

# TITOLO

Enrico Barbuio  
0001117553

Giacomo Cicala  
0001122965

data

## Abstract

Lunghezza massima 10 righe, riassumere lo scopo dell'esperimento e i risultati principali (osservazioni qualitative e risultati numerici). L'abstract non deve contenere riferimenti a quanto riportato nel testo (figure, equazioni o tabelle) e deve essere auto - esplicativo.

## Introduzione

Descrivere i concetti fisici principali e gli obiettivi dell'esperienza. Per l'esperienza sui circuiti descrivere il circuito progettato, le espressioni algebriche per le grandezze fisiche misurate, il comportamento atteso; analogamente per ottica. L'introduzione non è un riassunto, non riportare i risultati.

L'esperimento svolto in laboratorio è incentrato sulla progettazione di un circuito RLC sulla breadboard di Elvis II, sullo studio analitico del comportamento atteso e sul confronto di questo con le misure effettuate. Il circuito scelto è un crossover a tre vie, un circuito filtrante a regime sinusoidale dato dalla combinazione di un filtro passa-basso (woofer), un filtro passa-alto (tweeter) e un filtro passa-banda (midrange) che suddivide il segnale audio in tre bande di frequenza distinte (bassi, alti, medi), al fine di ottimizzare la riproduzione sonora per tutta la gamma di frequenze.

Dalla legge di Ohm simbolica  $\mathbf{V} = \mathbb{Z}\mathbf{I}$ , utilizzando il metodo dei fasori, possiamo ricavare l'andamento dell'ampiezza della differenza di potenziale ai capi del generatore e ai capi delle resistenze di woofer, medi e tweeter [A.1]

$$|\mathbf{V}_g(\omega)| = \left| \frac{\mathbb{Z}_{load}(\omega)}{R_g + \mathbb{Z}_{load}(\omega)} \right| V \quad (1)$$

$$|\mathbf{V}_w(\omega)| = \left| \frac{R_w}{\mathbb{Z}_w(\omega)} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| \quad (2)$$

$$|\mathbf{V}_m(\omega)| = \left| \frac{R_m}{\mathbb{Z}_m(\omega)} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| \quad (3)$$

$$|\mathbf{V}_t(\omega)| = \left| \frac{R_t}{\mathbb{Z}_t(\omega)} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| \quad (4)$$

e delle rispettive fasi (sono approssimate | mettere con  $\text{Arg}()$ ?) [A.2]

$$\phi_w(\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega L_w}{R_w + R_{Lws}}\right) \quad (5)$$

$$\phi_m(\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega L_m - \frac{1}{\omega C_m}}{R_m + R_{Lm}}\right) \quad (6)$$

$$\phi_t(\omega) = \arctan\left(\frac{1}{\omega R_t C_t}\right) \quad (7)$$

tutto in funzione della pulsazione.

Per quanto riguarda le ampiezze delle tensioni in funzione della frequenza, per il woofer ci aspettiamo un andamento decrescente asintoticamente a zero, per il tweeter ci aspettiamo un andamento crescente asintoticamente al generatore, mentre per il midrange ci aspettiamo un picco alla frequenza di risonanza. Invece, per quanto riguarda le fasi, ci aspettiamo che il woofer e il tweeter siano in fase con il generatore rispettivamente a basse e alte frequenze, e che siano in opposizione di fase nel caso contrario; il midrange, invece, ci aspettiamo che sia in fase con il generatore alla frequenza di risonanza.

Da (2) e (4) è possibile ricavare il valore atteso della frequenza di crossover [A.3], cioè la frequenza alla quale il woofer e il tweeter hanno la tensione di ampiezza uguale.

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sqrt{4(R_w R_t L_w)^2 + C_t^2(2R_w R_{Lw} R_t^2 + (R_{Lw} R_t)^2)^2}}{2C_t(L_w R_t)^2} - \frac{R_w R_{Lw}}{L_w^2} - \frac{R_{Lw}^2}{2L_w^2}} \quad (8)$$

Inoltre, da (3) è possibile calcolare la frequenza di risonanza attesa del midrange [A.4]. **è approssimata**

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_m C_m}} \quad (9)$$

Infine, si può ottenere il fattore di qualità del midrange.

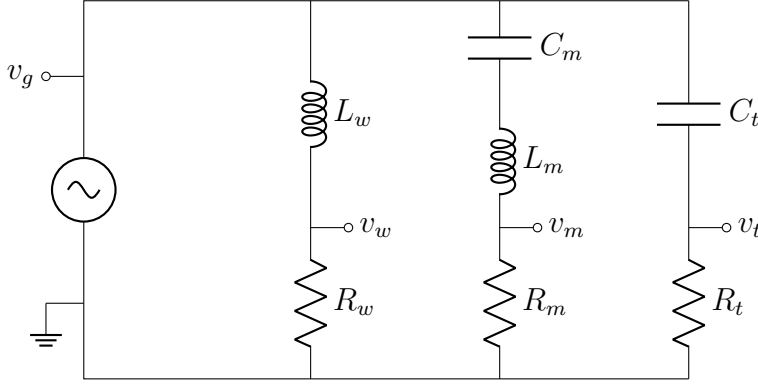
$$boohnonsose farlo \quad (10)$$

## Apparato sperimentale e svolgimento

Descrivere l'apparato utilizzato. Allegare una foto o lo schema dell'apparato sperimentale (sarà la Fig. 1); la foto deve permettere di identificare chiaramente i componenti principali (eventualmente usare delle frecce e delle etichette per evidenziarli). Riassumere lo svolgimento delle misure e motivare la scelta dei parametri di acquisizione (per esempio: l'intervallo di frequenze e la frequenza di acquisizione).

