

Esperienza Circuiti III

F. Ballo, S. Franceschina, S. Dolci - Gruppo T1 39

May 11, 2024

Abstract

Nella seguente relazione vengono presentati i risultati ottenuti dalla terza esperienza del corso di Laboratorio II riguardante l'analisi di circuiti elettrici. L'obiettivo di questa esperienza è quello di studiare circuiti RC, RL e RLC in regimi di corrente continua. Imponendo sul circuito, con un generatore di funzioni, un segnale sinusoidale di ampiezza nota, vogliamo ricavare il comportamento del circuito in base alle componenti e in base a dove andiamo a misurare il segnale.

Contents

1	Circuiti RC e RL in corrente alternata	2
1.1	Configurazione del circuito e della strumentazione	2
1.2	Dati raccolti RC	3
1.3	Analisi dati RC	4
1.3.1	Ai capi della resistenza	4
1.3.2	Ai capi del condensatore	4
1.4	Conclusioni circuito RC	4
1.5	Dati raccolti RL	4
1.6	Analisi dati RL	5
1.7	Ai capi della resistenza	5
1.8	Ai capi dell'induttanza	6
1.9	Conclusioni circuito RL	6
2	Circuito RLC	8
2.1	Configurazione del circuito	8
2.2	Dati raccolti RLC	9
2.3	Analisi Dati RLC	10
2.4	Conclusioni sul circuito RLC	11
3	Tabelle misurazioni	12

1 Circuiti RC e RL in corrente alternata

1.1 Configurazione del circuito e della strumentazione

Di seguito abbiamo riportato lo schema 1 utilizzato per riprodurre il circuito in laboratorio con l'utilizzo di una bread-board e degli opportuni componenti. Questa configurazione di

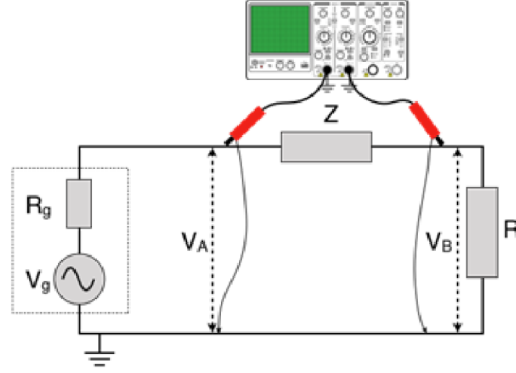


Figure 1: Schema configurazione di circuito, Z rappresenta C o L

circuito rappresenta di fatto un dispositivo a due porte, una di ingresso e uscita, lineare. Per studiare il comportamento di circuiti simili ci si rifà alle funzioni di trasferimento, definite come il rapporto tra il segnale in uscita V_{out} e segnale in entrata V_{in} . Tali funzioni dipendono dalla frequenza $H = H(\omega)$ del segnale imposta dal generatore; in particolare si tratta di funzioni complesse:

$$H(\omega) = \frac{V_{out}(\omega)}{V_{in}(\omega)}$$

saranno quindi caratterizzate da un modulo e una fase:

$$|H(\omega)| = \frac{|V_{out}(\omega)|}{|V_{in}(\omega)|}$$

$$\phi(\omega) = \phi(\omega)_{out} - \phi(\omega)_{in}$$

Di seguito riportiamo le funzioni di trasferimento per un circuito RC ai capi della resistenza:

$$|H_C(\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \quad (1)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{1}{R\omega C}\right) \quad (2)$$

e ai capi del condensatore:

$$|H_L(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{R^2 \omega^2 C^2}}} \quad (3)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{1}{R\omega C}\right) \quad (4)$$

1.2 Dati raccolti RC

Di seguito riportiamo i dati raccolti per la prima parte dell'esperienza. Dopo aver riprodotto il circuito rappresentato nella figura 1 abbiamo posizionato le sonde dell'oscilloscopio: sonda 1 per misurare V_{in} capacità e sonda 2 per misurare V_{out} ai capi della resistenza. Le componenti utilizzate per questo circuito sono:

