

L'AMPLIFICATORE

1. — CARATTERISTICHE GENERALI.

Principio dell'amplificatore.

L'amplificatore è alla base di qualsiasi complesso audio. Esso provvede ad amplificare la tensione ad audiofrequenza fornita dal microfono, dal rivelatore fonografico, o dalla testina del registratore magnetico.

Consiste di una o più valvole amplificatrici, oppure di uno o più transistor amplificatori.

L'amplificatore è distinto in due parti: la parte iniziale, la quale provvede all'amplificazione della tensione ad audiofrequenza, e la parte finale, la quale provvede invece all'amplificazione di potenza, in quanto è necessaria della potenza per poter far funzionare l'altoparlante. Vi sono amplificatori ad una sola valvola, o ad un solo transistor, i quali costituiscono un'eccezione; in genere gli amplificatori sono costituiti da almeno due valvole, o due transistor. A volte viene usata una valvola doppia, specie per gli amplificatori delle fonovaligie.

L'amplificatore consente una certa resa d'uscita. La sua potenza è indicata appunto dalla resa d'uscita. Gli amplificatori molto piccoli, a transistor, consentono minime rese d'uscita, di 0,1 watt. I piccoli amplificatori, a valvole o a transistor, consentono rese d'uscita di 1 watt circa. Gli amplificatori di tipo medio-piccolo consentono rese di uscita intorno ai tre watt; quelli di tipo medio, da 5 a 8 watt. Gli amplificatori di potenza elevata si dividono a loro volta in varie categorie, da quella più bassa, intorno ai 12 watt, alla media intorno ai 25 watt, sino alla maggiore da 50 watt ed oltre.

PARTI ESSENZIALI DELL'AMPLIFICATORE.

La fig. 8.1 illustra schematicamente un amplificatore ridotto ai minimi termini, bene adatto però per funzionare in fonovaligia, con una resa di uscita di 1 watt, a bassa distorsione.

L'entrata dell'amplificatore è indicata in alto a sinistra. La presa d'entrata va collegata al fonorivelatore (pick-up). Segue il controllo di volume, costituito da una resistenza variabile, a variazione logaritmica, di 1 megaohm. È indicata con R8. Essa consente di adeguare la resa d'uscita, variandola entro un minimo e un massimo. Variando la resistenza, ossia regolando il controllo di volume, varia la tensione del segnale audio trasferita all'entrata della valvola amplificatrice.

La valvola amplificatrice è una PCL82. È costituita da due parti, un triodo e un

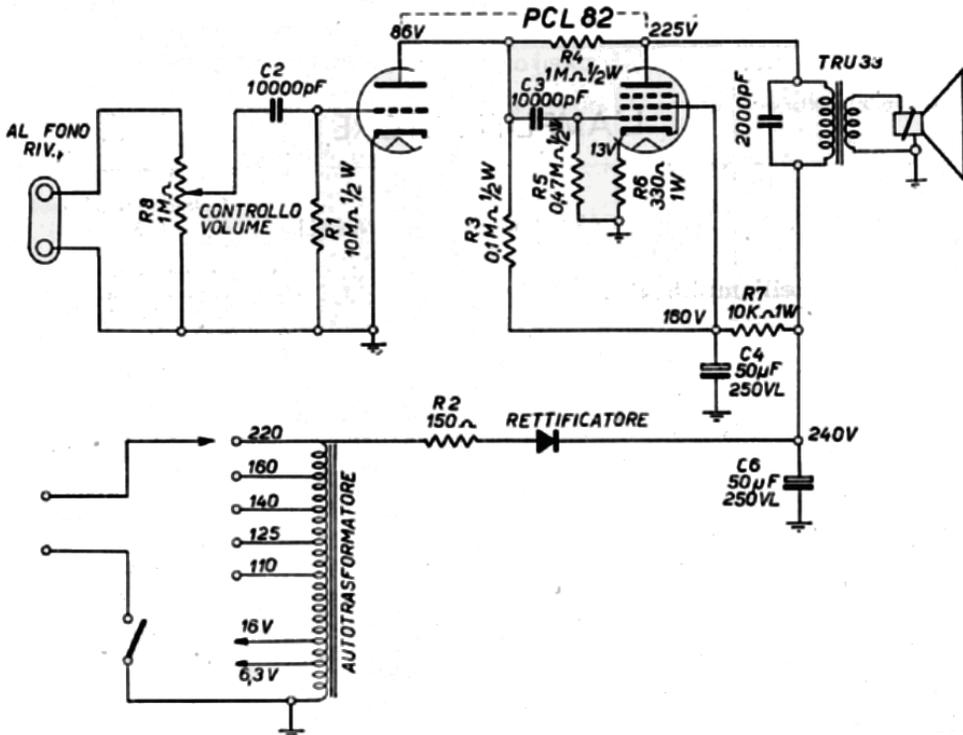


Fig. 8.1. A - Esempio di semplicissimo amplificatore audio, funzionante con una valvola PCL82.

pentodo. In figura, il triodo e il pentodo sono disegnati separatamente; in pratica sono contenuti nello stesso bulbo di vetro.

Il triodo provvede alla preamplificazione, ossia all'amplificazione di tensione del segnale audio, fornito dal fonorivelatore. Alla sua entrata vi è la resistenza R_1 , detta resistenza di griglia. È accoppiato al controllo di volume mediante il condensatore di accoppiamento, C_2 di 10 mila picofarad.

Il pentodo provvede all'amplificazione finale di potenza del segnale audio, già amplificato dal triodo. È accoppiato al triodo mediante un altro condensatore di 10 mila picofarad, C_3 . La sua placca è collegata al trasformatore d'uscita (TRU33), il cui secondario è collegato alla bobina mobile dell'altoparlante. In tal modo il segnale audio giunge alla bobina mobile situata in cima al cono vibrante dell'altoparlante, e viene tradotto in voci e suoni.

La resistenza R_6 è detta resistenza di catodo; determina la polarizzazione della valvola finale. La resistenza R_4 è detta di controreazione; ha l'effetto di stabilizzare il funzionamento della valvola finale.

L'amplificatore funziona con la tensione della rete-luce, adeguatamente ret-

tificata e livellata. A tale scopo provvede l'alimentatore anodico. Esso consiste dell'autotrasformatore collegato alla rete-luce. Qualunque sia la tensione della rete-luce, essa viene elevata a 220 volt alternati, e viene quindi rettificata mediante un rettificatore metallico. Esso è preceduto dalla resistenza di protezione R_p , di 150 ohm.

La tensione rettificata viene livellata mediante i due condensatori elettrolitici C_4 e C_6 di 50 microfarad ciascuno, nonché dalla resistenza R_7 di 10 mila ohm.

La massima tensione anodica è quella di 240 volt, ai capi di C_6 . È applicata alla placca del pentodo. Alla griglia schermo del pentodo, e alla placca del triodo è applicata una tensione minore, meglio livellata, di 160 volt, presente ai capi di C_4 .

L'autotrasformatore è provvisto di una presa a 16 volt per il filamento della valvola PCL82; esso va collegato tra tale presa e il ritorno comune (massa). Un'altra presa a 6,3 volt serve per la lampadina.

La fig. 8.2 riporta lo schema di un piccolo amplificatore, adatto per fonovaligia. Consiste di una valvola amplificatrice di tensione, un triodo 12AV6 (è un triodo con due diodi, in uso negli apparecchi radio, i cui due diodi non sono utilizzati), e di una valvola finale di potenza, un pentodo 35D5. Una terza valvola provvede a fornire la tensione continua necessaria al funzionamento delle due prime valvole, è un diodo 35A3. Funziona da rettificatrice.

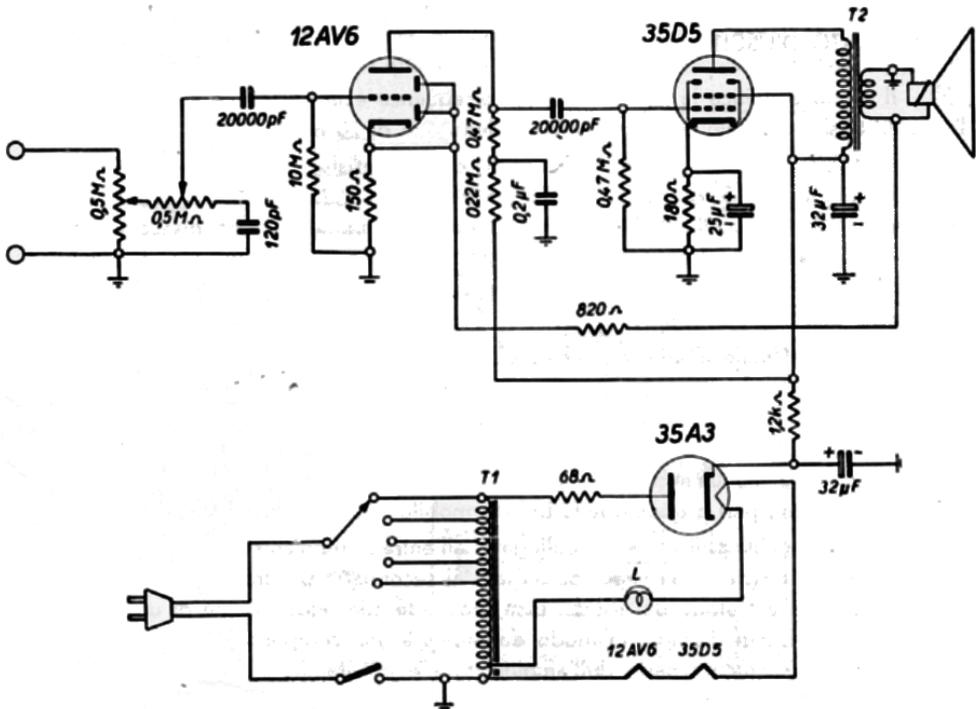


Fig. 8.2. - Altro esempio di amplificatore audio, adatto per fonovaligia, a tre valvole.

IL CIRCUITO D'ENTRATA.

Il circuito d'entrata dell'amplificatore è indicato a sinistra, in tutti gli schemi; quello d'uscita è invece a destra. Il senso dell'amplificazione è sempre da sinistra a destra. L'entrata dell'amplificatore consiste di due contatti, uno « caldo », collegato alla prima valvola, e l'altro « freddo », collegato alla massa, ossia al telaio metallico, e che costituisce il ritorno del circuito.

Ai capi dell'entrata vi è una resistenza variabile di 0,5 megaohm; essa provvede al controllo di volume dell'amplificatore, ossia provvede a variare la resa d'uscita. Il suo cursore è collegato ad un'altra resistenza variabile, anch'essa di 0,5 megaohm, con un condensatore di 120 pF in serie. Questa seconda resistenza variabile provvede al controllo di tonalità. In pratica tale controllo si limita ad attenuare più o meno i toni acuti, per cui agisce da controllo di fruscio; in presenza di fruscio notevole da parte del disco fonografico, esso riduce l'amplificazione delle frequenze elevate, in modo da farlo scomparire.

La tensione ad audiofrequenza viene applicata all'entrata del triodo amplificatore, tra la sua griglia e massa, tramite un condensatore di accoppiamento di 20 mila pF.

IL CIRCUITO D'USCITA.

Il triodo amplifica la tensione ad audiofrequenza e la trasferisce all'entrata della valvola finale, ciò tramite un secondo condensatore di 20 mila pF.

