

CIRCUITI 2

Laboratorio di Fisica II - CdL in Fisica dell'Università di Milano-Bicocca
18 marzo 2024

Gli obiettivi generali di questa esperienza sono quelli di comprendere il funzionamento di circuiti RC e RL in corrente impulsata (Sezione 1) e del circuito RLC in corrente impulsata (Sezione 2). Andremo inoltre a misurarne le costanti caratteristiche e analisi della variazione nel tempo della differenza di potenziale. Inoltre, se avanza tempo, si potrà realizzare un raddrizzatore di tensione (Sezione 3).

1 Studio di circuiti RC e RL in corrente impulsata

Obiettivi specifici

Studio dell'andamento della differenza di potenziale (d.d.p.) ai capi di resistenza e capacità, RC, e resistenza e induttanza, RL, inserite in un circuito sollecitato da un segnale a onda quadra.

1.1 Prima di arrivare in laboratorio

Si risolvano i circuiti RL e RC studiandone carica e scarica assumendo di chiudere il circuito prima su un generatore di tensione e poi su un cortocircuito; cosa succede se invece si inverte il segno della tensione del generatore?

1.2 Procedimento

Si realizzi il circuito come in Figura 1. Si usi un generatore di funzioni per produrre un segnale a onda quadra di frequenza f (la frequenza determina la durata temporale del periodo dell'onda), la tensione e l'offset del generatore di funzioni possono essere scelti in

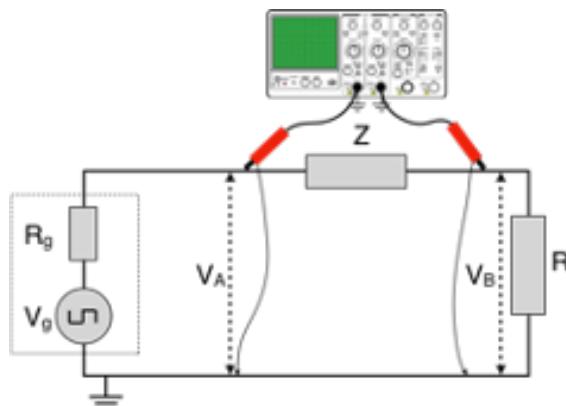


Figura 1: Schema del circuito RC o RL. Il carico Z può essere una capacità C o un'induttanza L .

modo da simulare l'apertura/chiusura del circuito o l'inversione della polarità del generatore (come?). Si imposti l'offset del generatore per simulare l'inversione di polarità. Si utilizzi un Oscilloscopio per misurare il segnale di tensione ai capi di R e C (e poi di R e L) mediante due sonde posizionate come in figura. Si campioni la forma d'onda mediante i cursori dell'Oscilloscopio e si interpoli la curva di carica/scarica con la legge prevista per il regime che si sta studiando. Si determini così la costante di tempo caratteristica del circuito. Successivamente, noto il valore della parte resistiva del circuito, si ricavino i valori di della capacità C e dell'induttanza L .

1.3 Note

- Si controlli la calibrazione delle sonde prima del loro utilizzo (vedi Appendice 4).
- Verificare che il riferimento utilizzato per l'Oscilloscopio coincida con il ritorno del generatore di funzioni.
- Si scelga la resistenza R in modo che sia molto più piccola della resistenza interna dell'Oscilloscopio (che è $\sim 1 \text{ M}\Omega$) e una capacità C di valore molto maggiore della capacità d'ingresso dell'Oscilloscopio (che è $\sim 20 \text{ pF}$).
- La sonda B misura la d.d.p. ai capi della resistenza R , che è proporzionale alla corrente che scorre nel circuito. Se ne campioni l'andamento temporale mediante i cursori dell'Oscilloscopio. Si scelgano opportunamente la scala x e y dell'Oscilloscopio eventualmente aggiustando l'ampiezza dell'onda quadra in modo da usare l'intera scala a disposizione (per minimizzare l'errore di misura).
- Si valuti l'influenza della resistenza interna del generatore di funzioni sulle misure effettuate.
- Si scelga la frequenza f dell'onda quadra in modo da essere certi di arrivare a una carica/scarica quasi completa della capacità (induttanza).

Nelle foto della Figura 2 vengono mostrati i collegamenti per il circuito RL.

