

Il crossover

in pratica

un articolo dedicato a principianti, e ad esperti pigri

Sergio Cattò

Molte volte, nella realizzazione di una cassa acustica, la rete crossover si presenta la più ostica da realizzare sia per i calcoli necessari sia per la scelta del circuito vero e proprio.

La struttura portante di questo articolo è una chiara catalogazione dei circuiti possibili e di quattro tabelle che possono risolvere molto facilmente ogni problema.

Per i non addetti ai lavori è necessaria una breve introduzione. È noto che in alta fedeltà un solo altoparlante non è in grado di riprodurre *soddisfacentemente tutta la gamma di frequenze dell'amplificatore*: si rende necessario quindi l'uso di due o più altoparlanti con caratteristiche differenti. Naturalmente questi altoparlanti specializzati ciascuno per una determinata gamma di frequenze deve essere alimentato opportunamente.

È ovvio che un altoparlante costruito per riprodurre bene delle basse frequenze (il Woofer) se alimentato con alte frequenze non solo funzionerà male ma potrà anche danneggiarsi più facilmente che un altoparlante per alte frequenze (il tweeter).

Quindi l'uso di una opportuna rete di filtro o crossover separa le frequenze inviate dall'amplificatore in varie gamme adatte a utilizzare al meglio l'altoparlante, migliorando anzi il rendimento in potenza acustica.

Ogni filtro risulta sempre una combinazione più o meno complessa di due tipi elementari di filtro: il PASSA-ALTO e il PASSA-BASSO.

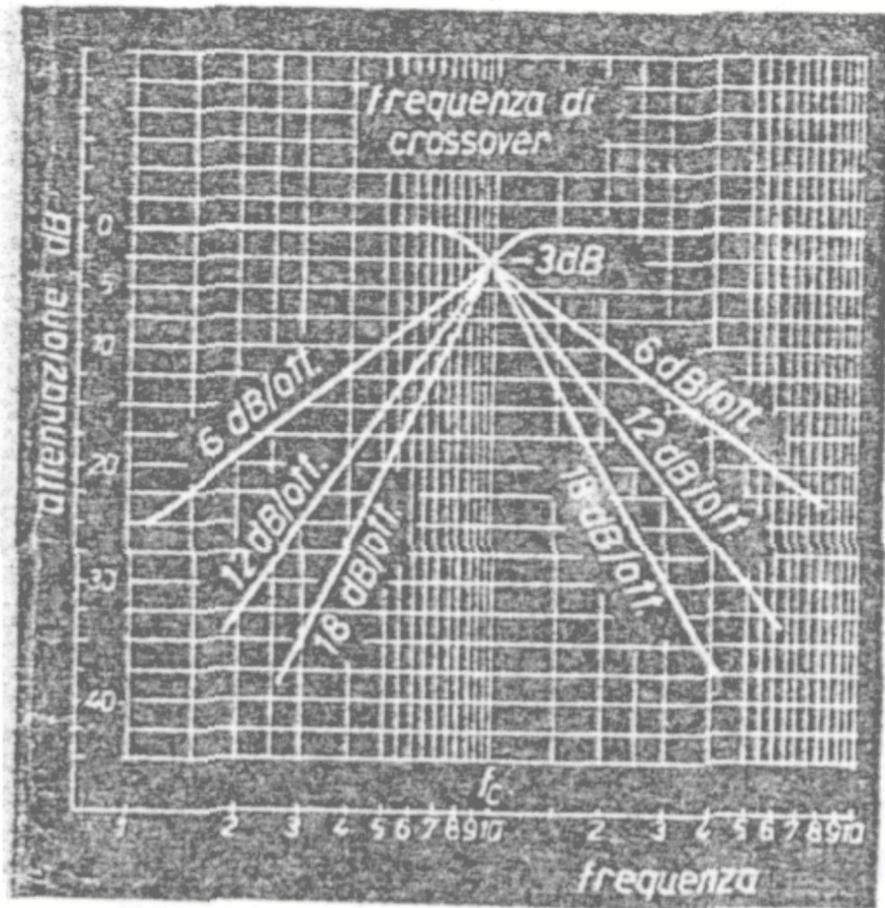
Come già dice la parola, sono particolari circuiti che lasciano passare o solo le frequenze superiori o solo quelle inferiori a una certa F_c detta frequenza di taglio o frequenza di crossover.

Esiste anche un terzo filtro base che è il PASSA-BANDA.

