

Esperienza 4 : circuito RLC

Corso di Laboratorio di Elettromagnetismo e Circuiti, prof. S. Masi

1 MISURE DI RISPOSTA IN FREQUENZA DI UN CIRCUITO RLC

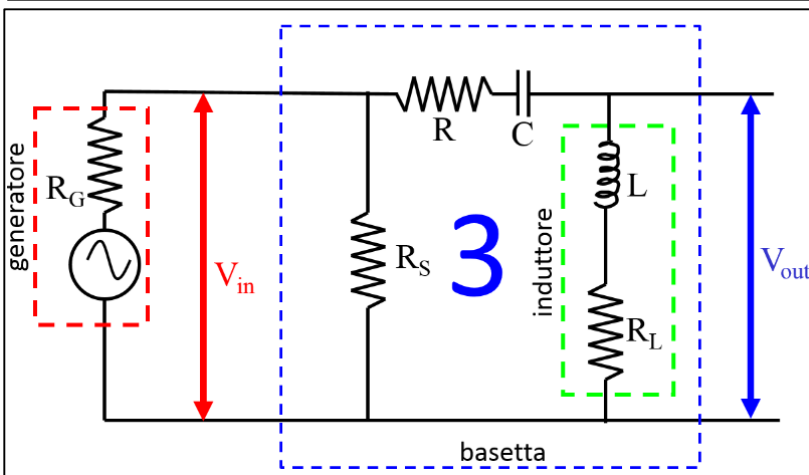
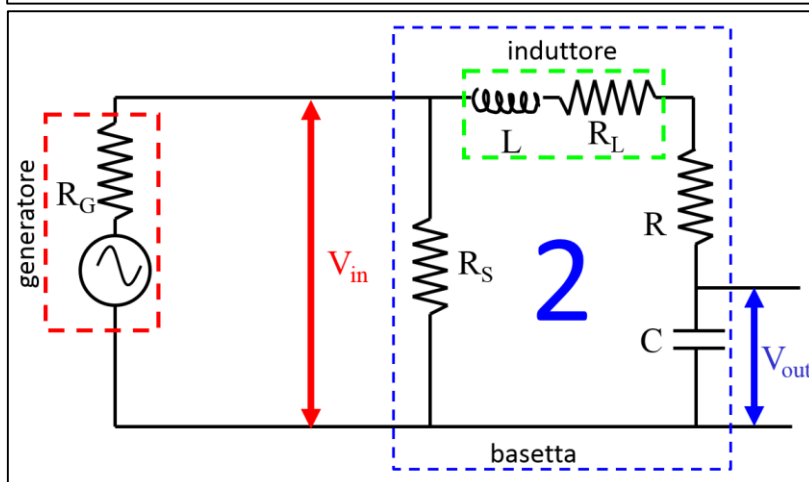
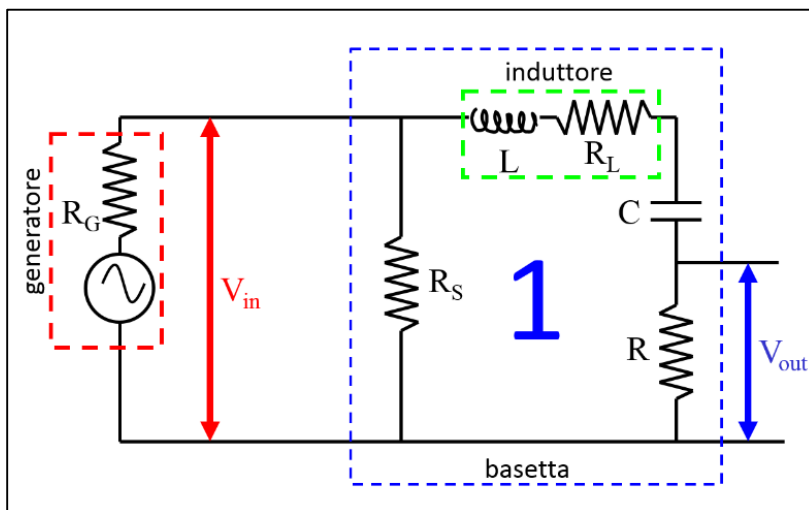
Sono disponibili: un generatore di tensione sinusoidale con frequenza f e ampiezza V_{in} variabili, e resistenza interna $R_G=50\Omega$; un resistore di resistenza R , una resistenza di shunt R_S , (utile per ridurre l'impedenza d'uscita del generatore) un condensatore di capacità C , un induttore di induttanza L e resistenza interna R_L , un oscilloscopio.