Il circuito di placca del triodo consiste di due resistenze fisse, quella di carico di 0,47 megaohm, e quella di disaccoppiamento di 0,22 megaohm. Quest'ultima resistenza forma, con il condensatore di 0,2 microfarad, un circuito disaccoppiatore e di rinforzo dei toni bassi. Il disaccoppiatore è necessario per evitare che la valvola finale influenzi quella d'entrata, ossia per evitare instabilità di funzionamento da parte dell'amplificatore.

La valvola finale amplifica anch'essa la tensione ad audiofrequenza, per quanto meno del triodo. La finale provvede sopra tutto a far intervenire la corrente, in modo da ottenere potenza. La sua resa d'uscita è applicata, tramite il trasformatore d'uscita, alla bobina mobile dell'altoparlante. Tale trasformatore, data la valvola finale impiegata, ha un'impedenza primaria di 2500 ohm, ed un'impedenza secondaria di 3,2 ohm, pari a quella della bobina mobile.

L'uscita dell'amplificatore è collegata all'entrata mediante una resistenza di 820 ohm. Tale resistenza fa capo, da un lato al secondario del trasformatore d'uscita, e dall'altro lato al catodo del triodo. Essa provvede alla retrocessione di una minima parte della tensione d'uscita, in modo da ottenere una compensazione della distorsione. La distorsione da parte dell'amplificatore è inevitabile, può però venir compensata, ossia attenuata, e ciò appunto con la resistenza indicata, detta resistenza di controreazione.

ficatrici, un doppio triodo e due finali. Nell'esempio, il doppio triodo può essere una ECC83 o una 12AX7; le finali sono due EL84.

Vi sono tre controlli di volume; uno è il controllo di volume generale; gli altri due sono all'entrata di ciascun canale, e sono detti *controlli di livello*. Questi ultimi consentono di adeguare l'amplificazione rispettivamente dei toni bassi e di quelli alti, a seconda delle necessità, e in rapporto alle condizioni acustiche dell'ambiente e al gusto dell'ascoltatore.

Vi è, in più, un controllo di responso dei toni bassi, in circuito a reazione negativa, bene adatto a tale scopo. Per i toni alti tale controllo non è necessario, essendo sufficiente il controllo di livello.

I circuiti dei due canali sono molto simili; variano alcuni valori; ad es. il condensatore di accoppiamento nel canale alti è di 10 mila ohm, mentre l'analogo nel canale bassi è di 200 mila ohm. Anche le resistenze di catodo delle due valvole finali sono di valore diverso; sono adatte a due diverse rese d'uscita, di due watt per il canale alti e di 3 watt per il canale bassi. In pratica si possono ottenere rese d'uscita doppie, ma ciò non è opportuno data la maggiore distorsione conseguente. Per rese d'uscita elevate, è opportuno un altro tipo di amplificatore, con le valvole finali in controfase.

2. — L'AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE.

Lo stadio finale in controfase.

Tutti gli amplificatori di media e grande potenza, nonché tutti gli amplificatori ad alta fedeltà, sono provvisti di stadio finale con due valvole poste in *circuito controfase*, detto anche *circuito push-pull*.

La fig. 8.4 illustra il principio del circuito controfase; per semplicità sono indicati due triodi, in pratica sono sempre usati due pentodi.

Il principio basilare consiste nel far giungere all'entrata delle due valvole finali, il segnale da amplificare invertito di fase, ossia in *opposizione di fase*, cioè in *controfase*. All'entrata dei due triodi della figura, V_1 e V_2 , giunge lo stesso segnale, ma invertito di fase. Il segnale consiste di due semionde, una positiva (nera in figura) e una negativa (bianca in figura). Quando alla griglia di V_1 giunge la semionda negativa del segnale audio, alla griglia di V_2 giunge la semionda positiva.

Nel circuito di placca di V_1 vi è diminuzione di corrente, perchè il segnale alla sua entrata è negativo; nel circuito di placca di V_2 vi è un aumento di corrente, perchè il segnale alla sua entrata è positivo.

Mentre con la sola valvola finale si ottiene l'amplificazione prima di una semionda e poi dell'altra, con due valvole in controfase si ottiene la simultanea amplificazione di ambedue le semionde.

Il vantaggio di una simile disposizione delle due valvole finali consiste nella minor distorsione. È un vantaggio importantissimo sia per i grandi amplificatori, i quali diversamente non avrebbero neppure la possibilità di funzionare, per l'eccessiva

distorsione introdotta dalla forte amplificazione, sia per gli amplificatori ad alta fedeltà. L'alta fedeltà non sarebbe stata realizzabile se non fosse stato possibile eliminare gran parte della distorsione provocata dallo stadio finale.

Un secondo vantaggio del circuito controfase consiste nella possibilità di ottenere una maggiore resa d'uscita, una maggiore potenza.

MINOR DISTORSIONE.

Due valvole finali in controfase distorcono meno di una sola valvola, perchè il loro funzionamento è bilanciato. Se una delle valvole finali distorce il segnale audio in un certo senso, l'altra valvola lo distorce in senso opposto; ne risulta che le due distorsioni si neutralizzano.

Poichè le due distorsioni sono in opposizione di fase e si neutralizzano, non è più necessario far funzionare le valvole nel solo tratto rettilineo della loro curva caratteristica; si possono far funzionare anche nel solo tratto non lineare, ossia si può appli-

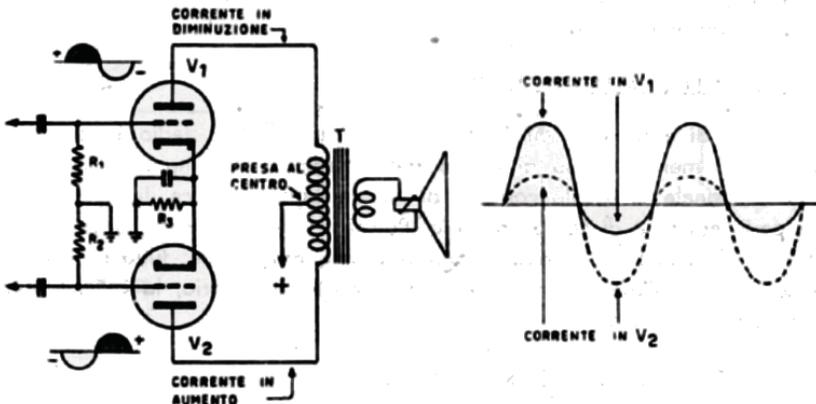


Fig. 8.4.- - Principio di funzionamento dello stadio finale in controfase.

care alla loro entrata un segnale di maggior ampiezza. Se tale segnale di maggior ampiezza venisse applicato all'entrata di una sola valvola finale, esso determinerebbe intollerabile distorsione. Applicato a due valvole finali in controfase, esso determina distorsione, ma la distorsione risulta neutralizzata, quindi come se non esistesse, per cui è possibile ottenere una maggior potenza, una maggior resa d'uscita.

Esempio: se con una sola valvola finale si ottiene la resa d'uscita di 4 watt con il 10 per cento di distorsione, con due valvole finali dello stesso tipo, in controfase, si ottengono 10 watt con il 5 per cento di distorsione. La distorsione non è del tutto eliminata, ciò che è impossibile, ma è ridotta alla metà. Se le due valvole finali anzichè venir collegate in controfase venissero collegate in parallelo, con le griglie unite insieme, e le placche unite insieme, la resa d'uscita di 8 watt, ossia due volte 4 watt, risulterebbe con il 10 per cento di distorsione; spingendo l'amplificazione sino

ad ottenere 10 watt, la distorsione salirebbe al 16 per cento. Con due valvole in controfase essa è invece del 5 per cento.

RIDUZIONE DEL RONZIO.

Altro vantaggio importante derivante dalla disposizione in controfase delle valvole finali consiste nella riduzione del ronzio.

La tensione alternativa del ronzio, dovuta all'alimentatore funzionante con la tensione della rete-luce, se giunge all'entrata delle valvole finali, vi giunge in fase. La semionda positiva è presente simultaneamente alle due entrate, seguita dalla semionda negativa. Ma poichè all'uscita vi è un trasformatore con due primari e un secondario, le due correnti dovute al ronzio sono eguali e di senso opposto, per cui si annullano. La tensione di ronzio si annulla, come si annulla la distorsione, in base allo stesso principio.

Se, però, la tensione di ronzio è captata dagli stadi di amplificazione precedenti quello finale, allora viene amplificata come il segnale audio. Anche la tensione di ronzio viene presentata in opposizione di fase e quindi amplificata dallo stadio finale.

RIDUZIONE DELLA SATURAZIONE DEL NUCLEO.

A parità di altri fattori, il trasformatore d'uscita dello stadio in controfase è più piccolo e meno costoso di quello dello stadio finale singolo. Ciò poichè in assenza di segnale vi è solo corrente di alimentazione anodica, la quale si divide in due parti, eguali e di senso contrario. Poichè il primario risulta percorso da due correnti eguali e in senso contrario, non vi è magnetizzazione; tutto procede come se la corrente di alimentazione anodica non esistesse proprio, in quanto non determina flusso magnetico.

MIGLIORE RESPONSO DELLE FREQUENZE BASSE.

Le frequenze basse tendono a saturare il nucleo del trasformatore d'uscita, con conseguente distorsione e attenuazione, se lo stadio finale funziona con una sola valvola, in quanto esse si sommano alla corrente di alimentazione anodica. Nella disposizione in controfase, non esistendo l'azione da parte della corrente di alimentazione anodica, le frequenze basse non riescono a saturare il nucleo, quindi risultano meno distorte e meno attenuate.

INVERTITORE DI FASE.

Il circuito controfase presenta due inconvenienti:

- a) richiede un trasformatore d'uscita con un doppio primario;
- b) richiede un invertitore di fase alla sua entrata.

Affinchè il segnale audio risulti in opposizione di fase all'entrata delle due finali in controfase, è necessario che esso venga diviso in due parti, e che tali due

parti siano in opposizione di fase. Poichè, però, la tensione audio presente nel circuito di placca di un triodo è in opposizione di fase con quella presente nel circuito di catodo, è sufficiente collocare un triodo all'entrata dello stadio finale in controfase, e collegare la sua placca all'entrata di una delle finali, e il suo catodo all'entrata dell'altra finale. Il triodo vien detto *invertitore di fase*.

La valvola invertitrice di fase.

