

MISURARE LA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO DEL FILTRO CROSSOVER

In questo articolo illustreremo come misurare la funzione di trasferimento del filtro crossover passivo, sia tipo parallelo che serie, usando il programma gratuito Speaker Workshop.

Dopo i tre articoli apparsi su CHF 77-78-79 a riguardo del software *Speaker Workshop* (SW) e sulle metodologie di misurazione, elettriche ed acustiche, dell'altoparlante e del diffusore, ho ricevuto un discreto numero di e-mail di nuovi utenti del freeware: alcuni mi ponevano domande sull'hardware da associare, altri su problemi di calibrazione e qualcuno semplicemente mi ringraziava, cosa non comune nella nostra epoca.

Questa volta ci occuperemo di come misurare la *funzione di trasferimento del filtro* (Network Transfer Function) su carico reale, ossia l'altoparlante. Iniziamo con il definire la funzione di trasferimento del filtro: essa è uguale al rapporto tra la trasformata di Laplace della tensione di uscita e di ingresso al filtro.

Detto in forma più semplice: applichiamo un segnale (di ampiezza e frequenza noti) V_{in} all'ingresso del filtro e misuriamone l'ampiezza V_{out} all'uscita del filtro: il rapporto V_{out}/V_{in} è la funzione di trasferimento del filtro a quella frequenza, quindi variando la frequenza del segnale applicato al filtro possiamo calcolarne, per punti, la funzione di trasferimento su tutto il range desiderato. Sicuramente è una procedura lunga e noiosa, per ovviare alla quale ci viene incontro *Speaker Workshop*, che ci permette di visualizzare velocemente la risposta elettrica del nostro filtro.

Chi volesse comunque approfondire il discorso matematico sulla funzione di trasferimento del filtro, consiglio l'articolo "I filtri Crossover, III puntata" di

Paolo Viappiani apparso su *Costruire HiFi* n. 3.

Ma torniamo a *Speaker Workshop* ed iniziamo a dare a Cesare ciò che è di Cesare: la procedura qui proposta fu presentata, nel giugno del 2002, al forum di SW da Guglielmo Caioli, personaggio importante nello sviluppo di questo software, quando Mark Zachmann ancora se ne interessava. A dire il vero questa procedura fu un po' snobbata dalla comunità di SW, e solo l'impegno mio e di Valerio Russo aiutarono a "pubblicizzare" il metodo Caioli, tanto che ora è presente nella seconda versione del "*The unofficial Speaker Workshop manual*", di Jay Butterman.

Ma iniziamo la procedura, non prima, però, di raccomandarvi di andare a rileggere il mio articolo su CHF n. 77, e in particolare la procedura di calibrazione di SW e il settaggio dei volumi, procedure necessarie per ottenere risultati affidabili.

I COLLEGAMENTI

In pratica facciamo come se dovessimo misurare la risposta in frequenza, solo che all'uscita dell'amplificatore colleghiamo l'ingresso del filtro e l'uscita di questo la colleghiamo sia all'altoparlante che al canale DATI della scheda audio (LINE IN destro). Possiamo usare sia l'amplificatore (fig. 1) che il LINE OUT della scheda audio (fig. 2) come RIFERIMENTO (LINE IN sinistro); se facciamo la misura usando l'uscita dell'ampli come RIFERI-