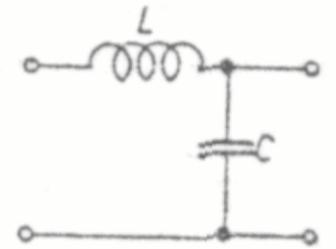
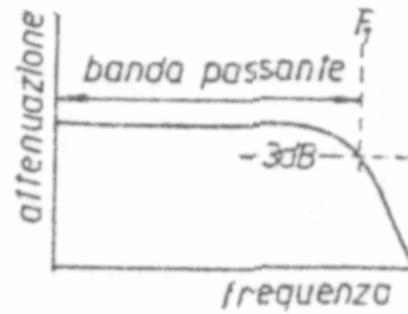
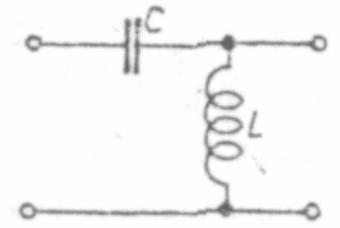
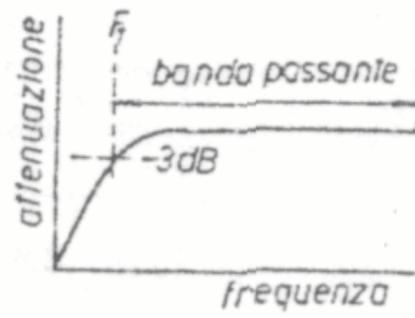
Si tratta comunque di una combinazione dei primi due.

Per semplificare i filtri, si possono eliminare condensatori e induttori che siano in parallelo al segnale. Così, nella versione più semplice e meno efficiente un filtro passa-alto è un semplice condensatore, un passa-basso un induttore, un passa-banda un condensatore e un induttore in serie.

Per convenzione, fissato un certo livello di riferimento detto di 0 dB, la frequenza di taglio viene fissata quando la curva di risposta presenta una attenuazione di 3 dB (la curva di attenuazione non è a gradino) rispetto al valore di riferimento, cioè quando il valore dell'ampiezza del segnale si è dimezzato.

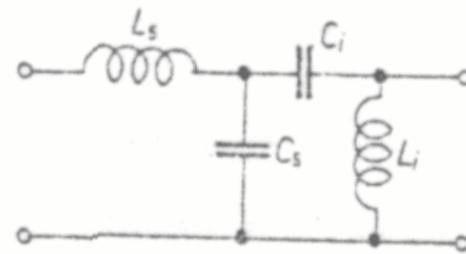
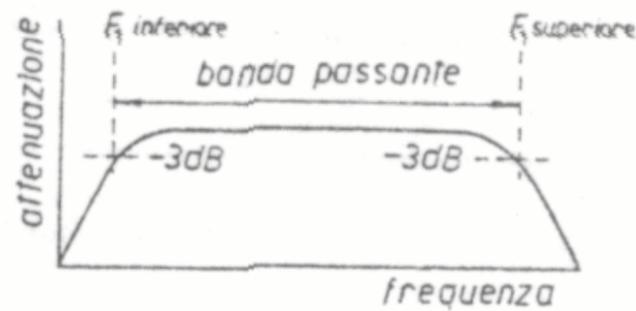