Nella fig. 8.5 con V_1 è indicata la valvola invertitrice di fase e con V_2 e V_3 le valvole finali in controfase. È importante notare che la resistenza di catodo della valvola V_1 (R_1 di 120 kilohm) ha lo stesso valore della resistenza di placca di tale valvola (R_2 di 120 kilohm). È anche da notare che i due condensatori di

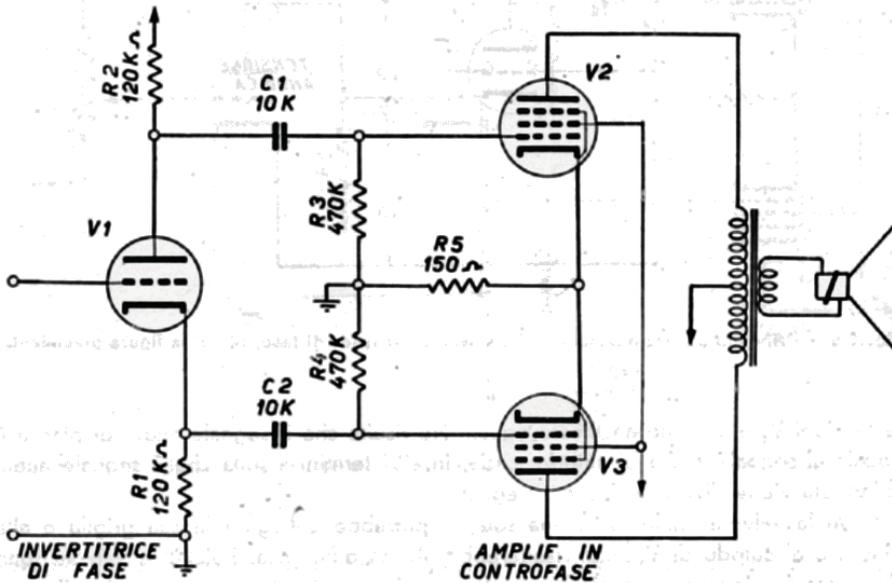


Fig. 8.5. - Schema di valvola invertitrice di fase, seguita da due finali in controfase.

accoppiamento — C_1 e C_2 — hanno anch'essi lo stesso valore, di 10 mila picofarad. Sono dello stesso valore anche le due resistenze di griglia delle valvole finali, R_3 e R_4 .

In tal modo, il segnale audio presente all'entrata della valvola invertitrice di fase, V_1 , viene diviso in due parti eguali. Due segnali audio della stessa ampiezza vengono trasferiti alle valvole finali; sono eguali ma di fase invertita, come necessario per far funzionare le due valvole in circuito controfase.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO.

La fig. 8.6 illustra il principio di funzionamento della valvola invertitrice di fase. Le resistenze R_1 ed R_2 sono dello stesso valore, di 120 mila ohm. Rispetto alla tensione di alimentazione, anche la valvola V_1 si comporta come una resistenza, sicchè ai capi dell'alimentatore anodico vi sono tre resistenze in serie. Esse sono: R_1 , la resistenza interna di V_1 , ed R_2 .

La tensione di alimentazione anodica si divide in tre parti. Queste tre parti sono indicate con V_1 , V_2 e V_3 . Poichè le resistenze R_1 e R_2 sono dello stesso valore,

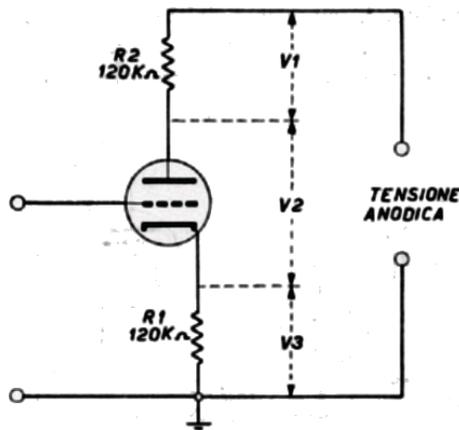


Fig. 8.6 - Principio di funzionamento della valvola invertitrice di fase, di cui la figura precedente.

le tensioni V_1 e V_3 sono anch'esse eguali. Ne risulta che il segnale audio di placca è eguale al segnale audio di catodo; ossia, in altri termini, risulta che il segnale audio all'entrata viene diviso in due parti eguali.

Se la valvola finale fosse una sola, si potrebbe collegare la sua griglia o alla placca o al catodo di V_1 ; non risulterebbe alcuna differenza. Poichè le valvole sono due, esse funzionano nello stesso identico modo, con la stessa resa d'uscita. Funzionano però in controfase, poichè quando all'entrata di una di esse vi è la semionda positiva del segnale audio, all'entrata dell'altra vi è la semionda negativa dello stesso segnale audio.

L'accoppiamento diretto.

Due valvole amplificatrici sono accoppiate direttamente, quando la placca di una di esse è collegata direttamente con la griglia della seguente, senza il condensatore di accoppiamento.

La fig. 8.7 illustra un esempio di accoppiamento diretto. La valvola invertitrice di fase è costituita da uno dei due triodi di una qualsiasi valvola a doppio triodo. L'altro triodo è usato per l'amplificazione di tensione, ossia per la preamplificazione; è perciò all'entrata; la sua griglia è collegata al controllo di volume.

Va notato che la placca del primo triodo, il preamplificatore, è direttamente collegata alla griglia del secondo triodo, l'invertitore di fase. Ciò è possibile appunto

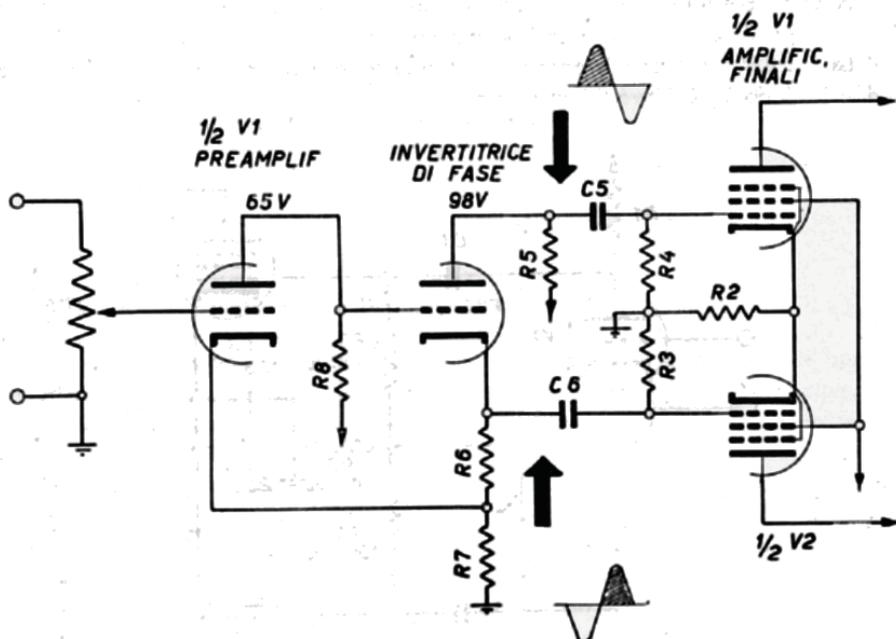


Fig. 8.7. - Accoppiamento diretto tra la valvola preamplificatrice e la amplificatrice di fase.

perchè il triodo invertitore di fase è provvisto di una resistenza di catodo dello stesso valore della resistenza di placca.

La tensione di placca del primo triodo è di 65 volt positivi. La griglia del secondo triodo, essendo collegata direttamente alla placca del primo triodo, è anch'essa alla tensione di 65 volt positivi. Poichè il catodo è anch'esso alla stessa tensione di 65 volt, la griglia si trova a zero volt rispetto al proprio catodo. Perciò il triodo invertitore di fase funziona normalmente.

Le due frecce indicano che nel circuito di placca del secondo triodo vi è un segnale audio eguale a quello che vi è nel circuito di catodo, e che i due segnali sono invertiti di fase.

Nelle due figure precedenti, la resistenza di catodo del triodo invertitore di fase era una sola; in questa figura vi sono due resistenze in serie, R_6 e R_7 , e ciò allo scopo di far funzionare il primo triodo con una tensione di polarizzazione di circa 1 volt (0,93 volt).

Il circuito parafase.

A volte per ottenere l'inversione di fase del segnale audio, viene utilizzato il circuito parafase; si tratta di un tipo particolare d'invertitore di fase.

La fig. 8.8. ne illustra il principio. Il triodo V_1 è il preamplificatore del segnale audio; il triodo V_2 è l'invertitore di fase.

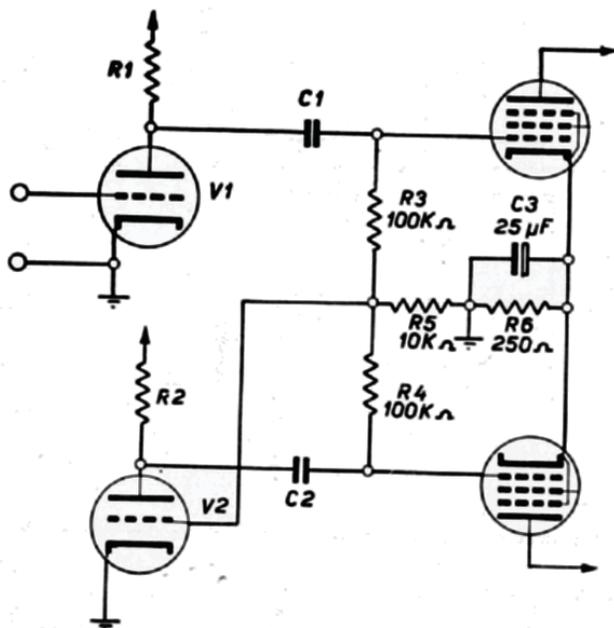


Fig. 8.8. - Esempio di valvola invertitrice di fase (V2) in circuito parafase.

La griglia di V_2 è collegata ad una presa del circuito di griglia del pentodo finale indicato in alto, in figura. Tale presa consiste nel punto di collegamento di due resistenze poste in serie, R_5 ed R_6 . Esse formano la resistenza di griglia del pentodo finale, in alto.

Ne risulta un divisore di tensione. La tensione audio ai capi di R_5 viene trasferita alla griglia dell'invertitore di fase V_2 . Il valore di R_5 viene calcolato in modo che la

tensione audio trasferita alla griglia di V_2 abbia la stessa ampiezza di quella presente all'entrata di V_1 . Ossia, per calcolare il valore di R_2 occorre tener conto del fattore di amplificazione del triodo V_1 .

In tal modo, all'entrata dei due triodi vi è lo stesso segnale audio, della stessa ampiezza, ma invertito di fase, in quanto il segnale audio presente nel circuito di placca è sempre invertito di fase rispetto a quello presente nel circuito di griglia.

Occorre quindi amplificare il segnale applicato alla griglia di V_2 , ed a ciò provvede appunto il triodo V_2 . Esso trasferisce il segnale audio amplificato, tramite C_2 , all'entrata del secondo pentodo finale, quello in basso.

I due triodi sono identici, in quanto appartengono alla stessa valvola a doppio triodo, quindi amplificano in eguale misura. I due segnali audio applicati alle valvole finali sono perciò della stessa ampiezza, e invertiti di fase.

3. — LA REAZIONE INVERSA

Caratteristiche della reazione inversa.

La *reazione inversa*, detta anche *reazione negativa* o *controreazione*, è di basilare importanza nella tecnica degli amplificatori ad audiofrequenza; con essa si ottengono numerosi vantaggi, particolarmente importanti quando le valvole finali sono tetrodi o pentodi, essendo in tal caso più difficile minimizzare la distorsione conseguente alla caratteristica non lineare di queste valvole. Per tale ragione, e per altre ancora, tutti gli amplificatori di costruzione recente, del tipo a media musicalità e tanto più quelli ad alta musicalità, sono provvisti di reazione inversa. Gli amplificatori di costruzione non recente, senza reazione inversa, possono venir notevolmente perfezionati applicando tale reazione anche ad essi, tanto più che ciò non richiede alcuna laboriosa progettazione.

La reazione inversa si basa sul fatto che il segnale ad audiofrequenza presente all'uscita della valvola amplificatrice è in opposizione di fase rispetto a quello presente all'entrata della valvola stessa, ossia è a 180 gradi fuori fase. La reazione inversa consiste nel far retrocedere una parte del segnale amplificato, dall'uscita all'entrata della valvola.