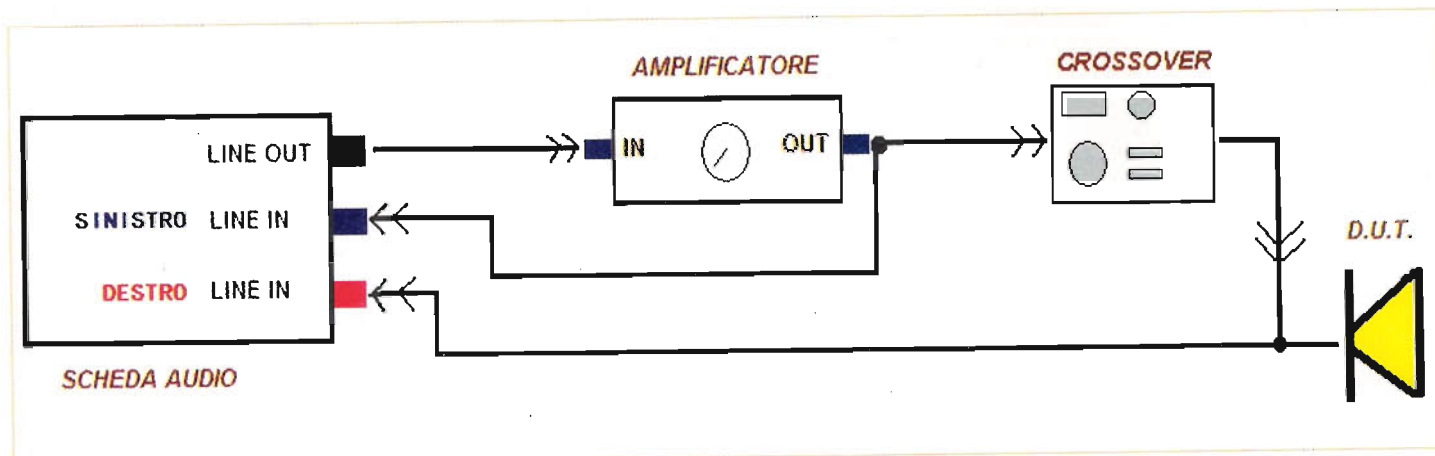


Figura 1: Collegamenti usando l'uscita dell'Ampli come riferimento.

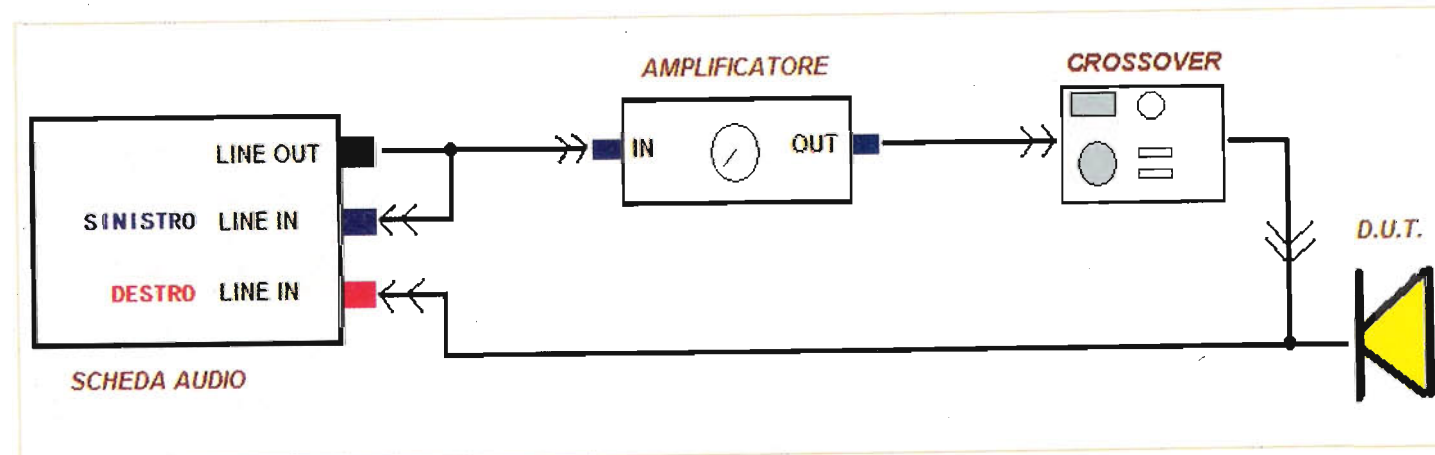


Figura 2: Collegamenti usando il LINE OUT come riferimento.