Si suggeriscono i seguenti valori: $R = 10\ \Omega$, $L = 1\ \text{mH}$, $R_L=10\ \Omega$, $C = 47\ \text{nF}$, $R_S = 10\ \Omega$. Si accettano (e apprezzano) comunque scelte diverse, a patto che producano un fattore di merito maggiore (e misurabile con la strumentazione a disposizione).

Lo scopo dell'esperienza è di misurare la risposta dei circuiti RLC visibili sotto. Dal circuito 1 (uscita ai capi del resistore) si vuole stimare la frequenza di risonanza f_0 e il fattore di merito Q ; con i circuiti 2 (uscita ai capi del condensatore) e 3 (uscita ai capi dell'induttore) si vogliono evidenziare le extratensioni.

Infine, si rimuoverà il condensatore dal circuito 1, ottenendo un filtro passa basso.

Si suggerisce di seguire il seguente programma di misure :



1. I componenti scelti vanno misurati con l' ohmetro e il capacimetro MITEK. Ricordarsi di misurare la resistenza interna dell' induttore. Ricordarsi di valutare l' errore. Da queste misure si ottiene una stima teorica di f_o e Q (e delle relative incertezze) usando le formule:

$$Q = \frac{1}{R_T} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

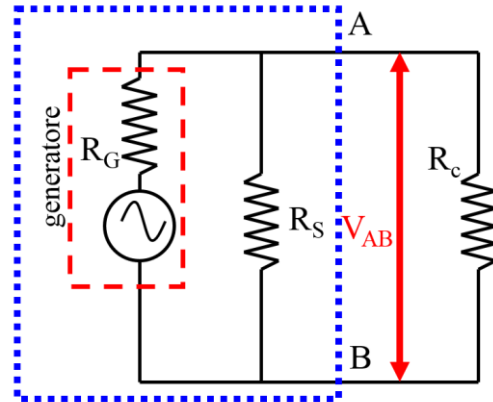
2. Collegando solo una resistenza di carico R_c al generatore si verifica che l' impedenza di uscita del generatore con shunt R_s diminuisce rispetto a quella nominale di 50Ω . Ciò si fa confrontando l' ampiezza del segnale in uscita con e senza una resistenza di carico ($R_c=10\Omega$ è una buona scelta). La formula è

$$V_{AB}(R_c) = V_{AB}(R_c = \infty) \frac{R_c}{R_c + R'_G} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_G^s = R_c \left[\frac{V_{AB}(R_c = \infty)}{V_{AB}(R_c)} - 1 \right]$$

Con i componenti suggeriti si deve ottenere

$$R_G^s = \frac{R_G R_S}{R_G + R_S} = \frac{50 \times 10}{50 + 10} \cong 8.3 \Omega$$