I vantaggi conseguenti alla reazione inversa sono importanti e numerosi; il principale è la minor distorsione, quindi la più elevata fedeltà ottenibile; gli altri sono: riduzione del ronzio e del rumore di fondo, migliore responso alle varie frequenze, maggiore indipendenza dalle fluttuazioni della tensione anodica, migliore frenatura del sistema vibrante dell'altoparlante, ecc. Si supponga, ad es., che all'entrata della valvola finale non sia presente alcun segnale ad eccezione di una certa tensione alternativa di ronzio; in tal caso la tensione di ronzio viene amplificata e riprodotta dall'altoparlante qualora non vi sia reazione inversa. Se invece la valvola finale è provvista di reazione inversa, una parte della tensione di ronzio viene retrocessa in oppo-

sizione di fase dall'uscita all'entrata della valvola, con il risultato di annullare quella presente all'entrata, essendo eguale e contraria, e con l'effetto di far scomparire il ronzio o per lo meno di attenuarlo fortemente.

Nello stesso modo è possibile attenuare un tratto della gamma di frequenza qualora risulti d'ampiezza eccessiva, a vantaggio della parte restante della gamma. Se, ad es., si vuole evitare che la valvola finale o altra precedente abbia ad amplificare normalmente le frequenze comprese dai 3000 c/s in su, si provvede a far retrocedere quella parte del segnale che va da tale frequenza sino all'estremo alto della gamma; poichè le frequenze comprese in questo tratto vengono ripresentate all'entrata in opposizione di fase, ne risulta un parziale annullamento della loro ampiezza, ossia una parziale soppressione, la quale può venir regolata a seconda della necessità. Ne risulta una particolare forma di compensazione di tono assai utile. Essendo possibile variare l'ampiezza del segnale retrocesso con resistenza variabile, molti amplificatori di classe sono provvisti di due controlli di compensazione a reazione inversa: uno per i toni alti e l'altro per i toni bassi, ciascuno dei quali costituito da una resistenza variabile.

La reazione inversa ha due inconvenienti: a) riduce il guadagno dello stadio, b) può causare oscillazione. Il primo inconveniente ha poca importanza, data l'alta amplificazione delle valvole moderne; il secondo può venir evitato con opportuni accorgimenti, dei quali sarà detto più avanti.

Principio della reazione inversa.

Una delle più semplici forme di reazione inversa è quella di fig. 8.9, in cui la retrocessione di parte del segnale amplificato avviene tramite un condensatore ed una resistenza in serie, posti tra la placca e la griglia controllo della valvola finale.

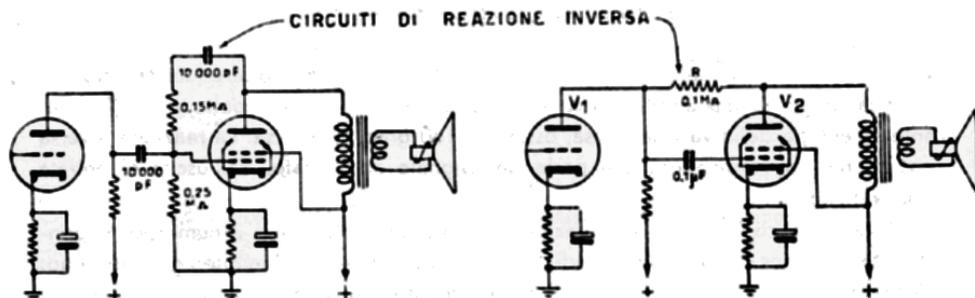


Fig. 8.9. - Circuiti basilari di reazione inversa.

L'ampiezza del segnale retrocesso è determinata dal valore di R , mentre C serve per separare la tensione anodica da quella di griglia. All'estremo basso della gamma, il condensatore C interviene a limitare l'ampiezza del segnale retrocesso, dato che alle

basse frequenze la reattanza capacitativa è alta e si somma alla resistenza; l'attenuazione è perciò meno accentuata per i toni bassi e più accentuata per quelli alti. Ciò risulta utile, dato che il trasformatore d'uscita causa una notevole attenuazione delle frequenze basse. I valori di R e di C indicati in figura sono stati scelti prevedendo che il trasformatore d'uscita sia di buona qualità; qualora ciò non fosse, è opportuno diminuire il valore di R , in modo da accentuare l'attenzione delle frequenze alte e medie a vantaggio di quelle basse.

La fig. 8.9 illustra un'altra disposizione dello stesso circuito di reazione inversa; la differenza consiste nell'assenza del condensatore in serie alla resistenza. Poiché la placca di V_1 e la griglia di V_2 sono virtualmente in fase, la reazione negativa può essere ottenuta inserendo parte del segnale amplificato della placca di V_2 a quella di V_1 . Il risultato è simile a quello dell'esempio precedente. Anche in questo caso l'entità della reazione inversa può venir regolata variando il valore di R ; basta diminuire il valore di R per ottenere un effetto più marcato. Va notato che mentre nell'esempio precedente, il condensatore di accoppiamento è di 10 000 pF, in questo esempio è invece di 0,1 microfarad, ciò allo scopo di evitare che il segnale retrocesso subisca

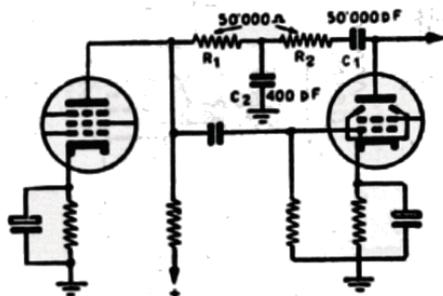


Fig. 8.10. - Circuito di reazione inversa con accentuazione delle frequenze ai due estremi della curva di responso dell'amplificatore.

uno spostamento di fase, fatto questo che costituisce uno dei punti deboli dei circuiti a reazione inversa. Infatti, se il segnale retrocesso non è esattamente in opposizione di fase, ma concorda in parte con la fase del segnale all'entrata, si ottiene la reazione normale, positiva, con il pericolo dell'autooscillazione.

Un effetto secondario della presenza della resistenza R nel circuito indicato è che la corrente di placca della valvola V_1 trova due passaggi, anziché uno solo, con conseguente aumento della tensione di placca. L'inconveniente di questo circuito consiste nel non avere alcun potere discriminativo rispetto alle varie frequenze, poichè tutte risultano egualmente trasferite all'entrata della V_2 .

Con il circuito di fig. 8.10 è possibile ovviare all'inconveniente suddetto; la resistenza R è divisa in due parti eguali, R_1 e R_2 di 50 000 ohm ciascuna. Il condensatore C_1 di 50 000 pF ha lo scopo di esaltare le frequenze molto basse, limitando l'ampiezza

del segnale retrocesso in corrispondenza alle frequenze molto basse; il condensatore C_2 di 400 pF ha lo scopo di esaltare le frequenze all'altro estremo della gamma, lasciando passare a massa quella parte del segnale retrocesso che corrisponde alle frequenze molto alte.

La reazione negativa usata per migliorare il responso dell'amplificatore.

Oltre che a stabilizzare il funzionamento dell'amplificatore, il circuito a reazione negativa è spesso utilizzato anche per migliorare la curva di responso, in quanto consente di rinforzare i toni bassi, rispetto alle frequenze medie e alte.

Un esempio è quello di fig. 8.11. Il circuito a reazione negativa consiste delle resistenze R_1 , R_2 e R_3 nonché dei condensatori C_1 di 3300 pF. e di un condensatore elettrolitico.

Le resistenze R_2 ed R_3 risultano applicate ai capi del secondario del trasformatore

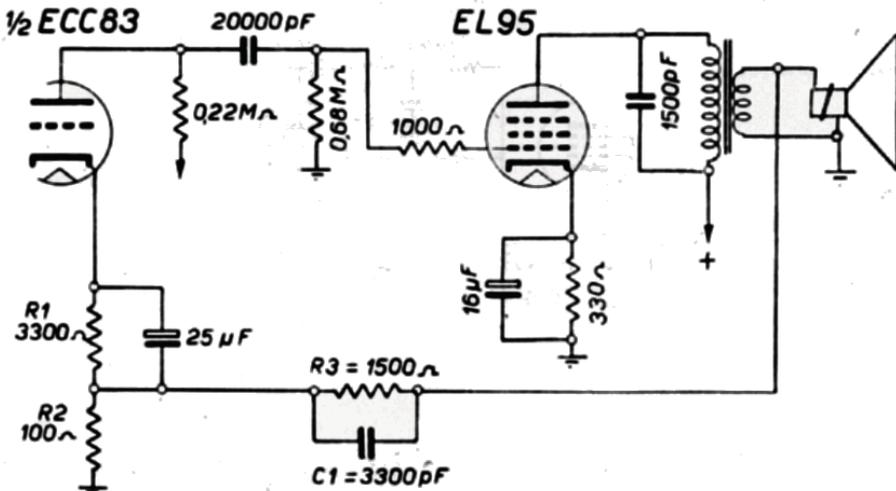


Fig. 8.11. - Circuito a reazione negativa con rinforzo delle frequenze basse. È costituito dalle resistenze R_2 e R_3 , e dal condensatore C_1 .

d'uscita; agiscono come un divisore di tensione audio. L'entità della tensione audio retrocessa dipende dal rapporto tra le resistenze R_2 e R_3 . Nell'esempio tale rapporto è di 1 a 15, perciò una quindicesima parte della tensione audio viene applicata alla valvola amplificatrice di tensione ECC83.

La resistenza di catodo di tale valvola è costituita dalle due resistenze R_1 e R_2 ; la tensione retrocessa risulta applicata solo ai capi di R_2 .

Alle frequenze alte, la reattanza di C_1 è molto modesta. Tali frequenze vengono

trasferite alla valvola preamplificatrice indicata, e la loro amplificazione risulta attenuata, in quanto esse determinano una diminuzione della tensione del segnale audio, essendo in opposizione di fase.

Alle frequenze basse invece, la reattanza di C_1 è notevole; esse vengono meno retrocesse e quindi la loro amplificazione risulta meno attenuata.

Esempio di reazione negativa applicata al controllo di volume.

La reazione negativa viene spesso applicata negli amplificatori ad una sola valvola finale. In quelli a due valvole finali in controfase, è la stessa disposizione in controfase che attenua notevolmente la distorsione causata dall'amplificazione. In quelli ad una sola valvola finale, l'attenuazione della distorsione non può essere ottenuta se non con un circuito a reazione negativa.

La fig. 8.12 illustra un esempio di circuito a reazione negativa, utilizzato allo scopo di diminuire la distorsione, inserito con il controllo di volume.

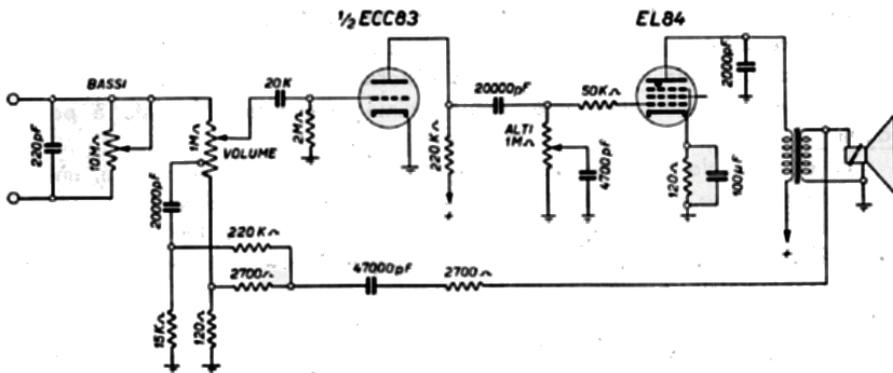


Fig. 8.12. - Esempio di circuito a reazione negativa applicato al controllo del volume.

