

UN AMPLIFICATORE AD ALTA FEDELTA' A DOPPIO CANALE

di G. NICOLAO

Un amplificatore a doppio canale ha molti vantaggi su un amplificatore convenzionale di tipo normale per alta fedeltà, sia che esso venga utilizzato semplicemente per il pilotaggio di due altoparlanti di diverse caratteristiche contenuti nello stesso mobile, sia invece che si preferisca adoperare due altoparlanti separati in mobili pure separati, onde ottenere un effetto pseudo-stereofonico di tipo «3D».

Uno dei principali vantaggi dell'impiego di queste apparecchiature è l'eliminazione di una rete di divisione di frequenza a bassa impedenza, che presenta l'inconveniente di richiedere un sistema per le frequenze alte munito di attenuatore, in modo da bilanciare le uscite dei due canali. Il sistema a doppio canale permette inoltre di ottenere l'esatto adattamento d'impedenza tra gli amplificatori e gli altoparlanti, ed in più permette di sfruttare la migliore impedenza di trasferimento tra il generatore e le unità delle frequenze basse e di quelle alte. Il circuito adottato nella nostra realizzazione è tolto da una idea apparsa sul n. 1 del 1956 della Rivista «Audio Engineering». Esso permette di ottenere una efficace divisione in due canali delle componenti alte e basse di frequenza, senza che componenti delle une o delle altre si trasferiscano in entità apprezzabile nel canale adiacente.

Il circuito, illustrato nella fig. 1, impiega una rete di divisione a resistenza e capacità comprendente una valvola in circuito ripetitore catodico. Vengono usate due ECC84, una per ognuno dei due canali. I valori dei condensatori e delle resistenze sono stati ottenuti dopo lunghe prove sperimentali e sono apparsi i migliori per determinare una frequenza di taglio di 800 Hz che separa i due canali. Si sarebbe potuta scegliere anche una frequenza di taglio inferiore (per esempio di 500 Hz), però si sarebbero incontrate maggiori difficoltà nella reperibilità degli altoparlanti, onde ottenere la minor distorsione possibile dalle due unità tweeter woofer. D'altra parte, se qualche lettore avesse un altoparlante per le note alte capace di rispondere fino — ad esempio — a 500 Hz, i valori dei condensatori e delle resistenze potrebbero essere ricavati facendo un rapporto tra 800 e 500 Hz, dividendo cioè per il rapporto di queste due frequenze il valore dei relativi condensatori.

In analogo modo ci si potrebbe comportare qualora si volesse ottenere un sistema con frequenza di taglio superiore più alta, o anche volendo calcolare altri circuiti RC per realizzare un sistema a tre canali, anziché a due.

Il filtro per le frequenze basse permette di ottenere un'attenuazione approssimativa di 18 dB per ottava sopra la massima frequenza, e cioè sopra la frequenza di taglio, mentre il filtro per le frequenze alte permette di ottenere la stessa attenuazione sotto la frequenza di taglio. Con un misuratore di uscita ed un generatore di bass: frequenza è bene fare in modo che

i due amplificatori abbiano una uscita inferiore di 1 dB alla uscita massima, alla frequenza di taglio (e cioè nel caso comune, alla frequenza di 800 Hz). La curva di fig. 2 illustra l'effetto di taglio dei due sistemi di filtro delle frequenze alte e di quelle basse. Questa curva potrà essere ottenuta con i sistemi noti: un controllo sarà opportuno per poter osservare il comportamento dei filtri realizzati, tenendo presente che — molto spesso — i componenti impiegati hanno valori di tolleranza superiori al 15 - 25% per cui si possono verificare differenze notevoli dal progetto ori-

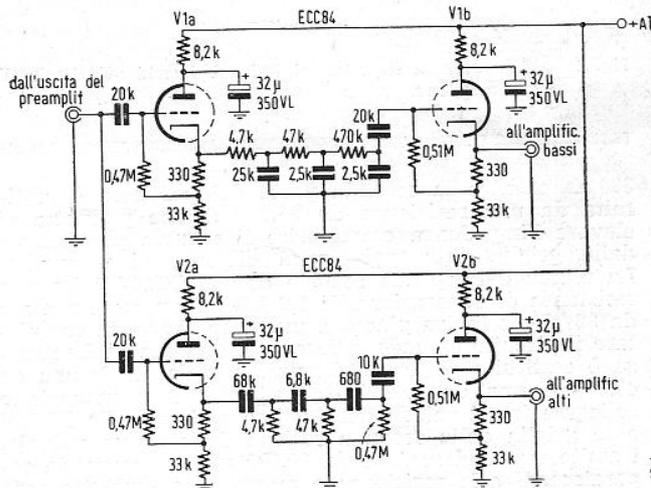


Fig. 1 Divisore di frequenza per amplificatore Hi-Fi a due canali. Tutti i resistori sono da 1/2 W.