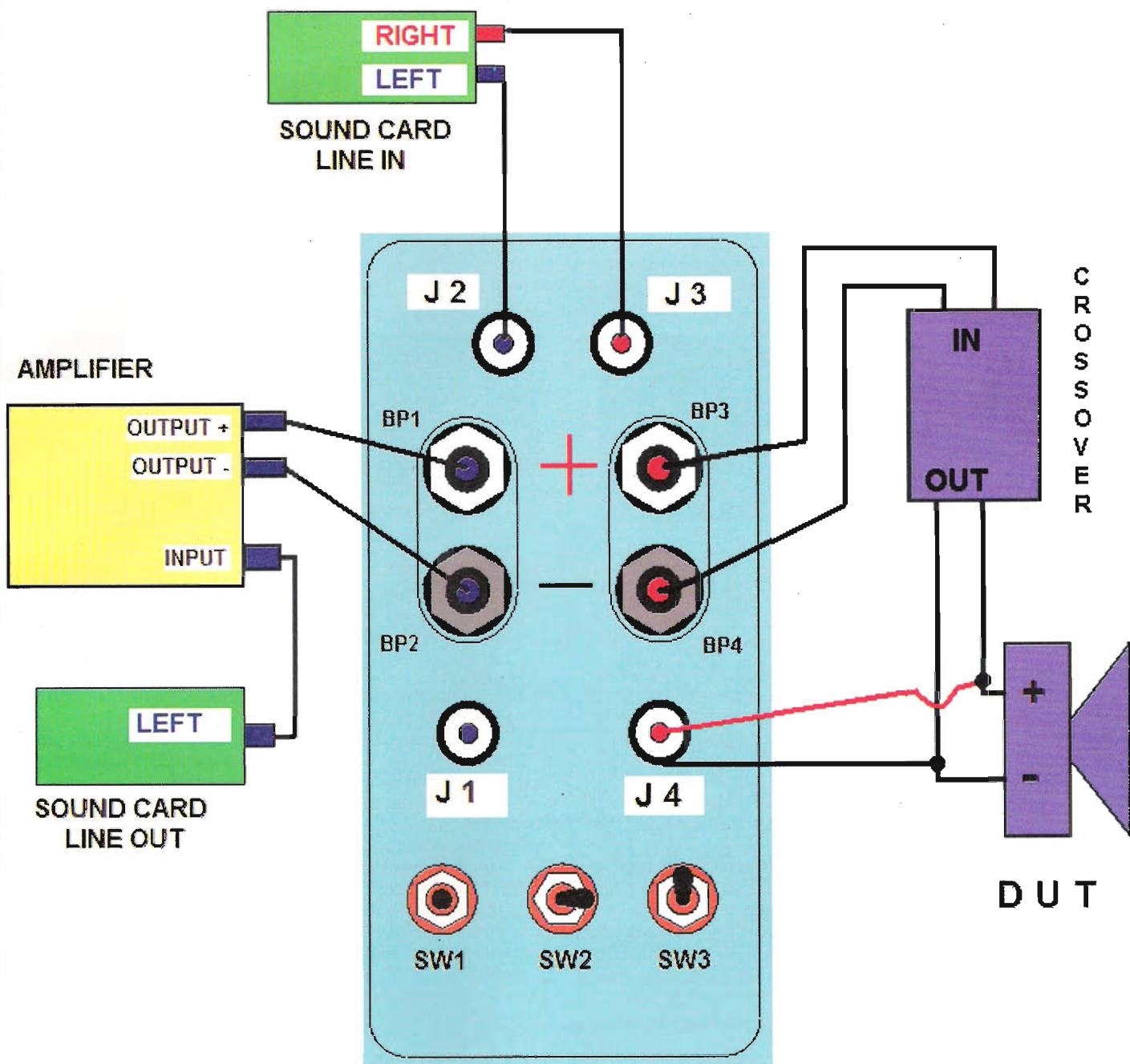


Figura 3: Collegamenti usando il Wallin Jig II.