All'entrata dell'amplificatore vi è un controllo dei toni bassi, seguito dal controllo di volume di tipo compensato. La resistenza di 1 megaohm del controllo è provvista di una presa, verso il basso; ad essa fa capo il circuito di compensazione, costituito dal condensatore di 20 mila picofarad, in serie con la resistenza di 15 mila ohm, collegata con un lato a massa. Tale circuito consente di ottenere buone riproduzioni dei toni bassi anche con basso livello sonoro; consente cioè di attenuare la perdita dei toni bassi, caratteristica della posizione verso i livelli sonori più bassi.

La resistenza variabile del controllo di volume è in serie con una resistenza di 120 ohm. È a tale resistenza che è applicata la tensione audio retrocessa, e ciò tramite due resistenze di 2700 ohm e un condensatore di 47 mila picofarad. Una parte della tensione audio è applicata anche ai capi della resistenza del circuito compensatore, di 15 mila ohm.

Tutte le audiofrequenze risultano retrocesse e quindi attenuate. La distorsione determinata dalle due valvole indicate nello schema risulta applicata, in senso opposto, all'entrata. In tal modo la distorsione da parte dell'amplificatore è attenuata, in quanto il segnale audio è distorto esso pure, ma in senso opposto, come avviene nei circuiti in controfase con due valvole finali.

Semplice amplificatore audio con due valvole in controfase e reazione inversa.

Lo schema di amplificatore audio di fig. 8.13 è semplicissimo, tale da costituire una indicazione iniziale di ciò che può essere uno schema di questo tipo. Esso consente di riassumere quanto detto nelle pagine precedenti. Lo schema è basilare, non presenta nessuna particolarità; è però utile poichè illustra come risulti in pratica un amplificatore audio. Esso consente numerose varianti, per cui si può ritenere il punto di partenza di tutti gli schemi di amplificatori audio di media potenza.

Lo stadio finale comprende due pentodi in controfase, perciò la potenza di uscita è compresa tra 10 e 12 watt. L'amplificatore può venir usato anche con potenza minore, ad es. quella di 3 o 4 watt, adatta per una stanza di soggiorno; minore è la potenza utilizzata, minore è anche la distorsione, per cui, pur essendo semplicissimo, questo amplificatore può fornire ottime prestazioni, se usato a potenza ridotta.

Le due valvole finali devono essere precedute da due altre valvole, una per l'inversione di fase e l'altra per l'amplificazione di tensione del segnale audio. Le due finali in controfase non possono funzionare da sole. Per l'inversione di fase basta un triodo, per l'amplificazione di tensione è invece necessario un pentodo.

All'entrata della prima valvola, V_1 , amplificatrice di tensione, vi è il controllo di volume RV_1 . Al suo circuito di catodo è applicata la tensione di controeazione, proveniente dal secondario del trasformatore d'uscita, mediante cavetto schermato, per evitare induzione all'entrata della valvola. La controeazione è regolabile mediante una resistenza variabile RV_2 , di 50 ohm.

Il triodo invertitore di fase è del tipo più comune, con due resistenze di carico di valore eguale (47 chiloohm) R_7 e R_9 , poste una nel suo circuito di placca e l'altra in quello di catodo. In tal modo sono ottenuti due segnali audio eguali, ma di senso opposto, ossia in opposizione di fase; quando uno è positivo l'altro è negativo, e viceversa. Affinchè i due segnali giungano eguali alle griglie dei pentodi finali è necessario che anche i due condensatori di accoppiamento (C_4 e C_5) siano eguali, e che lo siano anche le due resistenze di griglia (R_{10} e R_{11}). Le quattro resistenze R_7 e R_9 , nonché R_{10} e R_{11} devono essere di precisione, ossia con tolleranza del 5 per cento.

Le due valvole finali hanno i catodi in comune; le loro placche sono collegate ai due capi del primario del trasformatore d'uscita; la presa al centro è collegata al circuito di alimentazione anodica, a 285 volt. Il secondario del trasformatore di uscita ha diverse prese, in modo da adeguarsi ai vari tipi di altoparlanti.

L'AMPLIFICATORE

L'alimentazione anodica è ottenuta con una valvola raddrizzatrice, e un trasformatore di tensione; la tensione raddrizzata è prelevata dal catodo della valvola; essa viene livellata con il filtro costituito dalla resistenza R_{16} e dai condensatori elettrolitici C_7 e C_8 .

L'amplificatore indicato può venir costruito a scopo didattico, utilizzando val-

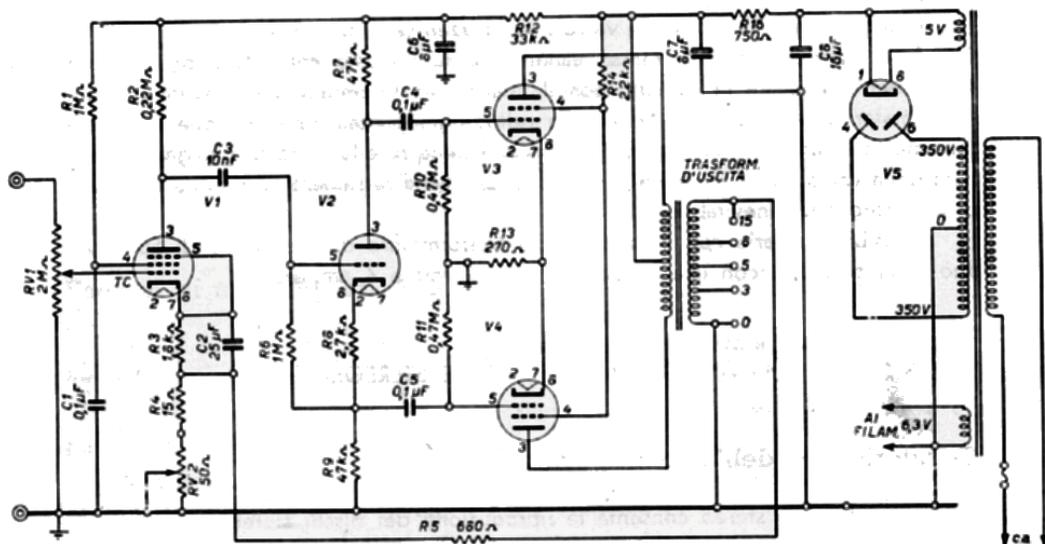


Fig. 8.13. - Schema di semplice amplificatore a due valvole finali in controfase.

vole di vecchio tipo, in disuso. Le finali possono essere due 6V6-GT oppure due 6AQ5-A, con le caratteristiche identiche; il triodo può essere un 6J5-GT, e l'amplificatore di tensione un pentodo 6J7-GT.

Nello schema è indicato un trasformatore di tensione con secondario AT di 350-0-350 volt, e due secondari BT uno da 5 volt e 3 ampere per il filamento della raddrizzatrice, ed un altro di 6,3 volt e 4 ampere per l'accensione delle altre quattro valvole. La tensione di 350 volt è necessaria affinché quella di placca delle valvole finali risulti di circa 285 volt, data la caduta di tensione ai capi della resistenza R_{16} , di 750 ohm.

La corrente anodica assorbita è normalmente di 80 milliampere; ne risulta che la dissipazione di R_{16} è notevolmente elevata. È per questa ragione che nella maggior parte degli amplificatori al posto della resistenza R_{16} vi è un'impedenza di BF di 5 o 10 henry, adatta per 80 milliampere; la sua resistenza ohmmica risulta bas-

sissima, per cui si può adoperare un trasformatore di tensione più piccolo, con il secondario AT di 250-0-250 volt anzichè di 350-0-350 volt.

C'è un altro modo di evitare sia la resistenza R_{16} quanto l'impedenza BF, ambedue costose, e usare un trasformatore di tensione con secondario AT di 250-0-250 volt; esso consiste nel collegare la presa AT per le placche delle finali direttamente al catodo della raddrizzatrice; in tal modo la maggior parte della corrente anodica non passa attraverso il filtro di livellamento; per i pochi milliampere della corrente anodica è in tal caso sufficiente una resistenza R_{16} di 1,2 chiloohm e 1 watt.

Con lo schema indicato, la valvola raddrizzatrice è una 5Z4.

Tutti i collegamenti di massa vanno fatti su un solo conduttore di rame da 1 millimetro, il quale fa contatto con il telaio solo all'entrata del ricevitore. I due trasformatori devono trovarsi ad angolo retto; ogni precauzione possibile deve essere messa in atto per evitare che la tensione della rete-luce possa giungere all'entrata della valvola amplificatrice di tensione, poichè diversamente il rumore di ronzio è la conseguenza inevitabile.

Il fusibile in serie con il primario del trasformatore di tensione è di 500 mA; può venir sostituito con una lampadina da 6,3 volt e 4 ampere.

4. — L'AMPLIFICATORE STEREO.

Caratteristiche dell'amplificatore stereo.

L'amplificatore stereo consente la riproduzione dei dischi stereofonici, ai quali è stato accennato nel capitolo sesto. Nel solco di tali dischi vi sono due incisioni, al posto di una sola; la cartuccia del fonorivelatore è perciò provvista di due uscite. Ciascuna di tali uscite è collegata ad una delle due entrate dell'amplificatore stereo.

L'amplificatore stereo è essenzialmente un doppio amplificatore, con in comune il solo alimentatore anodico. È provvisto di due entrate, di due canali di amplificazione, e di due uscite.

È provvisto di doppi controlli di volume e di tono, comandati da una manopola, essendo disposti sopra lo stesso asse. La differenza saliente tra gli amplificatori mono (ossia gli usuali) e gli amplificatori stereo, è appunto rilevabile dalla presenza dei comandi di volume e di tono con doppi controlli, monocomandati.

Gli amplificatori stereo sono adatti anche per la riproduzione dei dischi convenzionali, ad una sola incisione nel solco, ossia dei dischi monofonici. In tal caso le loro entrate sono unite; i canali di amplificazione rimangono separati e così pure le loro uscite. Collegati in tal modo, funzionano, in pratica, come un amplificatore solo, con due altoparlanti.

Gli amplificatori stereo, in quanto doppi, non consentono realizzazioni molto accurate, di tipo ad alta fedeltà; sono in genere degli amplificatori di tipo modesto,

a bassa fedeltà. C'è anche qualche amplificatore stereo a buona riproduzione della gamma audio, ma costituisce solo un'eccezione.

Vi sono, inoltre, amplificatori stereo che non sono doppi, però funzionano con due valvole finali in controfase. In genere gli amplificatori stereo funzionano con due canali, ciascuno dei quali è provvisto di una sola valvola finale. Utilizzando due valvole finali in controfase ed un particolare circuito, è possibile amplificare i due canali mediante le stesse valvole finali in controfase, ossia adoperare una coppia sola di finali in controfase anziché due coppie.

Amplificatori stereo di questo tipo sono però poco usati in pratica, in quanto richiedono appositi trasformatori d'uscita. Sono usati due trasformatori appositamente costruiti; uno di essi è detto *trasformatore di somma*, l'altro è detto *trasformatore di differenza*. Sono ambedue trasformatori d'uscita.