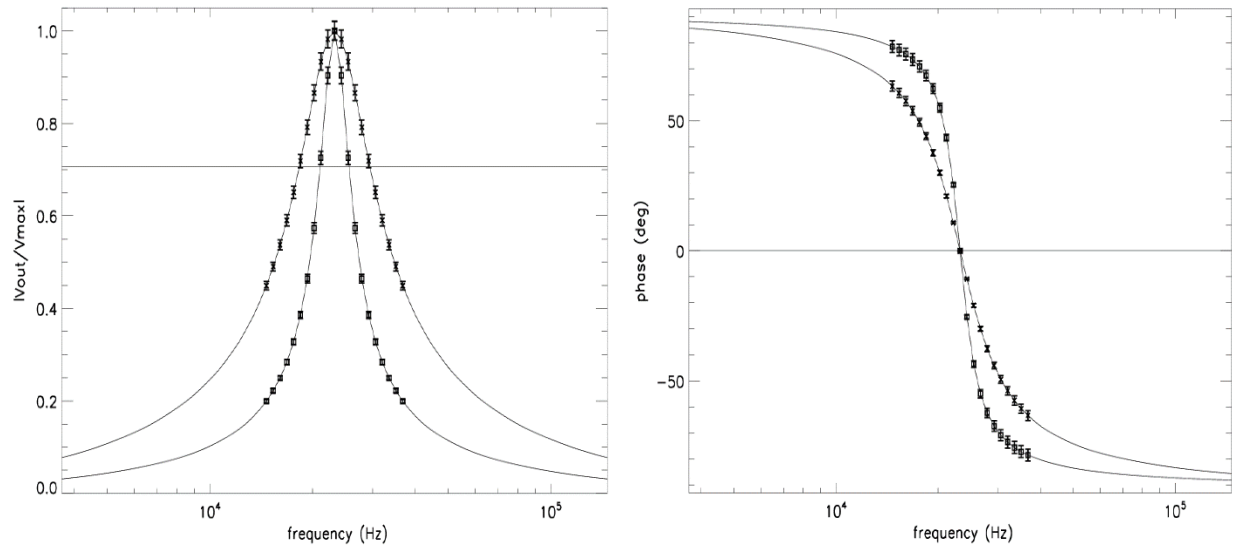


3. Montaggio del primo circuito (uscita ai capi di R) sulla basetta.
4. Misura di $V_{out}(f)/V_{max}$: si esegue prima una scansione veloce delle frequenze per vedere se il circuito funziona, cioè se c'è davvero la risonanza. Con i componenti suggeriti $f_o=23kHz$.
5. Misura delle risposte $V_{out}(f)$ e $\phi(f)$ = sfasamento tra V_{out} e V_{in} . Quest'ultima si misura meglio visualizzando l'ellisse (oscilloscopio in modo XY). Ricordarsi di valutare gli errori e scrivere sempre i fattori di scala.
6. Dal grafico di $V_{out}(f)/V_{max}$ si valutano la frequenza di risonanza f_o e la larghezza Δf della curva di risposta $V_{out}(f)/V_{max}$ imponendo $V_{out}(f_1, f_2)/V_{max} = 0.707$: $\Delta f = f_2 - f_1$. Da qui si stima il fattore di merito $Q = f_o / \Delta f$. Per una stima più precisa è bene concentrare le misure della risposta in frequenza nell'intorno di f_o, f_1, f_2 .
7. Ripetizione delle stesse misure rimuovendo la resistenza di shunt. Come cambia Q?
8. Montaggio del secondo circuito (uscita ai capi del condensatore) scambiando R e C sulla basetta. Studio delle risposte in frequenza $V_{out}/V_{in}(f)$ e $\phi(f)$ = sfasamento tra V_{out} e V_{in} . La prima deve evidenziare la presenza delle extrarisonanze, E' $V_{out}/V_{in}(f) > 1$? Quanto vale al massimo? Quanto vale alla frequenza di risonanza? E' vero che $V_{out}/V_{in}(f_o)=Q$? Come si valuta Q quando si misura V_{out}/V_{in} ?
9. Montaggio del terzo circuito (uscita ai capi dell'induttore) scambiando L e C sulla basetta. Misure e domande come al punto 8.
10. Prendere l'uscita sul resistore come nel circuito 1, ma eliminare il condensatore, connettendo direttamente l'induttore al resistore. Si ottiene un filtro passa basso. Misurare