MENTO (attenzione a non scassare la scheda audio, NON provate a misurare con più di 500mV), otterremo dei vantaggi: siccome SW misura la differenza di tensione fra i canali RIFERIMENTO e DATI, allora SW non terrà conto del guadagno dell'ampli, quindi dove non c'è attenuazione da parte del filtro il grafico riporterà esattamente 0 dB di attenuazione.

Così facendo potremo sommare al grafico della funzione di trasferimento del filtro quello della risposta dell'altoparlante non filtrato, ottenendo la risposta del driver filtrato, prima ancora di averlo misurato.

È importante ricordare che con questo metodo **misuriamo la funzione di trasferimento sull'impedenza effettiva dell'altoparlante**: in sostanza è una misura veritiera della bontà del filtro e dei componenti utilizzati, cosa importantissima quando si usano filtri molto complicati dove le tolleranze dei componenti possono facilmente portare a risultati diversi da quelli desiderati. Per chi usa il Walling Jig II, i collegamenti sono visibili nella figura 3.

LA MISURAZIONE DEL FILTRO PARALLELO

Il filtro usato in questo esempio, è quello delle Auri presentate su CHF n. 84, ossia un secondo ordine con due celle RLC parallelo in serie al woofer,

mentre per il tweeter il filtro è un terzo ordine con resistenza di caduta a monte. Una volta fatti i collegamenti, regolate il volume dell'ampli al minimo e collegate un tester alla sua uscita; poi create un segnale andando su RISORSE/ NUOVO/ SEGNALE, o usatene uno già esistente, evidenziatelo cliccandoci sopra due volte e poi click sul menu MISURA/ RISPOSTA IN FREQUENZA. Regolate ora il volume dell'amplificatore fino a leggere 300-500 milli Volt CA con il tester.

Prestate la massima attenzione a questa fase, per non bruciare la scheda audio, specialmente se usate l'amplificatore come RIFERIMENTO; per precauzione potete scollegare il mini-jack che va al LINE IN durante la regolazione del volume, ricordandovi di ricollegarlo prima della misurazione della funzione di trasferimento del filtro.

Quando il volume è OK, ripetete la procedura, e aprite il file di frequenza generato, che rappresenta la funzione di trasferimento del filtro usato: nella figura 4 ho comparato la funzione di trasferimento dello stesso filtro misurata usando sia l'amplificatore come riferimento che il Line Out; come potete vedere l'unica differenza è nell'ampiezza, ma le curve sono uguali nella forma. Per notare qualche differenza, tra i due tipi di collegamento presi in

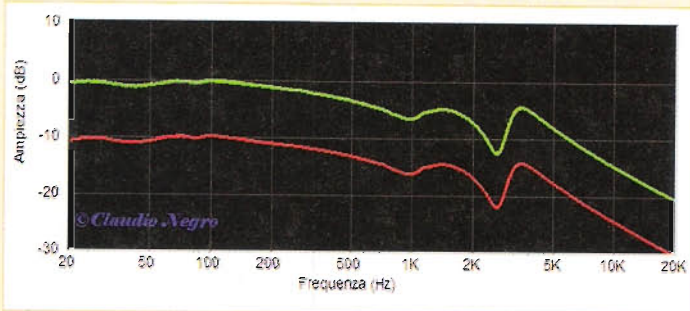


Figura 4: FTF : modulo con ampli come riferim. (verde) e con Line Out come riferim.(rossa).