Amplificatori stereo di questo tipo sono detti a due vie. Ad essi è dedicato il capitolo decimo del Radiolibro 17ma edizione.

Esempi di amplificatori stereo.

La fig. 8.14 riporta lo schema di un semplice amplificatore stereo, adatto per fonovaligia. L'amplificazione è affidata a due sole valvole, due triodi-pentodi ECL82.

Ciascun canale di amplificazione funziona con un triodo preamplificatore e un pentodo finale, della stessa ECL82.

All'entrata è indicato il fonorivelatore stereo, a due elementi sensibili. Esso fa capo al commutatore mono-stereo, il quale consente di utilizzare anche fonorivelatori mono, ad un solo elemento. E ad una via e a due posizioni. In figura, è nella posizione stereo.

Seguono le due resistenze variabili con controllo di volume, R_1 e R_2 , ciascuna di 1 megaohm. A loro volta sono seguite da altre due resistenze variabili, R_3 e R_4 , di 0,5 megaohm, appartenenti al controllo di tono.

Le tensioni audio, provenienti simultaneamente dalle due uscite della cartuccia stereo, sono applicate alle griglie controllo dei due triodi. Le resistenze R_5 e R_6 sono le resistenze di griglia.

Ai circuiti di catodo dei due triodi è presente una tensione audio retrocessa dall'uscita, in reazione negativa, mediante le resistenze R_{17} e R_{18} , applicata ai capi delle resistenze R_7 e R_{10} , di 100 ohm ciascuna.

Le valvole finali sono due pentodi di potenza, delle due ECL82, ciascuna provvista del proprio trasformatore d'uscita, e collegata al proprio altoparlante.

La massima tensione anodica, ai capi di C_{12} , è di 215 volt; quella ai capi di C_{11} è di 190 volt. La tensione di catodo delle finali è di 15 volt; la tensione anodica dei triodi è di 90 volt, quella dei loro catodi è di 1,3 volt. Le resistenze sono tutte di un quarto di watt, ad eccezione di $R_{15} - R_{16}$ e $R_{19} - R_{20}$ che sono di un watt.

La resa d'uscita è di 2 watt per canale. Gli altoparlanti sono da 5 ohm d'impedenza, tipo, AD 3700 Z. I trasformatori d'uscita sono di tipo PK 506-28.

Le cartucce fonorivelatrici sono del tipo a cristallo, mod. AG 3063, con puntina di zaffiro da 18 micron.

I due altoparlanti vanno disposti distanti l'uno dall'altro. La distanza può essere

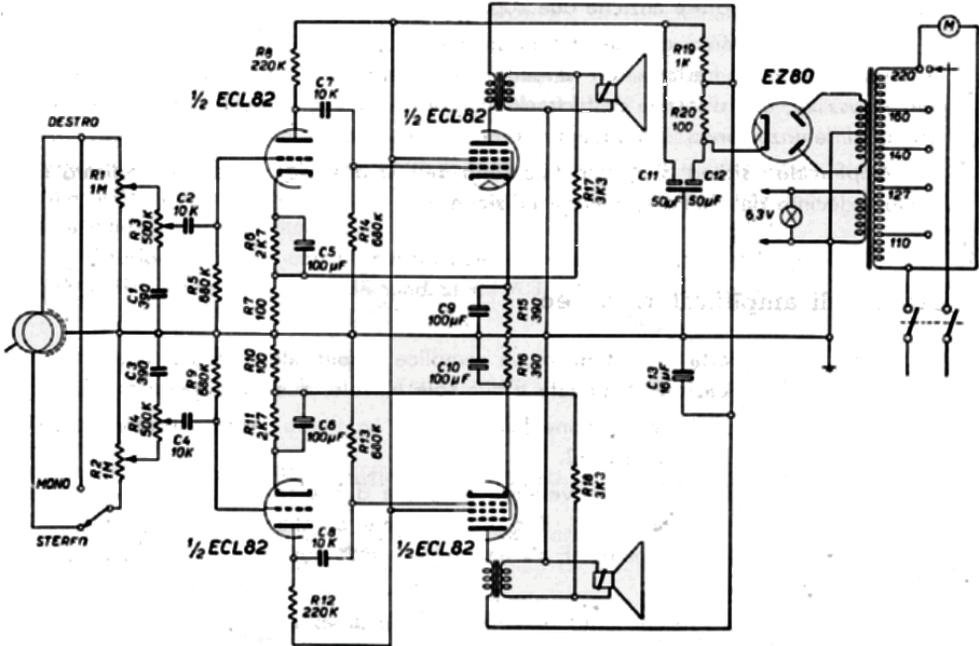


Fig. 8.14. - Schema di amplificatore a due canali per fonovaligia stereofonica.

compresa tra 3 e 4 metri, a seconda dell'ambiente. Vanno orientati in modo che il punto di intersezione delle loro perpendicolari si trovi ad un metro circa dall'ascoltatore.

SECONDO ESEMPIO.

Un altro amplificatore stereo con due valvole amplificatrici ECL82, è quello di cui la fig. 8.15 riporta lo schema. Le valvole sono utilizzate come nell'esempio precedente, i triodi provvedono alla preamplificazione e i pentodi all'amplificazione finale.

L'AMPLIFICATORE

I due controlli di volume, monocomandati, sono a doppia compensazione di tonalità, ossia di tipo fisiologico. I quattro circuiti compensatori sono costituiti da $C_1 - R_1$, $C_2 - R_2$ e $C_3 - R_3$ e $C_4 - R_4$. Essi assicurano la buona riproduzione delle frequenze basse anche a minimi livelli sonori.

Le resistenze variabili dei controlli di volume sono indicate con P_1 e P_{1a} . L'accoppiamento dei triodi con i rispettivi pentodi avviene tramite C_9 e C_{10} . In parallelo alle resistenze di griglia dei pentodi, R_9 e R_{10} vi sono i due controlli di tono, formati dalle resistenze variabili P_2 e P_{2a} , in serie con i condensatori fissi C_7 e C_8 .

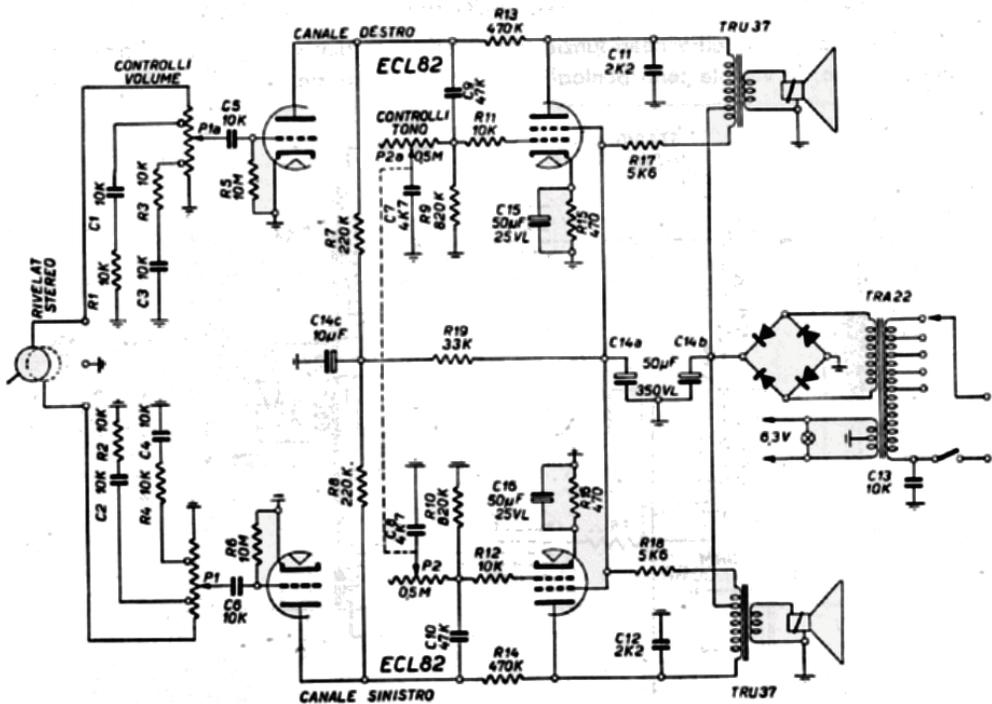


Fig. 8.15. - Schema di amplificatore stereo simile al precedente.

Le placche dei pentodi sono collegate a quelle dei triodi tramite le due resistenze R_{13} e R_{14} , le quali provvedono alla reazione negativa per l'attuazione della distorsione da parte delle valvole finali.

La resa d'uscita è di 2 watt per ciascun canale.

5. — L'AMPLIFICATORE AD ALTA FEDELITÀ.

Gli amplificatori ultralineari.

Gli ultralineari sono amplificatori ad alta fedeltà, in grado di amplificare uniformemente una vastissima gamma di frequenze audio. La parte lineare della loro curva di responso alle frequenze audio è molto più lunga di quella degli amplificatori convenzionali, da ciò il termine *ultralineari*. In genere si tratta di amplificatori di potenza elevata, da 20 watt ed oltre, adatti per grandi ambienti, come ad es. sale cinematografiche.

PRINCIPIO DEGLI AMPLIFICATORI ULTRALINEARI.

Gli amplificatori ultralineari funzionano sempre con due valvole finali di potenza, in controfase; le valvole sono pentodi, ma esse sono disposte in modo da funzionare

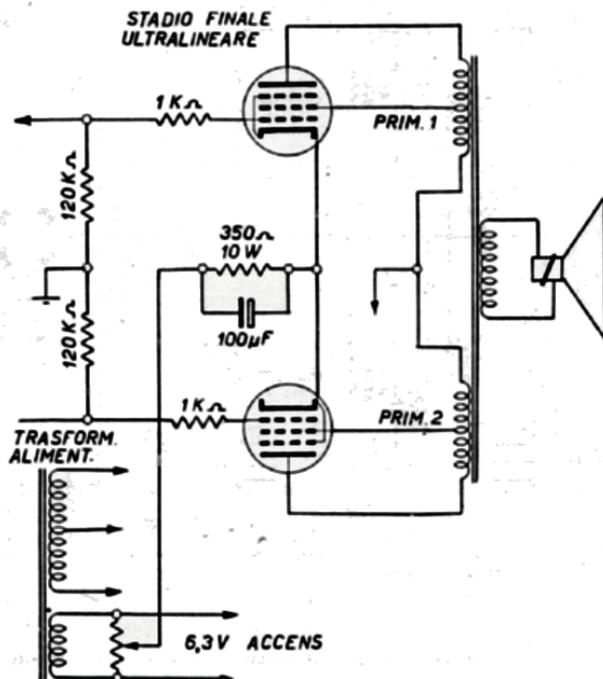


Fig. 8.16. - Stadio finale di tipo ultralineare.

anche come triodi. Le finali degli ultralineari pur essendo pentodi, funzionano come se fossero triodi, senza però essere dei triodi, in quanto la loro griglia schermo non è collegata alla placca.

La griglia schermo dei pentodi finali è collegata ad una appropriata presa

dell'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita, come indica la fig. 8.16. In tal modo, la stessa tensione di placca viene applicata anche alle griglie schermo. La presa al primario è importante, in quanto dalla sua posizione dipende il funzionamento dello stadio ultralineare. Se la presa è molto vicina alla placca, le finali funzionano quasi da triodi; se invece è vicina alla presa al centro, funzionano quasi esclusivamente da pentodi.