Per l'analisi in frequenza di ampiezza e fase è stato acquisito ciascun canale separatamente, con sweep ripetuti. In ogni prova l'analog input A1 è stato collegato al canale di interesse mentre il canale A0 è rimasto collegato al generatore di tensione, utilizzandolo come trigger e riferimento per la fase. Come range di frequenze è stato scelto: **range?**; questo per evidenziare il punto di crossover ma anche per vedere l'andamento a basse e alte frequenze. Al fine di massimizzare la frequenza di campionamento, le tensioni sono state misurate in modalità referenced single ended collegando a massa il ramo in comune alle resistenze. Ciò ha permesso un campionamento a 500 kHz per canale, con 2000 sample per ciascuna acquisizione, abbastanza per includere **diversi periodi** anche per le frequenze inferiori.

I componenti del circuito sono stati misurati tramite il multimetro di Elvis II, i loro valori si trovano in tabella 1.



$$\begin{aligned} R_w &= (3293 \pm 2) \, \Omega \\ L_w &= (47.2 \pm 0.5) \, \text{mH} \\ R_{Lw} &= (120.00 \pm 0.15) \, \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_m &= (3287 \pm 2) \, \Omega \\ L_m &= (46.8 \pm 0.5) \, \text{mH} \\ R_{Lm} &= (120.70 \pm 0.15) \, \Omega \\ C_m &= (4.76 \pm 0.05) \, \text{nF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_t &= (3295 \pm 2) \, \Omega \\ C_t &= (4.76 \pm 0.05) \, \text{nF} \end{aligned}$$

Figura 1: Schema elettrico del circuito ideale. I punti  $v_g, v_w, v_m, v_t$  sono stati collegati agli analog input di Elvis II per le relative misure di tensione.

Tabella 1: Valori componenti.

## Risultati e discussione

Riportare i risultati più rappresentativi in forma grafica oppure come foto delle osservazioni sull'oscilloscopio analogico (se utilizzato). Non è necessario riportare tutti i dati. Commentare qualitativamente gli andamenti delle grandezze fisiche riportati in forma grafica e/o le forme di riga osservate. In tutti i grafici gli assi devono essere chiaramente etichettati e le unità di misura devono essere incluse. Quando le incertezze sono note e sono visibili sulla scala utilizzata rappresentarle sul grafico come barre di errore. Porre particolare attenzione alla leggibilità, utilizzando caratteri sufficientemente grandi. Descrivere come sono stati elaborati i dati e riportare i risultati numerici (miglior stima ed incertezza), in forma tabellare se necessario. Commentare i valori ottenuti. Non è necessario riportare il calcolo esplicito delle incertezze (eventualmente usare una appendice), ma è importante segnalare se si tratta di risoluzione strumentale, di errore casuale oppure di errore sistematico.

## Conclusioni

Conclusioni finali, particolarmente importanti nel caso di risultati anomali.

## A Appendici

### A.1 Tensioni ai capi delle resistenze

$$|\mathbf{V}_g(\omega)| = \left| \frac{\mathbb{Z}_{load}(\omega)}{R_g + \mathbb{Z}_{load}(\omega)} \right| V \quad (11)$$

$$|\mathbf{V}_w(\omega)| = \left| \frac{R_w}{\mathbb{Z}_w(\omega)} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| = \left| \frac{R_w}{R_w + R_{Lw} + j\omega L_w} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| \quad (12)$$

$$|\mathbf{V}_m(\omega)| = \left| \frac{R_m}{\mathbb{Z}_m(\omega)} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| = \left| \frac{R_m}{R_m + R_{Lm} + j(\omega L_m - \frac{1}{\omega C_m})} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| \quad (13)$$

$$|\mathbf{V}_t(\omega)| = \left| \frac{R_t}{Z_t(\omega)} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| = \left| \frac{R_t}{R_t + j(-\frac{1}{\omega C_t})} \right| |\mathbf{V}_g(\omega)| \quad (14)$$

## A.2 Fasi delle tensioni

$$\phi_w(\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega L_w}{R_w + R_{Lws}}\right) \quad (15)$$

$$\phi_m(\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega L_m - \frac{1}{\omega C_m}}{R_m + R_{Lm}}\right) \quad (16)$$

$$\phi_t(\omega) = \arctan\left(\frac{1}{\omega R_t C_t}\right) \quad (17)$$

## A.3 Frequenza di crossover

## A.4 Frequenza di risonanza

## A.5 Incertezze