceva poi in ronzio.

I moderni trasformatori toroidali hanno ridotto di molto il problema anche se poco utilizzati per motivi di costo.



### 3 - Raddrizzatore o rettificatore

Il rettificatore converte la tensione alternata in uscita dal secondario del trasformatore di alimentazione in una tensione continua pulsante.

Un diodo termoionico fa passare corrente solo in una direzione, ovvero quando l'anodo è positivo rispetto al catodo.

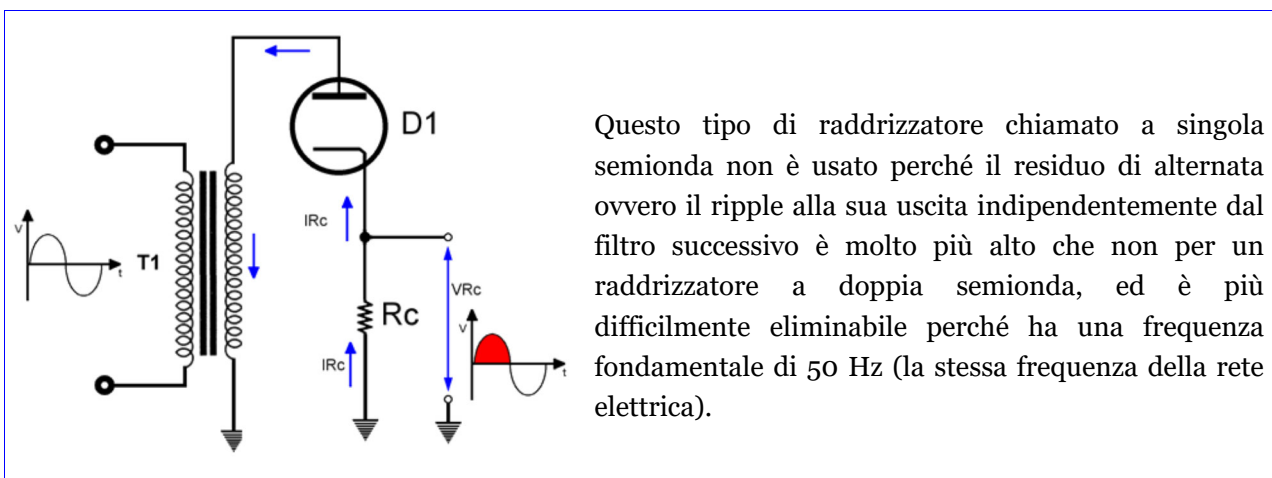
La figura sotto mostra un diodo connesso ad un trasformatore in serie con la resistenza di carico  $R_c$ .

Durante la semionda positiva il diodo entra in conduzione e la resistenza di carico è percorsa da una corrente  $I_{Rc}$  proporzionale alla tensione applicata alla serie diodo-resistenza di carico che produce ai suoi capi una tensione che nella figura è chiamata  $V_{Rc}$ .

In verità una parte della tensione applicata alla serie Diodo-Resistenza di carico cade ai capi del diodo e dipende dalla resistenza interna di quest'ultimo.

In un raddrizzatore a singola semionda come si può notare dalla immagine a fianco il diodo conduce solo in un senso quindi la tensione su  $R_c$ , la resistenza di carico, arriveranno solo le semionde positive.

Le semionde negative della tensione alternata vengono soppresse dal diodo.



Più complesso il caso di un raddrizzatore a doppia semionda con trasformatore con presa centrale (nel disegno sotto).

Se prendiamo in esame la sinusoide all'ingresso del trasformatore si nota che nella prima semionda la tensione al secondario polarizza positivamente l'anodo del diodo  $D_1$  e passa una corrente  $I_{D1} = I_{Rc} =$

$V_{S1}/(R_{D1}+R_C)$  dove  $R_{D1}$  è la resistenza interna del diodo (in realtà la resistenza interna del diodo non ha un valore costante ma è ottenibile dalle caratteristiche anodiche dello stesso).

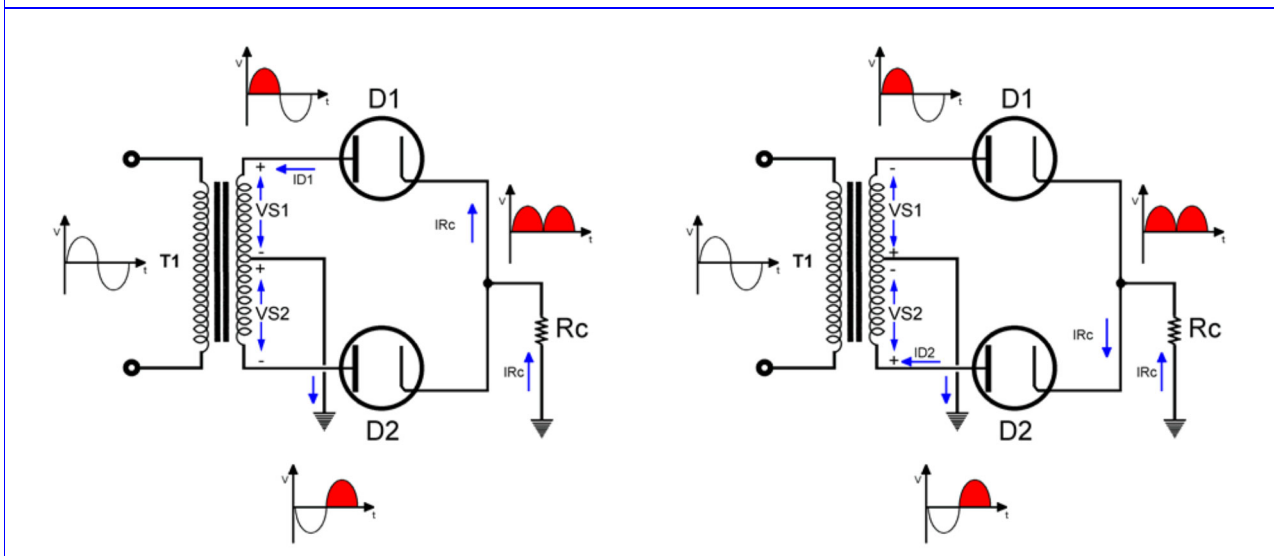
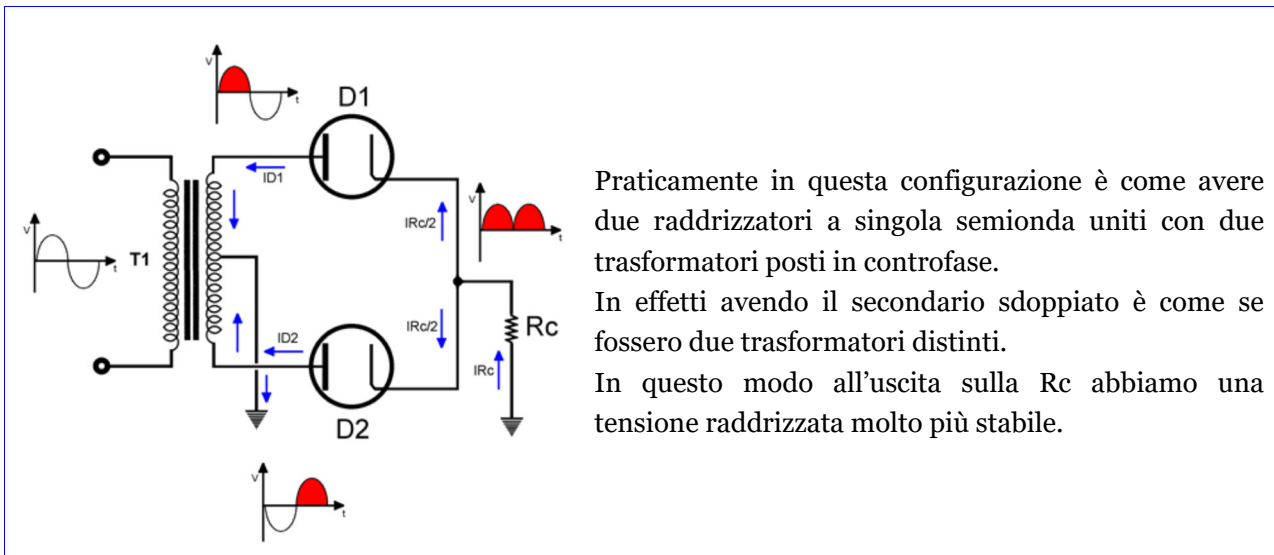
Quando la tensione ai capi del trasformatore si inverte ovvero arriva la semionda negativa la polarizzazione ai capi del secondario cambia.

Diviene in questo caso positivo l'anodo del diodo  $D_2$  e passa una corrente  $I_{D2}=I_{Rc}=V_{S2}/(R_{D2}+R_C)$ .

Abbiamo in questo caso raddrizzato tutte e due le semionde della tensione in ingresso al trasformatore  $T_1$ .

In un raddrizzatore a doppia semionda si sfrutta la presa centrale del trasformatore.

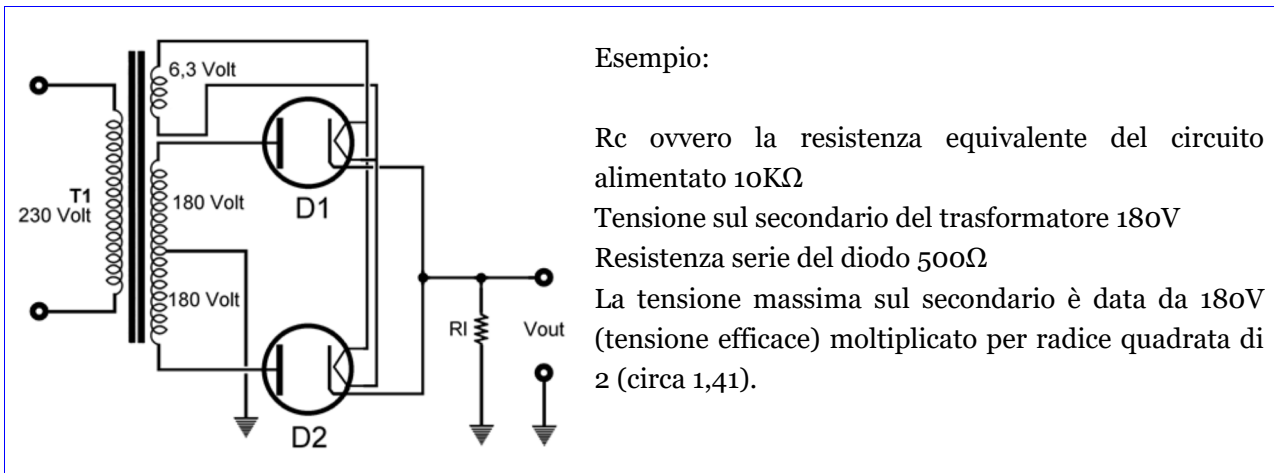
Questo tipo di raddrizzatore ha una frequenza fondamentale del ripple di 100Hz (il doppio della frequenza della rete elettrica).



Nella figura sotto è rappresentato un raddrizzatore reale a due semionde, in cui è visibile il secondario del trasformatore dedicato all'alimentazione dei catodi a riscaldamento indiretto dei due diodi.

La tensione che si ottiene all'uscita viene calcolata nel seguente modo: quello che ci interessa è la tensione massima e non quella efficace perché è la tensione a cui si caricheranno i condensatori dello stadio successivo e la resistenza serie dello stadio completo di alimentazione, perché la resistenza serie andrà a decurtare la tensione in uscita in funzione della caduta di tensione sulla stessa.

Fondamentale è determinare la resistenza di carico che è costituita dall'amplificatore che verrà alimentato.



Esempio:

$R_c$  ovvero la resistenza equivalente del circuito alimentato  $10K\Omega$

Tensione sul secondario del trasformatore 180V

Resistenza serie del diodo  $500\Omega$

La tensione massima sul secondario è data da 180V (tensione efficace) moltiplicato per radice quadrata di 2 (circa 1,41).

Il valore della tensione massima al secondario è dunque  $V_{max}=180 \times 1,41=254\text{ Volt}$ .

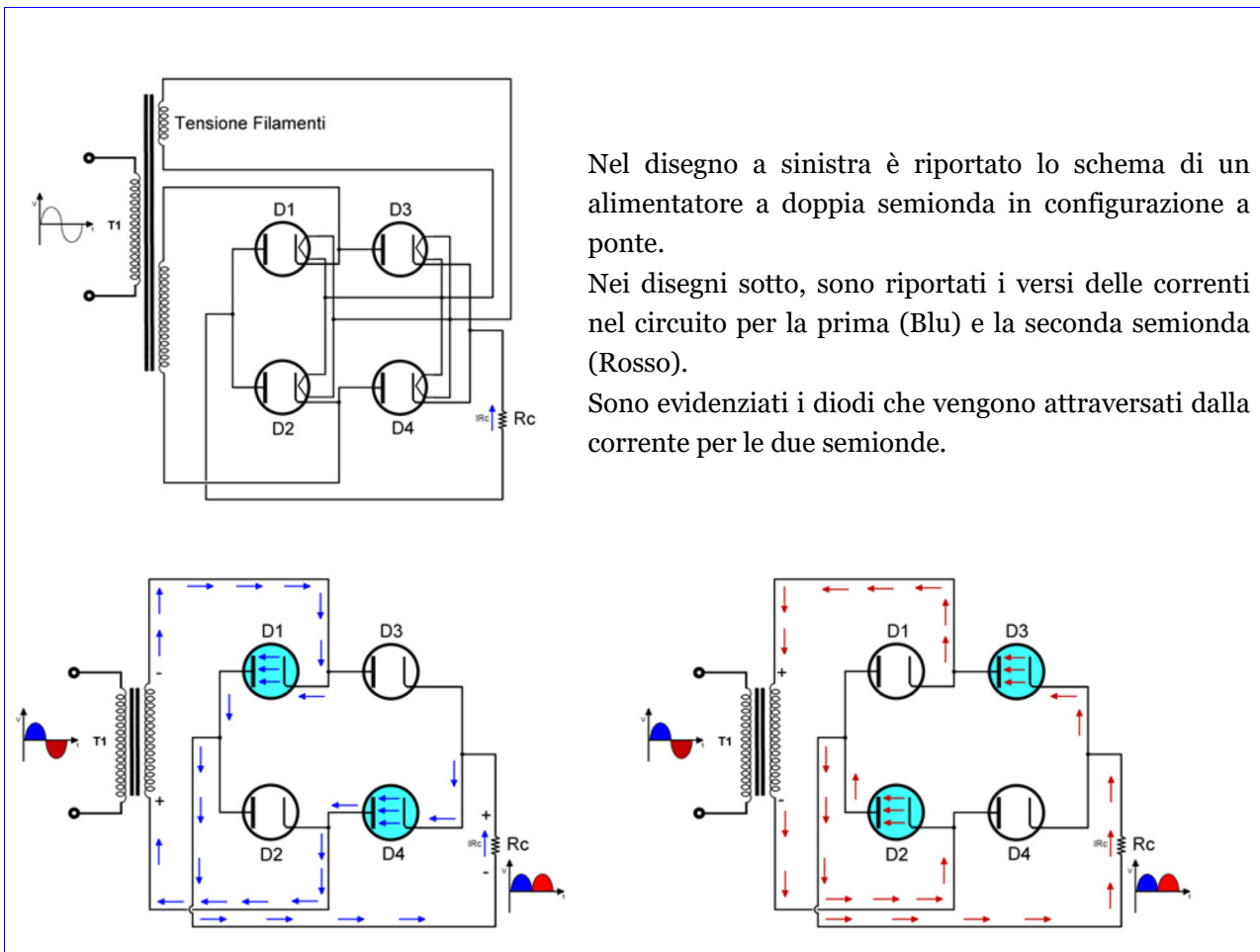
Dove  $V_{max}$  è la tensione massima al secondario.

A questo punto si calcola la tensione in uscita che è data dalla tensione massima al secondario decurtata della tensione che cade ai capi del diodo.

Quindi  $V_u=(254/(10000+500)) \times 10000=(254/10500) \times 10000=241\text{ Volt}$  che è la tensione massima all'uscita del raddrizzatore.

Una configurazione poco usata per gli alimentatori valvolari è quella a ponte (detta anche a ponte di Graetz, dal nome del suo inventore, il fisico tedesco Leo Graetz ), in cui si impiegano quattro diodi e un trasformatore con un secondario semplice.

Il motivo per cui è poco impiegata è da ricercarsi nel costo che è maggiore rispetto all'impiego di un trasformatore con secondario a presa centrale ed ha anche lo svantaggio che la corrente attraversa due diodi e quindi la resistenza serie dell'alimentatore è più alta.



Nel disegno a sinistra è riportato lo schema di un alimentatore a doppia semionda in configurazione a ponte.

Nei disegni sotto, sono riportati i versi delle correnti nel circuito per la prima (Blu) e la seconda semionda (Rosso).

Sono evidenziati i diodi che vengono attraversati dalla corrente per le due semionde.

In questo caso la tensione sulla resistenza di carico è data dalla seguente formula

$$V_u = (V_i / (R_c + 2X R_d)) X R_c$$

dove

$V_u$  è la tensione di uscita

$R_d$  è la resistenza serie di un diodo

$R_c$  è la resistenza di carico

In questa formula non si tiene conto della resistenza serie del trasformatore che deve essere sommata a  $R_d$ .

Nella progettazione di un rettificatore occorre tenere presenti altri aspetti, che sono:

- La dissipazione di potenza, data dalla corrente efficace che attraversa il diodo moltiplicata per la tensione efficace presente ai capi dello stesso in concomitanza con il passaggio della corrente.
- La corrente di picco che il diodo può sopportare.  
Questo parametro in genere è presente nei datasheet del diodo sottoforma di massima capacità che si può applicare all'uscita dello stesso.  
Questo per l'ovvio motivo che il valore della prima capacità di filtro presente dopo il diodo ne determina la corrente di picco.  
Superare il valore consigliato determina la prematura morte del diodo.

### **Filtro**

Per la trattazione completa dei filtri vi rimandiamo alla trattazione fatta nel capitolo relativo.

La trattazione dei filtri è comune sia agli alimentatori tradizionali a valvole termoioniche che per quelli con diodi a semiconduttore essendo i filtri sostanzialmente uguali.

### **Regolatore di Tensione o stabilizzatore**

In un alimentatore a valvole lo stabilizzatore di tensione viene utilizzato molto di rado, soprattutto per il costo, l'ingombro e la potenza dissipata in calore.

## Alimentatori per Apparatì Valvolari: Filtri

<b>Indice Argomento Corrente</b>
<b>0 - Introduzione</b>
<b>1 - Filtri</b>
<b>2 - Filtro a Condensatore o capacitivo</b>
<b>3 - Filtro Induttivo</b>
<b>4 - Filtro LC</b>
<b>5 - Filtro LC con induttore saturabile (Swinging Choke)</b>
<b>6 - Filtro RC</b>
<b>7 - Filtro Pigreco</b>
<b>8 - Tabella dei vari filtri in ordine di efficacia</b>

### 0 - Introduzione

Molte apparecchiature, fra questi gli amplificatori, richiedono una tensione di alimentazione sostanzialmente pulita e perfettamente continua per poter funzionare al meglio.

Quanto è il ripple che un amplificatore può tollerare? Dipende da un parametro che è la reiezione dei disturbi dell'alimentazione o reiezione del ripple, parametro che quantifica di quanto l'amplificatore attenua un disturbo che gli arriva sulla linea di alimentazione e si misura in termini di rapporto che vi è fra disturbo e la tensione che questi produce in uscita.

Si misura in dB secondo la seguente formula:  $PSRR = 20 \log (R_i/R_o)$  dove PSSR è l'acronimo di Power supply ripple rejection ratio (ovvero rapporto di reiezione del ripple di alimentazione) mentre  $R_i$  è il ripple in ingresso e  $R_o$  il ripple in uscita, dove l'ingresso in questo caso è la linea di alimentazione e l'uscita è l'uscita dell'amplificatore.

### 1 - Filtri

All'uscita del rettificatore abbiamo una tensione continua pulsante che per poter essere impiegata come fonte di alimentazione deve essere depurata dal ripple.

A questo punto entrano in gioco i filtri che servono, entro certi limiti, a rimuovere il residuo di alternata sovrapposto alla componente continua chiamato ripple.

Il ripple è uno dei parametri che caratterizzano la qualità di un alimentatore, la sua misura si effettua con l'oscilloscopio accoppiando l'ingresso in AC.

Si tratta principalmente del rimanente residuo della componente alternata della rete elettrica, rettificata dai diodi.

A questa componente alternata possono aggiungersi disturbi indotti dal carico o dovuti al funzionamento interno dell'alimentatore.

Tornando ai filtri, Iniziamo con il più semplice.

In alcuni dei prossimi schemi per semplicità abbiamo utilizzato dei diodi semiconduttori essendo il filtro valido per tutti i tipi di rettificatori.

### 2 - Filtro a Condensatore o capacitivo

Il filtro a condensatore non è altro che un condensatore di grossa capacità in parallelo al carico.

Come si può notare si tratta di una soluzione banale che tuttavia funziona abbastanza bene laddove il condensatore ha una capacità notevole rispetto alla corrente che il carico richiede.

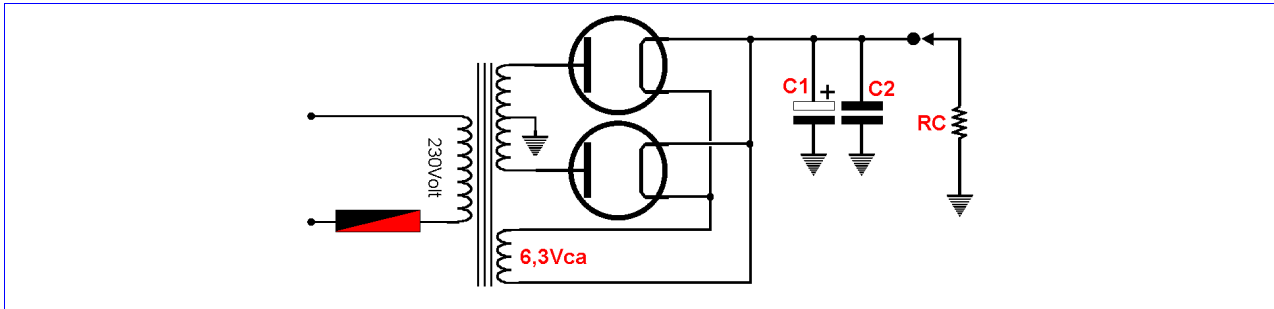
Praticamente se il condensatore è abbastanza grande si carica e poi si scarica di una percentuale



piccola e la tensione ai suoi capi sostanzialmente non cambia.

Più il condensatore è grande più il suo comportamento si approssima a quello di una batteria.

Se RC invece richiede molta corrente come negli amplificatori di potenza il condensatore per fungere efficacemente da filtro dovrebbe avere una capacità enorme cosa il più delle volte non possibile per costi e ingombri.



Sopra lo schema di un alimentatore con filtro capacitivo.

Come vedete si tratta di un circuito molto semplice, poco costoso ma quasi sempre dalle prestazioni troppo limitate.

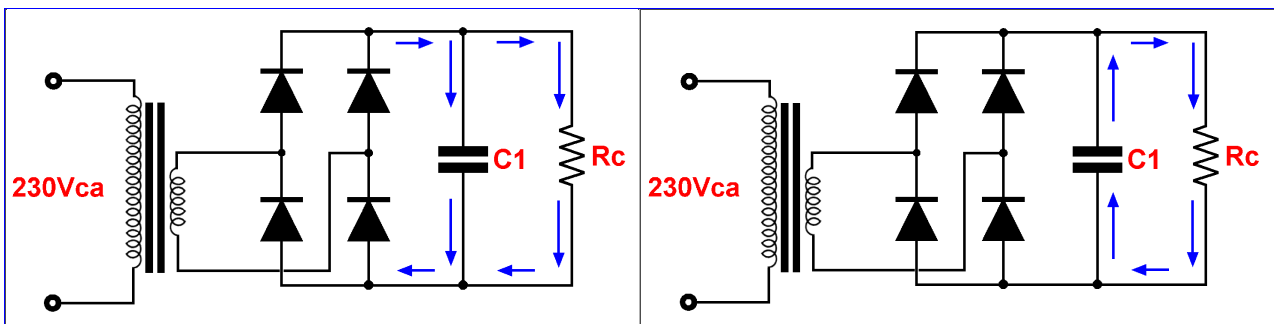
Il condensatore C1 è un condensatore elettrolitico di grossa capacità mentre C2 è un condensatore non polarizzato di capacità molto più piccola ma con una induttanza parassita serie molto bassa e serve per alimentare il carico quando questi richiede elevata corrente per tempi ridotti.

Per ridurre l'induttanza serie del condensatore C1 un altro metodo è impiegare più condensatori di bassa capacità in parallelo.

Va anche ricordato che a valle dei diodi termoionici la capacità che si può collegare (la capacità immediatamente successiva al diodo) ha un **valore massimo indicato nel datasheet** dal costruttore del diodo allo scopo di ridurre la corrente di picco che passa attraverso il diodo e allungarne la vita operativa.

Inoltre la resistenza parassita serie dei diodi termoionici è molto alta, quindi sotto carico questo tipo di alimentatore fornisce una tensione sensibilmente più bassa che a vuoto.

Questo implica che la tensione massima del condensatore deve essere scelta tenendo conto della tensione massima a vuoto.



Con riferimento ai disegni visibili sopra, durante la prima semionda il condensatore si carica (immagine a sinistra), quando la semionda ha una tensione inferiore a quella del condensatore, questi funge da generatore ed alimenta il carico scaricandosi.

Il ciclo si ripete alla semionda successiva.

La differenza fra la massima tensione ai capi di C1 e la minima tensione è il valore picco-picco del ripple ed è inversamente proporzionale alla capacità di C1 e al valore di RC.

Il ripple tende quindi a zero per C1 tendente a infinito e sempre a zero per RC tendente a infinito.

Quindi in ultima analisi si può dire che è inversamente proporzionale alla costante di tempo  $R_C \times C_1$ .

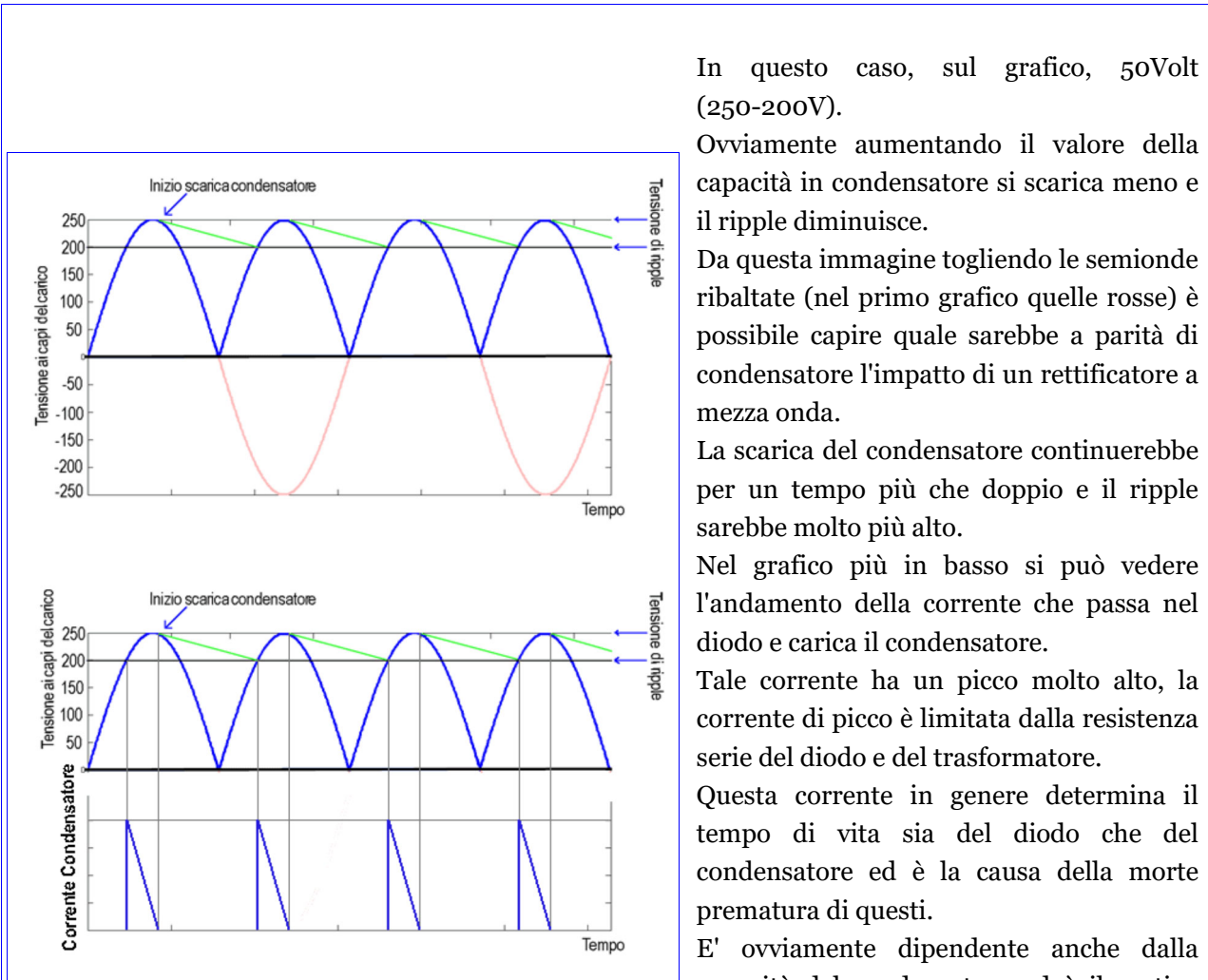
Nella immagine sotto si può vedere la tensione in uscita dal raddrizzatore a onda intera (o a due semionde che dir si voglia) che alimenta il carico.

Le semionde negative (rosse) vengono ribaltate sulla parte positiva dell'asse delle ascisse.

In verde la scarica del condensatore che inizia quando la semionda ha passato il valore massimo e finisce quando arriva la prossima semionda e il valore della tensione supera quello ai capi del condensatore.

Poi in condensatore si ricarica al valore massimo della tensione e il ciclo ricomincia.

Il valore massimo della tensione di ripple va dal valore massimo della tensione della sinusoide al valore minimo che raggiunge nella scarica.



In questo caso, sul grafico, 50Volt (250-200V).

Ovviamente aumentando il valore della capacità in condensatore si scarica meno e il ripple diminuisce.

Da questa immagine togliendo le semionde ribaltate (nel primo grafico quelle rosse) è possibile capire quale sarebbe a parità di condensatore l'impatto di un rettificatore a mezza onda.

La scarica del condensatore continuerebbe per un tempo più che doppio e il ripple sarebbe molto più alto.

Nel grafico più in basso si può vedere l'andamento della corrente che passa nel diodo e carica il condensatore.

Tale corrente ha un picco molto alto, la corrente di picco è limitata dalla resistenza serie del diodo e del trasformatore.

Questa corrente in genere determina il tempo di vita sia del diodo che del condensatore ed è la causa della morte prematura di questi.

E' ovviamente dipendente anche dalla capacità del condensatore ed è il motivo per cui nel datasheet del diodo viene data anche la massima capacità del condensatore posto a valle.



A sinistra: un tipico condensatore elettrolitico impiegato per stabilizzare la tensione anodica di capacità 400 microFarad e 325 Volt di tensione massima.

La dimensione di un condensatore è proporzionale alla capacità dello stesso e alla tensione massima di lavoro per cui è progettato.

Come vedete le dimensioni sono ragguardevoli.

Calcolo della capacità di filtro (CF): ci sono molti modi diversi per calcolare questa capacità, si tratta di una capacità non critica, in linea di massima più è grande meglio è.

C'è chi adotta la tecnica di usare 1 microFarad per ogni milliAmpere di corrente che eroga l'alimentatore.

In realtà è utile calcolare il valore minimo di questa capacità sotto il quale non è conveniente andare.

Un altro modo un po' più laborioso consiste nel trattare il circuito dal punto di vista dell'impedenza.

L'impedenza di un condensatore ( $X_c$  o reattanza capacitiva) è riportata nella formula sotto.

A questo punto basta porre il limite, ovvero quale deve essere il rapporto fra la resistenza di carico e l'impedenza del condensatore.

Essendo il ripple una componente alternata verrà bypassata dal condensatore nella misura del rapporto fra l'impedenza  $X_c$  del condensatore e la resistenza  $R_c$  di carico.

Un'altra regola empirica consiste nel fissare questo rapporto a 100, quindi  $X_c \leq R_c/100$ .

Per determinare  $R_c = V_{cc}/I_{carico}$  (tensione di uscita dell'alimentatore fratto corrente erogata).

Per esempio: il nostro alimentatore deve erogare una tensione di 300V con una corrente di 100mA.

La resistenza  $R_c = 300/0.1$  (corrente in Ampere)  $R_c = 3000 \Omega$ .

Quindi  $X_c$  deve essere uguale o più piccola di  $3000/100 = 30 \Omega$ .

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Dove:

$X_c$  = impedenza del condensatore

$f$  = frequenza (50Hz = rettificatore

singola semionda, 100Hz doppia)

$C$  = capacità in Farad

Nel cassetto abbiamo un condensatore da 100microFarad 450Volt compatibile come dimensioni con lo spazio a disposizione, potrebbe andare bene?

$$X_c = 10^6 / (6,28 * 100 * 100) = 10^6 / (6,28 * 10.000) = 10^6 / 62800 = 15,9 \Omega.$$

Il condensatore va bene!! Possiamo usarlo.

La componente alternata sovrapposta all'alimentazione (ripple) incontrerà sul ramo del condensatore una impedenza di 15,9  $\Omega$  e sul ramo del carico 3000  $\Omega$ , quindi passerà praticamente tutta sul condensatore.

Non dimenticate mai di mettere in parallelo ad un grosso condensatore almeno altri due condensatori più piccoli di capacità diverse fra loro e più basse, ad esempio in questo caso 1microFarad e 100nanoFarad poliestere.

Serve per migliorare la risposta ai transienti veloci, ovvero alle richieste di maggior corrente transienti come ad esempio quando l'amplificatore deve riprodurre delle note acute avendo i grossi condensatori una grossa induttanza serie che li rende un po' "lenti".

Se volessimo invece calcolare la tensione del ripple di un carico noto e un condensatore noto possiamo fare nel seguente modo: Si parte dall'energia immagazzinata nel condensatore, si decurta l'energia impiegata dal carico nel tempo di scarica che possiamo approssimare al tempo di una semionda (approssimazione per eccesso) e poi in funzione dell'energia residua sul condensatore si calcola la tensione presente sullo stesso al termine della scarica.

Si tratta di un metodo più complesso di quello empirico utilizzato in precedenza e in genere non si usa.

L'approccio dell'hobbista in genere consiste nell'acquistare il più grosso condensatore che ci si può permettere sia come dimensioni che come costo.

Ma facciamo un po' di conti partendo dai dati dell'esempio precedente:

- Tensione ai capi del condensatore = 300V
- Corrente sul carico = 100mA ovvero 0,1 A
- Capacità del condensatore = 100uF quindi 0,0001Farad

Ora facciamo un po' di calcoli.

- L'energia in Joule immagazzinata dal condensatore è uguale a  $J_i = 0,5 * C * V^2 = 0,5 * 0,0001 * 300 * 300 = 4,5$  Joule

- L'energia consumata in Joule dal carico in un tempo di una semionda ovvero in 1/100 Sec è uguale a  $(300 \times 0,1) / 100 = 0,3$  Joule.  
Si calcola in pratica l'energia consumata in un secondo e poi si divide per 100.
- L'energia residua al termine del ciclo di scarica è  $J_f = 4,5 - 0,3 = 4,2$  Joule
- Che corrisponde ad una tensione ai capi del condensatore di  $V_f = \text{rad}q((2 \times 4,2) / 0,0001) = 289$  V (dove radq è la radice quadra)
- Quindi la tensione picco a picco del ripple è uguale a  $V_r = 300 - 289 = 11$  V

### 3 - Filtro Induttivo

Si tratta di un induttore di elevato valore (dell'ordine di diversi Henry) posto in serie al carico.

La stabilizzazione è dovuta all'effetto volano dell'induttore che tende a mantenere costante la corrente che lo attraversa variando la tensione ai suoi capi e fungendo da generatore di tensione variabile.

L'energia viene immagazzinata nell'induttore sotto forma di energia magnetica.

L'energia immagazzinata in Joule è uguale a  $J = 0,5 \times L \times I^2$  dove L è l'induttanza espressa in Henry e I la corrente che attraversa l'induttore espressa in Ampere.

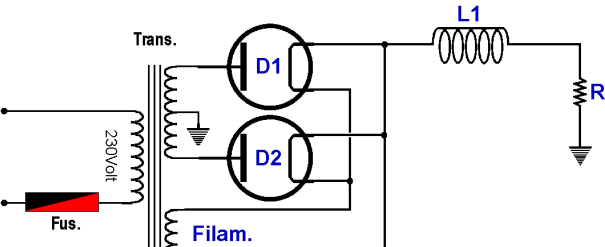
Visto in altro modo, si tratta di un filtro passa-basso tarato ad una frequenza di molto minore di quella del ripple che viene attenuato.

$$f_t = \frac{R}{2\pi L}$$

La frequenza di taglio di un filtro di questo tipo è riportata nella formula a sinistra dove R è la resistenza di carico,  $f_t$  la frequenza di taglio e L è il valore dell'induttanza in Henry.

Questo filtro ha una pendenza di 6 dB/ottava.

Quindi si può facilmente calcolare di quanto attenua il ripple.



Questo filtro è tanto più efficace quanto più è grande il valore di induttanza dell'induttore.

©Audiovalvole.it 2015

**Caratteristiche costruttive:** Questo tipo di induttore funziona a corrente continua, quindi per evitare la saturazione del nucleo la corrente che lo percorre dovrà essere mantenuta entro limiti ben precisi.

Inoltre il circuito magnetico deve avere un traferro (air-gap in inglese), questo per limitare il flusso magnetico.

**Caratteristiche elettriche:** Il ripple in uscita da un filtro di questo tipo è sostanzialmente sinusoidale grazie alla caratteristica dell'induttore di ostacolare le alte frequenze, quindi eliminando tutte le armoniche superiori presenti nel ripple di cui rimane apprezzabile solo la frequenza fondamentale.

La tensione in uscita da un filtro di questo tipo è data dalla formula  $V_u = V_{max} \times 0,63$  dove  $V_u$  è la tensione di uscita e  $V_{max}$  è la tensione massima presente all'uscita del rettificatore.

**Vantaggi:** Un pregio di questo tipo di filtro è di disaccoppiare i possibili disturbi presenti sulla rete di distribuzione dell'energia elettrica dal carico e viceversa evitare che il carico con le sue variazioni di assorbimento possa perturbare la rete elettrica.

Questo tipo di disaccoppiamento è efficace per tutto quello che sta prima dell'induttore, quindi anche i disturbi di commutazione dei diodi nel caso siano a semiconduttore.

Inoltre la corrente che attraversa i diodi è la stessa che abbiamo sul carico senza apprezzabili picchi che possono abbassare la durata di vita del diodo stesso.

**Difetti:** I difetti risiedono nella resistenza serie dell'induttore che provoca una caduta di tensione, nel

grande ingombro e peso dell'induttore nonché nel costo dello stesso.

Altro difetto è che la corrente assorbita dal carico deve essere il più possibile costante, quindi è facilmente applicabile in circuitazioni in classe "A" ma non in classe "AB".

Le variazioni di assorbimento producono delle grandi escursioni della tensione in uscita dal filtro.

Facendo un raffronto in termini di energia immagazzinata un filtro di questo tipo è molto meno efficace a parità di ingombro e peso che un filtro a condensatore, quindi è meglio preferire quest'ultimo o una combinazione dei due come vedremo nei capitoli seguenti.

Facendo un esempio, in genere il valore di un induttore di filtro può essere di 10H, l'energia immagazzinata per una corrente di 100mA è di  $J=0,5xLxI^2$ , quindi  $J=0,5x10x0,01=0,05$  Joule.

Un induttore del genere ha un peso superiore al Kg.

#### 4 - Filtro LC

Il prossimo filtro leggermente più complesso ma molto più efficace nella riduzione del ripple è il filtro del tipo LC.

Dal punto di vista circuitale l'induttanza lascia passare la corrente continua mentre si oppone al passaggio della componente alternata sovrapposta (ripple) e subito dopo il condensatore elimina ulteriormente l'alternata bypassandola verso massa.

I due effetti combinati fanno sì che la tensione anodica sia ulteriormente pulita.

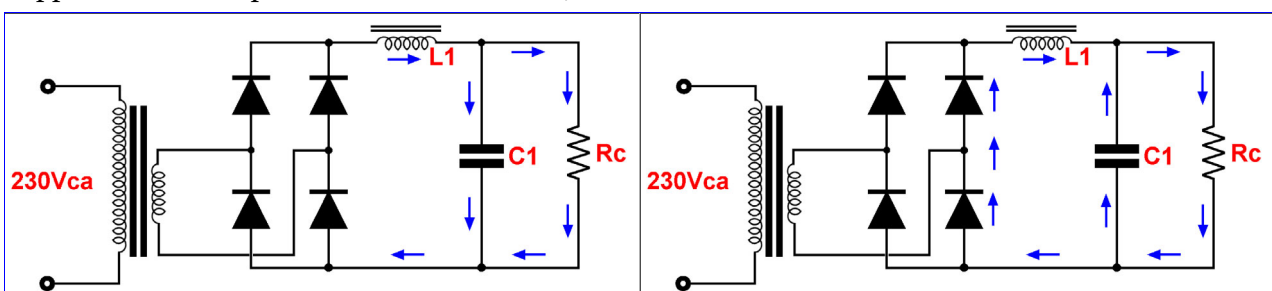
Unica condizione da rispettare per detto filtro è che la frequenza di risonanza LC sia molto distante dalla frequenza fondamentale del ripple (50 Hz per raddrizzatori singola semionda, 100 Hz doppia).

Di norma i valori di L1 e C1 devono essere scelti più grandi possibili.

L'unico limite è che una grossa induttanza ha anche una grossa resistenza parassita serie, detto in parole diverse l'induttanza ha anche una resistenza serie che provoca una caduta di tensione che diminuisce la tensione anodica.

Un vantaggio invece è da ricercarsi nella maggiore durata del condensatore C1 che è meno sottoposto al ripple (essendo questi già attenuato dall'induttanza a monte).

Importante: Unica condizione da rispettare per detto filtro è che la frequenza di risonanza LC sia molto distante dalla frequenza fondamentale del ripple (50 Hz per raddrizzatori singola semionda, 100 Hz doppia che costituiscono la frequenza fondamentale del ripple, le armoniche superiori del ripple sono ancora più facilmente eliminabili).



Il filtro riportato nella figura sopra durante la parte di salita della semionda (a sinistra) carica l'induttanza L1 (di energia magnetica) e il condensatore C1 (di energia elettrostatica), durante la parte calante della semionda l'induttanza L1 converte l'energia magnetica immagazzinata in corrente elettrica e si oppone al calare della corrente che la attraversa, mentre il condensatore contribuisce scaricandosi su Rc.

I due effetti combinati fanno sì che questo filtro sia discretamente efficace.

Visto come un filtro passa basso, più L1 e C1 sono grandi più la frequenza di taglio del filtro si abbassa, più la frequenza del ripple si discosta dalla frequenza di taglio e più viene attenuata.

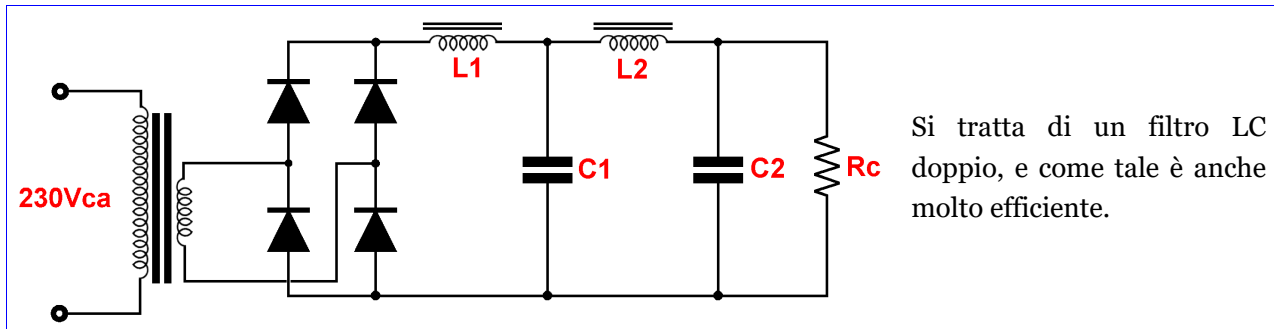
La frequenza di risonanza si calcola con la seguente formula:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Dove f è la frequenza di risonanza, L l'induttanza espressa in Henry e C la capacità espressa in Farad.

Per esempio se abbiamo un'induttanza di 10 Henry e un condensatore di 400 microFarad la frequenza di risonanza è  $f=1/(6,28*0,063)=2,51\text{Hz}$  quindi va bene perché è molto distante sia da 50 Hz che da 100 Hz.

Una variazione sul tema è il filtro LC a doppia cella.



Ovviamente per contro è più ingombrante e costoso e ha una resistenza serie più elevata.

Andando avanti di questo passo si possono aggiungere ulteriori celle.

Un metodo alternativo per misurare l'efficienza di questi filtri consiste nel trattarli come dei filtri passa-basso calcolandone la frequenza di taglio, la pendenza e di quante ottave si discosta la frequenza da tagliare (il ripple).

In questo caso ogni singola cella LC costituisce un filtro con una pendenza di 12dB/ottava, quindi due celle in serie 24dB/ottava.

Basta calcolare di quante ottave si discosta il ripple dalla frequenza di taglio del filtro per sapere di quanto verrà attenuato.

### 5 - Filtro LC con induttore saturabile (Swinging Choke)

Si tratta di una variazione sul tema dei filtri LC in cui L è un induttore saturabile.

Il funzionamento è il seguente: fino a che la corrente assorbita si mantiene sotto un valore di soglia il tutto funziona come un filtro LC classico.

Quando la corrente aumenta oltre un valore di soglia il nucleo dell'induttore va in saturazione, quindi è come rimuovere l'induttore dal circuito lasciando solo la sua componente resistiva.

Quindi la tensione raddrizzata dai raddrizzatori viene direttamente passata al condensatore che tende a caricarsi al valore massimo di tale tensione che è superiore al valore che avrebbe se ci fosse l'induttore.

Questo circuito contrasta l'abbassamento di tensione che si avrebbe con un aumento della corrente richiesta, funge in altre parole da stabilizzatore di tensione.

Infatti se ben calcolato l'aumento della tensione che si avrebbe alla saturazione dell'induttore è compensato dall'abbassamento della stessa per la resistenza serie dell'alimentatore.

Questo genere di induttore deve essere progettato con cura per funzionare bene, cosa non facile per le molte variabili in gioco.

### 6 - Filtro RC

Un altro tipo di filtro usato prevalentemente per alimentare carichi a basso assorbimento di corrente, come gli stadi preamplificatori è il filtro RC.

La resistenza R1 va calcolata in funzione della corrente e della caduta di tensione ai suoi capi mentre i condensatori C1 e C2 dando la preferenza a C1 devono avere la maggior capacità possibile.

In realtà nel circuito reale il condensatore C1 fa anche parte del circuito di alimentazione delle valvole di potenza, quindi la nostra progettazione si semplificherà dovendoci occupare solo di R1 e C2.

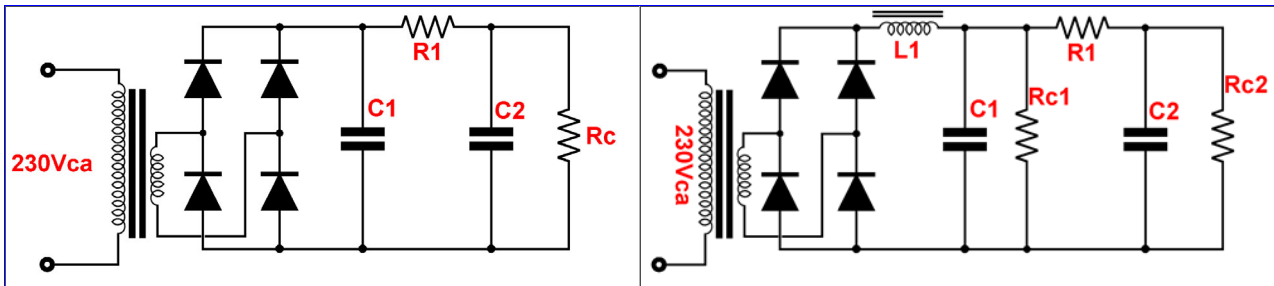
Sotto a destra il circuito completo per l'alimentazione dello stadio di potenza (RC1) e delle valvole preamplificatrici (RC2).

Praticamente è la somma di un filtro LC (costituito da L1 e C1) usato per alimentare lo stadio di



potenza, unito ad un filtro RC (R1 e C2) usato per alimentare lo stadio di preamplificazione e pilotaggio dello stadio finale.

Si tratta di un circuito classico, usato molto spesso.



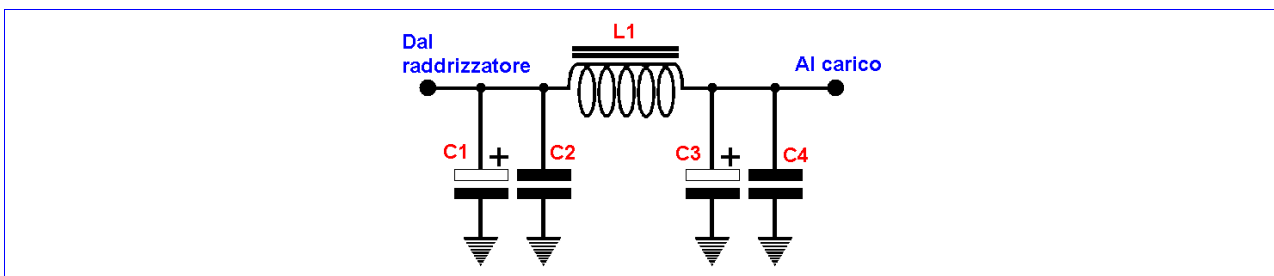
**7 - Filtro Pigreco**

Con riferimento alla figura sotto, il filtro pigreco è costituito da una combinazione di un filtro a condensatore unito ad un filtro LC, quindi ha una attenuazione del ripple che è data dalla somma dei due filtri accoppiati.

Si tratta di un filtro molto utilizzato.

Le capacità C2 e C4 sono dei condensatori di piccolo valore adottati per migliorare le caratteristiche di velocità dei condensatori C1 e C3 che essendo di grossa capacità hanno una notevole induttanza parassita serie.

Esistono dei condensatori adatti a tale impiego e realizzati in un unico contenitore, i condensatori doppi a vite.



**8 - Tabella dei vari filtri in ordine di efficacia**

Di seguito una tabella comparativa fra i vari tipi di filtro impiegabili in ambito valvolare.

La Tensione in uscita non tiene conto della resistenza serie e di quella dell'induttore.

Vu è la tensione di uscita, Vmax è il massimo valore di picco della tensione all'uscita del rettificatore.

Tipo di Filtro	Efficacia	Tensione in uscita	Costo
Capacitivo	Bassa	$V_u = V_{max}$	Basso
Induttivo	Bassa	$V_u = V_{max} * 0,63$	Medio
RC (Resistenza+Capacità)	Bassa	$V_u = V_{max} - V_R$ (dove VR è la tensione che cade ai capi della resistenza)	Basso
LC (induttanza+Capacità)	Media	$V_u = V_{max} * 0,63$	Medio
CLC (Capacità+Induttanza+Capacità) detto anche Pigreco	Media	$V_u = V_{max}$	Medio
LCL (Induttanza+Capacità+Induttanza)	Media	$V_u = V_{max} * 0,63$	Medio / Alto
LC (induttanza+Capacità) a doppia cella	Alta	$V_u = V_{max} * 0,63$	Medio
Stabilizzatore	Alta	Valore calcolato da progetto e comunque $V_u \ll V_{max}$	Alto

## Cablaggio di un amplificatore

### Introduzione:

Per cablaggio si intende l'insieme dei cavi che collegano le varie parti di impianti o apparecchiature elettriche ed elettroniche e la loro messa in opera.

Praticamente nel nostro caso è la progettazione e la realizzazione dell'insieme dei collegamenti fra i vari componenti di un amplificatore audio.

Per fare un buon cablaggio bisogna partire da un buon progetto dei piazzamenti dei componenti in modo che i percorsi dei cavi siano i più brevi possibili rispettando la compatibilità elettrico-fisica dei componenti.

Sostanzialmente esistono due modi per cablare un circuito:

- Circuito stampato (PCB)
- Cablaggio in aria

Esempio di cablaggio con circuito stampato (chiamato in seguito PCB Printed Circuit Board) in bachelite, vetronite o altro supporto sintetico o ceramico.



Esempio di cablaggio in aria, ovvero mediante fili posti in opera uno alla volta per collegare i vari componenti.



Tutti e due i metodi hanno dei pro e dei contro che di seguito analizziamo.

Per i dettagli sui due metodi vi rimandiamo ai relativi capitoli leggibili tramite i link sulle immagini sopra.

### Cablaggio su PCB

Vantaggi:

- Il cablaggio su PCB una volta ingegnerizzato correttamente obbliga i componenti ad una ben precisa collocazione, quindi è facilmente riproducibile e si presta per una realizzazione industriale altamente standardizzata.

Svantaggi:

- Lo stampato sottoposto al calore delle valvole alla lunga, specie se di bachelite, ma anche di vetronite, si rovina (in gergo "si cuoce") favorendo il distacco e l'interruzione delle piste.  
 - In caso di prototipi non è possibile o è molto difficile fare modifiche dell'ultimo minuto.

### Cablaggio in Aria

Vantaggi:

- Vista l'alta impedenza dei circuiti di ingresso dei valvolari qualche volta per risolvere dei problemi legati al ronzio, basta semplicemente spostare un filo, usando solo il saldatore senza dover riprogettare nulla.

- In fase di test si possono fare modifiche solo con l'ausilio di un saldatore.

Svantaggi:

- Il risultato finale non è riproducibile facilmente ed è funzione della bravura e della precisione di chi monta l'amplificatore.
- Il montaggio richiede sempre molto tempo e la possibilità di errori è alta.

## Cablaggio in Aria di un Amplificatore

### Cablaggio in Aria

Il cablaggio in aria viene realizzato fissando dei supporti su cui vengono poi saldati i reofori dei componenti e i fili che servono per le interconnessioni.

I supporti sono, di solito, di bachelite su cui sono presenti delle piazzole di rame stagnato per facilitare la saldatura dei componenti.

E' tuttora il metodo più usato a livello amatoriale nel campo delle valvole.

Presenta il vantaggio di poter eseguire modifiche dell'ultimo minuto semplicemente usando il saldatore.

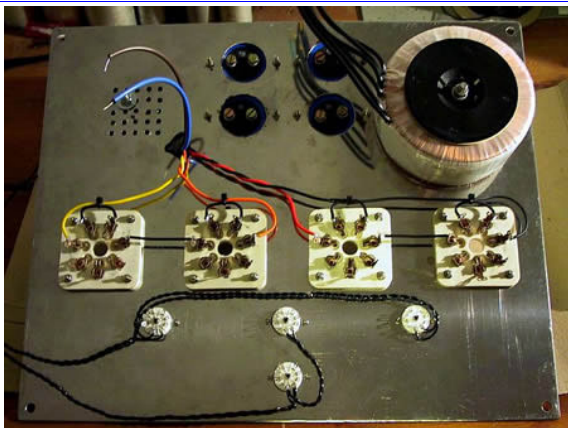
Il cablaggio in aria deve essere prima pianificato sulla carta, in modo da evitare gli errori e sapere a priori dove verranno piazzati i singoli componenti, evitando in questo modo di sovrapporli.

Questo è il passaggio più importante che molte volte i neofiti saltano presi dalla bramosia di vedere il risultato finale funzionante.

Si procede nel seguente modo:

- Si prepara il telaio, si fanno tutti i fori di fissaggio dei trasformatori delle induttanze e di tutta la componentistica pesante.
- Si fissano tutti i componenti pesanti.
- Si montano gli zoccoli delle valvole.
- Si montano le basette di supporto dei componenti.
- Si realizzano tutti i collegamenti per i filamenti delle valvole.
- Si saldano tutti i piccoli componenti, poi mano a mano quelli di dimensione maggiore.

### Esempi di Cablaggio in Aria



Fase 1: foratura del supporto e montaggio degli zoccoli delle valvole e dei supporti dei componenti.

Si montano i fili per i filamenti delle valvole (quelli neri twistati in basso)

Fase 2: Montaggio dei fili.

Da notare: tutti i fili che portano corrente alternata ai filamenti sono "twistati" per elidere in campo magnetico generato e migliorare il rapporto segnale/rumore.

Sarebbe stato meglio mettere le resistenze a filo metallico di grossa potenza a contatto con il telaio per "aiutare" la dissipazione termica.

Questo non vale se il telaio è di materiale plastico o legno.





Esempio di cablaggio in aria di discreto livello.

Tutti i componenti sono accessibili e non sovrapposti gli uni agli altri.

A destra è stata montata una basetta di bachelite che funge da supporto per i componenti più piccoli.

Tutti i componenti di grosse dimensioni sono stati fissati con delle fascette in teflon.

Esempio di un pessimo cablaggio in aria con componenti di notevole mole “appesi” e stratificati.

Occorre avere un occhio anche per quello che riguarda la riparabilità, non è possibile dover smontare tutto per cambiare una resistenza interrotta sepolta sotto tutti gli altri componenti!!

## Cablaggio di un amplificatore su PCB

### Circuiti stampati (PCB)

La soluzione del circuito stampato si applica principalmente quando si vuole ottenere un risultato riproducibile e per semplificare le produzioni di molti esemplari tutti uguali.

E' necessario produrre un certo numero di prototipi in quanto per curare un difetto qualsiasi di progettazione del circuito stampato occorre quasi sempre rifarlo da capo.

Vantaggi:

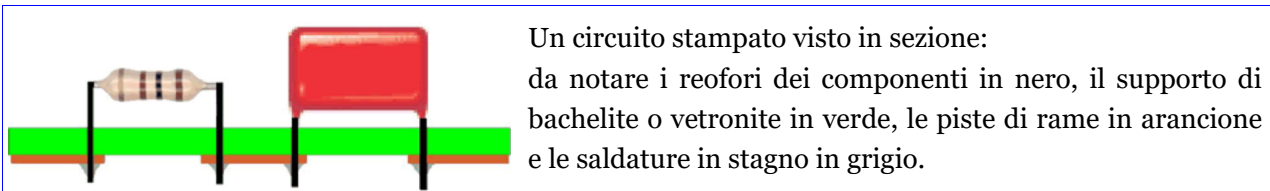
- Il risultato finale è buono e riproducibile in quanto sul circuito stampato la collocazione dei componenti è predefinita e non ci sono possibilità di errore.
- Facilità di montaggio anche per tecnici poco esperti

Svantaggi:

- Impossibilità quasi assoluta di far modifiche in corso d'opera

E' d'obbligo trattandosi di un manuale rivolto ai neofiti dilungarsi un pochino per spiegare anche l'ovvio.

Quindi di seguito spiegheremo la tecnica dei circuiti stampati nel dettaglio.



Un circuito stampato visto in sezione:

da notare i reofori dei componenti in nero, il supporto di bachelite o vetronite in verde, le piste di rame in arancione e le saldature in stagno in grigio.

Il montaggio rappresentato è quello detto "a singola faccia": il rame sta da una sola parte del circuito stampato (il lato saldature, sotto nella figura) mentre i componenti sono dall'altra parte (il lato componenti).

Le connessioni sono realizzate attraversando fori passanti da parte a parte dove vengono poi introdotti i terminali (o reofori) dei componenti.

In alternativa è possibile costruire il circuito stampato con le piste sui due lati del supporto o anche in ulteriori layer all'interno (tecnologie, rispettivamente, a "doppia faccia" e multilayer o multistrato), con i componenti da entrambi i lati, oppure ancora con componenti, piste e saldature tutte dallo stesso lato e quindi, se possibile, senza fori di passaggio tra le due facce (SMT=Surface Mounted Technology ovvero a montaggio in superficie).

Per realizzare un circuito stampato sono necessarie diverse fasi di lavorazioni, più o meno complesse:

- Il progetto del circuito ed il disegno delle connessioni necessarie per la realizzazione su circuito stampato
- Il disegno diretto su rame del circuito o, in alternativa, la fotoincisione
- L'incisione del circuito stampato, per via chimica (asportazione per corrosione del rame superfluo)
- La foratura
- La saldatura

Nel caso si faccia realizzare il circuito stampato da un artigiano probabilmente questi userà una fresa a controllo numerico per realizzare il circuito, quindi il disegno su rame, l'incisione per via chimica e la foratura verranno sostituiti dalla fresatura diretta dello stampato, metodo utilizzato per fare piccole serie di prototipi o piccole produzioni.

### Il trasferimento diretto

Il metodo più semplice per fare circuiti stampati in casa è quello del cosiddetto trasferimento diretto: si tratta di un metodo decisamente poco efficace ma, per cominciare, almeno un'esperienza di questo tipo è opportuna per tutti; tra l'altro non richiede particolari attrezzature e quindi è utilizzabile senza



alcun problema anche da chi inizia.

Il metodo funziona discretamente solo a condizione che si voglia costruire un circuito molto semplice ed in singolo esemplare.

Il materiale di base è costituito dalla scheda ramata, detta comunemente “basetta”, costituita da un supporto in materiale isolante (in genere vetronite o bachelite), su cui è depositato una lamina di rame.

Questo materiale è ampiamente disponibile presso tutti i negozi che trattano materiale elettronico.

Viene normalmente utilizzata la cosiddetta tecnica sottrattiva: partendo da una superficie completamente coperta di rame, viene tolto tutto il materiale che non serve per realizzare il circuito, lasciando invece quello necessario per creare i collegamenti elettrici.

Per fare ciò si deve prima proteggere il rame che deve rimanere con una pellicola resistente ed aggredendo l'intera basetta con sostanze chimiche capaci di rimuovere il rame non coperto.

Ovviamente il rame protetto dalla pellicola non viene intaccato, rimanendo sul supporto isolante a formare le piste necessarie per collegare i vari componenti.

L'oggetto necessario per proteggere il rame è costituito da un pennarello capace di lasciare una traccia adeguatamente resistente: in commercio, nei negozi di componenti elettronici, se ne trovano diversi tipi specificamente prodotti per questo uso.

In alternativa, con risultati alterni, si può utilizzare smalto o altre vernici idrorepellenti con appositi pennini ad imbuto (se qualcuno ha esperienza nel disegno a china può provare con gli stessi pennini, usando vernici diluite quanto basta).

Anche molti dei normali pennarelli indelebili sono adatti.

In alternativa al pennarello si possono usare degli appositi trasferibili resistenti alla corrosione.

Quando si è finito basta mettere la basetta in un bagno di percloruro ferrico e poi forarla e il gioco è fatto

### La fotoincisione

Quando il circuito è formato da più di qualche resistore oppure si vuole fare una piccola serie, l'uso del metodo del trasferimento diretto diventa improponibile.

A livello hobbistico la soluzione più praticata si chiama fotoincisione, un metodo per disegnare sul rame le piste usando la luce.

Occorre prima disegnare il master, un disegno del circuito stampato in scala reale su un foglio di acetato.

Questo master andrà posto su una basetta pretrattata con una particolare vernice sensibile ai raggi ultravioletti.

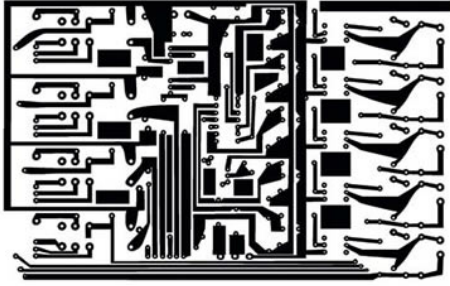
E il tutto andrà poi messo sotto una lampada a raggi ultravioletti.

Dove il master è trasparente i raggi ultravioletti passano e la vernice che riveste la basetta diventa solubile in un bagno di soda caustica, quindi con questo modo viene rimossa.

Resta solo la vernice in corrispondenza delle piste che vogliamo fare sullo stampato.

Ovviamente, nel dettaglio il procedimento è molto più complesso e per la eventuale messa in opera rimando a testi specialistici.

Dopo questo trattamento la basetta va messa in un bagno di percloruro ferrico per essere corrosa e poi va forata.



Risultato finale: il circuito stampato.  
A questo punto basta forare in corrispondenza delle piazzole e saldare i componenti.

Circuito stampato con i componenti montati.  
I componenti più pesanti sono stati fissati allo stampato e fra di loro tramite fascette in teflon.  
In qualche caso in vece delle fascette si usano dei collanti.  
Questo per impedire che con il trasporto e le vibrazioni il componente in virtù del suo peso oscillando possa rompere i reofori o la pista di rame a cui è saldato.



### Utilizzo di un incisore CNC laser

Mi è capitato negli ultimi tempi di assistere ad una certa diffusione di questa tecnica che consiste nel verniciare con una vernice nera il lato rame di una basetta vergine e poi rimuovere la vernice, ove vogliamo che il rame venga asportato dall'acido, utilizzando un incisore laser con laser a semiconduttore.

E' una tecnica che permette di creare prototipi in tempi molto brevi sia per circuiti a singola che doppia faccia con una discreta precisione.

Al posto del laser è possibile utilizzare anche una normale fresa, tuttavia il diametro dell'utensile non sarà mai piccolo quanto il diametro di un raggio laser, quindi ne risentirà la precisione con il solo vantaggio di poter fare contestualmente al circuito stampato anche i fori sullo stesso.

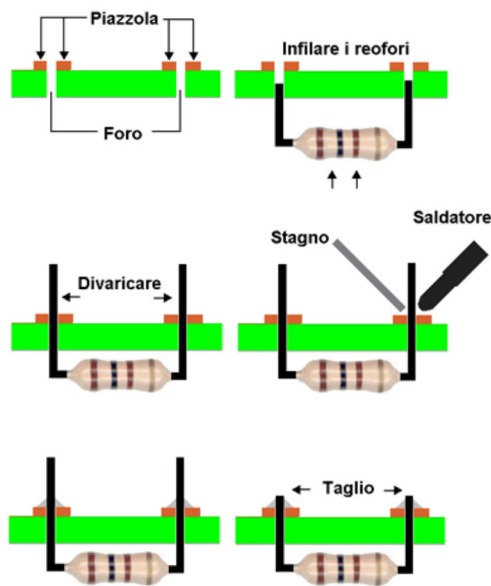
Fra gli hobbisti la tecnica che utilizza l'incisore CNC laser si sta diffondendo complice il basso prezzo dell'attrezzatura.

### Saldatura dei componenti

La corretta saldatura ricopre un ruolo essenziale nella buona riuscita di un cablaggio.

Fare delle buone saldature dipende dalla tecnica adottata, dalla manualità dell'operatore e dal materiale impiegato.

Prima di tutto vanno saldati allo stampato i componenti più piccoli, di seguito quelli più grandi.



Nel caso del circuito stampato si procede nel seguente modo: Si infilano i reofori del componente, si opera una leggera divaricazione sugli stessi per evitare che il componente si sfilì, si avvicina il saldatore e contemporaneamente lo stagno (la punta del saldatore deve essere ricoperta di un leggero strato di stagno e pulita) e si fa fondere lo stagno in modo che aderisca perfettamente al reoforo e alla piazzola.

Si taglia il reoforo all'altezza della saldatura.

C'è chi ricopre prima della saldatura la piazzola di stagno stando attenti a non occludere il foro e chi ricopre di stagno anche tutte le piste per preservarle dalla corrosione (il rame è molto reattivo e tende ad ossidare).

Dopo aver effettuato tutte le saldature è bene rimuovere la pasta salda presente nell'anima del rame da saldatura per evitare che crei delle resistenze parassite fra le piste.

Allo scopo si usa un batuffolo di cotone bagnato in acetone o trielina.

Da evitare: le saldature fredde (saldature che non hanno aderito bene alle piazzole per mancanza di calore) che determinano un cattivo contatto elettrico, e il troppo stagno sulle piazzole (che potrebbe creare cortocircuiti).

## Trucchi costruttivi amplificatori audio a valvole termoioniche

Per realizzare un buon amplificatore ci sono tutta una serie di trucchi costruttivi frutto dell'esperienza che occorre sapere, prima di iniziare il progetto.

Uno dei nemici del costruttore è il ronzio.

Di seguito un elenco di trucchi adatti a migliorare le caratteristiche e validi per ogni tipo di apparato.

### Trucchi costruttivi per aumentare la durata dell'amplificatore a valvole nel tempo

1) Scegliere un telaio su cui fissare tutti i componenti con delle caratteristiche di resistenza meccanica adeguate.

Tenete conto della capacità di condurre il calore, è meglio l'alluminio o il rame, vi aiuterà a non avere punti troppo caldi, ne attorno alle valvole ne attorno al trasformatore di alimentazione.

2) Mettete i condensatori elettrolitici disposti in modo che non siano troppo esposti al calore generato dalle valvole, aumenterete di molto la loro vita..

Montateli sempre in modo che siano facilmente rimpiazzabili, i condensatori elettrolitici hanno una vita abbastanza breve, non dureranno in eterno.

3) Curate il cablaggio, non montate mai componenti volanti, i componenti vanno fissati da tutte e due le parti in modo che non abbiano la possibilità di spostarsi.

Negli amplificatori anni 60' veniva usata una basetta di bachelite con delle linguette metalliche a saldare per questo scopo.

Non mi è stato più possibile trovare queste basette che erano veramente utili.

Ma è possibile costruirne di altrettanto versatili utilizzando un supporto in legno verniciato (in modo che non assorba umidità atmosferica) molto duro e dei chiodini dorati su cui saldare i reofori.

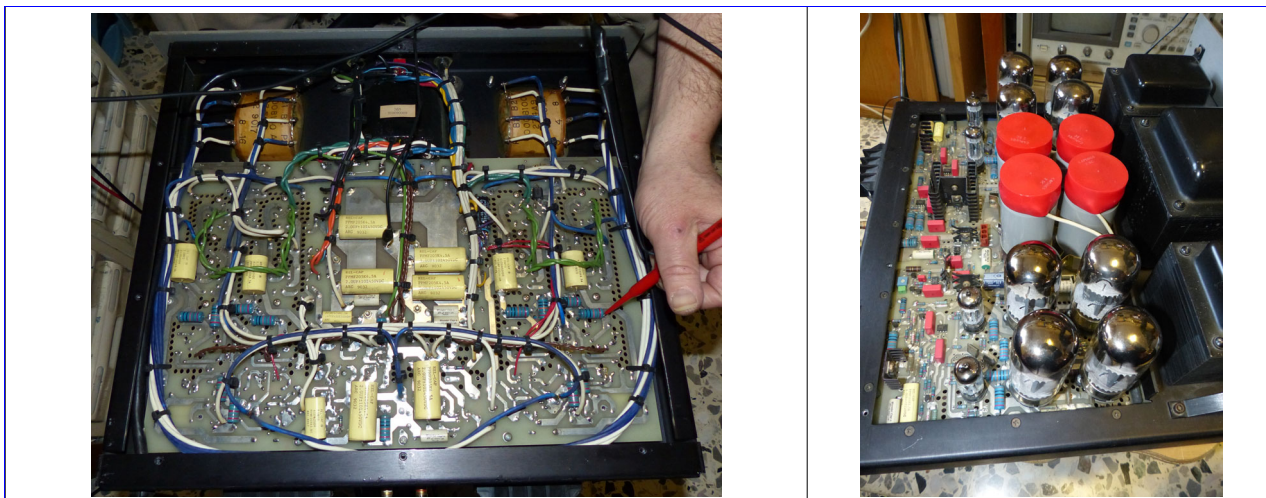
In sostituzione si può usare una basetta ramata con supporto in vetronite in cui siano state ricavate delle piazzole per asportazione del rame in eccesso.

Per i componenti più pesanti prevedete sempre un bloccaggio sul telaio con viti e fascette in teflon.

### Trucchi costruttivi per ridurre il ronzio negli amplificatori a valvole termoioniche (in inglese lo trovate indicato come "Hum")

4) Se l'alimentazione dei filamenti è in corrente alternata occorre twistare i cavi che dal trasformatore vanno ad ogni singolo filamento.

Se volete esagerare prendete in considerazione il fatto di alimentarli in continua, magari con un alimentatore posto in un altro mobile da cui ricavare anche la tensione anodica.



NOTA: Nelle foto sopra a sinistra esempio di cablaggio di un amplificatore.

Si tratta di un Audio Research Classic 60, un amplificatore hi-fi stereo da 60 Watt RMS per canale.

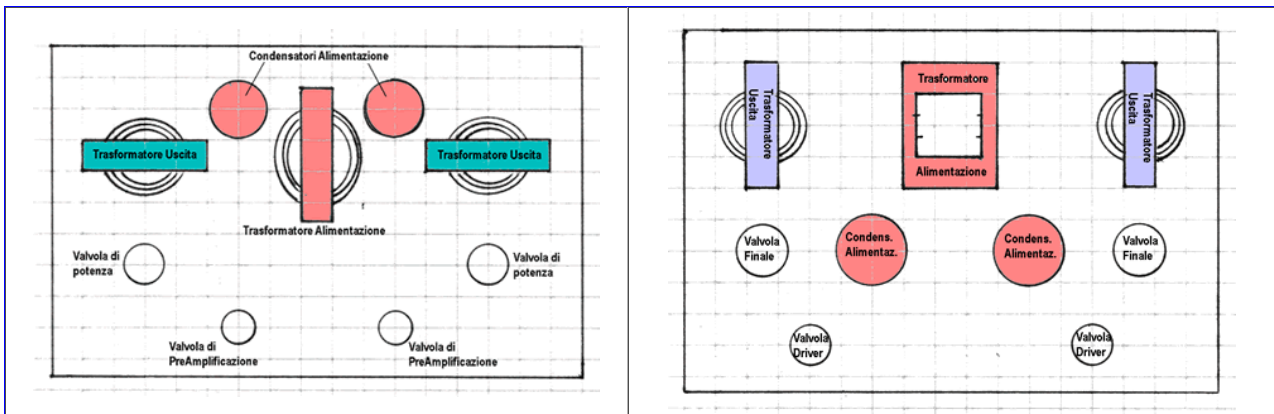
Si possono notare in verde i fili che alimentano i filamenti delle valvole finali di potenza e quelli marroni che alimentano i filamenti delle valvole driver, tutti rigorosamente twistati per evitare interferenze.

Nella foto sopra a destra lo stesso amplificatore visto da sopra.

Notate le imponenti valvole di potenza (6550s) accoppiate in parallelo due a due e i monumentali trasformatori.

In centro, in rosso si vedono i quattro condensatori di stabilizzazione della tensione anodica.

5) I trasformatori adattatori di impedenza (finali) vanno tenuti fra loro alla massima distanza e ruotati di 90 gradi sull'asse verticale rispetto a quello di alimentazione, per evitare di avere flussi magnetici che si concatenano fra il trasformatore di alimentazione e quelli di uscita.



Esempio di un cablaggio errato di un amplificatore di potenza in classe "A" single-ended visto da sopra.

Al centro in rosso il trasformatore di alimentazione che ha il pacco dei lamierini ruotato di 90° rispetto ai trasformatori di uscita in modo assiale.

Le valvole di preamplificazione e driver sono poste alla distanza maggiore possibile dal trasformatore di alimentazione.

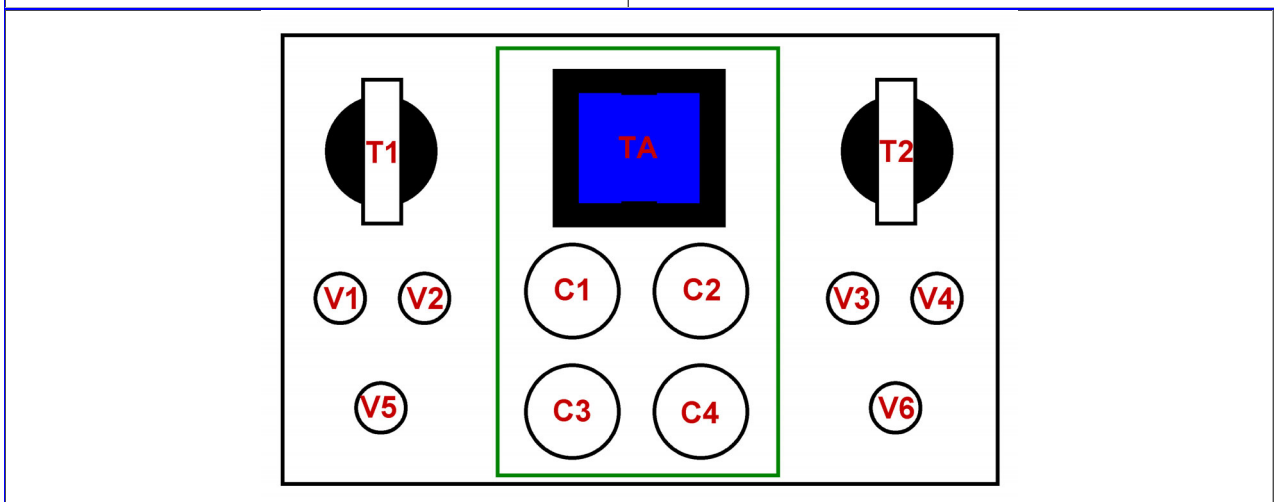
**ERRORE!!** Il flusso magnetico del trasformatore si può ancora concatenare con i trasformatori di uscita.

Esempio di un cablaggio corretto di un amplificatore di potenza in classe "A" single-ended visto da sopra.

Al centro il trasformatore di alimentazione che ha il pacco dei lamierini ruotato di 90° rispetto ai trasformatori di uscita (il trasformatore di alimentazione è steso mentre quelli di uscita sono in piedi).

Le valvole di preamplificazione e driver sono poste alla distanza maggiore possibile dal trasformatore di alimentazione.

Una corretta progettazione della disposizione dei componenti ci evita poi molti problemi.



Sopra la disposizione corretta dei componenti su un telaio di un tipico amplificatore finale di potenza

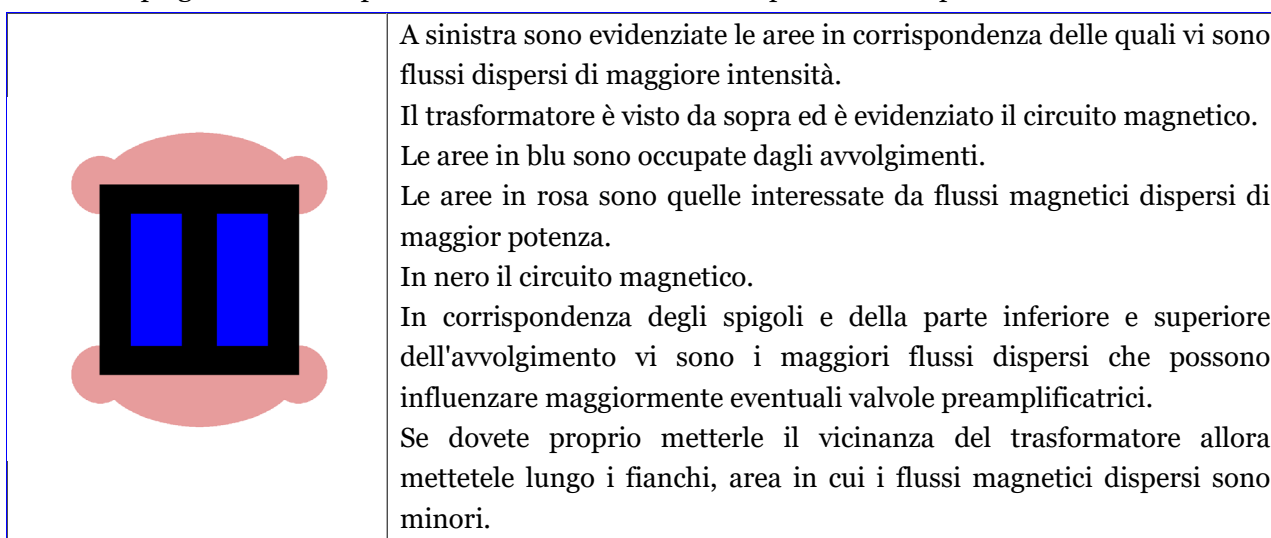


push-pull a valvole con una valvola driver preamplificatore.