Filtro PASSA-ALTO



Filtro PASSA-BASSO

Filtro PASSA-BANDA



Formule per il calcolo dei componenti

Reti K

$$C_1 = \frac{1}{\omega_c R_o} \text{ farad}$$

$$C_2 = \sqrt{2} C_1 \text{ farad}$$

$$C_3 = \frac{C_1}{\sqrt{2}} \text{ farad}$$

$$\omega_c = 2 \pi f_c$$

R_o impedenza altoparlante

f_c frequenza di crossover

$$L_1 = \frac{R_o}{\omega_c} \text{ henry}$$

$$L_2 = \frac{L_1}{\sqrt{2}} \text{ henry}$$

$$L_3 = \sqrt{2} L_1 \text{ henry}$$

Reti M

$$C_1 = \frac{2}{\omega_c R_o} \text{ farad}$$

$$C_2 = \frac{1}{1+m} \frac{1}{\omega_c R_o} \text{ farad}$$

$$C_3 = \frac{1}{\omega_c R_o} \text{ farad}$$

$$C_4 = \frac{1}{2 \omega_c R_o} \text{ farad}$$

$$C_5 = (1+m) \frac{1}{\omega_c R_o} \text{ farad}$$

$$\omega_c = 2 \pi f_c$$

$$m = 0,6$$

R_o impedenza altoparlante

f_c frequenza di crossover

$$L_1 = (1+m) \frac{R_o}{\omega_c} \text{ henry}$$

$$L_2 = \frac{R_o}{\omega_c} \text{ henry}$$

$$L_3 = \frac{R_o}{2 \omega_c} \text{ henry}$$

$$L_4 = \frac{2 R_o}{\omega_c} \text{ henry}$$

$$L_5 = \frac{1}{1+m} \frac{R_o}{\omega_c} \text{ henry}$$

La scelta della frequenza di crossover per il filtro è condizionata dal tipo di altoparlante utilizzato. In generale la gamma di frequenze per un WOOFER (basse frequenze) risulta soddisfacente fino ai 2.000 Hz, come limite massimo, calando poi rapidamente; un mid-range (medie frequenze) può coprire efficacemente la banda compresa tra i 500 e i 4.000 Hz.

Facendo un esempio, le frequenze di crossover di una rete a tre vie possono essere 500 Hz e 3.500 Hz.

La scelta del tipo di rete da impiegare non è critica.

Esistono due famiglie: quelle tipo M e tipo K, ognuna poi può essere realizzata nella configurazione circuitale tipo serie o parallelo.

Si può rapidamente concludere che le reti tipo M sono più complesse anche per la presenza di numerosi induttori.

Allora cosa differenzia i vari circuiti?

La pendenza di attenuazione, cioè la rapidità con cui il filtro attenua le frequenze dopo la F_c (nel caso di filtro passa-alto).

La pendenza è espressa in decibel per ottava, e i valori teorici più comuni sono 6, 12 e 18 dB/ottava. Rammento che un'ottava musicale è l'intervallo compreso tra due frequenze l'una doppia dell'altra, quindi, esemplificando, fissata 1.000 Hz come frequenza di crossover, la prima ottava superiore è quella compresa fra i 1.000 Hz e i 2.000 Hz, la seconda ottava superiore è quella compresa tra i 2.000 e i 4.000 Hz, la terza ottava superiore è quella compresa tra i 4.000 Hz e gli 8.000 Hz; per le ottave inferiori, invece di raddoppiare si dimezza, così la prima ottava inferiore è quella compresa tra i 500 e i 1.000 Hz, la seconda ottava inferiore è quella compresa tra i 250 e i 500 Hz, e così via.

Per conoscere subito quale sarà la pendenza di attenuazione di una rete basta rammentare che in ogni filtro ciascun elemento, sia esso capacitivo o induttivo, porta a una attenuazione di 6 dB/ottava; così 1 elemento = 6 dB/ottava; 2 elementi = 12 dB/ottava; 3 elementi = 18 dB/ottava. Alla frequenza di crossover la potenza elettrica dell'amplificatore si ripartisce esattamente tra i due altoparlanti. È importante la scelta della pendenza di taglio delle reti, in particolar modo quando esse siano a più di tre vie; in ogni caso la frequenza di crossover deve essere a una frequenza tale che la risposta dell'altoparlante non cada eccessivamente e quindi il movimento del cono diventi non lineare e fonte di distorsioni. Così le reti più semplici da 6 dB/ottava non garantiscono una rapidità di attenuazione sufficiente richiedendo quindi che il woofer sia in grado di coprire almeno un'ottava superiore a quella di crossover e il tweeter almeno un'ottava inferiore alla frequenza di crossover più alta.

Le reti da 12 dB/ottava eliminano questi inconvenienti e quindi sono le più utilizzate.

La scelta tra reti K e M (il termine M è una costante numerica con valore compreso tra zero e uno che per applicazioni di bassa frequenza assume il valore 0,6) dipende essenzialmente dalla pendenza che si vuole ottenere.

Una volta scelto il circuito più adatto e le frequenze di crossover consone agli altoparlanti, cerchiamo nelle tabelle a quali valori induttivi e capacitivi corrispondono le varie frequenze di crossover. Le tabelle sono quattro, due per le reti K e due per le reti M e fanno riferimento ad altoparlanti con impedenza nominale di 4 e 8 Ω che sono i valori più comuni. Se qualcuno necessita frequenze di taglio diverse o impedenze differenti basta solo applicare le formule complete, certamente molto meno comode delle tabelle.