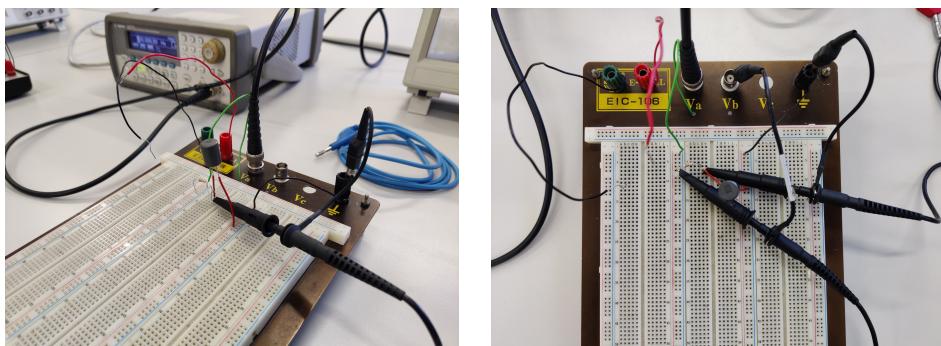


Figura 2: La foto di sinistra mostra i collegamenti da fare sulla basetta multiforo per un circuito RL. La foto di destra mostra i punti in cui collegare le sonde dell'oscilloscopio.

1.4 Domande e considerazioni guida per la relazione sull'esperienza di laboratorio

1. L'induttanza L ha anche una sua propria resistenza, va considerata? Quanto è importante nelle vostre misure?

2. Noto il valore della resistenza R si può determinare con questo metodo il valore della capacità C , con quale precisione? Quali sono i fattori che influenzano la precisione della misura? La scelta del valore della resistenza R utilizzata per eseguire la misura è rilevante ai fini della precisione della misura stessa?
3. Sareste “inventare” un metodo veloce per la misura della costante caratteristica del circuito senza dover ricorrere al campionamento e fit dei punti della curva di carica/scarica?

2 Studio di circuiti RLC in corrente impulsata

Obiettivi specifici

Studio dell’andamento della differenza di potenziale (d.d.p.) ai capi di resistenza, capacità e induttanza, RLC, inserite in un circuito sollecitato da un segnale a onda quadra

2.1 Prima di arrivare in laboratorio

Si dimensionino tre circuiti RLC in modo da avere un circuito sottosmorzato, uno sovrasmorzato e uno con smorzamento critico. Si cerchi di progettare il circuito sottosmorzato in modo che il terzo massimo di $V_R(t)$ sia non meno di 1/10 del primo e si imposti la frequenza f dell’onda quadra in maniera tale che si vedano almeno 5 massimi. Per i circuiti con smorzamento critico e con sovrasmorzamento si imposti una frequenza f dell’onda quadra che consenta di vedere $V_R(t)$ ridotta almeno a 1/10 del suo valore

2.2 Procedimento

Si costruisca il circuito come in Figura 3. Si usi un generatore di funzioni per produrre un segnale a onda quadra di frequenza f . Si utilizzi un Oscilloscopio per misurare il segnale di tensione ai capi di R mediante una sonda. Sulla base della forma d’onda osservata si determinino le costanti caratteristiche del circuito. Le forme d’onda devono essere campionate con l’aiuto dei cursori, i dati vanno poi interpolati con la legge prevista per il regime che si sta studiando, dall’interpolazione si possono ricavare i valori delle costanti caratteristiche del circuito.

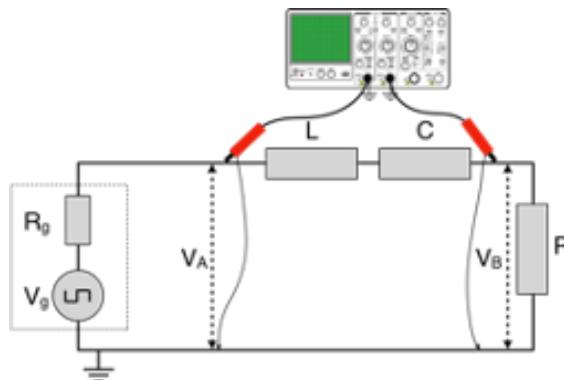


Figura 3: Schema del circuito RLC.

3 Approfondimento: Rettificatore di tensione

Come si è visto un diodo è un componente elettronico non lineare a due terminali (bipolo), cioè in cui tensione e corrente non sono legati da una legge lineare come la legge di Ohm. In prima approssimazione un diodo può anche essere visto come un interruttore comandato in tensione: consente lo scorrere di una corrente elettrica se polarizzato direttamente e la blocca totalmente se polarizzato inversamente. Per questa sua caratteristica è utilizzato in alcuni tipi di raddrizzatori, o rettificatori, di tensione “a ponte” come il ponte di Graetz.