- T1 e T2 sono i trasformatori adattatori di impedenza.
- TA è il trasformatore di alimentazione (anodica-filamenti)
- V1 V2 V3 V4 sono le valvole finali che compongono i due amplificatori finali push-pull
- V5 e V6 sono le valvole preamplificatrici - driver
- C1 C2 C3 C4 sono i condensatori di livellamento dell'anodica.

Da notare: il rettangolo in colore verde è uno schermo termico realizzato con un lamierino di alluminio o di rame non colorato (quindi lucido) che serve per riflettere i raggi infrarossi provenienti dalle valvole e distribuire il calore in modo da mantenere il più possibile freddi i condensatori di filtro. Per facilitare i moti convettivi dell'aria è talvolta opportuno **forare il telaio** e anche il mobile che conterrà il tutto.

Si devono evitare per quanto possibile ventole che possono introdurre del rumore e se proprio le dovere impiegare realizzate per le stesse un alimentatore completamente separato.



Ovviamente la soluzione ideale esiste, consiste nel fare un alimentatore in un mobile separato utilizzando un trasformatore toroidale.

Si tratta della soluzione migliore, ma anche di quella più costosa ed ingombrante.

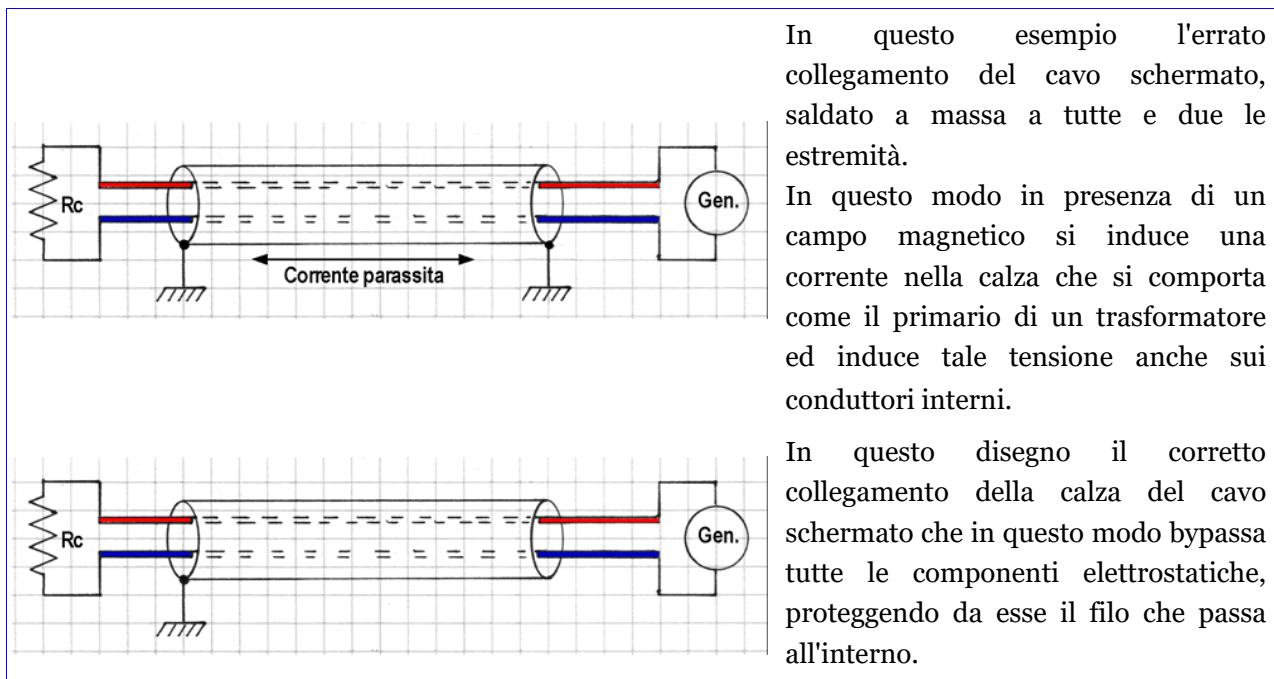
Per misurare gli effetti del trasformatore sull'area circostante occorre realizzare una piccola sonda magnetica per oscilloscopio, facile da realizzare e molto utile.

Per dare un ordine di idee un trasformatore toroidale ha un flusso magnetico disperso che in genere è un decimo di un trasformatore convenzionale e un ingombro del 50% inferiore.

6) Tutti i fili dove passa segnale a bassa tensione (non ancora amplificato) vanno rigorosamente schermati, e lo schermo del filo (calza metallica) va messo a massa solo da una estremità per evitare che possa formare un loop di massa e che possa catturare per induzione magnetica qualche segnale.

Questi collegamenti devono essere più corti possibile.





In questo esempio l'errato collegamento del cavo schermato, saldato a massa a tutte e due le estremità.

In questo modo in presenza di un campo magnetico si induce una corrente nella calza che si comporta come il primario di un trasformatore ed induce tale tensione anche sui conduttori interni.

In questo disegno il corretto collegamento della calza del cavo schermato che in questo modo bypassa tutte le componenti elettrostatiche, proteggendo da esse il filo che passa all'interno.

7) Non lesinare mai sui condensatori e sugli induttori di stabilizzazione dell'alimentazione, in special modo se i finali sono single-ended in classe "A".

Per i finali in classe "AB" (push-pull) il problema è meno sentito (o meglio occultato) in quanto il ronzio di alimentazione essendo in fase a riposo si elide sul trasformatore finale quindi non si sente sulle casse.

Tuttavia all'aumentare della potenza erogata e della corrente anodica vi è un fenomeno di miscelazione del ripple con il segnale che si avverte.

Quindi, più è stabilizzata l'alimentazione e meno problemi si hanno, anche per quello che riguarda la diafonia, in quanto lo stadio di alimentazione di buona qualità ha una resistenza interna molto bassa e non si presta ad una modulazione della tensione di alimentazione che porta ad una reciproca influenza fra i vari stadi dei canali dell'amplificatore stereo.

In definitiva si possono montare valvole mediocri e trasformatori finali mediocri ma nulla incide sul risultato finale quanto l'alimentatore.

La miglior valvola e il miglior trasformatore finale daranno un risultato deludente se alimentati male.

8) Curare in special modo l'alimentazione degli stadi preamplificatori, dove il segnale da amplificare ha ancora un livello molto basso e sarebbe maggiormente dannoso il ronzio perché a fronte di un segnale basso in rapporto segnale/disturbo è più basso.

Prevedere il montaggio di schemi anche attorno alle valvole, magari non ce ne sarà bisogno ma non si sa mai.



Sopra un esempio di schermo magnetico ed elettrostatico per valvola preamplificatrice.

Si tratta di una ricopertura del corpo della valvola con un lamierino ferroso che conduce il campo magnetico schermando così la valvola.

Si tratta di un classico schermo magnetico che evita sia le interferenze magnetiche che elettrostatiche.

Certo, copre la valvola, quindi alla fine il risultato estetico sarà inferiore.

Meglio optare per quelli a rete metallica o traforati, funzionano bene e sono anche belli da vedere.

Da notare: lo schermo si posiziona sopra la valvola e si innesta a pressione ruotandolo.

In questo modo si blocca e può essere rimosso per accedere alla valvola sottostante.

Il basamento a volte è integrato con lo zoccolo della valvola, a volte è avvitato al telaio metallico.

9) Usare un punto di massa comune per tutte le masse, ad esempio una barretta di rame o meglio di argento massiccio sempre per evitare problemi di diafonia, massa che va collegata direttamente al negativo dell'ultimo condensatore di filtro dell'alimentatore.

A questa barretta o grosso filo di rame vanno saldati tutti i collegamenti a massa ad iniziare dai condensatori di stabilizzazione.

Unico problema è che è difficile saldare su una grossa massa metallica, occorre saldare con un saldatore di grande potenza.

In pratica tutte le masse si dipartono da un unico punto comune.

In passato si usava, specie per quello che riguarda gli amplificatori per strumenti, collegare la massa al telaio metallico dell'amplificatore e usare quest'ultimo come massa.

E' una soluzione poco costosa ma fonte di infiniti problemi per quello che riguarda il ronzio.

Molto meglio collegare alla terra dell'impianto elettrico il telaio e tenerlo isolato dalla massa del circuito.

10) Ricordatevi sempre che, anche se questo particolare non compare nello schema, i fili di collegamento non hanno resistenza zero, quindi studiate il cablaggio in modo da ridurre la lunghezza.

Non fate mai fare lunghi percorsi ai fili di segnale, anche se schermati.

Più il valore del segnale è basso più corto deve essere il filo che lo veicola.

Se state realizzando un preamplificatore con diversi ingressi, per commutarli usare dei relè posti in prossimità degli stessi, non collegateli direttamente al commutatore, non fate girare fili di segnale.

### **Altri trucchi costruttivi per amplificatori a valvole non direttamente connessi al ronzio, ma egualmente utili da conoscere**

11) Mettere in parallelo ai grossi condensatori elettrolitici sempre dei condensatori poliestere di piccola capacità, meglio se più di uno di differente capacità, questo perché i grossi condensatori hanno una grande induttanza serie, quindi reagiscono lentamente alle rapide richieste di corrente.

Questo vale sia per l'alimentazione che per il segnale.

12) Se possibile usate per l'alimentazione un trasformatore toroidale che ha dei flussi magnetici dispersi molto inferiori ed attenua di molto le correnti indotte negli altri componenti, abbattendo il ronzio.

13) Usate sempre dei filtri di rete o stabilizzatori per collegare il trasformatore di alimentazione alla presa di corrente, in questo modo limiterete l'ampiezza dei disturbi prodotti dagli altri apparati presenti nel vostro impianto domestico.

14) Cercate di limitare i picchi di assorbimento all'atto dell'inserzione del trasformatore per diminuire lo stress sui diodi raddrizzatori (qualora siano semiconduttori).

Un buon espediente è utilizzare una resistenza di adeguato valore disinserita da un relè una volta che i condensatori siano carichi.

15) Usate per i collegamenti sempre dei fili monofilari (ovvero composti da un solo elemento conduttore e non da una moltitudine di fili) di sezione abbastanza grande da renderli rigidi e in questo modo potergli dare una forma, specie se si tratta di quelli che alimentano i filamenti in alternata che vanno twistati e in questo modo mantengono perfettamente la forma senza srotolarsi.

Vanno bene, ad esempio i fili impiegati nei cablaggi per telefonia.

Nei cablaggi di estrema qualità i fili vengono realizzati in argento monofilare che è il miglior

conduttore elettrico o in rame OFC (oxygen-free-copper) per ridurre la resistenza al minimo.

16) Nelle valvole con catodo a riscaldamento indiretto tenete sempre conto della massima tensione applicabile fra filamento e catodo.

Se eccedete questa tensione ci potrebbero essere delle scariche fra filamento e catodo con l'esito finale di introdurre rumori intermittenti come scoppiettii e scariche.

Se la tensione fra catodo e filamento è troppo alta occorre spostare il potenziale del filamento per ridurre il gap con un apposito alimentatore.

Questo in genere succede sugli amplificatori in cui due valvole sono messe in serie, come nella configurazione "cascode" o sugli inseguitori catodici che lavorano su segnali molto alti.

17) Ricordatevi sempre di mettere sul circuito di alimentazione anodica, in parallelo ai condensatori, una resistenza di scarica per gli stessi calcolandola per avere una costante RC che imponga un tempo di scarica di qualche decina di secondi, quindi con la resistenza del valore maggiore possibile per evitare di dissipare troppo calore.

### **Amplificatore a valvole bello e ben funzionante: e' possibile?**

Guardando gli amplificatori in commercio vedo lo sforzo progettuale rivolto soprattutto a fare un oggetto bello, dei veri e propri complementi di arredamento.

Lucide valvole sotto una griglia metallica di protezione in genere removibile per metterle appena possibile in bella vista, valvole grandi che diffondono la loro luce rosso cupo su telai cromati e inserti in legno.

Molto diversi dagli amplificatori anni 60' che poco concedevano all'estetica e il più delle volte le valvole neppure si vedevano.

Una volta l'amplificatore a valvole non era esibito come qualcosa di esotico, quindi le valvole, anche per motivi di sicurezza (evitare il contatto con parti molto calde o l'accidentale rottura con esposizione degli elettrodi sotto tensione) venivano occultate dietro griglie protettive o telai metallici chiusi.

Quanto l'estetica possa condizionare le prestazioni è da valutare.

Con una attenta progettazione si può ottenere una buona estetica e una buona resa sonora.

## Schermo (magnetico ed elettrostatico) per valvole termoioniche

### Schermatura magnetica ed elettrostatica delle valvole: introduzione.

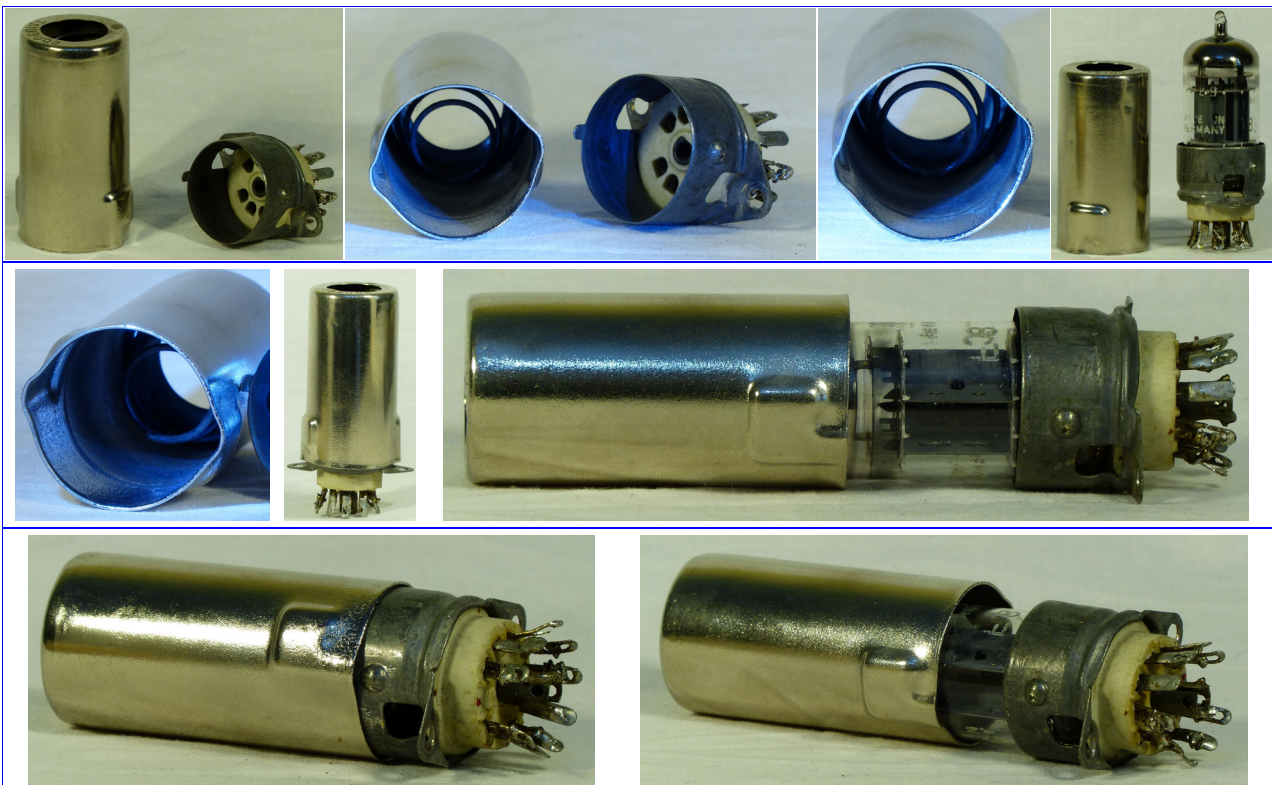
Lo schermo viene applicato sullo zoccolo della valvola qualora questi sia predisposto per l'applicazione.

Si tratta di una copertura della valvola in materiale metallico ferromagnetico che si fissa a pressione, mantenuta in sede da un incastro e una molla nella parte superiore che spinge direttamente sulla valvola.

Se realizzato in ferro o altro materiale ferromagnetico funge da cortocircuito magnetico e mantiene a potenziale fisso di massa l'intorno della valvola che risulta schermata anche dalle componenti elettrostatiche, ed elettromagnetiche, nonché dai possibili accoppiamenti capacitivi con l'esterno.

Può essere utile in prossimità del trasformatore di alimentazione, specie per le valvole destinate all'amplificazione di segnali molto deboli.

Può essere evitato con una attenta progettazione dove sia possibile disporre di spazio a sufficienza per distanziare le valvole dai punti in cui sono presenti fonti di disturbi.



Note: se lo schermo è realizzato in alluminio come spesso accade la schermatura non è efficace per i campi magnetici, ma solo per quelli elettrici ed evita gli accoppiamenti capacitivi.

Ricordatevi che lo schermo deve essere SEMPRE collegato ad un potenziale fisso di riferimento, in genere la massa dell'apparato.



## Smaltimento del calore negli amplificatori valvolari

### Introduzione

Il calore passa da un corpo più caldo ad uno più freddo usando tre metodi diversi:

- **Conduzione:** Quando due corpi sono in contatto il calore si trasferisce da quello più caldo a quello più freddo per conduzione.
- **Convezione:** Se un oggetto è a contatto con un gas come l'aria il calore scaldando l'aria a contatto ne provoca la diminuzione di densità, quindi l'aria calda sale e viene rimpiazzata da altra aria fredda.

Questo genera il fenomeno dei moti convettivi e la trasmissione del calore per convezione.

- **Irraggiamento:** Quando un corpo è nel vuoto ed arriva ad una certa temperatura emette calore sottoforma di radiazioni elettromagnetiche dai raggi infrarossi alla luce visibile (emissione di fotoni) che si dipartono dallo stesso a 360° e si comportano come la luce, quindi possono venire assorbiti o riflessi dagli oggetti che colpiscono.

### Fonti di calore negli amplificatori a valvole termoioniche

In un amplificatore a valvole termoioniche le fonti di calore sono concentrate soprattutto sulle valvole finali di potenza.

All'interno di queste le fonti di calore sono il riscaldamento dei filamenti e la dissipazione dell'anodo (dove è dissipata tutta l'energia cinetica degli elettroni che in una valvola si trasforma in calore).

Nella valvola c'è il vuoto, quindi il calore non si può trasferire dall'anodo al vetro (o comunque all'involucro esterno) per conduzione, quindi viene irraggiato sottoforma di raggi infrarossi.

Il materiale di cui è costituito l'anodo in genere permette una temperatura di funzionamento molto alta ed è scelto apposta a questo scopo per massimizzare la produzione di raggi infrarossi che è proporzionale alla temperatura dell'oggetto che li emette secondo la seguente formula:  $J = \sigma T^4$  dove J è l'energia irradiata,  $\sigma$  la costante di Stefan-Boltzmann e T la temperatura dell'oggetto.

Quindi abbiamo sempre una parte del calore irraggiato all'interno del cabinet dell'amplificatore.

Un'altra fonte di calore sono i trasformatori di alimentazione e le resistenze, ma si tratta di una parte trascurabile, in genere, rispetto alle valvole.

### Calore prodotto dai filamenti



Il calore prodotto per riscaldare i filamenti delle valvole è costante nel tempo e facilmente calcolabile. Per ogni valvola si calcola la corrente assorbita dal filamento moltiplicata per la tensione di filamento.

Per esempio, nel caso dell'amplificatore sopra, si tratta di un Audio Research Classic 60, quindi monta come valvole finali 8 6550s che hanno una tensione di filamento di 6,3 Volt e una corrente di filamento di 1,6 Ampere.

Quindi la potenza richiesta per il filamento è  $6,3 \times 1,6 = 10,08$  Watt, quindi in totale la potenza impiegata per accendere i filamenti delle otto valvole finali sarà  $10,08 \times 8 = 80,64$  Watt.

Sommando anche la potenza richiesta per le valvole driver e quella dissipata dal trasformatore (che non ha un rendimento del 100%) ci si avvicina ai 100 Watt solo per i filamenti.

### Calore prodotto dagli anodi delle valvole

Il calore che si sviluppa sull'anodo è dovuto alla energia cinetica degli elettroni che urtando l'anodo la cedono a quest'ultimo sottoforma di calore.

Dipende quindi dalla corrente che passa nelle valvole.

Se si tratta di un finale single ended (in classe "A") la potenza richiesta a riposo (in assenza di segnale in ingresso) è quella massima, quindi è di facile calcolo, mentre nel caso di un amplificatore push-pull (classe "AB") la potenza dissipata varia in funzione del segnale in ingresso e senza segnale è relativamente bassa e dovuta solo alla corrente a riposo, quindi per un calcolo veritiero dovremo misurare la corrente efficace con un segnale di ingresso che porti l'amplificatore alla sua potenza massima.

Quindi in linea di massima basta misurare la corrente che passa nella valvola e moltiplicarla per la tensione anodica, poi sommare le potenze richieste da ogni singola valvola.

### Misura strumentale della potenza massima assorbita

In fase di progetto occorre eseguire i calcoli con un approccio matematico, nel caso un amplificatore già costruito basta collegare l'amplificatore ad un wattmetro sulla linea di alimentazione e poi stimolarlo con un segnale tale da produrre in uscita una potenza del 100% della massima potenza.

Negli amplificatori single-ended non serve neppure il segnale in ingresso, questo tipo di amplificatore consuma la massima potenza, e quindi produce il massimo calore a riposo.

### Problemi prodotti dal calore in eccesso

Le valvole sono relativamente insensibili al calore, i danni maggiori li subiscono i condensatori elettrolitici che hanno un tempo di vita strettamente legato alla temperatura di esercizio.

Anche i supporti delle valvole ed eventualmente il circuito stampato subiscono un invecchiamento precoce se sottoposti a forte calore.

### Strategie per lo smaltimento del calore in eccesso

Di seguito le metodologie più comuni impiegate per lo smaltimento del calore:

- In genere come prima scelta per lo smaltimento del calore si fa affidamento su un cabinet estremamente traforato e su una disposizione dello stesso in modo tale da non ostacolare la libera circolazione di aria.
- In alcuni progetti le valvole di potenza sono poste all'esterno del cabinet in modo tale da generare una netta separazione fra i componenti interni, schermati dal calore e dalle valvole che lo generano.

Sovente per aumentare i moti convettivi e ostacolare la formazione di zone in cui il calore si concentra il cabinet viene traforato in corrispondenza degli zoccoli delle valvole e queste ultime sono montate esterne.

Unico problema è quello della sicurezza che si ovvia coprendo le valvole con una reticella metallica (per salvarle da urti e conseguente rottura con esposizione degli elettrodi sotto tensione)

- Avere un cabinet costituito da un metallo buon conduttore di calore (come ad esempio l'alluminio o il rame) piuttosto che da legno aiuta molto lo smaltimento del calore, sfruttando le doti di



conduzione del metallo e una superficie radiante il più possibile estesa, magari aumentandola ulteriormente con l'utilizzo di alette di raffreddamento.

Poi in caso di cabinet di metallo vi sono dei trucchi per massimizzare la dissipazione di calore che consistono nell'aumentarne la rugosità superficiale (per esempio tramite sabbiatura) per aumentarne la superficie esposta e verniciare il metallo di nero.

- Come estrema misura si possono impiegare delle ventole per generare una circolazione forzata dell'aria.

Questa è di gran lunga la soluzione più efficace.

In genere questo sistema si adotta quando per ridurre lo spazio impiegato le valvole sono messe a ridosso le une delle altre e relativamente vicine ai condensatori di stabilizzazione.

Questa soluzione ha lo svantaggio di produrre rumore acustico ed elettrico, quest'ultimo sottoforma di disturbi prodotti dalla commutazione dei mosfet del motore brushless o delle spazzole per i motori vecchio stile che si propagano sulla linea di alimentazione e produce più problemi di quanti ne risolve.

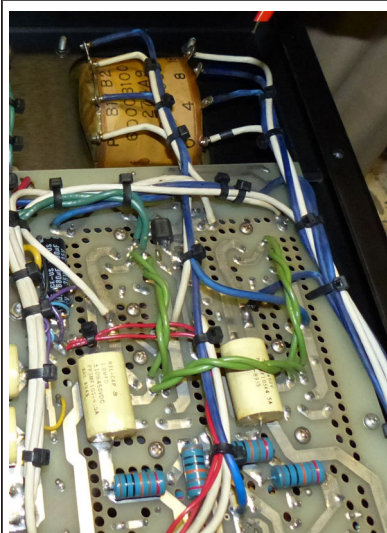


Classico esempio di valvole poste all'esterno del cabinet.

Questa soluzione oltre che facilitare lo smaltimento del calore ottimale ha anche una certa valenza estetica.

Da notare che il metallo su cui appoggiano le valvole serve da sbarramento per il calore radiante prodotto dalle stesse schermando di fatto la parte interna dal calore.

Per ragioni di sicurezza questo tipo di cablaggio viene sempre protetto con una struttura metallica appositamente traforata o una griglia metallica.



Particolare del circuito stampato in vetronite (che è particolarmente resistente al calore, molto meglio della bachelite).

Si tratta dello stesso amplificatore della Audio Research di cui sopra fotografato da sotto, nella sezione delle valvole finali di potenza.

La vetronite è stata finemente forata per non ostacolare l'aria di raffreddamento.

Fra l'altro, questo amplificatore come scelta costruttiva è stato fatto il più compatto possibile, quindi sono state usate due ventole per estrarre l'aria calda in modo forzato facilitandone la circolazione a tutto vantaggio dello smaltimento del calore.

In questo caso il calore generava problemi di "convivenza" fra le valvole e i componenti a semiconduttore presenti all'interno, essendo questo un progetto "ibrido", che ha reso necessaria questa soluzione.

### Ventilazione forzata

Questo tipo di tecnica prevede l'uso di ventole per produrre un forte flusso di aria che permette di estrarre il calore.

Questo prevede che in fase di progetto si definisca anche il percorso che l'aria dovrà compiere all'interno del mobile in modo da asportare il calore nel modo più efficiente senza generare sacche in cui l'aria ristagna creando dei punti caldi.

Questa tecnica, seppur efficiente non è priva dei seguenti inconvenienti:

- Rumore acustico.  
La ventola ruotando produce rumore generato dalle pale che investono l'aria.
- Rumore microfonico.  
La ventola ruotando per effetto di seppur minimi sbilanciamenti produce vibrazioni che si propagano alle valvole e si trasformano per effetto microfonico in rumore elettrico.  
Oltre a questo la ventola genera anche un rumore elettrico diretto, prodotto dalla commutazione del motore (sia esso a spazzole che brushless) che si propaga per conduzione (attraverso la linea di alimentazione) o per irraggiamento (campo elettrico e magnetico) e rientra negli stadi amplificatori.
- Durata.  
Essendo un organo meccanico soggetto ad usura, la vita della ventola non è mai troppo lunga.
- Polvere.  
Il flusso d'aria prodotto non è lineare ma all'interno del mobile si producono vortici e cambi di direzione e velocità nel flusso d'aria che favoriscono il deposito di polvere, sempre presente nell'ambiente.  
Tenendo conto che nella sua vita attraverso il nostro apparato per effetto della ventola passano migliaia di metri cubi di aria il deposito di polvere in certi casi raggiunge dei livelli incompatibili con il corretto funzionamento e rende necessaria una periodica pulizia.

Nonostante tutto la ventilazione forzata rimane il metodo più efficiente per rimuovere il calore da una apparecchiatura, secondo solo al raffreddamento a liquido (vedi ad esempio il raffreddamento ad olio dei trasformatori di grossa potenza e ad acqua delle valvole di trasmissione).

NOTA: In fase di collaudo è auspicabile eseguire una ispezione per evidenziare punti caldi con una termocamera.

In questo modo si mettono anche a nudo problemi di surriscaldamento dei resistori dovuti a sbagliato dimensionamento degli stessi prima che il problema si traduca in malfunzionamenti e rotture che possono coinvolgere anche altri componenti.

### **Pulizia delle valvole e smaltimento del calore**

Una buona pulizia del vetro delle valvole è fondamentale al fine della trasmissione del calore, un vetro sporco assorbe il calore radiante facendo aumentare la temperatura del vetro della valvola.

Se poi lo sporco non è uniforme ma a chiazze si generano delle differenze di temperatura che portano ad aree più calde e altre meno calde sul vetro generando delle tensioni meccaniche che possono portare a delle rotture del vetro stesso.

E' auspicabile fare periodicamente una buona pulizia con prodotti sgrassanti (alcool etilico o meglio isopropilico) per togliere anche i residui localizzati di grasso che si depositano in seguito al maneggiamento delle stesse a mani nude.

## Studio degli apparati militari quali stato dell'arte della tecnologia valvolare dell'epoca

Premessa: come tutti potete immaginare lo stato dell'arte di una tecnologia, intesa come massima espressione della stessa si può conseguire solo in un mondo in cui non esiste il danaro, ovvero si è liberi da considerazioni economiche o di mercato.

Un oggetto prodotto al massimo delle capacità umane non è vendibile, avrebbe un prezzo improponibile.

Unica nicchia in cui questo discorso non vale quasi mai è la costruzione di attrezzature per l'esercito.

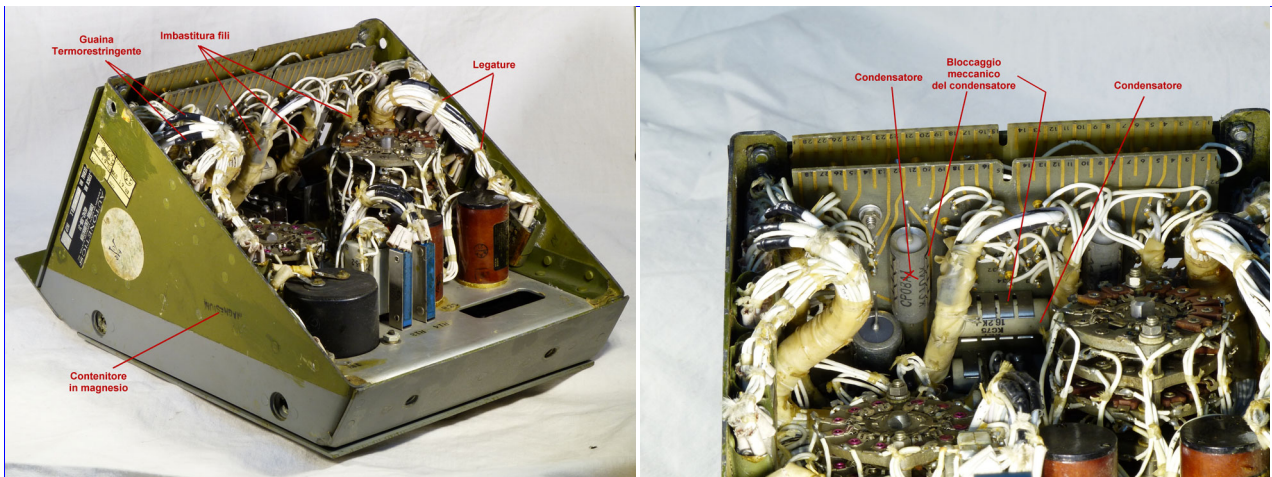
Queste attrezzature vengono create per funzionare nelle condizioni più impossibili dal punto di vista climatico e meccanico.

In questi prodotti si trova il meglio della tecnologia senza tenere conto del prezzo finale del manufatto.

Analizzando questo tipo di manufatti ci si rende conto del reale stato dell'arte di una tecnologia.

Per quello che riguarda le valvole termoioniche, i prodotti più raffinati sono quelli destinati all'avionica.

Di seguito analizzeremo alcuni manufatti per determinare le caratteristiche costruttive e trarre qualche buono spunto.



Nell'apparato sopra si notano le abbondanti legature dei cavi realizzate a mano con del fili sintetico.

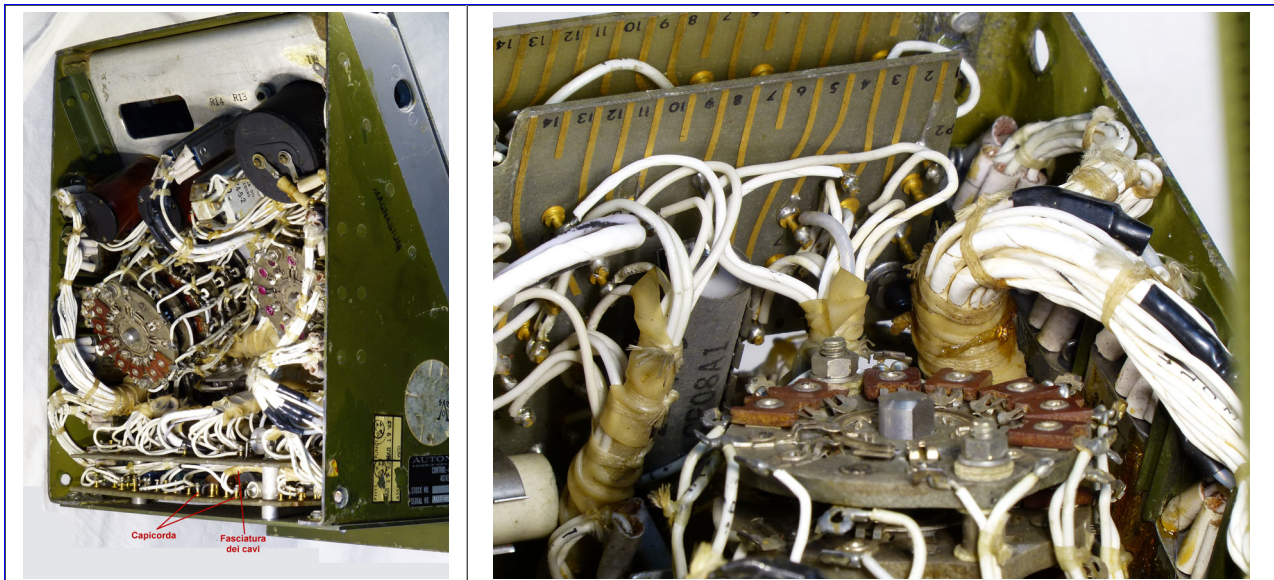
Tutte le legature hanno il doppio nodo per evitare che si allentino.

Per evitare che i cavi possano muoversi e alla lunga rompere i punti di saldatura i cavi sono raggruppati fra loro e bloccati da imbastiture in tela e materiale sintetico a loro volta legate con del filo per legature.

Tutti i componenti che hanno un peso tale da potersi muovere sotto l'effetto di urti e vibrazioni, e in questo modo danneggiare il reoforo o il punto di giunzione reoforo-pista dorata sono bloccati con degli stopper in acciaio a loro volta fissati ad un supporto con dei ribattini.

Tutte le piste dei circuiti stampati sono state sottoposte a bagno galvanico di doratura per evitare la corrosione.



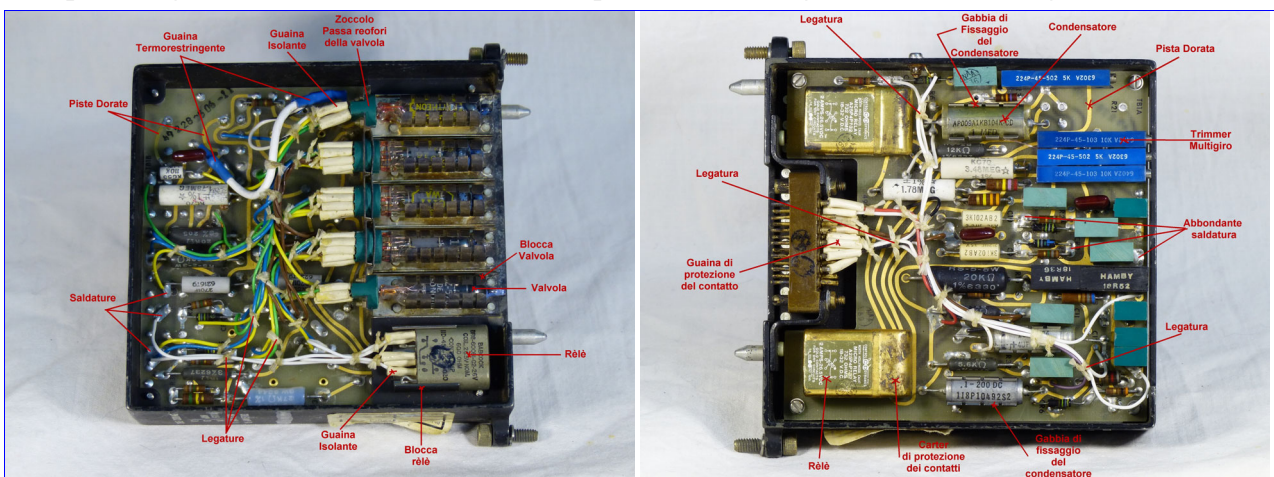


Nelle due foto sopra sono messi in evidenza i capicorda saldati sullo stampato (realizzato con uno spessore adeguato) su cui sono avvolti e saldati i fili.

I capicorda sono dorati, come tutte le piste dello stampato.

I fili sono di tipo rigido monofilare.

Nei punti di giunzione dei fili le saldature sono protette da della guaina termorestringente nera.



Nel circuito sopra sono state impiegate delle valvole con reofori a saldare, quindi senza zoccolo.

I reofori delle stesse sono stati fatti passare in uno zoccolo giudicavi all'uscita del quale sono saldati con i fili che le collegano al resto del circuito.

Il punto di giunzione è sormontato da una guaina che ne impedisce il contatto accidentale o il distacco in caso di rottura della saldatura.

Tutte le valvole sono bloccate da degli stopper in acciaio per evitarne l'oscillazione che potrebbe compromettere l'integrità dei reofori.

I relè sono fissati ad un piccolo carter di protezione dei contatti e all'occorrenza bloccati ad un supporto con degli stopper.

In generale tutti componenti che hanno un peso superiore a quello stabilito vengono fissati saldamente.

Gli stampati sono tutti fatti a mano (all'epoca non vi erano cad elettronici per lo sbroglio) e trattati con doratura per evitarne l'ossidazione.

Tutti i fili sono conduttori di tipo monofilare con un abbondante isolamento.

Le piazzole sullo stampato sono grandi e le saldature impiegano stagno di buona qualità (si vede dal fatto che dopo 50anni non è ancora vistosamente ossidato o degradato) ed in quantità generosa.



In genere i componenti che scaldano sono investiti da un abbondante flusso di aria laminare generato da una ventola che raffredda tutto l'apparato tramite un attento studio del percorso dell'aria stessa. Oggi si potrebbe controllare l'esatto raffreddamento con una termocamera, all'epoca si utilizzavano dei sensori posti in modo strategico sull'apparato in fase di prototipo.

### Confronto con un apparato civile di fascia media dello stesso periodo: HP Vacuum Tube Voltmeter 400H (6625-557-8261)

L'HP-400H è un voltmetro a larga banda RMS realizzato a tubi termoionici con uscita amplificata del tipo inseguitore-catodico per collegare altri strumenti esterni.

E' in grado di misurare in AC dal 1 millivolt fondo scala a 300 volt fondo scala.

La risposta in frequenza va da 10 da Hertz a 4 Megahertz.

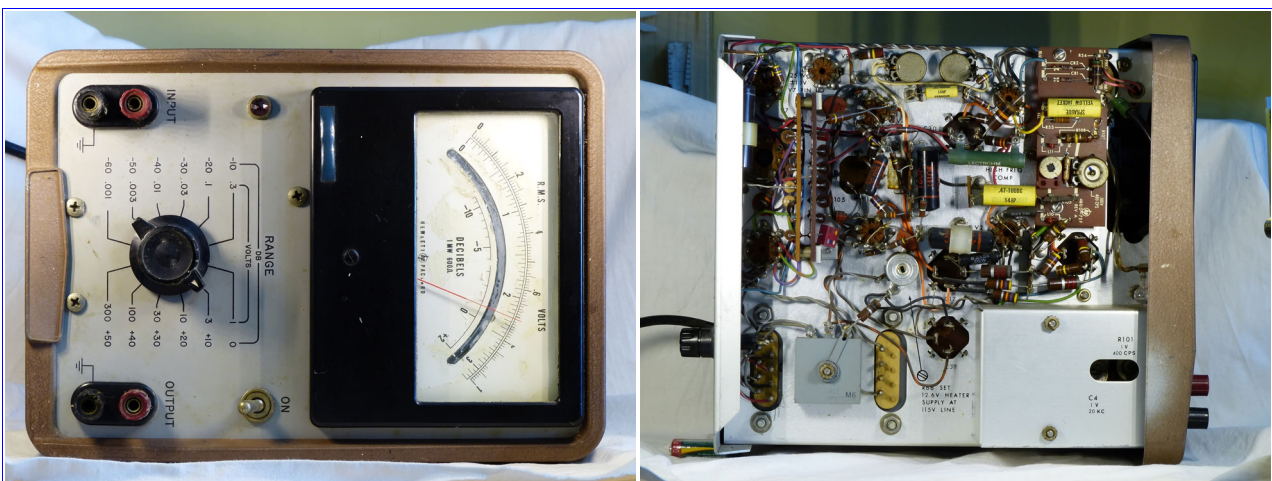
L'uscita ad inseguitore catodico per il monitoraggio, indipendentemente dall'impostazione dell'interruttore di ingresso, è fissata al 0,15 volt con impedenza 50Ω.

L'impedenza di ingresso è di 10 megaΩ.

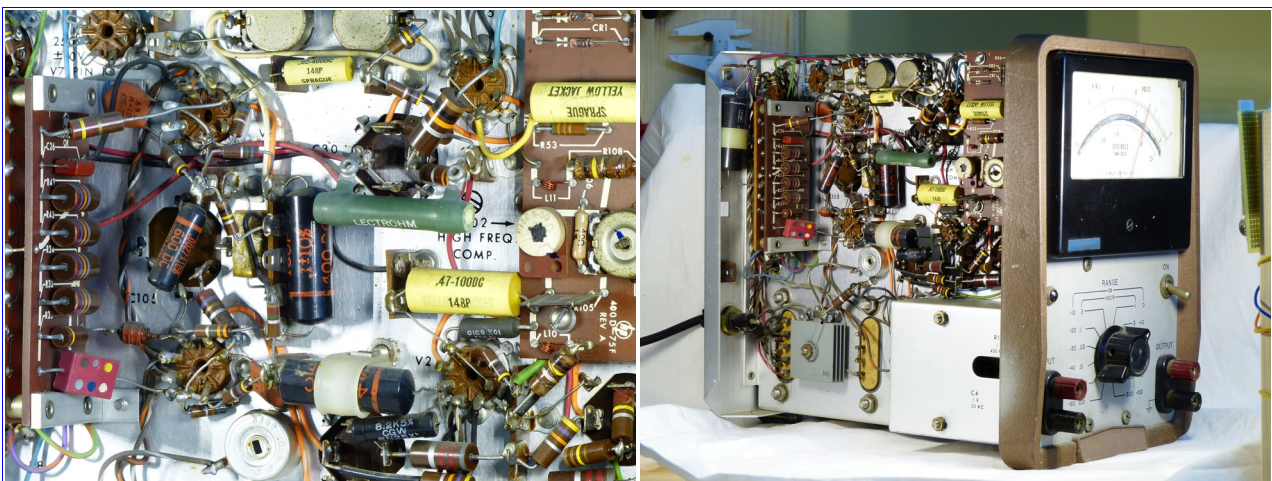
Questo voltmetro elettronico a tubi della HP a vero valore efficace RMS verrà usato quale esempio civile di fascia medio-alta per fare un paragone con la tecnologia militare dell'epoca.

Nonostante questo voltmetro sia un discreto oggetto saltano subito all'occhio le differenze di progetto e nella cura della realizzazione dello stesso.

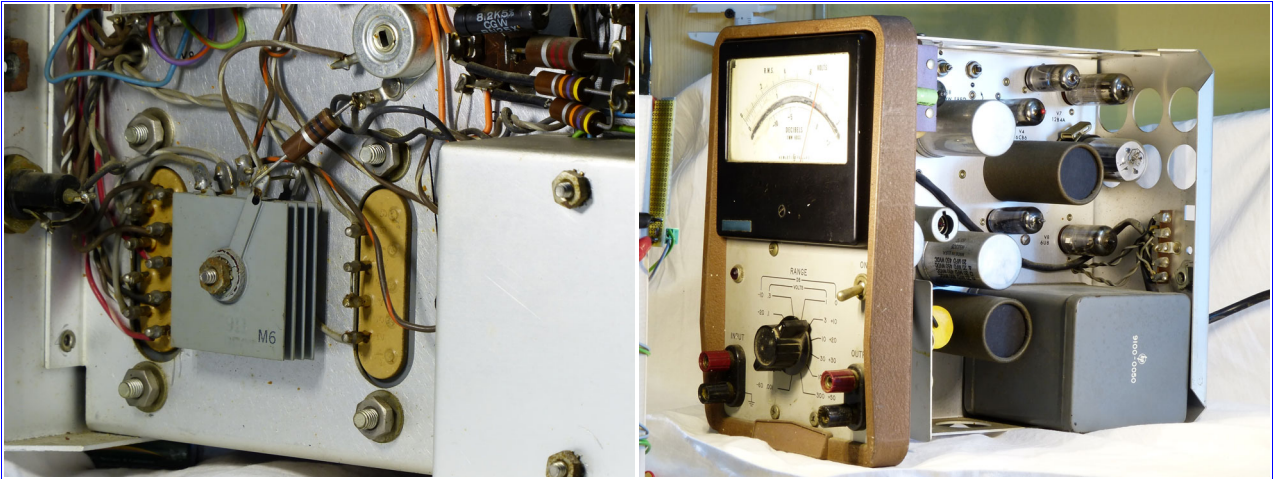
Anche se si tratta di uno strumento di laboratorio il progetto è fatto in un'ottica di risparmio senza tuttavia intaccare le prestazioni di questo oggetto.



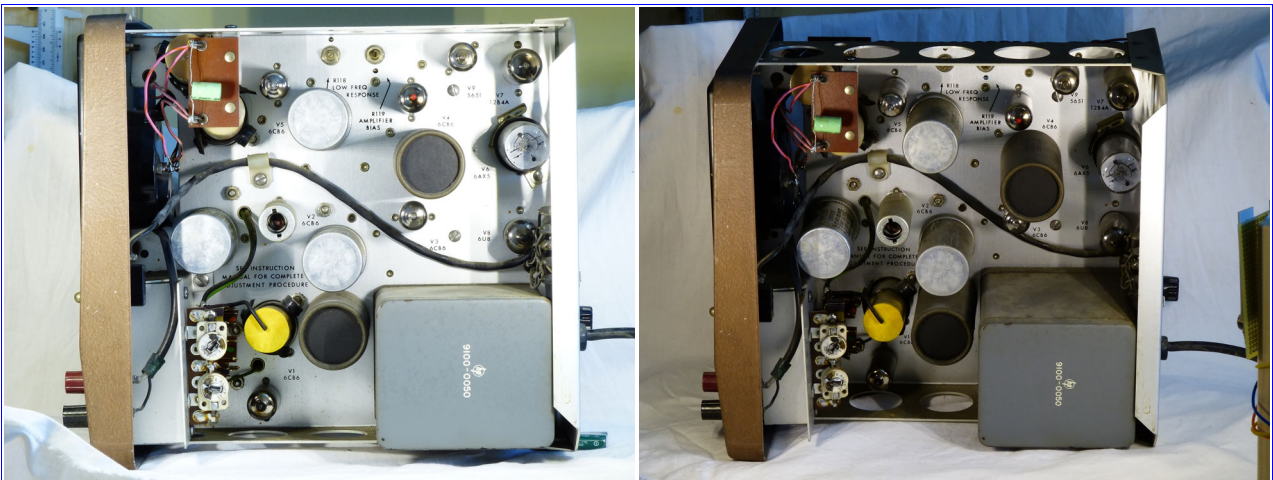
Come potete vedere il cablaggio è meno ordinato e sono presenti componenti appesi nello stesso. La qualità generale è buona per un apparato commerciale ma nulla di più.





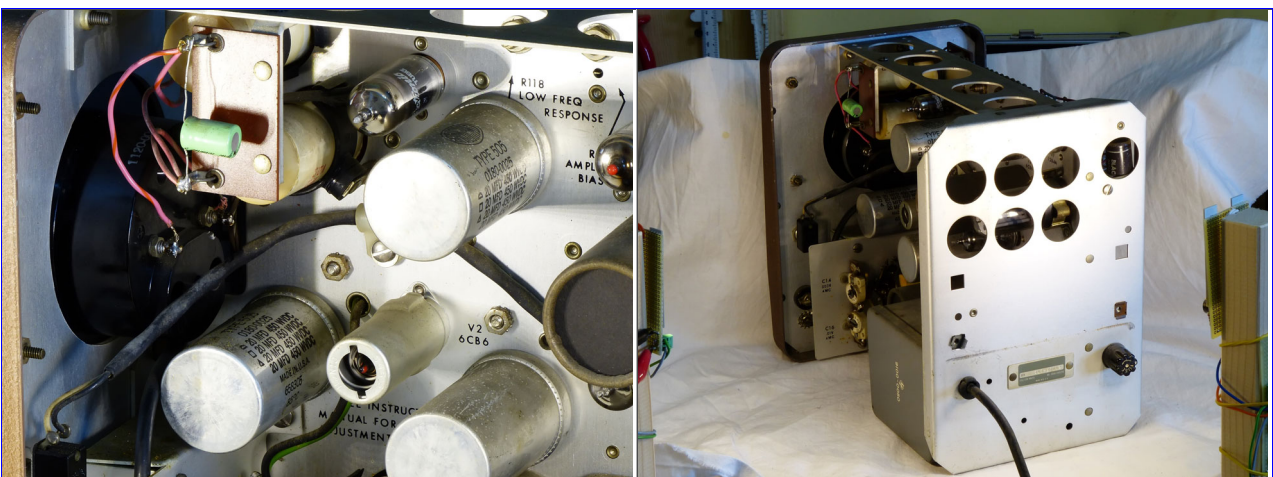


Il piccolo raddrizzatore allo stato solido (ossido di rame e selenio) testimonia che siamo in un periodo di passaggio fra i tubi termoionici e i dispositivi allo stato solido.

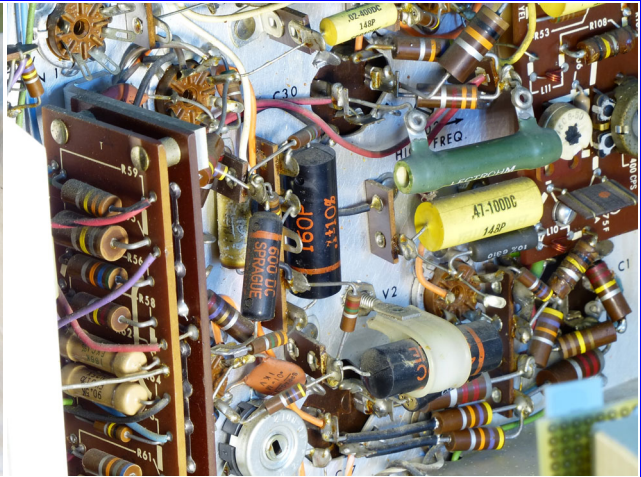
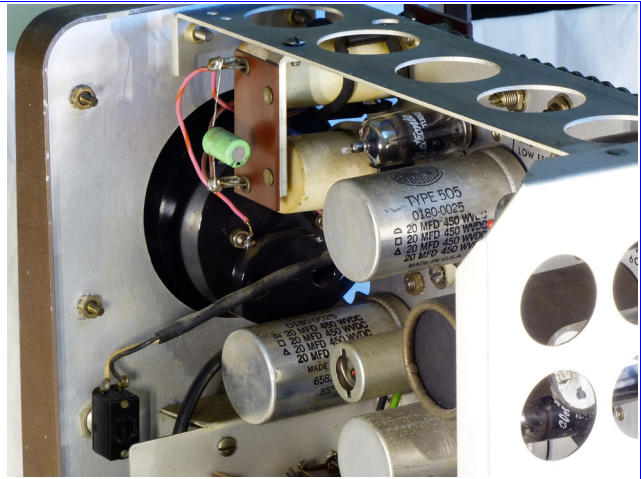
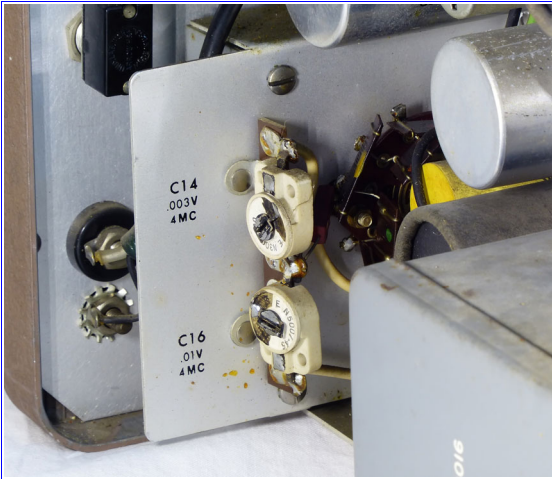


Il cablaggio dalla parte superiore del telaio è molto ordinato, le valvole sono per la maggior parte schermate con apposito schermo magnetico.

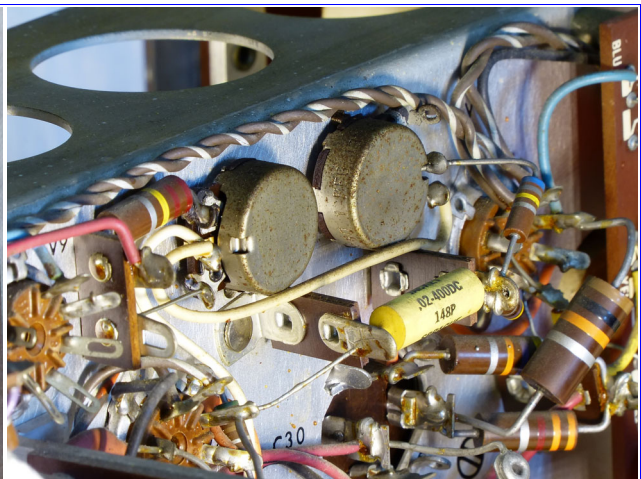
Si possono notare i fori di aerazione presenti su tutte le parti del telaio superiore e posteriore, allo scopo di facilitare i moti convettivi dell'aria per meglio raffreddare i componenti.







Gran parte delle resistenze sono ad impasto di carbone, quelle di potenza più elevata sono a filo metallico, i condensatori sono a film plastico (quelli gialli) e altri a carta.



## Componenti passivi

Quando si progetta un amplificatore la corretta scelta dei componenti determina poi la resa finale dello stesso.

Non ci dobbiamo dimenticare che anche un solo componente non adatto posto nel punto sbagliato può rendere vano lo sforzo progettuale.



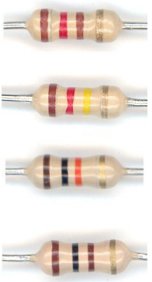
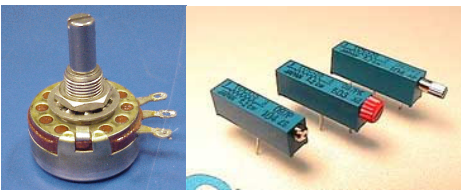
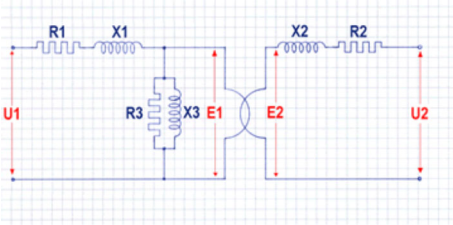
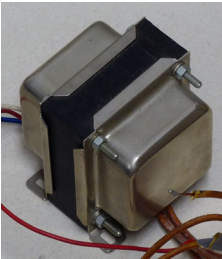
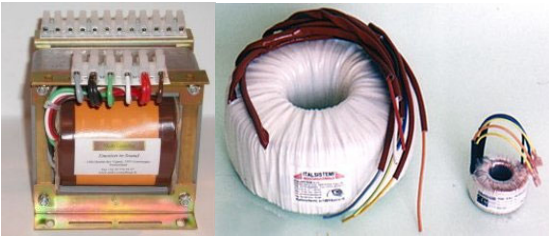
Questo capitolo non può essere esaustivo, ci vorrebbero centinaia di pagine per ambire ad una casa del genere ma si vuole introdurre il neofita al mondo dei componenti elettronici tipicamente usati nel mondo degli amplificatori audio a valvole.

Qui non troverete la descrizione di un transistor o di un mosfet ma resistori, trimmer e condensatori e altri componenti passivi tipicamente usati nel mondo dell'elettronica valvolare.

Fra tutti i componenti, il più importante è sicuramente il trasformatore, che è anche il più difficile da trovare e il più costoso.

C'è anche chi opta per l'autocostruzione, cosa difficile in quanto richiede una certa dose di manualità, ma possibile.

Raccomandazioni: quando scegliete i componenti non fatelo in funzione della resa estetica e non fatelo a caso.

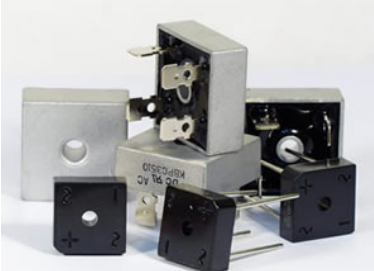



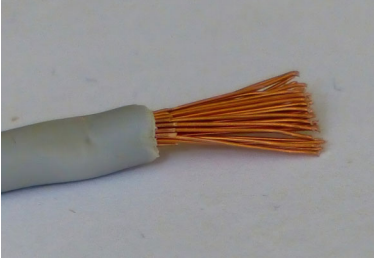
	<p>Condensatori</p>
	<p>Induttori (o Induttanze)</p>
	<p>Resistori Resistori, determinarne il valore</p>
	<p>Resistori variabili: Potenziometri e trimmer</p>
	<p>Trasformatori: Note sul funzionamento e principi teorici</p>
	<p>Trasformatori adattatori di impedenza</p>
	<p>Trasformatori di alimentazione</p>



	<p>Relè</p>
---	-------------

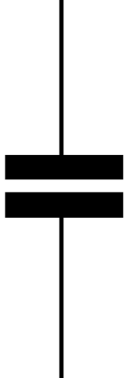
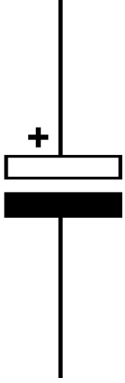
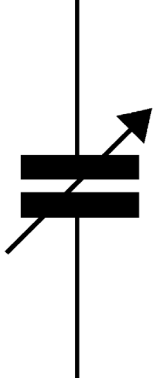
**Altro componenti passivi**

In questa sezione vengono descritti componenti che non fanno propriamente parte del mondo delle valvole, in quanto nati dopo ma che in ogni caso hanno contaminato le circuiterie valvolari come componenti di supporto o per semplificare la circuitazione delle stesse.

	<p>Diodo semiconduttore</p>
	<p>Diodo zener</p>
	<p>Diodo LED</p>
	<p>Connettori (Nota: i connettori forse non sono dei veri e propri componenti ma vengono trattati in quanto elementi indispensabili in ogni costruzione elettronica)</p>
	<p>Cavi per cablaggi</p>

## I Condensatori

### Teoria: Condensatori, di che cosa si tratta

		
<p>Simbolo circuitale di un Condensatore non polarizzato, ad esempio Poliestere Metallizzato.</p>	<p>Simbolo circuitale di un Condensatore Polarizzato (es. Elettrolitico o al Tantalio)</p>	<p>Simbolo circuitale di un Condensatore Variabile</p>

Sono componenti passivi capaci di immagazzinare cariche elettrostatiche.

Questa loro caratteristica è quantificata dalla loro capacità che è il parametro caratteristico di ogni condensatore.

Sono costituiti da due elettrodi collegati ad altrettante armature, piastre conduttrici, separate fra loro da un isolante detto dielettrico e vengono raggruppati per famiglie proprio in base al tipo di dielettrico utilizzato (teflon, polypropylene, polistirene, policarbonato, poliestere, mica, ceramici).

Per incrementare la capacità dei condensatori si dovrà ridurre lo spessore del dielettrico che separa le armature, ma solo alcuni materiali lo consentono senza rischi di perforazione, in virtù della loro rigidità dielettrica (che è una costante relativa ad ogni materiale impiegato come dielettrico che quantifica la capacità del materiale di resistere a forti campi elettrici senza perforarsi ed è espressa in KiloVolt/Centimetro).

Quindi per rigidità dielettrica si intende il rapporto fra tensione di rottura del dielettrico e spessore dello stesso.

I condensatori insieme ai resistori sono i componenti più usati nell'elettronica ed hanno subito nel tempo una evoluzione pressoché costante che li ha portati ad essere componenti altamente specializzati, nel senso che ne esistono tipi studiati espressamente per tutti gli impieghi.



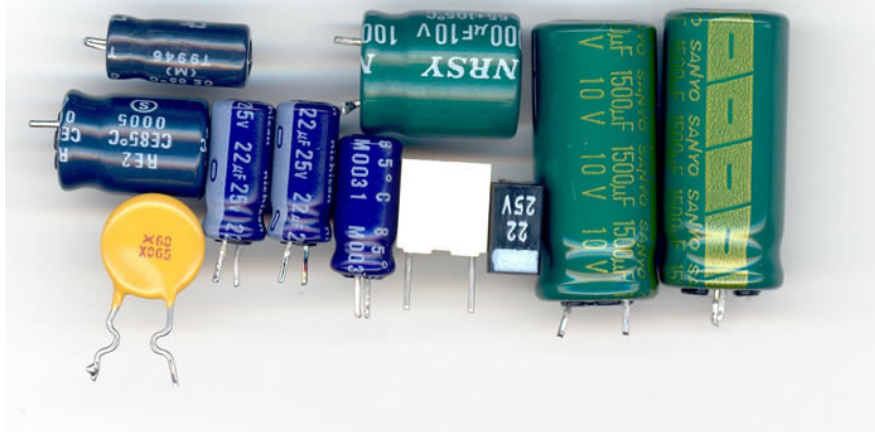
### Condensatori fissi e variabili

La stragrande maggioranza dei condensatori utilizzati nei circuiti elettronici hanno una capacità fissa, altri condensatori utilizzati nei circuiti di accordo a radiofrequenza sono a capacità variabile.

La variazione di capacità viene ottenuta variando la geometria delle armature del condensatore con un mezzo meccanico.

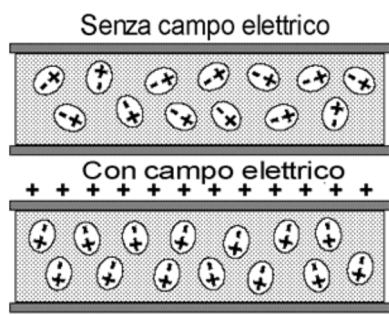
Un classico esempio sono i condensatori variabili delle radio, ora rimpiazzati da altri componenti meno costosi e meno fragili meccanicamente come i diodi varicap.

In genere il dielettrico dei condensatori variabili è costituito da aria o mica.



Sopra una immagine di vari condensatori di recupero quasi tutti elettrolitici ad eccezione di quello bianco (poliestere) e di quello giallo che non è un condensatore ma un fusibile autoripristinante (ci sono diversi componenti che assomigliano ai condensatori).

Questo per dare un'idea di massima della varietà e dei possibili errori di valutazione nel riconoscere questi componenti.



Comportamento del dielettrico di un condensatore: in assenza di campo elettrico la polarizzazione delle molecole è casuale, applicando un campo elettrico le stesse si orientano.

**Tabella della rigidità dielettrica di alcuni materiali comuni.**

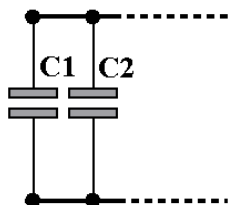
Materiale	Rigidità dielettrica Kv/cm	Materiale	Rigidità dielettrica Kv/cm	Materiale	Rigidità dielettrica Kv/cm
Aria ad altezza mare (760mm Hg)	30	Resine epossidiche	120-160	Acqua distillata	50-100
Resine fenoliche	80-160	Bakelite	100-300	Siliconi Termoplastici	80-160
Carta	50-100	Gomme al Silicone	120-280	Carta impregnata di olio	350-400
Gomma	160-500	Mica	400-1800	Micanite	200-300
Titanato di Bario	50	Vetro	250-1000	Polistirene	200-280
Porcellana	120-300	Polietilene	500	Teflon	160
Carta Paraffinata	400-500	Olio minerale	75-160	Titanati di Ba-Sr	50
Polietilene	200-300	Nylon	200-350	Olio per trasformatori	120-170

**Teoria: Definizioni di alcuni parametri dei condensatori**

- Tolleranza = è la massima deviazione dal valore di capacità nominale.
- Coefficiente di temperatura = è la variazione della capacità in funzione della temperatura ed è espressa in parti-per-milione-per grado centigrado (ppm/°C).



- Tensione di lavoro = è la massima tensione continua o alternata che può essere applicata al condensatore in continuità senza che questo subisca danni.
- Tensione di punta = è la massima tensione che non deve mai in nessun caso essere superata.
- Corrente di fuga = è la corrente di perdita che passa attraverso il condensatore quando questo viene alimentato e che ne determina la scarica quando il generatore viene staccato.  
Questo valore si misura in CV dove C è la capacità del condensatore e V è la tensione applicata.  
Quando il condensatore viene immagazzinato per lunghi periodi (questo vale per gli elettrolitici) al momento in cui viene alimentato questa corrente è relativamente forte poi decresce nel giro di qualche minuto e si stabilizza.  
Questo fenomeno è dovuto alla “ricostruzione” del dielettrico che dopo lunghi periodi in cui il condensatore non viene alimentato si danneggia.  
Poi appena viene data tensione si ricostruisce.
- Angolo di perdita o tangente dell’angolo di perdita = è il rapporto fra la potenza dissipata nel condensatore e la potenza reattiva dello stesso quando viene alimentato in alternata ad una data frequenza.

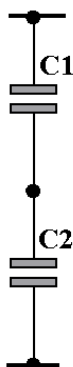


Combinazioni di condensatori:

- Condensatori in parallelo: la capacità equivalente è la somma delle capacità dei singoli condensatori, si usa per ottenere grandi valori di capacità o per avere caratteristiche particolari impiegando condensatori di tipologie diverse, per esempio per migliorare la velocità del condensatore equivalente. Con riferimento ai condensatori elettrolitici occorre tenere conto di quanto segue:

- In alcuni amplificatori per ottenere questo scopo si collegano in parallelo diverse decine di condensatori elettrolitici di relativamente piccola capacità.
- Purtroppo la durata di un parallelo di condensatori nel tempo è quella statistica di un condensatore divisa per il numero dei condensatori che compongono il parallelo, quindi logicamente se si impiegano molti condensatori è più facile che il tutto vada fuori uso in breve tempo.
- Tuttavia occorre tenere conto che avendo molti condensatori in parallelo la corrente che scorre in ognuno di questi è quella totale divisa per il numero dei condensatori ed essendo la corrente una delle cause di morte prematura per surriscaldamento delle armature questa soluzione allunga la vita dei singoli condensatori.

$$C_{\text{equ}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



- Condensatori in serie: Si usa principalmente per aumentare la tensione massima applicabile alla

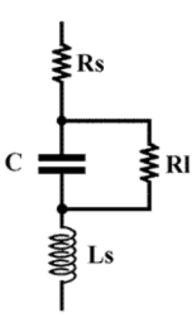
capacità equivalente.

Per esempio mettendo in serie due condensatori di uguale capacità da 100Volt di tensione massima il risultante avrà come tensione massima 200Volt.

Come si intuisce dalla formula la capacità totale è più piccola del più piccolo condensatore impiegato.

Nel caso dell'esempio precedente la capacità sarà la metà di quella di un singolo condensatore.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}$$

	<p>Considerazioni sui componenti reali: il condensatore, come tutti i componenti, nella realtà si comporta in modo leggermente diverso dal componente ideale.</p> <p>Di lato è riportato lo schema equivalente di un condensatore reale.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rs rappresenta la resistenza delle armature e dei terminali che ha un valore il più basso possibile ma comunque non 0.</li> <li>• Ls rappresenta l'induttanza delle armature che per quanto bassa è presente e fa sentire la sua influenza alle alte frequenze.</li> <li>• Rl è la resistenza che giustifica la seppur debole corrente che transita attraverso il dielettrico che causa la scarica del condensatore e da origine alla "Capacitor leakage current" (come viene indicata nei manuali in inglese; in italiano "Corrente di Fuga").</li> </ul>
---	--

### Teoria: Energia immagazzinata da un condensatore

E' funzione della sua capacità e della tensione a cui viene caricato.

Si misura in Joule ed è  $J=1/2(CV^2)$  dove C è la capacità in Farad e V è la tensione in Volt.

Un condensatore tipico da livellamento in un amplificatore BF a mosfet da 10.000uF carico a 40V ha un'energia di  $J=1/2 \times 0,01 \times 40 \times 40 = 8$  Joule.

Un condensatore di livellamento in un amplificatore a valvole carico a 350V ed avente una capacità di 100uF ha una energia pari a  $J=0,5 \times 0,0001 \times 350 \times 350 = 6,125$  Joule.

### Codici riportati sui condensatori

Condensatori a film:

KC = Film/foglio di Policarbonato

KP = Film/foglio di Polipropilene

KS = Film/foglio di Polistirene

KT = Film/foglio di Poliesteri

Se una M precede il codice il conduttore è un film/foglio metallizzato con metallo evaporato sottovuoto ed il condensatore è molto stabile, la sua assenza indica un foglio metallico d'interconnessione ed il componente è destinato alle alte correnti.

MKL (o MKU), acetato di cellulosa

MKT polietilene teraftalato (mylar)

MKC policarbonato

MKP polipropilene

MKY polipropilene autocatrizzante e sono tutti metallizzati.

La Siemens ha ampliato le sue sigle, indicando anche il tipo di costruzione, non solo il materiale:

MP: carta metallizzata

MKV: film plastico metallizzato, basse perdite

MKK: film plastico metallizzato, compatto

MPK: carta e film plastico metallizzati

FK: Foglio metallico e film plastico (con o senza carta).

### Tabella comparativa di massima per la scelta dei condensatori più adatti

Tipo	Elettrolitico Alluminio	Tantalio Umido	Tantalio Solido	Policarbonato Film Metallizzato	Policarbonato Film	Polistirolo Metallizzato	Poliestere Film Metallizzato	Poliestere Film	Mica	Ceramica
Capacità massima in $\mu\text{F}$	1000000	1500	1500	100	0,01	10	10	0,01	0,01	1
Tensione di lavoro (Vcc)	500	125	100	1000	400	1000	1500	400	800	10000
Temperatura di lavoro	-40 +85 /105 /150	-40+125	-40+125	-55+125	-55+125	-55+125	-55+125	-55+125	+125	+125
Volume a parità di C x V	molto piccolo	molto piccolo	molto piccolo	piccolo	piccolo	grande	piccolo	piccolo	piccolo	piccolo
Stabilità	bassa	eccellente	eccellente	media	media	eccellente	media	media	eccellente	media
Durata	buona	eccellente	eccellente	molto buona	molto buona	molto buona	molto buona	molto buona	eccellente	eccellente
Coefficiente Temperatura ppm/°C				-50	+100	-150	400		+75	
Impiego	Circuiti accopp. e filtraggio e livellamento ripple	Circuiti accopp.	Circuiti accopp. e filtraggio	Circuiti accopp. e filtraggio	Condens. di potenza per c.a.	Circuiti Risonanti	Circuiti accopp. e filtraggio	Circuiti accopp. e filtraggio	Circuiti Risonanti	Circuiti Risonanti Circuiti accopp. e filtraggio

### Come si determina la capacità di un condensatore

L'unico modo valido che ci permette di sapere il vero valore della capacità è misurarla (quindi anche al netto della tolleranza).

In commercio esistono dei tester che hanno anche la funzione di misura della capacità.

Lo strumento specifico di misura della capacità è il capacimetro.

### I condensatori nello Specifico: la trattazione tipo per tipo

	<p>- Condensatori Elettrolitici in Alluminio</p>	
	<p>- Condensatori Elettrolitici in Tantalio</p>	
	<p>- Condensatori con Dielettrico Plastico</p>	
	<p>- Condensatori Ceramici</p>	
	<p>- Condensatori a Carta e Carta Metallizzata</p>	
	<p>- Condensatore a Mica</p>	
	<p>- Condensatori ad aria</p>	

**Precauzioni nell'impiego dei condensatori**

I condensatori non a caso hanno una tensione massima e, se elettrolitici una polarità.

Cosa succede in caso di errore?

Se superiamo la tensione massima si innesca una scarica attraverso il dielettrico, visto che il condensatore è carico passa, una volta perforato il dielettrico una corrente molto alta, le armature e il dielettrico evaporano e generano all'interno del condensatore del gas ad alta pressione.

Se il gas non trova facile sfogo il condensatore letteralmente esplose.

Nei condensatori elettrolitici di medie-grandi dimensioni sulla parte superiore sono presenti delle incisioni sull'alluminio del contenitore per facilitarne la rottura ed evitare l'espulsione di schegge, su

alcuni vi è una valvola di massima pressione (una specie di tappo di plastica) che si apre.

Quando il condensatore esplode di norma fuoriesce del fumo con un odore molto acre e quasi sempre in quelli elettrolitici le armature interne.

In ogni caso è meglio sempre prestare attenzione e in fase di collaudo indossare gli occhiali protettivi.

Comunque ad ogni amante dell'elettronica nella sua vita è successo di far esplodere qualche condensatore.

A parte lo spavento il più delle volte non ci sono grossi danni.

## Condensatori Elettrolitici in alluminio

### Condensatori elettrolitici

Una famiglia a parte è rappresentata dai condensatori elettrolitici, il cui dielettrico è costituito da una soluzione elettrolitica gelatinosa che se sottoposta a polarizzazione produce uno strato di ossido isolante talmente sottile da consentire valori di capacità molto elevati.

Gli elettrolitici sono quindi componenti polarizzati, cioè con un polo positivo e uno negativo, e possono essere usati solo in circuiti dove la componente continua sia di molto superiore a quella alternata in quanto è proprio la tensione a permettere la formazione dello strato dielettrico.

Sono praticamente insostituibili nei circuiti di filtraggio degli alimentatori.

Quando sono di grossa capacità per le loro caratteristiche costruttive presentano una relativamente alta induttanza parassita serie, quindi è buona norma affiancarli a dei condensatori più piccoli e quindi più veloci (posti in parallelo).

Normalmente hanno una tolleranza abbastanza alta e, se sottoposti a forti correnti e temperature (i due parametri sono legati), una vita abbastanza breve.

### Condensatori elettrolitici in alluminio

I condensatori elettrolitici in alluminio uniscono una grande capacità (seconda solo a quella ottenuta nei condensatori al tantalio) a delle dimensioni estremamente ridotte.

Il costo in rapporto alla capacità è il più basso in assoluto se rapportato agli altri tipi di condensatori.

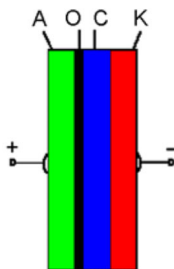
Non sono adatti al funzionamento alle basse temperature e basse pressioni tipiche degli impieghi aeronautici.

Di solito hanno dei fori per sfogare la pressione dei gas che si possono accidentalmente sviluppare all'interno a causa di guasti e che possono portare all'esplosione.

Vengono di norma impiegati nel filtraggio dopo i raddrizzatori degli alimentatori, o come bypass per tensioni che arrivano a 500 Volt.

Hanno una bassa precisione, quindi vanno usati nei casi in cui non sia un fattore determinante.

Schematicamente i condensatori elettrolitici in linea di principio sono costruiti nel seguente modo:



Schema costruttivo condensatori elettrolitici.

A = ANODE: alluminio al 99.99%

O = DIELETTRICO : ossido di alluminio

C = ELETTROLITA + carta

K = CATODO Alluminio al 98%

L'ANODO (A) - L'anodo è composto di alluminio di purezza estrema e la superficie effettiva viene aumentata fino al 200% rendendo il metallo poroso tramite procedimento elettrochimico.

IL DIELETTRICO (O) - La parte superficiale dell'anodo (A) è ricoperta da una molto sottile pellicola di ossido di alluminio (isolante  $O = Al_2O_3$ ).

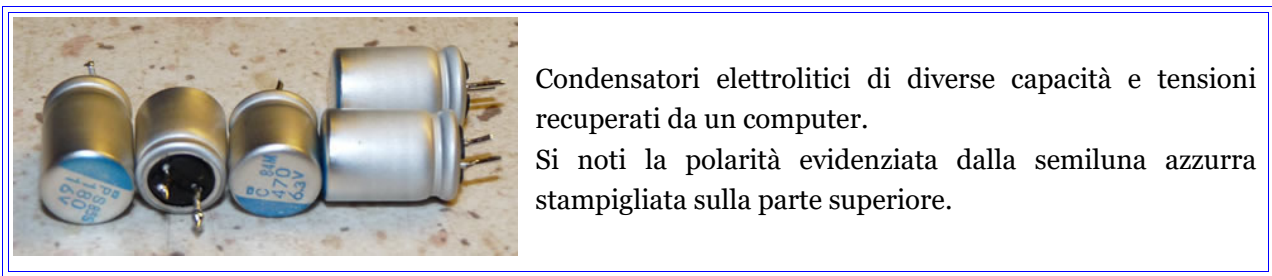
L'ossido è ottenuto con un processo elettrochimico e lo spessore è funzione del voltaggio applicato (tensione di formazione)  $1.2nm/V$ .

ELETTROLITA (C) - L'elettrodo negativo è composto da un elettrolita assorbito nella carta che funge



da distanziale fra anodo e catodo

CATODO (K) - Il catodo serve come grande area di contatto verso l'elettrolita.



Condensatori elettrolitici di diverse capacità e tensioni recuperati da un computer.

Si noti la polarità evidenziata dalla semiluna azzurra stampigliata sulla parte superiore.



Condensatori elettrolitici in ordine di grandezza e di capacità.

Ce ne sono di tutte le dimensioni, alcuni mille volte più grandi di questi.

Sono tutti a montaggio verticale, ma esistono anche a montaggio orizzontale, con i reofori che escono dalle due estremità.



Sopra dei condensatori elettrolitici a barilotto con i terminali ad avvitare sulla parte inferiore.

Si nota fra i terminali la valvola di sfogo della pressione interna.

Sulla superficie esterna sono stampigliati tutti i dati, come capacità, tensione massima, frequenza e temperatura di impiego, nonché il range termico di utilizzo.



Sopra un condensatore elettrolitico d'epoca, doppio per filtro di alimentazione.

Si nota sotto il foro di sfiato dei gas che verrebbero prodotti in caso di danneggiamento, realizzato per evitare l'esplosione.

Il terminale comune è la carcassa, in genere collegata a massa.

Sotto si legge: Garanzia un anno ...

temo che la garanzia sia scaduta!!



Sopra, un condensatore elettrolitico "facon" in alluminio con il fondo in bachelite.

### Cause di morte nei condensatori elettrolitici

In genere i condensatori elettrolitici sono quelli che hanno una minor durata.

In genere se utilizzati all'interno delle sue specifiche costruttive possono deteriorarsi per i seguenti motivi:

- Essiccazione dei condensatori elettrolitici: Se viene posto in prossimità di fonti di calore, l'elettrolita liquido al suo interno evapora e la capacità si riduce progressivamente.
- Deterioramento dovuto a eccessiva corrente.  
Quando in condensatore viene utilizzato in un circuito stabilizzatore e ai suoi capi è presente un eccessivo ripple il condensatore tende a scaldarsi ad opera della resistenza parassita serie e in funzione di questo l'elettrolita si essicca come nel caso precedente.
- Deterioramento dovuto a inattività.  
Lasciando inattivo il condensatore per molto tempo l'isolante sulle armature tende lentamente a perdere integrità, la tensione massima sopportabile cala progressivamente.  
Questo tipo di danno può essere "riparato" polarizzando il condensatore con una tensione crescente (molto lentamente) in modo che le armature possano riformare lo strato di ossido che le isola.