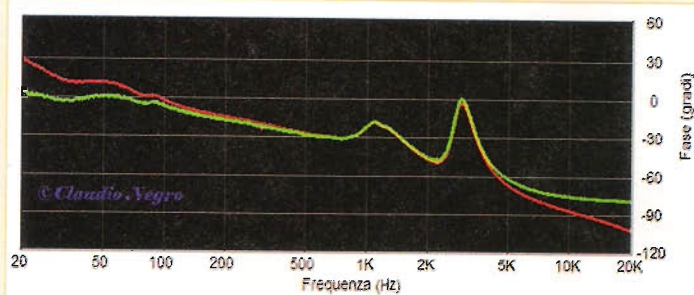


Figura 5: FTF : fase con ampli come riferim. (verde) e con Line Out come riferim.(rossa).

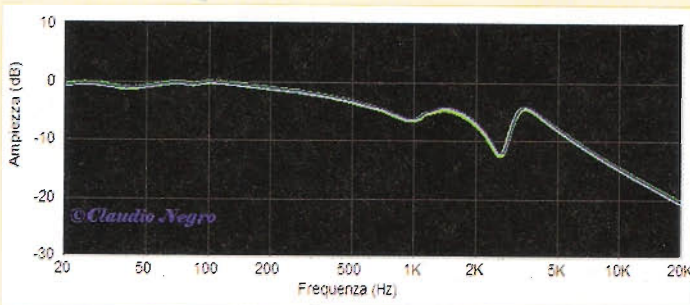


Figura 6: FTF : modulo misurato con ampli come riferim. (verde) e simulata (blue).

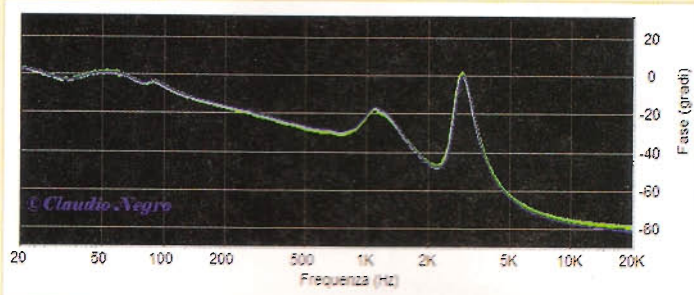


Figura 7: FTF : fase misurata con ampli come riferim. (verde) e simulata (blue).

esame, dobbiamo compararne la risposta della fase (fig. 5): possiamo vedere un limite della misura fatta con il LINE OUT come riferimento, dove agli estremi di banda la fase non è attendibile, divergendo da quella reale. Ovviamente per essere sicuri della bontà della misura fatta bisogna compararla con un riferimento: in questo caso ho usato un software di simulazione per calcolare la risposta del nostro filtro dopo aver importato la curva d'impedenza del woofer in uso. La comparazione del modulo (fig. 6) e della fase (fig. 7) ci mostrano ancora una volta l'affidabilità di *Speaker Workshop* e del metodo Caioli.

Se per i collegamenti abbiamo usato l'amplificatore come riferimento (fig. 1), possiamo sommare la funzione di trasferimento del filtro alla risposta in frequenza del driver non filtrato per ottenere la risposta del driver filtrato: con il grafico della funzione di trasferimento aperto (quello misurato con l'ampli come riferimento), clicchiamo su **CALCOLA/ COMBINA** e ci appare una finestra dove scegliamo **MOLTIPLICAZIONE**, mentre cliccando sul **punto interrogativo** selezioniamo il file della risposta in frequenza del driver senza filtro che avevo misurato precedentemente; infine click su **OK** per confermare il tutto (fig. 8).

Fatto ciò il grafico in esame cambierà di forma mostrandoci, prima ancora di averla misurata, la risposta dell'altoparlante con filtro, risparmiandoci una misurazione acustica. Prima di gridare vittoria però, bisogna essere certi dell'affidabilità della risposta così ottenuta, e per fare ciò ho comparato la risposta del driver sotto filtro calcolata con quella realmente misurata (valida dai 200 Hz in su): la figura 9 si riferisce al woofer Focal mentre la figura 10 al tweeter ATD, dove la curva verde è la risposta calcolata e la viola quella misurata. Appare evidente che il metodo è valido.