ginale. Qualora si possa disporre di elementi al 5% o migliori, di rilevamento delle curve di risposta non sarà necessario, in quanto i risultati dovranno essere uguali a quelli dati dall'articolo. L'impedenza d'ingresso della rete di divisione di frequenza è molto alta, mentre l'impedenza d'uscita di ognuno dei due canali è bassa e permette l'impiego un cavo di collegamento abbastanza lungo, per il pilotaggio dei due amplificatori, senza che si generino effetti sfavorevoli sulla risposta in frequenza. La tensione massima che può essere inviata alla rete di divisione è di 10 V, valore oltre il quale si otterrebbe distorsione non tollerabile all'ascolto. Impiegando il circuito descritto con amplificatori di potenza di una certa sensibilità, la tensione massima inviata al divisore di frequenza non

supererà 0,5-1 V, valore ottimo perchè siano rispettate le condizioni di amplificazione senza distorsione che sono necessarie perchè l'impianto possa rientrare nel campo dell'alta fedeltà.

Descrizione del circuito divisore.

Un preamplificatore normale per alta fedeltà deve essere collegato all'ingresso del divisore di frequenza. Il segnale proveniente dal preamplificatore viene inviato, tramite due condensatori di accoppiamento da 20.000 pF, rispettivamente alla prima griglia della ECC84 amplificatrice e separatrice delle frequenze basse e alla prima griglia della ECC84 amplificatrice e separatrice delle frequenze alte. La prima ECC84 funziona con una resistenza di griglia di 0,47 MΩ che fa capo ad un partitore posto sul catodo. La resistenza di polarizzazione catodica è costituita da una resistenza da

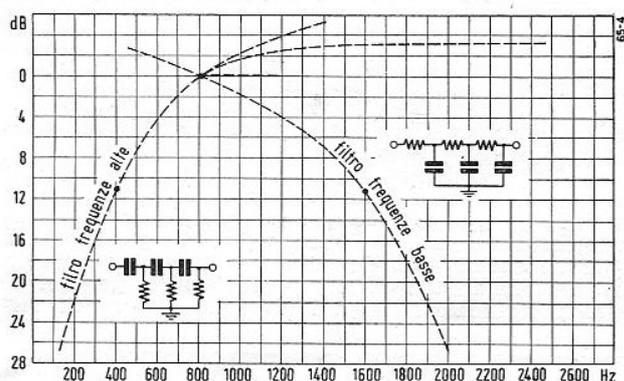


Fig. 2 Curves di risposta dei filtri a T inseriti nel circuito di selezione.

330 Ω, mentre la seconda parte del partitore è costituita da una resistenza da 33.000 Ω che permette di elevare l'impedenza e trasferire il segnale proveniente dalla griglia della valvola al divisore di frequenza. La placca della prima sezione della ECC84-V1 ha una resistenza di separazione di 8,2 kΩ ed un condensatore da 32 μF posto tra placca e massa in modo da completare il circuito cathode follower. Il divisore di frequenza è costituito da tre resistenze, una da 4.700, una da 47.000 e una da 0,47 MΩ, poste tra loro in serie e collegate tra il catodo della prima sezione della ECC84 e la griglia della seconda sezione della stessa valvola, tramite un condensatore da 20.000 pF che serve da separatore. Tra le resistenze e massa sono posti tre condensatori che compongono il filtro a T, uno da 25.000 pF e due da 2500 pF. La seconda valvola anch'essa collegata in circuito «Cathode follower» ha la resistenza di griglia di 0,51 MΩ e i circuiti di catodo e di placca perfettamente uguali a quelli della prima sezione. Simile a quello precedentemente descritto è il circuito separatore delle frequenze alte. Variano naturalmente i valori dei componenti del filtro a T, mentre rimangono identici i circuiti di catodo e placca delle due sezioni della valvola. Dal catodo della prima sezione tre condensatori in serie raggiungono la griglia della seconda sezione. Il primo condensatore da 68000 pF è seguito da un secondo condensatore da 6800 e da un terzo da 680 pF. Dai punti di congiunzione di questi condensatori partono tre resistenze (da 4700 da 47000 e da 0,47 MΩ rispettivamente) con terminazione a massa.

Un condensatore da 20.000pF separa la rete di filtro dalla griglia della seconda sezione della ECC84. Queper l'impiego nel ricevitore ad alta fedeltà realizzato da questa Casa. I risultati ottenuti furono molto buoni

sta separazione è necessaria in quanto la resistenza di polarizzazione di griglia non è collegata a massa, ma fa capo al centro del partitore catodico. Non esistendo questo condensatore la tensione di griglia controllo sarebbe talmente negativa — rispetto al catodo —, da bloccare il funzionamento della valvola, portandola oltre il limite d'interdizione.