In teoria, la presa per le griglie schermo deve trovarsi ad un punto tale che l'impedenza dell'avvolgimento sia del 18,5 per cento, rispetto l'impedenza di ciascun primario, misurata dalla presa centrale. In pratica, la presa può venir fatta in punti compresi tra il 20 e il 40 per cento. Più alta è la percentuale, più bassa è la distorsione, ma più alta è anche la diminuzione di guadagno.

Con il 18,5 per cento, la distorsione risulta molto ridotta con minima riduzione

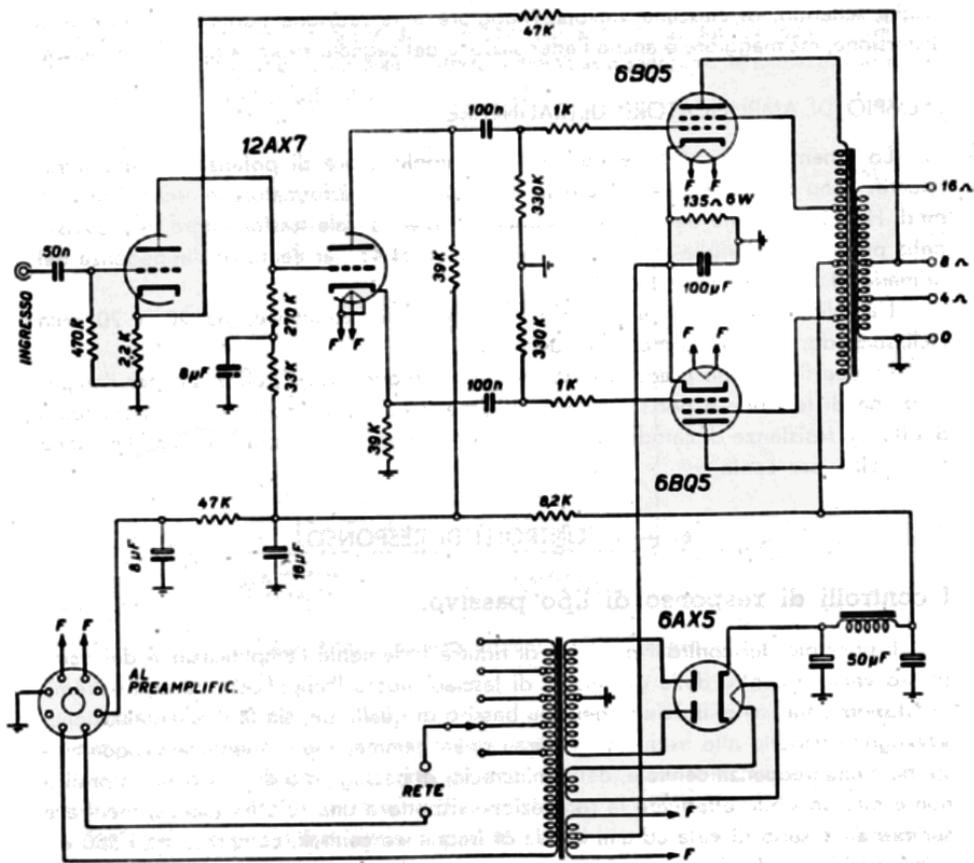


Fig. 8.17. - Esempio di unità di potenza con stadio finale di tipo ultralineare.

della resa d'uscita. Tale minima riduzione è però relativa, in quanto si tratta, in media, del 35 per cento.

A seconda della presa per le griglie schermo, varia l'impedenza dell'avvolgimento primario, e quindi il numero di spire e il loro rapporto; ne consegue che sono necessari appositi trasformatori d'uscita. Questo è il secondo inconveniente degli amplificatori ultralineari; il primo è quello della riduzione della resa d'uscita.

La fig. 8.16 indica uno stadio d'uscita ultrilineare. Il primario del trasformatore d'uscita è provvisto di due prese in più per le griglie schermo delle valvole.

I catodi delle due valvole hanno una resistenza in comune, collegata al cursore della resistenza semifissa posta ai capi dell'avvolgimento di accensione, per attenuare il ronzio.

La maggiore linearità e la maggiore fedeltà, ottenibili con uno stadio di questo tipo, è conseguenza della reazione negativa tra il circuito di placca e quello della griglia schermo, di ciascuna valvola. Maggiore è la reazione negativa, minore è la distorsione, ma maggiore è anche l'attenuazione del segnale audio, a tutte le frequenze.

ESEMPIO DI AMPLIFICATORE ULTRALINEARE.

Lo schema di fig. 8.17 è quello di un amplificatore di potenza, di tipo ultrilineare. Sono utilizzate due valvole finali 6BQ5, con trasformatore d'uscita Trusound mod. H-245. Ciascuno dei due avvolgimenti primari di tale trasformatore, è provvisto della presa per la griglia schermo. Le prese sono al 43 per cento dell'impedenza del primario. Il rapporto è da 35 a 1.

L'amplificatore consente una risposta alle varie frequenze, da 20 a 20 mila cicli/secondo, con più o meno un decibel.

Le due finali sono precedute da un doppio triodo 12AX7, utilizzato per l'amplificazione di tensione e per l'inversione di fase. I due triodi sono ad accoppiamento diretto. Le resistenze di catodo e di placca del triodo invertitore, di 39 mila ohm, sono tarate all'1 per cento.

6. — I CONTROLLI DI RESPONSO.

I controlli di responso di tipo passivo.

Il principio dei controlli passivi è di ridurre fortemente l'amplificazione del complesso verso il centro della gamma, e di lasciare libera l'amplificazione agli estremi. In tal modo, sia l'amplificazione dei toni bassi o di quelli alti, sia la loro attenuazione, avvengono rispetto alle frequenze centrali della gamma; teoricamente avvengono rispetto a una frequenza centrale, detta d'incrocio, di passaggio o di crossover. In pratica non è mai possibile effettuare la regolazione rispetto a una sola frequenza, mentre è sempre necessario riferirla ad una banda di frequenze centrali, compresa tra i 500 e i 1 000 cicli/secondo.

Riducendo l'amplificazione della banda delle frequenze centrali si ottiene

una notevole perdita nella resa d'uscita, ma ciò non ha importanza poichè è facile ottenere rese d'uscita notevoli, con le valvole attuali. S'intende che questo procedimento è utilizzabile solo con complessi sonori di classe, ad alta fedeltà, e non con complessi modesti. Non potrebbe venir utilizzato, ad es. in un piccolo amplificatore ad una valvola, per fonovaligia. È necessario che il complesso disponga di notevole potenza, e che una parte notevole di tale potenza possa venir sacrificata allo scopo di consentire il rinforzo effettivo delle frequenze ai due estremi della gamma.

Come detto, i due controlli di tonalità agiscono da controlli manuali di volume; sicchè i complessi che ne sono provvisti sono in realtà dotati di tre controlli di volume: uno per i toni bassi, uno per le frequenze centrali (il controllo di volume vero e proprio), e uno per i toni alti.

ESEMPIO DI CONTROLLI BASSI E ALTI, DI TIPO PASSIVO.

La fig. 8.18 riporta lo schema dei due controlli di tonalità, dei toni bassi e dei toni alti, nonché del controllo di volume. Questo schema è generalmente utilizzato in quasi tutti i complessi ad alta fedeltà.

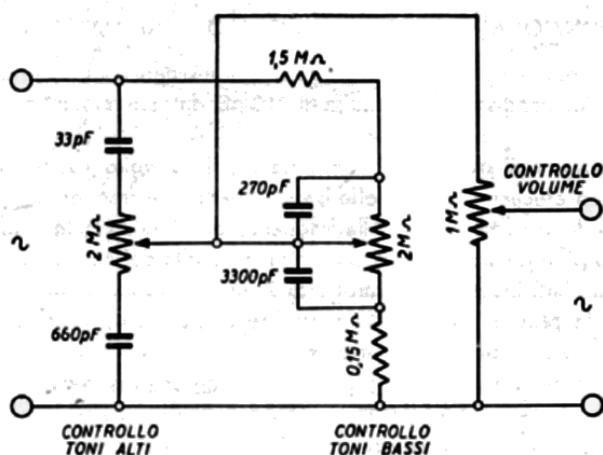


Fig. 8.18. — Schema di controlli di risposta.

Il controllo toni alti è costituito da una resistenza variabile logaritmica con in serie due condensatori fissi, uno per ciascun lato.

Il controllo toni bassi è formato da una resistenza variabile logaritmica con in parallelo due condensatori, e in serie due resistenze.

Per effetto di tale disposizione, il controllo toni alti agisce soltanto sulle frequenze alte, come controllo di volume; e il controllo toni bassi agisce soltanto sulle frequenze basse, come controllo di volume.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL CONTROLLO TONI ALTI.

Il controllo toni alti consiste della resistenza variabile di 2 megaohm, in serie con un condensatore di 33 pF da un lato, e di un condensatore di 660 pF dall'altro. Esso funziona soltanto in presenza delle frequenze alte della gamma; per le frequenze basse è praticamente inesistente.

Infatti, alla frequenza di 100 c/s, la reattanza del condensatore di 33 pF è di circa 50 megaohm, mentre quella del condensatore di 660 pF è di circa 2,5 megaohm. Posto tra due resistenze di valore così elevato, il controllo non risulta attivo. Consente una minima variazione, ma essa è praticamente trascurabile.

Alla frequenza di centrobanda, di 1000 c/s, il controllo si trova tra una resistenza di 5 megaohm da un lato, e una di 0,25 megaohm dall'altro lato. Essendo il valore del controllo di 2 megaohm, esso consente una modesta regolazione.

L'azione del controllo risulta ottima, pienamente efficiente alle frequenze più alte. Infatti, a 10000 c/s le reattanze dei due condensatori fissi risultano di 0,5 megaohm da un lato e di 0,025 megaohm dall'altro lato. Essendo il controllo di 2 megaohm, esso agisce esattamente come un controllo di volume, poichè la maggior parte della tensione a 10000 c/s è presente ai suoi capi.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL CONTROLLO TONI BASSI.

Il controllo toni bassi di fig. 8.18 consiste di una resistenza variabile di 2 megaohm, in parallelo con due condensatori fissi, uno di 270 pF, dal lato alto, e l'altro di 3300 pF, dal lato basso.

Data la presenza di questi due condensatori, il controllo risulta paralizzato alle frequenze alte, ed efficace solo a quelle basse. Infatti, alle frequenze alte, il controllo risulta praticamente in cortocircuito. Alla frequenza di 10 mila c/s, la reattanza del condensatore di 270 pF è di circa 60 mila ohm, mentre quella del condensatore di 3300 pF è di circa 4 mila ohm. Essendo il controllo di 2 megaohm, il suo valore risulta ridotto fortemente, per la presenza delle due reattanze in parallelo; si comporta all'incirca come se il suo valore fosse di 50 mila ohm.

Tale controllo di 50 mila ohm si trova in serie con una resistenza di 1,5 megaohm da un lato, e con una resistenza di 0,15 megaohm dall'altro. La tensione a 10 mila c/s è presente ai capi delle tre resistenze in serie; ai capi del controllo di 50 mila ohm essa è ridottissima, quindi il controllo è inefficiente.