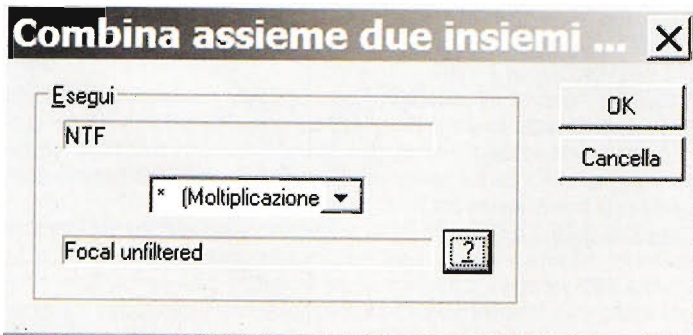


Figura 8: Finestra per sommare due risposte.

LA MISURAZIONE DEL FILTRO SERIE

È possibile usare *Speaker Workshop* e il metodo Caioli anche per misurare i filtri serie, sfruttando la simmetria tipica di detta tipologia di filtro. La procedura di misurazione è identica a quella usata per il filtro parallelo e quindi non mi ripeto; quello che cambia è il collegamento che è illustrato in figura 11-12 e che usa l'uscita dell'ampli come RIFERIMENTO (attenzione a non bruciare la scheda audio), ed è simile a quello già visto nell'articolo di Alberto Maltese su *CHF* n. 83 a pagina 45; in pratica basta invertire la posizione del blocco woofer-capacità con quella tweeter-induttore per misurare la funzione di trasferimento; ricordatevi che bisogna lasciare ambo i driver collegati, pena una errata misurazione.

Anche con i filtri tipo serie, con il collegamento che vede l'uscita dell'amplificatore come RIFERIMENTO, potete prevedere la risposta del driver filtrato sommando la funzione di trasferimento del filtro alla risposta in frequenza del driver non filtrato, usando la stessa procedura vista nel filtro parallelo e a cui vi rimando per non ripetermi.

Per verificare l'affidabilità della misurazione, ho confrontato la curva calcolata del driver con filtro (funzione di trasferimento filtro + risposta non filtrata altoparlante), in verde, con quella generata dal software di simulazione, in rosso, invece che con quella misurata, come avevo fatto con il filtro parallelo: in un filtro serie non si può misurare la risposta in frequenza del singolo altoparlante con filtro perché scollegando uno dei due driver si andrebbe a variare il carico visto dal filtro e quindi la sua funzione di trasferimento.

Il risultato della comparazione la potete vedere nelle figure 13-14 che si riferiscono al woofer e al tweeter di un altoparlante car a due vie filtrato utilizzando un induttore da 1,4 milli Henry e un condensatore da 16 micro Farad. Inutile dire che i grafici parlano da soli circa l'affidabilità della misurazione.

CONCLUSIONI

Abbiamo così terminato un altro capitolo sulle possibilità offerte da *Speaker Workshop* che, nonostante sia un software non commerciale, offre risultati di tutto rispetto specialmente quando si parla di misure elettriche; a tale proposito, leggendo i vari Forum esistenti, noto che alcuni hanno una certa avversione ai programmi freeware o di basso costo per il calcolo dei parametri di Thiele-Small, tanto che consigliano l'uso della Clío (tanto di cappello) oppure dell'ormai vetusto metodo a corrente-voltaggio costante: basterebbe avere una mente un pochino più aperta e disponibile per vedere delle numerose possibilità offerte in materia invece che anchilosarsi su metodi che hanno fatto il loro tempo.

Potete contattarmi attraverso la Redazione della Rivista.