1. Resistenza $R = (100.8 \pm 0.1)\Omega$
2. Capacità $C = (99 \pm 1) \text{ nF}$

Successivamente abbiamo misurato al variare della frequenza prodotta dal generatore in un range ():

1. Ampiezza del segnale V_{in}
2. Ampiezza del segnale V_{out}
3. Ampiezza della differenza $V_{\text{in}} - V_{\text{out}}$
4. Differenza di fase tra $V_{\text{in}} - V_{\text{out}}$ e V_{in}
5. Differenza di fase tra V_{in} e V_{out}

1.3 Analisi dati RC

1.3.1 Ai capi della resistenza

Una volta configurato il circuito, abbiamo variato la frequenza della tensione in ingresso da 200 Hz a 300 MHz seguendo un campionamento logaritmico. Abbiamo misurato la tensione ai capi di R e del generatore con l'oscilloscopio. Tramite la funzione MATH, abbiamo ricavato la differenza tra le due, che rappresenta la tensione ai capi del condensatore. Per ottenere il modulo della funzione di trasferimento abbiamo diviso la tensione ai capi della resistenza per la tensione ai capi del generatore; per ottenere la fase abbiamo misurato tramite lo strumento la differenza di fase fra la tensione in ingresso e la tensione ai capi di R, in seguito abbiamo trasposto le misure in radianti. // Riportiamo di seguito il grafico del modulo della funzione di trasferimento:

Dato che la teoria prevede

1.3.2 Ai capi del condensatore

1.4 Conclusioni circuito RC

1.5 Dati raccolti RL

Di seguito riportiamo i dati raccolti per il circuito RL. Dopo aver riprodotto lo stesso circuito rappresentato nella figura 1 cambiando condensatore con induttore abbiamo posizionato le sonde dell'oscilloscopio: sonda 1 per misurare V_{in} induttore e sonda 2 per misurare V_{out} ai capi della resistenza. Le componenti utilizzate per questo circuito sono:

1. Resistenza $R = 1040 \Omega$
2. Induttore $L = 0.05 \text{ H}$

Successivamente abbiamo misurato al variare della frequenza prodotta dal generatore tra 100 Hz e 1 MHz:

1. Ampiezza del segnale V_{in}
2. Ampiezza del segnale V_{out}
3. Ampiezza della differenza $V_{in} - V_{out}$
4. Differenza di fase tra $V_{in} - V_{out}$ e V_{in}
5. Differenza di fase tra V_{in} e V_{out}

Le funzioni di trasferimento di un circuito RL sono le seguenti.
Ai capi della resistenza:

$$|H_R(\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (5)$$

$$\phi_R = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right) \quad (6)$$

E ai capi dell'induttanza:

$$|H_L(\omega)| = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (7)$$

$$\phi_L = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right) \quad (8)$$

1.6 Analisi dati RL

1.7 Ai capi della resistenza

Dopo aver raccolto i dati in modo analogo a quanto fatto per il circuito RC, abbiamo calcolato il modulo e la fase della funzione di trasferimento ai capi della resistenza; i risultati sono stati riportati in grafico.

Figure 2: `caption`

Abbiamo interpolato i dati secondo la legge (5), ottenendo i seguenti valori per i parametri:

$$R = temp$$

$$L = temp$$

In seguito abbiamo interpolato i dati della fase seguendo la (6), ricavando i valori che seguono:

$$R = temp$$

$$L = temp$$

La concordanza del modello è stata valutata tramite il test del χ^2 ; di seguito riportiamo i risultati ottenuti.

Concordanza del modello per il modulo:

- : $\tilde{\chi}^2 = 0.9$
- : $p - value = 0.56$

Concordanza del modello per la fase:

- : $\tilde{\chi}^2 = 1.0$
- : $p - value = 0.41$

1.8 Ai capi dell'induttanza

Abbiamo proceduto eseguendo un fit per le misure ai capi dell'induttanza, ottenute sottraendo la tensione ai capi della resistenza con quella del generatore, seguendo l'equazione (7) per il modulo della funzione di trasferimento e (8) per la fase.