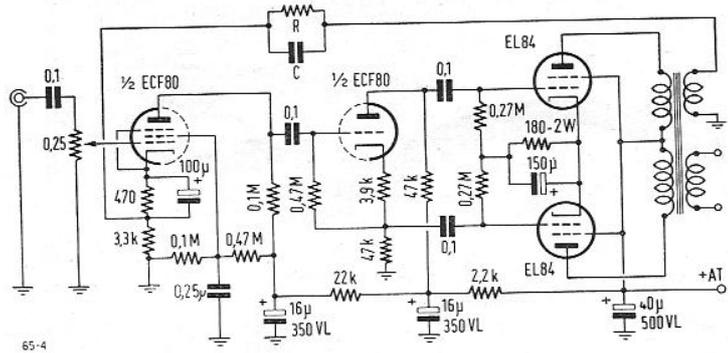
Il circuito ad uscita catodica impiegato è assai simile a quello utilizzato negli invertitori di fase degli amplificatori ad Alta fedeltà.

Gli amplificatori di potenza.

Due sono gli amplificatori di potenza che devono essere collegati al sistema ora descritto. Essi possono essere identici tra loro, oppure possono differire per i valori della capacità e delle resistenze nei circuiti di accoppiamenti RC onde facilitare ulteriormente il passaggio delle frequenze per le quali sono stati calcolati. La prima soluzione è illustrata nella fig. 3.

Tre valvole vengono impiegate nel circuito: un triodo pentodo a catodi separati ECF80 nelle funzioni di amplificatore e invertitore di fase e 2EL84 amplificatrici finali di potenza. Senza eccedere nella tensione anodica e oltrepassare i limiti prudenziali di funzionamento delle valvole, questo amplificatore è in grado di erogare da 5 a 8 W con una distorsione armonica inferiore all'1% e una distorsione da intermodulazione dell'1% circa. La potenza può essere aumentata a 10 W con una distorsione del 3% aumentando la tensione anodica. L'amplificatore ha una curva assolutamente piatta tra 30 Hz e 45000 Hz circa per una tensione d'ingresso costante. Un segnale di bassa frequenza di circa 1/2 volt è in grado di pilotare in pieno questo amplificatore e di ottenere la massima potenza di uscita. Un controllo di Livello, realizzato con un potenziometro da 0,25 MΩ, è inserito all'ingresso in modo da evitare possibili sovraccarichi e da permettere l'unione di questo amplificatore con qualsiasi complesso preamplificatore con o senza il sistema di divisione di frequenza. Per realizzare il sistema bifonico che abbiamo descritto è necessario che siano costruiti due di questi amplificatori. Ecco la ragione per la quale si è scelto un triodo pentodo come amplificatore invertitore di fase e due valvole di costo abbastanza basso quali le EL84 per la realizzazione dello stadio finale. In questo modo, i circuiti potranno essere realizzati ambedue su un unico telaio (in quanto sono necessarie complessivamente solo sei valvole di tipo noval) mentre è preferibile che l'alimentazione sia realizzata su un telaio a parte. I valori dei componenti (resistenze e condensatori) inseriti nel circuito della sezione pentodica ECF80 sono selezionati in modo da ottenere la minima distorsione da intermodulazione. E' della massima importanza — per esempio — alimentare la griglia schermo della sezione amplificatrice pilota con una tensione stabilizzata e quindi far uso di un partitore o addirittura di una V.D.R. per ottenere una stabilizzazione efficace. Altrettanto importante è sembrato chiudere il condensatore di ritorno di griglia al catodo della valvola amplificatrice piuttosto che a massa: ciò permette di ridurre ulteriormente la distorsione da intermodulazione. Un condensatore di accoppiamento da 0,1 μF collega lo stadio pilota con la sezione triodica che funge da invertitrice di fase in circuito catodo placca. Le due resistenze di carico sono da 47000 Ω e la resistenza di catodo della sezione triodica stessa è shuntata da un condensatore elettrolitico, in modo che non si verifichi una certa diversità d'ampiezza dei segnali di pilotaggio sulle griglie delle valvole finali. Le resistenze di carico dello stadio invertitore di fase e quelle di griglia delle due valvole finali è opportuno siano del tipo pellicolare e abbiano una tolleranza intorno al 2 o 5%. Un potenziometro di basso valore è collegato tra le due resistenze di griglia controllo delle valvole finali, in modo da permettere il bilanciamento esatto delle tensioni di eccitazioni. Nella realizzazione originale di questo circuito venne impiegato un trasformatore di tipo «Grundig» [Cortesia «AUSTRO-ITAL» - LAVIS (Trento)] realizzato per le valvole EL84 e costruito