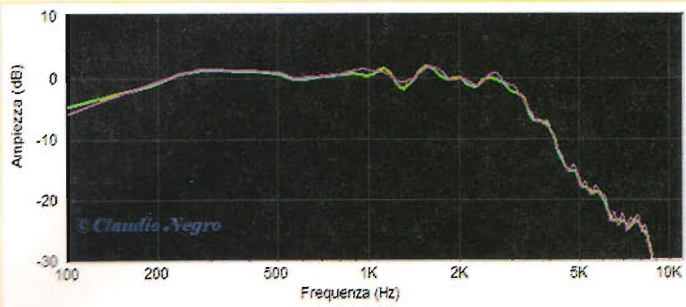


Figura 9: Risposta in frequenza woofer filtrato: Calcolata (verde), Misurata (viola).

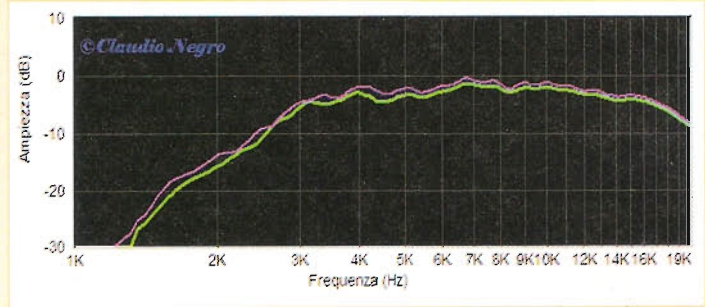


Figura 10: Risposta in frequenza tweeter filtrato: Calcolata, Misurata (viola).

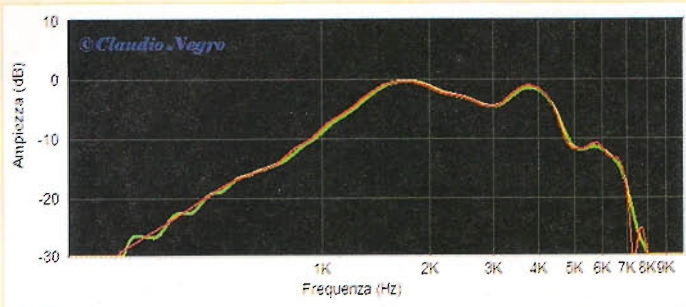


Figura 13: Risposta in frequenza woofer filtrato: Calcolata (verde), Simulata (rossa).

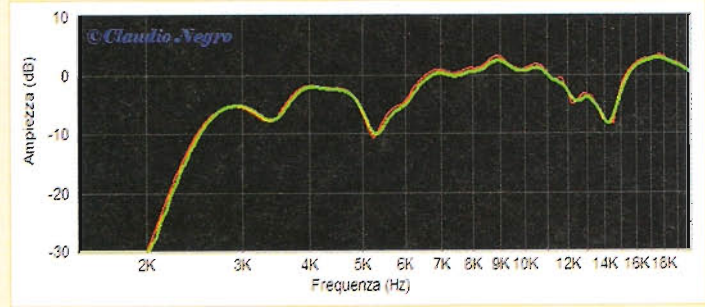


Figura 14: Risposta in frequenza tweeter filtrato: Calcolata, Simulata (rossa).