### Durata dei condensatori elettrolitici "umidi"

I condensatori elettrolitici "umidi" hanno elettrolita liquido.

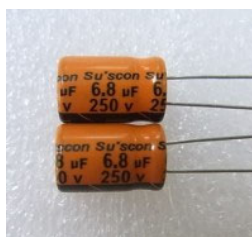
La durata è un dato di targa e varia da qualche migliaio di ore a qualche decina di migliaia di ore.

E' in funzione della temperatura alla quale viene utilizzato e delle caratteristiche costruttive.

Più è alta la temperatura, meno dura (per effetto dell'evaporazione dell'elettrolito, in pratica si essicca).

E' un componente che il linea di massima ha una durata molto limitata.

Per fare un esempio pratico, abbiamo scelto un componente di ottima qualità (105°C invece di 85°C) per impiego generico, tratto dal catalogo Su'scon:



<b>Tolleranza Capacita'</b>	±20%
<b>Intervallo di temperatura</b>	-40 ~ +105°C -25 ~ +105°C
<b>Gamma di tensione</b>	160 to 400V
<b>Gamma di capacità</b>	1 to 220µF
<b>Corrente di dispersione</b>	160~400V; $I \leq 0.02CV + 10\mu A$ , (dopo 2 minuti). 450V $I \leq 0.03CV + 10\mu A$ (dopo 2 minuti).
<b>Vita Utile</b>	5000 ore a 105°C

### Rigenerazione dei condensatori elettrolitici "umidi"

La tecnica di rigenerazione dei condensatori elettrolitici si applica ai condensatori rimasti inattivi per molto tempo (anni o decine di anni), e per questo hanno in parte perso l'ossido di alluminio isolante, ma in ogni caso non essiccati.

Consiste nell'alimentare il condensatore alla tensione nominale di esercizio con in serie una resistenza per limitare la corrente.

Mantenerlo sotto tensione per qualche decina di secondi e poi scaricarlo.

Ripetere l'operazione una decina di volte, poi mantenerlo collegato per un'ora (senza scaricarlo).

Alla fine se si ha fortuna il condensatore ritornerà utilizzabile.

Questa tecnica non serve se il condensatore si è essiccato, ovvero non ha più l'elettrolita all'interno, non vi è modo per reintrodurre l'elettrolita e il condensatore è da buttare.

Per verificare l'esito dell'operazione è opportuno controllare la resistenza di perdita/corrente di fuga, collegando il condensatore ad un alimentatore, attendendo alcuni minuti e poi misurando con un microamperometro la corrente che passa attraverso il condensatore.

### Eventi catastrofici

In questo caso ci si riferisce all'esplosione del condensatore che se ben realizzato è predisposto per minimizzare i danni.

In genere infatti vengono utilizzate apposite valvole, fori e tappi che si aprono quando la pressione interna sale.

Un'altro espediente è indebolire in alcuni punti il metallo dell'involucro del condensatore in modo che sottoposto a pressione si apra in modo controllato.

Il risultato finale sarà un botto e una grande fumata bianca e in alcuni casi con proiezione del materiale che compone le armature.

L'esplosione può essere dovuta a sovratensione, danneggiamento o inversione della polarità.

In tutti i casi l'elettrolita viene trasformato in gas che una volta raggiunta la pressione critica fa esplodere l'involucro.



Sopra alcune foto di condensatori elettrolitici con evidenziati diversi sistemi anti esplosione.

A sinistra condensatori di dimensioni grandi con fori di sfiato ricoperti da materiale che all'aumentare della pressione si rompe facendo sfogare il gas all'esterno.

A destra e in centro il metallo è stato indebolito con delle incisioni con lo stesso scopo.

## Condensatori Elettrolitici in Tantalio

### Condensatori elettrolitici in Tantalio e Niobio

Il tantalio viene estratto da una specie di sabbia nera leggermente radioattiva formata dai minerali di colombite e tantalite dalla cui contrazione deriva il nome "coltan".

Si tratta di un metallo raro, molto duro e resistente alla corrosione, usato per la costruzione di turbine aeronautiche e per la fabbricazione di condensatori elettrolitici di piccole dimensioni.

Il tantalio ha un peso simile a quello dell'oro (quindi molto alto) e grossomodo lo stesso valore.

Strettamente associato con il niobio (elemento chimico col numero atomico 41 usato sempre più spesso in vece del tantalio nella produzione di condensatori) nei minerali e nelle proprietà, il tantalio è stato scoperto nel 1802 dal chimico svedese Anders Gustaf Ekeberg.

Deve il suo nome al personaggio mitologico Tantalo (figlio di Niobe) a causa della iniziale identificazione con il niobio.

Fu il chimico tedesco Heinrich Rose a dimostrare nel 1844 le loro diverse caratteristiche.

E' un elemento metallico duttile e malleabile, di simbolo Ta e numero atomico 72, appartenente al gruppo degli elementi di transizione della tavola periodica.

Fu ottenuto in forma pura nel 1820, dal chimico svedese Jöns Jakob Berzelius.

Il tantalio fonde a circa 2996 °C, bolle a circa 5425 °C, ha densità relativa 16,6 e peso atomico 180,948. È solubile in alcali e nell'acido fluoridrico, ma insolubile in acido solforico, cloridrico e nitrico.

Si incendia all'aria e forma il pentossido di tantalio, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, una sostanza bianca che reagisce facilmente con ossidi o idrossidi metallici formando composti detti tantaliti.

L'acido tantalico, HTaO<sub>3</sub>, è un precipitato gelatinoso che si ottiene mescolando acqua al pentacloruro.

Il tantalio per usi commerciali è preparato per elettrolisi di soluzioni di eptafluorotantalato di potassio (o altri composti di tantalio) e acido solforico diluito.

Essendo più resistente del platino a molti agenti corrosivi, il tantalio sostituisce il platino nei pesi standard e negli accessori da laboratorio.

I condensatori elettrolitici al tantalio vengono prodotti con pastiglie porose ottenute pressando la polvere di tantalio macinata finemente.

Le pastiglie vengono poi sinterizzate per aumentarne la stabilità meccanica e creare una struttura metallica dove lo strato di dielettrico in pentossido di tantalio (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) può crescere per ossidazione anodica.

La capacità ottenibile dipende dalla costante dielettrica e dallo spessore dello strato di dielettrico.

Finora era stato possibile ottenere valori CV più elevati grazie alla morfologia della polvere e ad un migliore utilizzo della custodia.

Attualmente sono disponibili polveri di tantalio fino a 80 kCV /g, utilizzate però in commercio solo in componenti di piccole dimensioni.

Il mercato richiede oggi condensatori elettrolitici sempre più piccoli e con valori CV sempre più elevati, ed è necessario orientarsi verso nuovi materiali di base, come il niobio.

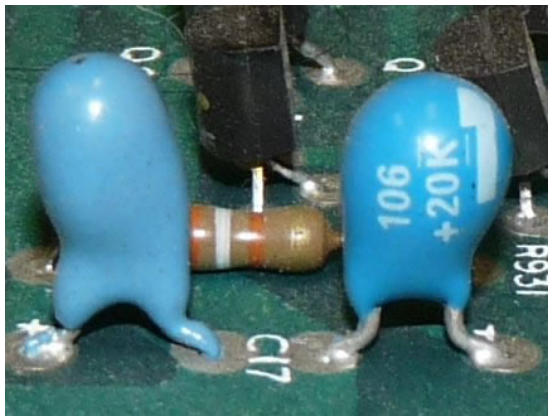
I primi lavori sul niobio quale materiale per condensatori risalgono al 1962.

Nel 1969 iniziarono invece i primi seri sforzi nel tentativo di sostituire il tantalio con il niobio.

Nel mondo delle valvole i condensatori in tantalio sono scarsamente usati perché le dimensioni non sono un fattore essenziale.

Sono invece usati in apparati portatili di ridotte dimensioni come telefonini, CD portatili od altro in virtù del fatto che si possono realizzare grandi capacità in dimensioni molto ridotte.





A sinistra due condensatori al tantalio saldati su un circuito stampato.

Come si può notare in quello a destra nell'immagine, è riportato il segno "+" in corrispondenza del reoforo che deve essere polarizzato positivo.



Condensatori al tantalio a tubetto con reofori ai capi, adatto per il montaggio orizzontale.



Condensatori al Tantalio a goccia



## Condensatori con Dielettrico Plastico

I condensatori a dielettrico plastico sono usatissimi in elettronica, sono certamente i più diffusi e variano come impiego e caratteristiche in base al materiale plastico usato come dielettrico.

Si ottengono avvolgendo insieme due sottili lamine metalliche separate da un film plastico.

Le pellicole in film plastico possono essere prodotte con spessori inferiori a quello della carta impregnata (pochi  $\mu\text{m}$  soltanto), e in grado di resistere ad una tensione abbastanza elevata, quindi il condensatore risulterà di piccole dimensioni ma di elevata capacità.

La pellicola di plastica viene prodotta con una grande uniformità, per cui presenta una minore probabilità di punti difettosi.

Poiché le lamine metalliche e quelle in plastica possono essere prodotte in qualsiasi lunghezza, con questo sistema si ottengono capacità che arrivano anche al  $\mu\text{F}$ .

Gli avvolgimenti si collegano sui due lati contrapposti, quindi le lamine metalliche devono sporgere dal dielettrico ai due lati, per essere compresse e saldate ai terminali.

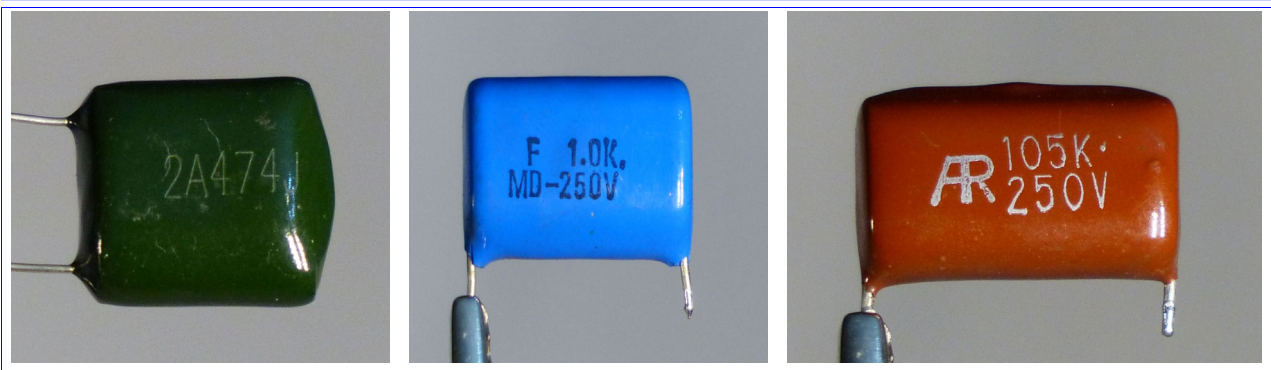
Poiché tutti gli avvolgimenti sono collegati tra di loro su di un lato, la resistenza è piccolissima mentre l'induttanza risulta praticamente nulla.

L'avvolgimento viene poi annegato in una bagno di materiale plastico o sigillato in un tubetto di ceramica.

I terminali di collegamento fuoriescono in direzione assiale o tangenziale.

In alcuni casi la lamina metallica viene sostituita da metallo evaporato sottovuoto, riducendo lo spessore del metallo a soli 0,02 - 0,05  $\mu\text{m}$ , riducendo ulteriormente l'ingombro.

### Condensatori con il dielettrico in Poliestere



Nei condensatori in poliestere come strato elettroconduttore si può utilizzare una lamina metallica, oppure il metallo può essere depositato direttamente sul film per vaporizzazione sotto vuoto, con uno strato dello spessore di 0,02 - 0,05  $\mu\text{m}$ .

Questi condensatori vengono prodotti con capacità fino ad alcuni  $\mu\text{F}$  e con tensioni di lavoro fino a 1000 V.

Sono prevalentemente adatti per l'impiego in bassa frequenza.

### Condensatori con il dielettrico in Policarbonato

Nei condensatori con dielettrico in policarbonato la capacità è molto costante, e di conseguenza sono utilizzati prevalentemente nei circuiti oscillanti.

Vengono prodotti con capacità fino a 10  $\mu\text{F}$  e tensioni di lavoro fino a 400 V.

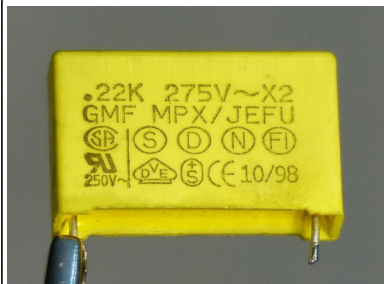
Hanno una bassa dissipazione di potenza (non riescono con facilità a dissipare il calore prodotto dalla resistenza parassita) e vengono impiegati per filtraggio, accoppiamento e bypass.

Durante il funzionamento per via della bassa dissipazione di potenza devono lavorare con tensioni continue preponderanti rispetto alla componente alternata.

Sovente i costruttori specificano la massima componente alternata ad una determinata frequenza che

il condensatore può sopportare, valore da non superare mai a qualsiasi frequenza.

### Condensatori con il dielettrico in Polipropilene / Polipropilene Metallizzato



Come potete vedere a sinistra sull'involucro è riportata la capacità, la tensione massima di funzionamento e la sigla "MPX" che identifica i condensatori con dielettrico in polipropilene.

Nell'ultima riga il mese e l'anno di produzione.

La scritta X2 identifica la classe del condensatore: I condensatori classe X2 sono quelli normalmente utilizzati come condensatori di filtro sottoposti direttamente alla tensione della rete elettrica.

Sono condensatori ad alta affidabilità e possono essere tenuti costantemente sotto la tensione di rete senza riportare danni.

Sono autoriscaldanti, per cui in caso di perforazione del dielettrico non rimangono in cortocircuito.

Questo tipo di condensatore con dielettrico plastico si usa nei circuiti che operano a frequenze elevate e nelle applicazioni di potenza in c.a.

soprattutto nel funzionamento ad impulsi.

Hanno inoltre delle basse correnti di perdita, alta rigidità dielettrica, allo stesso livello di poliestere e policarbonato.



A sinistra un tipico impiego di un condensatore con dielettrico plastico in polipropilene metallizzato, come filtro antidisturbo in un alimentatore, in parallelo alla tensione di rete.

### Condensatori con il dielettrico in Polistirolo o Polistirene

Per applicazioni speciali nei circuiti oscillanti, sono stati sviluppati i condensatori in polistirolo.

Una lamina metallica stirata viene avvolta a spirale assieme al dielettrico.

Sotto l'azione del calore l'avvolgimento si restringe formando un blocco molto stabile e compatto che non assorbe praticamente umidità dall'aria.

Si ottiene così una buona costanza della capacità.

I condensatori in polistirolo vengono prodotti con capacità fino ad 1 µF.

Sono precisi e stabili ed hanno basse perdite in alta frequenza.

### Condensatori con il dielettrico in Teflon

Hanno un comportamento simile a quelli in polistirene (polistirolo) con la particolarità di poter lavorare a temperature molto elevate.

## Condensatori Ceramici

### Condensatore Ceramico

Il dielettrico dei condensatori ceramici è costituito generalmente da ceramica la cui costante dielettrica può essere variata tra 10 e 10.000 mediante opportune composizioni.

I condensatori ceramici a bassa costante dielettrica si distinguono per la stabilità del valore capacitivo e per le perdite molto basse, e quindi sono i preferiti per l'utilizzo nei circuiti oscillanti e ad alta precisione.

Sono realizzati in strati multipli (multistrato) e sono disponibili in valori che vanno da qualche picoFarad a qualche decina di nanoFarad.

I condensatori ad elevata costante dielettrica permettono di ottenere capacità elevate con scarso ingombro.

Questi condensatori ceramici hanno in generale piccole dimensioni, e vengono utilizzati di preferenza nella tecnica delle alte frequenze.

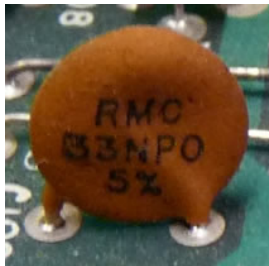
A seconda delle necessità sono disponibili in molte forme costruttive.

La forma di condensatore ceramico più diffusamente utilizzata è quella a disco, formata cioè da un dischetto di ceramica metallizzato sulle due facce, sulle quali vengono saldati i terminali.

Un'altra forma costruttiva molto diffusa in passato è quella a tubetto.

Si tratta di un tubetto ceramico con strati di argento all'interno ed all'esterno che formano le armature del condensatore.

Hanno delle tensioni di lavoro che possono superare i 5000 Volt.



## Condensatori a Carta

### Condensatori a Carta e Carta Metallizzata

Il dielettrico di questi condensatori è formato da una speciale carta impregnata con una sostanza fluida o viscosa.

Per aumentare l'isolamento, nei condensatori in carta si accoppiano spesso due o più strati.

L'avvolgimento finito viene poi nuovamente impregnato sottovuoto in olio isolante o annegato in resina.

I condensatori in carta vengono di solito prodotti con una tolleranza del +/- 20%.

Una versione più moderna è del tipo a carta metallizzata che presenta una migliore aderenza fra il dielettrico e il metallo delle armature.

Altro vantaggio di questo tipo di condensatori è che sono autocatrizzanti, nel senso che, nel caso di una perforazione del dielettrico, nel punto di perforazione il metallo, che ha uno strato molto basso, si riscalda ed evapora evitando il cortocircuito e il condensatore si autoripara.

Sono utilizzati normalmente come condensatori di filtro.



Questo condensatore a carta è stato introdotto in un tubo di vetro successivamente riempito di resina per sigillarlo.

Come possiamo vedere, non è polarizzato e resiste ad una tensione di ben 1500Volt.

### Condensatori a Carta a bagno d'olio

Nelle foto sotto alcuni condensatori carta e olio.

Sono facilmente individuabili, scuotendoli si sente all'interno l'olio che si muove.

Questo tipo di condensatori unisce una lunga durata a delle tensioni di funzionamento elevate.

In genere il contenitore è metallico ed ermetico in ragione del fatto che l'olio contenuto all'interno è igroscopico, quindi incorpora, se esposto all'aria delle molecole di acqua che ne alterano le caratteristiche di isolamento.

Come vedete nelle foto i condensatori sono conservati con i terminali cortocircuitati per evitare che nel tempo si carichino con elettricità statica per poi scaricarsi sulle mani dell'ignaro utilizzatore.



Quando usate condensatori o altri apparati a bagno d'olio assicuratevi che non contengano PCB. I PCB (policlorobifenili) sono una famiglia di composti usati per le loro caratteristiche dielettriche e di viscosità per la produzione di oli isolanti per trasformatori e condensatori per alta tensione. La pericolosità di questi composti è simile a quella della diossina. E' facile trovare PCB il apparati costruiti precedentemente al 1983 anno in cui è stato vietato in Italia. Se utilizzate componenti comprati da demolizioni militari e mercatini fate molta attenzione. Come potete vedere nel condensatore a destra è riportata la scritta "NO PCB", mentre il condensatore a sinistra è più sospetto non avendo nessuna scritta. In ogni caso non rompeteli ne bruciateli.





## Condensatori a Mica

### Condensatore a Mica

Sono condensatori con il dielettrico composto da mica su cui viene evaporato sottovuoto del metallo che funge da armature.

La forma di questi condensatori può essere dal barilotto al parallelepipedo plastico.

Sono usati nelle applicazioni a radiofrequenza fino alle VHF e UHF.

Sono utilizzati oltre che nei circuiti risonanti anche negli elementi di bypass della radiofrequenza.

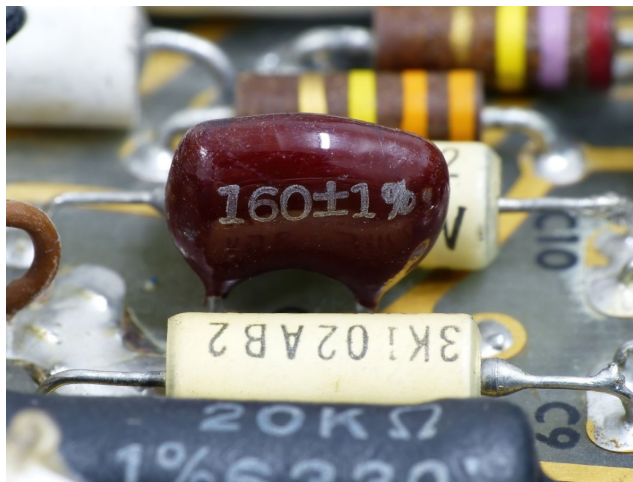
Hanno un grande isolamento e un'alta tensione di rottura, basse perdite e bassa induttanza parassita.

Hanno un campo di temperatura che va da  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ .

La tensione di lavoro arriva a 2500 Volt.

Esistono due tipi di condensatori a mica:

- Quelli classici, rame-mica, ora obsoleti, erano in uso nel 20esimo secolo.  
Essi erano costituiti da fogli di mica e lamine di rame in una struttura a sandwich.  
Avevano una scarsa precisione e stabilità in quanto la superficie della mica non era perfettamente piatta e liscia.  
Furono prodotti dal 1920.
- Quelli argento-mica, hanno un'alta precisione, stabilità e affidabilità.  
Sono disponibili in piccoli valori, e vengono utilizzati principalmente alle alte frequenze e nei casi in cui servono condensatori a basse perdite.  
Sono costituiti da fogli di mica metallizzati su ambo i lati e bloccati in un contenitore di resina epossidica.  
Questi condensatori sono poco diffusi per via del loro elevato costo.



Sopra un condensatore a mica argentata di grado militare ad alta precisione (1%) fotografato in una apparecchiatura militare degli anni '70.



## Condensatori ad Aria

### Condensatori ad Aria

Sono condensatori con il dielettrico composto da aria, hanno capacità basse, dell'ordine del centinaio di picoFarad.

Sono generalmente condensatori variabili di sintonia, sono costituiti da un pacco di lamine metalliche mobili elettricamente collegate fra loro a gruppi che muovendosi, si sovrappongono ad altrettante lamine fisse collegate anche queste elettricamente fra loro, e nel momento della massima sovrapposizione si ha la massima capacità.

Sono usati nelle applicazioni a radiofrequenza fino alle VHF e UHF.

Hanno un grande isolamento e un'alta tensione di rottura, anche in caso di perforazione del dielettrico essendo questi l'aria sono autoripristinanti e hanno basse perdite e bassa induttanza parassita.

Hanno una struttura estremamente solida e priva di tolleranze nelle parti mobili, per ridurre fenomeni di variazione di capacità legate alle vibrazioni.

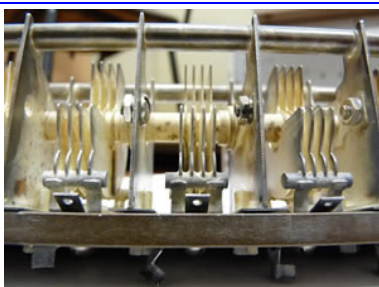
Questa parte poco centra con l'amplificazione del suono, serve solo per cultura generale.



Nell'immagine di fianco un condensatore in cui il dielettrico è l'aria, si tratta di un condensatore variabile a più sezioni (6 per la precisione) di derivazione militare, smontato da una radio militare.



Un particolare della robusta realizzazione in acciaio. Si intravede il supporto della parte mobile del condensatore variabile, che gira con estrema precisione su cuscinetti.



Un particolare di tre delle sezioni del condensatore ad aria, accoppiate meccanicamente ma isolate dal punto di vista elettrico.



Sotto sono riportate in picoFarad le capacità massime delle varie sezioni del condensatore variabile. La parte è realizzata in bachelite di grande spessore per conferire rigidità e quindi stabilità al condensatore.

Nei circuiti di sintonia moderni sono stati rimpiazzati prima dai diodi varicap poi dalla sintesi di frequenza a PLL.

Attualmente hanno un impiego amatoriale legato agli accordatori d'antenna e altri circuiti selettivi

utilizzati dai radioamatori.

## Condensatori adatti per impieghi audio

Lungi dal volere trattare in modo esaustivo l'argomento vi daremo solo qualche ragguaglio che vi permetterà di scegliere senza troppa difficoltà il condensatore giusto.

Una trattazione completa sarebbe inutile, in definitiva a noi serve solamente sapere cosa è opportuno impiegare, senza addentrarci troppo in modelli teorici.

### I condensatori audio: questi sconosciuti

Per condensatori per impieghi audio si intendono i condensatori che vengono attraversati dal segnale in una qualsiasi apparecchiatura audio, da non confondersi con i condensatori di livellamento presenti nella parte dedicata all'alimentazione.

L'impiego di detti condensatori è quello di bloccare le componenti continue e lasciar passare le componenti alternate.

In linea di massima il miglior condensatore è quello che non c'è quindi un buon condensatore in serie al segnale deve essere "trasparente" ovvero non alterare in alcun modo lo stesso.

Come può un condensatore alterare un segnale audio? Principalmente in tre modi:

- Comportandosi come un filtro, quindi con ripercussioni sulla banda passante dell'apparato in cui opera.
- Comportandosi come una resistenza (per via della corrente di fuga) quindi alterando la polarizzazione con l'apporto di una corrente continua.
- Effetto "memoria" che analizzeremo in seguito.

### Il mito dei condensatori audio

Nelle applicazioni audio la banda passante in genere, se si tratta di un apparato HI-FI è di 20Khz, quindi stiamo parlando di nulla in confronto ad un amplificatore a larga banda per strumenti di misura, ad esempio che ha una banda passante di svariati Mhz.

Quindi che condensatori dovrebbero impiegare ...

per strumenti di misura??

Dai diciamola fuori dai denti, i condensatori audio sono una bella trovata per vendere dei normalissimi condensatori di ottima qualità, ma sempre normalissimi a dei prezzi assolutamente ingiustificati.

Più che di condensatori audio si può parlare di condensatori di qualità contrapposti a quelli da pochi soldi.

Cosa fa la differenza?

La cura nella costruzione e nella selezione delle materie prime, soprattutto il dielettrico nel caso dei condensatori posti sul percorso del segnale.

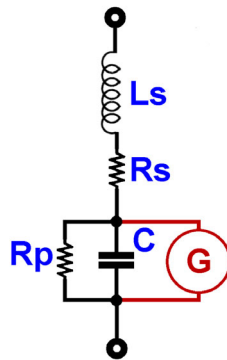
E' addirittura ininfluente l'induttanza serie, troppo bassa in rapporto alle impedenze in gioco nel caso di un accoppiamento fra due stadi preamplificatori.

### I condensatori: circuito equivalente

Il circuito equivalente di un condensatore reale è riportato sotto.

Come vedete è abbastanza complesso, i componenti aggiunti servono nel modello a giustificare alcuni comportamenti che diversamente non sarebbero prevedibili.

I componenti "parassiti" sono la vera discriminante fra un condensatore ed un altro, ci danno la possibilità di avere un metro per valutare la qualità del condensatore in esame.



- C è il valore della capacità complessiva.
- RP è la resistenza che rappresenta il piccolo passaggio di corrente continua attraverso il dielettrico di C, si trova in parallelo a C e viene chiamata resistenza di isolamento.
- RS è la resistenza equivalente serie che rappresenta la resistenza complessiva delle masse metalliche che costituiscono il corpo di C, reofori compresi.
- LS è l'induttanza parassita dei reofori e delle armature interne.
- G rappresenta l'effetto "memoria" del condensatore (detto anche assorbimento del dielettrico o Dielectric Absorption) che tende a riportarsi all'ultimo stato precedente.  
Si può considerare come un residuo di polarizzazione del dielettrico ed è strettamente connesso al tipo di dielettrico utilizzato.  
Questo blocco in genere viene rappresentato con un condensatore con in serie una resistenza.  
Su questo parleremo diffusamente nel prossimo paragrafo.

### I condensatori Audio e l'effetto memoria o assorbimento del dielettrico (Dielectric Absorption o DA) o isteresi del dielettrico

Probabilmente l'effetto "memoria" che andremo a descrivere è l'unico effetto reale per quello che riguarda l'impiego audio del condensatore.

L'unico effetto che impone l'uso di un dielettrico piuttosto che un altro.

Ma iniziamo da una spiegazione del fenomeno: se noi carichiamo un condensatore ad una tensione  $V_1$  e poi lo scarichiamo e lo mettiamo infine in cortocircuito, quando togliamo il cortocircuito fra i terminali il condensatore la tensione non rimane a zero Volt ma fra i suoi reofori si genera una tensione diversa da zero con la stessa polarità della tensione  $V_1$ .

Questa tensione  $V_2$  è una sorta di effetto memoria dovuto al dielettrico che si è polarizzato.

L'effetto memoria (DA) è espresso come rapporto tra la tensione residua e la tensione di carica, in percentuale.

La misura viene effettuata nel seguente modo:

- Si carica un condensatore ad una tensione  $V_1$  sottoponendolo alla tensione per un minuto.
- Si scarica e si mette in cortocircuito per 10 secondi.
- Si toglie il cortocircuito e si aspetta un tempo di 1 minuto.
- Si effettua la misura rilevando la tensione  $V_2$  e si calcola il rapporto fra  $V_2$  e  $V_1$ .

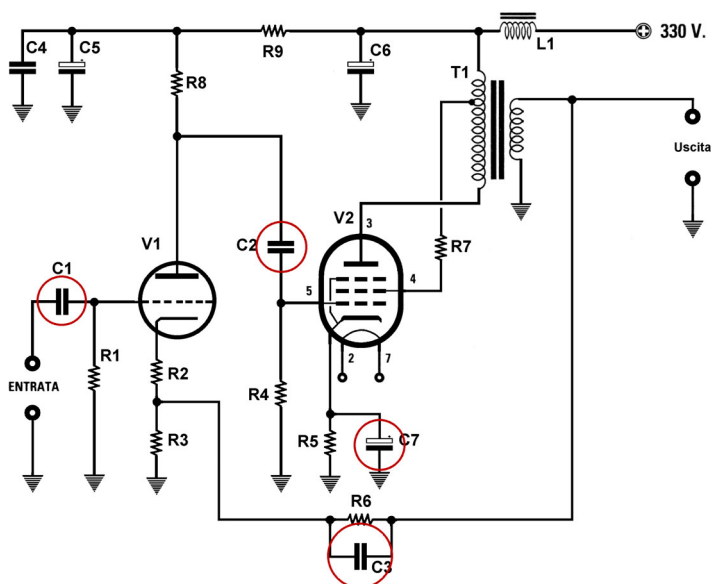
Se avete un buon multimetro digitale con una alta impedenza in ingresso sarete anche voi in grado di controllare i condensatori che andrete a montare.

Un condensatore adatto per impiego audio sul percorso del segnale dovrebbe avere un DA di 0,1 o meno.

Sotto una tabella di esempio con i più diffusi tipi di condensatori e relativa DA.

Tipologia	Assorbimento del dielettrico (Dielectric Absorption o DA)
Condensatori ad aria e a vuoto	Molto basso. Non misurabile
Condensatori Ceramici Class-1, NPO	0.6%
Condensatori Ceramici Class-2, X7R	2.5%
Condensatori a film di polipropilene (PP)	0.05 to 0.1%
Condensatori a film di poliestere (PET)	0.2 to 0.5%
Condensatori a film polyphenylene sulfide (PPS)	0.05 to 0.1%
Condensatori a film Polyethylene naphthalate (PEN)	1.0 to 1.2%
Condensatori elettrolitici al Tantalio con elettrolita solido	2 to 3%, 10%
Condensatori elettrolitici in Alluminio con elettrolita non solido	10 to 15%

### I condensatori audio negli accoppiamenti interstadio



I condensatori in serie al segnale in questo amplificatore (disegno sopra) con reazione globale sono quelli evidenziati nel cerchietto rosso.

Sono di due tipi, sostanzialmente, non polarizzati C1-C2-C3 e polarizzati, C7.

C1, C2 e C3 sono dei condensatori di disaccoppiamento della continua ed è bene che abbiano perdite limitate il più possibile, in particolar modo in questo caso C2.

Se la corrente di perdita di C2 fosse rilevante, ovvero se la resistenza equivalente fosse troppo bassa questo andrebbe a cambiare la polarizzazione della griglia di controllo di V2 spostandone il punto di

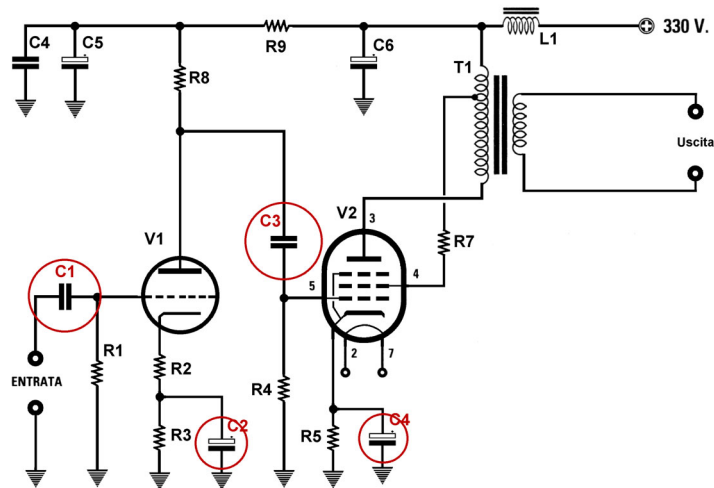
funzionamento.

Quindi la resistenza di C2 (parassita) deve essere di un ordine di grandezza superiore rispetto a R4 in modo da non alterare la polarizzazione.

La capacità di C2 invece deve essere tale che unitamente a R4 formi un filtro passa-alto con la frequenza di taglio più bassa possibile (si tratta di un filtro del primo ordine).

Lo stesso vale per il gruppo C1-R1 e R5-C7.

Gli effetti di filtro di tali capacità globalmente si sommano.



Questo circuito (disegno sopra) è praticamente uguale al precedente, non vi è l'anello di reazione globale, quindi gli effetti di filtro delle capacità sono ancora più dannosi.

Immaginate che tutti gli stadi, tranne in qualche caso particolare, sono accoppiati in questo modo, quindi abbiamo un numero notevole di filtri passa-alto in serie al segnale con un considerevole decremento dei bassi nel caso questo effetto non sia stato doverosamente previsto.

Nel caso di C2 e C4 essendo basso il valore di resistenza di R3-R5 devono avere una capacità notevole, tuttavia la tensione ai loro capi è più bassa ed è anche meno critica la resistenza parassita serie di fuga, quindi si possono senza problemi usare dei comunissimi condensatori elettrolitici di buona qualità, magari surdimensionati come capacità.

Tutti gli effetti induttivi di questi condensatori sono, in questo genere di impiego, trascurabili.

E' rilevante invece l'effetto memoria che deve essere ridotto il più possibile.

In definitiva in questo caso e quasi sempre il miglior condensatore è quello che non c'è.

Questo si può ottenere progettando il circuito in modo che impieghi il più basso numero di condensatori.

In questo caso l'eliminazione dei condensatori C2 e C4 comporta una diminuzione dell'amplificazione dei due stadi introducendo una controreazione locale.

Progettando scrupolosamente il circuito e adottando una valvola V1 diversa in modo da compensare la minor amplificazione si potrebbe fare.

Nel caso dei condensatori elettrolitici di grande capacità posti a bypassare la componente alternata ai capi della resistenza posta fra catodo e massa in ogni caso è sempre bene mettere in parallelo delle capacità più piccole basate su condensatori non polarizzati per migliorarne le caratteristiche e sceglierli di ottima qualità magari a film di polipropilene.

Per quello che riguarda i condensatori elettrolitici, la scelta è più mirata alla durata che non alle caratteristiche che in ogni caso non possono essere ottimali.

Quindi sceglieremo dei condensatori con temperatura operativa massima di +105°C o anche +150°C.



Se poi volessimo fare un lavoro di selezione particolarmente accurato potremmo prendere in considerazione i parametri  $\cos \varphi$  e/o  $\tan \delta$  che sono riportati nel datasheet dei costruttori.

Per scendere più nel dettaglio la reattanza del condensatore (capacitiva) fa sì che la corrente sia sfasata in anticipo di  $90^\circ$  rispetto alla tensione.

Tuttavia, vari fattori di perdita fanno sì che questo angolo sia leggermente inferiore al caso ideale di  $90^\circ$ .

Viene definito di conseguenza l'angolo  $\delta$  dato dalla differenza tra i  $90^\circ$  ideali e il reale angolo di sfasamento  $\varphi$ .

Nelle specifiche tecniche di alcuni condensatori possono esservi due parametri,  $\cos \varphi$  e/o  $\tan \delta$ .

Entrambi tendono a 0 per  $\varphi$  che tende al valore ideale di  $90^\circ$ , quindi quanto più questi due valori sono piccoli, tanto migliore è la qualità del condensatore.

### Quindi come scegliere un condensatore audio?

Parlando di condensatori di accoppiamento in serie al segnale, semplicemente in funzione del dielettrico impiegato.

I migliori in ordine dal migliore al peggiore sono i seguenti:

- Carta e Olio
- PPA (poliammide semi aromatica)
- MKP (polipropilene)
- MKS (poliestere)
- MKC (policarbonato)

### Alcuni appunti sulla tensione massima da scegliere per i condensatori più critici

La tensione massima dei condensatori di accoppiamento fra l'anodo della valvola che precede e la griglia della valvola successiva devono essere scelti di tensione più alta rispetto alla tensione più alta presente sul circuito.

Questo perché nel momento iniziale, a meno di impiegare un ritardatore di tensione anodica, le valvole saranno spente e ci metteranno diverso tempo per andare in conduzione scaldandosi, quindi non conducendo sui condensatori di accoppiamento avremo tutta la tensione a cui è sottoposto il circuito a vuoto.

Quindi è opportuno sceglierli di tensione abbondantemente alta rispetto alla più alta presente sul circuito anodico.

Prendendo ad esempio il disegno sopra per uno dei casi più catastrofici che si possono presentare, se C3 dovesse andare il corto o più banalmente in perdita la tensione presente sull'anodo della valvola V1 si riverserebbe sulla griglia di V2, rendendola positiva e modificando il punto di lavoro di V2, aumentando la corrente che passa nella stessa con la possibilità di bruciare V2 e tutto il circuito di alimentazione.

## Condensatori adatti per circuiti di alimentazione

Negli alimentatori vengono impiegati condensatori di capacità molto alta per fungere da effetto volano e stabilizzare la corrente rettificata dal gruppo trasformatore-ponte di Graetz.

Proprio la dimensione di questi componenti ne esalta alcuni lati negativi che potrebbero pregiudicare la buona riuscita di un progetto.

Di seguito, ben lungi dal fare una trattazione esaustiva, analizzeremo i criteri di scelta per questi componenti.

### Condensatori per circuito di alimentazione: scelta del tipo di condensatore

Nella scelta della tipologia siamo vincolati ad ottenere una grande capacità con dimensioni accettabili. Il condensatore, in genere deve entrare in un alloggiamento e deve avere dimensioni e peso accettabile.

Questo limita la scelta ai soli condensatori elettrolitici.



A sinistra un esempio della varietà di questo tipo di condensatori, guardate il riferimento dimensionale costituito dalla moneta da 2 euro!!

Questi condensatori (tranne il più piccolo posto vicino alla moneta) hanno gli attacchi a vite che in molti casi hanno la doppia funzione di collegamento elettrico e fissaggio meccanico.

### Condensatori per circuito di alimentazione: dimensionamento della tensione massima

Fin qui è facile, occorre ovviamente un condensatore in grado di reggere una tensione superiore a quella di utilizzo nel circuito.

In realtà è sempre meglio eccedere compatibilmente con lo spazio che occupa un condensatore con una tensione di lavoro più alta rispetto ad uno con una tensione di lavoro più bassa e ovviamente tenere anche conto del maggior costo a parità di qualità.

Ricordatevi sempre che la tensione massima presente in un circuito di alimentazione è molto più alta nel momento dell'accensione che non a regime, questo perché le valvole nel momento iniziale hanno il catodo freddo, quindi non conducono e l'alimentatore praticamente lavora senza carico.

In alcuni amplificatori per ovviare a questo inconveniente la tensione anodica viene generata in ritardo rispetto all'accensione con un temporizzatore collegato con un relè che collega il secondario del trasformatore dell'anodica quando i catodi delle valvole sono già caldi.

### Condensatori per circuiti o di alimentazione: dimensionamento empirico della capacità

Innanzitutto occorre tenere in considerazione la struttura del filtro dell'alimentatore.

Se si tratta di un filtro pigreco ad ingresso capacitivo, il primo condensatore del filtro ha una capacità massima che è dettata dalle caratteristiche del diodo rettificatore (se si tratta di un diodo termoionico il valore massimo del condensatore è reperibile nel datasheet).

Non può essere troppo grande per non innescare dei picchi di corrente troppo accentuati nel diodo e, in qualche caso è bene che non sia neppure elettrolitico per via della bassa durata di vita dovuta alle correnti alternate (la componente del ripple) che lo attraversano.

Sempre tenendo conto di un filtro di alimentazione pigreco ad ingresso capacitivo il secondo condensatore, quello dopo l'induttore si dimensiona usando i seguenti criteri: In linea di massima ci sono diversi approcci possibili per stabilire la capacità utile a livellare convenientemente una tensione di alimentazione e nel contempo fungere da serbatoio di energia per gli stadi di potenza.

1. Nel primo caso si tiene in considerazione la corrente massima che viene richiesta al condensatore e in funzione di questa con una formula empirica si sceglie la capacità.  
In genere la corrente viene calcolata per il caso più sfavorevole e la capacità viene calcolata in 1000uF per ogni Ampere di picco.  
Questo negli amplificatori allo stato solido.  
Per gli amplificatori a valvole si veda il caso 2)
2. Si calcola l'impedenza del circuito che vogliamo alimentare e si sceglie il condensatore con una impedenza a 100Hz che sia almeno 20 volte minore se si tratta di un push-pull o 40 volte se si tratta di un single ended.
3. Si tiene conto dell'energia immagazzinata nei condensatori di filtro dimensionandola a 1 Joule ogni 1W di potenza in uscita.  
L'energia immagazzinata in un condensatore ricordiamo che si calcola  $(CxVxV)/2$  dove V è la tensione di carica e C la capacità in Farad del condensatore.
4. Comprare la capacità più grossa che ci possiamo permettere sia a livello di costo che di ingombro.  
Nessun amplificatore si è mai lamentato per una capacità di filtro troppo grande.

### Condensatori per circuiti o di alimentazione: dimensionamento analitico della capacità

Per un approccio più analitico e preciso che tuttavia si può rivelare notevolmente più complesso si procede nel seguente modo:

1. Occorre avere un dato fondamentale per tale calcolo che è la reiezione dell'amplificatore che andremo ad alimentare ai disturbi di alimentazione.  
Questo dato ci serve per determinare quanto il ripple si ripercuote poi sull'uscita dell'amplificatore sottoforma di rumore.
2. Dobbiamo stabilire quanta energia assorbe l'amplificatore ad una data potenza per cui vogliamo fare il calcolo.
3. Occorre calcolare quanta è l'energia immagazzinata dai condensatori di livellamento.
  - A questo punto si determina l'energia che l'amplificatore assorbe in un lasso di tempo pari a 1/100 di secondo, tempo che intercorre in un alimentatore a doppia semionda fra una carica del condensatore e quella successiva.
  - Si decurta questa energia da quella immagazzinata dal condensatore.
  - Si calcola la tensione che corrisponde all'energia residua del condensatore.
  - Si fa la differenza fra la tensione massima di carica del condensatore e la tensione ricavata al punto sopra e si ottiene il valore picco a picco della tensione di ripple.
  - A questo punto si divide tale tensione per il rapporto di reiezione dell'amplificatore e si ottiene la tensione picco a picco del ronzio in uscita dovuto al ripple.
  - Si trasforma il valore della tensione di uscita in valore efficace del ripple.
  - Si mette in rapporto la tensione del segnale in uscita con quello generato dal ripple in uscita (su scala logaritmica) e si ottiene il rapporto segnale/rumore.  
Se questi è dell'ordine di 80-90 o meglio 100 dB allora non avremo problemi.
  - Partendo dal valore di rapporto segnale/rumore che vogliamo ottenere possiamo fare il calcolo

inverso e ottenere l'energia immagazzinata dal condensatore e di conseguenza la sua capacità.

Complesso? Neanche più di tanto.

Unica incognita il rapporto di reiezione del ripple dell'amplificatore, dato che non abbiamo a priori fino a che non lo avremo costruito e poi misurato, è per questo che si usano quasi sempre metodi empirici per determinare la capacità di livellamento.

### Condensatori per circuiti o di alimentazione: Numero dei condensatori

Altro bel dilemma: quanti condensatori usare ?

Uno solo di capacità "N" o più che sommati danno sempre "N" ma con una minor induttanza e una minor resistenza serie? Un altro aspetto da prendere in considerazione è la più facile collocazione nel contenitore dove è alloggiata l'elettronica di tanti condensatori più piccoli che non uno grande.

In linea di massima anche questa volta l'approccio più costoso è anche quello migliore, che consiste nel frazionare la capacità.

Questo elimina il problema connesso alle grosse capacità che è quello della induttanza parassita serie che ne limita la reattività ai transienti.

Purtroppo questa soluzione se non implementata correttamente si rivela deleteria in molti casi.

Questo perché molti condensatori in parallelo hanno un MTBF (mean time between failures= tempo medio fra i guasti) che statisticamente è dato dall'MTBF di un condensatore diviso per il numero dei condensatori.

Questo fa sì che la durata di vita di un pacco di condensatori troppo frazionato sia breve, quindi occorre mediare fra i pregi e i difetti di questa soluzione.

Per contro tanti condensatori in parallelo si dividono equamente la corrente in ingresso/uscita dal componente riducendola proporzionalmente.

Essendo la corrente che circola causa del surriscaldamento delle armature del condensatore che ne limita la vita mettendoli in parallelo la vita del condensatore si allunga in controtendenza a quanto visto sopra.

Per unire fra loro i condensatori occorre usare un conduttore estremamente performante per non introdurre della resistenza fra i terminali dei vari condensatori e per avere un valido punto di massa comune.

Quindi una placca di materiale conduttore di grossa sezione di rame puro o d'argento se si vuole veramente fare la differenza.

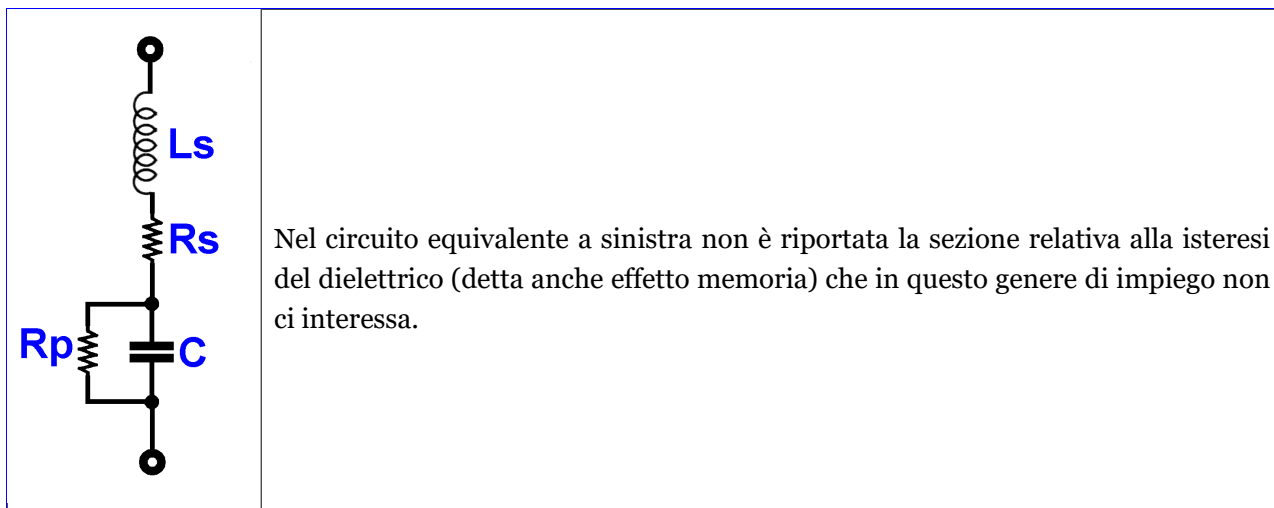
### Caratteristiche da tenere in considerazione nella scelta della capacità

Per ogni componente al modello teorico occorre affiancare il modello reale.

Nel modello reale della capacità occorre sempre scegliere i condensatori con una resistenza serie ( $R_s$ ) ed una induttanza serie ( $L_s$ ) serie minore.

Queste sono caratteristiche costruttive ben note, fornite dal produttore, quindi facilmente reperibili.

Importanza minore ha invece la resistenza  $R_p$  che rappresenta le perdite, la corrente che passa fra le armature attraverso il dielettrico, che nei condensatori elettrolitici è abbastanza grande rispetto agli altri tipi di condensatori.



### Eliminazione dell'influsso dell'induttanza serie

Per eliminare gli effetti dell'induttanza serie normalmente si mette in parallelo alla capacità principale costituita da condensatori elettrolitici tutta una serie di condensatori più piccoli e quindi caratterizzati da una induttanza serie  $R_s$  molto più bassa.

Questi condensatori hanno il duplice compito di bypassare eventuali componenti ad alta frequenza captate dal circuito trasformatore-raddrizzatore, come ad esempio disturbi captati dalla rete elettrica o rumore di commutazione dei diodi rettificatori e di sopperire a transienti nell'assorbimento dovuti all'amplificazione di alte frequenze.

Per evitare di vanificarne i benefici, questi condensatori devono essere collocati il più vicino possibile al carico ed in quantità sufficiente.



### Scaricare il condensatore

Questa è una nota fuori tema ma meglio rimarcare che come precauzione, considerata l'alta energia in gioco e in alcuni casi l'alta tensione è sempre bene scaricare i condensatori di stabilizzazione.

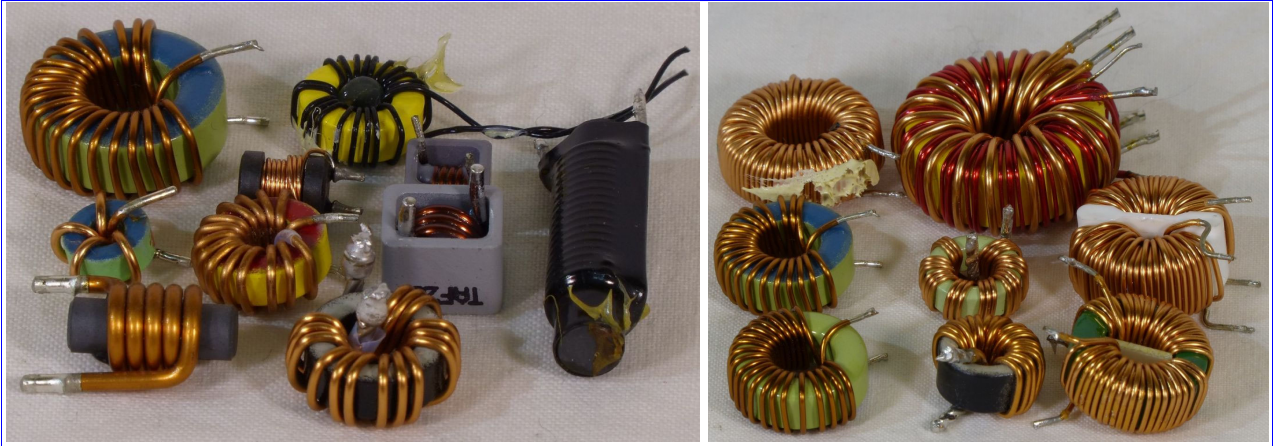
Basta collegare in parallelo al carico una resistenza di valore tale da scaricare i condensatori in alcuni minuti.

Per stabilire il valore della resistenza e il tempo di scarica basta ricordare che la formula che lega questi valori è la seguente:  $T=4,6 RC$  dove  $T$  è il tempo in Secondi, 4,6 è una costante,  $R$  è il valore della resistenza in  $\Omega$ ,  $C$  il valore del condensatore in Farad.



## Componenti passivi: induttori

### Induttori



Sono generalmente costituiti da un filo di materiale conduttore (tipicamente rame, ma anche argento) avvolto su un supporto ferromagnetico o in aria.

La caratteristica di un induttore di accumulare energia sotto forma di campo magnetico, è chiamata induttanza.

Gli induttori vengono comunemente chiamati anche induttanze e nelle applicazioni ad alta potenza vengono anche chiamati reattori (caso tipico quello del tubo al neon).

Il tipico comportamento dell'induttore è quello di opporsi ai cambiamenti della corrente che la attraversa generando una forza contro elettromotrice.

Viene, per questa caratteristica impiegata nei filtri degli alimentatori in combinazione con i condensatori per costituire le celle LC di soppressione del ripple di alimentazione.

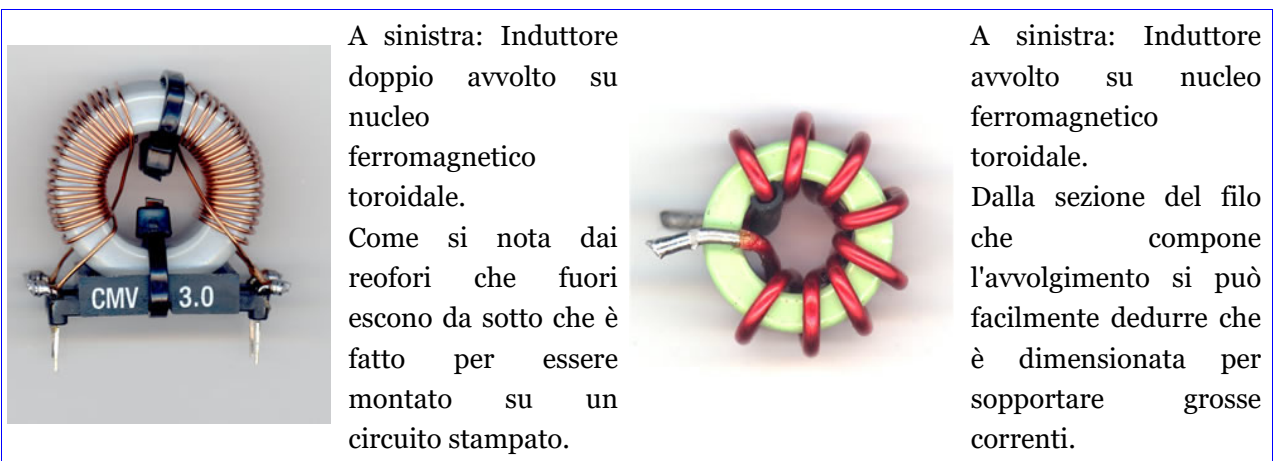
Si presentano in varie foggie, il fattore discriminante è appunto l'induttanza espressa in Henry.

L'induttanza è un accumulatore di energia magnetica così come il condensatore è un accumulatore di energia elettrostatica.

Il campo magnetico prodotto dal passaggio di corrente nel conduttore produce un campo magnetico (o meglio una forza magnetomotrice o f.m.m.

o tensione magnetica che si misura in Ampere Spira) che produce un flusso magnetico nel nucleo proporzionale all'intensità della tensione magnetica e inversamente proporzionale alla "resistenza" che incontra nel nucleo che in questo caso si chiama riluttanza magnetica.

Se il nucleo è composto da spezzoni di materiali diversi la riluttanza totale è data dalla somma delle singole riluttanze.



A sinistra: Induttore doppio avvolto su nucleo ferromagnetico toroidale.

Come si nota dai reofori che fuori escono da sotto che è fatto per essere montato su un circuito stampato.

A sinistra: Induttore avvolto su nucleo ferromagnetico toroidale.

Dalla sezione del filo che compone l'avvolgimento si può facilmente dedurre che è dimensionata per sopportare grosse correnti.



Induttori vari accomunati dal fatto di avere un nucleo composto da materiale ferromagnetico sinterizzato (polveri) di forma toroidale o composto da due "E". Come si può notare un indizio della corrente che passa nell'induttore si può desumere dal diametro del filo della stessa.



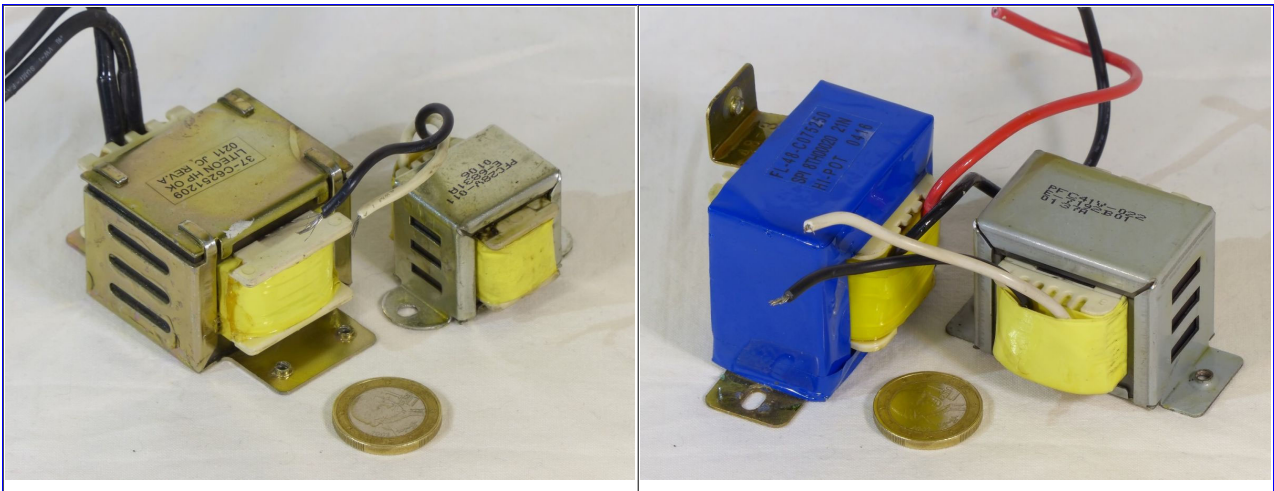
Induttori vari smontati da schede madri di computer. Si tratta di componenti fatti per funzionare a frequenze relativamente alte e sopportare correnti notevoli.



A sinistra, esempio di filtro di alimentazione realizzato con induttori e condensatori atto al filtraggio di transienti ad alta frequenza.

A destra esempio di induttore su nucleo lamellare usata in serie alla tensione di rete per eliminare i disturbi e come Power-factor correction negli alimentatori switching.





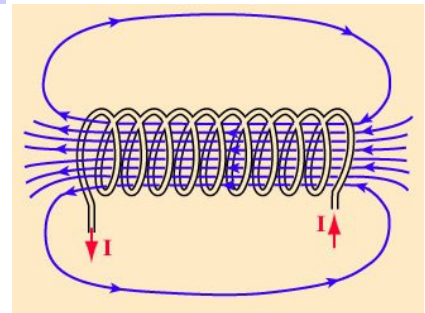
Nelle immagini sopra degli induttori impiegati in serie nei circuiti Power Factor Corrector (PFC) di un convertitore.

### Induttore: disegno esplicativo di principio.

In un induttore si ha una trasformazione da energia elettrica a energia magnetica, praticamente il campo magnetico prodotto dal passaggio della corrente è concentrato nel nucleo magnetico nel caso di una induttanza avvolta su nucleo, mentre per quelle avvolte in aria influenza tutto lo spazio circostante ed è tanto più intenso quanto più è alta la corrente che passa nell'avvolgimento.

Modificare il valore della corrente che passa significa modificare il campo magnetico e quindi l'energia magnetica immagazzinata.

Dal punto di vista della corrente l'analogo meccanico è un volano.



### Induttori variabili

Si tratta di induttori in cui è possibile entro certi limiti variare l'induttanza, in genere con un comando meccanico che agisce sulla geometria del nucleo.

Si utilizzavano nei circuiti di accordo per radiofrequenza al posto dei condensatori variabili.

### Induttori in serie e parallelo

L'induttanza equivalente di più induttori in serie considerando una mutua induzione fra loro trascurabile è uguale alla somma dei singoli valori di induttanza.

Quindi  $Leq=L1+L2+L3+....$

$L_n$

Nel caso di induttori in parallelo considerando una mutua induzione fra loro trascurabile l'induttanza equivalente è uguale a:

$1/Leq=(1/L1)+(1/L2)+(1/L3)+ ...$

$(1/L_n)$  dove  $Leq$  è l'induttanza equivalente,  $L_1, L_2, L_3, L_n$  sono le induttanze in parallelo.

### Induttori: energia immagazzinata

Una induttore percorso da corrente trasforma l'energia elettrica in magnetica.

L'energia di cui una induttanza si carica (e poi può cedere ad un utilizzatore esterno) si misura in Joule ed è uguale a  $1/2 \times L \times I \times I$  dove  $L$  è l'induttanza in Henry e  $I$  la corrente in Ampere.

### Fattore di merito dell'induttore

L'induttore ideale restituisce ad un utilizzatore esterno tutta l'energia che ha assorbito.

Nella realtà questo non accade per motivi legati alla resistenza dell'avvolgimento elettrico e alla

permeabilità del circuito magnetico, nonché alle perdite per isteresi, per flussi magnetici dispersi o concatenati con oggetti metallici nella immediate vicinanze dell'induttore.

Si definisce fattore di merito  $Q$  di un induttore il rapporto fra l'induttanza e la resistenza nella seguente proporzione  $Q=(2\pi fL)/R$  dove  $\pi$  è pigreco,  $f$  è la frequenza  $L$  è l'induttanza e  $R$  la resistenza del circuito.

Più grande è il suo valore, migliore è il rendimento dell'induttore.

In tutto questo non si tiene conto dei fenomeni di saturazione (corrente troppo intensa) che determinano un crollo dell'induttanza e quindi del fattore  $Q$  e che vanno anche tenuti presenti nella scelta dell'induttore.

### **Saturazione del nucleo dell'induttore**

Spendiamo due parole per descrivere questo fenomeno: quando la corrente nell'induttore supera un certo limite, il flusso magnetico che produce attraverso il nucleo ferromagnetico satura lo stesso, quindi aumentando la corrente non avremo più un aumento del flusso magnetico.

Questo fenomeno è da evitare in quanto l'effetto prodotto corrisponde ad un azzeramento dell'induttanza per correnti maggiori a quella di saturazione, avendo come effetto un aumento inaspettato della corrente che attraversa l'induttore non potendo più contare sull'effetto volano dello stesso.

### **Posso usare un trasformatore di alimentazione come induttore?**

Questa è una domanda che quando dovrete costruire un alimentatore con filtro pigreco e non troverete un induttore adatto probabilmente vi porrete.

La risposta è sì e no.

Dal punto di vista costruttivo un trasformatore di alimentazione ed un induttore sono pressoché uguali.

Quello che cambia è il nucleo.

Un trasformatore di alimentazione è fatto per essere alimentato con una corrente alternata, il suo nucleo si satura facilmente se sottoposto ad una corrente continua.

Quindi possiamo utilizzarlo, ma per correnti di molto inferiori a quelle di targa per evitare che si saturi il nucleo.

Una ulteriore possibilità è creare un traferro segando i lamierini sui fianchi del trasformatore, tuttavia il traferro fatto in questo modo, complice lo spessore troppo alto della lama della sega, farebbe scendere di molto il valore di induttanza, quindi avremmo un induttore poco efficace.

Oppure si potrebbe smontare il trasformatore e mettere degli spessori (carta velina) fra i lamierini (sempre per produrre un traferro ma di dimensioni più ridotte).

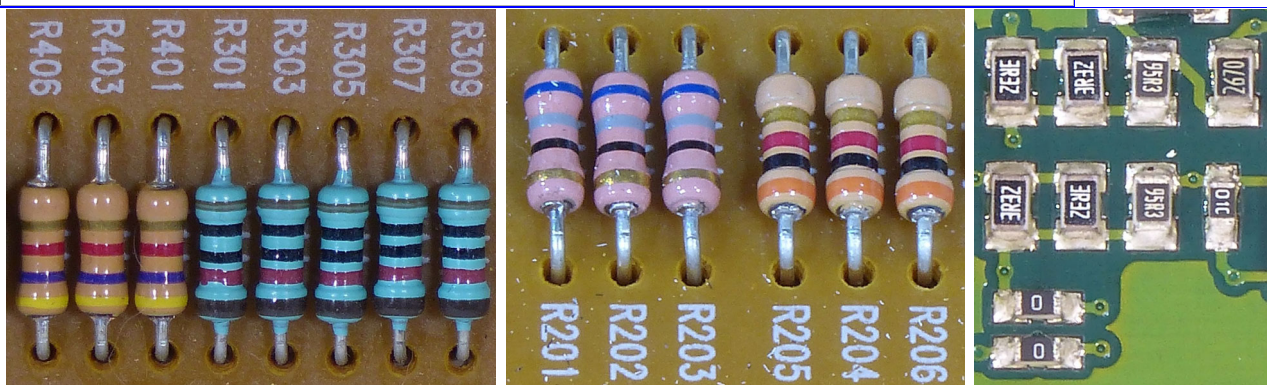
Quando andremo a rimontarlo dovremo anche resinare sottovuoto per evitare che i lamierini entrino in vibrazione.

In definitiva non vi è una scelta vincente in assoluto, vi conviene cercare un induttore o optare per un diverso approccio nella progettazione del circuito di alimentazione.

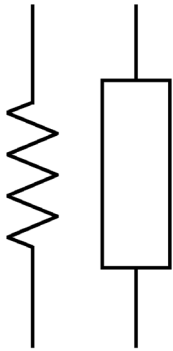


## Il resistore

<b>Indice Argomento Corrente</b>
<b>1 - Premessa</b>
<b>2 - Resistenza o Resistore?</b>
<b>3 - Resistore : caratteristiche fisiche</b>
<b>4 - Resistori fissi: quadro riassuntivo</b>
<b>5 - Resistori ad impasto di carbone (carbonio)</b>
<b>6 - Resistori a film metallico</b>
<b>7 - Resistori a film in Carbone</b>
<b>8 - Resistori all'ossido di metallo</b>
<b>9 - Resistori a filo</b>
<b>10 - Resistori a film sottile</b>
<b>11 - Resistori a film spesso</b>
<b>12 - Resistori SMD (Surface Mounting Device) o SMT ( Surface Mount Techonology)</b>
<b>13 - Reti di resistori</b>
<b>14 - Resistori di potenza a film spesso in contenitore TO220 - TO247</b>
<b>15 - Temperature Dependent Resistor (TDR): Resistori variabili in funzione della temperatura</b>
<b>16 - Resistori VDR (Voltage Dependent Resistor) o Varistori</b>
<b>17 - FotoResistori (o fotoresistenze): resistori variabili in funzione della luce</b>
<b>18 - Resistori variabili</b>
<b>19 - Definizione dei valori caratteristici</b>
<b>20 - Influenza dell'umidità atmosferica o ambientale</b>
<b>21 - Combinazioni di resistori:</b>
<b>22 - Resistori reali</b>
<b>23 - Note sull'utilizzo dei resistori</b>



### Premessa



Il resistore (nell'immagine a sinistra il simbolo circuitale) è il componente più utilizzato in assoluto in elettronica.

Ne esistono per valori che vanno dalla frazione di Ohm ( $\Omega$ ) a svariati TeraOhm ( $T\Omega$ ) e per potenze che vanno dalla frazione di Watt fino a Megawatt.

Ne esistono diverse tipologie, vanno scelte in base all'impiego in funzione del valore resistivo, della potenza massima dissipabile, della tensione massima di esercizio, della temperatura massima sopportabile, dell'induttanza e della capacità parassita, dell'ambiente operativo e della frequenza di impiego).

### Resistenza o Resistore?

Il resistore, anche chiamato impropriamente resistenza per metonimia, è un tipo di componente elettrico destinato a fornire una specifica resistenza elettrica (che si misura in Ohm simboleggiato da  $\Omega$  in onore del fisico tedesco Georg Simon Ohm scopritore dell'omonima legge di Ohm) al passaggio della corrente elettrica.

Noi in questo testo utilizzeremo indistintamente in termine "resistore" o il più comune "resistenza" per riferirci a questo componente.

Ricordiamo che la resistenza elettrica è una grandezza fisica scalare che misura la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di una corrente elettrica, quando sottoposto ad una tensione elettrica.

### Resistore : caratteristiche fisiche

I resistori sono dei componenti passivi che in un piccolo spazio realizzano resistenze di valore prefissato e costante ai loro terminali con una certa immunità nei confronti delle variazioni termiche che in ogni caso devono essere ridotte al minimo.

Hanno una potenza massima dissipabile che è riferita ad un ben determinato valore di temperatura dell'involucro.

Quindi è legata alla dissipazione e di conseguenza all'ambiente dove operano.

Vale sempre il principio fisico per il quale il calore si propaga per conduzione, convezione ed irraggiamento, quindi la temperatura dell'involucro del resistore dipende da questi tre parametri che determinano il passaggio di calore dal resistore all'ambiente esterno.

**G=Conduttanza**

$$G = \frac{1}{R}$$

L'inverso della resistenza è la conduttanza che si misura in Siemens e si indica di solito con la lettera "G".

La conduttanza è il reciproco della resistenza ed è una grandezza che trova applicazione in fase di calcolo.

Molte volte, come nel caso di resistori in parallelo è molto più pratico eseguire il calcolo usando la conduttanza.

### Resistori fissi: quadro riassuntivo

Resistori THT ( Through Hole Technology) per montaggio su circuito stampato.

Tipologia	Caratteristiche	Impiego	Potenza Massima
Resistori ad impasto	Bassa induttanza e capacità parassita. Bassa stabilità nel tempo e alto coefficiente di temperatura.	Dovunque necessiti una grande tenuta a forti impulsi di corrente.	Qualche watt
Resistori a film metallico	Alta precisione.	Strumenti di misura e da laboratorio.	Qualche watt
Resistori a film di carbone	Basso rumore, alta tensione e temperatura.	Alimentatori ad alta tensione, radar, raggi X e laser.	Qualche watt
Resistori all'ossido di metallo	Alta tensione e temperatura.	Impiego generico dettato dal basso costo.	Qualche watt
Resistori a filo	Alta precisione, alta stabilità, buona capacità dissipativa. Alta induttanza parassita e se antiinduttivo alta capacità parassita.	Dove sia richiesta precisione o grande potenza.	Fino a 1Kw

Resistori SMD (Surface Mounting Device) o SMT ( Surface Mount Techonology)

Tipologia	Caratteristiche	Impiego	Potenza Massima
Resistori a film sottile	Alta precisione, alta stabilità termica, basso rumore, bassa induttanza e capacità parassita.	Apparecchiature mediche, di misura, professionali in genere.	Fino ad 1W
Resistori a film spesso	Basso prezzo, alta stabilità, buona tenuta in tensione, bassa induttanza e capacità parassita..	Elettronica consumer.	Fino ad 1W

### Resistori ad impasto di carbone (carbonio)

In questi resistori l'elemento resistivo è costituito da polvere di carbone o grafite e resine sintetiche mescolate con materiali inerti quali il talco o argilla, in proporzioni diverse a seconda del valore della resistenza che si vuole realizzare.

L'elemento resistivo è costituito da un corpo cilindrico a cui vengono applicati i terminali (reofori) e che viene ricoperto da una custodia isolante costituita, o da un tubetto di ceramica bloccato agli estremi con cemento anch'esso isolante, o da uno strato di bachelite stampata.

Nelle immagini sotto in marrone i resistori ad impasto di carbone.





Il grande vantaggio di resistori ad impasto di carbone è la loro capacità di resistere agli impulsi ad alta energia.

Quando la corrente fluisce attraverso il resistore, l'intero corpo del resistore conduce l'energia a differenza, ad esempio, dei resistori a filo che hanno un volume del filo conduttore molto più piccolo in rapporto alla loro dimensione.

Quindi la massa termica del resistore ad impasto di carbone è molto più elevata, con conseguente possibilità di una gestione migliore dell'energia impulsiva.

Inoltre i resistori ad impasto di carbone possono essere realizzati con una resistenza maggiore dei resistori a filo, e sono notevolmente più economici.

Tuttavia, le proprietà sono peggiori in termini di coefficiente di temperatura, di rumore, e dipendenza della resistenza della tensione.

Cinquant'anni fa i resistori ad impasto di carbone sono stati ampiamente utilizzati per l'elettronica di consumo.

A causa della bassa stabilità del valore di resistenza, questo tipo di resistori non è adatto per applicazioni in cui è richiesta un'alta precisione.

Ad esempio, il valore di resistenza può variare fino a 5% nel periodo di un anno.

Con l'uso pesante il valore cambia ancora di più: fino al 15% per un test di 2000h con temperatura di 70°C.

La stesso calore in fase di saldatura può causare una variazione di 2%.

La ragione di questa instabilità è in relazione alla progettazione del resistore.

I resistori ad impasto di carbone contengono materiali con differenti proprietà di dilatazione termica.

Quando le particelle di carbonio che conducono e il legante non conduttivo si riscaldano o raffreddano, intervengono tensioni meccaniche nel corpo della resistenza.

Il contatto meccanico tra le particelle conduttrici cambia, e questo porta ad un cambiamento nel valore di resistenza.

Inoltre producono un forte rumore dovuto alla miscela di materiali diversi, quindi non sono adatti agli stadi di ingresso degli amplificatori.

Il livello di rumore aumenta con l'aumentare della corrente.

Tipicamente i resistori da 0.25W e 0.5W, hanno una tensione massima di rispettivamente 150V e 500V.

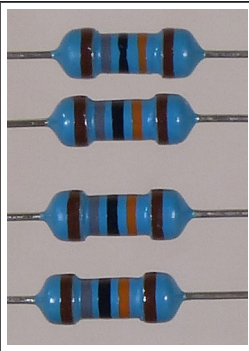
La resistenza di isolamento è scarsa, con circa il  $10^9\Omega$  (ordine di grandezza peggiore se riferito agli altri tipi).

Un altro motivo che ha decretato la riduzione dell'uso di questo tipo di resistori è il coefficiente di temperatura elevato, circa 1200 ppm/°C.

La temperatura operativa è compresa tra circa  $-40$  e  $150^{\circ}\text{C}$ .

Tuttavia, la resistenza varia eccessivamente (per il coefficiente di temperatura elevato) per temperature superiori a  $70^{\circ}\text{C}$ .

### Resistori a film metallico



Questo tipo di resistore è una variante dei resistori a film sottile in cui il film metallico è applicato su un supporto cilindrico.

Il materiale resistivo è un film sottile di metallo, ottenuto per evaporazione di una lega di nichel-cromo in un ambiente con vuoto spinto; il grado di vuoto, la temperatura, l'evaporazione e lo spessore del film sono accuratamente controllati.

Il film resistivo è depositato su un supporto (substrato) ceramico a forma di cilindro compatto.

Nel seguente diagramma si può vedere un substrato ceramico coperto con un film resistivo.

Il substrato è bloccato, su ciascun lato, da cappucci metallici.

I terminali o reofori (filo conduttore) sono saldati sopra i cappucci.

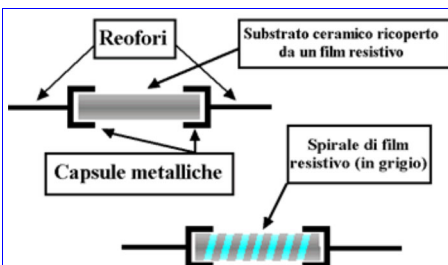
La composizione del film resistivo può variare da un tipo di resistore ad un altro ma la seguente descrizione copre la maggior parte dei resistori a film.

Per cambiare il valore del componente, il film resistivo viene tagliato elicoidalmente mettendo a nudo il substrato.

La resistenza può essere modificata variando il modo in cui l'elemento è tagliato.

In basso si può vedere che lasciando un elemento resistivo largo e relativamente corto si ha di conseguenza una resistenza molto bassa.

Un'elica più stretta e lunga ha come conseguenza una resistenza più alta.



Esempio di resistore a film metallico.

Il metallo viene evaporato sottovuoto su un supporto di ceramica, poi vengono ricavati degli scavi elicoidali per aumentare la resistenza fino al valore prefissato.

### Resistori a film in Carbone

I resistori a film in Carbone sono alcuni tra le meno costosi e perciò più comunemente usati.

Essi sono costruiti su un supporto ceramico con intorno una sottile pellicola di carbonio puro che funziona come materiale resistivo.

I resistori a film in carbone sono un miglioramento significativo rispetto a quelli ad impasto di carbone.

Tuttavia, in confronto a quelli a film metallico o ad ossido di metallo, la gamma disponibile commercialmente diminuisce costantemente.

I resistori a film metallico o ad ossido di metallo non sono più costosi da produrre, e hanno proprietà migliori.

I resistori a film in carbone possono essere costruiti in 2 modi:

1. Il substrato viene esposto a gas di idrocarbone sotto vuoto (ad alte temperature), un film di carbone viene depositato sul substrato ceramico .

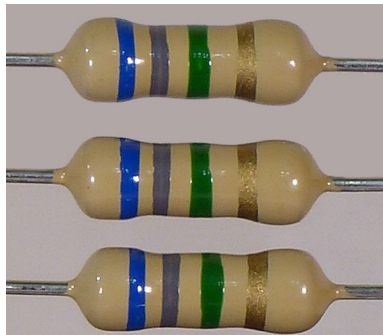
Il film viene quindi tagliato per produrre il valore desiderato di resistenza.

2. Sul substrato viene depositato un polimero di carbone.

Il valore della resistenza è determinato dalla quantità di carbone nel polimero, dalla larghezza e dalla lunghezza dell'elemento resistivo.

I resistori a film di carbone hanno valori di tolleranza tipici del 2, 5, 10 e 20%.

Sono disponibili per valori compresi tra  $1\Omega$  -  $10'000\text{ M}\Omega$ .



Tipici resistori a film di carbone.

Come si nota dalla banda oro la tolleranza è del 5%

### Resistori all'ossido di metallo

Si producono in genere con due diverse tecniche:

1. Deposizione chimica.

Quasi sempre come substrato viene utilizzato un supporto ceramico.

Il processo di deposizione comporta la reazione di un metallo puro con un gas ad alta temperatura e bassa pressione.

L'ossido metallico più comunemente utilizzato è l'ossido di stagno.

Il film è stabilizzato riscaldando il corpo della resistenza in un vapore di cloruro di stagno.

2. Processo per ossidazione.

Innanzitutto un film metallico sottile viene applicato su un supporto ceramico, e viene poi fatto reagire con dell'ossigeno.

Dalla reazione si forma un ossido di metallo che costituisce la pellicola resistiva.

Dopo che la pellicola è applicata al corpo della resistenza, il valore della resistenza finale si ottiene applicando un taglio elicoidale.

Questo è fatto solitamente con un taglio laser, mentre in passato era fatto mediante levigatura o sabbiatura.

Il taglio a spirale rende il percorso resistivo più lungo e di sezione più piccola, e può aumentare il valore di resistenza fino a mille volte rispetto a prima del taglio.

Il valore di resistenza può essere accuratamente controllato dal taglio.

Per ottenere una maggior precisione, durante il processo di taglio la resistenza può essere misurata per consentire piccole correzioni.

Applicazioni tipiche:

Questo tipo di resistore ha proprietà simili a quelli a strato metallico.

Sono le più comunemente utilizzate assieme a quelle a strato metallico.

Rispetto ai resistori a film di carbone per potenze inferiori ad 1W i prezzi sono altrettanto bassi.

I resistori all'ossido di metallo possono resistere alle alte temperature meglio dei resistori a film di metallo o dei resistori a film di carbone.

### Resistori a filo

si tratta di un filo avvolto su un supporto, in genere ceramico costituito da uno dei seguenti materiali:

- Nichel-Rame (manganina e costantana) usate per resistori di grande precisione e stabilità.

- Nichel-Cromo, usate per realizzare resistori di rilevante potenza.
- Nichel-Cromo-Alluminio, usate per realizzare resistori con elevati valori di resistenza.
- Nichel-Cromo-Ferro, usate nei resistori più economici.

Dal punto di vista costruttivo i tipi più comuni hanno il case ceramico.

Generalmente, il tipo corazzato ha un piccolo elemento all'interno del case più grande.