Al lato opposto della gamma, ossia a 100 c/s, avviene l'inverso. La reattanza del condensatore di 270 pF risulta di circa 6 megaohm, e quella del condensatore di 3300 pF di circa 0,4 megaohm. Il controllo si comporta come se avesse una resistenza di circa 1,5 megaohm. Poichè si trova tra una resistenza fissa di 1,5 megaohm e l'altra di 0,15 megaohm, quasi metà della tensione a 100 c/s è presente ai suoi capi, quindi esso consente un'ampia regolazione.

L'ampiezza della regolazione, ossia la dinamica del controllo, dipende dai valori delle due resistenze fisse e dei due condensatori fissi. Con valori come quelli indicati, si ottiene una regolazione fortemente accentuata verso le frequenze più basse, sotto

i 500 c/s. Elevando i valori dei due condensatori fissi, rispettivamente a 2000 ed a 20 000 pF, ad esempio, il controllo risulta efficiente anche alle frequenze meno basse, dai 1000 c/s in giù. In questo caso però l'azione è meno « ripida ».

S'intende che il valore dei condensatori e delle resistenze fisse dipende anche da quello del controllo. In genere si utilizzano controlli di 1 megaohm o di 2 megaohm.

IL CONTROLLO DI VOLUME.

Quando sono usati i controlli di responso di tipo passivo, il controllo di volume viene collegato come indica la stessa fig. 8.18. La resistenza del controllo di volume si trova, in tal caso tra i due cursori dei controlli di tonalità e massa.

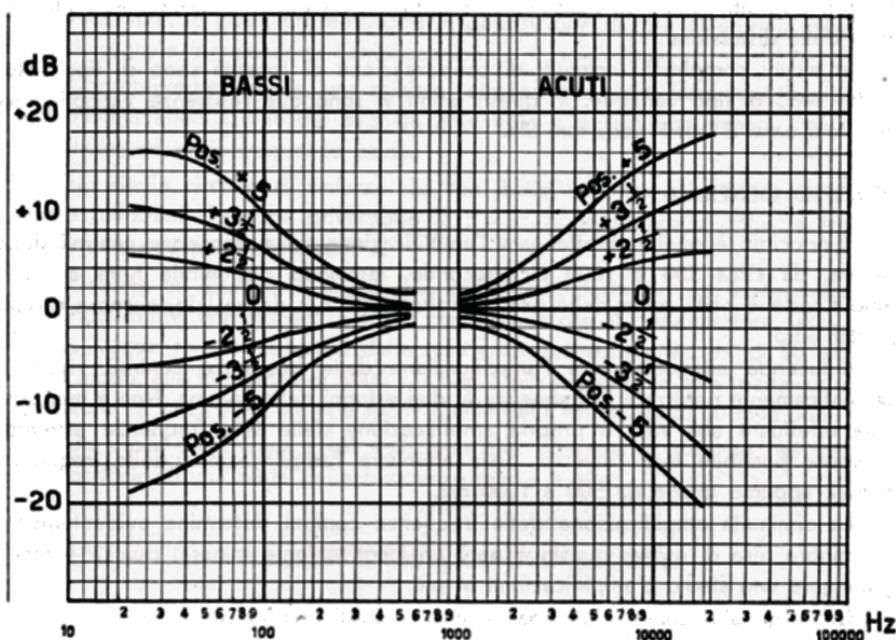


Fig. 8.19.

CURVA DI RESPONSO DEI CONTROLLI TONI BASSI E ALTI.

La fig. 8.19 illustra le curve di responso dei controlli toni bassi e toni alti, di tipo passivo, di un complesso ad alta fedeltà, rispetto alle frequenze centrali, comprese tra 500 e 1000 c/s.

Le curve indicano quale sia il rinforzo e quale sia l'attenuazione alle varie frequenze, determinata dai due controlli. Come si può notare, l'azione dei due controlli risulta efficace nei tratti da 20 a 300 cicli/secondo da un lato; e da 2000 a 20 000 cicli/secondo dall'altro lato. Gli effetti massimi si ottengono solo agli estremi.

Le curve indicate a sinistra si riferiscono a sette diverse posizioni della manopola del controllo toni bassi. Quelle indicate a destra si riferiscono ad altrettante posizioni della manopola del controllo toni alti.

Controlli di responso a controreazione.

La controreazione, o reazione inversa, è ampiamente utilizzata nella maggior parte dei complessi amplificatori per attenuare la distorsione conseguente all'amplificazione. Essa può venir utilmente utilizzata anche per rinforzare i toni bassi e i toni alti, ossia per sostenere gli estremi della curva caratteristica di responso. Vengono utilizzati appositi circuiti di controreazione, diversi da quelli utilizzati per l'attenuazione della distorsione.

In alcuni complessi, i circuiti di controreazione di tonalità sono di tipo fisso, in altri sono di tipo variabile. In questi ultimi vi sono due resistenze variabili, una per i toni bassi e l'altra per i toni alti.

PRINCIPIO GENERALE.

Il principio è quello di attenuare l'amplificazione delle frequenze centrali della gamma, da circa 500 a 1000 cicli/secondo, lasciando disponibile tutta o quasi l'amplificazione nella parte della gamma sotto i 500 c/s da un lato, e sopra i 1000 c/s dall'altro.

Riducendo adeguatamente l'amplificazione delle frequenze centrali, risultano automaticamente rinforzate le frequenze ai due estremi della gamma. Non è mai possibile effettuare una vera e propria amplificazione delle sole frequenze estreme; è sempre possibile fare l'inverso, ossia attenuare l'amplificazione delle frequenze centrali, appunto quelle da 500 a 1000 c/s.

La diminuita amplificazione delle frequenze centrali determina evidentemente una minore resa di uscita; questo è però un inconveniente minore, poichè è facile aggiungere uno stadio d'amplificazione in più.

Come gli altri controlli di tonalità, anche questi di tipo controreazionato, sono adatti solo per complessi con adeguato numero di valvole; non si prestano per piccoli amplificatori.

I controlli di responso a controreazione presentano due inconvenienti, oltre quello della minor amplificazione, inevitabile:

- a) non consentono un'ampia regolazione di tonalità, particolarmente per le frequenze elevate; sono abbastanza bene adatti solo per le frequenze basse;
- b) possono causare instabilità di funzionamento.

Per queste due ragioni, questo tipo di controllo è poco utilizzato nei complessi di produzione nazionale; è piuttosto largamente utilizzato nei complessi di produzione tedesca.

RETROCESSIONE DI FREQUENZE.

Il sistema più semplice di rinforzo con controeazione consiste nel collegare un condensatore fisso tra l'uscita e l'entrata dell'amplificatore. Tale condensatore provvederebbe da solo ad attenuare tutte le frequenze alte e medie, lasciando pressochè inalterate le frequenze basse. Funzionerebbe da dispositivo di rinforzo dei toni bassi.

Qualora la sua capacità fosse di 15 mila pF, la sua reattanza a 5000 c/s sarebbe di appena 2123 ohm, mentre quella a 1000 c/s sarebbe di circa 10 mila ohm, e quella a 50 c/s di 212 mila ohm. Rispetto alle varie frequenze, esso si comporterebbe come una resistenza variabile a controllo automatico, minima alle frequenze alte, massima alle frequenze basse. Esso consentirebbe una notevole retrocessione delle frequenze alte, le quali, presentandosi in opposizione di fase all'entrata, diminuirebbero il segnale, riducendone l'amplificazione.

Consentirebbe, invece, una minima retrocessione delle frequenze basse, quindi una minima attenuazione del segnale all'entrata e perciò una minima riduzione di amplificazione delle frequenze basse.

Un simile circuito di rinforzo dei toni bassi, con un solo condensatore fisso, non è utilizzabile, poichè priverebbe la riproduzione sonora di tutte le frequenze alte e di buona parte delle medie.

Occorre un dispositivo un po' più complesso. Basta, ad es., collegare in serie al condensatore una resistenza fissa, per evitare che il condensatore lasci passare troppe frequenze alte. Il valore della resistenza può essere, ad es. di 50 mila ohm. In tal modo, alla frequenza di 5000 c/s non è più presente la sola reattanza del condensatore, di 2123 ohm, ma vi è anche quella della resistenza di 50 mila ohm.

Un simile dispositivo è già sufficiente per ottenere un rinforzo dei toni bassi, con sacrificio di una parte delle frequenze medie e alte.

ESEMPIO DI CONTROLLO DEI BASSI, A CONTROREAZIONE.

La fig. 8.20 riporta lo schema di un controllo dei toni bassi, inserito in circuito a controeazione, diverso da quello utilizzato per l'attenuazione della distorsione.

Il condensatore di passaggio è di 5 mila pF, se fosse utilizzato da solo, esso eliminerebbe tutte le frequenze alte e medie dalla riproduzione sonora, nonchè buona parte delle frequenze basse. È però posto in parallelo con una resistenza variabile di 1 megaohm, a variazione logaritmica, e in serie con una resistenza fissa di 47 mila ohm; è quest'ultima che limita la retrocessione troppo cospicua delle frequenze alte e medie.

La resistenza variabile da 1 megaohm costituisce il controllo dei toni bassi. Quella per il controllo dei toni alti è invece posta nel circuito del controllo di volume. Consiste di una resistenza di 0,5 megaohm in serie con un condensatore di 2000 pF da un lato, e con uno di 30 mila pF dall'altro.

L'AMPLIFICATORE

Per il controllo dei toni alti (acuti) è necessario un altro circuito, di tipo usuale, posto all'entrata dell'amplificatore, e formato da una resistenza di 500 mila ohm in serie con un condensatore di 5 nanofarad; diversamente non sarebbe possibile regolare il rinforzo dei toni alti.

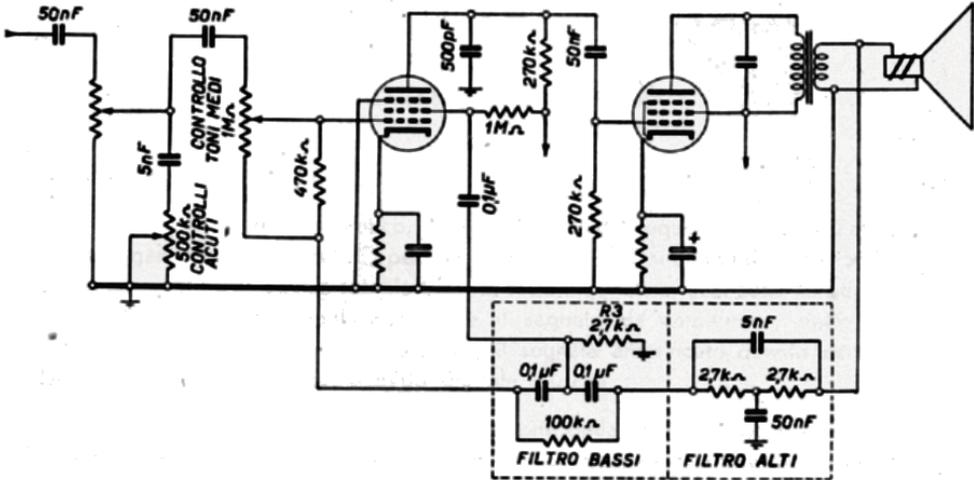


Fig. 8.21. - Schema di controlli di responso in circuito controeazionato.

Una possibilità di regolare il rinforzo dei toni alti è data dalla sostituzione del condensatore di 50 nanofarad, del filtro alti, con condensatori di altro valore. Si possono utilizzare tre condensatori al posto di uno solo, per es. uno di 10 nF, uno di 50 nF e uno di 100 nF. Con tre tasti è ottenibile un variatore di tonalità degli alti.