Figure 3: `|caption|`

Valori della resistenza ottenuti dai fit:

$$R = temp$$

$$R = temp$$

Valori dell'induttanza ottenuti dai fit:

$$L = temp$$

$$L = temp$$

Infine abbiamo ripetuto il test del χ^2 per valutare l'accordo dei dati al modello. Concordezza del modello per il modulo:

- : $\tilde{\chi}^2 = 1.5$
- : $p - value = 0.04$

Concordezza del modello per la fase:

- : $\tilde{\chi}^2 = 5.1$
- : $p - value \approx 0.0$

1.9 Conclusioni circuito RL

Osservando i grafici 2 ottenuti per la resistenza, e giudicando i valori del p-value ottenuti dal test del χ^2 , possiamo dedurre una buona concordanza tra i dati raccolti e il modello teorico. Risulta tuttavia evidente, soprattutto nel grafico di fase, la presenza di uno "shift" delle misure verso il basso. Eseguendo un test di compatibilità tra i valori ottenuti dal fit e quelli misurati precedentemente si ottiene:

Tra resistenze = 0.96

Tra induttanze = 0.62

Questo ci suggerisce che la misura della resistenza sia coerente con quella presente nel circuito, mentre per l'induttanza si potrebbe ipotizzare un errore sistematico, come ad esempio la presenza di un'induttanza parassita negli strumenti utilizzati.

Per quanto riguarda i risultati sull'induttanza, possiamo osservare il primo grafico della figura 3 per notare lo stesso "shift" verso il basso. Ripetendo il t-test, in questo caso si ottiene:

$$\begin{aligned}\text{Tra resistenze} &= 0.96 \\ \text{Tra induttanze} &= 0.62\end{aligned}$$

il che ci porta a pensare nuovamente alla presenza di un errore sistematico.

Infine, guardando il secondo grafico della figura ci accorgiamo che la fase misurata è incompatibile con il modello teorico, probabilmente per la scarsa qualità delle misure effettuate. **questa parte e' da rivedere**

2 Circuito RLC

2.1 Configurazione del circuito

In questa seconda parte dell'esperimento lo scopo è quello di studiare le funzioni di trasferimento di un circuito RLC in regime di corrente continua. Di seguito riportiamo le tre funzioni di trasferimento V_z dove z rappresenta tensione su R, L e C:

1. Traferimento V_R

$$|H(\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{\omega^2 LC - 1}{\omega CR}\right)$$

2. Traferimento V_C

$$|H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 R^2}}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{\omega CR}{1 - \omega^2 LC}\right)$$

3. Traferimento V_L

$$|H(\omega)| = \frac{\omega^2 L^2}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{\omega^2 LC - 1}{\omega CR}\right)$$

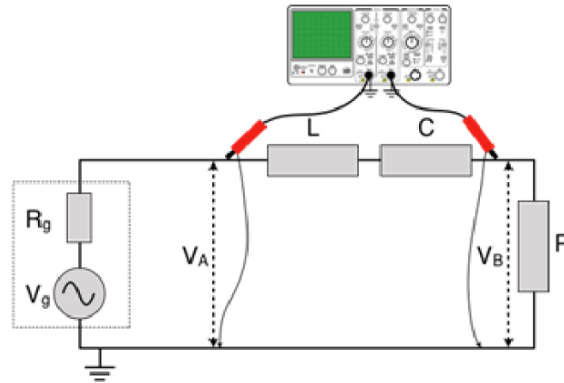


Figure 4: Configurazione circuito RLC

2.2 Dati raccolti RLC

Di seguito riportiamo i dati sulle componenti e la configurazione del circuito studiato:

2.3 Analisi Dati RLC

2.4 Conclusioni sul circuito RLC

3 Tabelle misurazioni