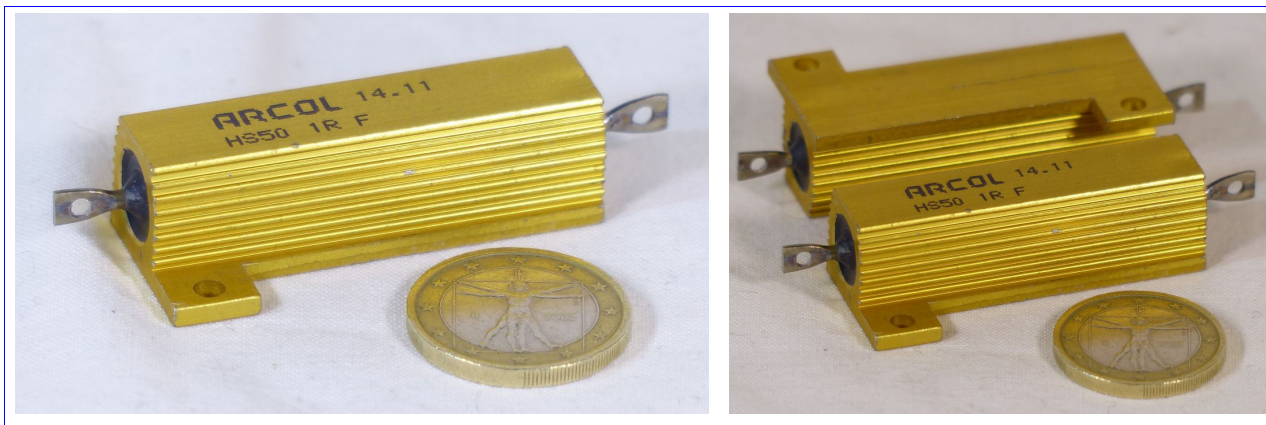
Il case più grande è necessario per aiutare lo smaltimento di calore e prevenire eccessivi innalzamenti della temperatura (per evitare la rottura del resistore).

Un altro tipo di resistore a filo è realizzato avvolgendo il filo avvolto sul case ceramico.

In questo caso il filo è visibile come una cresta sotto il rivestimento isolante.

Nei resistori a filo, essendo normalmente di dimensioni rilevanti, il valore viene stampigliato sull'involucro, al posto della virgola viene messa la lettera "R" oppure "K" per separare le migliaia dalle unità.

Così 4R7 è un resistore da  $4,7\Omega$ , 4K7 è un resistore da  $4700\Omega$  mentre R22 è un resistore da  $0,22\Omega$ .

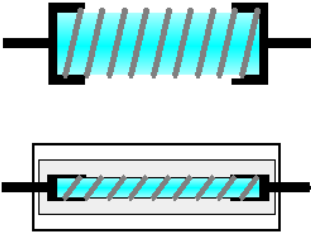
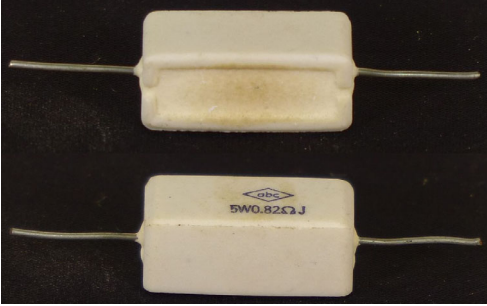



Nell'immagine sopra, dei resistori a filo corazzati.

Si tratta di un filo avvolto su un supporto ceramico, introdotto in un involucro metallico e fissato all'interno mediante una resina termoconduttiva, per migliorare la dissipazione.

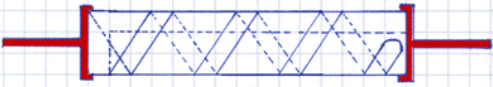
Il contenitore (color oro) viene fissato su una aletta di raffreddamento o su una massa metallica a cui trasmettere il calore da dissipare (trasmissione del calore per conduzione).

Questo è necessario per contenere la temperatura massima.

	<p>Disegno di un resistore a filo, sopra normale, sotto corazzato.</p>
	<p>Resistore a filo di piccola potenza (5Watt) avvolta su un supporto in ceramica inglobato con della resina all'interno di un contenitore di ceramica.</p>
	<p>Resistore a filo di media potenza (15Watt) avvolta su un supporto in ceramica cavo (tubetto di ceramica) con alle estremità, terminali a fascetta bloccati con un rivetto.</p>

Nell'immagine sopra il tutto è verniciato di verde con della vernice a prova di calore.

Questo tipo di resistore non avendo una superficie di contatto atta a trasferire il calore per conduzione, dissipa il calore per convezione (il calore passa all'aria che innesca dei moti convettivi) ed irraggiamento (il calore viene irradiato sotto forma di raggi infrarossi) e per migliorare l'irraggiamento il resistore viene in genere verniciato con colore scuro.

	<p>Esistono inoltre resistori a filo antiinduttivi, avvolti in modo tale da evitare che il filo metallico avvolta sul supporto di ceramica si comporti come una induttanza.</p>
---	---

Questo si ottiene avvolgendo due fili affiancati e poi ad una estremità collegati in serie in modo che il campo magnetico prodotto dai due dia una somma algebrica uguale a zero.

Tuttavia con questa tecnica diminuisce la massima tensione applicabile e aumenta la capacità parassita dovuta alla maggior differenza di potenziale media fra i fili che compongono l'elemento resistivo.

I resistori a filo antiinduttivi si usano soprattutto in alta frequenza, dove una bassa induttanza parassita è indispensabile, dove comunque sono preferiti i resistori a film spesso di potenza.

### Resistori a film sottile

Lo strato resistivo viene atomizzato (deposizione sottovuoto) su una base di ceramica, silicio o vetro.

Questo crea una pellicola metallica uniforme con uno spessore dell'ordine di grandezza di 0,1 micrometri sul substrato ceramico.

Spesso viene utilizzata una lega di nichel e cromo.

Variando lo spessore del film resistivo si predispongono i resistori per assumere un valore Ohmico finale ben preciso.

Con questo metodo lo strato del film resistivo è compatto ed uniforme, il che rende facile modificare il valore di resistenza mediante un processo sottrattivo.



Questo si realizza con tecniche di fotoincisione o con taglio laser e nello specifico sono create delle incisioni sul film resistivo allo scopo di aumentarne il percorso resistivo e tarare il valore di resistenza. Solitamente i resistori SMD a film sottile oltre alla forma classica di parallelepipedo possono essere prodotti con forma simile ad un chip single in line o dual in line, ma il film può anche essere applicato su una base cilindrica con terminali assiali.

In questo caso il prodotto finale viene chiamato resistore a film metallico.

In genere i resistori a film sottile sono utilizzati per applicazioni di precisione.

Presentano bassa tolleranza, basso coefficiente di temperatura e bassa rumorosità .

Anche nelle applicazioni in alta frequenza i resistori a film sottile si comportano meglio di quelli a film spesso.

L'Induttanza e la capacità parassita sono generalmente più bassi.

L'induttanza parassita del resistore a film sottile può essere maggiore se viene eseguito il trimming ad elica cilindrica (resistore a strato metallico su supporto cilindrico).

Tipici esempi dell'utilizzo dei resistori a film sottile sono attrezzature mediche, apparecchiature audio professionali, controlli di precisione e dispositivi di misurazione.

### **Resistori a film spesso**

Nel 1970 i resistori a film spesso hanno iniziato a guadagnare popolarità.

Oggi sono di gran lunga i resistori più utilizzati in dispositivi elettronici consumer.

Vengono solitamente costruiti come componenti SMD (ma non solo, soprattutto per le applicazioni di potenza) e hanno il costo più basso rispetto a qualsiasi altra tecnologia.

Il materiale resistivo è una pasta costituita da una miscela di un legante, un vettore, e gli ossidi metallici da depositare.

Il legante è a base vetrosa, il vettore è composto da solventi organici e plastificanti.

Le paste resistive moderne sono basate su ossidi di rutenio, iridio e renio.

Questo impasto viene chiamato anche CERMET (ceramica - Metallo).

Lo strato resistivo è stampato su un substrato a 850 ° C.

Il substrato è costituito di allumina ceramica.

Dopo la cottura della pasta sul supporto, il film diventa vitreo, il che lo rende ben protetto dall'umidità (materiale a bassa igroscopicità).

Lo spessore è dell'ordine di 100 micrometri.

A differenza della film sottile, questo processo è additivo.

Ciò significa che gli strati resistivi vengono aggiunti sequenzialmente al substrato per creare differenti valori di resistenza.

Il coefficiente di temperatura varia tipicamente da 50 ppm a 200 ppm / K.

Le tolleranze sono tra 1% e il 5%.

Poiché i costi sono bassi, i resistori a film spesso sono generalmente preferiti nel caso in cui non ci serva precisione elevata e alta stabilità.

Pertanto, queste resistenze possono essere trovate in quasi tutti i dispositivi commerciali.

I vantaggi rispetto alla tecnologia a film sottile non si limita al costo inferiore, ma anche alla possibilità di gestire più potenza a parità di dimensioni, di fornire una gamma più ampia di valori di resistenza e di sopportare elevate sovratensioni.

### **Resistori SMD (Surface Mounting Device) o SMT ( Surface Mount Technology)**

La tecnologia SMT consiste nel saldare il componente direttamente sulle piazzole del PCB invece di inserirlo in appositi fori di passaggio (THT – Throug Hole Technology), con un notevole risparmio di spazio e costi rispetto alla tecnologia THT, la distanza tra i pin passa da 2.54mm a 1.27mm e anche meno.



Inoltre è una tecnologia pensata per l'assemblaggio completamente automatizzato dei circuiti realizzato con appositi sistemi robotizzati.

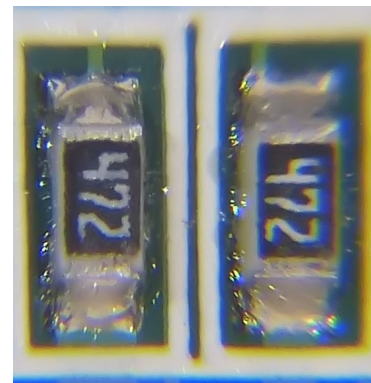
Si tratta di resistori adatti al montaggio superficiale in genere realizzati con la tecnica a film sottile (thin film) o a film spesso (thick film).

I resistori SMD più utilizzati attualmente sono quelli a film spesso, meno costosi e con la possibilità a parità di dimensione di gestire potenze più alte.

Quelli a film sottile sono utilizzati qualora occorra una precisione più alta, una buona stabilità e un basso rumore.

Sotto una immagine (macro) di due resistori SMD tipo 0805 (2,0mm X 1,25mm) da 4700Ω e la tabella delle dimensioni dei vari tipi di resistore SMD.

Tipologia	dimensione in millimetri
01005	0,4mm X 0,2mm
0201	0,6mm X 0,3mm
0402	1,0mm X 0,5mm
0603	1,6mm X 0,8mm
0805	2,0mm X 1,25mm
1206	3,2mm X 1,6mm
1210	3,2mm X 2,5mm
1812	4,6mm X 3,0mm
2010	5,0mm X 2,5mm
2512	6,3mm X 3,0mm



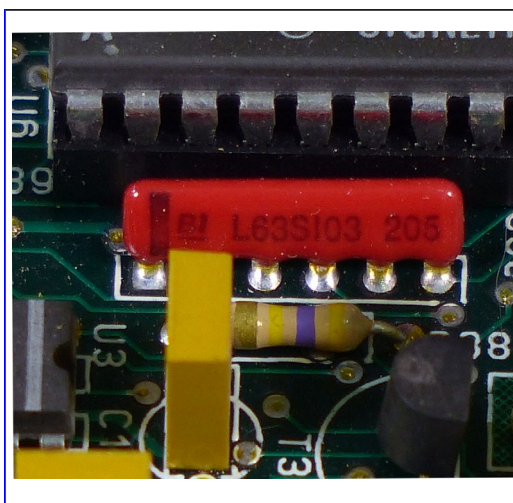
### Reti di resistori

Si tratta di gruppi di resistori inclusi in un unico involucro per ragioni di praticità.

Sono realizzati in genere con la tecnologia a film spesso.

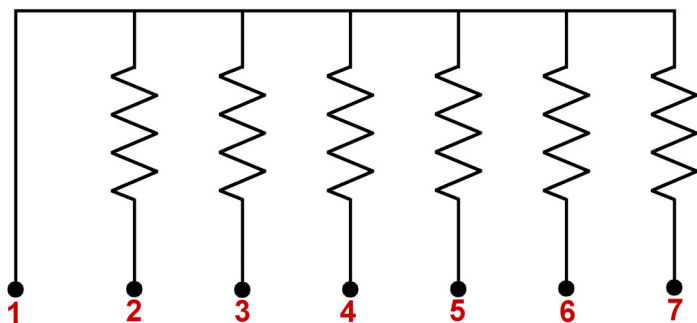
In genere hanno la forma di un chip single in line (SIL) o dual in line (DIL) anche smd simile esteticamente ad un circuito integrato.

Questi componenti vengono in genere utilizzati nei circuiti logici come resistori di pull-up per i bus dei microcontrollori oppure come terminatori di linea.



Nell'immagine a sinistra in rosso una rete di resistori montata su un PCB.

Nell'immagine sotto lo schema di una rete resistiva.



### Resistori di potenza a film spesso in contenitore TO220 - TO247

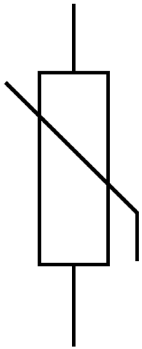


Si tratta di resistori con un contenitore abbastanza insolito.

Sono realizzati in genere con una tecnologia atta a ridurre l'induttanza parassita (film spesso) quindi ideali per applicazioni in alta frequenza.

Se collegati ad un opportuno sistema di smaltimento del calore opportunamente dimensionato sopportano potenze che possono arrivare a 200W.

### Temperature Dependent Resistor (TDR): Resistori variabili in funzione della temperatura



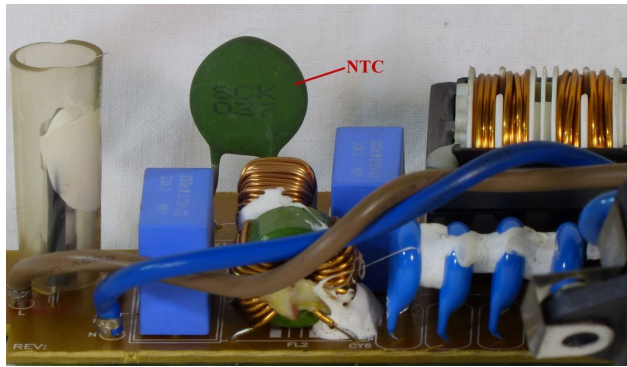
Ce ne sono di due tipologie: PTC ed NTC.

NTC è l'acronimo di Negative Temperature Coefficient resistors, PTC Positive Temperature Coefficient resistors sono resistori che variano il loro valore di resistenza al variare della loro temperatura.

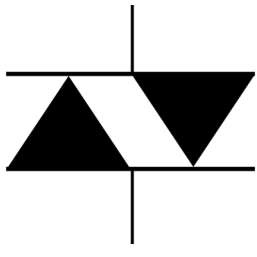
Nella fattispecie i PTC aumentano il loro valore ad un aumento della temperatura e gli NTC lo diminuiscono.

Utilizzi:

- Si usano in genere come sensore di temperatura.
- Un altro tipico impiego è come fusibile autoripristinante (PTC).  
In pratica quando vi è un cortocircuito la corrente che passa nell'NTC posto in serie all'alimentazione aumenta provocando il riscaldamento dello stesso che aumenta la sua resistenza limitando la corrente e proteggendo il circuito.  
E' particolarmente indicato per proteggere da cortocircuiti o sovraccarichi qualsiasi dispositivo elettronico.  
A differenza di un comune fusibile, non è necessario sostituirlo, infatti è in grado di ripristinarsi automaticamente quando il cortocircuito o il sovraccarico non è più presente e quindi viene a cessare la causa che ne ha determinato il riscaldamento.
- Limitatore di picchi di assorbimento (NTC).  
In questo caso il termistore è posto in serie all'alimentazione e all'atto dell'accensione presenta un valore di resistenza alto.  
Poi con il passaggio della corrente si scalda e il suo valore di resistenza diminuisce.  
Si mette in genere in serie ai circuiti degli alimentatori che dovendo caricare dei condensatori all'atto dell'accensione produrrebbero dei picchi di assorbimento molto alti.



**Resistori VDR (Voltage Dependent Resistor) o Varistori**



Nell'immagine a sinistra il simbolo circuitale classico di un VDR. Si tratta di resistori non lineari impiegati in genere per proteggere un dispositivo elettronico da sovratensioni transitorie.

Presentano una grande resistenza a tensioni basse e una bassa resistenza superata una tensione di soglia preimpostata di fabbrica.

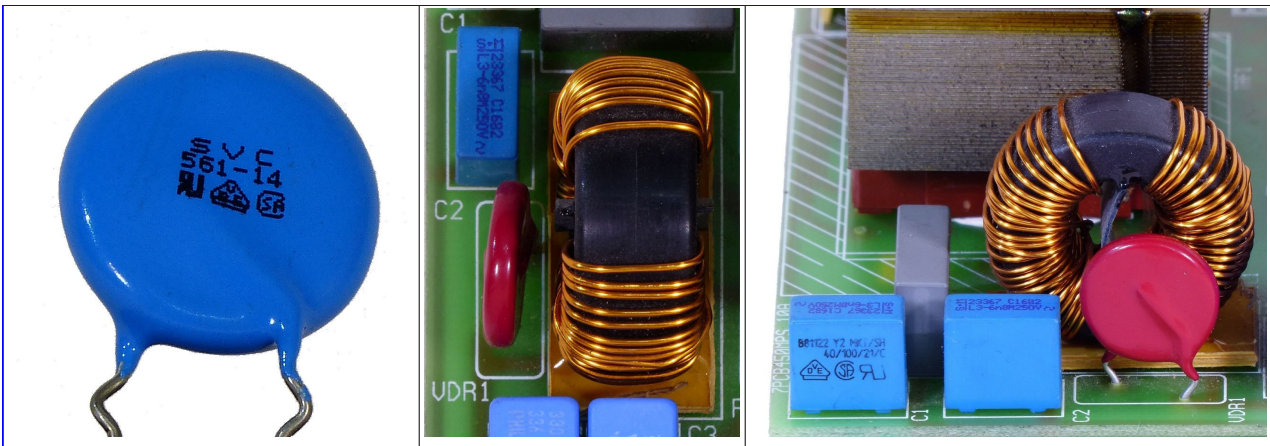
Ha quindi un funzionamento molto simile a due diodi zener collegati in antiserie, ma la capacità di gestire alte correnti per brevi istanti.

Questi dispositivi non hanno una polarità quindi possono essere montati senza tenere conto del verso.

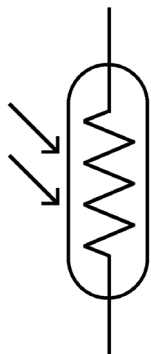
Nei circuiti elettronici è collegato sempre in parallelo alla tensione di rete e si trova sempre all'inizio del circuito, subito dopo il fusibile o altri elementi di filtraggio della tensione di rete.

In genere la miglior protezione per un circuito alimentato alla tensione di rete si ha utilizzando 3 VDR, il primo fra fase e neutro, il secondo fra neutro e terra e il terzo fra fase e terra.

Nelle immagini sotto alcuni VDR (al centro e a destra il componente in rosso) montati su un circuito di un alimentatore.



**FotoResistori (o fotoresistenze): resistori variabili in funzione della luce**



Detti comunemente VDR ("Light Dependent Resistor", tradotto "resistore dipendente dalla luce") sono resistori che abbassano il loro valore di resistenza all'aumentare della luce che li investe (nell'immagine a sinistra il simbolo circuitale di un fotoresistore).

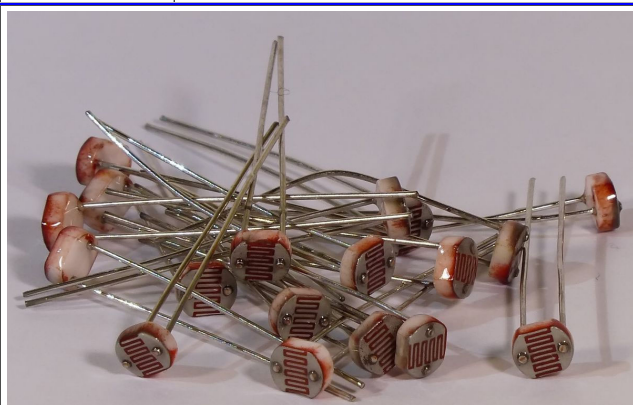
Vengono impiegati come sensori in sistemi automatici di accensione delle luci (interruttori crepuscolari) ed altro.

I possibili impieghi sono molteplici è un componente molto versatile, viene utilizzato anche in alcuni tipi di fotoaccoppiatori analogici principalmente per il controllo automatico del guadagno in compressori analogici tipicamente impiegati nell'ambito dell'amplificazione di strumenti musicali.

Per questo impiego vengono combinati con un led che funge da emettitore di luce e inglobati in un tubetto di materiale non trasparente, in modo da isolare il tutto dalla luce ambiente.

Il principale problema che presenta questo dispositivo è la bassa velocità di reazione, in genere impiega un tempo variabile da 20 a 30 mS per stabilizzarsi su un nuovo punto di lavoro e 10 Sec.

per arrivare al valore massimo di resistenza in condizioni di buio assoluto.



Nell'immagine a sinistra dei fotoresistori di basso costo.

L'elemento fotosensibile presente fra i due contatti collegati ai reofori (la parte arancione al centro del pettine collegato ai contatti) è ricoperto di resina epossidica per preservarlo dagli agenti atmosferici.

Nei modelli più costosi l'elemento fotosensibile è inglobato in un piccolo cilindro plastico.

## Resistori variabili

In genere i resistori di più ampio utilizzo sono quelli fissi, quelli caratterizzati da un ben preciso valore di resistenza.

Esistono tuttavia anche resistori variabili.

In genere la variazione di resistenza viene attuata tramite un comando meccanico che permette di far spostare un contatto strisciante sul resistore vero e proprio parzializzandolo.

Questi resistori assumono il nome specifico di trimmer quando vengono utilizzati nelle tarature e il comando meccanico viene utilizzato di rado, potenziometri quando vengono utilizzati per regolare il volume in apparati amplificatori, in questo caso il comando meccanico è accessibile dall'esterno del mobile.

Questi componenti verranno trattati nell'apposita sezione a loro dedicata.

## Definizione dei valori caratteristici

- Precisione = è la massima deviazione percentuale tollerata dal valore nominale.
- Potenza = è la massima potenza che il resistore può sopportare in funzione della durata di vita e della temperatura ambiente.

Per resistori di potenza corazzati occorre predisporre uno scambio di calore fra il resistore e una massa metallica (mobile metallico del dispositivo o aletta di raffreddamento) in modo da dissipare il calore prodotto mantenendo bassa la temperatura del resistore.

I resistori corazzati allo scopo di smaltire il calore hanno un sistema di fissaggio (fori per viti) che

permette di fissarli facilmente ad una massa metallica.

Per aumentare la conduzione di calore dal resistore alla massa metallica deputata allo smaltimento del calore è opportuno frapporre fra il resistore e la stessa della pasta siliconica termoconduttiva.

- Coefficiente di temperatura = è la variazione di resistenza causata dalla temperatura espressa in ppm/°C oppure in %/°C.
- Massima tensione di lavoro = è la massima tensione che si può applicare al resistore.  
La tensione massima applicabile ad un resistore è un parametro di fabbrica e dipende da come è realizzato il resistore.  
Oltre un certo valore di tensione si innescano degli archi voltaici all'interno che portano alla distruzione del componente
- Temperatura di "hot-spot" = è la massima temperatura che può assumere il resistore ed è legata alla temperatura ambiente e alla potenza dissipata.
- Rapporto di impedenza ca-cc = è il massimo rapporto fra impedenza (in modulo) alla frequenza di lavoro e la resistenza in continua.

### Influenza dell'umidità atmosferica o ambientale

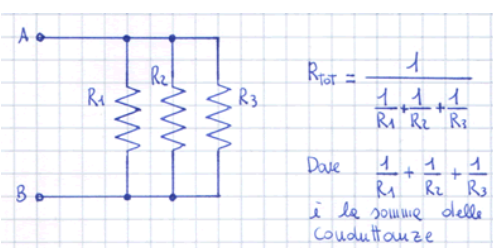
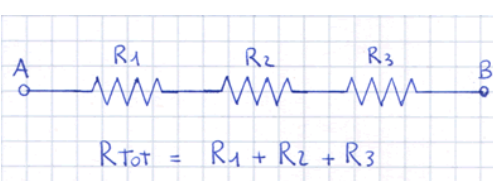
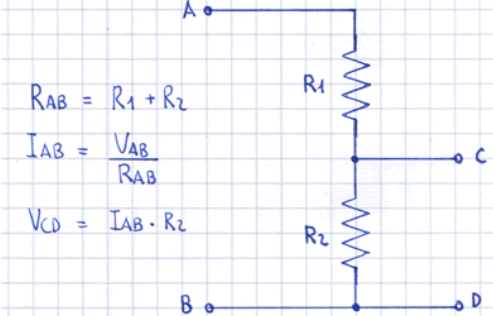
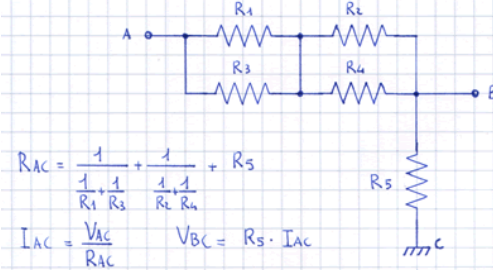
Per evitare fenomeni di igroscopicità (assorbimento dell'umidità atmosferica) i resistori vengono sempre rivestiti da vernice a bassa igroscopicità o da resine epossidiche allo stesso scopo.

L'assorbimento di umidità da parte dei resistori oltre ad alterare il valore di resistenza diminuisce la massima tensione applicabile.

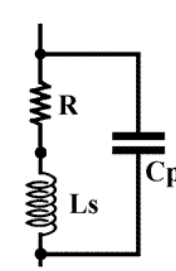
### Combinazioni di resistori:

- Serie: la resistenza totale è data dalla somma del valore di resistenza dei resistori  $R_{eq}=R_1+R_2$  (nel caso di due resistori)
- Parallelo: la resistenza equivalente è data dalla seguente formula.  
 $1/R_{eq}=1/R_1+1/R_2+\dots\dots\dots 1/R_n$



	<p>Si usa mettere resistori in parallelo per i seguenti motivi:</p> <p>a) per ottenere un valore specifico per combinazione per mancanza del componente (non viene prodotto).</p> <p>b) per ottenere una più alta potenza dissipata.</p> <p>La potenza totale, se i resistori sono uguali, è la sommatoria delle potenze dissipabili dai singoli resistori.</p> <p>Nella figura a lato un esempio di parallelo di resistori con relativa formula di calcolo.</p> <p>Da notare che ovviamente il valore del parallelo è più basso del più basso resistore che lo compone.</p>
	<p>Si usa mettere resistori in serie per i seguenti motivi:</p> <p>a) per ottenere come somma un valore specifico per mancanza del componente (non viene prodotto).</p> <p>b) per ottenere una più alta potenza dissipata.</p> <p>La potenza totale, se i resistori sono uguali, è la sommatoria delle potenze dissipabili dai singoli resistori.</p> <p>Si utilizza anche per aumentare la tensione massima applicabile alla Req qualora questa ecceda quella applicabile ad un singolo resistore.</p>
	<p>Partitore resistivo: viene usato quando si vuole parzializzare una tensione ottenendo all'uscita una tensione più bassa.</p> <p>A sinistra lo schema e l'esempio di calcolo.</p>
	<p>Esempio di partitore resistivo un po' più complesso con relativi calcoli per ottenere la tensione in uscita.</p>

**Resistori reali**

	<p>Componente reale: nell'immagine a lato è rappresentata un resistore come componente reale, Cp schematizza la capacità che vi è fra una spira e l'altra di un resistore a filo o a strato metallico, mentre Ls rappresenta l'induttanza di tali spire.</p> <p>Questi componenti fittizi ed indesiderati devono avere il più basso valore possibile e manifestano la loro influenza soprattutto alle alte frequenze.</p> <p>Poi qualora sia influente, in un utilizzo reale occorre tenere in considerazione le influenze reciproche fra il resistore e l'ambiente che lo circonda, con eventuali capacità parassite e accoppiamenti induttivi fra componenti vicini fra loro.</p>
---	---



### Note sull'utilizzo dei resistori

In un circuito reale a parità di resistenza sono significativi i parametri parassiti del resistore, soprattutto l'induttanza parassita.

Ma anche la dimensione, soprattutto per quello che riguarda la captazione di disturbi sia di natura elettrostatica che magnetica, dovuti ai circuiti nelle immediate vicinanze.

Allo scopo di limitare i disturbi captati dai campi elettrici possiamo agire sulla dimensione, la collocazione del resistore e l'eventuale schermatura dello stesso, mentre per quello che riguarda la captazione dei campi magnetici dobbiamo scegliere un resistore con una bassa induttanza parassita (ad esempio quelli ad impasto) e posizionarlo lontano da fonti di disturbo.

## Resistori: come calcolarne il valore

### Calcolo del valore di un resistore con il codice dei colori

Il valore Ohmico di un resistore di piccola potenza (potenza massima dissipabile  $1/8\text{ W}$  -  $1/4\text{ W}$  -  $1/2$  -  $1\text{ W}$ ) è in genere stampigliato sullo stesso utilizzando il codice dei colori o direttamente, con delle scritte sullo stesso.

Nel caso di utilizzo del codice dei colori il valore può essere codificato utilizzando un numero di bande variabile, in funzione dei dati che si vogliono riportare.

Esempio di interpretazione dei colori per risalire al valore di un resistore a 4 bande di colore.

In un resistore il cui valore è stampigliato sullo stesso con il codice dei colori le **prime due bande** definiscono le prime due cifre del valore Ohmico mentre la **terza banda** è il moltiplicatore e la **quarta banda** la tolleranza.

Di seguito alcuni esempi:

1. Marrone/rosso/marrone/oro: quattro bande di colore

Marrone=1

Rosso=2

Marrone= moltiplica X  $10^1$  ( $10^1=10$ )

Oro= Tolleranza del  $\pm 5\%$

Quindi  $12 \times 10 = 120\Omega$  con la tolleranza del 5% (ultima banda color oro)

Il valore del resistore è compreso fra  $120 \pm 5\%$  ovvero  $120 - ((120/100) * 5) = 114$  e  $120 + ((120/100) * 5) = 126$

2. Marrone/rosso/giallo/oro: quattro bande di colore

Marrone=1

Rosso=2

Giallo= moltiplica X  $10^4$  ( $10^4=10000$ )

Oro= Tolleranza del  $\pm 5\%$

Quindi  $12 \times 10000 = 120000\Omega$  con la tolleranza del 5% (ultima banda color oro)

Il valore del resistore è compreso fra  $120000 \pm 5\%$  ovvero  $120000 - ((120000/100) * 5) = 114000$  e  $120000 + ((120000/100) * 5) = 126000$

3. Marrone/nero/arancio/oro: quattro bande di colore

Marrone=1

Nero=0

Arancio= moltiplica X  $10^3$  ( $10^3=1000$ )

Oro= Tolleranza del  $\pm 5\%$

Quindi  $10 \times 1000 = 10000\Omega$  con la tolleranza del 5% (ultima banda color oro)

Il valore del resistore è compreso fra  $10000 \pm 5\%$  ovvero  $10000 - ((10000/100) * 5) = 9900$  e  $10000 + ((10000/100) * 5) = 10100$

4. Marrone/nero/marrone/oro: quattro bande di colore

Marrone=1

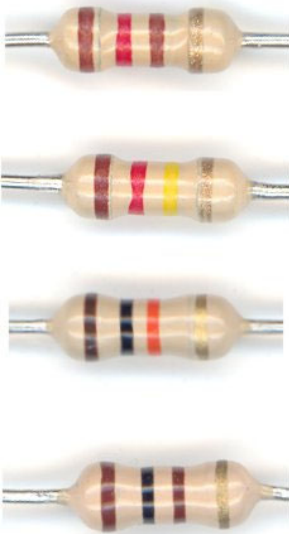
Nero=0

Marrone= moltiplica X  $10^1$  ( $10^1=10$ )

Oro= Tolleranza del  $\pm 5\%$

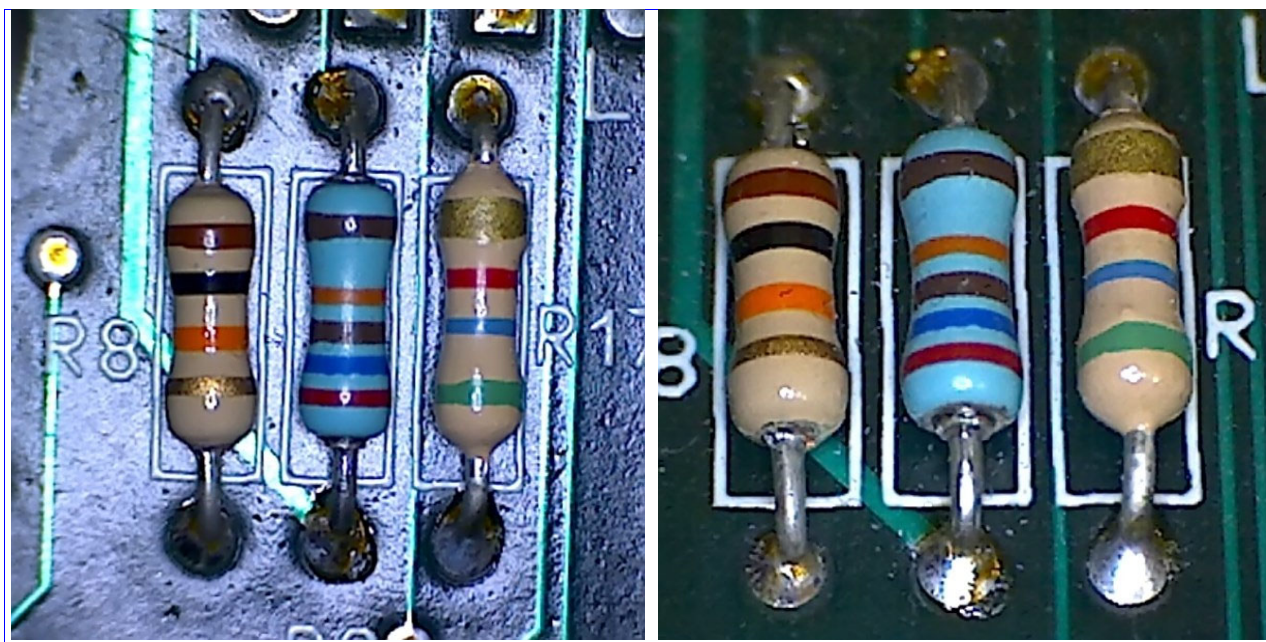
Quindi  $10 \times 10 = 100\Omega$  con la tolleranza del 5% (ultima banda color oro)

Il valore del resistore è compreso fra  $100 \pm 5\%$  ovvero  $100 - ((100/100) * 5) = 95$  e  $100 + ((100/100) * 5) = 105$



Colore	Colori significativi	Moltiplicatore	Tolleranza	Coefficiente di temperatura (ppm/K)	
Nero	0	$\times 10^0$	–	250	U
Marrone	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$	F 100	S
Rosso	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$	G 50	R
Arancio	3	$\times 10^3$	–	15	P
Giallo	4	$\times 10^4$	( $\pm 5\%$ )	– 25	Q
Verde	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$	D 20	Z
Blu	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$	C 10	Z
Viola	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$	B 5	M
Grigio	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ ( $\pm 10\%$ )	A 1	K
Bianco	9	$\times 10^9$	–	–	
Oro	–	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$	J –	
Argento	–	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$	K –	
Nessuno	–	–	$\pm 20\%$	M –	

Nelle immagini sotto dei resistori (nell'immagine il resistore centrale) a 5 fasce di colore.



I colori delle resistenze.

RESISTORI CON 3 FASCE DI COLORE			
Colore	1 <sup>a</sup> fascia	2 <sup>a</sup> fascia	3 <sup>a</sup> fascia
Nero	0	0	=
Marrone	1	1	0
Rosso	2	2	00
Arancio	3	3	000
Giallo	4	4	0.000
Verde	5	5	00.000
Blu	6	6	000.000
Viola	7	=	=
Grigio	8	=	=
Bianco	9	=	=
Oro	=	=	divide x 10
Argento	=	=	divide x 100

RESISTORI CON 4 FASCE DI COLORE				
Colore	1 <sup>a</sup> fascia	2 <sup>a</sup> fascia	3 <sup>a</sup> fascia	4 <sup>a</sup> fascia
Nero	=	0	=	=
Marrone	1	1	0	=
Rosso	2	2	00	=
Arancio	3	3	000	=
Giallo	4	4	0.000	=
Verde	5	5	00.000	=
Blu	6	6	000.000	=
Viola	7	=	=	=
Grigio	8	=	=	=
Bianco	9	=	=	=
Oro	=	=	divide x 10	5%
Argento	=	=	divide x 100	10%

RESISTORI CON 5 o 6 FASCE DI COLORE						
Colore	1 <sup>a</sup> fascia	2 <sup>a</sup> fascia	3 <sup>a</sup> fascia	4 <sup>a</sup> fascia	5 <sup>a</sup> fascia	6 <sup>a</sup> fascia
Nero	=	0	0	=	=	200 ppm
Marrone	1	1	1	0	1%	100 ppm
Rosso	2	2	2	00	2%	50 ppm
Arancio	3	3	3	000	=	15 ppm
Giallo	4	4	4	0.000	=	25 ppm
Verde	5	5	5	00.000	0.5%	=
Blu	6	6	6	000.000	=	10 ppm
Viola	7	7	7	=	=	=
Grigio	8	8	8	=	=	=
Bianco	9	9	9	=	=	=
Oro	=	=	=	dividere x 10	=	=
Argento	=	=	=	dividere x 100	=	=

### Resistore SMD con codice stampigliato: come si interpreta

In pratica la lettera "R" identifica la virgola, mentre nel caso di valori Ohmici elevati l'ultima cifra è il numero degli zeri da aggiungere in fondo.

Codice Stampigliato	Resistenza	Tolleranza
R100	0,1Ω	in genere ± 1%
1R0	1Ω	in genere ± 5%
1R00	1Ω	in genere ± 1%
102	1 kΩ (1000Ω )	in genere ± 5%
1001	1 kΩ (1000Ω )	in genere ± 1%
100	10Ω	in genere ± 5%
10	10Ω	in genere ± 5%

Per avere un'idea esatta dei valori standard dei resistori commerciali andare alla tabella dei valori standard.

### Valore Ohmico di un Resistore: consiglio operativo

Io in genere non mi affido mai ciecamente alla lettura del valore o alla interpretazione del codice dei colori, prima di montare un resistore ne controllo il valore con uno strumento.

Il valore di un resistore, specie nel caso di lunghi tempi di stoccaggio può cambiare considerevolmente.

Sempre meglio misurarlo con un Ohmmetro digitale per verificare che il valore reale non sia fuori tolleranza rispetto al valore letto sul resistore.



## Componenti passivi: potenziometri e trimmer

### Potenziometri e trimmer (partitori resistivi variabili o resistori variabili)

Questi due componenti diversi per utilizzo vengono trattati insieme perché dal punto di vista costruttivo sono perfettamente uguali.

In questi tipi di resistori la resistenza nominale  $R$  può essere suddivisa in due resistenze di valore  $R_1$  e  $R_2$ , tali che  $R_1 + R_2 = R$ , grazie alla presenza di un cursore mobile cui fa capo un terzo terminale.

In pratica si realizza un partitore resistivo variabile.

Dal punto di vista fisico potenziometri e trimmer si distinguono dal fatto che nel primo caso il movimento del cursore è possibile attraverso una leva di una certa dimensione che viene fatta ruotare sul suo asse (potenziometri rotativi) o che viene fatta scorrere longitudinalmente (potenziometri a slitta), mentre nel secondo caso le dimensioni sono più ridotte e il movimento del cursore è dato da un albero rotante manovrabile solo tramite cacciavite.



Sotto l'aspetto funzionale invece potenziometri e trimmer si distinguono dalla tipologia di impiego: infatti mentre i primi vengono generalmente usati per regolare sistematicamente una grandezza di uscita (come ad esempio la regolazione del volume di un impianto stereo) e su cui quindi viene di norma montata una manopola, i secondi vengono montati direttamente sui circuiti stampati e la loro regolazione viene fatta solo in sede di taratura del circuito, quindi in genere poche volte nella vita dell'apparecchiatura.

Per questi tipi di resistori, oltre ai parametri già visti per i resistori in genere, si aggiungono altri parametri caratteristici che vengono forniti dal costruttore.

La più importante è la dipendenza variazione resistenza - posizione del cursore, che specifica l'andamento della resistenza tra il cursore e uno degli altri due terminali al variare della posizione del cursore stesso.

Tale legge può avere un andamento lineare, logaritmico o esponenziale e la scelta di quale caratteristica sfruttare è dettata da particolari esigenze di progetto di un circuito.

Altro parametro caratteristico è l'angolo di rotazione massimo che in genere è compreso tra  $270^\circ$  e  $320^\circ$ .

Sono però disponibili in commercio anche trimmer e potenziometri cosiddetti multigiro, in cui la rotazione consentita all'alberino può essere di alcune decine di giri, consentendo così di avere una risoluzione migliore e una regolazione più precisa.

Occorre sempre tenere presente che questi dispositivi sono in grado di dissipare in genere una potenza molto bassa, quindi non vanno usati dove la potenza in gioco supera quella massima tollerabile, specificata nel datasheet del componente.

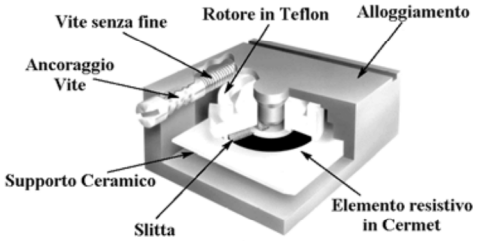
Dal punto di vista costruttivo si possono dividere in tre tipologie:

- A carbone: sono composti da un substrato di materiale plastico su cui viene depositato del carbone. Sono i più economici e i meno consigliati per impieghi professionali
- A filo: Sono costituiti da un supporto isolante su cui è avvolto del filo di materiale ad alta resistività.


La slitta si muove fra una spira è l'altra, quindi quando si ruota il cursore, nel caso di un potenziometro si avverte un movimento a scatti.

- Cermet: l'elemento resistivo è composto da un impasto di ceramica e metallo. Sono normalmente di ottima qualità.

- Plastica conduttiva: l'elemento resistivo è composto da carbonio intrappolato in una matrice plastica



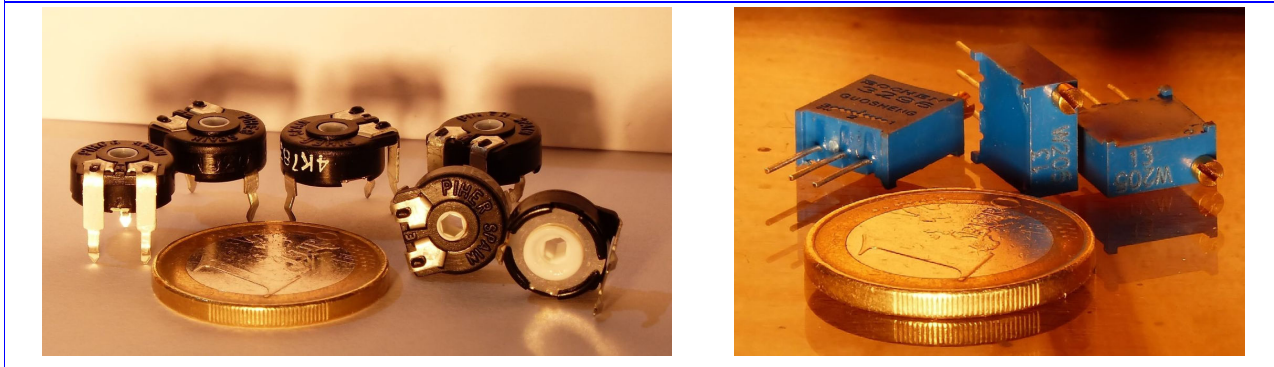
Trimmer Cermet



Trimmer multigiro.

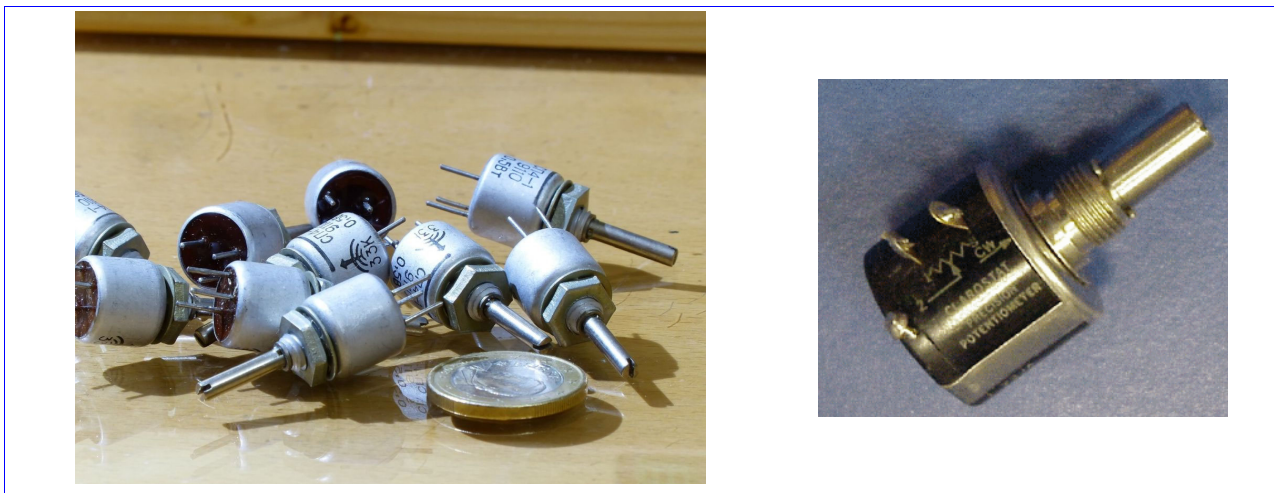
Per muovere la slitta la vite di regolazione può fare molti giri.

In questo modo si ottiene una grande possibilità di regolazione fine.



Sopra una collezione di alcuni modelli dei tanti trimmer commerciali.

A sinistra dei trimmer monogiro, a destra dei trimmer di precisione multigiro.



Potenziometri monogiro a sinistra e multigiro a destra.

### Potenziometri e trimmer: durata e problemi

Come tutti i congegni meccanici hanno un'usura.

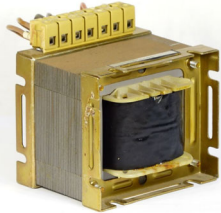
In generale i principali problemi sono di contatto fra la spazzola mobile e il substrato resistivo che negli apparati audio da luogo a scricchiolii e rumori vari.

In genere per ovviare al problema si usa uno spray specifico che attenua il problema.

In linea di massima il problema affligge di più i potenziometri essendo soggetti a maggiore manipolazione e a maggiore usura.

Il trimmer in genere essendo regolato solo poche volte nella sua vita ha una durata maggiore.

## Trasformatore: principi teorici e progettazione.

<b>Indice Argomento Corrente</b>	
<b>1) Cosa è un trasformatore</b>	
<b>2) Trasformatore principi teorici e utilizzo</b>	
<b>3) Trasformatore principi teorici: Trasformatore Ideale</b>	
<b>4) Trasformatore principi teorici: Trasformatore Reale</b>	
<b>5) Trasformatore principi teorici: Correnti parassite di Foucault (perdite nel ferro)</b>	
<b>6) Trasformatore principi teorici: Flussi magnetici dispersi (non concatenati)</b>	
<b>7) Trasformatore principi teorici: Resistenza degli avvolgimenti (perdite nel rame)</b>	
<b>8) Trasformatore principi teorici: Perdite per isteresi magnetica</b>	
<b>9) Trasformatore principi teorici: Capacità parassite</b>	
<b>10) Trasformatore con lamierini tranciati ad "E" ed "I"</b>	
<b>11) Trasformatore con lamierini tranciati ad "E" ed "I": Note sulla saturazione del nucleo</b>	
<b>12) Trasformatore: linee guida per la progettazione</b>	

### Cosa è un trasformatore

Un trasformatore è una macchina elettrica composta nella sua minima forma da:

- Un avvolgimento di filo di rame isolato (smaltato) che viene alimentato con una tensione alternata detto primario.
- Un avvolgimento di filo di rame isolato (smaltato) su cui viene prelevata una tensione, detto secondario.
- Un nucleo di materiale ferromagnetico composto da lamierini sovrapposti, buon conduttore di flusso magnetico, detto nucleo.

### Trasformatore principi teorici e utilizzo

Il trasformatore è uno dei componenti fondamentali dell'elettrotecnica, si tratta di una macchina elettrica statica, priva cioè di elementi in movimento, il trasformatore più semplice è costituito da due conduttori elettrici avvolti su un anello di materiale ferromagnetico detto nucleo magnetico, è reversibile (nel senso che può funzionare anche invertendo il primario con il secondario e viceversa).

La sua funzione è trasformare la potenza elettrica in corrente alternata, modificando i valori di tensione e di corrente con cui questa potenza elettrica viene resa disponibile all'utilizzatore.

L'avvolgimento al quale viene fornita energia viene detto primario, mentre quello dalla quale l'energia è prelevata è detto secondario.

Quando sul primario viene applicata una tensione elettrica alternata sinusoidale, per effetto dell'induzione magnetica si crea nel nucleo un flusso magnetico con andamento sinusoidale.

Per la legge di Faraday-Neumann-Lenz, questo flusso variabile induce nel secondario una tensione sinusoidale.

La tensione prodotta nel secondario è proporzionale al rapporto tra il numero di spire del primario e quelle del secondario secondo la relazione:  $V_p/V_s=N_p/N_s=K_t$  (dove  $V_p$  è la tensione del primario,  $V_s$  la tensione del secondario,  $N_p$  numero spire primario,  $N_s$  numero spire secondario,  $K_t$  rapporto di trasformazione)

In definitiva trasforma l'energia elettrica in energia magnetica e poi di nuovo in energia elettrica.

Il principio di funzionamento del trasformatore si basa sull'induzione elettromagnetica tra circuiti mutuamente accoppiati.

Da questo si può facilmente capire che il trasformatore non può funzionare con alimentazioni in corrente continua.

Oltretutto occorre prestare cura nella collocazione del trasformatore all'interno di un amplificatore in quanto producendo un campo magnetico variabile potrebbe disturbare i circuiti introducendo rumore indesiderato.

Può svolgere ruoli diversi: isolamento galvanico, adattamento di impedenza (come nel caso dell'uscita dell'amplificatore valvolare), etc.

Nel trasformatore si possono riconoscere due parti fondamentali:

- il nucleo magnetico.

Normalmente nei trasformatori di alimentazione di ferro, ma può essere anche di ferrite o altro.

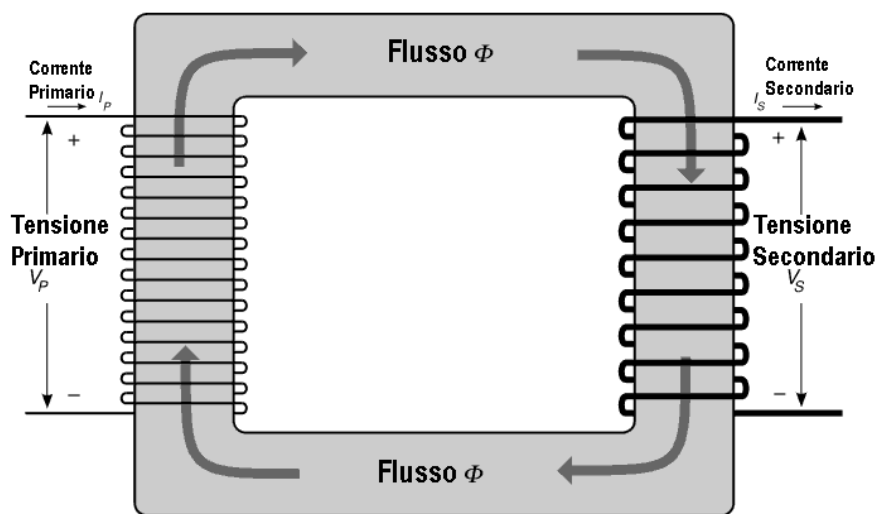
- gli avvolgimenti.

Sono di norma di rame smaltato, ma possono essere anche di alluminio o d'argento nelle realizzazioni più pregevoli.

Possono essere uno (come negli autotrasformatori), due o più di due.

In un trasformatore di alimentazione per valvole sono almeno tre, un primario collegato alla rete elettrica, un secondario per l'anodica e un secondario per l'alimentazione dei filamenti.

Il nucleo ha il compito di indirizzare il campo magnetico in modo da ottimizzare l'accoppiamento magnetico tra gli avvolgimenti.



Formula fondamentale che mette in relazione le grandezze in ingresso con quelle in uscita:

$$V_p/V_s = N_p/N_s = k_o$$

dove  $V_p$  è la tensione applicata sul primario,  $V_s$  la tensione indotta sul secondario,  $N_p$  il numero di spire del primario e  $N_s$  il numero di spire del secondario,  $k_o$  è chiamato rapporto di trasformazione.

Nel disegno in alto si possono notare l'avvolgimento primario, il secondario e il nucleo magnetico dove passa il flusso magnetico.

### Trasformatore principi teorici: Trasformatore Ideale

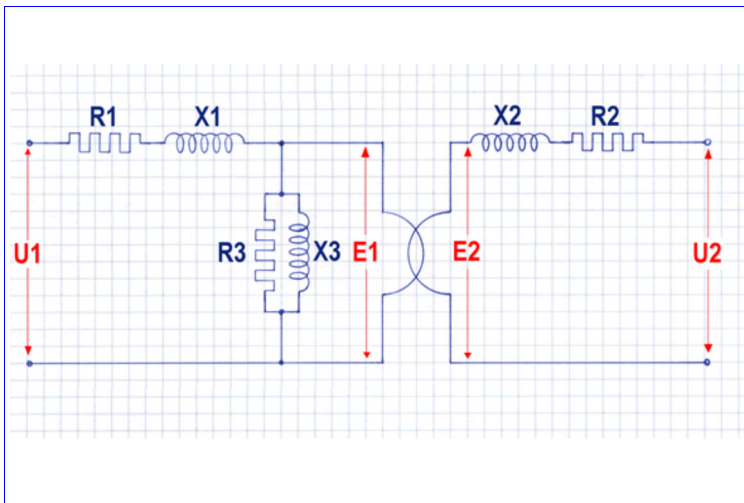
- Si ritengono nulle le resistenze Ohmiche degli avvolgimenti primario e secondario.
- Il flusso magnetico è completamente concatenato con i due avvolgimenti (non ci sono flussi magnetici dispersi).
- Non vi sono perdite nel ferro (correnti di Foucault).
- Non ci sono perdite per isteresi magnetica (la curva di magnetizzazione è perfettamente lineare).
- La riluttanza del circuito magnetico è nulla (il flusso magnetico non incontra nessuna resistenza nell'attraversare il ferro).

### Trasformatore principi teorici: Trasformatore Reale



Per studiare il trasformatore ci occorre un modello più rispondente alla realtà, in cui vengono prese in considerazione tutte le perdite di un trasformatore reale.

Ora parliamo un po' dei limiti del trasformatore, praticamente delle differenze fra il trasformatore ideale e quello reale, che condizionano pesantemente il suo impiego complicandone la realizzazione.



Disegno di un circuito equivalente di un trasformatore reale.

$R_1$  ed  $R_2$  rappresentano le perdite nel rame, ovvero la resistenza ohmica degli avvolgimenti primario e secondario.

$X_1$ - $X_2$  rappresentano i flussi magnetici non concatenati (dispersi),  $R_3$ - $X_3$  rappresentano le perdite nel ferro,  $R_3$  per la parte riluttanza ed  $X_3$  per le correnti parassite che sono legate alla frequenza di lavoro.

Sotto nel dettaglio vengono trattate le varie componenti.

### Trasformatore principi teorici: Correnti parassite di Foucault (perdite nel ferro)

Consideriamo una spira di filo conduttore, chiusa ed immersa in un campo magnetico variabile.

Per la nota legge di Faraday-Lenz si induce su questa una differenza di potenziale elettrico (tensione).

Essendo la spira chiusa e di materiale conduttore ( $\rho$  di resistività molto bassa) per la ancor più nota legge di  $\Omega$  ci sarà la circolazione di una corrente lungo tutto il percorso descritto dal conduttore.

Questa corrente sarà presente fino a quando il flusso magnetico concatenato con la spira risulterà variabile nel tempo; appena il flusso cesserà di cambiare (ovvero risulterà costante) la tensione e la corrente prodotte con queste modalità non saranno più rilevabili.

Tali correnti vengono chiamate correnti parassite o correnti di Foucault, dal nome del fisico francese Jean Bernard Léon Foucault che scoprì il fenomeno nel 1851.

Va notato il fatto che non c'è nessun collegamento elettrico che trasporta cariche nel conduttore, ma tutto avviene tramite il campo di induzione magnetica  $B$  e le cariche che circolano sono gli elettroni liberi all'interno del conduttore.

Va ricordato che i materiali ferromagnetici, oltre a presentare delle eccellenti proprietà di permeabilità magnetica (ovvero oppongono una bassa resistenza al passaggio del flusso magnetico), sono anche degli ottimi conduttori elettrici e quindi si prestano molto bene ad essere attraversati da cariche elettriche (correnti).

Se consideriamo, ad esempio, la colonna centrale di un trasformatore (sulla quale vengono avvolti il primario ed il secondario) ed alimentiamo il primario con una corrente alternata sinusoidale, il materiale che costituisce tale colonna risulterà sottoposto ad un flusso magnetico variabile anch'esso con legge sinusoidale e sarà quindi variabile nel tempo.

Le spire immaginarie che costituiscono la colonna si concatenano con questo flusso magnetico e risulteranno quindi essere sede di correnti indotte.

Queste correnti, nei trasformatori, sono dannose perché sono causa di uno sviluppo di calore indesiderato per effetto Joule e provocano un surriscaldamento del nucleo che può risultare anche distruttivo, decurtando la potenza che assorbono da quella che abbiamo disponibile al secondario.

Per limitare questo effetto i nuclei ferromagnetici vengono realizzati tramite l'assemblaggio di lamierini a bassa conducibilità elettrica isolati tra loro in modo da ridurre la superficie esposta all'induzione magnetica e accorciare la lunghezza dei percorsi conduttivi.

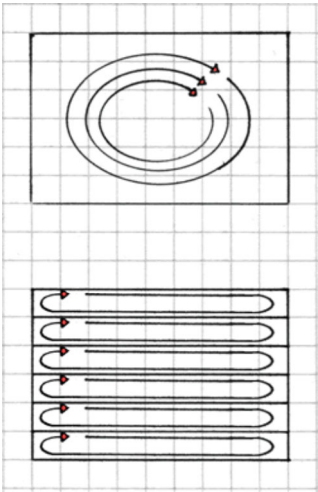


Va notato che le correnti indotte hanno una intensità crescente mano a mano che ci si sposta verso le superfici esterne del nucleo, questo effetto si estremizza aumentando la corrente che passa e la frequenza, e da origine all'effetto pelle nei conduttori.

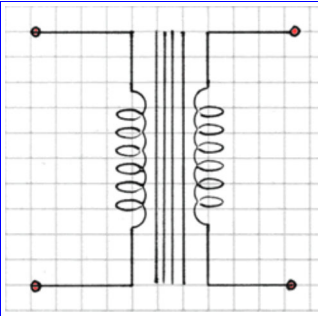
La presenza di questa energia "sprecata" in calore fa abbassare il rendimento complessivo della macchina e ci riferisce a questa energia persa con il termine di perdite nel ferro.

In fase di realizzazione si cerca di prendere tutti i provvedimenti per limitare tali perdite.

Teniamo a ribadire che le perdite nel ferro sono funzione della variazione di flusso magnetico nel tempo, quindi aumentano all'aumentare della frequenza, quindi il problema è più sentito per i trasformatori audio che nella versione Hi-Fi devono arrivare a 20KHz.



A sinistra una rappresentazione delle correnti parassite di Foucault all'interno di un nucleo monolitico e di un nucleo, in basso, composto da lamelle. In un nucleo lamellare incontrano una maggiore resistenza, quindi le perdite nel nucleo dovute a dette correnti sono più modeste. La cosa migliore sarebbe avere un nucleo con un'altissima resistività, purtroppo i materiali ferrosi di solito impiegati hanno una resistenza abbastanza bassa da dare dei problemi. In queste immagini il flusso magnetico variabile è nella direzione del nucleo idealmente proiettato verso chi legge.



Sopra il disegno del simbolo circuitale del trasformatore. Le linee verticali fra le due bobine contrapposte inducono il nucleo magnetico.

### Trasformatore principi teorici: Flussi magnetici dispersi (non concatenati)

Nel regolare funzionamento di un trasformatore, il flusso prodotto dall'avvolgimento primario non si concatena completamente con l'avvolgimento secondario.

Più precisamente il flusso prodotto non riesce a concatenarsi completamente nemmeno con il proprio avvolgimento primario per ci sono alcune linee di flusso che si richiudono attraverso l'aria nello stesso avvolgimento o in parte di esso.

Si intende per flusso utile solamente quello le cui linee si concatenano completamente sia con il primario, sia con il secondario, che rappresenta poi la maggior parte.

Si intende per flusso disperso quella parte (generalmente piccola, per quello che riguarda i trasformatori standard) di flusso le cui linee interessano solo il primario (flusso disperso primario) o solo il secondario, quando questo è percorso dalla corrente richiesta dal carico.

Questo comportamento può essere schematizzato nel trasformatore reale con una induttanza posta in serie all'avvolgimento primario del trasformatore.

Per ridurre al minimo i flussi dispersi è molto importante la geometria del trasformatore, ovvero la forma del nucleo (un nucleo toroidale funziona meglio di un nucleo "EI") e una corretta realizzazione degli avvolgimenti con un'alta percentuale di riempimento, lasciando fra le spire il minor spazio possibile.

### Trasformatore principi teorici: Resistenza degli avvolgimenti (perdite nel rame)

Gli avvolgimenti primario e secondario, lungi dall'essere costituiti da conduttori ideali, hanno una resistenza, che genera una caduta di tensione "parassita" che determina una perdita di potenza.

Ovviamente tale resistenza è proporzionale alla lunghezza del filo dell'avvolgimento e inversamente proporzionale alla sezione del cavo.

Sarà quindi, nel caso di un trasformatore adattatore di impedenza, maggiore la perdita sul primario, normalmente composto da molte spire di sezione ridotta.

### **Trasformatore principi teorici: Perdite per isteresi magnetica**

Applicando un campo magnetico ad un materiale ferromagnetico, quindi buon conduttore di flusso magnetico, questi dopo che si è rimosso il campo magnetico rimane magnetizzato e per smagnetizzarlo occorre applicare un campo magnetico di direzione opposta a quello che ha prodotto la magnetizzazione.

Quindi in pratica per invertire il flusso magnetico occorre fornire un campo magnetico di senso inverso a quello che ha generato la magnetizzazione, superiore a zero di una costante che varia da materiale a materiale.

Guardando la figura sotto, detta grafico di magnetizzazione, quando il materiale è vergine è nel punto "O", poi applicando un campo magnetico di intensità crescente (ad esempio con un solenoide) il flusso magnetico "B" cresce in modo abbastanza lineare fino a che non si arriva alla saturazione (corrispondente ad "S" per l'intensità  $+H_m$  del campo magnetico) per cui anche aumentando il campo magnetico il flusso non aumenta più.

A questo punto riducendo il campo magnetico il flusso cala fino al punto "A" in cui si mantiene in assenza di campo magnetico esterno.

Questo viene detto di magnetismo residuo, in altre parole il materiale rimane magnetizzato ovvero ha un effetto memoria.

Invertendo il campo magnetico nel punto  $H=F$  si annulla completamente il magnetismo residuo e il flusso magnetico diventa pari a Zero.

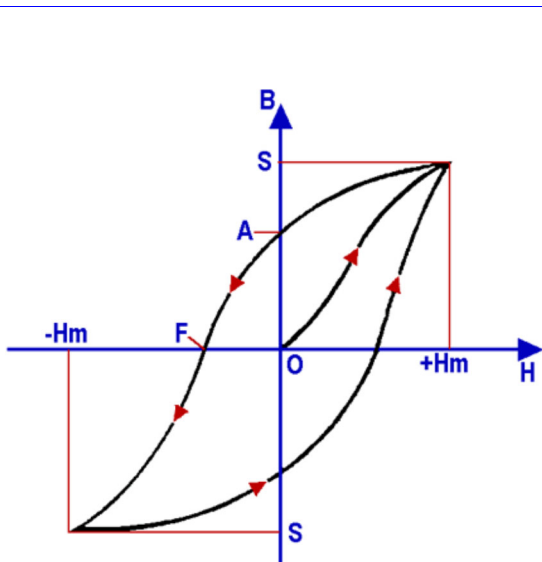
Per contrastare il magnetismo residuo dobbiamo quindi spendere dell'energia che va persa, questo è un ulteriore problema dei trasformatori che devono essere realizzati con materiali con una bassa isteresi magnetica in cui il punto "F" è quanto più vicino possibile al punto "O".

Le perdite per isteresi non ci sono nel caso di un amplificatore finale single-ended in quanto non vi è mai una inversione del campo magnetico, per via del fatto che la corrente nel primario passa sempre nello stesso verso, varia solo in intensità.

Questo comporta una facile saturazione del nucleo, occorre lavorare con un flusso molto basso per evitarlo.

In alcuni trasformatori si realizzano addirittura dei traferri, ovvero delle zone del circuito magnetico in cui il flusso passa attraverso l'aria (segando una parte del nucleo magnetico), aumentando in questo modo la resistenza che il flusso incontra nell'attraversare il circuito magnetico e scongiurando la saturazione.

Per contro peggiora molto l'accoppiamento fra primario e secondario, ovvero aumentano i flussi magnetici dispersi.



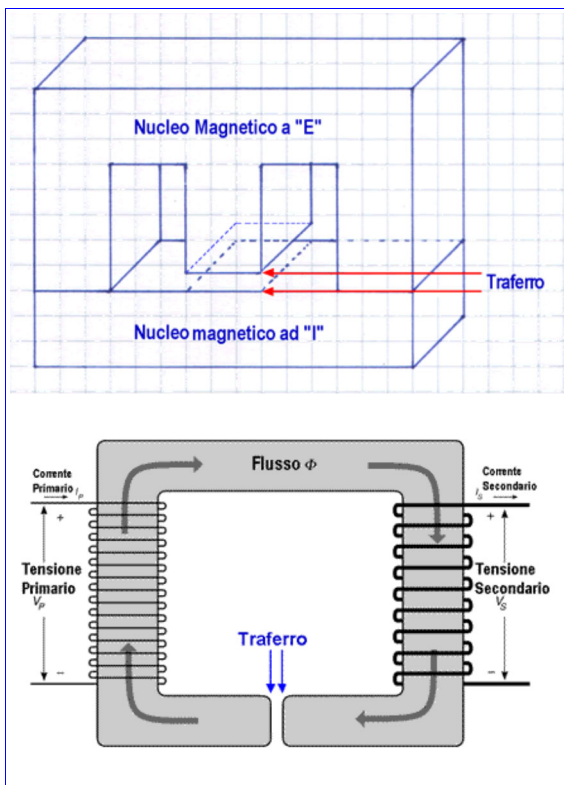
Per valutare le proprietà magnetiche di un materiale ferromagnetico è indispensabile conoscerne la curva di magnetizzazione caratteristica ed il ciclo di isteresi che si crea misurando l'induzione magnetica (B) come conseguenza delle variazioni di un campo magnetico applicato (H).

Di notevole importanza nell'osservazione della curva precedente sono tre punti:

"S" (saturazione) è il massimo valore di B raggiungibile dal materiale

"A" induzione magnetica residua

"F" (campo magnetico coercitivo) è il campo magnetico demagnetizzante da applicare per ottenere un induzione nulla.



Esempio di trasformatore con traferro, ovvero una zona del circuito magnetico in cui il flusso passa attraverso l'aria (segando una parte della colonna centrale della "E" del nucleo magnetico), aumentando in questo modo la resistenza che il flusso incontra nell'attraversare il circuito magnetico e scongiurando la saturazione.

Per contro peggiora molto l'accoppiamento fra primario e secondario e aumentano i flussi magnetici dispersi.

Di norma è meglio aumentare la sezione del nucleo magnetico per diminuire il flusso per unità di superficie (intendendo come superficie la sezione del nucleo), mantenendosi distanti dalla saturazione.

### Trasformatore principi teorici: Capacità parassite

Sono le capacità che ci sono fra una spira e l'altra, essendo le spire sovrapposte ed avendo queste differenze di potenziale fra loro e fra uno strato e l'altro.

Sono tanto più grandi quanto più grande è il numero delle spire e la dimensione del trasformatore.

Si limitano avvolgendo le spire in modo da avere la minima differenza di potenziale fra uno strato e l'altro e alternando strati di primario e secondario.

### Trasformatore con lamierini tranciati ad "E" ed "I".

Questo tipo di trasformatore è di gran lunga il più diffuso.

Nucleo del Trasformatore.

Di fianco la classica composizione del nucleo composto di lamierini ad "E" e lamierini ad "I" che sono incastrati a strati alternati sovrapposti fino a che non si raggiunge la sezione voluta del nucleo.

La scelta della forma è dovuta alla possibilità di tranciare i lamierini senza sfrido ricavando la "I" dalle cave che si ottengono da due "E" disposte una di fronte all'altra.

I lamierini sono isolati fra di loro con uno strato sottile di vernice.

Il rocchetto con il primario e il secondario, normalmente sovrapposti o affiancati in due o più cale adiacenti è posto all'interno.

Il nucleo viene poi di solito serrato con delle viti nei fori presenti negli spigoli isolate fra loro e rispetto al pacco lamellare.

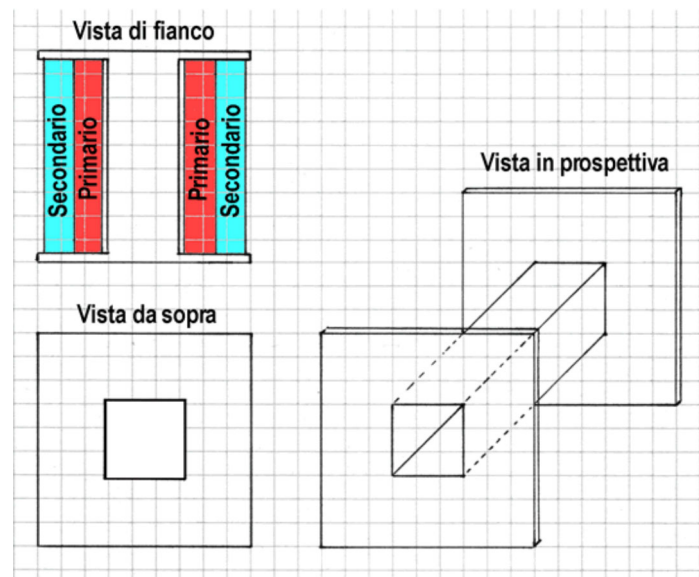
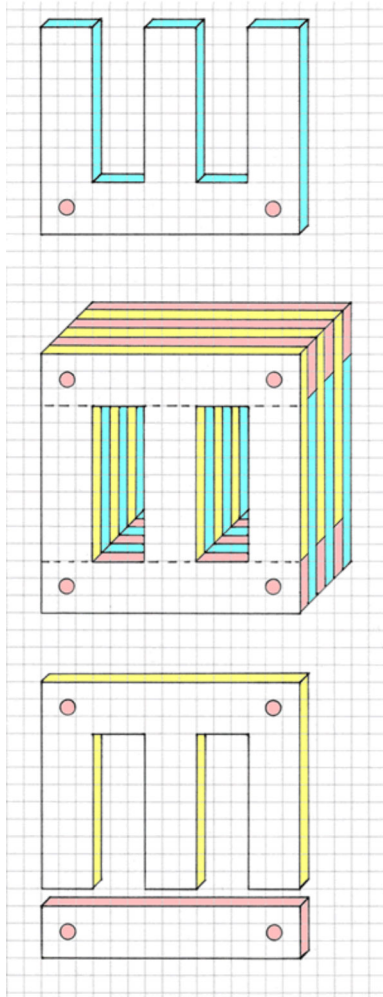
Questo per evitare il più possibile correnti parassite che farebbero scaldare il trasformatore e scendere di conseguenza il rendimento.

Sotto il disegno del rocchetto su cui viene avvolto il rame smaltato.

Visto di fianco in sezione, si notano le aree occupate dal filo di rame del primario e del secondario, che nella rappresentazione sono sovrapposti.

In realtà esistono centinaia di combinazioni di alternanze fra primario e secondario, sovrapposti, affiancati e in varie combinazioni.

Le varie sezioni trasversali in cui può essere diviso il rocchetto si chiamano "cale" e sono delimitate da uno strato di materiale isolante, normalmente plastica o cartone.



Il trasformatore il cui nucleo è assemblato con lamierini tranciati ad "E" ed "I" ha il vantaggio di essere poco costoso ma ha dei flussi dispersi notevoli dovuti alla discontinuità del circuito magnetico e alle deformazioni meccaniche dovute alla tranciatura dei lamierini che producono una discontinuità nella permeabilità del nucleo al campo magnetico.

Inoltre, la vernice con cui vengono isolati i lamierini costituisce un piccolo traferro.

Questo si ripercuote sullo spazio circostante il trasformatore sottoforma di flussi magnetici dispersi che danno luogo a correnti indotte qualora incontrino un conduttore.

E' una delle principali cause del "ronzio" nei preamplificatori.

### **Trasformatore con lamierini tranciati ad "E" ed "I": Note sulla saturazione del nucleo**

Nei trasformatori con lamierini E+I si producono spontaneamente dei traferri nei punti di giunzione, dovuti ad imprecisioni nella lavorazione meccanica, rugosità superficiale del metallo ed eventuale vernice isolante.

Questo fa sì che la saturazione del nucleo sia più difficile da ottenere e talvolta sia superfluo anche per impieghi con una componente della corrente continua.

### **Trasformatore: linee guida per la progettazione.**

Nella progettazione di un trasformatore occorre giungere a diversi compromessi, le linee guida sono le seguenti:

- Avvolgimento primario e secondario con una minor resistenza possibile, quindi più corto possibile. Il massimo sarebbe usare un filo di argento ma non mi risulta che ne esistano smaltati per questo impiego.
- Circuito magnetico più corto possibile.
- Circuito magnetico costituito da materiale laminato con alta resistenza al passaggio della corrente.
- Elementi del circuito magnetico accoppiati meccanicamente nel miglior modo possibile per evitare i flussi dispersi.
- Circuito magnetico senza spigoli vivi per evitare flussi dispersi (il massimo è un toroide con il nucleo a sezione circolare).
- Meno aria possibile fra gli avvolgimenti, il massimo sarebbe avere la sezione delle spire quadrata o esagonale per limitare l'aria anche fra una spira e l'altra. Ovviamente non è possibile soddisfare appieno tutti i punti precedenti, quindi si arriva a dei compromessi, altrimenti avremmo il trasformatore ideale.

## Trasformatori audio per Valvole

### Trasformatori audio per Valvole: Introduzione

I trasformatori di accoppiamento (o adattatori di impedenza) servono per adattare l'impedenza delle valvole finali (impedenza di uscita molto alta dell'ordine dei  $K\Omega$ ) al carico generalmente costituito da casse acustiche o da una cuffia (impedenza molto bassa dell'ordine della decina di  $\Omega$ ).

Si tratta del componente più critico in assoluto perché di difficile realizzazione, soprattutto per la tipologia di funzionamento che a noi interessa, ovvero l'adattamento di impedenza su un ampio spettro di frequenze.

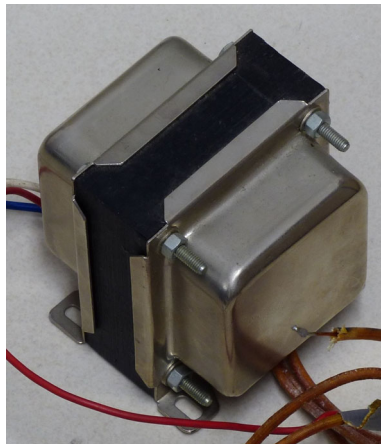
Si tratta di una estremizzazione tecnologica del trasformatore standard, quindi tutto quello che abbiamo detto per il trasformatore generico è valido anche per il trasformatore adattatore di impedenza.

E' il componente più critico di tutto l'amplificatore finale di potenza, non presenta una difficoltà costruttiva particolare, tuttavia richiede una progettazione impeccabile, materiali selezionati e una tecnica costruttiva particolare, che lo rendono quindi costoso.

Tecnicamente si comporta come un filtro passa banda in cui la banda è tanto più larga quanto migliore è il trasformatore.

In commercio ce ne sono di vari tipi, evitate o comunque verificate strumentalmente quelli progettati per organo elettronico o per amplificazione di chitarre o bassi elettrici, questi strumenti hanno una banda passante molto più ridotta di quello che serve per un amplificatore hi-fi.

Per capire i limiti e le caratteristiche costruttive di un buon trasformatore di accoppiamento (quindi a banda larga), rispetto a quello di alimentazione (a banda stretta), è necessario uno studio accurato e un approccio teorico più complesso.



Ma analizziamo un classico trasformatore adattatore di impedenza per valvole termoioniche:

### Fabrizio Giunchi: Qualche consiglio utile per la costruzione di un buon trasformatore di accoppiamento

a) Scelto il tipo di valvole da utilizzare, si procede alla realizzazione del trasformatore di accoppiamento e di alimentazione secondo come specificato dalle caratteristiche tecniche della valvola utilizzata, in questo sito troverai degli esempi di amplificatori con tutta la descrizione.

Dopo aver fatto il calcolo del trasformatore con il software 'Trasfo' (scaricabile liberamente dal sito di Fabrizio Giunchi) verificato che gli avvolgimenti sono contenuti nella finestra del lamierino si procede alla costruzione fisica del trasformatore.

Questa è la fase più delicata, infatti ci vuole precisione e tanta costanza, volontà e pazienza.

Il buon funzionamento e la qualità del trasformatore dipende per 80% dalla costruzione.

Comunque se hai pazienza è una cosa molto interessante e non è affatto difficile se si possiede una



bobinatrice come quella da me utilizzata visibile nel mio sito.

b) Questo Programma di Calcolo è stato lasciato "libero" appositamente, cioè permette di calcolare trasformatori anche sproporzionati, che in realtà non funzionerebbero, o funzionerebbero male.

Così è possibile calcolare qualsiasi tipo di trasformatore, ma fare molta attenzione ai dati che si inseriscono.

Per eseguire un calcolo corretto è necessario conoscere bene la teoria del funzionamento dei trasformatori.

c) Quando si esegue un calcolo di un nuovo trasformatore è buona norma eseguire per primo il calcolo utilizzando la scelta POTENZA così da individuare il tipo di lamierino adatto.

Poi recuperato il lamierino e rocchetto giusto ricalcolare il trasformatore utilizzando la scelta LAMIERINO, tenendo sempre sotto occhio gli ingombri degli avvolgimenti.

Fare Attenzione durante la prova e l'uso dei trasformatori, perché sugli avvolgimenti con tensioni superiori a 50V è possibile prendere la scossa senza essere protetti dall'interruttore-differenziale.

Alcune regole pratiche per ottenere un buon Trasformatore di accoppiamento:

1. E' molto più importante la precisione e la cura con cui si esegue la costruzione manuale di qualche spira in più o in meno rispetto al calcolo.
2. Tutti e due i trasformatori di accoppiamento devono essere identici in tutte le loro parti, cioè devono essere composti dallo stesso numero di lamierini, dallo stesso filo smaltato, dallo stesso isolamento fra strato e strato, dagli stessi strati, dallo stesso numero di spire.
3. Avvolgere il filo sul rocchetto in modo uniforme, accostando le spire l'una all'altra.
4. Completare lo strato, non terminare mai l'avvolgimento a metà rocchetto ma arrivare fino alle fiancate laterali.

Infine è necessario fare una verifica del calcolo per tenere conto delle variazioni di spire aggiunte o tolte, in modo da rispettare il rapporto di trasformazione.