Fig. 3 Schema elettrico degli amplificatori di potenza da usarsi nel sistema a due canali. Tutte le resistenze sono da 1/2 W, se non diversamente specificato. Capacità in μF .



anche se a primo avviso le dimensioni del trasformatore stesso potevano far pensare che il rendimento verso le frequenze basse poteva essere limitato. L'impiego di lamierino speciale e l'esatto dimensionamento del filo ed il rapporto di trasformazione uniti ad un sistema indipendente di controreazione permettono invece di ottenere risultati assolutamente superiori alla media e di poter mettere a confronto questo trasformatore con i migliori offerti dal mercato. Purtroppo il trasformatore anzidetto è di difficile reperibilità e quindi è probabile non sia molto facile servirsi di quest'unità. Potrà comunque essere sostituito da un altro trasformatore per valvole EL84 di buona qualità scelto tra i migliori attualmente in commercio oppure potrà essere realizzato con appropriato calcolo. Un elevato tenore di controreazione si ottiene prelevando una tensione negativa ai capi di un avvolgimento speciale del trasformatore d'uscita ed inviandola alla presa del partitore catodico della sezione pentodica della ECF80. Il valore di R determina l'entità della controreazione mentre il condensatore C permette di evitare il formarsi di oscillazioni a frequenze alte, comunemente note con il nome di «ringing». Il valore della resistenza e del condensatore vanno ricavati sperimentalmente.

Qualora non si avesse a disposizione un secondario apposito per la controreazione sarà possibile realizzare lo stesso circuito ponendo a massa un capo del secondario del trasformatore d'uscita e collegando il filo della controreazione all'altro capo. In questo caso sarà necessario controllare quale capo del trasformatore vada collegato a massa e quale vada invece alla rete di controreazione onde non ottenere un effetto di slinearizzazione invece che di correzioni di risposta.

Il valore corretto di controreazione da applicare a questo circuito è compreso tra 12 e 15 dB, ed è opportuno non aumentare il valore di controreazione sopra i 15 dB, per non ottenere una diminuzione sen-

sibile della potenza di uscita ed una distorsione di forma che potrebbe verificarsi in particolare verso le frequenze alte. Abbiamo già precedentemente riferito che è possibile realizzare due diverse unità amplificatrici di potenza per l'amplificazione delle frequenze alte e di quelle basse. In questo caso avremo due schemi molto simili a quello descritto, con la differenza che alcuni valori saranno variati in modo da favorire il passaggio delle frequenze alte oppure di quelle basse. Il vantaggio dato dall'impiego di due amplificatori che abbiano dei canali selettivi è dato dal fatto che l'introduzione di capacità molto alte in un circuito capace di amplificare un campo di frequenza molto vasto, porterebbe a difficoltà di linearizzazione verso le frequenze alte, in quanto le capacità disperse verso massa e parassite tenderebbero a far abbassare la curva di risposta in prossimità delle frequenze più alte dello spettro sonoro. D'altra parte la diminuzione dei valori di capacità porterebbe automaticamente alla diminuzione del limite inferiore di frequenze amplificate. C'è una possibilità ancora migliore per l'amplificazione delle frequenze basse e sarebbe quella di utilizzare un amplificatore ad accoppiamento diretto. Ma ciò non ha pratica utilizzazione in quanto sarebbe poi difficile reperire un altoparlante capace di rispondere a frequenze tanto basse quanto ad esempio 15 o 16 Hz senza introdurre una distorsione apprezzabile. Inoltre la potenza ottenibile con amplificatori ad accoppiamento diretto sarebbe naturalmente molto esigua. E' bene ricordare a questo proposito che suoni a 16 Hz sono praticamente dei rumori, prossimi alla soglia dell'udibilità, per cui non si otterrebbero vantaggi apprezzabili se non dal punto di vista della forma d'onda e della fase. Un alimentatore adatto per i circuiti descritti nell'articolo, è quello illustrato nella fig. 4. Esso fa uso di una rettificatrice 5U4 GB, che eroga fino a 300 mA di corrente continua. Con il livellamento previsto il rumore di fondo a 100 Hz è inferiore allo 0,02% ovvero a 0,06 volt su 300 volt.

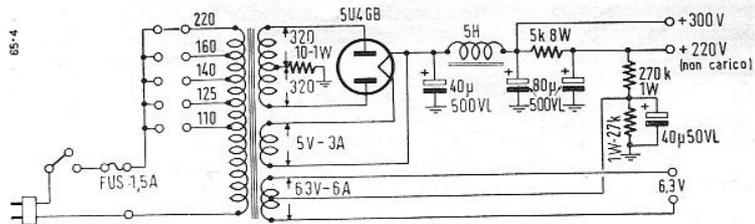


Fig. 4 Alimentatore per gli amplificatori BF - Hi-Fi di potenza per un sistema a doppio canale.