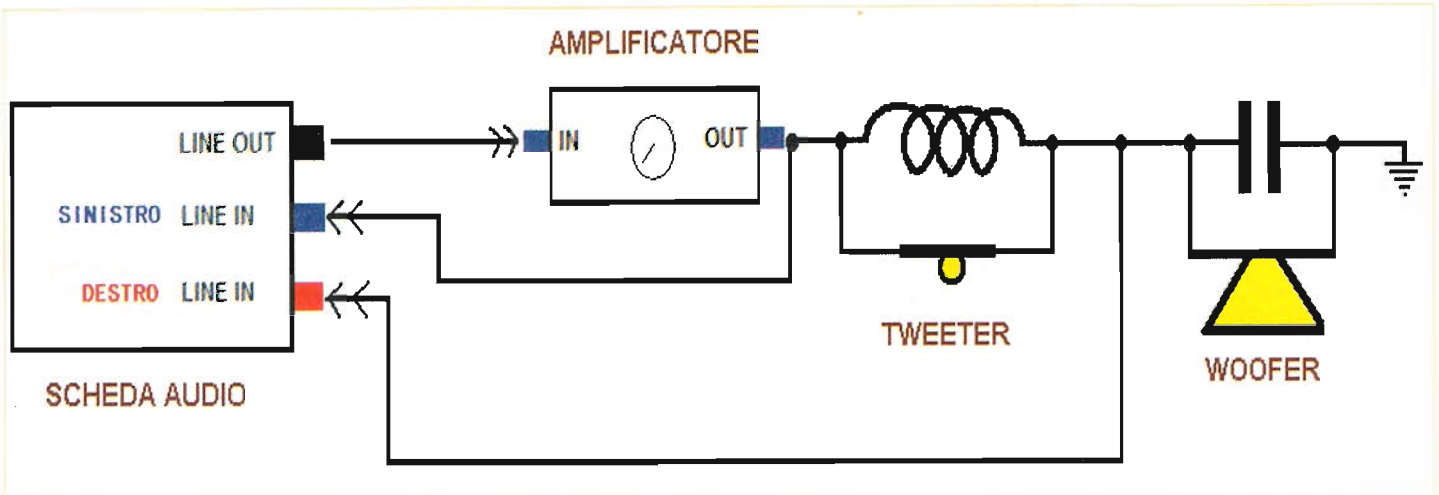


Figura 11: Collegamenti filtro serie.

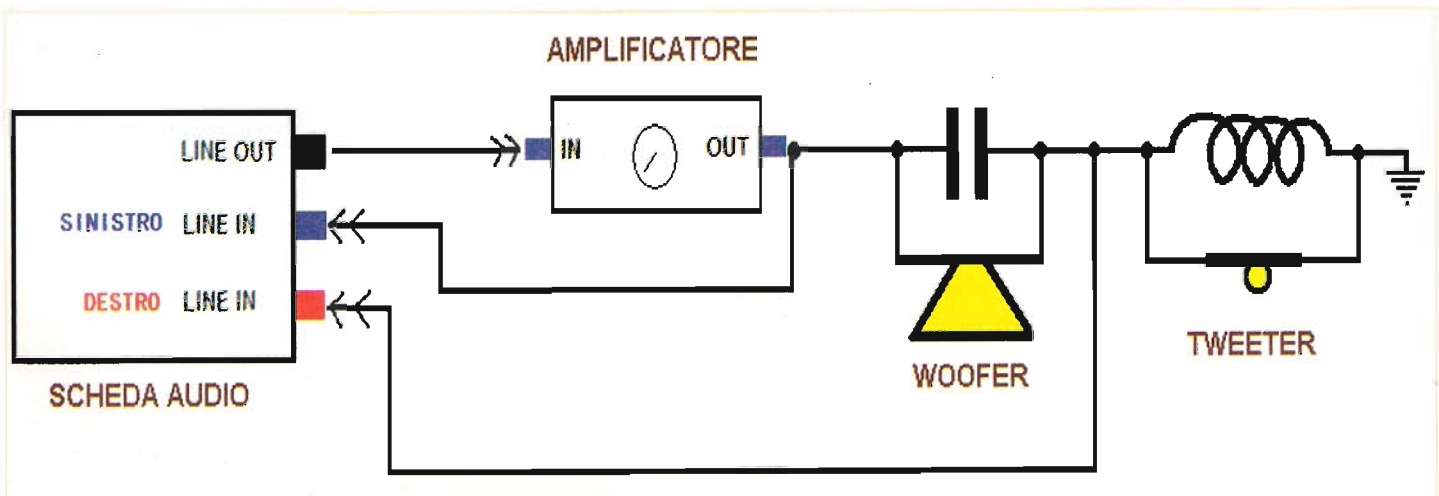


Figura 12: Collegamenti filtro serie.