5. Inserire l'avvolgimento secondario a circa metà dell'avvolgimento primario.  
Oppure ancora meglio inserire più avvolgimenti secondari in mezzo all'avvolgimento primario.  
Questi secondari saranno realizzati con un numero di spire opportuno, che poi collegheremo in serie o parallelo, in modo da ottenere il numero di spire richiesto dal calcolo per tale impedenza.
6. Realizzare l'avvolgimento secondario in bifilare, trifilare, quadrifilare, ecc...  
(2, 3, 4, fili di rame smaltato paralleli da avvolgere tutti contemporaneamente) avendo cura di completare lo strato, non terminare mai l'avvolgimento a metà rocchetto, ma arrivare fino alle fiancate laterali.

Se per fare ciò è necessario aggiungere o togliere 3..5 spire rispetto al calcolo o cambiare sezione del filo in modo da completare lo strato con il numero di spire calcolato.

Se non abbiamo a disposizione altre sezioni di filo smaltato, possiamo aggiungere o togliere le spire che ci servono per completare lo strato. Ma poi è necessario fare una verifica del calcolo per tenere conto delle variazioni di spire aggiunte o tolte, in modo da rispettare il rapporto di trasformazione.

Non tralasciare questa regola perché molto più importante per l'avvolgimento secondario che per il primario

7. Calcoliamo sempre i secondari in modo da poterli combinare fra loro (in serie e in parallelo) per ottenere le impedenze da noi richieste senza lasciare mai avvolgimenti liberi a vuoto (senza carico).
8. Utilizzare nel calcolo un' induzione magnetica da 0,4 a 0,6 Wb/m<sup>2</sup> per single-ended. Mentre un' induzione magnetica da 0,8 a 1 Wb/m<sup>2</sup> per push-pull.
9. A trasformatore finito eseguire tutti i collegamenti rispettando gli inizi e le fini degli avvolgimenti.  
Si ottengono migliori risultati sonori collegando l'inizio dell'avvolgimento primario (quello più

vicino al nucleo ferromagnetico) all' anodo della valvola e la fine dell' avvolgimento (quello più esterno) al positivo di alimentazione.

Così facendo la fine dell' avvolgimento secondario sarà il positivo, mentre l' inizio dell' avvolgimento secondario sarà il negativo dove vanno collegati i diffusori acustici.

10. Nel realizzare un trasformatore di accoppiamento è preferibile utilizzare sempre un rocchetto a sezione quadrata.
11. Quando collegate la valvola al trasformatore ricordatevi di collegare l'anodo all'inizio avvolgimento (il filo più interno, quello da cui avete iniziato ad avvolgere).

Per approfondimenti sul tema dei trasformatori vi invitiamo a scaricare il libro di Giunchi Fabrizio "Il Manuale dei Trasformatori" edizione 2014.

Nota della redazione: Il presente materiale è stato concesso in uso da Fabrizio Giunchi che ne è il legale possessore.

Se volete visitare il suo sito internet potrete trovare altro materiale interessante (basta cercarlo con i principali motori di ricerca).

## Componenti passivi: trasformatori di alimentazione

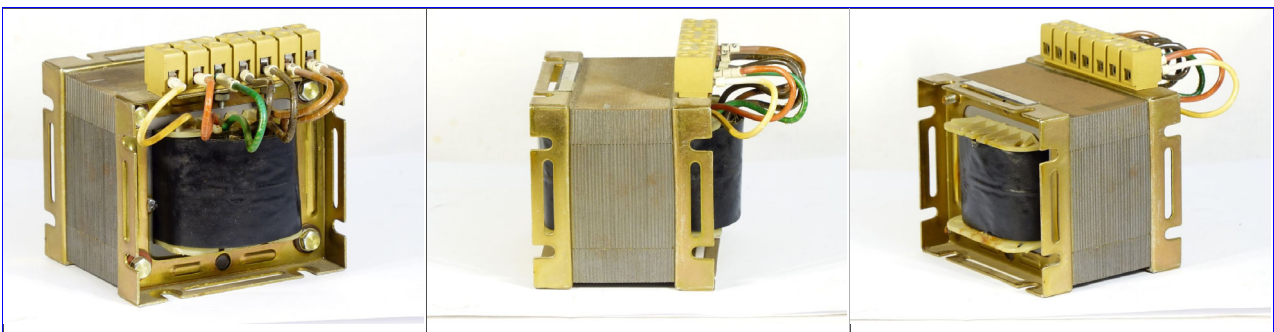
### Trasformatori di alimentazione

I trasformatori di alimentazione sono componenti praticamente insostituibili per ricavare tutte le tensioni di polarizzazione che necessitano ai circuiti elettronici.

In alcune applicazioni, dove possibile, sono sempre più sostituiti da convertitori switching per ragioni di ingombro, peso e costo.

Si dividono in tradizionali (con lamierini incastrati per ricavare il nucleo) e toroidali (con nucleo toroidale).

Normalmente i trasformatori di alimentazione sono contraddistinti da una potenza espressa in VA (volt-ampere), una frequenza di funzionamento (50-60Hz negli apparati collegati alla rete elettrica 400Hz per alcuni dispositivi militari), una tensione (o più) di primario e una tensione (o più) di secondario, con l'ulteriore possibilità di avere più secondari isolati fra loro.



Trasformatore di alimentazione a lamierini.

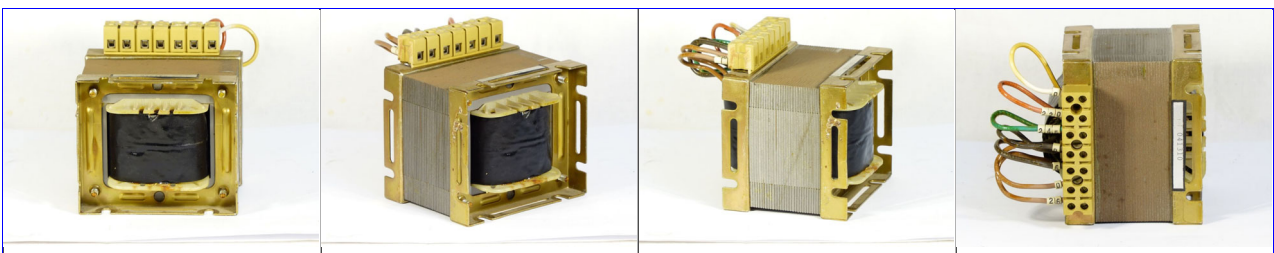
I lamierini sono compressi per evitare ronzii dovuti alla vibrazione degli stessi per azione del campo magnetico da un cestello esterno e quattro bulloni con relativo dado posto dalla parte opposta.

I bulloni sono isolati per evitare correnti parassite negli stessi.

In genere i prodotti di fascia alta vengono anche impregnati sottovuoto con della resina.

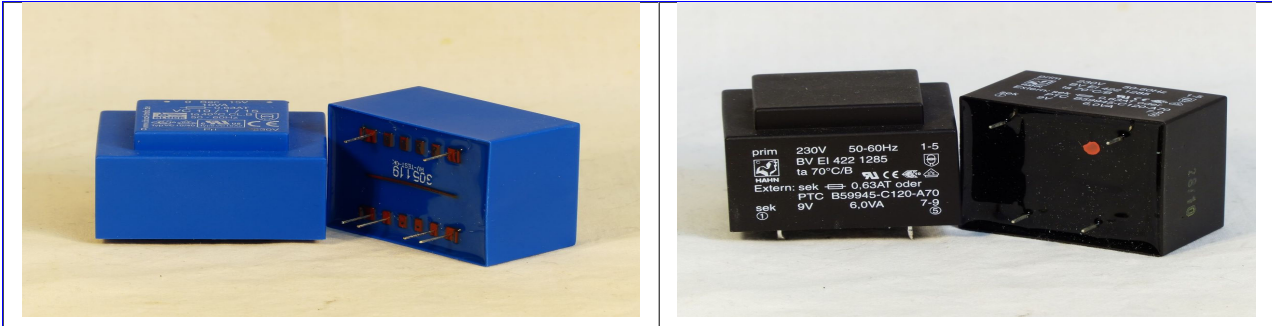
Per effetto della dilatazione termica ciclica del metallo (accensione e spegnimento), se non impregnati, questi trasformatori tendono sempre a ronzare.

I trasformatori di alimentazione hanno in genere uno spessore dei lamierini più grande di quelli di accoppiamento.



I trasformatori di alimentazione si trovano anche nella versione da circuito stampato (vedi sotto), adatti per essere direttamente saldati su quest'ultimo.

In genere si tratta di trasformatori di piccola potenza completamente inglobati in resina.



### Trasformatori di alimentazione toroidali

I trasformatori di questo tipo offrono molti vantaggi rispetto ai tradizionali (a lamierini EI incastrati: E ed I si riferiscono alla forma dei lamierini) e nel dettaglio:

- Minor ingombro e peso a parità di caratteristiche elettriche.

Questo in virtù del rendimento più alto del 70-80% a vuoto e del 25-40% sotto carico.

Questo si traduce in minor calore disperso e minor consumo energetico.

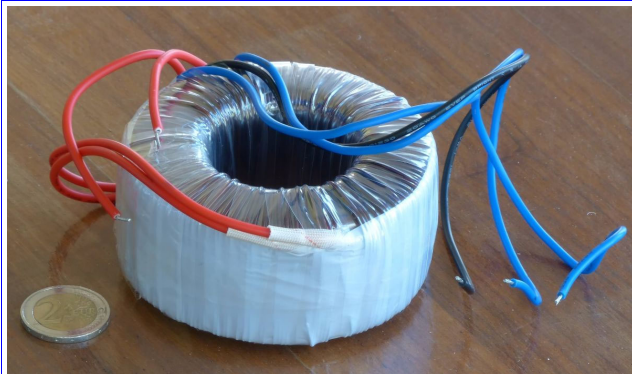
- Rumore ridotto.

Le vibrazioni dei lamierini che affliggono i normali trasformatori in quelli toroidali sono inesistenti.

- Minor campo magnetico disperso.

Il campo magnetico disperso provoca dei ronzii e costringe il progettista a tenere i trasformatori il più lontano possibile dagli stadi di ingresso che sono i più sensibili al rumore.

L'unico svantaggio legato alla maggior complessità di realizzazione è il costo più alto.



Trasformatore Toroidale

### Problemi tipici nell'utilizzo dei Trasformatori di alimentazione

- Flussi magnetici dispersi e compatibilità che generano accoppiamenti magnetici con i circuiti situati in prossimità.
- Lamierini che dopo un certo tempo per via delle dilatazioni termiche acquisiscono un gioco fra di loro che determina per opera del flusso magnetico che li attraversa la vibrazione degli stessi con conseguente ronzio acustico.
- Accoppiamento capacitivo fra primario e secondario che trasmette disturbi dalla rete di alimentazione al circuito alimentato.
- In fase di progetto la tensione di uscita viene dimensionata per la massima potenza tenendo conto delle perdite nel circuito magnetico e nel rame, questo determina che a vuoto la tensione in uscita sia sensibilmente più alta che sotto carico.

## Relè elettromagnetici e loro impiego nei circuiti analogici

In questa sezione tratteremo i relè elettromagnetici che sono la tipologia utilizzata nei circuiti elettronici come interruttori / deviatori comandati a distanza.

In questa sezione tratteremo solo i relè impiegati in ambito audio, ne esistono decine di tipologie che esulano dallo scopo di questa trattazione.

### Relè elettromagnetici

Il relè è un interruttore / deviatore elettromeccanico azionato mediante un elettromagnete costituito da una bobina di filo conduttore elettrico, generalmente di rame, avvolto intorno ad un nucleo di materiale ferromagnetico.

Ne esistono di diverse tipologie, quelli che interessano a noi sono quelli con la funzione di deviatore ossia con la bobina che comanda uno o più contatti che hanno due posizioni e quelli che possono essere assimilati a degli interruttori che sono nel nostro caso quelli con i contatti normalmente aperti.

Al passaggio di corrente elettrica nella bobina, l'elettromagnete attrae l'ancora alla quale è vincolato il contatto mobile che quindi cambierà posizione.

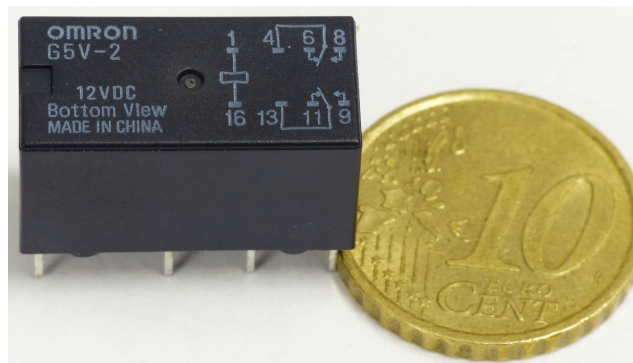
Quando il relè è a riposo il contatto mobile è in contatto con uno dei due contatti fissi.

Quando la bobina è percorsa da una sufficiente corrente elettrica, la situazione si inverte e il contatto mobile si sposta sull'altro contatto per poi tornare alla condizione di partenza quando viene a cessare la corrente sulla bobina.

Negli apparati audio valvolari in genere viene utilizzato per ritardare la tensione anodica all'atto dell'accensione.

Più in generale per selezionare gli ingressi del preamplificatore o per escludere parti del circuito.

Questo perché permette di remotizzare il comando ed evitare di far girare dei fili con un segnale a basso livello.



Relè da circuito stampato con riferimento dimensionale.

Esistono relè anche molto più piccoli.

### Relè elettromagnetici: materiali impiegati nei contatti

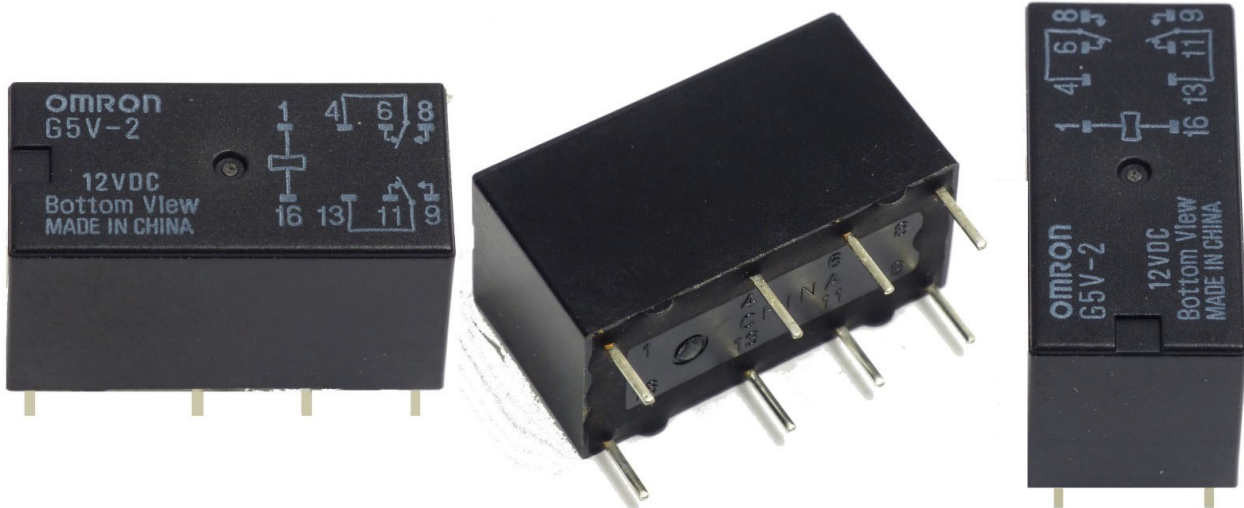
Quelli che interessano a noi hanno in genere i contatti realizzati nei seguenti materiali:

- Argento: si utilizza in diverse leghe
- Tungsteno
- Oro

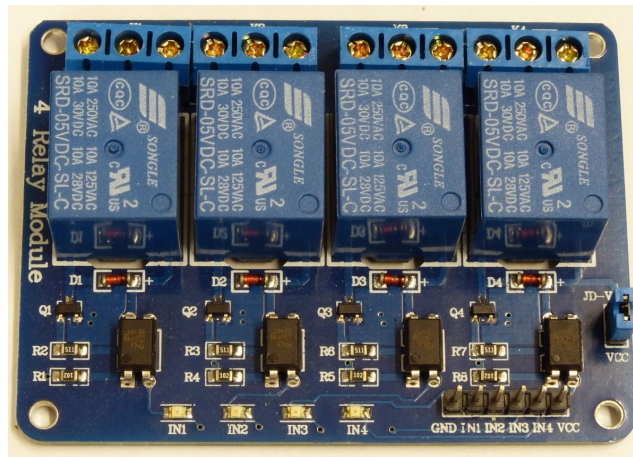
Quello che fa la differenza è la minima tensione che possono commutare, per tensioni sufficientemente alte il problema non si pone in quanto in presenza di ossido avviene una piccola scarica che lo elimina.

Quelli migliori per gli impieghi tipici audio sono ovviamente quelli con i contatti in oro.





Relè da circuito stampato ripreso da diverse angolazioni.  
 Sopra lo stesso è riportato lo schema di collegamento dei piedini alla base.  
 Come vedete di tratta di un deviatore a doppio scambio.  
 Sono riportati anche i valori di tensione per l'alimentazione della bobina.



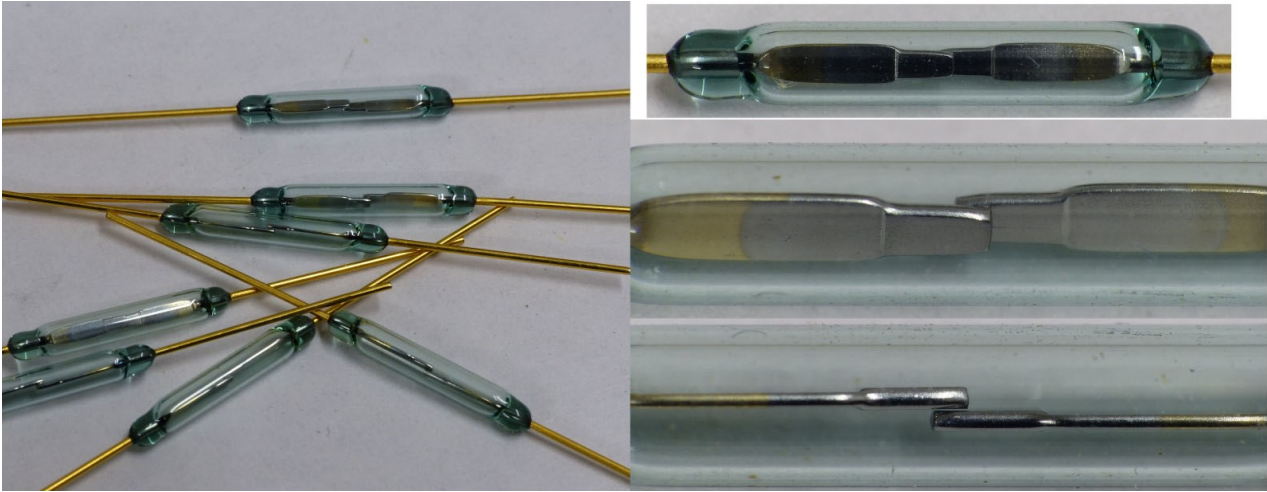
Quattro Relè montati su una scheda elettronica.

### Relè elettromagnetici: Usura

- Nel tempo si può verificare la formazione di ossido sulla superficie dei contatti, impedendo il passaggio della corrente.  
 Per questo alcuni relè adottano come accorgimento l'auto-pulizia, cioè prevedono che in fase di chiusura e apertura i contatti debbano strisciare leggermente fra di loro, provocando l'asportazione dell'ossido.
- Nel caso in cui questi dispositivi vengano usati fuori caratteristica, quindi con carichi con un elevato assorbimento o con tensioni eccessive, si può andare facilmente incontro a un incollaggio dei contatti elettrici per via della fusione degli stessi dovuta all'arco voltaico che si genera all'atto della chiusura del contatto.

Questo si manifesta soprattutto con corrente continua e carichi capacitivi.





Reed Relè.

Nell'ingrandimento si notano i particolari dei contatti presenti nell'ampolla in cui è presente del gas inerte per evitare l'ossidazione dei contatti.

Questo tipo di relè ha bisogno di un elettromagnete esterno o di un magnete permanente per l'azionamento.

### Limiti dei relè elettromagnetici

- Il limite più grosso del relè si manifesta quando è impiegato in sistemi sottoposti a vibrazioni che possono creare un contatto instabile.  
Ad esempio nei combo per chitarra e basso elettrico dove il circuito preamplificatore, amplificatore e il diffusore sono nello stesso contenitore e sono sottoposti alle vibrazioni indotte dall'altoparlante.
- La bobina del relè è a tutti gli effetti una induttanza e all'atto della disalimentazione produce una notevole extratensione, quindi se viene azionata da un componente allo stato solido (transistor, mosfet) bisogna utilizzare un diodo di ricircolo per evitare che l'extratensione possa danneggiare il componente.

## Diodi Semiconduttori

Il diodo semiconduttore è uno dei componenti elettronici più importanti ed utilizzati nell'elettronica. Ne esistono di diverse tipologie, in funzione del tipo di impiego, del materiale impiegato nella costruzione e del drogaggio.

In questa sezione trattiamo quelli per uso generico.

Si possono trovare in contenitore di vetro, plastico o metallico.

Come per il diodo termoionico la sua caratteristica principale consiste nell'andare in conduzione solo se polarizzato direttamente, quindi la corrente passa solo in un verso.

Questo per quello che riguarda il diodo ideale, il diodo reale ha anche una piccola corrente inversa che all'atto pratico è trascurabile.

A differenza del diodo termoionico ha una bassissima resistenza interna.

I diodi semiconduttori più diffusi sono quelli costruiti con silicio, in passato i più diffusi erano quelli al germanio.

### Principali Tipologie di diodi semiconduttori per uso generico

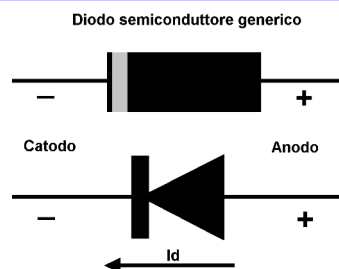
- **Diodo al germanio:** Questo è costituito da una giunzione a semiconduttore realizzata con germanio, ha una tensione di polarizzazione diretta più bassa (tipicamente 0,2 V) che lo rende particolarmente adatto nella funzione di demodulatore o rivelatore per segnali radio in modulazione di ampiezza caratterizzati da una piccola ampiezza.

Viene tuttora utilizzato in alcuni circuiti distorsori per chitarra elettrica nella sezione adibita al clipping del segnale proprio in funzione della sua bassa tensione di polarizzazione diretta.

La resistenza serie di questo tipo di diodo è molto più alta di quella di un analogo al silicio e questo fa sì che la distorsione prodotta sia meno marcata.

- **Diodo al Silicio:**

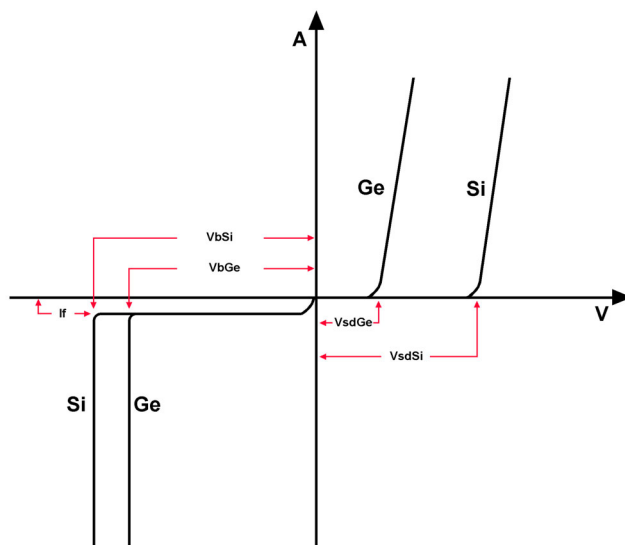
### Caratteristiche



- Il diodo semiconduttore ha due terminali, anodo e catodo.
- La tensione di polarizzazione  $V_d$  è considerata positiva all'anodo e negativa al catodo. Quindi il diodo è polarizzato direttamente quando l'anodo è positivo e il catodo negativo rispetto all'anodo. In caso inverso si dice polarizzato inversamente.
- La corrente che scorre nel diodo ( $I_d$ ) viene detta diretta se scorre dall'anodo al catodo (verso convenzionale della corrente)
- Se il diodo viene polarizzato inversamente non conduce a meno che la tensione non sia abbastanza alta da superare quella di rottura. La rottura non è un fenomeno distruttivo se la corrente è mantenuta entro certi valori e viene utilizzato nei diodi zener.
- Se il diodo viene polarizzato inversamente al di sotto della tensione di rottura, passa una corrente detta corrente inversa normalmente di valore molto basso.

- La tensione di polarizzazione diretta necessaria per portare in conduzione il diodo è dipendente dal materiale con cui è costruito il medesimo, ad esempio 0,2V per il diodo al germanio e 0,6 Volt per il diodo al silicio.

### Curve caratteristiche di diodi semiconduttori per uso generico e come si ricavano

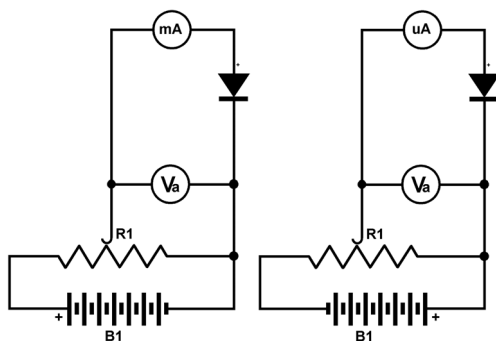


Curva caratteristica di diodi semiconduttore al silicio e al germanio.

La tensione di polarizzazione diretta varia in funzione del materiale impiegato nella costruzione, si attesta su 0,2V per il germanio ( $V_{sdGe}$ ) e 0,6V per il silicio ( $V_{sdSi}$ ).

Nel grafico soprastante per rendere leggibili i valori si sono adottate due scale diverse una per il primo quadrante del piano cartesiano e una per il terzo.

Questo perché il valore di corrente  $I_f$  inversa di fuga è estremamente basso mentre la tensione inversa  $V_{bSi}$  e  $V_{bGe}$  di rottura (breakdown) è estremamente alta.



Circuito di principio per il rilievo della curva diretta e inversa di un diodo semiconduttore.


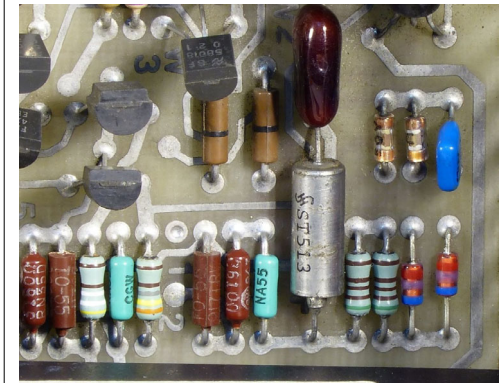
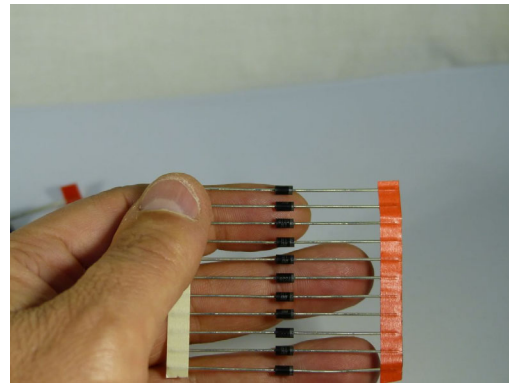
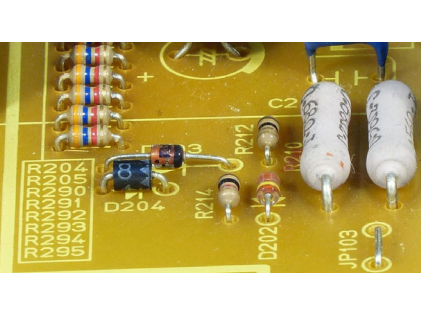
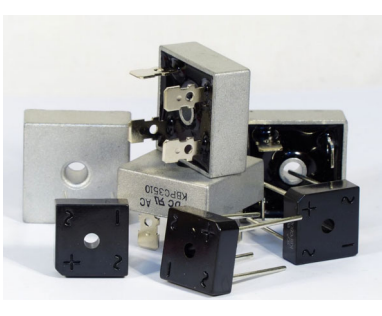
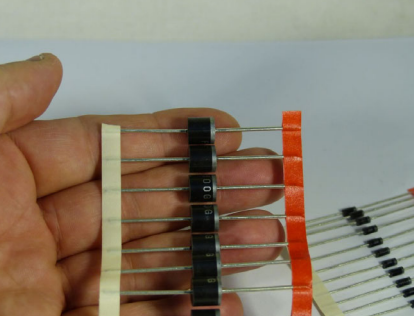
Nel circuito di principio va aggiunta una resistenza di limitazione della corrente posta in serie alla batteria di alimentazione al fine di limitare la stessa a valori non distruttivi per il diodo, sia nel rilievo della caratteristica diretta che inversa.

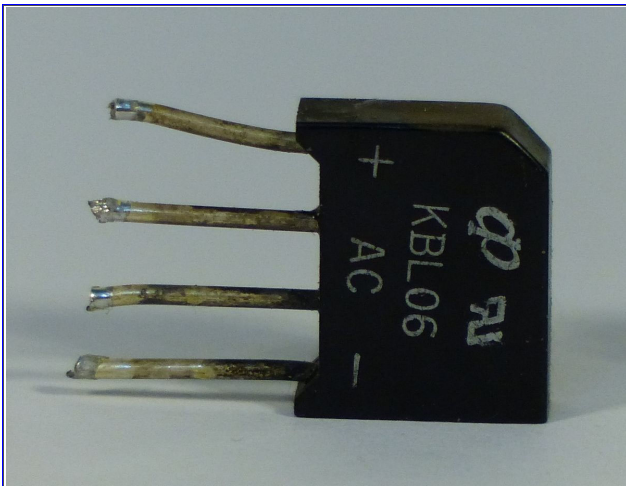
### Cose da sapere per progettare circuiti in cui si impiegano diodi semiconduttori

- Il diodo quando polarizzato direttamente da luogo ad una corrente che lo attraversa.  
Nei diodi di potenza, tenuto conto della tensione di polarizzazione diretta e della resistenza interna si progetta il sistema di raffreddamento calcolando di dover dissipare una potenza di 1W per ogni ampere che attraversa il diodo (valore efficace).  
Nei ponti di diodi questo valore deve essere raddoppiato (perché ci sono sempre un paio di diodi in serie).
- Il diodo semiconduttore standard (per uso generico) non è adatto per applicazioni switching dove

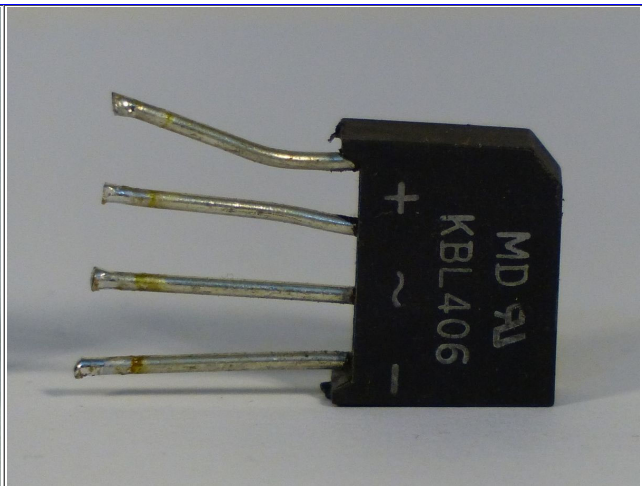
devono essere impiegati diodi fast-recovery (quasi sempre diodi Schottky).  
 Quindi non cercate di impiegarlo per frequenze superiori a qualche Khz (dipende dal diodo).

**Immagini di varie tipologie di diodi semiconduttori.  
 Come si può presentare fisicamente un diodo semiconduttore.**

		
<p>Diodo semiconduttore di piccola potenza (400V-6A)</p>	<p>Diodi semiconduttori impiegati in una scheda di un computer anni '70 (in basso a destra e a sinistra del condensatore azzurro)</p>	<p>Diodi semiconduttori distribuiti in nastro che normalmente è avvolto in bobine, per grandi quantità.</p>
		
<p>Diodi semiconduttori di tre diverse tipologie in una scheda di un videoregistratore. Si notino le sigle stampate sul PCB con l'iniziale "D" per diodo.</p>	<p>Diodi di potenza sotto forma di ponte di diodi (o ponte di Graetz) per montaggio a vite (si noti il buco per il bullone) adatto per essere montato su un dissipatore di calore.</p>	<p>Diodi semiconduttori distribuiti in nastro che normalmente è avvolto in bobine, per grandi quantità.</p>



Diodi semiconduttori di piccola potenza (600V-4A) sotto forma di ponte di diodi (o ponte di Graetz) per montaggio su PCB (si noti la scritta che identifica l'ingresso in CA e l'uscita in CC). Si notino i terminali di grosso diametro, la grande sezione non è pensata per il trasferimento di grandi correnti ma per ragioni di dissipazione termica, il calore viene trasferito in parte al circuito stampato.



Diodi semiconduttori di piccola potenza (800V-4A) sotto forma di ponte di diodi (o ponte di Graetz) per montaggio su PCB (si noti il simbolo che identifica l'ingresso in CA e l'uscita in CC con la relativa polarità). Per questo ponte di Graetz vista la piccola corrente che è in grado di gestire non è previsto un raffreddamento (manca il foro di fissaggio per il bullone).



## Diodo Zener

### Caratteristiche

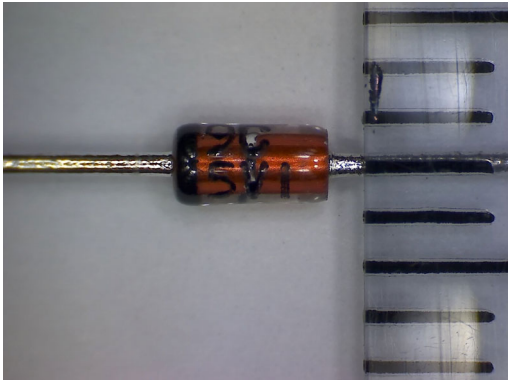
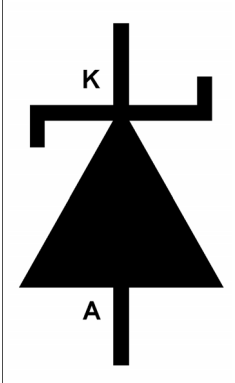
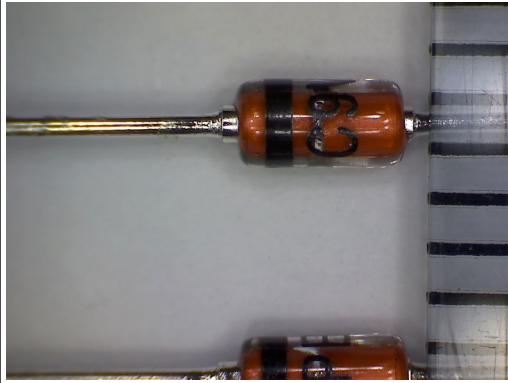
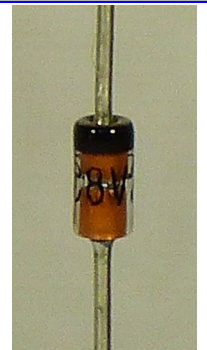

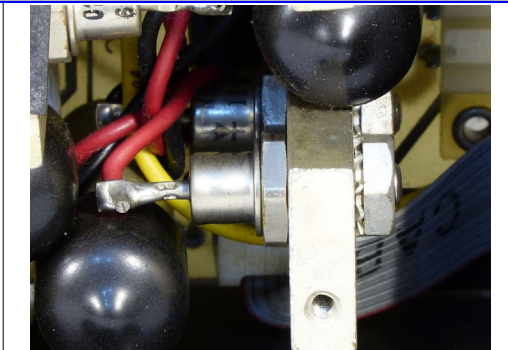
Il diodo zener è un diodo semiconduttore che sfrutta la polarizzazione inversa e la tensione di rottura (breakdown) come riferimento di tensione.

La tensione di breakdown di un diodo zener è detta "tensione di zener".

E' in pratica uno stabilizzatore di tensione.

Possono avere valori di tensione di breakdown da 2 a 200 Volt.

Per impiegarlo proficuamente non ci serve sapere altro.

		
<p>Diodo zener da 5,1 Volt (il valore stampigliato sul vetro è 5V1)</p>	<p>Simbolo circuitale del diodo zener</p>	<p>Diodo zener da 9,1 Volt (il valore stampigliato sul vetro è 9V1)</p>
		
<p>Diodo zener da 8,2 Volt (il valore stampigliato sul vetro è 8V2)</p>	<p>Zener di potenza da 5w montato a vite su un dissipatore di alluminio in una apparecchiatura anni '70.</p>	<p>Zener di potenza da 5w montato a vite su un dissipatore di alluminio in una apparecchiatura digital (computer mainframe) anni '70.</p>

### Comportamenti di cui occorre essere a conoscenza in fase di progetto

- Il diodo zener è sensibile alla temperatura.  
 Per tensioni di zener inferiori di 5 Volt all'aumentare della temperatura la tensione diminuisce mentre tensioni di zener superiori di 6 Volt all'aumentare della temperatura la tensione di zener aumenta.  
 Va da se che i diodi che hanno una tensione prossima a 5-6 Volt sono intrinsecamente più stabili.  
 Di norma la tensione nominale è misurata a 25°C di temperatura.  
 Alla ricerca della stabilità termica necessaria in alcune applicazioni è possibile mettere in serie vari tipi di zener con coefficienti di temperatura opposti in modo che le fluttuazioni di tensione si



elidano.

A questo scopo si possono anche utilizzare normali diodi in polarizzazione diretta messi in serie allo zener purché abbiano coefficiente termico opposto a quello dello zener.

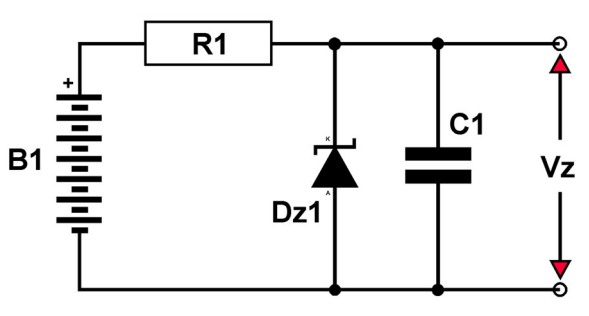
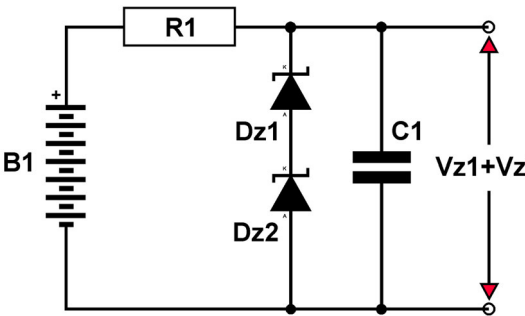
Il diodo zener durante il normale funzionamento genera calore in proporzione alla tensione e alla corrente che vi circola secondo la formula  $W_z = V_z \cdot I_z$  dove  $W_z$  è la potenza dissipata,  $V_z$  la tensione di zener e  $I_z$  la corrente che lo attraversa.

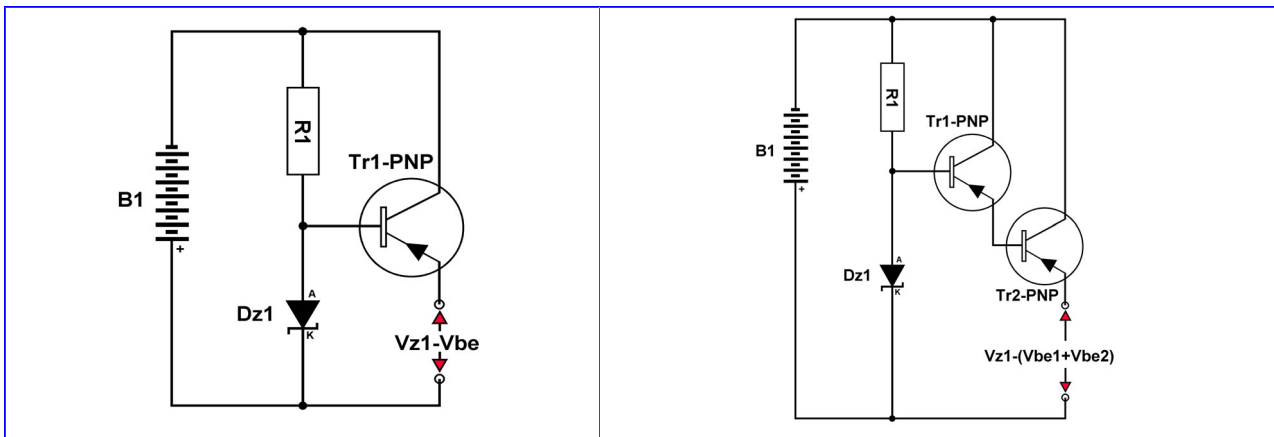
- I diodi zener sono componenti rumorosi, ovvero producono rumore bianco a largo spettro, quindi sempre meglio affiancarli ad un condensatore.
- I diodi zener si possono collegare in serie per ottenere tensioni più elevate.

La tensione risultante sarà la somma delle singole tensioni degli zener in serie.

Non è ovviamente possibile collegarli in parallelo (per aumentare la corrente gestita) anche se hanno la stessa tensione nominale perché per effetto delle tolleranze uno dei due entrerà in conduzione prima dell'altro e ne funzionerà solo uno.

### Impieghi classici e circuitazioni relative

	
<p>Classico circuito generatore di tensione di riferimento con diodo zener.</p> <p>La resistenza R1 limita la corrente mentre il condensatore C1 elimina il rumore generato dal diodo zener.</p> <p>La tensione in uscita è uguale alla tensione di zener di Dz1.</p> <p>Ovviamente la tensione di batteria deve essere maggiore della tensione di zener.</p>	<p>Classico circuito generatore di tensione di riferimento.</p> <p>La resistenza R1 limita la corrente mentre il condensatore C1 elimina il rumore generato dai diodi zener.</p> <p>La tensione in uscita è uguale alla somma delle tensioni di zener di Dz1 e Dz2.</p> <p>Ovviamente la tensione di batteria deve essere maggiore alla somma delle tensioni di zener di Dz1 e Dz2.</p> <p>Questo circuito è un esempio di come si possono accoppiare in serie due o più diodi zener.</p>

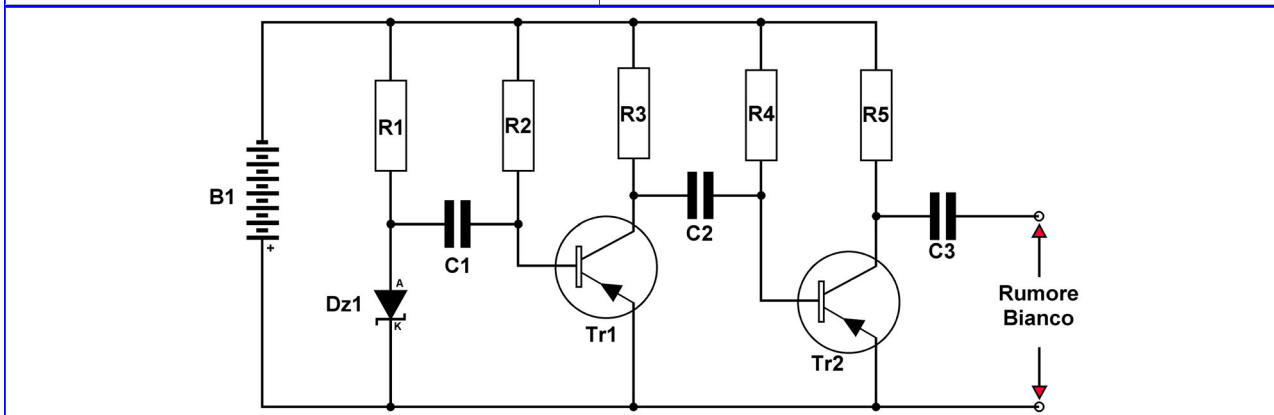


Generatore di tensione di riferimento bufferizzato con un transistor collegato ad inseguitore di emettitore.

La tensione all'uscita è uguale alla tensione di zener di Dz1 meno la tensione di polarizzazione della giunzione BE del transistor Tr1.

Generatore di tensione di riferimento bufferizzato con due transistor collegati in configurazione darlington collegati in configurazione ad inseguitore di emettitore.

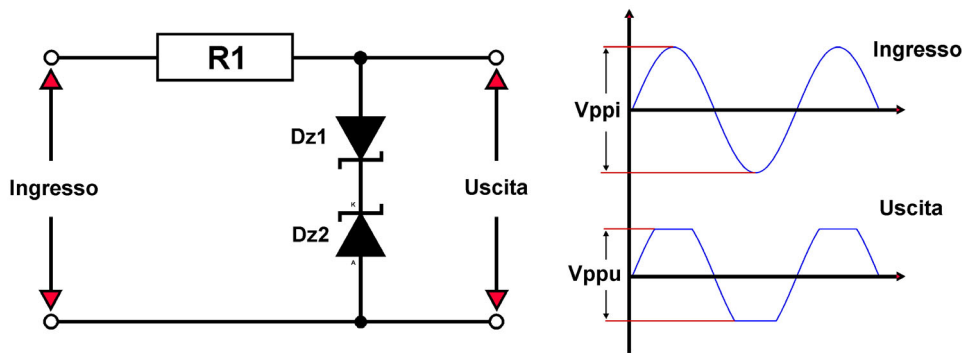
La tensione all'uscita è uguale alla tensione di zener di Dz1 meno la somma delle tensioni di polarizzazione delle giunzioni BE dei transistor Tr1 e Tr2.



Generatore di rumore bianco che impiega un diodo zener come generatore e due stadi a transistor come amplificatori di segnale.

Un generatore del genere in funzione dei transistor impiegati può generare rumore bianco fino a frequenze di diverse centinaia di Mhz.

Il suo impiego è nella taratura di filtri risonanti e test sulle radio.



Tosatore a diodi zener.

Si tratta di un circuito atto a limitare la tensione all'ingresso di un circuito a scopo di protezione da sovratensione.

I due diodi zener posti in antiserie operano una limitazione della tensione al valore di zener addizionato alla tensione di soglia diretta del diodo zener polarizzato direttamente.

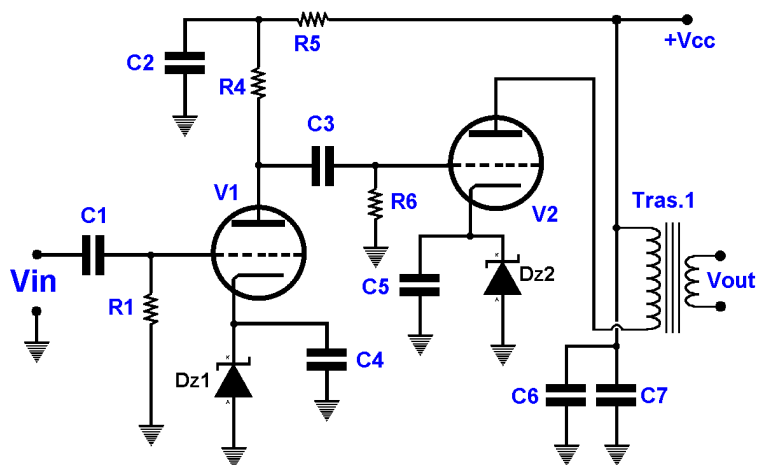
In numeri la tensione di picco in uscita è  $V_{dz1} + 0,6V$  (oppure  $V_{dz2} + 0,6$ ).

Quindi se Dz1 e Dz2 sono due zener da 8,1 V la tensione di picco che avremo all'uscita sarà di  $8,1 + 0,6 = 8,7$  Volt.

E la tensione picco a picco sarà esattamente in doppio.

Il tosatore può operare anche in modo asimmetrico impiegando due diodi zener con tensioni di zener differenti.

Questo genere di circuito può, ad esempio, venire impiegato all'ingresso di un voltmetro per evitare che la tensione in ingresso ecceda quella misurabile a fondoscala.



Esempio di polarizzazione della griglia a potenziale fisso tramite diodi zener.

I condensatori C4 e C5 potrebbero essere rimossi e servono per eliminare gli effetti della resistenza parassita degli zener e soprattutto per eliminare il rumore prodotto dagli zener.

## Diodo Led

È un componente universalmente utilizzato in illuminotecnica come lampada, come indicatore (spia) nelle apparecchiature e come display numerico negli strumenti di misura.

Ha la caratteristica di emettere luce se polarizzato direttamente.

Negli ultimi anni è impiegato soprattutto nei sistemi di illuminazione, grazie alla ricerca si è giunti a diodi led con rendimenti di conversione molto alti, nel migliore dei casi anche più alto delle lampade a scarica.

LED è l'acronimo di Light Emitting Diode (diodo ad emissione luminosa).

### Colore del led e materiale impiegato nella costruzione (esempio indicativo perché in rapida evoluzione).

Materiale	Colore luce	Lunghezza Onda (nm)	Banda Passante (nm)	Tensione di soglia diretta a 20mA/25°C
SiC/GaN (Carburo di Silicio/Nitrito di Gallio)	Ultra Blu	430		3,8V
SiC/GaN (Carburo di Silicio/Nitrito di Gallio)	Super Blu	470		3,6V
GaP-GaP (Fosforo di Gallio)	Verde puro	555	25	2,1V
GaP-GaP (Fosforo di Gallio)	Verde alta efficienza	565		2,1V
InGaAlP (Indio Gallio Alluminio Fosforo)	Giallo Limone	574		2,4V
GaAsP-GaP (Fosforo Arseniuro di Gallio/ Fosforo di Gallio)	Arancio	610	35	2,1V
GaAlAs-GaAlAs (Arseniuro di Alluminio di Gallio)	Rosso	660	25	2,2V
GaAlAs-GaAs (Arseniuro di Alluminio di Gallio / Arseniuro di Gallio)	Rosso	700	25	2,2V
GaAlAs-GaAlAs (Arseniuro di Alluminio di Gallio)	Infrarosso	880	80	1,7V
GaAs-GaAs (Arseniuro di Gallio)	Infrarosso	940	45	1,7V



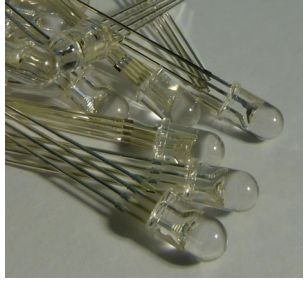

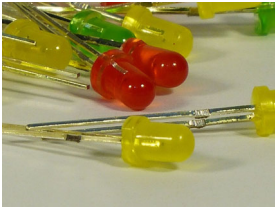

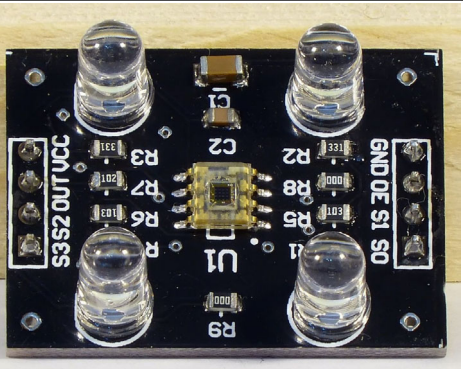
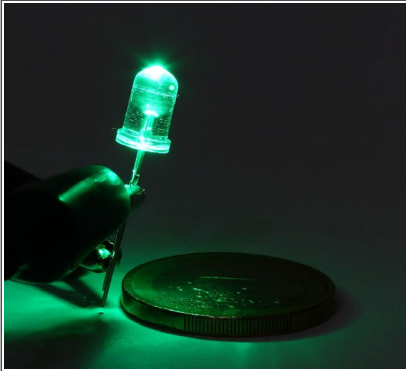

### Il diodo led a luce bianca

Ci sono due modi per produrre questo tipo di luce: Il primo prevede la miscelazione della luce di tre diverse sorgenti nelle giuste proporzioni in sintesi additiva (RGB), il secondo metodo consiste nell'eccitare dei fosfori tramite un led a luce blu o ultravioletta.

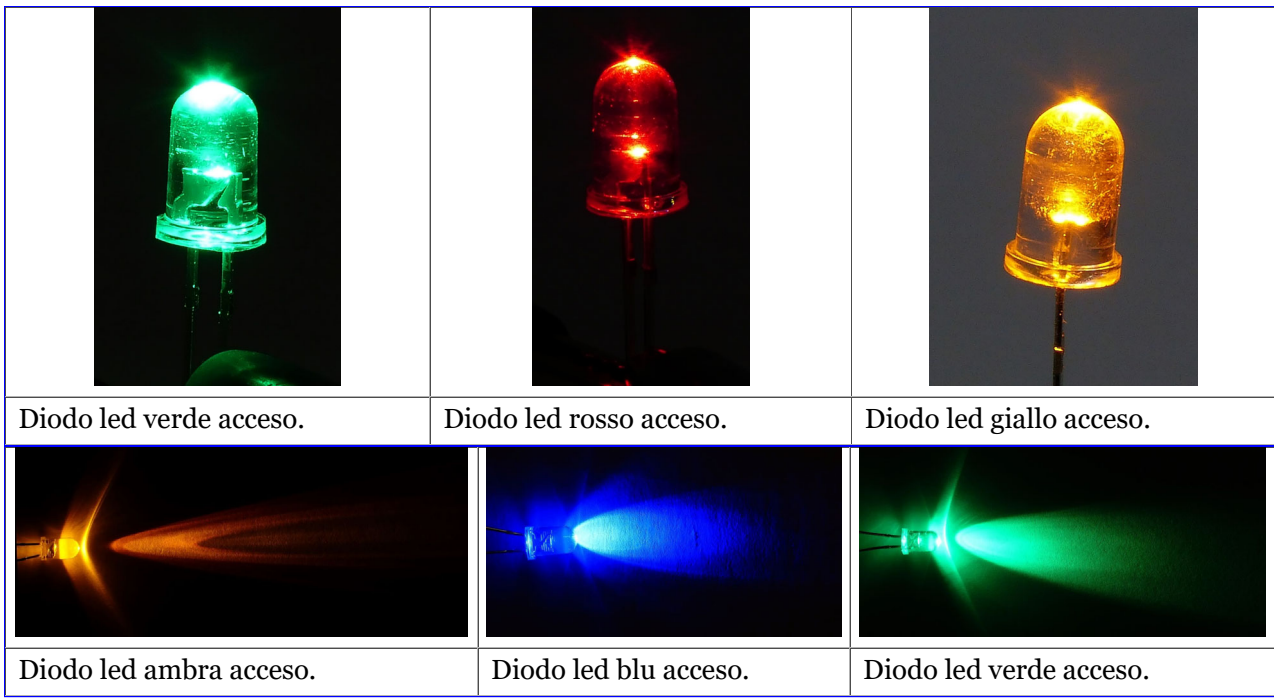
### Caratteristiche e peculiarità dei diodi LED da considerare in fase di progetto

- Il diodo led quando polarizzato direttamente con una tensione uguale o leggermente superiore a quella di soglia diretta (che dipende dal tipo di led) viene attraversato da una corrente ed emette luce.
- Una caratteristica secondaria dei diodi led è se polarizzati inversamente colpiti da luce si comportano (con una efficienza abbastanza scarsa) come un fotodiodo.  
In genere presentano una maggiore sensibilità verso il tipo di luce per la quale sono stati costruiti.
- Un altro impiego atipico ma abbastanza usato è utilizzarlo come riferimento di tensione in polarizzazione diretta (come se fosse uno zener).  
Per ottenere tensioni di riferimento diverse occorre accoppiarne diversi (in serie) anche di diversi colori a patto che abbiano la stessa corrente massima di lavoro.  
Si possono accoppiare in serie anche a zener e diodi rettificatori.
- Il diodo led sopporta una tensione inversa abbastanza bassa, in genere 5 Volt, quindi se deve essere sottoposto a forti tensioni inverse mettetelo in serie ad un diodo rettificatore.
- La durata di un led è di solito molto migliore di quella di una analoga lampada ad incandescenza e in qualche caso anche migliore delle lampadine a scarica nel gas.  
Occorre tuttavia precisare che esistono anche led di pessima qualità che hanno una durata inferiore alle 1000 ore, specie per quello che riguarda il colore bianco.
- Il LED come anche il diodo zener è fonte di rumore bianco quando in conduzione.  
Quindi si può usare anche in questa veste.

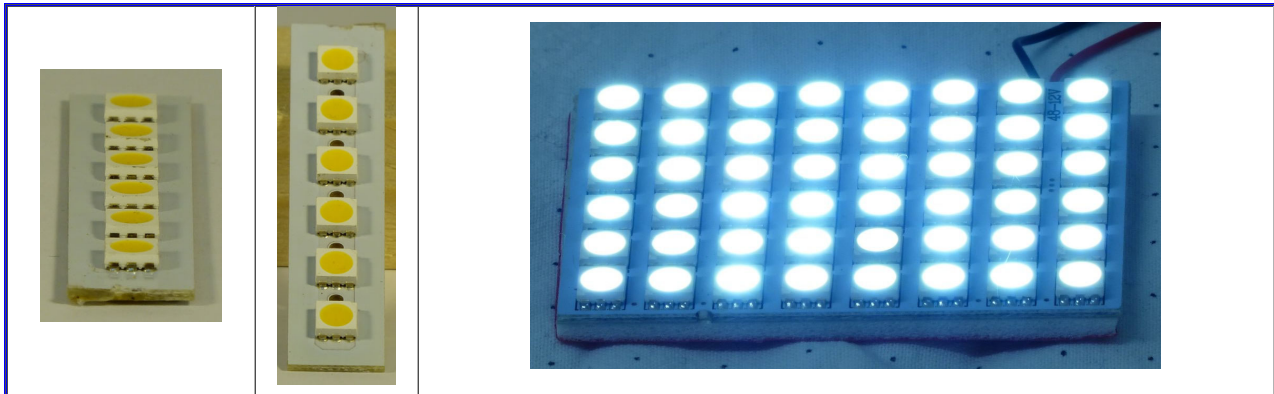
### Formati e principali colori dei diodi LED per segnalazione

		
<p>Diodi led con contenitore trasparente. I led ultima generazione hanno questo tipo di contenitore indipendentemente dal tipo di luce emessa.</p>	<p>Diodi led RGB. Hanno a terminali, uno comune e gli altri 3 uno per ogni colore. Dosando l'intensità dei singoli colori è possibile ottenere tutte le tonalità di colore.</p>	<p>Diodi led RGB. Hanno a terminali, uno comune e gli altri 3 uno per ogni colore. Dosando l'intensità dei singoli colori è possibile ottenere tutte le tonalità di colore.</p>
		
<p>Diodi led con contenitore colorato di svariati colori (rosso, verde, giallo)</p>	<p>Diodi led con contenitore colorato di svariati colori (rosso, verde, giallo)</p>	<p>Diodi led con contenitore colorato di svariati colori (rosso, verde, giallo)</p>
		
<p>Diodi led impiegati come illuminatori in una scheda colorimetro digitale.</p>	<p>Diodo led verde acceso.</p>	<p>Diodo led blu acceso.</p>



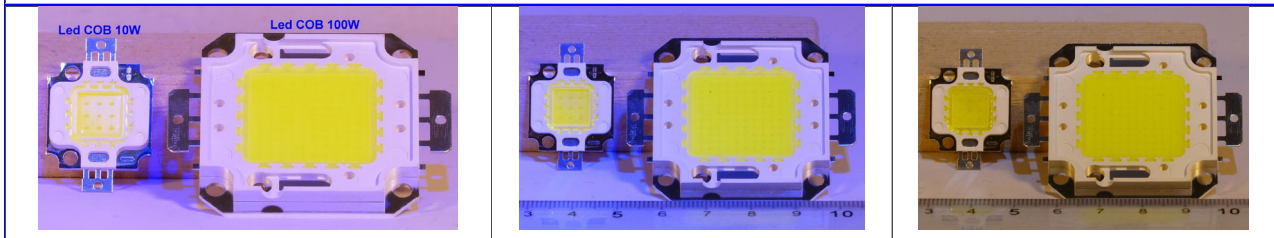


**Diodi led per illuminazione**



Diodi led per illuminazione con contenitore smt.

Sono presenti 3 diodi led per ogni contenitore e sono assemblati per costituire una lampada led a luce bianca.

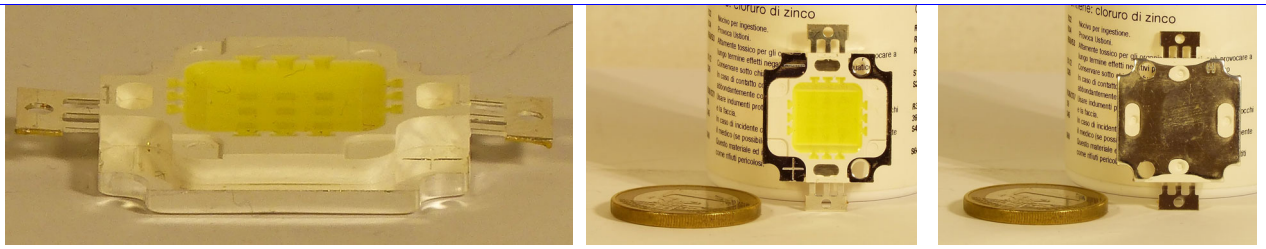


Led COB (chips on board).

Si tratta di una matrice di led montati su una superficie che ne consente il raffreddamento in unione con un dispositivo in grado di smaltire il calore, come ad esempio una aletta di raffreddamento e una ventola.

La grande densità di led per unità di superficie ne fa degli ottimi sistemi di illuminazione con un ingombro molto ridotto.

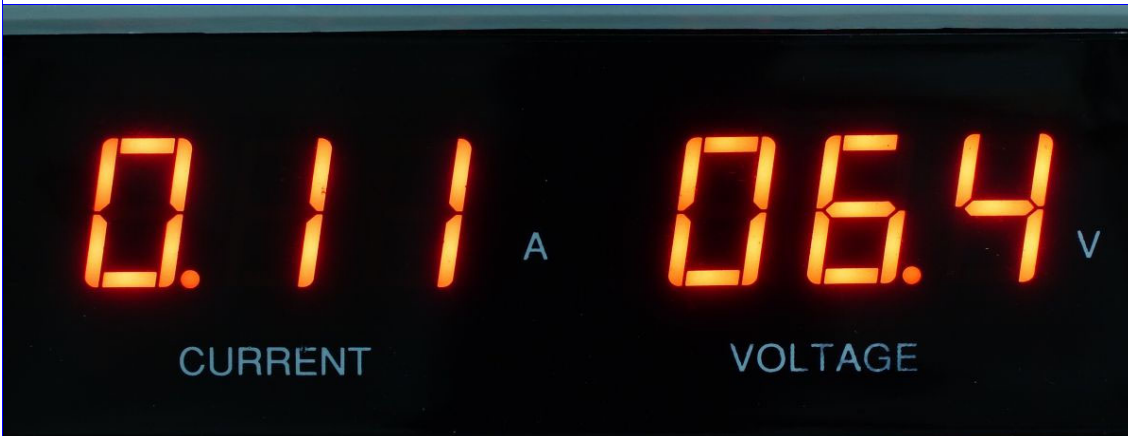




Led COB (chips on board) da 10W privo dell'aletta di raffreddamento, visto dal fianco. Per l'impiego continuo occorre corredarlo di aletta di raffreddamento.

Led COB (chips on board) da 10W privo dell'aletta di raffreddamento, visto di fronte.

Led COB (chips on board) da 10W privo dell'aletta di raffreddamento, visto da dietro (contatto termico per dissipazione di calore).



Diodi led impiegati in dei display a sette segmenti. Ne esistono di diversi colori e dimensioni.

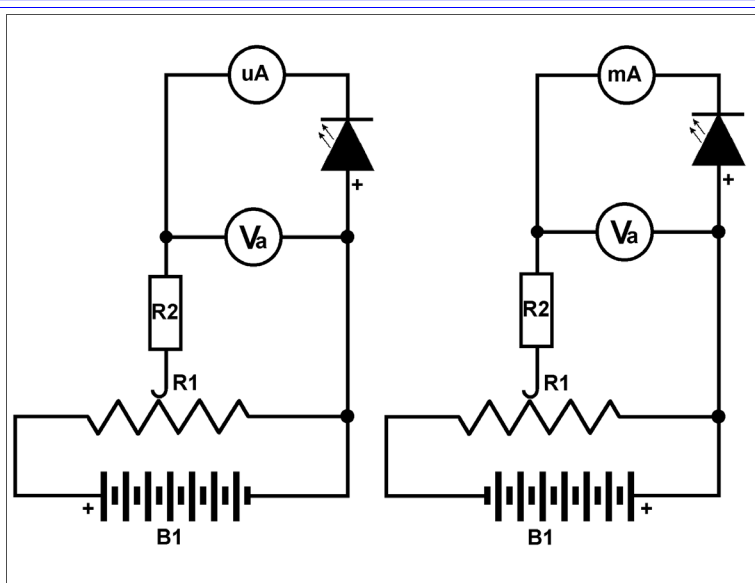
**Forme e dimensioni classiche dei LED**

I led più diffusi sono quelli smt per le lampade da illuminazione, se non altro per il numero notevole utilizzato in ogni singola lampada.

Quelli più classici invece sono quelli tondi da 3 o 5 mm di diametro.

Ma vi sono di tutte le forma e dimensioni, a sezione quadrata, triangolare, rettangolare, cilindrica.

**Circuito di misura delle caratteristiche elettriche**



Circuito per il rilievo delle caratteristiche di un diodo led in polarizzazione diretta ed inversa.

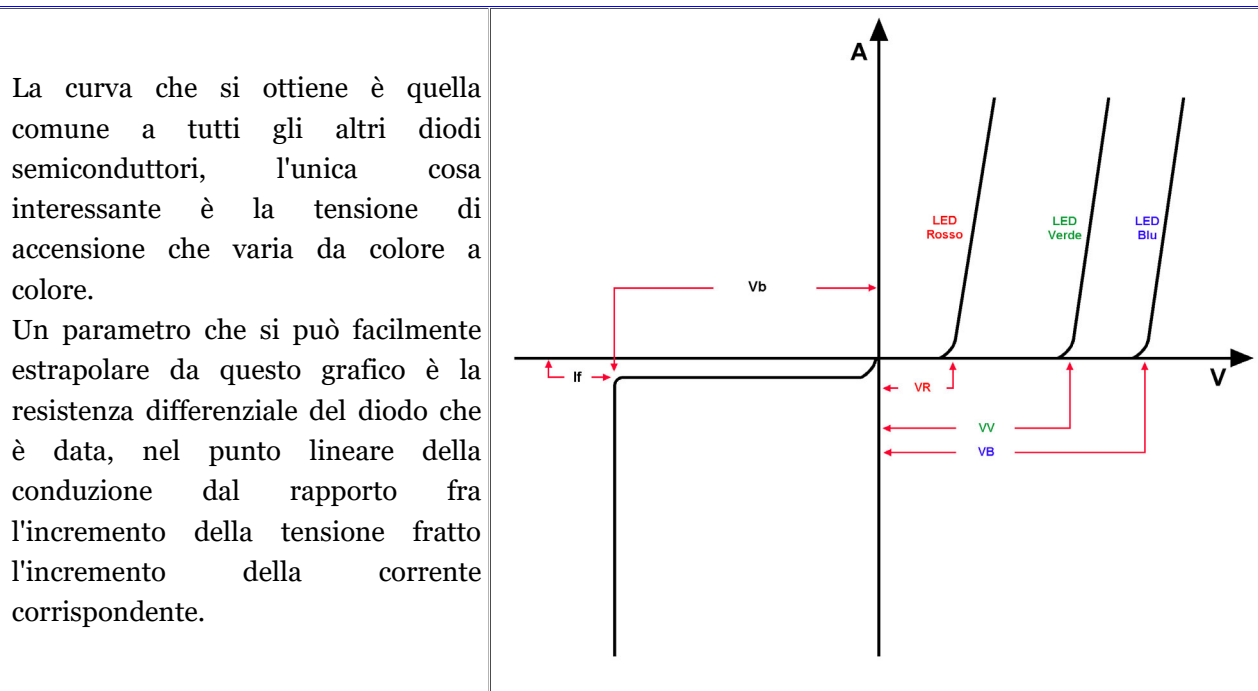
La misura va effettuata a 25°C di temperatura e mettendo il led in un ambiente buio (specie per misurare la caratteristica inversa).

La resistenza R2 serve per limitare la corrente che passa nel led.

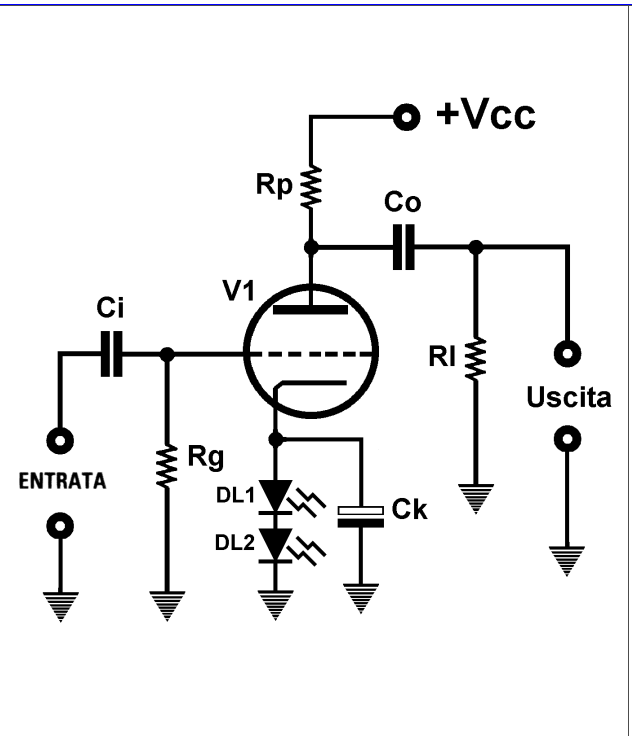
Da notare che per la caratteristica inversa si usa un microAmperometro in serie al led mentre per la caratteristica diretta di usa un milliAmperometro.

La procedura è la solita (in riferimento alla figura sopra) punto a punto partendo da una tensione di 0V e arrivando ad una tensione tale da far scorrere nel led la corrente nominale, per quello che riguarda la polarizzazione diretta, mentre per la polarizzazione inversa si aumenta la tensione fino alla rottura (breakdown) poi si continua mantenendo sempre la corrente in un range accettabile per l'integrità del componente.

Si rileva per ogni valore di tensione il valore della corrente e si riportano i dati su un piano cartesiano.



**Impieghi particolari del diodo led**



I diodi led hanno delle caratteristiche tali, riferendoci alla curva di funzionamento che possono in qualche caso essere impiegati come diodi zener utilizzando la caratteristica diretta (o polarizzazione diretta).

Scegliendo una giusta combinazione di colore e numero è possibile costruire dei circuiti in cui fungono sia da diodi di segnalazione che da diodi zener.

Praticamente un diodo zener che si illumina quando funziona.

Nello schema a sinistra i diodi led sono posti in serie per ottenere una tensione di polarizzazione della griglia che è la somma di quella dei due led. Ck in questo caso serve per eliminare il rumore che potrebbe essere prodotto dai led e la reazione in corrente serie derivante dalla resistenza serie dei led che, anche se piccola, ha la sua influenza.

Un altro possibile impiego del diodo led è come feedback di tipo ottico accoppiato ad una fotoresistenza per realizzare dei compressori di dinamica, dei controlli automatici di guadagno completamente isolati o per disattivare alcune sezioni del circuito ponendo la fotoresistenza in serie o il parallelo al segnale.

In pratica si realizzavano dei fotoaccoppiatori lineari.

Questo tipo di impiego è comune, per la facilità di progettazione, in molti circuiti valvolari.

## I connettori

### I connettori: Premessa

Quando vogliamo collegare varie apparecchiature elettroniche fra loro oppure alimentarle abbiamo bisogno dei connettori!

Possano sembrare componenti di secondaria importanza ma a dimostrare il contrario vi è la varietà e la cura con cui sono realizzati.

Il punto debole di ogni connettore è la bontà del contatto che può essere compromessa da sporco e ossido.

Per ovviare alcuni connettori di buona qualità vengono rivestiti di un leggero strato di oro per evitare l'ossidazione.

Certamente in questo breve capitolo non possiamo elencare tutti quelli esistenti che sono centinaia ma prenderemo in considerazione solo quelli più comunemente utilizzati.

I connettori li abbiamo divisi in due principali tipologie:

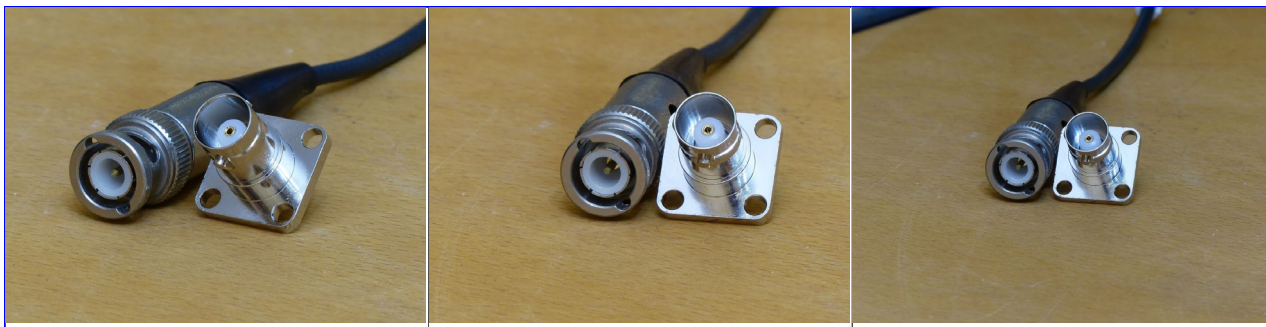
- Connettori di segnale, ovvero quelli adatti a trasferire segnali di piccola potenza, come ad esempio il segnale microfonico, il segnale in uscita ad un preamplificatore oppure quello di un trasduttore.
- Connettori di potenza, ovvero quelli di alimentazione e comunque destinati a gestire tensioni e correnti elevate.

Nota: Il miglior connettore è quello che non c'è, nel senso che un filo saldato è meglio di qualsiasi connettore esistente.

Purtroppo non sempre è possibile.

## Connettori per segnale

### Connettori BNC

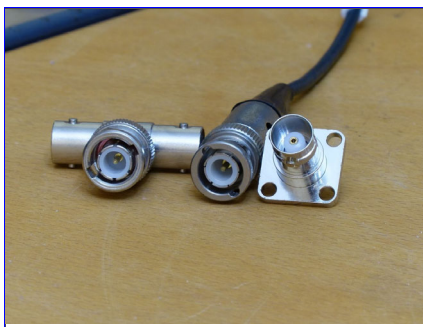


Presina e maschio BNC.

Il maschio, il connettore con il filo fa parte di una sonda per oscilloscopio.

La femmina è una presa da pannello.

La parte isolante all'interno nei connettori di buona fattura è realizzata in teflon, mentre la parte conduttiva è rivestita in oro.

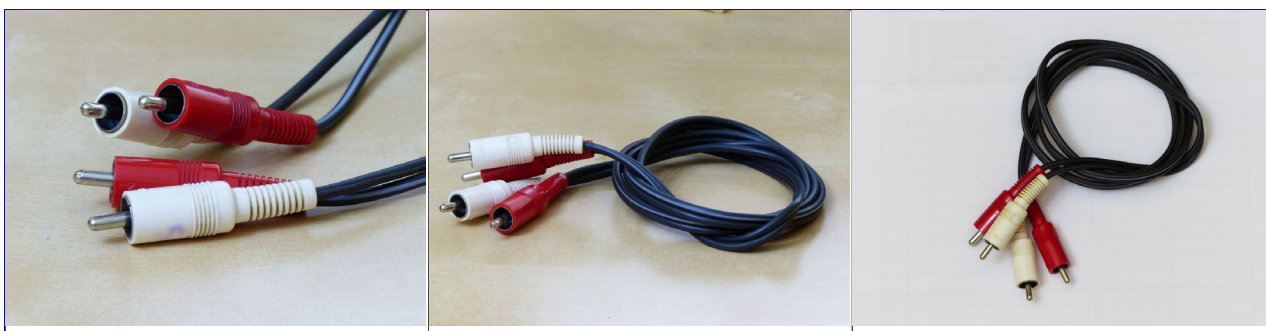


A sinistra oltre a un maschio e una femmina BNC vi è anche un raccordo a "T" che serve per collegare due maschi BNC ad una sola femmina.

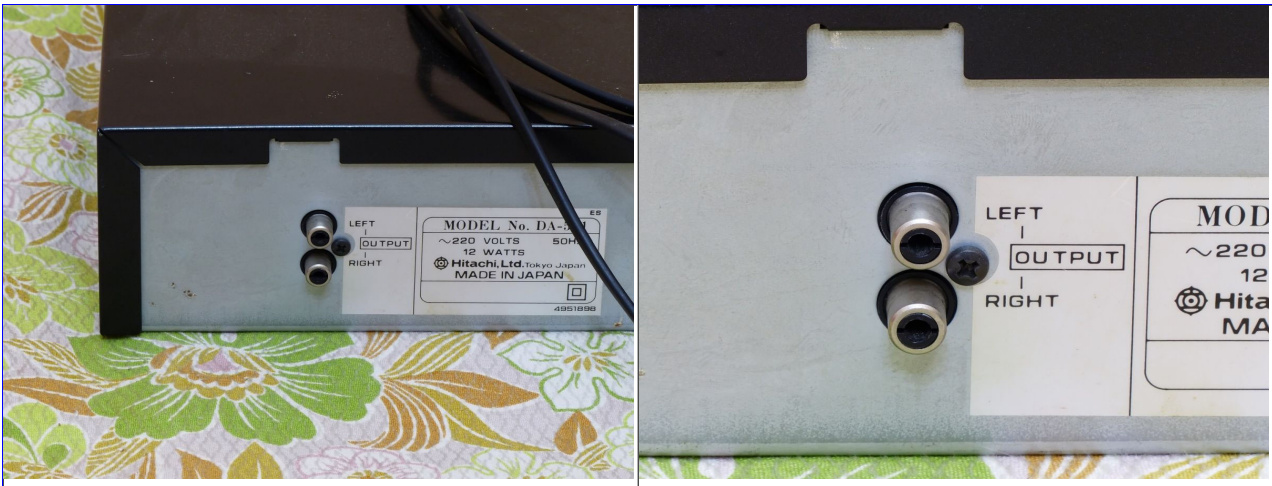
### Connettori RCA

Questo tipo di connettore è il più comune in assoluto nel panorama dell'alta fedeltà.

Il nome "RCA" deriva dall'acronimo di "Radio Corporation of America", la ditta statunitense che progettò questo tipo di connettore negli anni quaranta per permettere la connessione dei giradischi agli amplificatori audio.







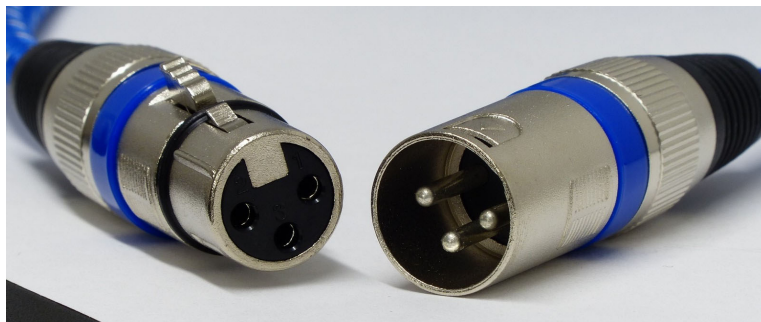
### Connettore XLR o connettore Cannon

Si tratta di un connettore impiegato in campo audio professionale e alta fedeltà.

E' stato prodotto per la prima volta negli Stati Uniti dalla Cannon Electric.