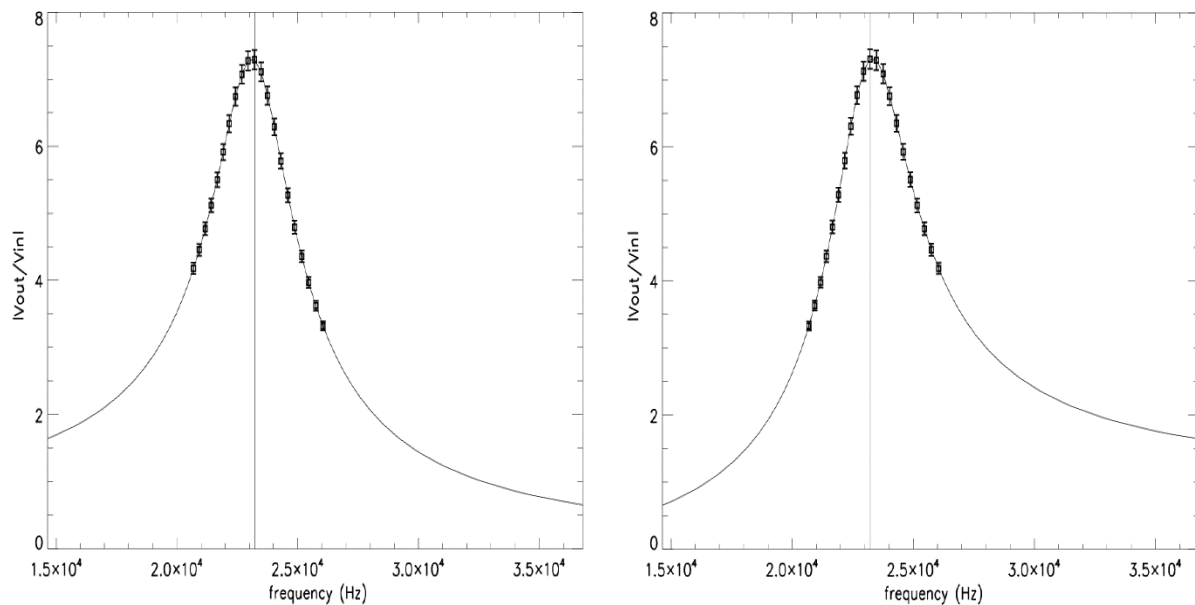
la funzione di trasferimento (modulo e fase) e verificare che la frequenza di taglio sia quella corretta.

11. Conservate i componenti. Servono per la prossima esperienza.

A titolo di esempio, riportiamo i grafici che si devono ottenere (sia per uscita ai capi di R che per uscita ai capi di C e di L):



Misure di V_{out}/V_{max} sul circuito RLC, con uscita ai capi del resistore (circuito 1). Senza resistenza di shunt: x . Con resistenza di shunt : quadrati.



Funzione di trasferimento del circuito RLC con uscita ai capi del condensatore (circuito 2, a sinistra) e ai capi dell'induttore (circuito 3, a destra).

E' evidente l'extratensione ($|V_{out}/V_{in}| = Q \gg 1$ alla risonanza).

2 USO DELL' OSCILLOSCOPIO

- Impostare il trigger su auto: questo permetterà di vedere la traccia, anche se non sincronizzata, e di regolare così le deflessioni verticale e orizzontale. Una volta visualizzato il segnale, se non è sincrono, si potrà utilizzare il trigger interno regolando livello e pendenza.
- La prima cosa da fare è mettere su "cal" i potenziometri di taratura dei fattori di deflessione e della base dei tempi (cerchiati di verde nella figura). Vanno ruotati completamente in senso orario.
- La seconda cosa da fare è regolare orizzontalmente (tempo) lo zero delle tracce: Si mette il trigger su AUTO, si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso, si regola la posizione orizzontale delle tracce con il potenziometro identificato in azzurro, in modo che le tracce riempiano lo schermo (spesso questo va bene fin dall'inizio).
- La terza cosa da fare è regolare verticalmente lo zero delle tracce: Si mette il trigger su AUTO, si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso, Si regola la posizione verticale delle tracce con il potenziometro identificato in azzurro, facendo coincidere le due tracce con linee della quadrettatura.
- A questo punto si rimettono i commutatori di ingresso su DC (indicati in azzurro). Regolando il fattore di deflessione verticale (identificato in rosso) si dovrebbero vedere i due segnali.
- Sono possibili due **modi di visualizzazione**:
- Su **auto/norm** si visualizzano $V(CH1)$ e $V(CH2)$ in funzione di t ; questa è la visualizzazione da usare per questa esperienza.
- Invece su **X-Y** si grafica $V(CH1)$ in funzione di $V(CH2)$. Questa visualizzazione verrà usata nella prossima esperienza. Nel caso di segnali sinusoidali su CH1 e CH2, si vede una ellisse. Per questo secondo caso usare la configurazione indicata dai cerchi azzurri e controllare lo zero mettendo i due segnali a GND (indicati in rosso). Si vedrà un puntino che va mosso con i comandi position (indicati in verde) fino a portarlo al centro dello schermo. Rimettendo su off i pulsanti GND si vede l'ellisse, le cui dimensioni verticale ed orizzontale dipendono dalle corrispondenti impostazioni V/div .