Il nome deriva dalla combinazione di Cannon X, il nome originale aggiunto alle iniziali delle parole Latch (blocco, infatti questo connettore è provvisto di un blocco meccanico che ne impedisce lo sgancio) e Rubber (gomma, che è l'isolante fra i poli).

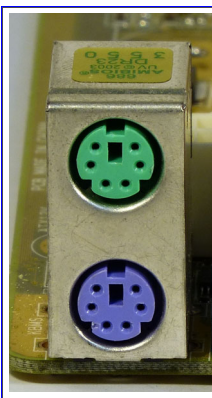
In genere serve per connettere apparecchiature in cui si usa un segnale bilanciato.



Nell'immagine sopra a destra un connettore cannon maschio e a sinistra uno femmina.

In genere questi connettori sono utilizzati per trasferire un segnale bilanciato e non di rado nel contempo per l'alimentazione remota di apparecchiature come ad esempio i microfoni (alimentazione phantom).

### Connettori DIN



Il nome deriva da Deutsches Institut für Normung (Istituto tedesco per la standardizzazione).

Esistono nella versione standard e mini e sono contrassegnati da un numero che corrisponde ai pin del connettore.

Ad esempio un mini-DIN4 è un connettore mini-DIN a 4 poli.

In una delle sue varianti, il mini-DIN6 è meglio conosciuto come connettore PS/2 ed è impiegato per connettere la tastiera e il mouse al computer.





**Connettori Jack**



Si tratta di uno dei connettori più utilizzato in assoluto per quello che riguarda il trasferimento di segnali analogici, soprattutto nell'ambito delle apparecchiature portatili come ad esempio gli smartphone (per il collegamento della cuffia).

Esiste di diverse dimensioni e numero di contatti:

Nome Comune	Diametro mm	Diametro pollici	Utilizzo
Jack	6,3 mm	1/4"	Amplificatori, casse, cuffie, strumenti musicali
Mini-jack	3,5 mm	1/8"	Auricolari, lettori mp3, lettori CD, schede audio
Supermini-jack	2,5 mm	3/32"	Lettori mp3, auricolari, smartphone



Prese jack femmina da 6,3mm e da 3,5mm nella variante stereo.



## Connettori di potenza

### Spine a banana e relative prese



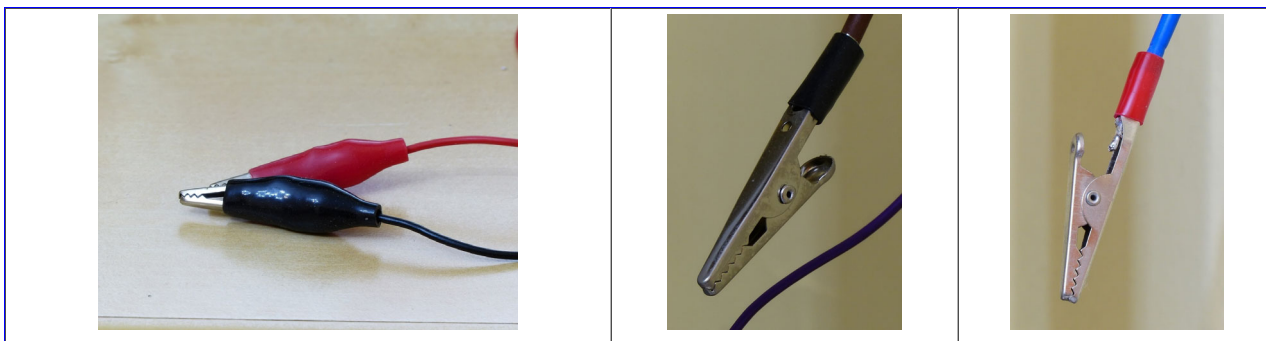
Sono universalmente utilizzate dovunque si debbano veicolare alte correnti come ad esempio i collegamenti delle cassa acustiche con l'amplificatore e gli alimentatori da laboratorio.



### Morsetto a cocodrillo

Si tratta di uno dei morsetti più utilizzati, indispensabile per fare delle prove realizzando ponticelli o per alimentare il circuito.

Ci sono di diverse dimensioni, da quelli molto piccoli a quelli grandi come ad esempio quelli utilizzati nei caricabatterie per l'avviamento delle autovetture.



### Morsetto serrafilo terminatore



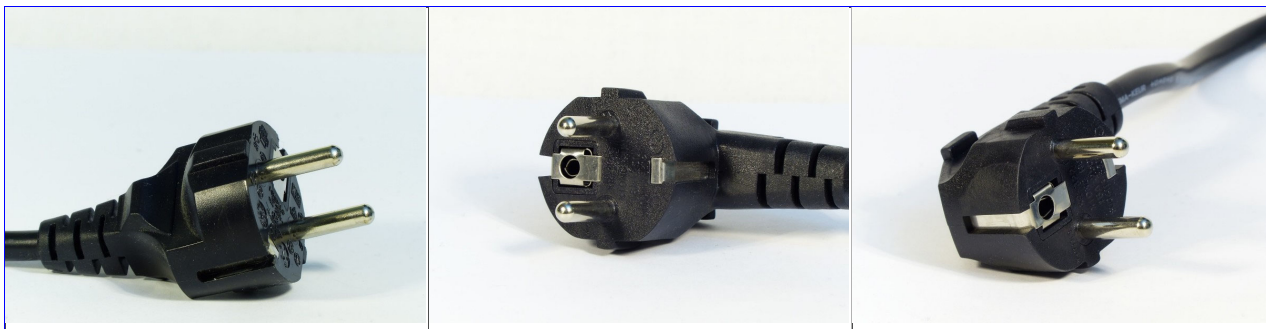
Si utilizzano nei sistemi di distribuzione di corrente della rete elettrica. Hanno il doppio scopo di collegare fra loro vari fili e isolarli dal resto.



Esistono di varie dimensioni.

### **Spina Shuko detta anche spina tedesca**

Utilizzata comunemente per il collegamento delle apparecchiature alla rete elettrica di distribuzione è caratterizzata da un polo centrale che è collegato alla messa a terra.



### **Connettore maschio C13 e femmina C14**



## Cavi di collegamento per cablaggi

### Cavi per collegare le varie componenti interne di un complesso elettronico

In un circuito elettronico complesso i cavi interni di collegamento si dividono in cavi di potenza e cavi di segnale.

La vera discriminante nella scelta dei conduttori è ovviamente quanta corrente li deve attraversare.

Per cavi di potenza si intendono quei conduttori in cui passa una notevole corrente.

Per determinarne la sezione in un ambito di bassa frequenza si tiene conto di una corrente di 2-4 ampere per mmq (millimetro quadro).

Io in genere tengo conto della corrente di picco (escludendo il momento iniziale in cui il circuito viene alimentato che nel caso di alimentatori con filtro capacitivo le correnti per un breve periodo possono essere molto alte) invece che della corrente efficace, per motivi legati alla caduta di tensione ai capi del conduttore, cercando di minimizzare la stessa.

Va da se che i fili di collegamento devono essere i più corti possibile e questo si ottiene ottimizzando il cablaggio.

Io personalmente non mi sono mai accanito nella ricerca di conduttori particolari, vista la lunghezza irrisoria di qualche decina di centimetri al massimo non ritengo che la capacità o l'induttanza del cavo possano influire sul risultato finale.

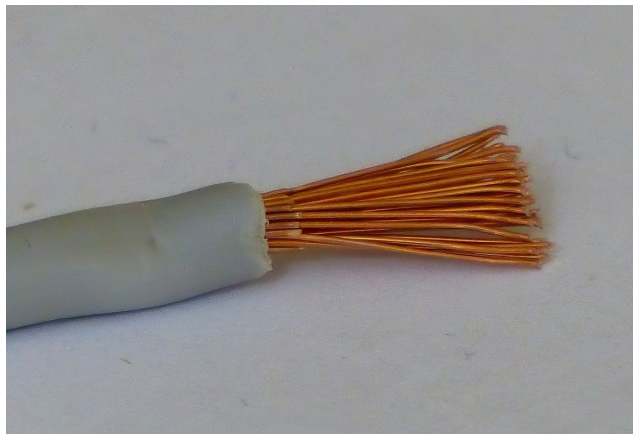
Ora analizzeremo i vari tipi di conduttore che possono essere impiegati per i collegamenti.

### Cavi a conduttore unico e cavi multi-filari

E' la prima grande distinzione, io in genere utilizzo cavi particolarmente rigidi costituiti da un unico conduttore per poter dare una forma stabile e un percorso ben definito al filo.

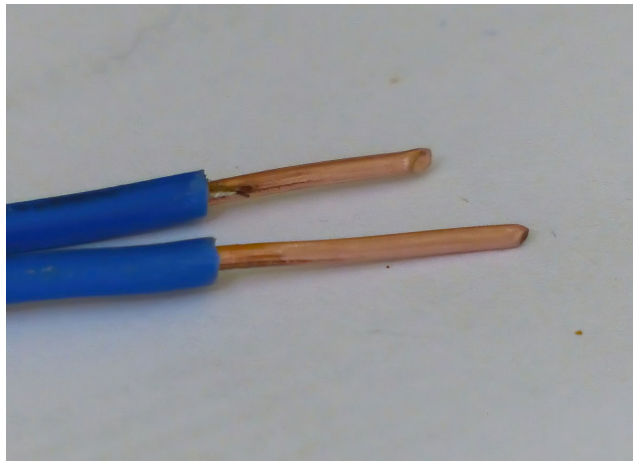
Altri preferiscono utilizzare dei conduttori multi-filari ovvero costituiti da tanti conduttori di sezione ridotta uniti insieme e imbrigliati da un unico isolante.

Questi sono senza dubbio più flessibili, più comuni e di facile reperibilità.

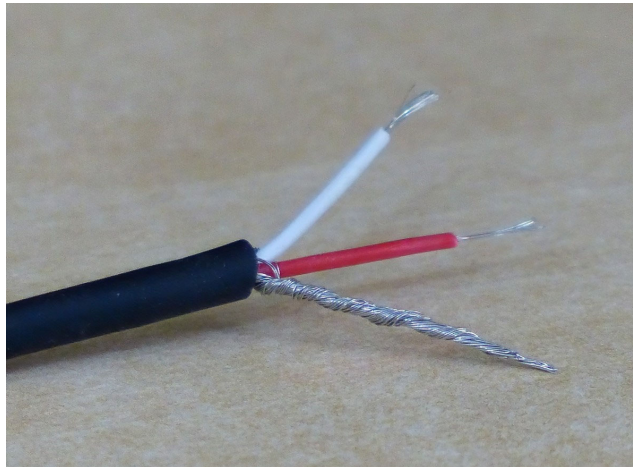


Conduttore di rame di potenza multi-filare.

Si possono distinguere i singoli conduttori di piccola sezione che lo compongono.



Conduttore di rame di potenza composto da un singolo conduttore.



Sopra l'immagine di un cavo schermato (di segnale) composto da due conduttori più la calza. Come si può intuire dal colore argenteo del conduttore si tratta di un cavo prestagnato.

### Materiali per conduttori

Di seguito riporto tutta una serie di tipologie di conduttori, non tanto perché credo che abbiano un effetto particolare nel caso dei cablaggi interni di un dispositivo elettronico ma per completezza.

- Rame TPC (Tough Pitch Copper).  
Si tratta di comune rame elettrolitico ridotto in fili da un lingotto.  
Contiene svariate impurità.
- Rame OFC (Oxygen Free Copper).  
Rame trattato in modo da ridurne le impurità e in particolar modo l'ossigeno che passa da 300-500 ppm a 10-20 ppm.  
Questo comporta che rispetto al TPC si ha un incremento della conduzione (o una diminuzione della resistenza) tra lo 0.5% ed il 2%.
- Rame LC-OFC (Linear Crystal-Oxygen Free Copper).  
Il rame è sottoposto ad un particolare processo che oltre ad eliminare l'ossigeno riorienta la struttura atomica producendo cristalli entro la stessa di una lunghezza maggiore.  
Il reticolo cristallino così creato viene attraversato dagli elettroni in modo più lineare.
- Rame OCC (Ohno Continuous Casting copper).  
E' una variante migliore del rame LC-OFC, in cui la continuità del reticolo cristallino è ulteriormente migliorata.
- Rame Argentato.  
Si tratta di rame (uno dei tipi precedenti) rivestito da un sottile strato di argento che ne migliora la

conducibilità elettrica.

L'argento ha una resistenza inferiore del rame.

- Argento.  
Argento massiccio che può aver subito uno dei trattamenti precedentemente descritti per il rame. I conduttori di questo tipo sono più soggetti all'ossidazione che non quelli in rame.
- Rame prestagnato.  
Si tratta di un conduttore di rame su cui è stato posto un piccolo strato di stagno, unico vantaggio reale è una miglior saldabilità.

Come si giustifica la supposta miglior prestazione del rame OFC, LC-OFC e OCC? Semplicemente più il rame è puro e più la matrice cristallina da cui è composto è omogenea più il moto degli elettroni all'interno di esso è omogeneo (questa è una semplificazione ma rende l'idea senza dover tirare in causa argomenti più complessi legati alla fisica dei materiali e al moto degli elettroni in un conduttore).

Immaginate un tubo verticale in cui passano delle palline da ping-pong molto più piccole del diametro dello stesso.

Alcune palline procedono rettilinee altre fanno altri percorsi magari rimbalzando sulle pareti.

Se la velocità delle palline è la stessa giungeranno alla fine del tubo in tempi diversi che sono funzione della lunghezza del percorso che hanno fatto.

Questo è il caso degli elettroni che attraversano un conduttore in cui la struttura cristallina non è omogenea.

Gli elettroni fanno percorsi più o meno lunghi.

Questo ritardo di propagazione si traduce in un segnale di disturbo.

Il problema è più rilevante quanto più il conduttore è lungo.

Questa giustificazione all'impiego di rame trattato in modo particolare potrebbe essere accettabile per fili lunghi chilometri ma per un conduttore di pochi centimetri o qualche metro è praticamente insostenibile.

Io più banalmente utilizzo rame in fili o barrette (per costruire i nodi di massa) senza curarmi troppo della tipologia, in un collegamento di pochi centimetri una minor resistenza penso che possa avere la stessa influenza di un battito di ali di farfalla in una tempesta.

Ma ognuno ha la sua filosofia ed è libero di fare come vuole.

Nota: Non è raro trovare anche apparati come induttanze e trasformatori realizzati con rame OFC.



## **Manutenzione, pulizia e rigenerazione delle valvole termoioniche e test componenti**

Questo capitolo parla di come prendersi cura delle valvole, dalla manutenzione ordinaria alla pulizia passando per procedimenti più estremi come il tentativo di rigenerazione delle valvole esaurite.

Tratteremo l'argomento della riattivazione sia per quello che concerne le valvole esaurite che quelle NOS rimaste troppo tempo inattive.

Ovviamente queste tecniche vanno prese per quello che sono, dei tentativi, quindi non aspettatevi che funzionino in tutti i casi.

- Lavaggio delle valvole (come si ripulisce una valvola usata, incrostata di polvere)
- Riattivazione delle valvole esaurite
- Riattivazione delle valvole NOS (new old stock)
- Pulizia dei reofori della valvola

### **Test Componenti passivi**

- Prova dei condensatori per alta tensione

## Lavaggio e protezione delle scritte sul vetro delle valvole termoioniche usate

### Tecnica del lavaggio delle valvole classica

Capita spesso di venire in possesso di valvole usate che hanno passato gran parte della propria vita su apparati sporchi e coperti di polvere magari in locali fumosi.

In molti casi le valvole sono talmente incrostate che è necessario pulirle.

Il metodo migliore per pulire le valvole con involucro in vetro è immergerle in acqua e sapone liquido (di quello per lavare le mani) oppure del detersivo sgrassante per piatti.

Per rimuovere le incrostazioni è necessario a volte agire in modo più energetico del semplice strofinamento usando uno spazzolino da denti con setole medie.

L'unico inconveniente è che rischiamo di rimuovere anche le scritte presenti sulle valvole.

A questo proposito si fa presente che sulle valvole le scritte sono realizzate in due metodi: per mascheratura e sabbiatura e in questo caso non andranno via mai, per stampaggio con inchiostro e in questo caso sono molto fragili anche perché l'inchiostro viene "cotto" dal calore della valvola.

Per andare sul sicuro occorre coprire le scritte con del nastro adesivo trasparente che verrà poi rimosso al termine del lavaggio.



Alla fine le valvole verranno asciugate con un asciugacapelli per essere sicuri che ogni traccia di umidità sia sparita.

Il risultato finale è ottimo, la valvola oltre che tornare al suo antico splendore trasmette meglio il calore e si raffredda meglio durante l'utilizzo.

Discorso diverso quello della pulizia dei reofori (contatti elettrici) alla base dello zoccolo che possono essere puliti per abrasione, utilizzando una spazzola metallica collegata ad una mini-fresa (tipo dremel per intenderci) oppure utilizzando sempre lo spazzolino da denti con un blando abrasivo, per esempio il bicarbonato di sodio in polvere.

Sconsigliamo di usare un acido per la pulizia e, nel caso, procedere alla neutralizzazione dello stesso con bicarbonato di sodio al fine di evitare nel tempo la corrosione dei contatti.

Alla fine queste parti metalliche in rame o leghe dello stesso metallo essendo suscettibili di ossidazione vanno protette con un olio per contatti elettrici.



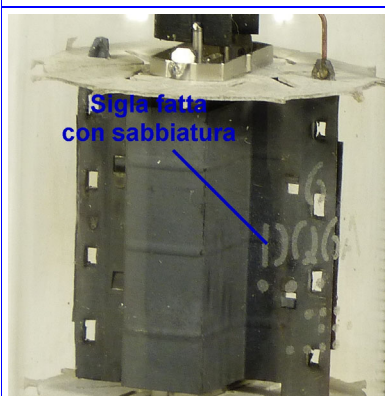


Nella foto in alto una valvole 6gy5 prima della pulizia, smontata dal circuito di una televisione a valvole degli anni '60.

Si noti la spessa coltre di sporco sedimentato negli anni e perfettamente adeso alla superficie esterna del vetro.

Nella foto in alto una valvole 6gy5 (la stessa valvola nella foto a sinistra) dopo la pulitura (e il raddrizzamento dei piedini che si erano storti nell'operazione di smontaggio dallo zoccolo).

Si notino le due metallizzazioni all'interno sulla superficie laterale dovute al "getter" che in questa valvola non può essere messo nella parte superiore in quanto c'è l'elettrodo collegato all'anodo.



Scritta realizzata per mascheratura e sabbatura, praticamente eterna.

Il costo è l'unica controindicazione.

In genere impiegata in valvole di pregio.

Facilmente riconoscibile dalle classiche lettere interrotte da spazi che servono per rendere consistente la maschera impiegata.

Sigla stampata con inchiostro, durata limitata per effetto del calore e poco resistente alla pulizia.

In genere veniva prodotta con uno stampo.

Altro esempio di sigla stampata.

L'inchiostro ha ceduto in diversi punti ad opera del calore prodotto e del tempo.

La valvola è ovviamente stata usata.

### Tecnica della bollitura delle valvole sporche e incrostate in acqua distillata

Questa tecnica prevede che le valvole vengano immerse in acqua distillata e che vengano bollite per alcuni minuti nella stessa.

Questa tecnica è molto efficace per rimuovere lo sporco senza danneggiare la vernice che resiste a ben

altre temperature.

E' adatta alla valvole completamente in vetro, in questo caso si evita che l'acqua si infiltri negli zoccoli diventando poi problematico toglierla.

Si può utilizzare su valvole con zoccolo in bachelite solo se si dispone di un essiccatore o di un forno per asciugatura.

Per la parte riscaldante io in genere uso un barattolo di vetro pieno di acqua distillata in cui sono immerse due resistenze di potenza (50W cadauna).

In questo modo si possono bollire le valvole senza problemi con un semplice alimentatore.

La vera azione detergente sulla valvola viene svolta dal vapore che si sprigiona durante la bollitura.

Una volta bollite per una ventina di minuti occorre aggiungere altra acqua distillata per raffreddare il tutto e poi delicatamente rimuovere i residui più resistenti di sporco con una spugnetta.

L'acqua distillata si usa per evitare le incrostazioni di calcare che si formerebbero sul barattolo e sulle valvole con l'acqua comune di rubinetto.

Se proprio non avete acqua distillata e volete a tutti i costi utilizzare l'acqua di rubinetto aggiungete alla fine della bollitura un po' di aceto per sciogliere il calcare.

### **Pulitura con ultrasuoni**

Le macchine lavatrici ad ultrasuoni sono impiegate soprattutto nel campo della gioielleria per la pulitura di collane e bracciali, tuttavia possono essere anche impiegate per la pulitura di schede elettroniche e valvole.

In genere hanno un contenitore in acciaio che deve essere riempito di acqua demineralizzata e del tensioattivo specifico (per rimuovere grassi e oli).

Alcune versioni hanno il contenitore del liquido riscaldato da un resistore per unire l'azione del calore a quella degli ultrasuoni.

In genere su polvere e incrostazioni l'azione lavante è molto buona.

Il costo di queste lavatrici è abbastanza abbordabile.

## Riattivazione delle valvole esaurite

Una delle principali cause di deterioramento delle valvole termoioniche è dovuta alla riduzione del numero di elettroni emessi dal catodo, detta anche esaurimento del catodo.

In qualche caso è possibile porre rimedio con la procedura descritta di seguito, tratta da un articolo apparso su "La Radio per Tutti" del 1936 a firma dell'Ing.

Argia dal titolo "La riattivazione delle valvole termoioniche".

Da allora le valvole sono pressoché rimaste le stesse.

Noi abbiamo riadattato l'articolo impiegando tecnologie e strumenti più attuali.

Abbiamo anche rifatto i disegni, quelli originali erano difficilmente leggibili, mantenendone tuttavia lo stile.

Per quanto ci siamo dati da fare non abbiamo trovato altri testi che descrivono tecniche analoghe ne in italiano ne in qualsiasi altra lingua, questo è indicativo del fatto che queste pratiche non davano risultati prevedibili ed erano in qualche modo deprecate in favore, ovviamente, della sostituzione della valvola in oggetto con una nuova, non essendoci garanzie né statistiche sulla durata di una valvola riattivata.

In ogni caso, per completezza abbiamo deciso di documentare anche questa pratica, trattata se non altro come curiosità.

### La Radio per Tutti - Tratto dal testo originale

**- Inizio dell'articolo originale apparso su "La Radio per Tutti" del 1936 a firma dell'Ing. Argia dal titolo "La riattivazione delle valvole termoioniche".**

La riattivazione delle valvole termoioniche non ha presso i dilettanti quella considerazione che l'importanza...

economica del soggetto, sembra mostrare a prima vista.

Eppure in tempo di crisi recuperare qualche centinaio di lire non è argomento disprezzabile;

Vero è che molti hanno provato e non ne hanno cavato granché o nulla, e non hanno insistito oltre.

In effetti è bene dirlo per tempo, il risultato della riattivazione è un po' sul grembo di Giove; può riuscire non può riuscire.

Però dato che il riattivatore può essere costruito con mezzi di fortuna e nel caso montato in poco tempo val la pena allorché si possiede una valvola esaurita di tentarne la resurrezione.

Le costanti di una valvola sono: l'emissione elettronica, l'impedenza di placca il fattore di amplificazione e la conduttanza mutua che dipendono dalla condizione del filamento.

Ora se strutturalmente gli elementi della valvola sono inalterati e questa non risulta più efficiente, significa che il filamento non emette più il numero necessario di elettroni; e ciò in dipendenza di una modificazione superficiale del filamento.

Il filamento nella sua struttura superficiale può però essere ripristinato e la valvola riprende intera la sua efficienza.

Il trattamento è leggermente diverso secondo si tratta di una valvola a corrente continua o alternata ma in definitiva si riduce ad assoggettare il catodo all'emissione forzata di elettroni e ciò con un breve e forte riscaldamento del filamento, e nel caso di valvole a corrente alternata con una appropriata tensione di griglia e di placca.

Con tale operazione viene rivestito il filamento di un ossido atto ad emettere gli elettroni che con il lungo uso della valvola si era distrutto.

Il dispositivo che abbiamo usato e che descriveremo in questo articolo ha, come dicevamo, il vantaggio di essere di pochissimo costo.

Ciò che necessita è un trasformatore di corrente di un usuale apparecchio radio (preferibilmente di quello per valvole europee).



Cinque zoccoli di cui due con attacco americano e tre ad attacco europeo, di cui per i primi, uno a corrente continua e l'altro a corrente alternata e per gli europei due a corrente alternata ed uno a corrente continua.

Una basetta di ebanite un po' spessa di circa 20 x 30 cm.

Questo materiale è sufficiente con l'aggiunta di qualche vite o serrafilò di costituire un rigeneratore universale.

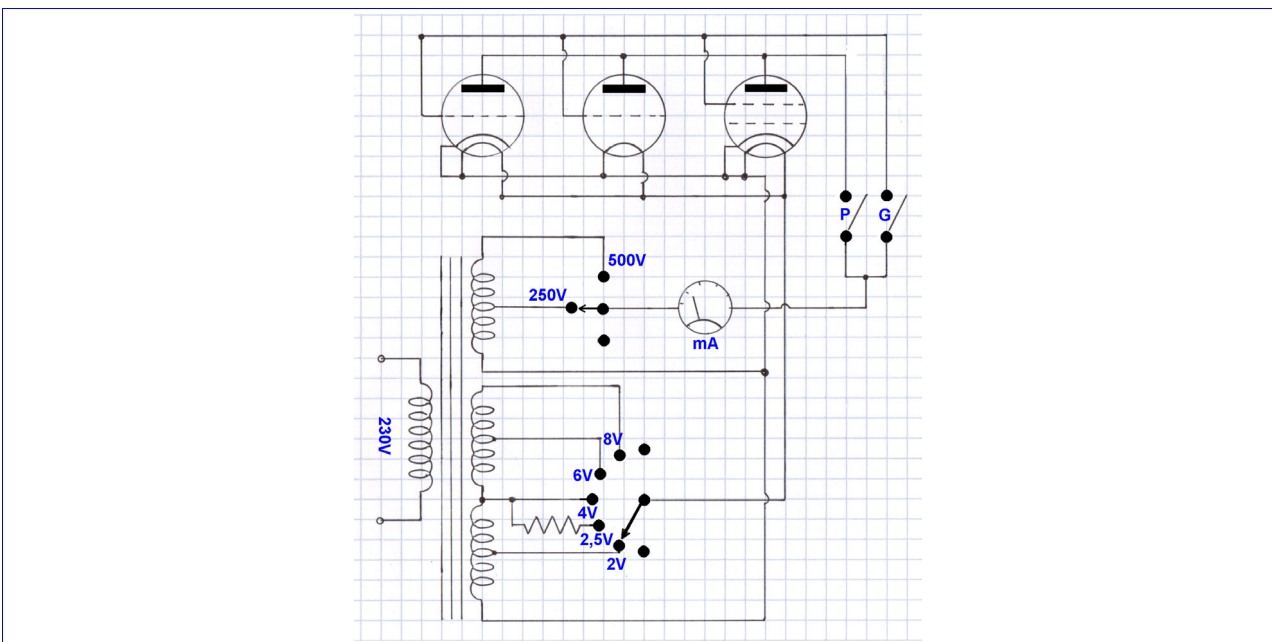
Sulla basetta di ebanite si disporranno i cinque zoccoli in qualsiasi disposizione (fig.2) tenendo presente che gli zoccoli contrassegnati ABCDE servono rispettivamente per i seguenti tipi di valvole: A, valvole americane raddrizzatrici e per corrente continua; B, valvole americane per alternata e schermata; C, valvole europee raddrizzatrici e per corrente continua; D, valvole europee per corrente alternata e schermata; E, valvole europee per corrente alternata.

Sulla basetta si predisporranno due manette di contatto di cui una in corrispondenza di 3 plots e una in corrispondenza di 7 plots.

Un interruttore I è inserito nel primario del trasformatore, che comporta eventualmente una valvoletta V (utile ma non necessaria).

Due serrafilò 1 e 2 servono per l'inserzione di un milliamperometro, ed in mancanza vengono congiunti in corto circuito.

Bisogna inoltre stabilire due contatti che regolarmente dovrebbero essere di tipo a pulsante ma siccome intervengono delle difficoltà principalmente per effetto della scintilla che si forma nell'apertura del circuito sotto tensioni elevate, l'interruttore progettato è del tipo a mercurio.



Come si vede dalla fig.

2 sulla basetta di ebanite (a) è sovrapposto un blocchetto di fibra o ebanite (b) provvisto di un pozzetto (c).

Il blocchetto di ebanite è collegato alla piastra di base mediante una vite (d) che costituisce nello stesso tempo il conduttore fra il mercurio che viene messo nella vaschetta (c) e il rimanente del circuito.

Due aghi di acciaio che passano dentro due manici isolanti costituiscono i contatti di tali interruttori.

Ogni volta che viene immersa la punta del mercurio si stabilisce il circuito, interrompendosi nel caso contrario.

E' preferibile colorare l'orlo del pozzetto (p) corrispondente alla placca di color rosso colorando egualmente di rosso il manico isolante del relativo ago (p).

Il circuito è completato secondo lo schema teorico della fig.



1, e secondo lo schema costruttivo della fig.2.

La resistenza (r) necessaria per ottenere la tensione di accensione di 2,5 volt ha il valore di circa 1  $\Omega$ .

La sezione del filo deve essere sufficiente a sopportare la corrente di 1,5 ampere.

Stabilito il riattivatore, il funzionamento risulta abbastanza semplice almeno teoricamente.

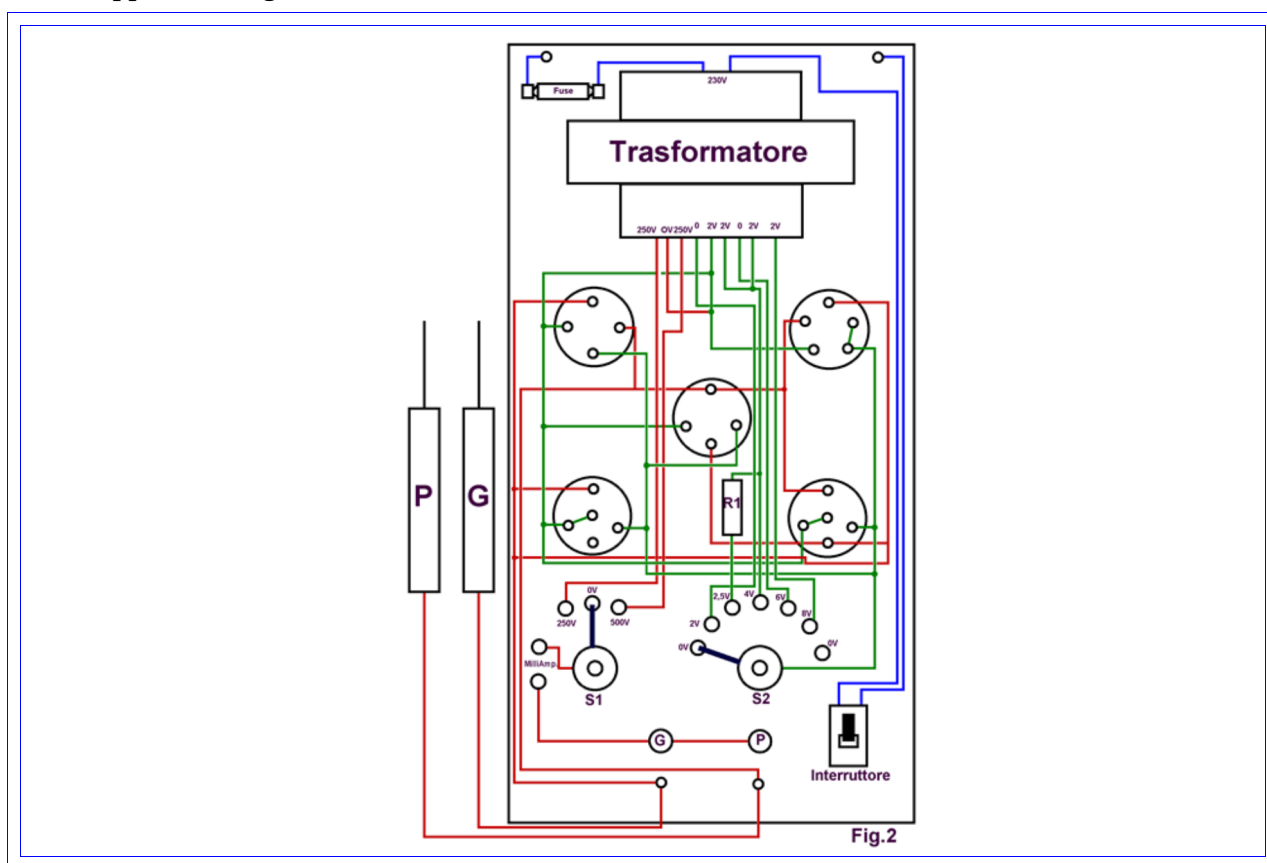
In pratica la cosa può assumere una fisionomia diversa giacché solamente dopo una certa esperienza si riesce alla riattivazione della quasi totalità delle valvole.

Nei primi tempi non bisogna fare affidamento che solo sulla riattivazione del 50% delle valvole che vengono sottoposte a tale trattamento.

L'alta tensione applicata alla griglia e alla placca deve essere inviata ad impulsi e bisogna regolarsi a che il voltaggio non sia così elevato da rendere incandescente il filamento ed il tempo a cui la valvola deve essere sottoposta deve essere inferiore a quello per cui la placca della valvola diventa rossa.

Una buona regola è quella di sottoporre la placca ad una tensione di almeno una volta e mezzo quella normale e se la rigenerazione non si è raggiunta portarla sono a due volte e mezzo il normale.

La tensione di accensione per le valvole a correnti alternate, si terrà quella propria della valvola, salvo a raddoppiarla in seguito.



L'operazione della rigenerazione deve essere fatta in luogo oscuro, oppure debolmente illuminato, in tal modo si possono seguire le colorazioni che assuma la placca giacché facendo l'occhio al colore giusto, si riesce a poter rigenerare la quasi totalità delle valvole.

Bisogna tenere conto che la colorazione non è sempre identica ma può essere di diverso tipo, ciò per effetto di diverso vuoto delle valvole, ciò che impedisce di dettare una norma precisa, questa essendo data solamente dall'esperienza.

Comunque partendo da potenziali applicati alle placche non eccessivi e controllando il miglioramento della valvola mediante un comunissimo circuito atto a misurare l'emissione, si riesce senza eccessivo spreco...

di materia prima, a esercitare perfettamente l'occhio.

La rigenerazione delle valvole a corrente continua viene eseguita col sottoporre il filamento ad una

tensione doppia di quella normale per un tempo che va da mezzo minuto a tre minuti.

Senza fare agire alcuna tensione di placca di griglia.

Molte volte questa semplice operazione è sufficiente anche per le valvole a corrente alternata, quindi essa deve provarsi prima di ogni altro esperimento.

Supponiamo ad esempio che si tratti di una valvola 224; essa viene sottoposta ad una tensione di accensione di 5 volta per mezzo minuto, indi viene provata l'emissione (che naturalmente viene anche misurata in precedenza per assicurarsi dello stato di inefficienza della valvola), se la valvola non ha raggiunto la voluta efficienza si sottopone all'accensione a 5 volta per un minuto, poi per un minuto e mezzo, poi per due, sino a tre minuti, provando ogni volta il risultato.

Se con questo trattamento la valvola non risulta efficiente, si ripone la valvola sul riattivatore e mantenendo l'accensione del filamento a quello prescritto per il tipo di valvola (2,5 nel nostro esempio) si mandano due o tre impulsi alla placca con lo stile (G) nel relativo pozzetto.

Indi si mandano due o tre impulsi alla placca con lo stile (B) immerso nel pozzetto (B).

Con questa operazione la placca incomincia a colorarsi ed allorché la colorazione ha raggiunto il punto necessario, si inviano due o tre impulsi di corrente contemporaneamente sulla placca e sulla griglia.

Se con questo trattamento la valvola ancora non funziona regolarmente si raddoppia l'accensione del filamento e si ripetono le operazioni di cui sopra.

Se non si riesce a riattivare la valvola si porta la tensione di placca da 250 a 500 volta ripetendo tutte le operazioni.

Se neanche questa volta la valvola si è riattivata ogni ulteriore tentativo è inutile.

Bisogna avvertire che in alcuni tipi di valvole la riattivazione è facilissima in altre molto difficile, in alcune assolutamente impossibile.

Alcune esperienze compiute su valvole esaurite ci hanno dato i seguenti risultati:

Numero delle prove	Tipo di valvola	Riattivate	Prima della prova	Dopo della prova
2	80	2	22-25	50
2	71-A	1	15	22
8	24	8	3-5	5-10

Ing.  
Argia.

**- Fine dell'articolo originale apparso su "La Radio per Tutti" del 1936 a firma dell'Ing. Argia dal titolo "La riattivazione delle valvole termoioniche"**

Riassumendo:

Tipologia	Valvole con catodo in continua (riscaldamento diretto)	Valvole con catodo in alternata (riscaldamento indiretto)
1 <sup>a</sup> Fase	Dare al filamento una tensione doppia rispetto a quella nominale per un tempo che va da 30Sec a 3Min. aumentando a step di 30Sec nel caso non si sortisca nessun effetto	Dare al filamento una tensione doppia rispetto a quella nominale per un tempo che va da 30Sec a 3Min. aumentando a step di 30Sec nel caso non si sortisca nessun effetto
2 <sup>a</sup> Fase		Si alimenta l'anodo con due o tre impulsi sino a che non raggiunge una colorazione rosso cupo (con una tensione di filamento normale)
3 <sup>a</sup> Fase		Si mandano simultaneamente due o tre impulsi all'anodo e alla griglia (con una tensione di filamento normale)
4 <sup>a</sup> Fase		Si raddoppia la tensione di filamento e si ripetono le fasi 2 e 3.
5 <sup>a</sup> Fase		Si raddoppia la tensione anodica (da 250 a 500 Volt) e si ripetono le fasi 2 e 3. (con tensione di filamento normale)
6 <sup>a</sup> Fase		Si raddoppia la tensione anodica (da 250 a 500 Volt) e si raddoppia la tensione di filamento e si ripetono le fasi 2 e 3.

Vista la sovrapposizione della fase 1 su tutte le valvole, noi per standardizzare il processo consigliamo di eseguire sempre e solo la metodica relativa alle valvole a riscaldamento indiretto, avendo cura di misurarle (emissione) sia all'inizio sia fra un trattamento e l'altro.

### Rivisitazione in chiave "moderna" dell'articolo precedente

Il precedente articolo è stato scritto in modo impeccabile nell'italiano dell'epoca, nel frattempo è cambiata la tecnologia disponibile e anche lo stile di esposizione.

Cercheremo di seguito anche di dare una spiegazione del presunto funzionamento (non abbiamo ancora provato) di quanto sopra descritto.

Premesse per la miglior comprensione di quanto scritto sopra:

- Esistono due tipi di catodo (principalmente), quelli toriati (rivestiti di torio) e quelli rivestiti di ossidi.
- Nell'articolo precedente vengono descritte due tecniche, quella relativa alle valvole con filamento in alternata e quelle con il filamento in continua.  
In genere per valvole con filamento in continua si intendono quelle a riscaldamento diretto in cui il filamento e il catodo sono la stessa cosa mentre per valvole con filamento in alternata si intendono quelle a riscaldamento indiretto in cui il filamento e il catodo sono elettricamente isolati.
- Gli effetti del surriscaldamento del catodo mediante sovralimentazione dello stesso sono, nel caso dei catodi di tungsteno toriato, quello di facilitare l'espulsione del torio che migra sulla superficie del catodo stesso andando a ricostituire lo strato che emette elettroni.  
Questa potrebbe essere una giustificazione a questa tecnica.
- Nel caso di catodo ricoperto di ossidi ha senso anche dare una surriscaldatura all'anodo e alle griglie,

in questo modo si provoca la fuoriuscita di gas da questi elettrodi che ricombinandosi (nel caso dell'ossigeno) con il metallo del catodo potrebbe ricostituire lo strato di ossidi che emettono elettroni.

- Il surriscaldamento dell'anodo provoca una maggior attività del getter che elimina i gas residui dall'interno della valvola.

## Riattivazione delle valvole NOS (New Old stock)

### Riattivazione delle valvole NOS: premessa

Le valvole NOS (new old stock) ovvero componenti nuovi, quindi mai usati, ma vecchi come data di fabbricazione è bene che prima dell'uso o del matching vengano trattate con la procedura di riattivazione descritta in seguito al fine di ricondizionarle prima dell'utilizzo.

Questo tipo di componenti lasciati ad invecchiare, nel tempo possono sviluppare un po' di gas all'interno (intrappolato in origine nel metallo degli elettrodi o nel vetro della valvola) che possono dare luogo a ionizzazione (il gas colpito dagli elettroni da origine a ioni positivi che poi vengono accelerati ed impattano sul catodo rovinandolo) con conseguente bombardamento di ioni degli elettrodi stessi o avere delle irregolarità nella distribuzione del torio o dell'ossido sulla superficie dei catodi.

Per ovviare a questi inconvenienti sfrutteremo il "getter" ancora presente all'interno per assorbire i gas e la temperatura del catodo e dell'anodo per attivare lo stesso.

Inoltre sia nel caso si tratti di valvole con il catodo in tungsteno toriato che rivestito di ossidi, ricondizioneremo il catodo per uniformare la superficie di torio od ossido.

### Riattivazione delle valvole NOS: procedura

1. Alimentare il catodo con una tensione crescente, partendo da metà della tensione nominale fino ad arrivare alla tensione nominale in un tempo di almeno 4 ore.
2. Lasciare il catodo acceso per almeno 12 ore alla tensione nominale di funzionamento.
3. Collegare a massa tutte le griglie.
4. Applicare la tensione anodica portando la valvola al 25% della potenza massima (monitorando la tensione e la corrente applicate) poi nell'arco di un paio di ore portarla alla potenza massima incrementando linearmente la potenza dissipata (in conformità con la retta di carico della valvola stessa).
5. Mantenere la valvola alla massima potenza per un'ora.

Alla fine di questa procedura la valvola avrà riassorbito il gas presente all'interno senza traumi e sarà pronta per essere impiegata senza problemi.

### Misura del vuoto e del risultato ottenuto con la procedura descritta sopra

Applicando il principio del vacuometro a ionizzazione si applica una tensione (qualche centinaio di volt in funzione del tipo di valvole) fra catodo e anodo senza scaldare quest'ultimo avendo l'accortezza di mettere in serie una resistenza (per limitare la corrente nel caso ce ne fosse bisogno).

Nel caso in cui la tensione di innesco sia più alta di quella disponibile si può utilizzare la stessa tecnica che si impiega per i tubi al neon, ovvero una induttanza posta in serie (reattore).

Il gas presente dentro la valvola si ionizzerà per effetto della tensione applicata e darà luogo a una corrente proporzionale alla quantità di gas presente nella valvola.

Verificare la corrente che passa per effetto della ionizzazione del gas prima e dopo il trattamento.

In questo modo si può verificare il buon esito dello stesso per quello che riguarda il riassorbimento di eventuali gas.

Se a fine trattamento non ci sono miglioramenti significativi ripetere lo stesso altre due volte e se la situazione persiste scartate la valvola.

## Pulizia dei reofori delle valvole termoioniche

### Fenomeni di ossidazione dei reofori

Le valvole NOS (new old stock) ovvero componenti nuovi, quindi mai usati, ma anche le valvole usate di recupero vengono sottoposte a una buona pulizia dei pin di collegamento posti in genere nella parte bassa della valvola.

Questo si rende necessario in quanto lo stoccaggio per molti anni in magazzini umidi, ripostigli e cantine magari vicino al mare provoca dei fenomeni ossidativi che tendono a creare uno strato isolante sui piedini stessi.

Mi è capitato in passato che sostituendo una valvola esaurita con una NOS il circuito in cui era impiegata iniziava a non funzionare più correttamente.

Ad una indagine approfondita ho notato un notevole strato di ossido sui reofori e una volta rimosso tutto è tornato alla normalità.

Una procedura analoga andrebbe utilizzata anche per gli zoccoli delle valvole, magari utilizzando del disossidante secco.

### Pulizia dei reofori: procedure

Ci sono diversi metodi per eliminare l'ossido, di seguito ne illustriamo tre, uno chimico e due meccanici.

- Passare uno alla volta i pin con delle carta abrasiva nel senso della lunghezza del pin.  
Non impiegate della carta abrasiva di grossa grana perchè lascerebbe dei solchi troppo marcati mentre è tollerabile l'uso di quella con grana molto fine.
- Utilizzare una piccola fresa da hobbista di acciaio (spazzola d'acciaio tonda) spazzolando i piedini uno ad uno.
- Immergere i piedini in acido cloridrico muovendo la valvola in modo che l'acido lambisca tutta la parte ossidata per una trentina di secondi, poi passare la parte trattata con l'acido in una soluzione a base di bicarbonato di sodio per in decappaggio (rimozione dei residui di acido).  
Infine lavare con un getto d'acqua e asciugare scrupolosamente.



## Prova dei condensatori per alta tensione

Capita spesso di dover intervenire su un apparato valvolare che presenta dei malfunzionamenti.

I componenti che più comunemente vanno fuori uso sono i condensatori, specie se si parla di apparati vecchi che impiegavano tecnologie non molto affidabili o condensatori di alimentazione (elettrolitici) che per loro natura sono sensibili alla temperatura ed hanno una vita abbastanza breve.

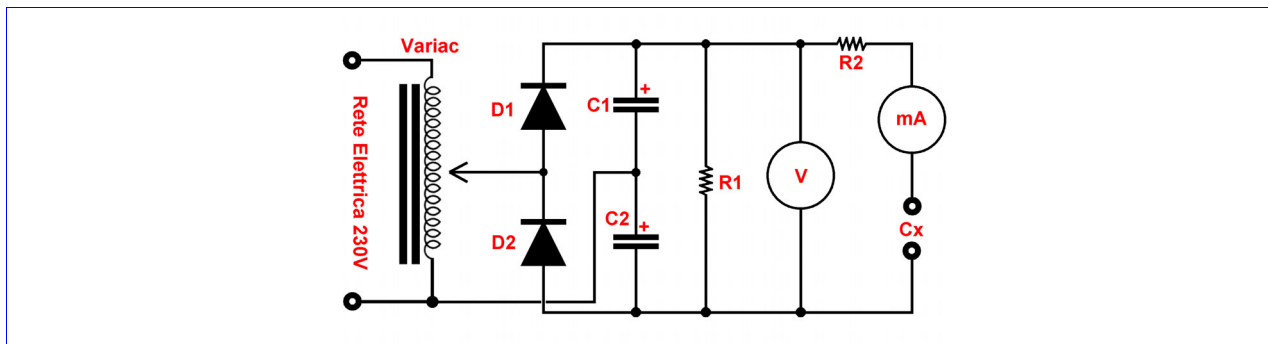
### Test dei condensatori per alta tensione

Tali condensatori se misurati con un normale capacimetro sembrano perfettamente funzionanti, occorre misurare la corrente di fuga (la corrente che passa fra le armature) in condizioni simili a quelle di impiego, ovvero alimentando il condensatore con una tensione simile a quella a cui verrà sottoposto in condizioni di esercizio o, meglio, prossima a quella massima di funzionamento.

Occorre quindi un alimentatore adatto.

E' difficile creare un tester universale, per via della incredibile varietà di condensatori che si trovano in commercio.

Cercheremo di descriverne uno con un range di impiego il più possibile ampio.



Elenco componenti:

D1-D2= 1N4007

C1-C2=10uF 400Volt

R1=1Mega $\Omega$  1 Watt R2= 100K 5 Watt

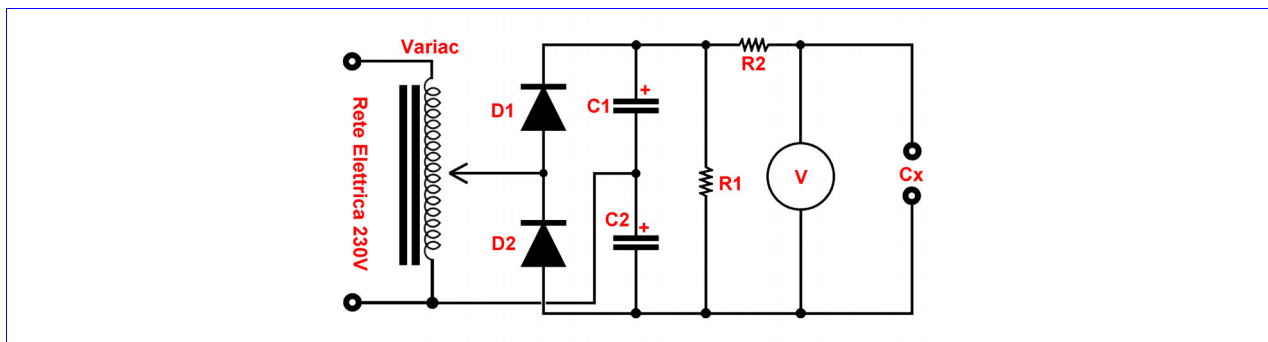
Questo tester per condensatori ha una tensione di prova che va da circa 0 Volt a  $230 \times 2 \times \text{radice quadrata di } 2$ .

Quindi da 0 a 648 Volt.

Il circuito è costituito da un variac, ovvero un autotrasformatore regolabile, un duplicatore di tensione costituito da D1-D2-C1-C2, dalla resistenza di scarica R1 che serve per scaricare i condensatori C1-C2 nel caso volessimo abbassare la tensione di prova ed R2 che è una resistenza di limitazione.

Il funzionamento è il seguente: si ruota la manopola del variac fino a leggere sul voltmetro una tensione pari a quella a cui vogliamo eseguire la prova, poi si collega il condensatore (Cx).

Passerà un picco iniziale di corrente (carica del condensatore) poi la corrente dovrebbe tendere a zero (se il condensatore funziona correttamente).



Questo schema è una versione modificata del primo, vi è solo un voltmetro.

Il valore dei componenti è lo stesso del precedente.

In questo caso giriamo la manopola del variac fino a che non leggiamo sul voltmetro la tensione di prova, poi colleghiamo il condensatore.

Nell'istante dell'inserzione il valore della tensione misurato dal voltmetro calerà bruscamente in quanto stiamo leggendo la tensione ai capi del condensatore che si suppone scarico, poi tenderà a salire in conformità con la curva di carica del condensatore fino al valore precedentemente impostato, nell'ipotesi che il condensatore funzioni correttamente.

Altrimenti, per effetto della corrente di fuga attraverso il dielettrico e la conseguente caduta di tensione su R2, la tensione si manterrà molto più bassa.

Resta da dire che il valore dei componenti non è critico, potete usare anche altri condensatori, vi consigliamo di riciclare magari quelli di un alimentatore per computer guasto, stando attenti a non metterli di valore troppo alto che produrrebbero dei picchi di corrente eccessivi sui diodi D1-D2, state attenti a mettere R1 ed R2 di potenza sufficiente altrimenti scaldano troppo e si bruceranno.

Al posto degli strumenti potete usare un tester.

**Attenzione: Non testare mai (è una cosa ovvia ma non si sa mai) i condensatori ad una tensione più alta di quella per cui sono fabbricati, questo li metterebbe invariabilmente fuori uso.**

**Attenzione: Il variac non è un trasformatore di isolamento ma un autotrasformatore, quindi non è elettricamente isolato dalla rete elettrica, quindi evitate di toccare i fili dopo aver alimentato il tutto.**

**NOTA: Non dimenticatevi MAI di scaricare i condensatori dopo averli provati.**

**Basta togliere alimentazione e questi si scaricheranno tramite R1.**

**Oppure costruitevi uno scaricatore con due pinzette a coccodrillo e una resistenza di valore abbastanza alto.**

**In caso contrario potreste prendervi una bella scarica anche dopo giorni.**

## Come si leggono i datasheet delle valvole

### Premessa:

Sembra una cosa banale, ma normalmente nei libri dedicati alle valvole termoioniche mai nessuno spiega come si leggono i vari datasheet disponibili.

Cercheremo di colmare questa lacuna.

Per gli esempi useremo un vecchio datasheet della TUNG-SOL del 1961, riguardante una 6AS7g, doppio triodo, valvola impiegata nei finali di potenza (anche OTL).

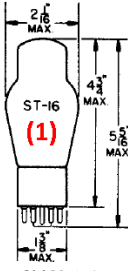
Ovviamente tranne qualche raro caso non esistono datasheet in italiano, quindi occorre conoscere un minimo di inglese.

Nota: come quasi sempre succede nella letteratura di questo tipo, per complicare un po' la cosa, tutte le misure sono in pollici e i pesi in onces, mentre le distanze sono in piedi.

**6AS7G**

**TUNG-SOL**

**TWIN TRIODE**



**(1)**

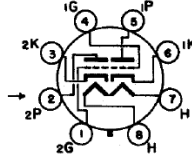
**GLASS BULB**  
MEDIUM SHELL  
8 PIN OCTAL 88-11

**HEATER (2)**

6.3±10% VOLTS 2.5 AMP.

ANY MOUNTING POSITION

(IF TUBE IS TO BE MOUNTED IN A HORIZONTAL POSITION IT IS RECOMMENDED THAT IT BE MOUNTED SO THAT THE GRID PLANE BE VERTICAL.)



**(3)**

**BOTTOM VIEW**

BASING DIAGRAM  
JEDEC 88D

**(4)**

THE 6AS7G IS A HIGH CURRENT, TWIN POWER TRIODE WIDELY USED IN ELECTRONICALLY REGULATED POWER SUPPLIES. THE HIGH PERVEANCE OF THIS TUBE PERMITS IT TO PASS LARGE CURRENTS AT LOW PLATE VOLTAGES, THUS PROVIDING FOR EFFICIENT SERIES REGULATION.

**(5) ELECTRICAL DATA**

HEATER VOLTAGE	6.3±10%	VOLTS
HEATER CURRENT (E <sub>H</sub> =6.3VOLTS)	2.5	AMP.
MINIMUM CATHODE HEATING TIME	30	SECONDS
TRANSCONDUCTANCE (PER SECTION)	7 000	μMHOS
AMPLIFICATION FACTOR	2.0	
INTER ELECTRODE CAPACITANCES PER TRIODE SECTION:		
GRID TO CATHODE	6.2	μμf
GRID TO PLATE	8.4	μμf
CATHODE TO PLATE	2.2	μμf
HEATER TO CATHODE	7.0	μμf
INTER ELECTRODE CAPACITIES BETWEEN TRIODE SECTIONS:		
SECTION 1 GRID TO SECTION 2 GRID	0.9	μμf
SECTION 1 PLATE TO SECTION 2 PLATE	2.2	μμf

**(6) MECHANICAL DATA**

MOUNTING POSITION	ANY	
BULB	ST-16	
BASE	MEDIUM SHELL OCTAL 8 PIN 88-11 PHENOLIC	
AVERAGE NET WEIGHT	2.5	OUNCES
MAXIMUM VIBRATION RATING (D-.08" @ 25 CPS)	2.5	G

→ INDICATES A CHANGE.      CONTINUED ON FOLLOWING PAGE

TUNG-SOL ELECTRIC INC. ELECTRON TUBE DIVISION BLOOMFIELD, NEW JERSEY, U.S.A MARCH 1, 1961 PLATE #6132

Nella pagina sopra:

Come possiamo vedere il datasheet in genere è diviso in diverse sezioni.

Nella prima pagina ci sono i riferimenti "meccanici" della valvola termoionica, come l'ingombro e lo

schema interno con la piedinatura dello zoccolo, nonché l'indicazione del materiale con cui è stato realizzato l'involucro.

Nello specifico:

1) dimensione in pollici dell'ingombro, disegno sommario dell'involucro e indicazione del materiale (GLASS BULB) con cui è realizzato l'involucro, nonché il tipo di zoccolo (MEDIUM SHELL 8 PIN OCTAL)

2) Informazioni sul filamento (HEATER = Riscaldatore) che deve essere alimentato a 6,3 Volt con una tolleranza del 10%, ed assorbe una corrente di 2,5 Amp.

Ricordatevi che nella notazione inglese la virgola è rappresentata con il punto.

Sotto le indicazione per l'alimentazione del filamento è specificato il verso di montaggio della valvola (ANY MOUNTING POSITION = tutte le posizioni)

3) Diagramma della valvola con i piedini dello zoccolo e a che elettrodo interno corrispondono.

E' specificato che lo zoccolo è rappresentato visto da sotto (BOTTOM VIEW).

4) In questa parte viene descritta la valvola e l'impiego specifico per cui è stata costruita.

Tradotto è: 6AS7G è un doppio triodo per alta corrente usato negli alimentatori stabilizzati.

Permette il passaggio di forti correnti a tensioni di placca ridotte per avere un efficiente regolazione serie.

5) Dati elettrici

- Tensione di filamento
- Corrente di filamento
- Tempo minimo di riscaldamento del catodo
- Transconduttanza
- Fattore di amplificazione
- e per finire tutte le capacità interelettrodiche fra i vari elettrodi presenti all'interno

6) Dati meccanici, come ingombri e peso della valvola e massima accelerazione (vibrazioni) che la valvola può sopportare (espressa in G).

## 6AS7G

## TUNG-SOL

CONTINUED FROM PRECEDING PAGE

**(1) RATINGS**  
ABSOLUTE VALUES

	MIN.	MAX.	
HEATER VOLTAGE	5.7	6.9	VOLTS
PLATE VOLTAGE (DC)	---	275	VOLTS
GRID VOLTAGE (DC)	---	0	VOLTS
HEATER-CATHODE VOLTAGE (DC)	-300	+300	VOLTS
GRID CURRENT PER GRID	---	0	MA.
PLATE CURRENT PER PLATE (DC)	---	125	MA.
(IF SEVERAL TUBE SECTIONS ARE TO BE USED IN PARALLEL WITH EACH OTHER, IT IS RECOMMENDED NOT TO EXCEED 100 MA. PER PLATE)			
POWER DISSIPATION PER PLATE	---	14	WATTS
ENVELOPE TEMPERATURE	---	200	°C
ALTITUDE FOR FULL RATINGS	---	10 000	FEET
CIRCUIT VALUES <sup>A</sup>			
GRID CIRCUIT RESISTANCE FOR CATHODE BIAS OPERATION	---	1.0	MEGOHM
GRID CIRCUIT RESISTANCE FOR FIXED BIAS OR COMBINATION FIXED AND CATHODE BIAS OPERATION	---	0.1	MEGOHM

**(2) RANGE OF VALUES**

CONDITIONS:  $E_f = 6.3V$ ;  $E_b = 4.35V$ ;  
 $E_c = 0$ ;  $R_k/k = 250 \Omega$ .  
 BOTH SECTIONS OPERATING.  
 EACH SECTION READ SEPARATELY.

INDIVIDUAL PLATE CURRENT (DC)	100	150	MA.
INDIVIDUAL SECTION TRANSCONDUCTANCE	5 800	8 200	$\mu$ MHOS
AMPLIFICATION FACTOR	1.4	2.6	

CONDITIONS:  $E_f = 6.3$ ;  $E_b = 250$  VDC.  
 $E_c = -200$  VDC.  $R_k/k = 0$ .

INDIVIDUAL PLATE CURRENT (DC)		10	MA.
-------------------------------	--	----	-----

CONTINUED ON FOLLOWING PAGE

Nella pagina sopra:

1) In questa sezione sono elencati i massimi valori assoluti di tensione e corrente che la valvola può sopportare senza distruggersi.

Viene, dove possibile specificato il valore minimo e massimo.

- filamento, tensione minima 5,7 Volt, tensione massima 6,9 Volt
- Tensione di placca massima 275 Volt.
- Tensione di griglia massima 0 Volt (tenete conto che la griglia è polarizzata con una tensione negativa e oltre gli zero volt viene percorsa da corrente, cosa non prevista per un triodo).
- Tensione filamento catodo minima -300 Volt e massima +300 Volt.  
Questa è la misura dell'isolamento fra filamento e catodo.
- Corrente di griglia 0 mA (non deve esserci corrente di griglia)
- Corrente massima di placca (per ogni placca) 125 mA.  
Se i triodi sono messi in parallelo si raccomanda di non superare i 100 mA per ogni placca.
- Potenza massima dissipata da ogni placca 14 Watt
- Temperatura massima del contenitore (vetro della valvola) 200°C

- Altitudine massima per operare al 100%, 10.000 piedi.
  - Resistenza massima del circuito di griglia per polarizzazione catodo 1 M $\Omega$
  - Resistenza massima del circuito di griglia per polarizzazione fissa o combinazione di polarizzazione fissa e automatica 0,1 M $\Omega$
- 2) Range di valori misurati alle condizioni elencate:
- Corrente di placca per ogni placca, minima 100 mA, massima 150 mA
  - Transconduttanza minima 5800, massima 8200 (espressa in ??, dovrebbe essere in Siemens).
  - Fattore di amplificazione minimo 1,4 massimo 2,6

TENTATIVE DATA	6AS7G
<b>TUNG-SOL</b>	
<b>(1) APPLICATION NOTES</b>	
<p>THE 6AS7G IS WIDELY USED AS A "PASSING" TUBE OR SERIES REGULATOR IN CONTROLLED POWER SUPPLIES BECAUSE OF ITS HIGH TRANSCONDUCTANCE AT RELATIVELY LOW PLATE VOLTAGES. TO PROVIDE THE DESIRED OUTPUT CURRENT, MANY TRIODE SECTIONS CAN BE PARALLELED. IF TUBE SECTIONS ARE TO BE PARALLELED, HOWEVER, THE DESIGNER IS STRONGLY URGED TO USE SUFFICIENT RESISTANCE IN EACH CATHODE LEG TO EQUALIZE CURRENT DIVISION AMONG THE TRIODE SECTIONS. RECOMMENDED VALUES FOR VARIOUS OPERATING CURRENTS ARE SHOWN ON THE PLATE CHARACTERISTICS CURVE. IF THE OUTPUT CURRENT OF THE SUPPLY IS NOT FIXED, USE THE RESISTANCE INDICATED FOR THE LOWEST CURRENT THAT APPROACHES THE MAXIMUM PLATE DISSIPATION LINE. CATHODE RESISTANCE IS SUPERIOR TO ANODE RESISTANCE BECAUSE IT PROVIDES MORE BIAS ON THE SECTIONS TAKING GREATER PLATE CURRENT. A CATHODE RESISTOR NEED BE ONLY ONE THIRD THE VALUE <math>\left(\frac{U_P}{U_T}\right)</math> OF A PLATE RESISTOR, AND THEREFORE WILL DISSIPATE ONLY ONE THIRD THE POWER. IN ANY CASE, THE ONLY LOSSES INCURRED IN USING A RESISTOR IS THE INSERTION LOSS OF THE RESISTOR ITSELF (LESS THAN ONE WATT) AND THE ADDITIONAL VOLTAGE (LESS THAN 10 VOLTS) NECESSARY FROM THE UNREGULATED SUPPLY. A CATHODE RESISTOR ADDS A SMALL ADDITIONAL LOSS BY CAUSING THE PASSING TUBE TO WORK WITH HIGHER BIAS AND HENCE WITH GREATER TUBE DROP.</p> <p>A THIRTY SECOND CATHODE WARMUP TIME IS RECOMMENDED BEFORE THE PLATE VOLTAGE IS APPLIED. THIS IS ESPECIALLY NECESSARY IN CIRCUITS WHERE THE AMPLIFIER TUBE PLATE RESISTOR IS RETURNED TO THE PLATE SIDE OF THE PASSING TUBE, AS ILLUSTRATED IN THE SIMPLIFIED CIRCUIT IN FIGURE 1. IN THIS CASE DURING WARMUP THE AMPLIFIER TUBE DRAWS LITTLE CURRENT, THERE IS LITTLE IR DROP ACROSS THE RESISTOR, AND THE GRID OF THE PASSING TUBE IS EFFECTIVELY, TIED TO THE PLATE. THE PLATE WILL ATTEMPT TO DRAW EXCESSIVE CURRENT FROM THE PASSING TUBE'S CATHODE AND MAY SERIOUSLY IMPAIR TUBE LIFE. THE CIRCUIT IN FIGURE 2 IS PREFERABLE FROM THE CONSIDERATION OF THE SAFETY OF THE PASSING TUBE BOTH DURING WARMUP AND IN THE EVENT OF TROUBLE IN THE AMPLIFIER CIRCUIT OR IF THE AMPLIFIER TUBE IS REMOVED FROM ITS SOCKET. IT HAS THE ADDITIONAL ADVANTAGE OF PROVIDING A CONSTANT VOLTAGE FOR THE AMPLIFIER CIRCUIT. HOWEVER, IF THE REGULATED OUTPUT IS LOW (BELOW 250 VOLTS) IT WILL BE NECESSARY TO PROVIDE ADDITIONAL NEGATIVE VOLTAGE FOR THE REFERENCE TUBE CIRCUIT. ALSO, IF THE REGULATED OUTPUT VOLTAGE IS TO BE VARIABLE, IT MAY BE NECESSARY TO FOLLOW FIGURE 1.</p> <p>PASSING TUBE OPERATION CONDITIONS SHOULD BE CHOSEN TO PROVIDE AS LOW A TUBE DROP AS POSSIBLE. A SAFETY MARGIN OF AT LEAST 5 VOLTS FROM THE ZERO BIAS LINE SHOULD BE ALLOWED HOWEVER, FOR VARIATIONS OF INDIVIDUAL TUBES. SUFFICIENT BIAS EXCURSION SHOULD BE ALLOWED FOR OVERCOMING RIPPLE. THE AMPLIFIER CIRCUIT SHOULD BE ABLE TO COUNTERACT THE EFFECT OF UNBALANCE DUE TO TUBE AGING.</p> <p>A GRID RESISTOR SHOULD BE USED FOR EACH TRIODE SECTION. THIS SHOULD BE ENOUGH TO PREVENT PARASITIC OSCILLATION BUT NOT LARGE ENOUGH TO PREVENT LOSS OF CONTROL DUE TO A SMALL AMOUNT OF "GAS" GRID CURRENT. A VALUE OF GRID RESISTANCE THAT MEETS BOTH THESE CONDITIONS IS 1,000 OHMS. HEATER VOLTAGE SHOULD BE KEPT AS CLOSE AS POSSIBLE TO 6.3 VOLTS AS MEASURED ON THE TUBE PINS. WHEN CONNECTING MANY HIGH DRAIN TUBE HEATERS ACROSS A SINGLE TRANSFORMER, BUS BARS FEEDING FROM "ALTERNATE ENDS" (FIGURE 3) SHOULD BE USED WITH A STRANDED PAIR FEEDING INDIVIDUAL SOCKETS.</p>	
<small>TUNG-SOL ELECTRIC INC. ELECTRON TUBE DIVISION BLOOMFIELD, NEW JERSEY, U.S.A. MAY 1, 1958 PLATE 49241</small>	

Nella pagina sopra:

1) Note applicative.

Sono una serie di note non sempre presenti nei datasheet che spiegano come impiegare al meglio il tubo termoionico in oggetto.

Di seguito la traduzione:

Il 6AS7G è largamente usato come regolatore serie il alimentatori stabilizzati, per via della sua alta transconduttanza a valori relativamente bassi della tensione di placca.



Per ottenere all'uscita la corrente desiderata si possono collegare in parallelo più triodi.

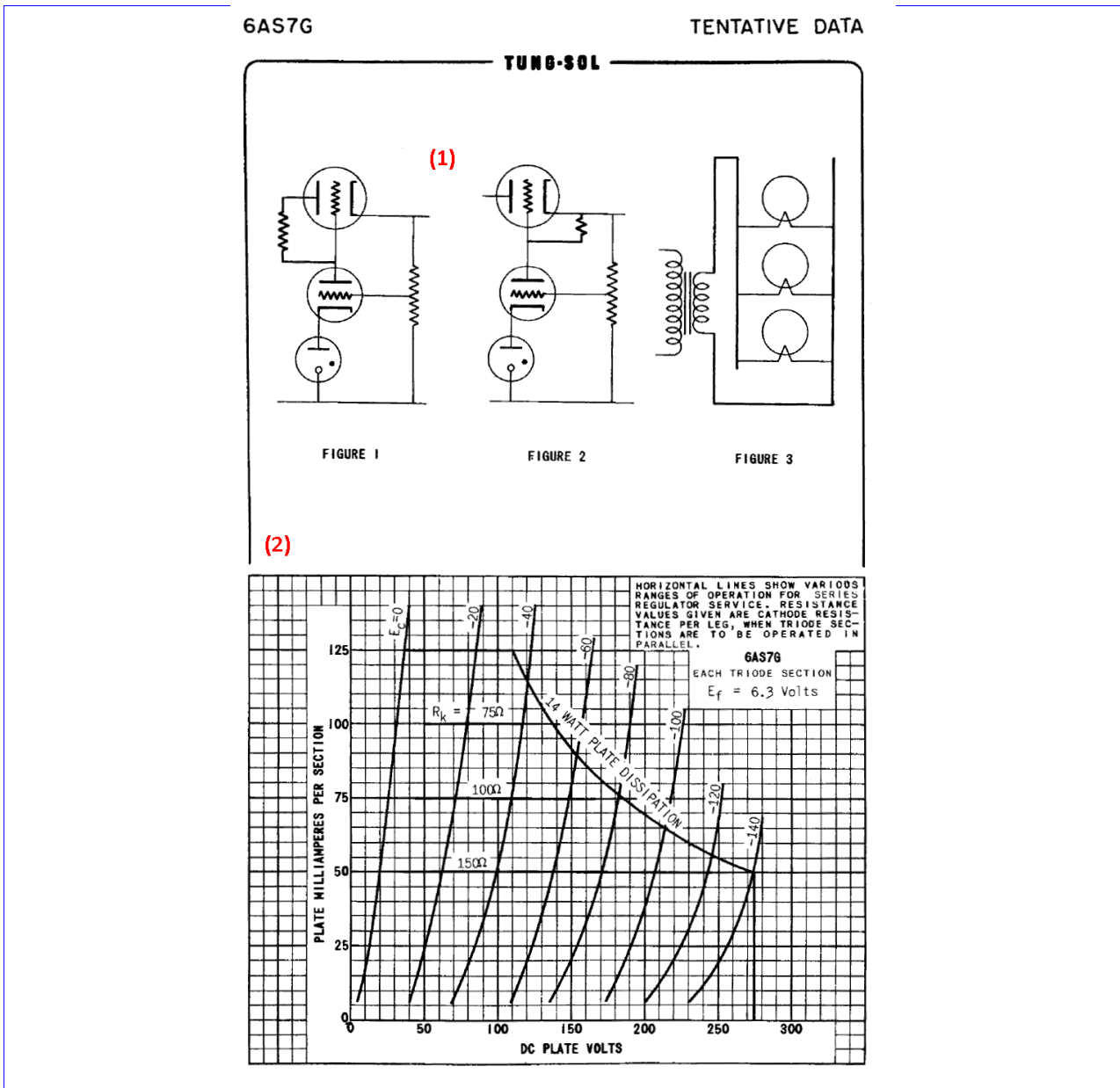
Se più triodi vengono posti in parallelo il progettista è caldamente consigliato di mettere una resistenza per ogni catodo (in serie al circuito anodico, ndr.) per equalizzare la ripartizione della corrente fra tutti i triodi (per via delle piccole differenze che ci sono fra una valvola e l'altra ndr.).

Valori raccomandati per le varie correnti sono mostrati nelle curve anodiche caratteristiche.

Se la corrente anodica non è fissata (ha un ampio grado di variabilità, ndr.) mettere la resistenza adatta alla più bassa corrente erogata.

La resistenza catodica deve essere più bassa di quella posta sull'anodo nella misura di un terzo della resistenza di placca....

Questo per darvi un'idea di che cosa sono delle note applicative (APPLICATION NOTES).



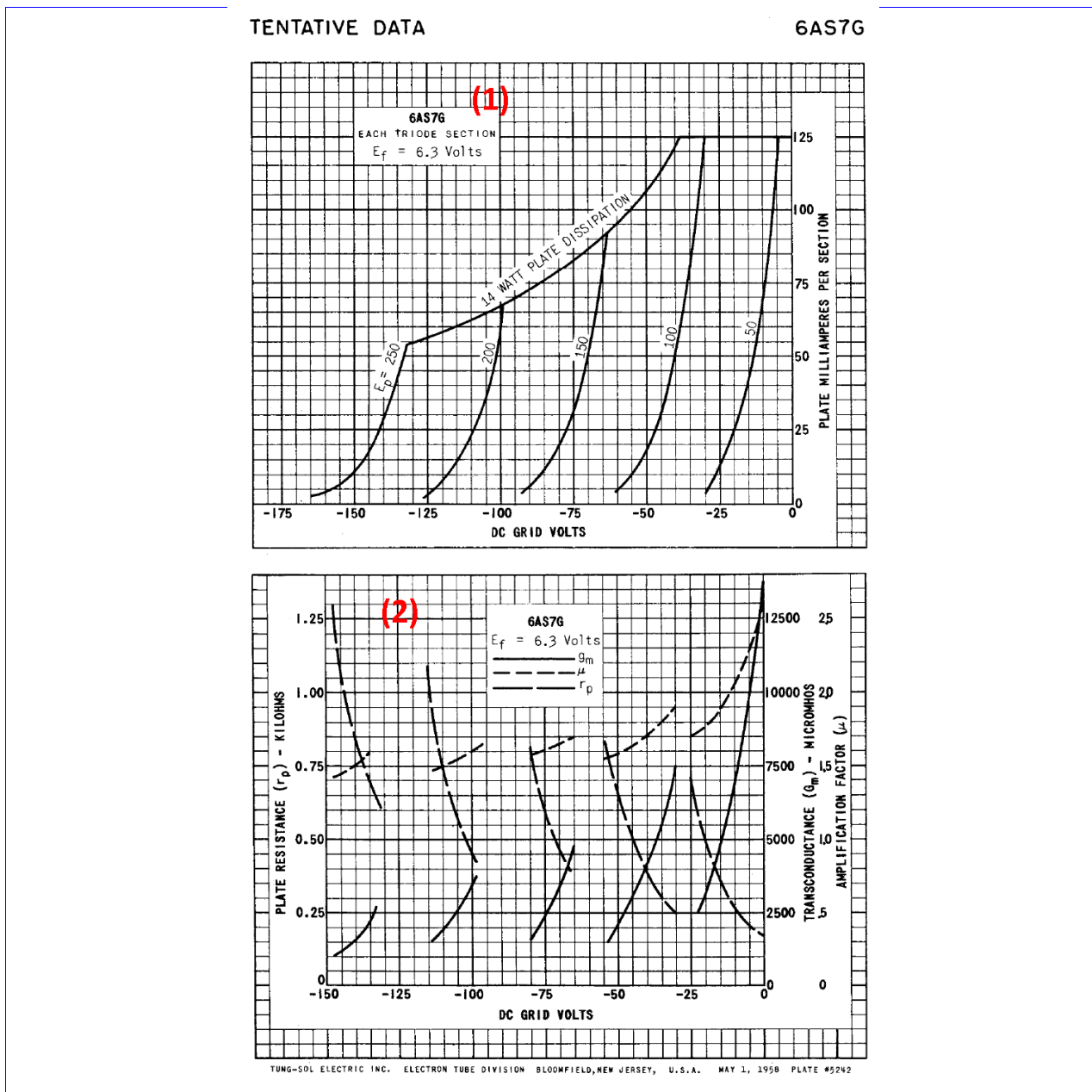
Nella pagina sopra:

1) In questa pagina troviamo degli schemi tipici di regolatori serie presenti negli alimentatori stabilizzati (notare la valvola VR usata come riferimento di tensione, ndr.).

2) In questa sezione possiamo vedere le caratteristiche anodiche del tubo termoionico, possiamo notare la curva di massima dissipazione della valvola (14 WATT PLATE DISSIPATION).

Sull'asse delle ordinate troviamo la corrente di placca, sull'asse delle ascisse la tensione di placca,

mentre le curve sono ricavate variando la tensione di griglia (la sola che ha, quella di controllo). Ci sono delle righe orizzontali, che si notano poco in corrispondenza ad alcuni valori della resistenza applicata al catodo di ogni triodo in parallelo. Nel riquadro a destra sono specificate le condizioni utilizzate per produrre le curve anodiche.



Nella pagina sopra:

1) Sull'asse delle ordinate abbiamo la corrente di placca, sull'asse delle ascisse la tensione di griglia controllo, le curve sono ottenute per valori definiti di tensione anodica.

2) In questo grafico sull'asse delle ordinate abbiamo due valori, a sinistra la resistenza anodica, a destra la transconduttanza e sull'asse delle ascisse la tensione di griglia.

Questo grafico mostra il fattore di amplificazione ( $\mu$ ), la transconduttanza e la resistenza di placca, come specificato nel riquadro in alto dove sono specificati i segni grafici utilizzati per le tre diverse curve ottenute.

Si tratta di un grafico abbastanza "raro".

Questo è solo un esempio di interpretazione dei dati di una valvola, fatto fra l'altro su un triodo, valvola di per se semplice.

Prossimamente faremo lo stesso esercizio su una valvola un po' più complessa, come ad esempio un

pentodo.

## Come si leggono i datasheet delle valvole: pentodo EL84

### Premessa:

Per questo esempio utilizzeremo un vecchio datasheet della MULLARD del 1964, riguardante una EL84, pentodo di piccola potenza, valvola impiegata nei finali di potenza sia in controfase che single ended.

Ovviamente tranne qualche raro caso non esistono datasheet in italiano, quindi occorre conoscere un minimo di inglese mentre per quelli in russo per quello che mi riguarda bisogna sperare che qualcuno abbia eseguito almeno una traduzione in inglese.

(1)

**OUTPUT PENTODE**

*Output pentode rated for 12W anode dissipation, primarily intended for use in a.c. mains operated equipment.*

EL84

---

(2)

**HEATER**

$V_h$	6.3	V
$I_h$	760	mA

(3)

**CAPACITANCES**

$C_{in}$	10.8	pF
$C_{out}$	6.5	pF
$C_{a-g1}$	< 500	mpF
$C_{g1-h}$	< 250	mpF

(4)

**CHARACTERISTICS**


Pentode connection			Triode connection ( $g_2$ connected to a)		
$V_{a1}$	250	V	$V_a$	250	V
$V_{g2}$	250	V	$I_a$	34	mA
$I_a$	48	mA	$V_{g1}$	-9.0	V
$I_{g2}$	5.5	mA	$g_m$	10	mA/V
$V_{g1}$	-7.3	V	$r_a$	2.0	k $\Omega$
$g_m$	11.3	mA/V	$\mu$	19.5	
$r_a$	38	k $\Omega$			
$\mu_{a1-g2}$	19				

(5)

**OPERATING CONDITIONS AS SINGLE VALVE AMPLIFIER**

Pentode connection			Triode connection ( $g_2$ connected to a)		
$V_a$	250	V	$V_a$	250	V
$V_{g2}$	250	V	$R_a$	3.5	k $\Omega$
$R_a$	5.2	k $\Omega$	$V_{g1}$	-9.0	V
$V_{g1}$	-7.3	V	$I_{a(t)}$	34	mA
$I_a$	48	mA	$V_{in(r.m.s.)}$ ( $P_{out} = 50mW$ )	1.0	V
$I_{g2}$	5.5	mA	$V_{in(r.m.s.)}$	6.0	V
$V_{in(r.m.s.)}$ ( $P_{out} = 50mW$ )	300	mV	$P_{out}$	1.5	W
$V_{in(r.m.s.)}$ ( $D_{tot} = 10\%$ )	4.3	V	$D_{out}$	8.0	%
$P_{out}$ ( $D_{tot} = 10\%$ )	5.7	W	$D_2$	5.0	%
$D_3$	9.5	%			
$D_2$	2.0	%			

JANUARY 1964



Page D1

Nella pagina sopra:

Come possiamo vedere il datasheet in genere è diviso in diverse sezioni.

Nella prima pagina in questo caso ci sono le caratteristiche generali della valvola termoionica.

Nello specifico:

- 1) Tipo della valvola e impiego per il quale è stata progettata.
- 2) Caratteristiche dell'alimentazione del filamento.

8 di 80

3) Capacità fra i vali elettrodi.

4) Caratteristiche sia per il collegamento a pentodo che a triodo.

5) Condizioni operative per l'impiego come amplificatore a singola valvola (single ended) con tutti i valori di polarizzazione relativi al test eseguito, sia nel collegamento a pentodo che a triodo.

Interessante notare che la potenza in uscita passa da 5,7W nel collegamento a pentodo a 1,5W in quello a triodo.

## EL84

### OUTPUT PENTODE

#### (1) OPERATING CONDITIONS FOR TWO VALVES IN PUSH-PULL

##### Pentode connection

$V_a$	250	300	V
$V_{g2}$	250	300	V
$R_k$ (per valve)	270	270	$\Omega$
$R_{a-a}$	8.0	8.0	k $\Omega$
$I_{a(o)}$	$2 \times 31$	$2 \times 36$	mA
$I_{g2(o)}$	$2 \times 3.5$	$2 \times 4.0$	mA
$V_{in(g1-g1)}$ r.m.s.	16	20	V
$P_{out}$	11	17	W
$D_{tot}$	3.0	4.0	%
$I_{a(max.sig.)}$	$2 \times 37.5$	$2 \times 46$	mA
$I_{g2(max.sig.)}$	$2 \times 7.5$	$2 \times 11$	mA

#### (2) Distributed load conditions for maximum output (screen-grid tapping at 20% of primary turns)

$V_a$	300	300	V
$V_{g2}$	300	300	V
$R_k$ (per valve)	$390+47$	270	$\Omega$
$R_{a-a}$	6.0	8.0	k $\Omega$
$I_{k(o)}$	$2 \times 28$	$2 \times 40$	mA
$V_{in(g1-g1)}$ r.m.s.	17	18.3	V
$P_{out}$	14.4	15.4	W
$D_{tot}$	0.85	1.17	%
$I_{k(max.sig.)}$	$2 \times 55$	$2 \times 48.5$	mA

#### (3) Distributed load conditions for minimum distortion (screen-grid tapping at 43% of primary turns)

$V_a$	300	300	V
$V_{g2}$	300	300	V
$R_k$ (per valve)	$390+47$	270	$\Omega$
$R_{a-a}$	6.0	8.0	k $\Omega$
$I_{k(o)}$	$2 \times 28$	$2 \times 40$	mA
$V_{in(g1-g1)}$ r.m.s.	16.8	16	V
$P_{out}$	10.1	11	W
$D_{tot}$	0.72	0.7	%
$I_{k(max.sig.)}$	$2 \times 47$	$2 \times 45$	mA

#### (4) Triode connection ( $g_2$ connected to a)

$V_a$	250	300	V
$R_k$ (per valve)	560	560	$\Omega$
$R_{a-a}$	10	10	k $\Omega$
$I_{a(o)}$	$2 \times 20$	$2 \times 24$	mA
$V_{in(g1-g1)}$ r.m.s.	16.5	20	V
$P_{out}$	3.4	5.2	W
$D_{tot}$	2.5	2.5	%
$I_{a(max.sig.)}$	$2 \times 21.5$	$2 \times 26$	mA

Nella pagina sopra:

1) In questa sezione sono elencati i dati di polarizzazione per due pentodi utilizzati in un amplificatore controfase (push-pull)

2) Caratteristiche della polarizzazione per ottenere la potenza massima in uscita con la griglia schermo collegata in configurazione ultralineare ad una presa intermedia ottenuta al 20% dell'avvolgimento del primario del trasformatore finale adattatore di impedenza.

3) Caratteristiche della polarizzazione per ottenere la minima distorsione in uscita con la griglia schermo collegata in configurazione ultralineare ad una presa intermedia ottenuta al 43% dell'avvolgimento del primario del trasformatore finale adattatore di impedenza.

4) Collegamento a triodo.

## OUTPUT PENTODE

## EL84

**(1) OPERATING CONDITIONS WITH CONTINUOUS SINE WAVE DRIVE****Single valve**

$V_a$	250	250	V
$V_{g2(b)}$	250	250	V
* $R_{g2}$	4.7 ( $\pm 10\%$ )	3.9 ( $\pm 10\%$ )	k $\Omega$
$R_k$	130	130	$\Omega$
$R_a$	5.25	4.5	k $\Omega$
$I_{a(o)}$	44	44	mA
$I_{g2(o)}$	5.1	5.2	mA
$V_{in(r.m.s.)}$	4.4	4.65	V
$P_{out}$	5.4	5.6	W
$D_{tot}$	12.5	13.9	%
$I_a(max.sig.)$	40	42	mA
$I_{g2(max.sig.)}$	8.6	8.4	mA
$P_{g2}$	1.8	1.8	W

\*Decoupled by 8 $\mu$ F capacitor.**(2) Two valves in push-pull**

$V_a$	300	V
$V_{g2(b)}$	300	V
* $R_{g2}$	1.8 ( $\pm 10\%$ )	k $\Omega$
$R_k$ (per valve)	270	$\Omega$
$R_{a-a}$	8.0	k $\Omega$
$I_{a(o)}$	2 $\times$ 35	mA
$I_{g2(o)}$	2 $\times$ 4.0	mA
$V_{in(g1-g1r,m.s.)}$	17.4	V
$P_{out}$	15	W
$D_{tot}$	3.4	%
$I_a(max.sig.)$	2 $\times$ 42	mA
$I_{g2(max.sig.)}$	2 $\times$ 7.0	mA
$P_{g2}$	1.93	W

\*Screen-grid resistor common to both valves.

**(3) LIMITING VALUES**

$V_{a(b)} max.$	550	V
$V_a max.$	300	V
$p_a max.$	12	W
$V_{g2(b)} max.$	550	V
$V_{g2} max.$	300	V
$p_{g2} max.$	2.0	W
$I_{g} max.$	65	mA
$-V_g max.$	100	V
$R_{g1-r} max.$	300	k $\Omega$
$V_{h-k} max.$	100	V
$R_{h-k} max.$	20	k $\Omega$

Nella pagina sopra:

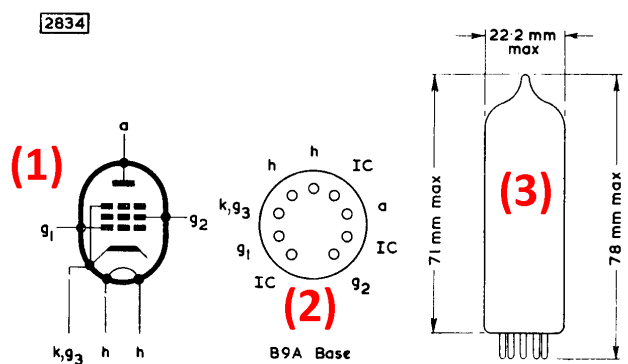
1) Condizioni operative con all'ingresso un'onda sinusoidale continua.

Nella prima sezione in un amplificatore single-ended.

2) Nella seconda sezione in un amplificatore push-pull.

3) Valori limite di impiego, ovvero valori da non superare mai pena la morte prematura della valvola.



**EL84****OUTPUT PENTODE**

FEBRUARY 1961 (1)



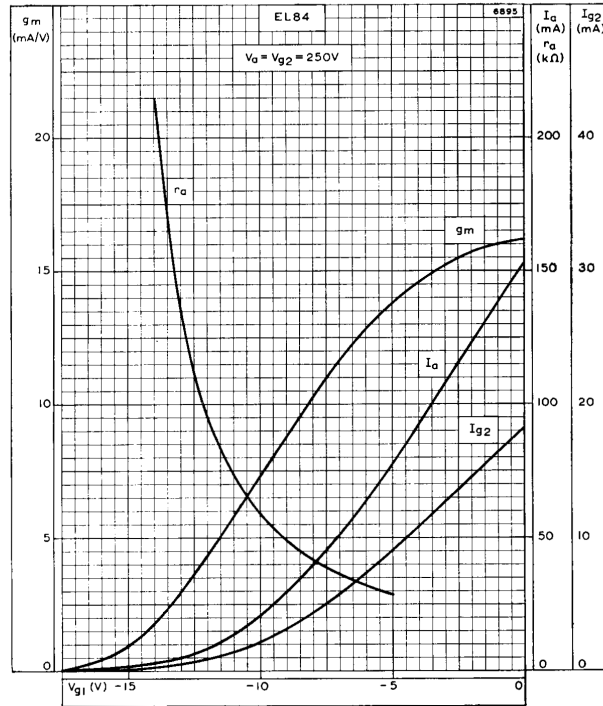
Page D4

Nella pagina sopra:

- 1) Disegno della valvola con relativi collegamenti fra i reofori e gli elementi interni.
- 2) Disegno dello zoccolo della valvola.
- 3) Ingombro della valvola.

OUTPUT PENTODE

EL84



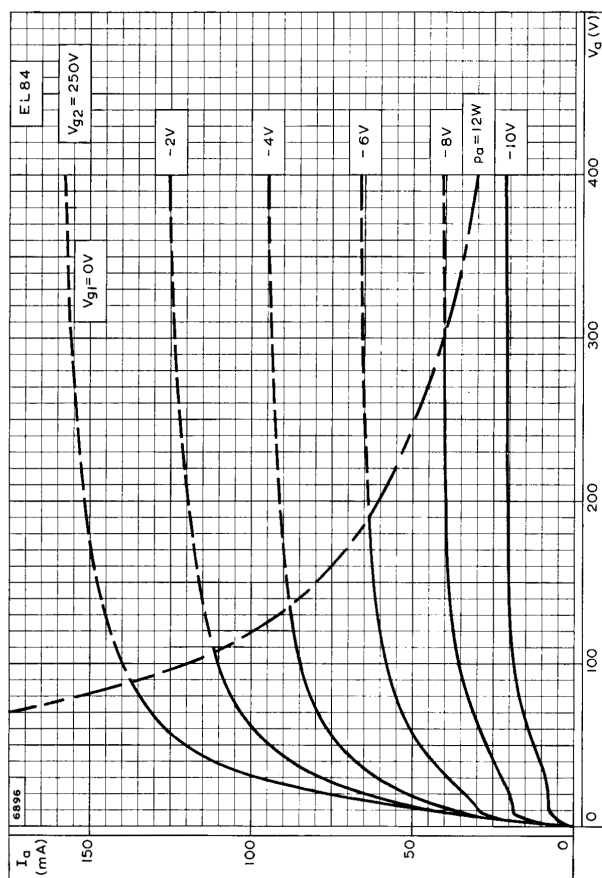
ANODE AND SCREEN-GRID CURRENTS, MUTUAL CONDUCTANCE AND ANODE IMPEDANCE PLOTTED AGAINST CONTROL-GRID VOLTAGE



Nella pagina sopra:

Corrente anodica e di griglia schermo, conduttanza mutua e impedenza anodica disegnate al variare della tensione di polarizzazione della griglia controllo.

Si tratta di un grafico abbastanza "raro".

**EL84****OUTPUT PENTODE**

ANODE CURRENT PLOTTED AGAINST ANODE VOLTAGE WITH CONTROL-GRID VOLTAGE AS PARAMETER.  $V_{g2} = 250V$

FEBRUARY 1961 (1)



Page C2

Nella pagina sopra:

Grafico delle caratteristiche anodiche, ovvero curva della corrente anodica in funzione della tensione anodica e della tensione di griglia schermo.

Questo è solo un esempio di interpretazione dei dati di una valvola, fatto fra l'altro su un triodo, valvola di per se semplice.

Prossimamente faremo lo stesso esercizio su una valvola un po' più complessa, come ad esempio un pentodo.

## Elenco dei principali costruttori di tubi termoionici

### Premessa:

La disposizione dei marchi non rispetta nessun tipo di ordine, se non quello in cui ho trovato le informazioni.

I marchi sono di proprietà dei rispettivi proprietari e sono stati scaricati dai relativi siti dei detentori dei marchi o scannerizzati da manuali.

Oltre ai costruttori, numerosi vista la diffusione delle valvole nel periodo di massimo splendore, ci sono anche i rivenditori che hanno commercializzato valvole con il proprio marchio ma non ne hanno mai realmente prodotte.

### Ediswan



Ediswan (Edison & Swan United Electric Light Company).

Dopo che Edison perse la battaglia legale contro Joseph Swan che non gli permise di brevettare la sua lampada nel Regno Unito essi formarono una società (la "Ediswan") per commercializzare l'invenzione.

Questa impresa e la relativa eredità tecnologica divennero parte della General Electric nel 1892.

Con questo marchio vennero prodotte anche alcune valvole termoioniche.

### Mullard (Gran Bretagna)



Mullard Radio Valve Company fu fondata dal Capitano Stanley Robert Mullard nel 1920.

Nel 1925, Mullard ha venduto metà delle azioni della società Mullard a Philips, con il resto della società incorporata da Philips nel 1927.

Dalla fine degli anni 60, sino alla fine degli anni 70, in Mullard fu adottata una politica basata sul contenimento dei costi che, gradatamente, portò il prodotto a perdere di qualità sino al 1981 anno in cui Mullard cessò la produzione.

### F.I.V.R.E.

(Fabbrica Italiana Valvole Radioelettriche)



Nel 1932 i fratelli Quintavalle di cui uno era il direttore operativo della Radiomarelli, costituirono a Pavia, la FIVRE (acronimo di Fabbrica Italiana Valvole Radioelettriche) creando così un importante vantaggio competitivo per la Radiomarelli che produceva radio per il mercato italiano (dal 1929).

La produzione fu su licenza R.C.A.

Radiotron, inizialmente usando macchinari di produzione americana.

Esisteva anche un accordo commerciale con la Tungstam per le valvole europee.

FIVRE nel 1935 arrivò a produrre oltre 600.000 valvole all'anno e nel 1936 ben 900.000.

Questo successo figlio anche della qualità della produzione, permise la fornitura anche ad altri costruttori italiani di radio, riducendo di fatto le importazioni di valvole dall'estero.

La concorrenza internazionale cerco di arginare il successo contingentando la fornitura delle materie prime per la produzione delle valvole, il che costrinse la FIVRE a cercare l'indipendenza dall'estero, cercando di produrre all'interno tutti i componenti di cui aveva bisogno, per esempio costruendo valvole con involucro di vetro anziché di ferro, scelta per altro ben vista dal regime in quel periodo storico, arrivando ad auto-costruirsi i macchinari di produzione adottando soluzioni innovative ed originali.

Un secondo stabilimento di produzione di valvole trasmettenti fu aperto a Firenze nel 1938/39.

Gli avvenimenti che seguirono portarono prima alla creazione di una nuova società (VALFIVRE) e quindi alla progressiva chiusura dell'attività.

## General Electric

La General Electric fu la prima ditta a produrre un triodo commerciale (Pliotrons) del 1915.

General Electric ha fatto la storia con la prima trasmissione radio vocale.

Impegnata a dalla costruzione delle locomotive elettriche ai tostapane passando per lo sviluppo delle plastiche è stato uno dei principali produttori di tubi a vuoto inaugurando l'inizio dell'elettronica commerciale.



## Tungram



Tungram è stato un produttore ungherese di lampadine e tubi termoionici dal 1896.

Nel 1990 General Electric ne acquisì il controllo.

Ora è una controllata della G.E.

che ne usa solo il marchio.

Il nome deriva dalle due parole Tungsteno o Wolframio che identificano ambedue il metallo adoperato per costruire i filamenti delle lampadine e delle valvole termoioniche.



## Raytheon





Raytheon è attualmente il più grande produttore mondiale di missili guidati e basa i suoi utili quasi unicamente su appalti per armamenti.

L'azienda fu fondata nel 1922, ebbe successo in seguito alla commercializzazione di un rettificatore a gas elio nato per alimentare le radio usando la corrente alternata in vece delle più costose e poco durevoli batterie.

Il marchio Raytheon fu adottato nel 1925 (Manufacturing Company Raytheon).

### Sylvania (Sylvania Electric Products)



Sylvania Electric Products dal 1931 è stato un produttore americano di diverse apparecchiature elettriche, fra cui ricetrasmittitori radio, tubi a vuoto , semiconduttori e computer mainframe.

### RCA (Radio Corporation of America)



RCA (Radio Corporation of America).



### ATES Aquila Tubi Elettronici e Semiconduttori



Nasce il 12 agosto 1959 come ELIT - Elettronica Italiana S.p.A. con sede a L'Aquila.

L'acronimo ATES, Aquila Tubi Elettronici e Semiconduttori, viene adottato nel 1959 e successivamente diventa Azienda Tecnica ed Elettronica del Sud.

Lo stabilimento principale, produttore di tubi elettronici, era situato all'Aquila; la sede legale, agli inizi degli anni sessanta, era ubicata a Napoli, l'ufficio vendite a Milano, mentre la direzione centrale a Roma.

Nei primi anni sessanta entrò a far parte del pacchetto azionario della società la RCA che nel 1961 costruì l'insediamento della Zona industriale di Catania, una fabbrica di "semiconduttori allo stato solido" (diodi e transistor al germanio e al silicio) e di "componenti passivi"(condensatori e resistenze).

La Ates - Componenti elettronici S.p.A.

fu costituita 20 dicembre 1963 con sede in Catania.

In seguito la proprietà si ripartì in azionariato misto, pubblico e privato, con l'intervento di STET, finanziaria del gruppo IRI, che deteneva la maggioranza, e dalla Siemens tedesca.

La seconda metà degli anni sessanta segnarono un continuo incremento in termini di tecnologia, fatturato e assunzioni, culminato con la costruzione del centro di ricerca di Castelletto, (Cornaredo).

L'espansione della società continuò negli anni settanta: il 29 dicembre 1972 fu stipulato, in seguito alla delibera assembleare del 20 novembre 1972, l'atto di fusione per incorporazione della Società Generale Semiconduttori di Agrate Brianza nella Ates che assunse il nome di SGS-ATES Componenti elettronici S.p.A.

con l'acquisizione di nuove tecnologie nel campo dei Circuiti Integrati.

(Fonte: Wikipedia)

### Western Electric

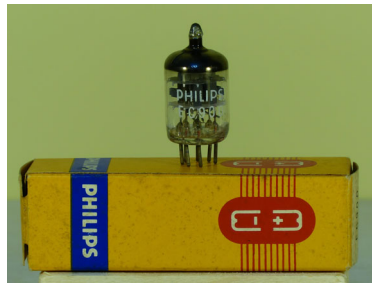


Western Electric è stata una delle ditte più prolifiche nell'ambito dei tubi termoionici.

Western Electric ha ingegnerizzato, progettato, prodotto e sperimentato oltre 785 tubi diversi nel periodo 1913-1988.

Molti di questi tubi, dedicati all'amplificazione audio, sono ancora molto richiesti oggi.

### Philips



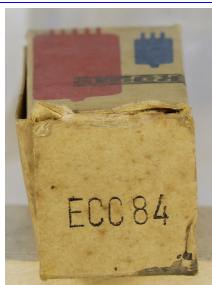
La storia del marchio Philips inizia nel 1891, quando Anton e Gerard Philips crearono Philips & Co. in Olanda, ad Eindhoven.

L'azienda aveva cominciato a produrre lampade a filamento di carbonio e, verso il volgere del secolo, era già diventata uno dei principali produttori in Europa.

Nel 1910, con 2.000 dipendenti, Philips era diventato il maggior datore di lavoro privato nei Paesi Bassi.

Ai lati alcune valvole della serie "miniwatt" della philips uno dei tanti esempi della produzione di questo celebre marchio.

### RFT



Le valvole RFT prodotte nella DDR.



### Costruttori ex URSS

Per i produttori russi possiamo citare quelli riportati di seguito, tuttavia la documentazione sui produttori dell'URSS non è disponibile (non si facevano pubblicità e non avevano/hanno siti pubblici)

anche se con la chiusura e vendita di svariati magazzini soprattutto di materiale militare sul commercio si trovano molte valvole di questo tipo (NOS) che fra l'altro sono quasi sempre di ottima qualità prodotte fino al 1980.

Le valvole originali russe sovente hanno una scatolina di cartone realizzata al risparmio, per gli stock destinati alle forze armate neppure quella perché non essendo destinate al mercato venivano confezionate in cartoni che ne contenevano decine.

Elenco dei produttori ex URSS e relativa città in cui era collocata la produzione:

- Reflector (Saratov)
- Voskhod (Kaluga)
- Orzjep (Orel)
- Anod (Diatkovo)
- Novosibirsk
- Svetlana (St. Petersburg)
- Ulyanovsk
- Melz (Moscow)
- Oktyabr (Vinniza city, Ukraine)
- Foton (Tashkent city)

Per quello che riguarda le valvole militari sui tubi oltre al tipo sono stampigliate le seguenti sigle (in cirillico) o una combinazione quando la valvola ha più caratteristiche combinate.

E (in cirillico E) - lunga durata (5000h o più)

D (in cirillico Д) - ultra lunga durata (10000h o più)

V (in cirillico В) - resistente alle vibrazioni, alta affidabilità

I (in cirillico И) - per uso impulsivo con catodo ad alta emissione

K (in cirillico К) - resistente alle vibrazioni

R (in cirillico Р) - resistente a vibrazioni e radiazioni

### **Commercianti**

Di seguito un elenco di valvole "rimarcate" da vari venditori a livello internazionale.

I produttori per ogni rivenditore sono diversi e cambiarono continuamente in funzione del miglior prezzo.

Quindi molte volte è quasi impossibile capire chi era il produttore originario.

### **Giant Electronics Brand**



Le valvole Giant Electronics Brand sono state commercializzate da un rivenditore che non ne ha mai autonomamente prodotte. In questo caso la qualità e la cura del packaging è discreta.



## Matching delle valvole - Selezione a coppie o quartetto delle valvole

Negli amplificatori push-pull, nello stadio finale abbiamo in genere una coppia di valvole di potenza che lavorano insieme.

In genere, per motivi legati alla meccanica stessa delle valvole di potenza che inevitabilmente è soggetta alle tolleranze meccaniche costruttive è molto difficile che valvole anche della stessa partita possano avere caratteristiche elettriche identiche.

E' importante che le caratteristiche di queste valvole siano il più simili possibile, in altre parole vanno selezionate a coppie (matched come si dice in inglese).

Quando poi abbiamo un amplificatore stereo sarebbe ancor meglio avere tutte le valvole finali dei due canali selezionate (in questo caso un quartetto) per non avere differenze di comportamento fra i due canali.

Quindi possiamo avere valvole matched pairs o matched quartet a seconda che siano selezionate a coppia o a quartetto.

L'importanza della selezione a coppie o quartetto è meno sentita per quello che riguarda le valvole preamplificatrici in quanto quasi mai lavorano accoppiate e, in genere hanno tolleranze costruttive molto più strette.

Nel caso di un amplificatore stereo è comunque buona norma utilizzare per i due canali valvole preamplificatrici dello stesso costruttore e della stessa partita e non montare mai valvole nuove e usate insieme.

Quindi nel caso di esaurimento di una valvola preamplificatrice su un canale cambiare anche quella dell'altro per mantenere la simmetria.

### Tecniche di Matching - Matching casalingo

Fare un corretto matching delle valvole è un'operazione lunga e complessa per cui, normalmente, quelle che si trovano in commercio sono selezionate senza troppa cura.

Prima di tutto per avere una buona selezione si deve partire da un numero di valvole molto alto, così si ha la probabilità più alta che alcune abbiano caratteristiche pressoché uguali, poi vanno condizionate, ovvero fatte lavorare per un certo tempo in modo che si stabilizzino e poi misurate.

Per quello che riguarda la misura, questo è il punto dolente, ogni valvola dovrebbe avere un circuito di misura apposito in funzione della tipologia e dei dati di targa.

Detto questo appare evidente l'impossibilità di farsi un matching casalingo, sarebbe assurdo comprare 1000 valvole per selezionarne 4 !! Possiamo solo controllare che le valvole che ci hanno venduto come selezionate lo siano veramente.

Questa è una operazione molto più facile in quanto basta montarle sull'apparecchiatura a cui sono destinate e poi misurare la corrente di bias di ogni singola valvola per controllare che siano simili.

Quasi tutti gli amplificatori hanno la possibilità di tarare/misurare il bias delle valvole finali di potenza.

Nel caso di un push-pull in genere si può misurare il bias complessivo delle due valvole finali.

Basta togliere una valvola e misurare quindi il bias di una valvola per volta.

In questa operazione ricordarsi di cortocircuitare l'ingresso.

## Curiosità: trattamento criogenico per valvole termoioniche

### Curiosità: Trattamento criogenico per valvole termoioniche.

Si tratta di un trattamento termico.

Lo scopo è quello di migliorare la qualità delle valvole.

Fa parte di quella categoria di trattamenti su cui non vi è un riscontro strumentale oggettivo, quindi potrebbe funzionare o meno.

Ci sono audiofili che giurano di aver notato dei miglioramenti mentre altri dicono che è solo un altro modo per buttare i propri soldi.

Aldilà della oggettiva efficacia, cosa che peraltro per vari motivi esposti in seguito mettiamo in discussione, vi diamo una breve descrizione del processo:

- 1) La valvola viene messa in una camera criogenica
- 2) La temperatura della stessa, tramite azoto liquido viene portata gradualmente a  $-300^{\circ}\text{F}$  ( $-184^{\circ}\text{C}$ )
- 3) La valvola viene lasciata a questa temperatura per almeno 24 ore
- 4) La temperatura viene gradualmente aumentata fino ad arrivare a quella ambiente

Il trattamento dura per sempre in quando, a detta di chi lo ha ideato, induce delle modifiche persistenti nel materiale.

I miglioramenti dovrebbero essere i seguenti:

- Notevole miglioramento nella gamma dinamica.
- Miglioramento del micro dettaglio con un aumento della velocità.
- Riduzione della microfonicità.
- Riduzione del rumore

Da un punto di vista puramente scientifico sottoporre un tubo ad ampie variazioni di temperatura si traduce in contrazioni differenziali (dovuti ai diversi materiali impiegati e al loro differente coefficiente di dilatazione termica) delle parti che compongono il gruppo elettrodi, inducendo stress termici su di esso e sull'involucro di vetro in cui è alloggiato il tutto.

I produttori di tubi non hanno mai progettato o previsto che i tubi fossero portati a temperature criogeniche.

Non è una pratica consigliata per trattare componenti elettronici, i produttori di tali componenti pubblicano schede tecniche che specificano gli intervalli di temperatura per la conservazione e il funzionamento dei loro dispositivi, nessuno consiglia di conservare i loro componenti a temperature criogeniche.

Il trattamento criogenico in questa ottica è un buon modo per fare selezione, le valvole che hanno leggeri difetti meccanici sicuramente non sopravvivono.

Una sorta di selezione quindi.

Sarebbe da verificare se un trattamento del genere cambia le caratteristiche dei metalli degli elettrodi (come accade per esempio con l'acciaio sottoposto a trattamento criogenico in cui vi è un effettivo aumento della resistenza alla fatica), magari aumentandone la rigidità il che giustificerebbe almeno in parte la riduzione della microfonicità e modificandone la struttura cristallina il che potrebbe giustificare la riduzione del rumore.

Ci preme sottolineare che nessuno studio autorevole è stato fatto sulla effettiva bontà di questo trattamento che ha tutti requisiti per essere un mero espediente commerciale per vendere qualcosa di diverso.

Non ci sono testi che parlano di trattamenti del genere nel periodo d'oro delle valvole, ne di colossi come Mullard, Philips ecc.



ne ricerche indipendenti.

Sarebbe comunque molto facile verificare avendo le giuste attrezzature.

Parliamo pur sempre di parametri misurabili come la microfonicità e il rumore.

## Pericoli connessi all'uso delle Valvole Termoioniche

### Attenzione:



La corrente elettrica riveste un ruolo importante nella nostra vita quotidiana, tuttavia senza le dovute precauzioni può anche diventare molto pericolosa perché, se attraversa il corpo umano può provocare gravi lesioni e anche la morte.

Gli effetti della corrente elettrica sul corpo umano sono diversi e di diverso grado di gravità: scottature sulla pelle, crampi muscolari, lesioni del sistema nervoso che possono condurre alla paralisi, fino all'arresto respiratorio e cardiaco.

Prendere una scarica è un'esperienza molto frequente, pressoché immancabile durante la lavorazione con apparati di questo tipo, quindi abbiamo l'obbligo di mettere tutti sull'avviso.

Se sei poco esperto, se non hai esperienza, se non ti senti sicuro, se hai dubbi su come procedere puoi leggere queste pagine, ma ti invito a rinunciare a costruire questi apparati perché **può essere estremamente pericoloso**.

### Uomo avvisato ....

Se proprio vuoi sperimentare, oltre alle precauzioni classiche come l'impianto elettrico con il salvavita, filo di terra e manutenzione regolare dell'impianto elettrico, se volete lavorare con le valvole, considerando che sono alimentate da un trasformatore (quindi il salvavita non serve quasi a niente) occorre prestare sempre molta attenzione e **non lavorare mai con gli apparati in tensione**.

Un altro pericolo sono le ustioni causate da valvole molto calde, ma di questo è molto difficile morire.

Cerchiamo di non trasformare un bellissimo hobby in una fonte di guai.

Se siete maldestri (purtroppo a volte ci si nasce non è colpa di nessuno) magari mettetevi a collezionare radio a valvole già fatte!!

**In ogni caso ci tengo a sottolineare che chi fa uso dei circuiti che sono presentati in queste pagine lo fa a suo rischio e pericolo.**

**Noi non ci prendiamo nessuna responsabilità per danni a persone o cose.**

### Altri pericoli: Un caso più raro, la radioattività

Si tratta di valvole particolari e abbastanza rare che contengono all'interno del materiale radioattivo, possibile fonte di pericolo.

L'involucro di vetro di norma basta per schermare le radiazioni quindi è importante non romperle.

Anche in questo caso vi consigliamo di stare alla larga!! Per approfondimenti leggere la pagina Valvole e pericolo radioattivo.



## Valvole e radioattività

### Perché questa sezione?

Durante le nostre ricerche e sperimentazioni ci siamo imbattuti in alcune valvole potenzialmente pericolose in quanto radioattive.

Abbiamo deciso di approfondire l'argomento per vederci chiaro, facendo una serie di prove per determinare il reale pericolo per chi come noi frequenta mercatini e si interessa di apparecchiature d'annata anche militari.

### Radiazioni ionizzanti: di cosa si tratta

Questo non vuole essere un trattato sulle radiazioni, daremo solo alcuni accenni per permettervi di capire meglio le diverse tipologie esistenti di radiazioni e di conseguenza come funzionano gli strumenti di misura.

Le radiazioni atomiche sono generate dal decadimento radioattivo di nuclei atomici instabili (radionuclidi) che decadono o trasmutano in elementi più stabili in un tempo detto tempo di decadimento radioattivo.

In questo tempo, prima che divengano stabili, vengono emessi da parte di questi radionuclidi delle radiazioni di varia natura che sono classificabili in tre tipi:

- Radiazione Alfa, composte da nuclei di Elio, quindi da due neutroni e due protoni.

Questo tipo di radiazione è in gradi di attraversare qualche centimetro di aria.

- Radiazioni Beta, che possono essere Beta-, ovvero elettroni o Beta+, quindi positroni.

Questo tipo di radiazione è in gradi di attraversare qualche metro di aria.

- Radiazioni Gamma, non sono di natura corpuscolare, ma pura energia, ovvero fotoni provenienti dal nucleo (onde elettromagnetiche).

Questo tipo di radiazione è in gradi di attraversare spessori anche consistenti di materia densa, come il metallo, dell'ordine dei metri.

Viene detto tempo di dimezzamento il tempo necessario a ridurre la radioattività al 50% di quella originaria.

Questo tipo di radiazioni vengono chiamate ionizzanti per il seguente motivo: prendiamo per esempio una radiazione di tipo Beta (un elettrone) che si muove all'interno della materia.

Quando incontra un atomo è soggetto alla repulsione degli elettroni di quest'ultimo (avendo carica dello stesso segno si respingono).

Se questo elettrone ha sufficiente energia riesce a liberare altri elettroni di questo atomo che diventa uno ione positivo (che ha quindi un numero di protoni superiore al numero degli elettroni, e quindi non più neutro).

Da qui radiazioni ionizzanti.

Questi elettroni strappati dagli atomi assorbono abbastanza energia dalla particella beta da produrre in qualche caso a loro volta lo stesso fenomeno.

Questi elettroni sono detti secondari.

L'effetto si somma, lungo il percorso della particella Beta si formano un gran numero di ioni positivi.

### Strumenti impiegati nelle misure

Lo strumento principe nella misura delle radiazioni è il contatore Geiger detto anche contatore Geiger-Müller.

Il contatore Geiger è stato inventato nel 1913 da Hans Geiger (1882 - 1945) ed è uno strumento utile per misurare radiazioni di tipo ionizzante.

In particolare può essere usato per misurare le radiazioni di tipo alfa e beta (nuclei di elio ed elettroni).

L'elemento rivelatore del contatore Geiger è costituito da un tubo contenente un gas a bassa pressione. Lungo l'asse del tubo è teso un filo metallico, isolato dal tubo stesso che funge da anodo. Tra il filo e il tubo, che funge da catodo, si applica una differenza di potenziale dell'ordine del migliaio di Volt.

In condizioni normali fra i due elettrodi non vi è conduzione.

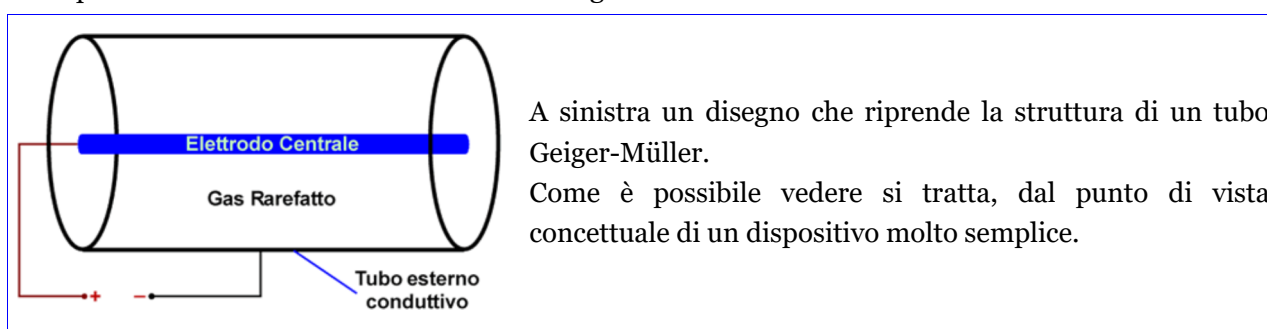
Quando il tubo Geiger è esposto ad una fonte di radiazioni ed un atomo di gas contenuto all'interno viene investito da una radiazione ionizzante, si ionizza, liberando un elettrone che viene accelerato verso l'anodo.

Nella sua corsa acquisisce tanta energia da ionizzare altri atomi che liberano altri elettroni in un processo a valanga che rende conduttivo il tubo per un breve istante.

La condizione di partenza si ristabilisce quando gli elettroni arrivano all'anodo e gli ioni positivi arrivano al catodo.

Contando questi eventi si ha un'idea della radioattività che investe il tubo.

Per questo motivo si chiama CONTATORE Geiger.



Il contatore Geiger-Müller ci da un'idea dell'intensità delle radiazioni che lo investono.

Esiste un altro rivelatore di radiazioni, più sofisticato ed anche più preciso che ci permette di avere una visione più chiara del fenomeno, la camera di Wilson (ideata da Charles Thomson Rees Wilson nel 1899 e perfezionata nel 1912) seguita poi dalla camera a bolle in epoca più recente (ideata e realizzata da Donald Arthur Glaser nel 1952) che si basa su un principio simile.

Il grande vantaggio di questi strumenti è che ci permettono di fotografare anche la traiettoria delle particelle.

La camera di Wilson si basa sul seguente principio: Se riempiamo uno spazio di vapore acqueo soprasaturo (si tratta di uno stato di instabilità dove il vapore presente nel gas ad una certa temperatura supera il 100% quindi tende a condensarsi) e questa camera viene attraversata da una radiazione ionizzante, gli ioni che si formano tendono a far condensare il vapore, quindi lungo la traiettoria della particella si avrà la formazione di una striscia di vapore condensato (sottoforma di nebbia) fotografabile.

Quindi abbiamo una quantificazione dell'intensità della radiazione, del suo potere di penetrazione (energia delle particelle) e della sua traiettoria.

La camera di Wilson per la sua peculiarità viene detta anche "camera a nebbia".

### Schermatura Antiradiazioni

Se proprio volete usare o collezionare valvole radioattive (cosa che peraltro vi sconsigliamo) è meglio che prendiate un po' di precauzioni per evitare contaminazioni.

Prima di tutto non rompete mai le valvole, il vetro delle stesse funge da efficace schermo antiradiazioni, sia per le radiazioni alfa che beta.

Poi tenetele in un contenitore adeguato.

Quanta più massa deve attraversare una particella tanto più sarà probabile che venga assorbita: questo è il motivo per cui in genere si usa un rivestimento di piombo, molto denso e assorbente, per contenere la radioattività.

Poi documentatevi il più possibile sull'elemento radioattivo presente nella valvola stessa e a che punto della sua vita è, avendo come dato il tempo di dimezzamento o quello di decadimento e la data di produzione della valvola.

### Un caso più raro, la valvola radioattiva.

Si tratta di valvole particolari e abbastanza rare che contengono all'interno del materiale radioattivo, possibile fonte di pericolo.

L'involucro di vetro di norma basta per schermare le radiazioni quindi è importante non romperle.



Sopra una valvola radioattiva Hytron OB2 con l'involucro originale, facente parte di una fornitura destinata all'esercito.

Come da scritta sull'involucro "Radioattiva.

Non rimuovere dall'imballaggio eccetto per uso o ispezione, non maneggiare tubi rotti".

## Tips and tricks - Suggerimenti e trucchi

Questa sezione cerca di dare una risposta alle domande ricorrenti che ci giungono.

Molte volte i problemi che si riscontrano con le elettroniche valvolari sono facilmente risolvibili anche da una persona non troppo esperte.

Quando vi accingete a compiere una qualsiasi operazione su apparati che comunque funzionano a tensioni alte abbiate tutte le accortezze del caso e non mettetevi in pericolo.

Ricordate sempre che un apparato valvolare anche se disalimentato potrebbe avere ancora i condensatori carichi, quindi conservare la sua pericolosità.

Se volete porci una domanda guardate di seguito.

Magari troverete la risposta.

Intanto tracciamo delle linee guida per la riparazione elencando i problemi più comuni che si manifestano per invecchiamento o semplicemente per componenti di scarsa qualità o scelte progettuali.

- Invecchiamento e perdita delle caratteristiche dei condensatori elettrolitici.  
Quando si ripara qualcosa di datato sono i primi componenti da sostituire.
- Saldature fredde.  
Altra causa frequente di malfunzionamenti.  
In genere senza neppure cercare il guasto ripasso tutte quelle che mi sembrano opacizzate.
- Contatti ossidati nei commutatori (negli amplificatori capita spesso nel selettore degli ingressi).  
Occorre aprire il commutatore e spruzzare del disossidante secco con l'apposita cannucchia mentre si aziona il commutatore.  
Se non funziona occorre sostituirlo.
- Contatti ossidati dei relè.  
In genere si apre la parte superiore e si spruzza del disossidante secco (ne esiste anche una versione oleosa che non va bene perché imbratta tutto).  
In alternativa si passa della carta abrasiva di grana finissima sui contatti del relè.
- Componenti di grossa dimensione con i terminali staccati dalle vibrazioni.  
Più raro ma possibile.  
In genere i componenti più pesanti per evitare che possano oscillare vengono bloccati con della colla ma a volte non viene messa.  
Controllare e sostituire il componente oppure saldare la rottura.
- Resistenze sottodimensionate (come potenza) bruciate.  
In questo caso si sente l'odore o si vede la bruciatura.  
Occorre sostituire la resistenza con una di potenza maggiore per evitare che il problema si possa ripresentare.  
Alcune volte non è possibile per la bruciatura leggere il valore, in questo caso occorre avere lo schema da cui desumere il valore.
- Connettori ossidati.  
In genere le varie parti del circuito sono collegate con dei connettori che se non sono di buona qualità con il tempo si ossidano.  
Occorre scollegarli e poi ricollegarli, la stessa abrasione meccanica implicita in questa operazione basta per ripristinare il contatto.

Una delle principali differenze fra un apparato economico e uno realizzato come si deve è proprio nella durata.

Io ho un amplificatore Perreaux che pesa 40Kg e ha 35 anni di vita (2020) ma va ancora perfettamente



e internamente non presenta alcun segno di invecchiamento.

Lo stesso potete aspettarvi da un McIntosh, un Mark Levinson o da un Accuphase (tanto per citarne alcuni) che sono marchi che hanno fatto della qualità la loro bandiera.

Il costo purtroppo li rende inavvicinabili per i più, anche usati costano come un'automobile di media cilindrata.

Domanda	<p>Sono un principiante e ho costruito 3 amplificatori valvolari ma chi più chi meno ronzano tutti. Dove sbaglio?</p>
Risposta	<p>Un amplificatore di solito ronza per i seguenti motivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentazione poco filtrata o condensatori di filtro insufficienti o dalle caratteristiche degradate</li> <li>- Punto di massa unico per tutto il circuito mancante</li> <li>- Scarsa schermatura del preamplificatore</li> <li>- Preamplificatore a ridosso del trasformatore di alimentazione</li> <li>- Mancato twistaggio dei fili di alimentazione dei filamenti (nel caso che questi siano alimentati in alternata)</li> </ul> <p>Ovviamente se ronzano tutti il difetto è sistematico, quindi presente in tutti. Io procederei nel seguente modo: prima di tutto individua lo stadio in cui entra il ronzio mettendo a massa tramite un condensatore prima l'ingresso e poi una sezione per volta la griglia di ogni singolo stadio amplificatore, fino ad arrivare alle valvole finali. Una volta individuato lo stadio analizzare le sopra esposte criticità.</p>
Domanda	<p>Il mio amplificatore dopo un periodo di buon funzionamento ha progressivamente perso i bassi, ovvero non riproduce tutta la gamma bassa come dovrebbe. Sembra che abbia a monte un filtro che taglia i bassi.</p>
Risposta	<p>In genere questo tipo di comportamento è dovuto ad un esaurimento dei catodi delle valvole finali. Le note basse per essere riprodotte necessitano di molta potenza/corrente anodica che la valvola non è più in grado di dare. Cambia le valvole finali.</p>
Domanda	<p>Ho appena ultimato un amplificatore per chitarra elettrica, fatto rispettando fedelmente lo schema di un noto amplificatore per chitarra. L'amplificatore funziona, tuttavia tende ad andare in auto oscillazione e distorce. Guardando il segnale in uscita con un oscilloscopio ho scoperto che tende ad oscillare a frequenze ultrasoniche. Dove ho sbagliato?</p>
Risposta	<p>Se hai rispettato fedelmente lo schema di un amplificatore funzionante, dando per scontato che non ci siano banali errori, l'errore può essere solo nel cablaggio. Normalmente tali inconvenienti sono frutto di una massa distribuita. La massa deve essere presa per tutti i circuiti in un unico punto.</p>
Domanda	<p>Ho un amplificatore finale a valvole termoioniche, accendendolo ho notato che emetteva un forte ronzio proveniente dai trasformatori. Come posso rimediare?</p>

Risposta	<p>Prima di tutto occorre serrare le viti dei trasformatori, quelle che mantengono serrato il pacco lamellare.</p> <p>Se ciò non bastasse esistono varie tecniche per ridurre il rumore meccanico agendo per via meccanica.</p> <p>Ve le elenchiamo brevemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Immersione del trasformatore in resina epossidica e impregnazione sottovuoto. Si tratta di una tecnica che viene messa in atto in una cella sottovuoto. Il trasformatore dentro la cella viene immerso nella resina epossidica, poi la cella sottovuoto viene riportata a pressione ambiente e la resina viene spinta dalla pressione all'interno del trasformatore. Questo viene estratto dal bagno e messo ad essiccare.</li> <li>• Il trasformatore viene messo a bagno in una pentola piena di paraffina liquida, oppure cera d'api oppure gommalacca. Questa entra all'interno e si fissa fra i lamierini riducendo i giochi e attenuando la vibrazione.</li> <li>• Verniciatura del pacco di lamierini con vernice che una volta essiccata blocca l'oscillazione dei lamierini.</li> </ul> <p>Occorre valutare le varie soluzioni anche dal punto di vista estetico oltre che funzionale, soprattutto qualora si operi su amplificatori di un certo pregio che devono mantenere l'aspetto originale.</p>
Domanda	<p>Ho un amplificatore finale a valvole termoioniche, accendendolo ho notato che emetteva forti scricchiolii in uscita sugli altoparlanti.</p> <p>Smontando le valvole e rimontandole il difetto è cessato.</p> <p>Cosa è successo??</p>
Risposta	<p>Semplicemente, col tempo e le sollecitazioni termiche si è creato un po' di ossido fra uno zoccolo e la valvola che ospita.</p> <p>Smontando e rimontando le valvole il semplice sfregamento dei piedini delle valvole sullo zoccolo ha rimosso la patina di ossido e ripristinato il contatto.</p> <p>Questo genere di falsi contatti è abbastanza comune nei connettori e negli zoccoli.</p>
Domanda	<p>Ho un amplificatore per basso con finale push-pull con due valvole EL34.</p> <p>Una delle due valvole dopo qualche minuto di funzionamento senza collegare lo strumento, quindi senza segnale di ingresso ha l'anodo che diventa rosso.</p> <p>Cosa potrebbe essere?</p>
Risposta	<p>In genere questo tipo di malfunzionamento è dovuto ad una errata polarizzazione della griglia di controllo della valvola incriminata dovuta al condensatore di accoppiamento con lo stadio precedente che è andato in perdita.</p> <p>Sostituire i condensatori di accoppiamento.</p>
Domanda	<p>Ho un amplificatore a valvole che funziona in modo egregio, tuttavia ruotando il potenziometro del volume emette talvolta forti scricchiolii udibili sulle casse acustiche.</p>

Risposta	<p>Si tratta di un difetto tipico, il cursore del potenziometro non scorre più correttamente sul supporto conduttivo.</p> <p>Le soluzioni sono due, la più ovvia è sostituire il potenziometro, la seconda è utilizzare uno spray disossidante secco per contatti che va spruzzato dentro da una delle feritoie presenti sulla carcassa del potenziometro utilizzando una cannuccia che in genere è in dotazione con lo spray.</p> <p>Nel contempo occorre ruotare ripetutamente il potenziometro.</p> <p>La stessa cosa va fatta in caso di falsi contatti degli interruttori o commutatori.</p>
----------	---

## Nomenclatura valvole Europee/Americane/Sovietiche

### Nomenclatura delle Valvole: premessa

In funzione del luogo di produzione e del periodo storico la nomenclatura delle valvole cambia.

Questa tabella serve per capire le equivalenze fra valvole russe, cinesi, americane e europee.

In qualche caso sulla scatola è riportata la doppia nomenclatura Europea/Americana.

Poi ci sono valvole che anche essendo elettricamente compatibili necessitano di un adattamento (hanno lo zoccolo fatto in modo differente).

Discorso a parte meritano le valvole che adottano la nomenclatura sovietica (adottata dai produttori cinesi con qualche modifica).

Spesso poi alcune valvole provenienti dall'ex Unione Sovietica hanno la sigla stampigliata in cirillico.

Questo aumenta la confusione e ci pone di fronte al problema della traduzione corretta.

Spesso poi nella produzione cinese, derivata dalla sovietica, alla sigla delle valvole sovietiche, viene tolta l'ultima lettera: per esempio la 6J1P russa diventa la 6J1 cinese, anche se si tratta della stessa identica valvola.

### Nomenclatura delle Valvole

Nella storia si sono succedute molte nomenclature per le valvole termoioniche, in funzione del periodo storico e delle influenze politiche che hanno impedito uno standard mondiale.

Questo ha di fatto prodotto una notevole confusione.

Di seguito sono riportate le nomenclature più importanti:

- Sistema RETMA (Radio Electronics Television Manufacturers' Association) (Tubi riceventi) dal 1953
- Sistema RMA (Radio Manufacturers Association) dal 1942 in poi
- Sistema Europeo Mullard/Philips dal 1934
- Sistema Britannico Marconi-Osram dal 1920
- Sistema Britannico Militare CV (la sigla inizia con "CV" che significa Common Valve=Valvola Comune).  
Questo sistema venne introdotto durante la seconda guerra mondiale
- Sistema U.S.  
militare VT (la sigla inizia con "VT" che sta per Vacuum Tube=Tube a Vuoto)
- Sistema North American solo numerico (sistema usato prima del 1920)
- Sistema Unione Sovietica a 5 gruppi (usato dal 1950)
- Altri sistemi solo numerici
- Altri sistemi con lettere seguite da numeri

Di seguito una descrizione delle principali nomenclature usate per le valvole termoioniche

## Classificazione RETMA

Primo Gruppo	Secondo Gruppo	Terzo Gruppo	Quarto Gruppo	Quinto Gruppo
<p>Da uno a tre numeri che indicano la tensione di alimentazione del filamento riscaldatore del catodo</p>	<p>Da Una a due lettere assegnati ai dispositivi in una sorta di ordine semi-cronologico di sviluppo e introduzione sul mercato della valvola termoionica</p>	<p>Numero unico che rappresenta il numero di elementi attivi nel tubo, compreso qualsiasi schermo interno e il filamento in tubi a riscaldamento indiretto, gli elettrodi collegati insieme internamente contano come uno.</p>	<p>Non sempre presente, si tratta di una stringa di un massimo di tre lettere romane, servono per distinguere le varie revisioni e miglioramenti del modello originale. L'uso non è sistematico, tranne che per i tubi octal G spesso indicato un involucro di vetro, GT un involucro tubolare di vetro, e nessuno di questi spesso, un involucro metallico. Quando si parla di un tipo in generale le lettere sono spesso omesse, parlando delle proprietà delle 6SN7 si includono anche le 6SN7GT, 6SN7GTB, ecc, ma non la famiglia analoga 6SL7. I tubi con la stessa denominazione di base sono intercambiabili a meno che le modifiche introdotte in una versione migliorata non siano qualità obbligatorie.</p>	<p>I produttori in qualche caso hanno deciso di combinare due sigle di tipo in un solo nome. Le due sigle identificano due dispositivi compatibili ed intercambiabili, come ad esempio: 6DX8/ECL84 (6DX8 ed ECL84 sono dispositivi identici ma con due diverse nomenclature) o 6BC5/6CE5 (dispositivi sufficientemente compatibili all'interno della denominazione con sistema RETMA) come anche 3A3/3B2, o 6AC5-GT/6AC5-G (dove la valvola 6AC5-GT/6AC5-G sostituisce sia la 6AC5-G che la 6AC5-GT).</p>

## Classificazione RMA

Primo Gruppo	Secondo Gruppo	Terzo Gruppo
<p>Numero che identifica la potenza richiesta per alimentare il filamento della valvola (riscaldamento del catodo): 1=Nessun riscaldamento del filamento o dispositivo con catodo freddo 2=Fino a 10 W 3=Da 10a 20 W 4=Da 20 a 50 W 5=Da 50 a 100 W 6=Da 100 a 200 W 7=Da 200 a 500 W 8=Da 500W a 1000 W 9=Più di 1000 W</p>	<p>Una lettera che identifica il tipo di valvola: A=Un solo elemento (ballast, barretter) vedi Nota1 B= Diodo o altro dispositivo a due elettrodi (Inclusi tubi TR/ATR e spark gaps) C=Triodo D=Tetrodo E=Pentodo o tetrodo a fascio di potenza F=Esodo G=Eptodo H=Ottodo J= Tubi a controllo magnetico normalmente incorporati in un risonatore a cavità (magnetrons) K=Tubi a controllo elettrostatico tipo klystrons L=Condensatori a vuoto N=Rettificatori a cristallo (allo stato solido) P=Elementi fotosensibili (phototubi, PMTs, camera tubes, image converters) Q=Cavità risonanti a vuoto R= Ignitrons e rettificatori ad arco al mercurio S=Interruttori a vuoto T=Stoccaggio, fascio radiale e tubi di controllo di deflessione (senza esempi noti di applicazione)</p>	<p>Due numeri che vengono assegnati in sequenza partendo da 21. Servono al fine di evitare ogni possibile confusione (!!??)</p>



## Classificazione Europea (Mullard/Philips)

Prima lettera: Filamenti	Seconda Lettera e seguenti: Tipologia della valvola	Primo Numero: Zoccolo
<ul style="list-style-type: none"> <li>● A=4V</li> <li>● B=180mA AC / DC</li> <li>● C=200mA AC / DC</li> <li>● D=0.5-1.5V (normalmente 1,4 V)</li> <li>● E=6.3V, di solito AC</li> <li>● F=12.6V (batteria auto)</li> <li>● G=5V (spesso utilizzati per raddrizzatori) o varie</li> <li>● H=150mA AC / DC</li> <li>● I=20V</li> <li>● K=2V DC</li> <li>● L=450mA AC / DC</li> <li>● O=catodo freddo (da 1955 questo anche incluso semiconduttori come questi non aveva riscaldatore)</li> <li>● P=300mA AC / DC</li> <li>● T=7.4V; Varie.</li> <li>● U=100mA AC / DC</li> <li>● V=50mA AC / DC</li> <li>● X=600mA AC / DC</li> <li>● Y=450mA AC / DC</li> <li>● Z=Catodo freddo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● A=Diodo di segnale</li> <li>● AA=Doppio diodo di segnale con catodi separati</li> <li>● B=Diodo doppio di segnale con catodo comune</li> <li>● C=Triodo per piccoli segnali</li> <li>● D=Triodo di potenza</li> <li>● E=Tetrodo per piccoli segnali</li> <li>● F=Pentodo per piccoli segnali</li> <li>● H= esodo miscelatore o eptodo per usi speciali</li> <li>● K=Ottodo miscelatore o</li> <li>● Eptodo miscelatore</li> <li>● L= Tetrodo di potenza, tetrodo a fascio di potenza o pentodo di potenza</li> <li>● M= Indicatore di Sintonia fluorescente (occhio magico)</li> <li>● N= Triodo a gas o thyatron</li> <li>● P= Tubo progettato per sfruttare l'emissione secondaria</li> <li>● Q= Nonodo (chiamato anche Enneodo)</li> <li>● S= Sincronizzazione oscillatore TV</li> <li>● T= Tubo per impiego vario</li> <li>● W= Tubo a gas, raddrizzatore singola semionda</li> <li>● X=Tubo a gas raddrizzatore doppia semionda</li> <li>● Y=Raddrizzatore singola semionda di potenza</li> <li>● Z= Raddrizzatore doppia semionda di potenza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1-9 Vari tipi di zoccolatura, octals, speciali (fanno eccezione le ECH3G, ECH4G, EK2G, EL3G, KK2G che hanno zoccolo octal)</li> <li>● 10-19 8-pin German octal</li> <li>● 20-29 Loctal B8G; alcuni octal; alcuni zoccoli ad 8-contatti (fanno eccezione le DAC21, DBC21, DCH21, DF21, DF22, DL21, DLL21, DM21 che hanno zoccolo octal)</li> <li>● 30-39 International Octal (IEC 67-I-5a)</li> <li>● 40-49 Rimlok B8A</li> <li>● 50-59 B9G; Loctal B8G; Octal; 3-pin in vetro; Disk-seal; German 10-pin with spigot; min. 4-pin; B26A; Magnoval B9D</li> <li>● 60-69 B9G; alcune subminiatura</li> <li>● 70-79 Loctal Lorenz</li> <li>● 80-89 Noval B9A (9-pin; IEC 67-I-12a)</li> <li>● 90-99 B7G (miniature 7-pin; IEC 67-I-10a)</li> <li>● 100-109 B7G; Wermacht base; German PTT base</li> <li>● 110-119 8-pin German octal; Rimlok B8A</li> <li>● 130-139 Octal</li> <li>● 150-159 German 10-pin with spigot; 10-pin glass with one big pin; Octal</li> <li>● 160-169 8-pin German octal</li> <li>● 170-179 RFT 8-pin; RFT 11-pin all glass with one offset pin</li> <li>● 180-189 Noval B9A</li> <li>● 190-199 B7G</li> <li>● 200-209 Decal B10B</li> <li>● 230-239 Octal</li> <li>● 270-279 RFT 11-pin all glass with one offset pin</li> <li>● 280-289 Noval B9A</li> <li>● 300-399 Octal</li> <li>● 400-499 Rimlok B8A</li> <li>● 500-529 Magnoval B9D; Noval</li> <li>● 600-699 Flat wire-ended</li> <li>● 700-799 Round wire-ended</li> <li>● 800-899 Noval B9A</li> <li>● 900-999 B7G</li> <li>● 1000- Round wire-ended; special nuvistor</li> <li>● 2000- Decal B10B</li> <li>● 3000- Octal</li> <li>● 5000- Magnoval B9D</li> <li>● 8000- Noval B9A</li> </ul>

## Sistema Britannico Marconi-Osram

Il sistema di nomenclatura Marconi-Osram usa una singola lettera seguita da due numeri e qualche volta da una ulteriore lettera che identifica le differenti versioni di uno stesso tipo.

Questo sistema è stato usato dal 1920.

La prima lettera generalmente identifica il tipo di valvola (diodo, triodo, pentodo, tetrodo ecc.) o il tipo di uso (rivelatore, amplificatore, trasmettitore ecc.) e il numero è un semplice seriale.

Esempi: B36=12SN7

N339=Pentodo di potenza

X109=Triodo-Esodo

L63 = Triode simile ad un mezzo 6SN7

U14 = 5AS4

Y61 = 6U5G

X61 = 6J8G

Z77 = 6AM6 = EF91

### **Sistema Militare Britannico CV**

Questo sistema è composto dalla prima parte comune a tutte le valvole che è "CV" che sta per "common valve" e la seconda parte composta da tre o quattro numeri che sono un seriale che identifica ogni valvola.

Questa nomenclatura venne introdotta durante la seconda guerra mondiale per razionalizzare le precedenti nomenclature.

Questo tipo di nomenclatura ha degli equivalenti identici nelle altre nomenclature, come North American, RETMA, and West European, Mullard-Philips.

Esempio:

CV1986 = 6SN7 = ECC33

Nota: I numeri della serie 4000 identificano delle valvole di particolare qualità.

**Classificazione Sovietica (leggendo da sinistra verso destra) in uso dal 1950**

Tubi da ricevitore e di piccola potenza.

Primo elemento		Secondo Elemento	Terzo elemento	Quarto elemento	Quinto elemento																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carattere Cirillico</th> <th>Tipologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>гК</td> <td>Valvole TX &lt; 25 MHz</td> </tr> <tr> <td>гЧ</td> <td>Valvole UHF TX 25-600 MHz</td> </tr> <tr> <td>гС</td> <td>Valvole TX per lunghezze d'onda centimetriche per radar</td> </tr> <tr> <td>гМ</td> <td>Valvole modulatrici</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>Rettificatore per alta potenza</td> </tr> <tr> <td>Сг</td> <td>Stabilizzatore di tensione</td> </tr> <tr> <td>Сг</td> <td>Stabilizzatore di corrente</td> </tr> <tr> <td>Т</td> <td>Thyratron</td> </tr> <tr> <td>гг</td> <td>Rettificatori a scarica nel gas</td> </tr> <tr> <td>гР</td> <td>Rettificatori al mercurio a scarica nel gas</td> </tr> <tr> <td>Ф / фЭУ</td> <td>Dispositivi fotoelettronici</td> </tr> <tr> <td>Tensione del filamento riscaldatore del catodo (V)</td> <td>Specifica il voltaggio del filamento in Volt approssimato all'intero. Esempio: 6,3V = 6</td> </tr> <tr> <td>Diametro dello schermo (cm)</td> <td>Tubi a raggi catodici</td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td>Diodi semiconduttori</td> </tr> <tr> <td>Л</td> <td>Transistor</td> </tr> </tbody> </table>		Carattere Cirillico	Tipologia	гК	Valvole TX < 25 MHz	гЧ	Valvole UHF TX 25-600 MHz	гС	Valvole TX per lunghezze d'onda centimetriche per radar	гМ	Valvole modulatrici	В	Rettificatore per alta potenza	Сг	Stabilizzatore di tensione	Сг	Stabilizzatore di corrente	Т	Thyratron	гг	Rettificatori a scarica nel gas	гР	Rettificatori al mercurio a scarica nel gas	Ф / фЭУ	Dispositivi fotoelettronici	Tensione del filamento riscaldatore del catodo (V)	Specifica il voltaggio del filamento in Volt approssimato all'intero. Esempio: 6,3V = 6	Diametro dello schermo (cm)	Tubi a raggi catodici	Д	Diodi semiconduttori	Л	Transistor	<p>Carattere cirillico che specifica il tipo di tubo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D (Russian: Д) - diodo, inclusi i diodi damper.</li> <li>• H (Russian: Х) - doppio diodo.</li> <li>• Ts (Russian: Ц) - rettificatore per bassa potenza (kenotron).</li> <li>• S (Russian: С) - triodo.</li> <li>• N (Russian: Н) - doppio triodo.</li> <li>• E (Russian: Э) - tetrodo.</li> <li>• P (Russian: П) - pentodo di potenza o tetrodo a fascio di potenza.</li> <li>• Zh (Russian: Ж) - pentodo sharp-cuttoff . (anche translitterato sh o j)</li> <li>• K (Russian: К) - pentodo a mu variabile / pentodo remote-cuttoff.</li> <li>• R (Russian: Р) - doppio pentodo o doppio tetrodo.</li> <li>• G (Russian: Г) - triodo-diodo combinati.</li> <li>• B (Russian: Б) - diodo-pentodo combinati.</li> <li>• F (Russian: Ф) - triodo-pentodo combinati.</li> <li>• I (Russian: И) - combinazione triodo-esodo, triodo-eptodo o triodo-ottodo.</li> <li>• A (Russian: А) - convertitore pentagriglia o esodo.</li> <li>• V (Russian: В) - tubo a vuoto con emissione secondaria.</li> <li>• L (Russian: Л) - tubo a raggi catodici.</li> <li>• Ye (Russian: Е) - occhio magico (usato come indicatore di sintonia).</li> </ul>	<p>Si tratta di un numero seriale che identifica le varie migliorie e modifiche di uno stesso tubo.</p>	<p>Identifica il tipo di zoccolo e di contenitore di un tubo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• P (Russian: П) - piccolo, 9-pin o 7-pin con contenitore in vetro (da 22.5 o 19 mm di diametro).</li> <li>• A (Russian: А) - contenitore subminiatura in vetro (da 5 a 8 mm di diametro) con reofori flessibili.</li> <li>• B (Russian: Б) - contenitore subminiatura in vetro (da 8 a 10.2 mm di diametro) con reofori flessibili.</li> <li>• S (Russian: С) - contenitore di vetro (più grande di 22.5 mm di diametro), tipicamente con uno zoccolo octal.</li> <li>• N (Russian: Н) - nuvistore.</li> <li>• K (Russian: К) - contenitore in metallo-ceramica.</li> <li>• D (Russian: Д) - contenitore di vetro-metallo con connessione a disco (per operare in UHF).</li> </ul> <p>Per tutti i tubi metallici il quarto elemento è omesso.</p>	<p>Il quinto elemento è opzionale, consiste in un trattino "-" seguito da un singolo carattere o da una combinazione di caratteri e identifica speciali caratteristiche del tubo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V (Russian: В) - maggior durata e miglior robustezza meccanica, minore effetto microfonico.</li> <li>• R (Russian: Р) - migliore del V</li> <li>• Ye (Russian: Е) - Tubo a lunga durata.</li> <li>• D (Russian: Д) - Tubo a eccezionalmente lunga durata.</li> <li>• I (Russian: И) - ottimizzato per lavorare in modo impulsivo o switching.</li> </ul>
Carattere Cirillico	Tipologia																																				
гК	Valvole TX < 25 MHz																																				
гЧ	Valvole UHF TX 25-600 MHz																																				
гС	Valvole TX per lunghezze d'onda centimetriche per radar																																				
гМ	Valvole modulatrici																																				
В	Rettificatore per alta potenza																																				
Сг	Stabilizzatore di tensione																																				
Сг	Stabilizzatore di corrente																																				
Т	Thyratron																																				
гг	Rettificatori a scarica nel gas																																				
гР	Rettificatori al mercurio a scarica nel gas																																				
Ф / фЭУ	Dispositivi fotoelettronici																																				
Tensione del filamento riscaldatore del catodo (V)	Specifica il voltaggio del filamento in Volt approssimato all'intero. Esempio: 6,3V = 6																																				
Diametro dello schermo (cm)	Tubi a raggi catodici																																				
Д	Diodi semiconduttori																																				
Л	Transistor																																				

Tubi di grande potenza, per esempio quelli usati in trasmissione.

Il primo elemento (da sinistra a destra) è sempre la lettera "G" (Russian Г).

Il secondo elemento (con alcune eccezioni) è una delle seguenti lettere:

- K (Russian: К) - tubo per onde corte (<= 25 MHz).
- U (Russian: У) - tubo per onde ultra corte (25-600 MHz).
- S (Russian: С) - tubo per lunghezze d'onda centimetriche (> 600 MHz).
- M (Russian: М) - tubo modulatore.
- I (Russian: И) - tubo per impulsi.

Il terzo elemento consiste in un trattino "-" seguito da un numero seriale.

Se il tubo ha un raffreddamento forzato vengono anche usate le seguenti lettere in base al tipo di raffreddamento:

- 'A' (Russian 'А') per raffreddamento ad acqua
- 'B' (Russian 'Б') per raffreddamento ad aria forzata

Nota1= Barretter o Ballast, sono resistori progettati per far passare una corrente costante indipendentemente (più o meno) della tensione applicata.

La resistenza aumenta rapidamente con l'aumento di corrente.

Ad esempio ciò può essere ottenuto utilizzando un filamento di ferro puro in atmosfera di idrogeno. Questi dispositivi sono stati utilizzati per compensare la resistenza dei filamenti delle valvole che quando sono freddi hanno una resistenza molto bassa.

Quando viene utilizzato un collegamento serie dei filamenti, alimentati direttamente dalla tensione di rete o comunque con una tensione abbastanza alta, la resistenza totale serie quando i filamenti sono freddi è molto bassa.

Un barretter o ballast viene inserito in serie per limitare la corrente ad un valore di sicurezza, mentre i filamenti si riscaldano e aumentano la loro resistenza.

Il barretter o ballast può anche proteggere la circuiteria se uno dei filamenti sviluppa un corto a massa.

**Nomenclatura valvole tedesche dopo il 1934 (Telefunken) - Si noti che gli altri produttori come Philips, Valvo e GEMA, avevano schemi di numerazione supplementari.**

Prima lettera	Seconda lettera - Tipo di tubo	Terza lettera	Quarta lettera - costruzione del tubo	Quinta lettera - Altro
Prima lettera sempre "R" che sta per "Reichsheer"= Esercito, o "Reichswehr"= Esercito / Marina militare	D = Tubo Uhf con $\lambda < 1m$ e $f > 300Mhz$	Tensione media di alimentazione dei filamenti	G = Rettificatore L = Transit-time tube M = Magnetron P = Pentodo T = Triodo	Numerazione consecutiva o lettera che indica la release di sviluppo
	G = Diodo rettificatore	Tensione media di alimentazione dei filamenti	G = Rettificatore T = Triodo (rettificatore controllato con tensione di griglia)	Corrente anodica approssimata in milliamperes
	K = Tubo a raggi catodici	Tensione media di alimentazione dei filamenti	MM = Deflessione a doppio magneti MS = Deflessione magnetica ed elettrostatica SS = Doppia deflessione elettrostatica	Numerazione consecutiva
	L = Amplificatore di potenza, tubo di trasmissione	Tensione media di alimentazione dei filamenti	P = Pentodo T = Triodo	Potenza dissipata dall'anodo in watt A = Senza base (socket)
	V = Tubo di ricezione, amplificatore, oscillatore, mixer, demodulatore, switch	Tensione media di alimentazione dei filamenti	A = Indicatore di sintonia G = rivelatore rettificatore H = Esodo P = Pentodo T = Triodo	1-10 = numerazione successiva 11-4000 = guadagno della valvola. Se l'ultimo digit è uguale a 1 il guadagno è regolabile.

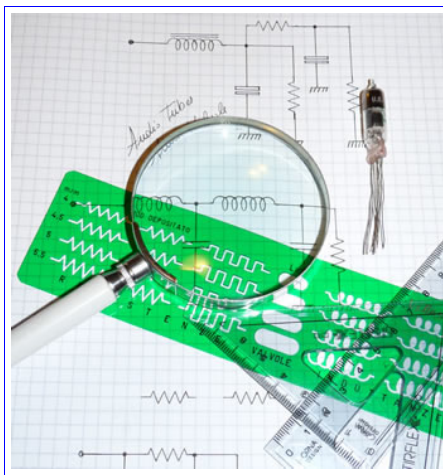
La nomenclatura sopra si riferisce allo schema HERES Wehrmachtröhren.

Come esempio si può guardare la valvola RV12P4000.

Prima lettera	Seconda lettera	Terza lettera
Prima lettera sempre "L" che sta per Luftfahrtröhren = Luftwaffe Wehrmachtröhren	B = Tubo a raggi catodici	Numero consecutivo che descrive la release del prodotto
	D = Tubo UHF per $\lambda < 1m$ e $f > 300Mhz$	1-5 e 15 = Amplificatore 6-14 e 60-12 = Tubo planare 20-29 e lettera = Drift tube o linear beam tube
	F = fotocellula, iconoscopia, convertitore di immagine, interruttore di fascio elettronico	Numerazione successiva
	G = Tubo rettificatore, tubo speciale per generazione di impulsi	Numerazione successiva - lettera 1-17 = diodo 71-82 = blocking tube 200 = flyback tube 201-203 = triggerable spark gap tube
	K = regolatore - limitatore di corrente, stabilizzatore	Numerazione successiva - lettera
	M = Magnetron MS = slotted magnetron	Numerazione successiva - lettera
	S = Tubo di trasmissione $f < 300Mhz$	Numerazione successiva - per tubi di trasmissione la potenza approssimata in watt
	V = amplificatore con $f < 300Mhz$	Numerazione successiva
ZG = Klystron	Numerazione successiva	

La nomenclatura sopra si riferisce allo schema Luftfahrtröhren = Luftwaffe Wehrmachtröhren specifico per l'aviazione.

## Glossario Termini e Riferimenti, lettera dalla "A" alla "G"



Nota: La parola Glossario ha origine dal termine latino tardo glossarium che a sua volta deriva dal greco antico glossa.

Indicava una nota esplicativa apposta a fianco di un termine di difficile comprensione.

Attenzione: su molte foto è presente un link che cliccandole vi porta alla trattazione specifica dell'argomento, ove esistente.



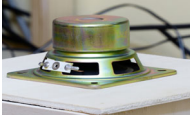
Cliccando sulla lettera in basso si va direttamente alla sezione relativa alla lettera, cliccando sulla lettera all'inizio della sezione si ritorna alla prima pagina del glossario.

Questo Glossario non ha la presunzione di essere comprensivo di tutti i termini che a diritto ci dovrebbero essere.


Tuttavia facciamo del nostro meglio e lo implementiamo costantemente.

<a href="#">A</a>	<a href="#">B</a>	<a href="#">C</a>	<a href="#">D</a>	<a href="#">E</a>	<a href="#">F</a>	<a href="#">G</a>	<a href="#">H</a>	<a href="#">IJK</a>	<a href="#">L</a>	<a href="#">M</a>	<a href="#">N</a>	<a href="#">O</a>	<a href="#">P</a>	<a href="#">Q</a>	<a href="#">R</a>	<a href="#">S</a>	<a href="#">T</a>	<a href="#">U</a>	<a href="#">V</a>	<a href="#">WXY</a>	<a href="#">Z</a>
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------	-------------------

**A**

A	Vedi Ampere, è l'unità di misura della corrente.
AC	<p>Acronimo di Corrente Alternata (dall'inglese "Alternating Current").          E' un flusso di elettroni che cambia ciclicamente direzione.          Nella rete di distribuzione elettrica in Italia il flusso di elettroni cambia direzione 100 volte al secondo (50 Hz).</p>
 <p>Alimentatore</p>	<p>Circuito atto a fornire la tensione di alimentazione a qualsiasi circuito elettronico attivo.          Di solito preleva la tensione dalla rete elettrica (ma anche da qualsiasi altra fonte) e la rende adatta allo scopo, modificandone le caratteristiche.          Caso classico è l'alimentatore da laboratorio che rappresenta il caso di alimentatore più flessibile per definizione, dovendo fornire tensioni e correnti diverse per ogni circuito da provare.          In genere gli alimentatori vengono catalogati in base alla tensione all'uscita (alta tensione, bassa tensione ecc.) e in base al tipo di tensione fornita all'uscita (stabilizzato e non stabilizzato).</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Alimentatori Valvolari-Strumenti: Alimentatori</b></p>
 <p>Altoparlante</p>	<p>L'altoparlante è un attuttore che converte un segnale elettrico in onde sonore.          Si può quindi definire un trasduttore elettroacustico (ovvero che trasforma un segnale elettrico in un'onda sonora).          Il suono in sostanza è generato da una serie di compressioni e rarefazioni dell'aria, compito dell'altoparlante quindi è generare tali compressioni e rarefazioni nell'ambiente d'ascolto mantenendo il più possibile la correlazione di causa-effetto fra grandezza elettrica e onda sonora prodotta.          Il funzionamento dell'altoparlante, nel caso più comune di altoparlante magnetodinamico, è dovuto all'interazione fra un magnete permanente e un elettromagnete (la bobina mobile dell'altoparlante).          Quest'ultima è solidale con una membrana ed è libera entro certi limiti di muoversi, comprimendo e rarefacendo l'aria con il suo movimento e generando le onde sonore.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Altoparlanti</b></p>
 <p>Altoparlante schermato</p>	<p>Questa tipologia di altoparlante incorpora uno schermo magnetico per evitare che il magnete permanente dello stesso possa influenzare apparecchiature esterne.          Un esempio classico è lo schermo CRT degli oscilloscopi e delle televisioni che è particolarmente sensibile ai campi magnetici.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Altoparlanti</b></p>
Ampere	<p>Unità di misura della corrente.          E' la corrente che passa connettendo un generatore di un Volt ad una resistenza di un ohm.          Molto usati anche i sottomultipli, come ad esempio il milliAmpere (1/1000 A o 0,001 A).</p>

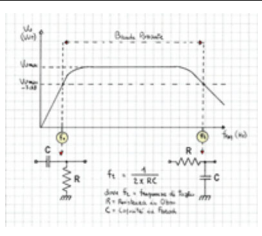


<p>Amplificatore</p>	<p>Si tratta di un dispositivo che attua un procedimento elettronico di amplificazione che altro non è che la manipolazione di un segnale in ingresso al fine di aumentarne in uscita l'ampiezza senza alterarne la forma. In pratica un amplificatore crea in uscita una copia del segnale che riceve in ingresso aumentato in tensione e/o in corrente.</p>
<p>Amplificazione</p>	<p>In genere per amplificazione si intende un rapporto fra due grandezze omogenee una misurata all'uscita di un dispositivo e l'altra all'ingresso. Quindi è espressa dal punto di vista di grandezza fisica con un numero adimensionale (puro).</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Menu Amplificazione-Amplificazione</b></p>
<p>Amplificazione (coefficiente di)</p> <p><math>\mu = \Delta V_a / \Delta V_g</math>.</p>	<p>Il rapporto fra la variazione della tensione di placca e la variazione della tensione di griglia (corrispondenti alla stessa variazione della corrente di placca) si chiama coefficiente di amplificazione del triodo e si esprime con <math>\mu</math> (mu). Il <math>\mu</math> di un triodo stabilisce il limite massimo di amplificazione realizzabile con quel triodo in una configurazione a catodo comune.</p>
<p>Analogico</p>	<p>In elettronica indica il modo di rappresentare il segnale elettrico all'interno di una data apparecchiatura; il segnale è detto analogico quando i valori utili che lo rappresentano sono in stretta "analogia" con il fenomeno che li genera e spesso sono continui (infiniti). Se prendessimo in esame un intervallo di possibili valori di resistenza di un potenziometro dal minimo valore al massimo ruotando il comando dello stesso si passerebbe dal minimo valore di resistenza al massimo per una infinità di valori intermedi. Analogico si contrappone a digitale (=discreto). Analogico significa "continuo", "non discreto".</p>
 <p>Anodo</p>	<p>L'elettrodo positivo. In una valvole è l'elettrodo che riceve la maggior parte di elettroni emessi dal catodo ed è anche chiamato "placca". Gli elettroni colpendolo trasferiscono ad esso tutta la loro energia cinetica, dissipata su quest'ultimo sotto forma di calore. Quindi deve essere costruito per dissipare il calore prodotto.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Caratteristiche costruttive anodo</b></p>
<p>Attenuatore</p>	<p>E' un dispositivo che riduce l'ampiezza di un segnale applicato al suo ingresso, nella forma più semplice è un partitore resistivo composto da due resistenze. Il suo impiego è quello di portare una tensione eccessiva ad un valore accettabile per pilotare, ad esempio, lo stadio di ingresso di un amplificatore. E' la funzione inversa dell'amplificatore.</p>

<p>Audiofrequenza</p>	<p>L'audiofrequenza in elettroacustica, è la gamma di frequenze comprese nel campo delle frequenze acustiche, ovvero udibili dall'orecchio umano, cioè tra 16 e 20.000 Hz.</p> <p>Un amplificatore ad alta fedeltà deve essere in grado di amplificare detta gamma di frequenze senza significative attenuazioni.</p> <p>In altre parole la banda passante di un amplificatore hi-fi deve comprendere tutte le audiofrequenze.</p>
<p>Audion</p>	<p>Nome del primo triodo, inventato da Lee De Forest</p>

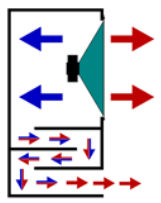
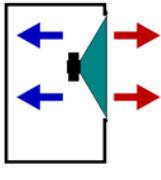
 --->**Pagine consigliate: Cenni Storici**

**B**

<p>Bachelite bakelite)</p> <p>(o</p>	<p>Si tratta di una resina fenolica termoindurente unita ad un riempitivo come polvere di legno o farina fossile con forti proprietà isolanti impiegata per produrre varie attrezzature, dal corpo dei telefoni dell'epoca fino ai supporti come ad esempio gli zoccoli di alcune valvole.</p> <p>Fu sintetizzata per la prima volta da Leo Baekeland nel 1907, da cui prese il nome.</p> <p>La produzione industriale di massa prese avvio negli Stati Uniti e nel Regno Unito negli anni venti, e venne diffusamente utilizzata almeno fino agli anni cinquanta (1950).</p> <p>Oggi la bachelite è stata sostituita da altre materie plastiche nella maggior parte delle applicazioni.</p>
 <p>Banda Passante</p>	<p>Si intende per banda passante di un amplificatore audio le frequenze che l'amplificatore amplifica con una attenuazione massima di 3db riferita alla massima tensione di uscita (di solito misurata a 1000Hz).</p> <p>Le frequenze limite dette frequenze di taglio inferiore e superiore sono quindi ricavabili misurando una attenuazione di 3db rispetto a centro banda.</p> <p>Dette frequenze sono dovute alle capacità serie nel caso della frequenza di taglio inferiore e alle capacità in parallelo al segnale nel caso della frequenza di taglio superiore.</p> <p>Negli amplificatori hi-fi la minima banda passante deve essere da 20Hz a 20.000Hz.</p> <p>Nei sistemi hi-fi a bi-amplificazione, la somma delle bande passanti degli amplificatori deve estendersi anche in questo caso da 20Hz a 20kHz che rappresenta il limite di udibilità delle frequenze da parte dell'orecchio umano (che difficilmente tuttavia supera i 15kHz).</p> <p>Una estensione di questo tipo copre anche gli strumenti più estremi della musica classica come l'organo a canne (per l'estensione verso i bassi) e l'ottavino (per gli acuti, arriva a circa 8kHz).</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Banda Passante</b></p>
<p>Basso Elettrico ("chitarra basso" o semplicemente "basso")</p>	<p>Si tratta di uno strumento musicale della famiglia degli elettrofoni semi elettronici caratterizzato da un accordo basso.</p> <p>Nella versione tradizionale ha 4 corde ma ne esistono anche a 5 o 6 corde.</p> <p>Il segnale viene catturato in genere da pickup magnetici.</p> <p>La frequenza più bassa (per il baso a 4 corde) che genera è di 41,2 Hz (MI), quindi risulta di difficile amplificazione richiedendo altoparlanti e cabinet in grado rendere bene anche a detta frequenza.</p> <p>E' stato realizzato nel 1930 da Leo Fender.</p>

<p>Batteria</p>	<p>Una pila, (detta anche pila elettrica, pila chimica, cella elettrochimica o batteria primaria) in elettrotecnica ed elettrochimica è un dispositivo che converte l'energia chimica in energia elettrica con una reazione di ossidoriduzione.</p> <p>Un insieme di più batterie disposte in serie e/o parallelo (per aumentare i valori rispettivamente di tensione ai capi e/o corrente erogabile), prende comunemente il nome di pacco batteria.</p> <p>Può essere anche ricaricabile e in questo caso si chiama batteria secondaria o accumulatore.</p> <p>In ogni caso il compito è quello di alimentare circuiti elettrici ed elettronici.</p> <p>E' contraddistinta da una tensione propria e da una capacità espressa in Ampere/Ora o sottomultipli (milliAmpere/Ora).</p>
<p>Bi-Amplificazione</p>	<p>L'uso di più amplificatori che pilotano diversi altoparlanti, per amplificare diverse bande di frequenza.</p> <p>Un filtro attivo separatore di frequenze è messo a monte degli amplificatori.</p> <p>Evita l'uso del filtro crossover a valle dell'amplificatore.</p>
<p>Bi-Wiring</p>	<p>L'uso di due cavi separati per collegare l'amplificatore alla parte bassi e medio-alti di una cassa acustica.</p>
<p>Bilanciamento (Balance Control)</p>	<p>Si tratta di un dispositivo che aggiusta l'ampiezza del segnale in riferimento all'altro canale, nei due canali audio di un amplificatore stereo.</p>
<div data-bbox="161 1059 422 1256" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="161 1285 422 1323" data-label="Caption"> <p>BNC (connettore)</p> </div>	<p>Nella foto a sinistra è ritratto un connettore BNC femmina da pannello.</p> <p>E' usato per l'intestazione dei cavi coassiali.</p> <p>Oltre al maschi e alla femmina esistono i raccordi a "T".</p> <p>L'innesto è a baionetta.</p> <p>E' universalmente utilizzato negli strumenti di misura.</p> <p>Il nome del connettore è l'acronimo di Bayonet Neill Concelman, dal nome dei due inventori Paul Neill e Carl Concelman, e dal sistema utilizzato per l'innesto a baionetta.</p>

C



Cablaggio	<p>Insieme dei collegamenti fra i vari componenti di una apparecchiatura elettrica od elettronica.</p> <p>Azione di implementazione di detti collegamenti.</p>
Capacità (Farad)	<p>E' la proprietà fisica di un componente (condensatore) di stoccare una carica elettrica instaurando ai suoi capi una differenza di potenziale che permane anche quando viene tolto il generatore che inizialmente l'ha prodotta.</p> <p>L'unità di misura della capacità è il Farad.</p>
Cassa Acustica	<p>Per cassa acustica si intende un sistema di diffusione del suono che comprende un certo numero di altoparlanti e di filtri montati su una struttura idonea a ottimizzarne il rendimento.</p> <p>Normalmente si tratta di un parallelepipedo di legno caratterizzato da un adatto volume interno libero.</p>
 <p>Cassa Bass-Reflex</p>	<p>Tipologia di cassa acustica in cui l'onda prodotta dalla parte posteriore dell'altoparlante viene, tramite un labirinto acustico, rimessa in fase con l'onda prodotta dalla parte anteriore dell'altoparlante e portata fuori dalla cassa acustica con un apposito condotto per contribuire alla resa sonora.</p>
Cassa Bipolare	<p>Cassa in cui l'onda prodotta dalla parte posteriore dell'altoparlante viene riflessa dalla parete di fondo e rimessa in fase con l'onda principale.</p>
 <p>Cassa Chiusa</p>	<p>Tipologia di cassa acustica in cui l'onda prodotta dalla parte posteriore dell'altoparlante viene completamente assorbita, la cassa è completamente chiusa e non vi è passaggio di aria da dentro la cassa a fuori.</p>
Catodo (Abbreviato con K)	<p>Nei dispositivi elettronici il catodo è il polo negativo.</p> <p>Nelle valvole termoioniche è l'elemento che, riscaldato, emette elettroni.</p>


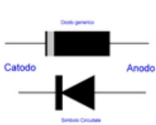


<p>Circuito Integrato</p>	<p>Un circuito integrato (detto brevemente integrato o IC dall'inglese integrated circuit), in elettronica è un circuito elettronico miniaturizzato dove i vari componenti sono stati formati tutti nello stesso istante grazie a un unico processo fisico-chimico.</p> <p>Un chip è il componente elettronico composto da una minuscola piastrina del wafer di silicio, a partire dalla quale viene costruito il circuito integrato.</p> <p>In pratica, il chip è il supporto che contiene gli elementi attivi e passivi che costituiscono il circuito.</p> <p>A volte si utilizza il termine chip per indicare complessivamente l'integrato.</p> <p>Il chip è a sua volta inserito in un contenitore (il package) da cui fuoriescono i reofori (piedini o pin) collegati internamente al chip che a sua volta viene cablato sul circuito stampato di destinazione.</p> <p>L'ideazione del circuito integrato si deve a Jack St. Clair Kilby, che nel 1958 ne costruì il primo esemplare composto da circa dieci componenti elementari, per il quale vinse il Premio Nobel per la Fisica nel 2000.</p>
<p>Coesore a limatura (o Coherer)</p>	<p>Il coesore (o coherer in inglese) era una forma primitiva di rivelatore di segnale radio utilizzato nei primi ricevitori radio per la telegrafia senza fili.</p> <p>Era l'inizio del ventesimo secolo.</p> <p>Ideato intorno al 1884 dallo scienziato italiano Temistocle Calzecchi Onesti fu poi sviluppato dal britannico Sir Oliver Lodge e dal francese Édouard Branly.</p> <p>E' costituito da un tubo di vetro contenente due elettrodi leggermente distanziati con della limatura di metallo nello spazio tra di loro.</p> <p>La resistenza di questa limatura fra gli elettrodi, in condizioni normali è molto elevata, quindi la conducibilità elettrica risulta praticamente nulla.</p> <p>Questa resistenza si abbassa bruscamente quando il coherer è investito da un'onda elettromagnetica, che allinea le particelle di ferro secondo le linee di forza del seppur piccolo campo magnetico prodotto, quindi nel circuito si ha un notevole aumento della corrente che rivela il segnale, e che Marconi utilizzò per fare suonare il campanello del suo primo radio ricevitore nel 1894.</p> <p>Il limite maggiore consiste nel fatto che la limatura di ferro rimane magnetizzata anche quando il segnale cessa.</p> <p>Quindi occorre un dispositivo meccanico che sollecita il coesore (da dei piccoli colpetti) per riportare la polvere di ferro nelle condizioni iniziali di non conducibilità.</p> <p>E' stato soppiantato dalle valvole termoioniche, più affidabili e sensibili e più tardi dai rivelatori a semiconduttore (diodi rivelatori al germanio).</p>
 <p>Condensatore</p>	<p>Dispositivo elettrico che immagazzina l'energia in un campo elettrostatico, accumulando al suo interno una certa quantità di carica elettrica in funzione della sua capacità che è la grandezza che ne quantifica tale caratteristica.</p> <p>Il condensatore ideale è un componente che può mantenere la carica e l'energia accumulata all'infinito.</p> <p>In pratica tende a scaricarsi nel tempo.</p> <p><b>AV ---&gt; Pagine consigliate: Condensatori</b></p>



Condensatore di Accoppiamento	Condensatore utilizzato per trasferire la componente alternata fra due circuiti bloccando la componente continua. Per esempio viene utilizzato per trasferire il segnale dal circuito anodico di uno stadio e quello di griglia dello stadio successivo.
Condensatore di Bypass	Condensatore utilizzato per shuntare la componente alternata ai capi del componente di un circuito, normalmente una resistenza. Per esempio in un circuito amplificatore a triodo collegato a catodo comune con polarizzazione automatica, un condensatore di bypass viene posto ai capi della resistenza collegata fra catodo e massa in modo che la componente alternata ai capi della resistenza venga bypassata a massa e il potenziale di griglia sia stabile.
Condensatore di Filtro	Condensatore utilizzato per filtrare la componente alternata presente dopo i diodi rettificatori in un alimentatore in accoppiamento ad altri componenti come ad esempio induttanze o resistenze per formare filtri di tipo pigreco.
Controfase (amplificatore)	Amplificatore controfase (o push-pull) è detto un amplificatore che utilizza due distinti componenti per l'amplificazione di un segnale, che amplificano due segnali sfasati di $180^\circ$ che vengono poi sommati da un trasformatore finale.
Controreazione	Detta anche reazione negativa o degenerazione, consiste in una porzione del segnale di uscita riportata all'ingresso invertita di fase (ovvero sfasata di $180^\circ$ rispetto alla tensione in ingresso). Serve in genere per linearizzare il comportamento di un amplificatore.
Corrente	Flusso di elettroni che vanno da un punto a potenziale negativo ad uno a potenziale più positivo del primo. Si misura in Ampere.
Crossover (filtro)	E' una serie di filtri usati per dividere il segnale in due o più bande per mandarlo poi ad altoparlanti specializzati nel riprodurle. Tipicamente presente all'interno delle casse acustiche, divide il segnale da mandare al woofer (bassi) da quello da inviare al tweeter (alti) ed eventualmente al Midrange (toni medi).

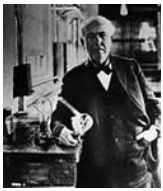
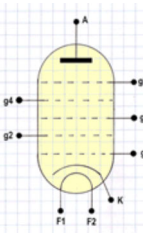
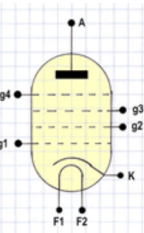
**D**


DC	<p>Acronimo di "Direct Current" ovvero corrente continua.</p> <p>Un flusso di elettroni che procede sempre nella stessa direzione.</p>
Decibel	<p>Abbreviato in dB è un decimo del Bel.</p> <p>E' un numero che esprime in forma logaritmica il rapporto fra due grandezze omogenee, quindi si tratta di un numero puro (adimensionale).</p> <p>Molto usato in elettronica (guadagno di tensione in <math>dB = 20\text{Log}(V_u/V_i)</math>, guadagno in potenza in <math>dB = 10\text{Log}(P_u/P_i)</math>) e in acustica.</p>
	<p>Lee De Forest (Council Bluffs, 26 agosto 1873 – Hollywood, 30 giugno 1961) è stato uno scienziato, inventore, brevettò più di trecento invenzioni nel campo della telegrafia, telefonia, della radio, del cinema sonoro e della televisione, nel 1907 scopre che, interponendo un filo tra il filamento e la placca, era possibile controllare la corrente che passa fra gli elettrodi (anodo e catodo), e brevettò il suo audion (triodo) che fu usato come rivelatore e oscillatore negli apparati radio dell'epoca.</p>
De Forest, Lee	
 ---> <b>Pagine consigliate: Cenni Storici</b>	
Diafonia	<p>Questo parametro è impiegato in elettronica prevalentemente quando si lavora con deboli segnali, specie nell'amplificazione audio e in genere nel trattamento del suono.</p> <p>Uno dei parametri indicatori della qualità di un'apparecchiatura stereofonica, sia un amplificatore, un lettore CD, una testina fonografica o un mixer multicanale, è costituito dalla diafonia, un dato espresso in decibel.</p> <p>Più basso è questo valore, migliore risulta la separazione dei canali.</p> <p>In un circuito amplificatore avente l'alimentazione in comune, inevitabilmente una piccola porzione del segnale in transito si riversa nel canale adiacente.</p> <p>Questo fenomeno si può ridurre ma non eliminare completamente e in genere non comporta grossi problemi.</p> <p>E' il motivo per cui gli audiofili preferiscono amplificatori dual-mono, ovvero costituiti da due amplificatori monofonici indipendenti, quindi perfettamente raddoppiati anche per quello che riguarda l'alimentazione.</p>
Diffusore Acustico	Vedi Cassa Acustica
Digitale	<p>Con digitale o numerico, in informatica ed elettronica, ci si riferisce a tutto ciò che viene rappresentato con numeri o che opera manipolando numeri.</p> <p>L'elettronica digitale è quella branca dell'elettronica che si occupa di gestire ed elaborare informazioni di tipo digitale.</p> <p>Il termine digitale deriva dal termine inglese digit (cifra), per il fatto che i calcolatori elettronici operano mediante l'elaborazione di quantità numeriche elementari, i bit; questo termine - a sua volta - deriva dal latino digitus che, nell'italiano corrente, viene tradotto con numero, per questo motivo viene definita anche impropriamente elettronica numerica.</p>
Disaccoppiamento	<p>Per disaccoppiamento si intende generalmente il bloccaggio della tensione continua, facendo passare solo la componente alternata che normalmente in un amplificatore è sovrapposta alla continua.</p> <p>Serve per evitare che propagando la continua da uno stadio all'altro si possa alterare la giusta polarizzazione di un amplificatore.</p>

<p>Diodo</p>	<p>Dispositivo che può essere attraversato dalla corrente solo in un senso. Può essere realizzato con un tubo a vuoto, con un semiconduttore o con altri dispositivi come i rettificatori al mercurio o a scarica nel gas.</p>
 <p>Diodo Led</p>	<p>Particolare tipo di diodo semiconduttore impiegato in sistemi di segnalazione o illuminazione. L'acronimo LED sta per Light Emitting Diode ovvero Diodo emettitore di luce. Sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori per produrre fotoni attraverso il fenomeno dell'emissione spontanea ovvero a partire dalla ricombinazione di coppie elettrone-lacuna. Il primo LED è stato sviluppato nel 1962 da Nick Holonyak Jr. Sono reperibili in svariati colori e misure.</p>
 <p>Diodo Semiconduttore</p>	<p>Il diodo semiconduttore è un componente elettronico passivo non-lineare a due terminali (bipolo), la cui funzione ideale è quella di permettere il flusso di corrente elettrica in un verso e di bloccarla totalmente nell'altro. Il simbolo circuitale del diodo semiconduttore esprime chiaramente questa funzione: il triangolo indica la direzione che permette il flusso di corrente elettrica considerato convenzionalmente dal polo positivo (denominato "anodo") a quello negativo (denominato "catodo"), mentre la sbarra ne indica il blocco. Per i normali impieghi vengono attualmente realizzati in silicio, mentre in passato erano realizzati in germanio. Fanno eccezione i diodi LED.</p>
 <p>Diodo Termoionico</p>	<p>Si tratta della valvola più semplice in assoluto, con due elettrodi denominati Anodo e Catodo, ha la peculiarità di condurre solo quando l'anodo è positivo rispetto al catodo, quindi viene utilizzata come rettificatore di corrente negli alimentatori. Inizialmente veniva usata anche come rivelatore nelle radio al posto del coherer, poi soppiantata da altri tipi di valvola più sensibili.</p> <div style="background-color: #e0ffe0; padding: 5px; border: 1px solid #00aaff;"> <p> ---&gt; <b>Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p> </div>
<p>Distorsione</p>	<p>Differenza in termini di fase a di analisi armonica fra un segnale posto in ingresso ad un circuito rispetto a quello prelevato in uscita. E' dovuta ad un comportamento non perfettamente lineare del circuito. Fenomeno indesiderabile nell'ambito degli amplificatori Hi-Fi, ricercato invece nell'ambito dell'amplificazione della chitarra elettrica che deve proprio alla distorsione, fra l'altro, alcune sonorità tipiche della musica rock.</p>

Dual Mono	<p>Amplificatore stereo in cui i due amplificatori che lo compongono sono completamente separati, compreso lo stadio di alimentazione. Questo permette di limitare la diafonia fra i canali.</p> <p>La realizzazione dello stesso consiste di fatto in due amplificatori mono completamente indipendenti, da qui la definizione dual-mono.</p> <p>Ovviamente in questa configurazione i costi di produzione salgono, non tanto perché lo stadio di alimentazione deve essere doppiato ma perché si tratta di una realizzazione di particolare pregio in cui non si bada a spese anche per quello che riguarda i componenti e le valvole impiegate.</p> <p>In questo caso l'unico feedback fra i due amplificatori è attraverso la rete di alimentazione, quindi è opportuno mettere a monte degli stessi, sulla rete di alimentazione, un sistema di disaccoppiamento basato su filtri.</p>
-----------	---

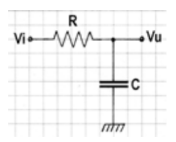



**E**


<p>Edison Electric Light Company</p>	<p>Compagnia costituita in Inghilterra con l'unione di Edison (che non deteneva il brevetto per la lampadina in Inghilterra) e Swan.</p>			
 <p>Edison, Thomas Alva</p>	<p>Inventore e imprenditore statunitense, migliorò la lampada ad incandescenza inventata da Joseph Wilson Swan.                  Pare che durante i suoi esperimenti con la lampada a filamento in carbonio, abbia notato che queste tendevano ad annerirsi, diminuendo l'efficienza.                  Per migliorarle pensò di mettere all'interno della lampada un elettrodo per catturare le particelle che venivano prodotte.                  La cosa non funzionò come si aspettava, tuttavia notò che vi era passaggio di corrente quando l'elettrodo (che ancora non si chiamava anodo) era polarizzato con una tensione positiva e non conduceva quando era polarizzato con una tensione negativa.                  Aveva casualmente prodotto un diodo.</p>			
<p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Cenni Storici</b></p>				
<p>Emissione Fotoelettrica</p>	<p>Emissione di elettroni da parte di un materiale bombardato da fotoni.                  Principio usato per il funzionamento dei fotomoltiplicatori e delle prime telecamere.</p>			
<p>Emissione Secondaria</p>	<p>Emissione di elettroni da parte di un conduttore bombardato con altri elettroni.                  Fenomeno che si presenta nel tetrodo e nel pentodo a causa della griglia schermo che accelera gli elettroni diretti all'anodo, quando lo raggiungono hanno tanta energia che causano la fuoriuscita di altri elettroni per emissione secondaria.</p>			
<p>Emissione Termoionica</p>	<p>Emissione di elettroni da parte di un conduttore in seguito a riscaldamento.                  Impiegata per il catodo delle valvole termoioniche.</p>			
<p>Eptodo Esodo</p>		<p><b>Eptodo:</b> Valvola termoionica a vuoto spinto con sette elettrodi di cui cinque griglie.                  Usata come oscillatore-miscelatore nelle radio.</p>		<p><b>Esodo:</b> Valvola termoionica a vuoto spinto con sei elettrodi di cui quattro griglie.                  Usata come oscillatore-miscelatore nelle radio.</p>
<p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p>				

 <p>Michael Faraday</p>	<p>Michael Faraday ha contribuito ai campi dell'elettromagnetismo e dell'elettrochimica.</p> <p>Tra le sue invenzioni si conta anche il becco di Bunsen.</p> <p>Tra le sue scoperte si annoverano, invece, le leggi di Faraday dell'elettrochimica e l'effetto Faraday.</p> <p>Infine sono a lui dedicati la misura della capacità, il farad, e un cratere sulla Luna.</p>
<p>Farad (F)</p>	<p>Unità di misura della capacità di un condensatore.</p> <p>Il farad (simbolo F) è l'unità di misura della capacità elettrica nel sistema SI.</p> <p>Il suo nome deriva da quello di Michael Faraday.</p> <p>In un condensatore di 1 farad, una carica elettrica di 1 coulomb genera una differenza di potenziale pari a 1 volt.</p> <p>Poiché il farad è un'unità molto grande, i valori dei capacitori comunemente utilizzati in elettronica si esprimono in microfarad (<math>\mu\text{F}</math>) che equivale a farad per dieci elevato a meno sei, nanofarad (nF) che equivale a farad per dieci elevato a meno nove, o picofarad (pF) che equivale a farad per dieci elevato a meno dodici.</p>
<p>Fattore di Smorzamento</p>	<p>Il fattore di smorzamento (“Damping factor” in inglese) è il rapporto fra l’impedenza nominale di carico di un amplificatore (tipicamente quella della cassa acustica, quindi 4 o 8<math>\Omega</math>) e l’impedenza di uscita dell’amplificatore, misurata a 1kHz ai morsetti d’uscita.</p> <p>In ultima analisi è la quantificazione della capacità dell'amplificatore di assorbire energia dal carico e smorzare le oscillazioni indesiderate della membrana dell'altoparlante che in questo caso agisce come un generatore, quindi di controllare movimenti indesiderati della membrana stessa.</p> <p>Quindi la bontà di un amplificatore, in linea di massima (il limite dipende molto anche dal tipo di cassa che si pilota), è proporzionale al suo fattore di smorzamento che dovrebbe superare il valore di 40 e non scendere mai sotto 20.</p> <p>Questo è uno dei punti deboli degli amplificatori valvolari che non hanno mai un alto fattore di smorzamento.</p>

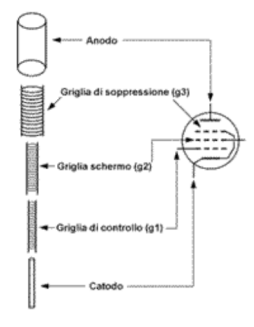


<p>F.c.e.m.</p>	<p>Forza Contro Elettro Motrice.                  E' una forza elettromotrice che si sottrae ad un'altra forza elettromotrice, un esempio classico sono due batterie messe nello stesso circuito ma in opposizione, la f.e.m.                  risultante è la somma algebrica delle due, in questo caso la sottrazione, avendo segno opposto.</p>
<p>Feedback</p>	<p>Vedi controreazione</p>
<p>F.e.m.</p>	<p>E' un acronimo molto usato, sta per Forza Elettro Motrice.                  E' una differenza di tensione fra due punti e si misura in Volt.</p>
<div data-bbox="193 645 352 741" data-label="Image"> </div> <p>Filamento</p>	<p>Parte della valvola termoionica deputata al riscaldamento del catodo.                  Normalmente è inserito all'interno del catodo ed è isolato da quest'ultimo.                  Viene alimentato con diverse tensioni (in funzione del tipo di valvola) sia in alternata che in continua.                  Una scorretta alimentazione del filamento pregiudica il funzionamento della valvola o la sua durata.</p>
<p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Catodo</b></p>	
<p>Filtro</p>	<p>Un circuito che ripropone all'uscita una selezione delle frequenze applicate al suo ingresso.                  E' usato per modificare la risposta in frequenza di un circuito.                  Si catalogano in funzione della frequenza (passa basso, passa alto e passa banda) e in funzione della pendenza (dB per ottava o per decade).</p>
<p>Filtro di rete</p>	<p>Filtro passa basso posto fra l'apparato da alimentare e la rete elettrica, con il duplice scopo di disaccoppiare la rete elettrica dai disturbi prodotti dall'apparato e l'apparato dai disturbi presenti sulla rete elettrica.                  E' in genere costituito da un doppio filtro pigreco composto da due induttanze e da alcune capacità.                  E' ormai indispensabile in quanto negli ultimi tempi vi è stata una sempre maggiore proliferazione di fonti di disturbo come gli alimentatori a commutazione, impiegati in tutti gli apparati elettronici in vece dei trasformatori in quanto più economici.                  In genere hanno una buona efficacia per le alte frequenze e la loro efficacia è direttamente proporzionale all'ingombro.</p>
<div data-bbox="193 1619 352 1753" data-label="Diagram"> </div> <p>Filtro passa alto</p>	<p>Si tratta di un filtro che lascia passare senza attenuazione le frequenze superiori ad una, detta di taglio.                  Nella più semplice realizzazione è composto da un condensatore in serie al segnale seguito da una resistenza in parallelo.                  Una caratteristica tipica del filtro è la pendenza che quantifica di quanto dB attenua ogni decade o ottava dopo la frequenza di taglio.                  Le pendenze tipiche sono di 6 dB/ottava o 20 db/decade per un filtro RC.</p>

	<p>Si tratta di un filtro che lascia passare senza attenuazione le frequenze inferiori ad una, detta di taglio.</p> <p>Nella più semplice realizzazione è composto da una resistenza in serie al segnale seguito da un condensatore in parallelo.</p>
<p>Filtro passa basso</p>	<p>Una caratteristica tipica del filtro è la pendenza che quantifica di quanto dB attenua ogni decade o ottava dopo la frequenza di taglio.</p> <p>Le pendenze tipiche sono di 6 dB/ottava o 20 db/decade per un filtro RC.</p>
<p>Filtro Primo Ordine</p>	<p>Si riferisce ad un filtro con una pendenza tipica di 6 dB/ottava o 20 dB/decade dopo la frequenza di taglio.</p>
<p>Filtro Secondo Ordine</p>	<p>Si riferisce ad un filtro con una pendenza tipica di 12 dB/ottava o 40 dB/decade dopo la frequenza di taglio.</p>
 <p>Fleming, John Ambrose</p>	<p>John Ambrose Fleming, prima consulente della "Edison Electric Light Company" poi consulente scientifico della Marconi Wireless (già ex consulente della Edison) ricercò sollecitato da Marconi un dispositivo più affidabile del coherer, per la ricezione delle onde radio.</p> <p>Nasce così nel 1904 un dispositivo consistente in una lampadina con una piastrina aggiuntiva.</p> <p>Se alla lampada veniva data tensione, il suo filamento si riscaldava fino all'incandescenza ed emetteva elettroni catturati dalla piastrina metallica a cui era data carica positiva da una seconda batteria.</p> <p>Questo valvola chiamata "tubo di Fleming" posto in un circuito radio ricevente riusciva a rettificare il segnale ricevuto e a renderlo disponibile per far funzionare l'elemento attuatore di un ricevitore telegrafico.</p> <p>Nasce quindi il primo diodo.</p> <p> ---&gt; <b>Pagine consigliate: Cenni Storici</b></p>
<p>Foam</p>	<p>Materiale costituito da un gas intrappolato in un solido o in un liquido.</p> <p>Quello che più interessa in questo ambito è il foam di gomma o materiali plastici simili che viene usato nelle sospensioni delle membrane degli altoparlanti.</p> <p>Esempi di foam possono essere la schiuma del cappuccino (gas intrappolato in un liquido) o il poliuretano espanso (gas intrappolato in un solido).</p>
 <p>Jean Bernard Léon Foucault</p>	<p>Jean Bernard Léon Foucault (Parigi, 18 settembre 1819 – Parigi, 11 febbraio 1868) è stato un fisico francese conosciuto per l'invenzione del Pendolo di Foucault, che serve a dimostrare la rotazione della Terra.</p> <p>Egli inoltre inventò il giroscopio, scoprì le correnti indotte (correnti di Foucault).</p> <p>Il cratere Foucault sulla luna è dedicato a lui.</p>
<p>Frequenza</p>	<p>Si misura in Hertz e corrisponde al numero di periodi completi che un segnale periodico compie in un secondo.</p>
<p>Frequenza di Risonanza</p>	<p>La frequenza alla quale un circuito o una struttura meccanica vibra o oscilla in modo massimale quando stimolata da una forza o energia esterna.</p>

<p>Frequenzimetro o Frequenziometro</p>	<p>Strumento atto a misurare direttamente la frequenza di una tensione alternata e riportare il valore su un display. Esistono anche metodi indiretti per la misura della frequenza, ad esempio l'oscilloscopio che ci permette di misurare il periodo di un segnale e poi con un calcolo matematico ricavare la frequenza.</p>
<p>Fusibile (o valvola fusibile)</p>	<p>Componente usato come sicurezza nei circuiti di alimentazione costituito da una ampolla (di vetro per piccole potenze, di ceramica altrimenti) contenente gas inerte con all'interno un filo di materiale con bassa temperatura di fusione (piombo) caratterizzato dal fatto di fondersi quando attraversato da una corrente maggiore di un valore preimpostato. Fondendosi interrompe il circuito evitando danni maggiori. Una volta fuso deve essere sostituito.</p>
<div data-bbox="199 750 351 936" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="164 969 379 1003">Julius Futterman</p>	<p>Julius Futterman (1907 – 1981) è stato un ingegnere e inventore statunitense, progettò l'amplificatore valvolare senza trasformatore d'uscita, universalmente noto con la sigla OTL (Output Transformer Less). Ciò fu fatto in origine per ridurre i costi dovuti all'uso di un costoso trasformatore d'uscita, che peraltro è dal punto di vista della progettazione l'elemento più critico dell'amplificatore finale a valvole tradizionale. E' facile dedurre che, proprio per l'assenza del trasformatore, l'OTL fornisca il miglior suono possibile e una banda passante particolarmente estesa.</p> <div data-bbox="400 1010 1417 1064" data-label="Text" style="background-color: #e0ffe0; padding: 5px;">  ---&gt; <b>Pagine consigliate: Amplificatori OTL</b> </div>

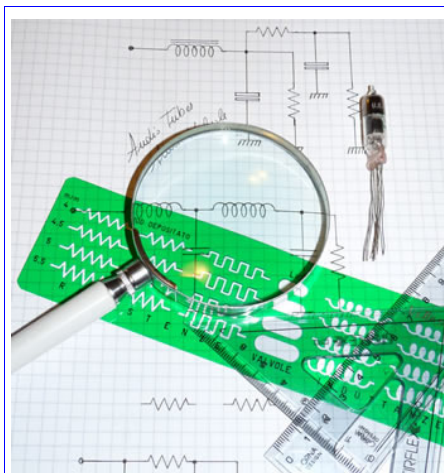
G

<p>Geiger–Müller (Tubo)</p>	<p>Inventato da Hans Geiger e Walther Müller nel 1908, il tubo Geiger–Müller è un tubo a gas a bassa pressione usato come rivelatore di radiazioni ionizzanti. In pratica si tratta di un tubo in cui vi è gas a bassa pressione (circa 1/10 della pressione atmosferica). Nella parte centrale del tubo vi è un filo che funge da elettrodo, un secondo elettrodo è collegato al tubo. Fra i due elettrodi viene applicata una differenza di potenziale dell'ordine di un migliaio di Volt. Quando un atomo di gas presente all'interno viene colpito da una radiazione ionizzante, si ionizza producendo uno ione positivo e un elettrone. Quest'ultimo accelerato dalla differenza di potenziale si scontra con altri atomi generando altri ioni in un effetto valanga che rende conduttore il tubo per un breve istante. Questi eventi vengono contati nell'unità di tempo e si ha un'idea della radioattività che investe il tubo.</p>
<p>Generatore di funzioni</p>	<p>Si tratta di un generatore di segnale impiegato in tutti i laboratori di elettronica adatto a generare svariati tipi di forme d'onda, come sinusoidi, onde triangolari, onde quadre, denti di sega e altre ancora. Ne esistono alcuni programmabili, in modo da produrre forme d'onda particolari. In genere hanno un range di frequenza che parte da frazioni di Hertz per arrivare ad alcuni MHz. I modelli più recenti sintetizzano il segnale da produrre in uscita partendo da campioni memorizzati o costruendo il segnale con algoritmi.</p>
<p>Getter</p>	<p>Si tratta di un dispositivo atto a migliorare ed affinare il vuoto all'interno di una valvola assorbendo i gas intrappolati nel metallo degli elettrodi della stessa.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Caratteristiche costruttive Getter</b></p>
	<p>E' un elettrodo che prende il nome dalla sua forma, a griglia. E' normalmente costituito da due montanti, spesso in rame su cui è avvolta una spirale conduttiva. E' deputato a diverse funzioni e deve la sua forma al fatto che deve essere attraversato senza opporre una barriera meccanica, dagli elettroni in transito fra catodo e anodo.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Caratteristiche costruttive Griglia</b></p>
<p>Griglia</p>	
<p>Guadagno (di un amplificatore)</p>	<p>Vedi Amplificazione</p>

<p>Guglielmo Marconi</p>	<p>Uno dei personaggi che ha fatto la storia della radio assieme a Nikola Tesla. Ha dato un grande contributo nello sviluppo della valvola termoionica nell'ambito della trasmissione e ricezione delle onde radio dove venne usata prima come amplificatore-rivelatore, poi come oscillatore e amplificatore in trasmissione.</p>
--------------------------	--

A	B	C	D	E	F	G	H	IJK	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	WXY	Z
---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---

## Glossario Termini e Riferimenti, lettera dalla "H" alla "Z"



Nota: La parola Glossario ha origine dal termine latino tardo glossarium che a sua volta deriva dal greco antico glossa.

Indicava una nota esplicitiva apposta a fianco di un termine di difficile comprensione.

Attenzione: su molte foto è presente un link che cliccandole vi porta alla trattazione specifica dell'argomento, ove esistente.

Questo Glossario non ha la presunzione di essere comprensivo di tutti i termini che a diritto ci dovrebbero essere.

Tuttavia facciamo del nostro meglio e lo implementiamo costantemente.

<a href="#">A</a>	<a href="#">B</a>	<a href="#">C</a>	<a href="#">D</a>	<a href="#">E</a>	<a href="#">F</a>	<a href="#">G</a>	<a href="#">H</a>	<a href="#">IJK</a>	<a href="#">L</a>	<a href="#">M</a>	<a href="#">N</a>	<a href="#">O</a>	<a href="#">P</a>	<a href="#">Q</a>	<a href="#">R</a>	<a href="#">S</a>	<a href="#">T</a>	<a href="#">U</a>	<a href="#">V</a>	<a href="#">WXY</a>	<a href="#">Z</a>
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------	-------------------

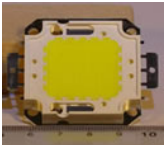
### H





Henry (H)	<p>Unità di misura della induttanza di una bobina.</p> <p>L'unità di misura dell'induttanza è detta Henry: <math>1 \text{ H} = 1 \text{ Wb} / 1 \text{ A}</math>, in onore di Joseph Henry.</p> <p>(Wb=weber)</p> <p>In un induttore di 1 Henry, quindi, una variazione di corrente di 1 ampere al secondo genera una forza elettromotrice di 1 volt.</p>
Hertz	<p>Unità di misura della frequenza pari al numero di cicli al secondo che compie una tensione alternata.</p> <p>Molto usati i suoi multipli, KHz,MHz,GHz corrispondenti a <math>10^3, 10^6, 10^9</math> cicli al secondo.</p>
Hi-end	<p>Attrezzature per alta fedeltà dalla qualità estrema, paragonabili alle realizzazioni su standard militari.</p> <p>Sul finire degli anni ottanta fecero la loro comparsa sul mercato macchine (termine usato in campo professionale) il cui progetto, ingegnerizzazione e prestazioni, era allo "stato dell'arte"; nasceva l'Hi-end (in inglese High End), una nuova fascia di mercato in cui si pongono tuttora le apparecchiature audio realizzate senza limiti di costo ed avendo come unico obiettivo quello di ottenere le massime prestazioni utilizzando quanto di meglio offre la tecnologia del momento.</p> <p>Si tratta in definitiva della fascia alta dell'alta fedeltà, attrezzature appannaggio di pochi disposti a spendere una fortuna per avere il meglio.</p>
Hi-fi	<p>Alta fedeltà detto anche Hi-Fi (dall'inglese High Fidelity) è un termine generico che indica prodotti audio e video di qualità superiore.</p> <p>Per qualità superiore si intende una banda passante che si estende da 20Hz a 20KHz e una distorsione ridotta in modo da riprodurre il suono nel modo più realistico possibile.</p> <p>La nascita del termine si fa risalire al 1936, anno in cui la RCA, detentrica del brevetto sul tetrodo a fascio, realizzò una valvola che, nelle sue innumerevoli varianti, finì per equipaggiare una infinità di apparati audio dagli anni trenta fino ai giorni nostri: la 6L6.</p> <p>Apparvero immediatamente una serie di amplificatori di potenza elevata ed alta qualità, al punto che lo slogan dell'Olympia Radio Show di quell'anno fu "This Is The Year of High-Fidelity".</p> <p>Il termine iniziò ad essere utilizzato dagli appassionati di musica per indicare delle apparecchiature per la riproduzione del suono dotate di qualità superiore alla media. Si è particolarmente diffuso con l'avvento della stereofonia, che per le sue caratteristiche, garantiva una qualità di ascolto superiore ma imponeva necessariamente una maggiore qualità delle apparecchiature di riproduzione.</p>

Impedenza	<p>La resistenza opposta al flusso della corrente in alternata.</p> <p>L'impedenza, in elettrotecnica, è una grandezza fisica che rappresenta l'ostacolo di un circuito al passaggio di una corrente elettrica alternata, o, più in generale, di una corrente variabile.</p> <p>È esprimibile come numero complesso ed è data dal rapporto tra tensione e corrente.</p> <p>Comunemente l'impedenza è indicata con Z e la sua unità di misura è l'ohm.</p>
Induttanza	<p>La proprietà di un circuito elettrico di opporsi alle variazioni della corrente che lo attraversa.</p> <p>Componente atto a svolgere la funzione detta nella frase precedente.</p> <p>L'induttore percorso da una corrente immagazzina energia magnetica in funzione della sua induttanza.</p> <p>L'induttanza si misura in Henry.</p>
Joule (legge di)	<p>Unità di misura del lavoro uguale ad un Watt per un Secondo.</p> <p>Oppure <math>W=R \cdot I^2 \cdot t</math>.</p> <p>Facendo un po' di conti <math>1kWh=1000 \cdot 3600=3.600.000</math> Joule.</p>
Kirchhoff (leggi di)	<p>Legge sui nodi: In un qualunque nodo la somma delle correnti entranti è uguale alla somma delle correnti uscenti (dando segno positivo alle correnti entranti e segno negativo a quelle uscenti).</p> <p>Legge sulle maglie: in qualunque maglia la somma algebrica delle f.e.m. è uguale alla somma algebrica delle cadute di tensione.</p>

**L**

LED	Vedi Diodo Led
 <p>LED COB</p>	<p>Led COB (chips on board).</p> <p>Si tratta di una matrice di led collegati in serie-parallelo e posti su un supporto che permette l'asportazione del calore a mezzo di alette di raffreddamento.</p> <p>Si tratta di dispositivi che possono arrivare anche a potenze ragguardevoli dell'ordine del centinaio di watt e vengono comunemente usati in faretti e lampade di alta potenza per illuminazione.</p>

**M**

 <p>Massa (Ground)</p>	<p>Punto di un circuito a potenziale zero o potenziale di riferimento (a sinistra uno dei simboli circuitali che identificano la massa).</p> <p>Può corrispondere al telaio metallico su cui è fissato il circuito e talvolta altresì impiegato come gabbia di faraday.</p> <p>Nei migliori amplificatori ciò non avviene, ma si preferisce avere un punto di massa comune il più possibile piccolo in cui confluiscono tutti i collegamenti di massa del circuito elettronico, allo scopo di non creare interferenze fra i vari circuiti.</p>
<p>Microfono</p>	<p>Trasduttore in grado di trasformare un segnale acustico in segnale elettrico.</p> <p>E' composto in genere da una membrana che viene messa in movimento dalle onde sonore, solidale ad un dispositivo adatto a trasformarne l'energia meccanica in segnale elettrico.</p> <p>I più utilizzati sono quelli a condensatore (in cui la membrana costituisce una delle armature), elettrodinamici, in cui la membrana è solidale ad una bobina che si muove in un campo magnetico uniforme e a nastro, in cui un nastro di metallo molto sottile funge da membrana e si muove in un campo magnetico uniforme producendo ai suoi capi un segnale elettrico.</p>
<p>Midrange</p>	<p>Altoparlante che riproduce la gamma di frequenze intermedia fra quella del woofer e quella del tweeter.</p> <p>Normalmente da 400Hz a 4KHz.</p> <p>Si trova in genere nelle casse a tre vie (bassi, medi, alti) in combinazione con un woofer e un twitter.</p>
<p>Millman (teorema di)</p>	<p>Il Teorema di Millman è applicabile a tutte le reti elettriche, in corrente continua od alternata, purché siano reti binodali, vale a dire reti costituite da n rami tutti derivati da 2 nodi.</p> <p>La sua formulazione deriva da un caso particolare del metodo di risoluzione di reti elettriche conosciuto come potenziale ai nodi.</p> <p>Il teorema afferma che la tensione ai capi del bipolo della rete è data dal rapporto tra la somma algebrica delle correnti di corto circuito dei singoli rami e la somma delle conduttanze sempre di ogni ramo.</p>
 <p>Multimetro Analogico</p>	<p>Strumento atto alla misura di tensioni, correnti sia continue che alternate e di resistenze.</p> <p>La variante più antica di detto strumento, quella analogica, ha come elemento fondamentale un microamperometro, ovvero uno strumento atto alla misurazione di correnti molto deboli (quindi molto sensibile) che funziona in base all'interazione fra un campo magnetico fisso (magnete permanente) e uno mobile (bobina).</p> <p>La lettura viene effettuata valutando lo spostamento di una lancetta su un quadrante su cui sono riportate le varie scale di misura.</p> <p>La selezione della scala di misura si ha innestando il terminale del puntale sulla boccia relativa alla scala che si vuole usare.</p>



Multimetro  
Digitale

Strumento atto principalmente alla misura di tensioni, correnti sia continue che alternate e di resistenze.

La variante più moderna di detto strumento, quella digitale, ha come elemento fondamentale un convertitore analogico-digitale che si occupa di convertire il segnale da misurare in un valore numerico rappresentabile su un display apposito.

La selezione della scala di misura viene.

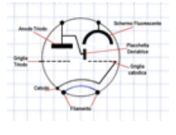

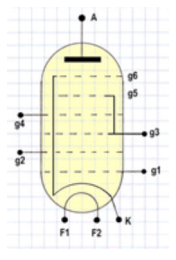
nella quasi totalità dei casi, ruotando un commutatore posto in posizione centrale sullo strumento stesso.

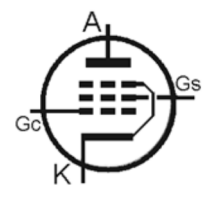
Questo strumento può essere in grado di fare altri tipi di misure, come di induttanze, capacità, continuità elettrica, prova diodi e transistor, frequenza.

**N**

Norton (Teorema di)	Il teorema di Norton si applica alle reti elettriche e afferma che una rete elettrica composta da generatori di tensione, corrente e resistori con due terminali di uscita è equivalente a un generatore reale di corrente in parallelo con una resistenza.
NOS	Acronimo di "New Old Stock" identifica valvole nuove ma prodotte molti anni fa all'epoca del massimo sviluppo delle valvole, stoccate ma mai usate. C'è chi le preferisce a quelle nuove.
Noval	Tipo di piedinatura per valvola termoionica composta da nove pin molto frequente nelle valvole miniatura e in quelle con l'involucro di vetro.


**O**

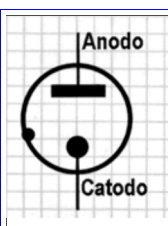

	<p>Valvola usata come display indicatore di sintonia nelle radio.</p>
<p>Occhio Magico</p>	<p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p>
<p>Octal</p>	<p>Valvola con zoccolo a 8 pin tipicamente fatto in plastica o bakelite.</p>
<p>Ohm (unità di misura) simbolo <math>\Omega</math></p>	<p>L'Ohm è l'unità di misura della resistenza nel sistema internazionale. Applicando un Volt ad una resistenza di un Ohm passa una corrente di un Ampere. L'ohm (<math>\Omega</math>) è anche l'unità di misura della reattanza e dell'impedenza.</p>
<p>Ohm (Legge di)</p>	<p>La legge di Ohm esprime una relazione tra la differenza di potenziale V (in Volt) ai capi di un conduttore elettrico e la corrente elettrica I (in Ampere) che lo attraversa. Gli elementi elettrici ai quali la legge si applica sono detti resistori (o resistenze) ideali o ohmici. Si noti che la legge di Ohm esprime unicamente la relazione di linearità fra la corrente elettrica I e la differenza di potenziale V applicata. La legge deve il proprio nome a quello del fisico tedesco Georg Simon Ohm.</p>
<p>Oscillatore</p>	<p>In elettronica un oscillatore è un circuito elettronico che genera forme d'onda di frequenza, forma e ampiezza di molteplici tipi senza un segnale di ingresso. Alcuni sono progettati per poterne generare di frequenza, forma e ampiezza variabile tramite sistemi di controllo quali tensioni o potenziometri. L'utilizzo dell'oscillatore va dalla trasmissione radio al test dei circuiti amplificatori. Per l'uso in laboratorio vedere anche il generatore di funzioni.</p>
 <p>Oscilloscopio</p>	<p>Strumento atto alla visualizzazione di forme d'onda e alla loro misura sia di tensione che di frequenza. Esiste in due varianti: analogico (i più vecchi e tradizionali) e digitale (più moderni). E' uno strumento fondamentale per la progettazione e la verifica del funzionamento di circuiti elettronici.</p>
<p>Ottava</p>	<p>Frequenza che corrisponde al doppio di una frequenza base. Per esempio la nota di un'ottava superiore di 100Hz è 200Hz.</p>
	<p>Valvola Ottodo, ovvero con otto elettrodi di cui sei griglie.</p>
<p>Ottodo</p>	<p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p>

 <p>Pentodo Termoionico</p>	<p>Valvola termoionica con cinque elettrodi. Nell'ordine, il catodo, la griglia di controllo, la griglia schermo e la griglia di soppressione, poi l'anodo.</p> <p>Il pentodo è, essenzialmente, un tetrodo con una griglia in più, la griglia di soppressione; questa ha lo scopo di ridurre l'emissione secondaria e la conseguente distorsione presente nel tetrodo.</p> <p>La terza griglia viene normalmente collegata al catodo, in genere con un collegamento interno alla valvola, che quindi spesso ha lo stesso numero di piedini del tetrodo.</p> <p>Il pentodo è un vero e proprio punto d'arrivo nello sviluppo della valvola: alta amplificazione, larga banda, bassa distorsione, buona linearità.</p> <p>Il principale difetto del pentodo è un maggiore livello di rumore introdotto nel segnale in uscita, dovuto all'emissione secondaria che decurta in modo completamente imprevedibile e discontinuo la corrente anodica, che lo rende inadatto per i primi stadi di preamplificazione, o comunque dove è necessario amplificare segnali di basso livello.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p>
<p>Placca</p>	<p>Altro nome dell'anodo elettrodo positivo in genere e in particolare anche nelle valvole termoioniche. Vedi= Anodo.</p>
<p>Plasma di Gas</p>	<p>Quarto stato della materia, gas fortemente ionizzato ad altissima temperatura. Di solito viene prodotto con una scarica elettrica nel gas.</p>
<p>Preamplificatore</p>	<p>Circuito atto a condizionare il segnale in modo da renderlo adatto ad essere mandato all'ingresso di un dispositivo successivo, come ad esempio un amplificatore finale di potenza.</p> <p>Il preamplificatore può operare sul livello, sull'impedenza o sull'equalizzazione (RIAA) del segnale che viene mandato al suo ingresso.</p> <p>Nel caso del preamplificatore audio si tratta di un dispositivo elettronico attivo atto ad incrementare l'ampiezza di un segnale audio applicato al suo ingresso.</p> <p>Quindi un apparato atto ad amplificare una tensione la cui frequenza rientra nell'insieme delle frequenze audio, senza introdurre apprezzabile distorsione.</p>
<p>PSRR</p>	<p>"Power Source Rejection Ratio" o reiezione dei disturbi di alimentazione. E' l'attenuazione, espressa in dB, del ripple presente sull'alimentazione da parte di un amplificatore.</p> <p>In genere il ripple in uscita dall'amplificatore è piuttosto basso per quello che riguarda gli amplificatori controfase (push-pull) mentre è piuttosto alto (in relazione al ripple residuo presente sull'alimentazione) per quello che riguarda gli amplificatori single-ended.</p> <p>Questo è dovuto al fatto che il segnale di ripple presente su tutti e due i rami di un amplificatore push-pull si elide sul trasformatore adattatore di impedenza, cosa che non accade nel single-ended.</p>
<p>Push-Pull (amplificatore)</p>	<p>Vedi= Controfase (amplificatore).</p>

**Q**




<p>Q (Fattore di Merito)</p>	<p>In un circuito risonante serie rapporto fra la tensione presente ai capi dell'induttanza e quella applicata ai capi del circuito alla frequenza di risonanza.</p>
<p><b>R</b></p>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">  <p style="text-align: center;">RCA (connettore)</p> </div>	<p>Si tratta di un tipo di connettore utilizzato prevalentemente in campo audio. Il nome "RCA" deriva dalla Radio Corporation of America, che progettò questo tipo di connettore negli anni quaranta.</p> <p>Nell'immagine a sinistra quattro connettori RCA femmina presenti su una piastra di registrazione, da notare il diverso colore utilizzato per distinguere il canale destro da quello sinistro tipico degli impianti stereo.</p> <div style="background-color: #d9ead3; padding: 5px; border: 1px solid black; margin-top: 10px;"> <p><b>AV</b> ---&gt; <b>Pagine consigliate: Connettori</b></p> </div>
<p>Reattanza Capacitiva</p> $X_c = \frac{1}{2\pi f c}$	<p>Normalmente indicata <math>X_c</math> è la resistenza che il condensatore oppone all'attraversamento della componente alternata.</p> <p>Si calcola con questa formula: <math>X_c = 1/(2*\pi*f*c)</math> dove <math>\pi</math> è pigreco, <math>f</math> la frequenza in hertz e <math>c</math> la capacità in Farad.</p>

<p>Reattanza Induttiva</p> <p><math>XL = 2 \pi fL</math></p>	<p>Normalmente indicata XL è la resistenza che l'induttore (o induttanza o bobina) oppone all'attraversamento della componente alternata.</p> <p>Si calcola con questa formula: <math>XL=2*\pi*f*L</math> dove pi è pigreco, f la frequenza in hertz e L l'induttanza in Henry.</p>
 <p>Regolatore di Tensione (VR)</p>	<p>Tubo VR (Voltage Regulator Tube) o tubo regolatore di tensione.</p> <p>E' un componente che genera ai suoi capi una tensione di riferimento, usata poi negli alimentatori stabilizzati.</p> <p>Il pallino nero presente sul bordo del simbolo o all'interno sta a significare la presenza di gas, quindi non si tratta di un tubo a vuoto ma di un tubo a scarica nel gas.</p> <p>Questo genere di tubo ha il catodo freddo quindi NON è una valvola termoionica. Normalmente per l'innesco del funzionamento è richiesta una tensione di un 20% maggiore di quella nominale del dispositivo.</p> <p> ---&gt; <b>Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p>
<p>Reiezione dei disturbi di alimentazione</p>	<p>Vedi PSRR</p>
<p>Reoforo</p>	<p>È chiamato reoforo il filo conduttore terminale dei componenti elettronici. In pratica il terminale di un componente che lo collega al mondo esterno.</p>
<p>Rete di Zobel</p>	<p>Il nome di questa rete di compensazione (rete ad impedenza costante) deriva dal suo inventore Otto Julius Zobel, un ingegnere elettrico che lavorò per la AT&amp;T, i Bell Labs e La Western Electric nel secolo scorso.</p> <p>Si tratta di una rete composta da un condensatore in serie con una resistenza che ha lo scopo di linearizzare l'impedenza di un altoparlante annullando l'effetto della componente induttiva dovuta alla bobina mobile dello stesso.</p> <p>In una cassa acustica a più vie ha senso per quegli altoparlanti che lavorano su frequenze elevate come i twitter, mentre sugli altri non ha senso perché non sono soggetti alle frequenze alte perché già filtrati dal filtro crossover.</p>
<p>RIAA (equalizzazione)</p>	<p>Si tratta di una elaborazione a cui occorre sottoporre il segnale dei giradischi analogici per riportare il segnale allo stato originario ed annullare una equalizzazione esattamente reciproca introdotta in fase di registrazione del suono. Praticamente l'equalizzazione RIAA annulla l'equalizzazione introdotta in fase di registrazione.</p> <p>Normalmente questo compito viene svolto dalla circuiteria dell'ingresso phono del preamplificatore.</p>

Ripple	<p>È una tensione alternata indesiderata che si trova all'uscita di un alimentatore (AC-DC) sovrapposta alla tensione continua ed è uno dei parametri che caratterizzano la qualità di un alimentatore, la sua misura si può effettuare con l'oscilloscopio accoppiando l'ingresso in AC.</p> <p>Si tratta principalmente del rimanente residuo della componente alternata della rete elettrica, rettificata dai diodi e livellata dal filtro e dal regolatore di tensione (se presente).</p> <p>A questa piccola componente oscillatoria spuria, possono aggiungersi disturbi indotti dal carico o dovuti al funzionamento interno dell'alimentatore (come il rumore di commutazione nel caso degli alimentatori switching), generalmente il suo valore tende ad aumentare in proporzione alla corrente erogata.</p>
RMS (tensione)	<p>RMS = root-mean-squared o Valore efficace di una forma d'onda: si tratta del valore che avrebbe un segnale costante di pari tensione media.</p> <p>In altre parole applicando la nostra tensione di forma qualsiasi ad un carico ohmico ci sarebbe una produzione di calore uguale a quello che produrrebbe una tensione continua che corrisponde al valore efficace di quella misurata.</p> <p>Nel caso di una forma d'onda sinusoidale il valore efficace si ottiene dividendo il valore massimo per radice di due (1, 41421356237).</p> <p>Questo valore si calcola determinando l'integrale definito della forma d'onda e rapportandolo con l'area che avrebbe un rettangolo la cui altezza è pari al valore massimo e la cui base è pari al tempo in cui viene presa in esame la forma d'onda.</p> <p>Molti strumenti di poco costo per calcolare il valore efficace misurano il valore massimo e poi ricavano quello efficace partendo dal presupposto che si misuri una sinusoide pura.</p>

**S**

Single Ended	<p>Un amplificatore o un circuito che usa un solo dispositivo (o più dispositivi in parallelo) per amplificare tutto il segnale in uscita. E' necessario che detto dispositivo operi in classe "A".</p>
 <p>Stagno da saldatura (o meglio brasatura dolce)</p>	<p>Tradizionalmente si trattava di un filo di lega di piombo e stagno (in genere 60/40) in rapporto con all'interno una speciale pasta disossidante (flussante). Dopo il 2006 ad effetto della direttiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive - Direttiva sulla restrizione d'uso di alcune sostanze considerate dannose per la salute) non è più possibile in tale lega usare il piombo, motivo per cui ora la lega utilizzata contiene stagno-rame 99,3/0,7, stagno-argento 96/4 ma anche 2.5% argento/0.7% rame/95.8% stagno. Si tratta in ogni caso di una lega con una bassa temperatura di fusione. Serve come materiale di apporto nella saldatura (o meglio brasatura dolce) del rame, universalmente utilizzato nei circuiti elettronici. Tende con il tempo ad ossidare e per questo in qualche caso (nei circuiti stampati) viene ricoperto con della vernice protettiva.</p>
Stereo (amplificatore stereofonico)	<p>Amplificatore che usa la tecnica della stereofonia, costituito da due amplificatori separati (a volte nello stesso contenitore a volte dual-mono) che pilotano due casse e forniscono due flussi informativi diversi alle due orecchie.</p>
Stereofonia	<p>La stereofonia è una tecnica di riproduzione del suono che si basa sull'attitudine dell'udito umano a distinguere la provenienza dei suoni. Grazie alla presenza di due sistemi auditivi paralleli (due padiglioni auricolari, due timpani e due emisferi cerebrali) possiamo capire quale è la provenienza di un suono o di un rumore, attitudine molto importante sul piano dell'adattamento all'ambiente. Ecco perché l'ascolto della musica dal vivo comporta un senso di pienezza spaziale, proprio perché abbiamo completa rivelazione della posizione relativa di ogni singolo strumento musicale. Fino agli anni 50 circa del secolo scorso questa sensazione svaniva allorquando si ascoltava musica riprodotta (ad esempio dalla radio o da un juke box) poiché la fonte del suono riprodotto era un unico altoparlante (monofonia, ascolto monoaurale). La stereofonia ha quindi la finalità di restituire spazialità al suono. Nella stereofonia il suono viene riprodotto (normalmente) da due diffusori acustici che permettono di ricostruire la scena sonora e le posizioni relative delle varie fonti.</p>
Subwoofer	<p>Altoparlante preposto alla riproduzione della gamma bassissima delle frequenze audio, in genere si tratta di un woofer con la possibilità di una grande escursione della membrana per muovere un volume di aria consistente. Con questo termine si identifica anche il diffusore acustico preposto a riprodurre frequenze bassissime. In virtù della scarsa direttività delle frequenze molto basse in genere anche negli impianti stereo si utilizza un unico subwoofer, il più delle volte pilotato da un amplificatore dedicato e presente nel cabinet, preceduto da un filtro che elimina tutte le frequenze alte che non devono essere riprodotte.</p>



Swan,  
Joseph  
Wilson

Joseph Wilson Swan (Bishopwearmouth, 31 ottobre 1828 – Warlingham, 27 maggio 1914) chimico, medico e inventore inglese iniziò a lavorare sulla lampada ad incandescenza nel 1850, nel 1860 dimostrò che poteva funzionare, nel 1878 brevettò la lampada ad incandescenza con filamento di carbonio.

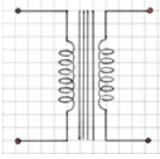

**AV** --->**Pagine consigliate: Cenni Storici**

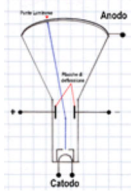


**T**

<p>Tensione o differenza di potenziale elettrico</p>	<p>In fisica è definita come la differenza tra il potenziale elettrico di due punti dello spazio.</p> <p>La differenza di potenziale elettrico si misura con un voltmetro, in genere integrato in un multimetro elettrico o tester.</p> <p>Nell'ambito del sistema internazionale di unità di misura, l'unità di misura della differenza di potenziale elettrico è il volt (V).</p> <p>Talora la differenza di potenziale elettrico viene indicata impropriamente con il termine voltaggio.</p>
<p>Terra (messa a terra)</p>	<p>Per messa a terra si intende collegato alla presa di terra, presa che fa capo ad un palo metallico conficcato nel terreno.</p> <p>In questo modo la massa di un circuito elettrico/elettronico è mantenuta allo stesso potenziale della Terra, considerata il potenziale zero assoluto di riferimento.</p>
<p>Tester</p>	<p>Vedi "Multimetro Digitale" e "Multimetro Analogico"</p>
<div data-bbox="161 943 411 1144" data-label="Diagram"> </div> <p>Tetrodo Termoionico</p>	<p>Il tetrodo termoionico è una valvola che ha quattro elettrodi, uno in più del triodo.</p> <p>E' l'evoluzione del triodo mirata alla amplificazione di segnali in alta frequenza, venne costruito nel 1927.</p> <p>Ponendo una seconda griglia ,la griglia schermo, tra la griglia controllo e l'anodo, si ottiene uno schermo elettrostatico che diminuisce la capacità tra anodo e griglia controllo.</p> <p>La griglia schermo va collegata ad una tensione derivata dall'anodica mediante un partitore di resistenze.</p> <p>In questo modo il tetrodo permette anche amplificazioni a radiofrequenza, ma introduce nel segnale una certa distorsione per il fenomeno della emissione secondaria, cioè l'emissione dall'anodo di elettroni estratti dall'impatto di quelli, accelerati anche dal potenziale della griglia schermo, provenienti dal catodo.</p> <div data-bbox="424 1346 1417 1406" data-label="Text"> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p> </div>
<div data-bbox="161 1429 411 1608" data-label="Diagram"> </div> <p>Tetrodo Termoionico a fascio</p>	<p>Il tetrodo termoionico a fascio è una valvola diretta evoluzione del tetrodo e concorrente del pentodo.</p> <p>Implementa una griglia di soppressione virtuale costituita da una carica spaziale generata da una concentrazione di elettroni nello spazio antistante l'anodo che ha la stessa funzione della griglia di soppressione del pentodo.</p> <div data-bbox="424 1659 1417 1720" data-label="Text"> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p> </div>
<p>Thévenin (teorema di)</p>	<p>Il teorema di Thévenin per le reti elettriche afferma che qualunque circuito lineare, di qualunque complessità, visto da due punti, è equivalente ad un generatore ideale di tensione in serie con un resistore.</p> <p>L'equivalenza vale per quello che accade all'esterno della rete e non per quello che succede all'interno di essa.</p>



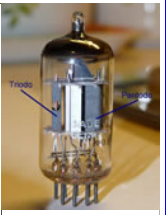


<p>Thiele e Small (parametri di)</p>	<p>I parametri di Thiele &amp; Small descrivono in modo pratico come un altoparlante reagisce e si comporta. Sono stati studiati e introdotti da A. N. Thiele, membro dell'Australian Broadcasting Commission, e Richard H. Small dell'università di Sydney. Sono i più utilizzati dai costruttori, che infatti forniscono generalmente i loro altoparlanti accompagnati da un datasheet con questi parametri, per facilitare il lavoro di chi dovrà progettare i diffusori acustici e li dovrà utilizzare.</p>
<div data-bbox="204 566 365 763" data-label="Image"> </div> <p>Thomson, Joseph John</p>	<p>Joseph John Thomson (Cheetham, 18 dicembre 1856 – Cambridge, 30 agosto 1940) Nobel per la fisica nel 1906, fisico britannico, è noto per aver scoperto la particella di carica negativa: l'elettrone. Joseph John Thomson fisico confermò nel 1897, che si può far scorrere corrente tra due elettrodi posti a distanza nel vuoto (o nei gas) quando uno dei due viene riscaldato, un suo allievo diede a questo fenomeno il nome di “emissione termoionica”.</p> <div data-bbox="427 835 1420 898" data-label="Text" style="background-color: #e0ffe0; border: 1px solid #000; padding: 2px;"> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Cenni Storici</b></p> </div>
<p>Traferro</p>	<p>Nei testi in inglese "air gap". E' una interruzione nel nucleo magnetico di un trasformatore, usato negli amplificatori finali single-ended per prevenire la saturazione del nucleo introducendo una resistenza ulteriore al passaggio del flusso magnetico.</p>
<p>Transconduttanza (Gm)</p> $g_m = \frac{\Delta I_{out}}{\Delta V_{in}}$	<p>Rapporto fra la variazione di tensione in ingresso e la variazione di corrente in uscita. Si misura in siemens. Non si tratta di una costante, quindi varia in funzione del punto di misura, nell'ambito delle caratteristiche anodiche delle valvole.</p>

<p>Transistor Bipolare (bjt)</p>	<p>In elettronica, il transistor a giunzione bipolare (abbreviazione comunemente utilizzata: BJT, dall'inglese bipolar junction transistor) è una tipologia di transistor largamente usata nel campo dell'elettronica analogica principalmente come amplificatore di corrente e interruttore. Esso è composto da tre strati di materiale semiconduttore drogato, solitamente silicio, in cui lo strato centrale ha drogaggio opposto agli altri due, in modo da formare una doppia giunzione p-n.</p> <p>Ad ogni strato è associato un terminale: quello centrale prende il nome di base, quelli esterni sono detti collettore ed emettitore.</p> <p>Il principio di funzionamento si fonda sulla possibilità di controllare la conduttività elettrica del dispositivo, e quindi la corrente elettrica che lo attraversa, mediante l'applicazione di una corrente tra i suoi terminali.</p> <p>Quindi a tutti gli effetti è un amplificatore di corrente, quindi con una piccola corrente sulla base è possibile controllare una corrente molto più alta (in funzione dell'amplificazione propria del dispositivo) sul collettore.</p> <p>Costituisce la famiglia più diffusa in elettronica insieme al transistor ad effetto di campo (mosfet, jfet) rispetto a cui è in grado di offrire una maggiore corrente in uscita con lo svantaggio tuttavia di non avere il terminale di controllo isolato (base nel bjt e gate nel transistor a effetto di campo). Il transistor a giunzione bipolare può essere usato classicamente in tre configurazioni diverse dette a base comune, a collettore comune o a emettitore comune: questi termini si riferiscono al terminale privo di segnale (di solito perché collegato al potenziale di riferimento, direttamente o tramite un condensatore di bypass).</p>
 <p>Trasformatore</p>	<p>Il trasformatore è uno dei componenti fondamentali dell'elettrotecnica. La sua funzione è trasformare la potenza elettrica in corrente alternata, modificando i valori di tensione e di corrente con cui questa potenza elettrica viene resa disponibile all'utilizzatore.</p> <p>L'avvolgimento al quale viene fornita energia viene detto primario, mentre quello dalla quale l'energia è prelevata è detto secondario.</p>
<p>Trasformatore di Uscita</p>	<p>Trasformatore adattatore di impedenza, collega alla valvola il carico a bassa impedenza delle casse.</p> <p>Possono essere realizzati con un primario solo, con o senza traferro, per amplificatori single-ended o con doppio primario a presa centrale e due eventuali prese intermedie sul primario (per le griglie schermo in configurazione ultralineare).</p>
<p>Trasformatore Variabile</p>	<p>Vedi Variac</p>
	<p>Valvola in genere usata come amplificatore, composta da tre elettrodi, l'anodo, il catodo e la griglia di controllo.</p> <p>Variando il potenziale (negativo in genere rispetto al catodo) della griglia è possibile controllare il flusso di elettroni da catodo ad anodo, quindi la conduzione della valvola.</p>
<p>Triodo Termoionico</p>	<p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia Valvole Termoioniche</b></p>

 <p>Tubo a Raggi Catodici</p>	<p>Il tubo a raggi catodici o CRT (cathode ray tube) è una valvola termoionica a vuoto spinto utilizzata come display per visualizzare un'immagine su uno schermo ricoperto di fosfori.</p> <p>E' impiegato principalmente nelle televisioni (cinescopio) ambito in cui è ora soppiantato da altri tipi di schermo, ad esempio l'LCD.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Cinescopio</b></p>
 <p>Tubo a vuoto</p>	<p>Altro nome delle valvole termoioniche dette anche tubi a vuoto (dall'inglese vacuum tube), o anche tubo termoionico a vuoto spinto che è la dizione più precisa perché specifica anche il tipo di emissione.</p> <p>In questo sito/libro si usano di volta in volta tutte le possibili denominazioni.</p>
 <p>Tweeter</p>	<p>Altoparlante che riproduce la gamma alta delle frequenze audio, normalmente di piccole dimensioni rispetto al woofer e al midrange.</p> <p>E' sempre presente nelle casse acustiche ad eccezione di quelle che impiegano un unico altoparlante a larga banda.</p> <p>Negli impianti stereo considerata la direttività delle frequenze alte e la loro importanza per la ricostruzione dell'immagine sonora, se ne usano sempre almeno due, uno per ogni cassa.</p> <p><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Altoparlanti</b></p>

U

V

Vacuum Tube	Vedi Valvola termoionica
 <p data-bbox="164 450 256 483">Valvola</p>	<p data-bbox="359 241 1417 315">Valvola, termine generico per Valvola Termoionica, detta anche Tubo termoionico a vuoto spinto (Vacuum Tube).</p> <p data-bbox="359 322 1417 396">Dispositivo elettronico caratterizzato dal passaggio di elettroni dal catodo (riscaldato) all'anodo attraverso il vuoto spinto.</p> <p data-bbox="359 421 1417 454"><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Tipologia delle valvole termoioniche</b></p>
Volt	<p data-bbox="359 510 1417 584">Il volt (simbolo: V) è l'unità di misura del potenziale elettrico e della differenza di potenziale elettrico nel Sistema Internazionale.</p> <p data-bbox="359 591 1417 665">L'etimologia del nome deriva da Alessandro Volta, che nel 1799 inventò la pila voltaica, la prima batteria elettrochimica.</p> <p data-bbox="359 672 1417 781">Negli anni 1880, l'International Electrical Congress (Congresso Elettrico Internazionale), ora International Electrotechnical Commission (IEC), approvò il volt come unità di misura della forza elettromotrice.</p>
 <p data-bbox="164 1111 256 1144">Variac</p>	<p data-bbox="359 810 1417 884">La vera denominazione di questo strumento è trasformatore variabile, si ricorda che la denominazione VARIAC è un marchio registrato da General Radio.</p> <p data-bbox="359 891 1417 1126">Sono autotrasformatori in cui la presa intermedia è un contatto strisciante sull'avvolgimento primario mosso da un sistema meccanico o elettrico: questi apparecchi possono fornire in uscita una tensione regolabile praticamente con continuità tra zero e il valore massimo (che può essere anche maggiore della tensione di pilotaggio) e a differenza di dispositivi come il dimmer che lavora sul valor medio della tensione parzializzando l'onda, questo dispositivo non emette disturbi.</p> <p data-bbox="359 1133 1417 1207">Come tutti gli autotrasformatori non vi è isolamento galvanico fra primario e secondario quindi attenzione mentre lo utilizzate.</p> <p data-bbox="359 1232 1417 1265"><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Variac</b></p>
<b>WXY</b>	
Watt (W)	<p data-bbox="359 1361 1417 1435">Unità di misura della potenza elettrica nel sistema internazionale. 1Watt=1Joule/1Secondo.</p>
Weber (Wb)	<p data-bbox="359 1462 1417 1536">Il weber (simbolo Wb) è l'unità di misura del flusso magnetico del Sistema Internazionale.</p> <p data-bbox="359 1543 1417 1653">In particolare, un weber è pari al flusso magnetico che attraverso una spira produce una forza elettromotrice pari ad 1 volt quando si riduce uniformemente a zero in 1 secondo.</p>
 <p data-bbox="212 1935 304 1968">Woofer</p>	<p data-bbox="359 1686 1417 1760">Altoparlante che riproduce la gamma bassa delle frequenze audio, normalmente di grandi dimensioni deve muovere grandi volumi di aria.</p> <p data-bbox="359 1767 1417 1910">Nelle casse acustiche a due vie per motivi di estensione di frequenza in genere si monta un woofer di dimensioni limitate perché deve riprodurre anche parte della gamma media, mentre nelle casse acustiche a tre o più vie il suo ruolo è più specializzato e si possono utilizzare woofer di diametro maggiore.</p> <p data-bbox="359 1935 1417 1968"><b>AV ---&gt;Pagine consigliate: Altoparlanti</b></p>

**Z**

Zobel (rete di)	Vedi Rete di Zobel.
-----------------	---------------------

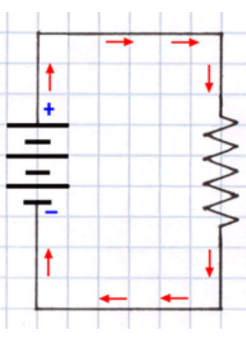
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>IJK</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>WXY</b>	<b>Z</b>
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	----------

## Convenzioni adottate

Tutte le misure e le unità di misura adottate sono del sistema MKS o CGS (sistema internazionale). Quindi le dimensioni e le distanze sono espresse in metri o sottomultipli, la potenza in Watt e il lavoro in Joule.

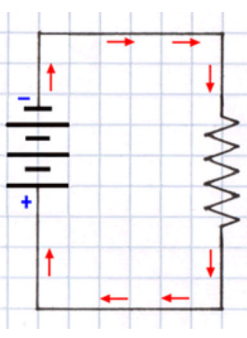
La massa è espressa in chilogrammi (Kg), il tempo in secondi (Sec).

### Verso della corrente



Il verso di scorrimento della corrente può essere quello reale (dal - al +) o quello convenzionale (dal + verso il -). Normalmente per non fare confusione utilizzeremo quello reale ovvero quello che corrisponde al verso in cui si muovono gli elettroni.

A sinistra: Verso convenzionale della corrente.



A sinistra: Verso reale della corrente.

### Elenco dei Multipli e Sottomultipli in uso nel Sistema Internazionale (prefisso SI)

Sovente per esprimere un valore è necessario usare un multiplo o un sottomultiplo di una unità di misura per evitare di scrivere un numero con molte cifre.

Nella tabella che segue sono elencati i prefissi di detti multipli e sottomultipli usati nel sistema internazionale, con rispettivo simbolo e fattore moltiplicativo.

Si noti l'importanza di utilizzare correttamente i simboli maiuscoli e minuscoli per evitare ambiguità.



<b>Prefisso</b>	<b>Nome</b>	<b>Simbolo</b>	<b>English</b>	<b>Fattore di moltiplicazione</b>	<b>Moltiplicatore per ricondurci all'unità di misura</b>
<b>yotta</b>	Quadrilione	Y	<b>yotta</b>	$10^{24}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000
<b>zetta</b>	Triliardo	Z	<b>zetta</b>	$10^{21}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000
<b>exa</b>	Trilione	E	<b>exa</b>	$10^{18}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000
<b>peta</b>	Biliardo	P	<b>peta</b>	$10^{15}$	1 000 000 000 000 000 000 000
<b>tera</b>	Bilione	T	<b>tera</b>	$10^{12}$	1 000 000 000 000 000 000
<b>giga</b>	Miliardo	G	<b>giga</b>	$10^9$	1 000 000 000 000 000
<b>mega</b>	Milione	M	<b>mega</b>	$10^6$	1 000 000 000 000
<b>chilo</b>	Mille	K	<b>kilo</b>	$10^3$	1 000
<b>etto</b>	Cento	h	<b>hecto</b>	$10^2$	100
<b>deca</b>	Dieci	da	<b>deka</b>	$10^1$	10
	Uno			$10^0$	1
<b>Sottomultipli</b>					
<b>dieci</b>	Decimo	d	<b>dieci</b>	$10^{-1}$	0.1
<b>centi</b>	Centesimo	c	<b>centi</b>	$10^{-2}$	0.01
<b>milli</b>	Millesimo	m	<b>milli</b>	$10^{-3}$	0.001
<b>micro</b>	Milionesimo	$\mu$	<b>micro</b>	$10^{-6}$	0.000 001
<b>nano</b>	Miliardesimo	n	<b>nano</b>	$10^{-9}$	0.000 000 001
<b>pico</b>	Bilionesimo	p	<b>pico</b>	$10^{-12}$	0.000 000 000 001
<b>femto</b>	Biliardesimo	f	<b>femto</b>	$10^{-15}$	0.000 000 000 000 001
<b>atto</b>	Trilionesimo	a	<b>atto</b>	$10^{-18}$	0.000 000 000 000 000 001
<b>zepto</b>	Triliardesimo	z	<b>zepto</b>	$10^{-21}$	0.000 000 000 000 000 000 001
<b>yocto</b>	Quadrilionesimo	y	<b>yocto</b>	$10^{-24}$	0.000 000 000 000 000 000 000 001

### **Circuiti elettrici e cablaggi**

Per convenzione si considera zero (o) la resistenza dei fili dei cablaggi elettrici che, quindi, vengono trattati come conduttori ideali, cosa molto vicina alla verità nel campo delle frequenze audio, vista anche la lunghezza molto limitata dei fili.

Cosa diversa è quando si lavora con la radiofrequenza.

Vengono altresì trattati come componenti ideali anche resistenze e condensatori, entro un limite accettabile.

## Mauro Patrignani



Salve a tutti, mi chiamo Mauro Patrignani, ho avuto la fortuna di nascere (nel 1964) in un periodo che ha visto la fine dell'epoca delle valvole termoioniche e l'inizio dell'era dei semiconduttori.

Questo mi ha permesso di acquisire esperienza in tutti e due i campi.

Nel 2004 ho iniziato la scrittura di "I tubi termoionici e l'amplificazione del suono", che inizialmente era concepito unicamente come libro classico ed è iniziato come una raccolta di appunti che avevo scritto negli anni.

Poi alla fine del 2011 ho iniziato a trasporre tutto il materiale prodotto in questi anni nel sito <http://www.audiovalvole.it> per renderlo più fruibile a tutti gli interessati.

Nel contempo ho mantenuto il libro che ora viene costruito con un programma in c++ scritto da me che lo ricostruisce direttamente dal sito permettendomi di modificare solo quest'ultimo e in automatico, di conseguenza, il libro.

In questo periodo molte persone mi hanno contattato chiedendomi consigli sull'impiego delle valvole termoioniche, facendomi capire quanto ancora siano un argomento attuale e questo mi ha dato altre idee per rendere più completo il sito/libro con l'aggiunta di alcuni capitoli.

Quando ricevo delle critiche su alcuni aspetti del libro in genere riscrivo la parte per renderla più chiara possibile al pubblico dei neofiti a cui è destinato questo lavoro.

A tutte queste persone vanno i miei più sentiti ringraziamenti.

Poi nel tempo di libri ne ho scritti con la stessa tecnica altri 2, sugli alimentatori per apparati a valvole termoioniche ("Alimentatori per Apparati a Valvole Termoioniche") e sulla costruzione di un laboratorio di elettronica amatoriale ("Allestire un Laboratorio Elettronico Amatoriale").

Inoltre ho continuato ad espandere il sito [audiovalvole.it](http://www.audiovalvole.it) con altri progetti che ho portato avanti nel corso degli anni che in qualche caso nulla hanno a che vedere con il mondo delle valvole termoioniche.

### Ringraziamenti

In questa sezione voglio ringraziare alcune persone che mi hanno supportato e sono state per me fonte di ispirazione:

- Dino Giulianelli, uno dei migliori progettisti che abbia mai conosciuto, persona dall'intelligenza poliedrica, capace di trattare l'elettronica, la meccanica, l'ottica, la chimica e altre scienze ad un livello non comune.  
E' una grande fonte di ispirazione e riflessione con il suo modo non convenzionale di pensare ed affrontare le problematiche che si presentano.
- Roberto Bronzetti, progettista elettronico e realizzatore di apparecchiature che hanno dello

straordinario, mi ha fatto capire che i limiti nella progettazione sono solo nel nostro modo di affrontare il progetto.

- Fabrizio Giunchi esperto di elettronica ed elettrotecnica che mi ha permesso di utilizzare il materiale e le conoscenze che ha acquisito in questi anni nella progettazione e realizzazione dei trasformatori.
- Nico Moro, grande appassionato di valvole e grande sperimentatore che con i suoi circuiti valvolari mi ha ispirato.  
Inizialmente nel libro mancavano tutte le parti relative all'amplificazione degli strumenti elettrici, Nico mi ha fatto capire e colmare questa lacuna.
- Mauro Freddi, un supertecnico che mi ha fatto capire che nulla è impossibile e che la caparbietà ti può portare all'eccellenza.  
Ho visto molti dei suoi progetti e sembra quasi impossibile che una sola persona o meglio due (sua moglie Giada collabora con lui nella stessa ditta jad&freer) possano realizzare tanto e con tanta qualità.
- Mario Lucchi, detto Marione, ottimo cantante e musicista che mi ha trasmesso un po' della sua passione per gli amplificatori per chitarra e basso elettrico.
- Erika Patrignani, mia figlia che si è sobbarcata il lavoro della revisione dei testi traducendoli in un italiano più corretto di quello che normalmente uso io.  
La sua opera è visibile dalla versione 3.0 del libro e del sito, uscita il 29 marzo 2015.
- La mia famiglia e tutti quelli che mi hanno sopportato e supportato in questi anni.

### **Note su "I Tubi Termoionici e L'amplificazione del suono", "Alimentatori per Apparat a Valvole Termoioniche" e sul sito [audiovalvole.it](http://audiovalvole.it)**

Tengo a precisare che a parte poche foto di repertorio (per esempio quelle sulla storia delle valvole) tutti i contenuti sono originali, foto comprese.

Questo ha richiesto un enorme lavoro per reperire il materiale oltre ad un certo costo, cosa che mi ha convinto, allo scopo di reperire fondi, a pubblicare i libri "I Tubi Termoionici e L'amplificazione del suono - Volume Uno" e "Alimentatori per Apparat  
a Valvole Termoioniche" nell'ottica di poter acquistare altro materiale e espandere ulteriormente il mio lavoro.

### **Altri progetti in corso di realizzazione**

Da quando ho pubblicato il sito [audiovalvole.it](http://audiovalvole.it) e il libro "Le valvole termoioniche e l'amplificazione del suono" sono stato contattato da diversi musicisti, principalmente chitarristi e bassisti che mi hanno chiesto lumi sull'impiego delle valvole negli amplificatori per chitarra e basso elettrico.

Ho aperto una sezione del sito su questo argomento, poi ho capito che non si tratta di un mondo a parte rispetto alla amplificazione del suono classica e che merita di essere approfondita in tutti i suoi aspetti ed ho iniziato ad integrare nel libro/sito anche questo aspetto.

Ho anche visto che non c'è nulla di un certo spessore già pubblicato in italiano.

## Ultima pagina di stampa

Lo scopo di questa pagina è terminare la stampa del libro.  
Questa è l'ultima pagina.

Il mio augurio è che questo libro vi sia di ispirazione, mostrandovi la bellezza di questi componenti e la loro dimensione "umana" nonché la bellezza del lavoro artigianale che c'è dietro la costruzione di un amplificatore valvolare, un prodotto che alla fine è sempre unico.

E' un modo per tirare fuori la propria creatività, e dare un calcio ad un mondo in cui sopravvive solo il prodotto a basso costo fatto in catena di montaggio.

Vorrei ricordarvi che questo sito/libro è sempre in uno stato di sviluppo/aggiornamento continuo, aggiungiamo pagine e sviluppiamo nuove sezioni, ogni edizione qualcosa di nuovo viene aggiunto e i contenuti vengono rivisti per migliorarne la leggibilità.

In genere fra una edizione e l'altra passano 3 o 4 anni.

Mauro Patrignani