Se avanza tempo realizzare il un ponte di Graetz come mostrato in Figura 4 costituito da un generatore di tensione sinusoidale (impostarlo in maniera tale da generare una sinusoide di ampiezza $V_g = 2$ V e frequenza 50 Hz), 4 diodi, e una capacità. Misurare con un oscilloscopio la tensione tra i punti a e b. Cosa si ottiene come forma d’onda misurata dall’oscilloscopio? Perché?

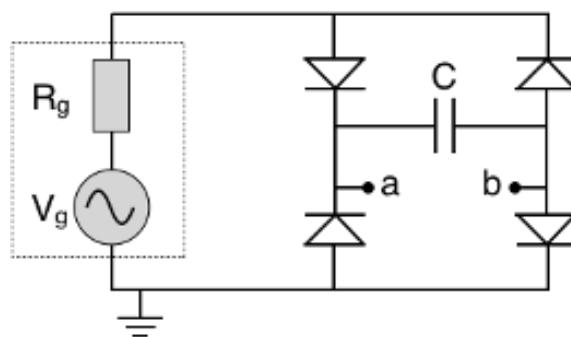


Figura 4: Schema del raddrizzatore a ponte di Graetz.

Riferimenti bibliografici

- [1] Dispense sulle lezioni introduttive disponibili sul sito e-learning.
- [2] Dispense di Massimo Gervasi disponibili sul sito e-learning.
- [3] Mazzoldi, Nigro, Voci. *Fisica. Volume II*. Capitolo 11.
- [4] Purcell, Morin. *Electricity and Magnetism*. Capitolo 8.

Appendice

4 Richiami sugli strumenti

Generatore di funzioni

Il generatore di funzioni è uno strumento capace di produrre un segnale di forma variabile, nel caso di questa esperienza si utilizza un segnale a onda quadra. Il generatore ha un’impedenza interna R_g (usualmente di 50 Ohm) e il segnale di uscita viene fornito su un connettore coassiale. Il segnale è quindi prelevato tra il pin centrale e l’armatura esterna del connettore coassiale. L’armatura esterna è la massa di riferimento dello strumento (generalmente connessa alla terra dell’impianto elettrico del laboratorio)

Oscilloscopio

L’Oscilloscopio è uno strumento in grado di leggere e visualizzare una forma d’onda variabile nel tempo. La banda passante dell’Oscilloscopio (cioè la massima frequenza alla quale la lettura dell’Oscilloscopio è ancora affidabile) è molto ampia (> 60 MHz per gli Oscilloscopi di questo laboratorio). Gli Oscilloscopi che abbiamo in laboratorio hanno un’impedenza d’ingresso alta (~ 1 M Ω) posta in parallelo a una capacità (~ 20 pF). I segnali vengono letti mediante delle sonde. A frequenze superiori alla banda passante dell’Oscilloscopio il segnale viene distorto. Per ovviare in parte a tale distorsione si utilizzano le sonde “compensate”.

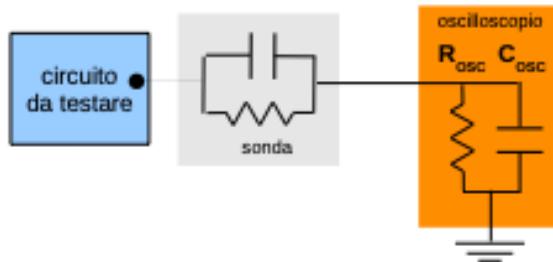


Figura 5: Schema del circuito dell’Oscilloscopio.

La sonda di un Oscilloscopio nella modalità $\times 1$ non è compensata. Mentre nella modalità $\times 10$ (sonda compensata) essa ha un effetto di attenuazione del segnale (di cui l’Oscilloscopio può automaticamente tenere conto se si seleziona la modalità sonda $\times 10$ sull’Oscilloscopio), ma consente di “sintonizzare” la capacità della sonda al fine di estendere in parte la banda passante dell’Oscilloscopio.

Per controllare se le sonde sono ”compensate”, ovvero se sono state ben calibrate, è necessario collegare le sonde ai punti di test come in Figura 6 e controllare che si veda un’onda quadra.

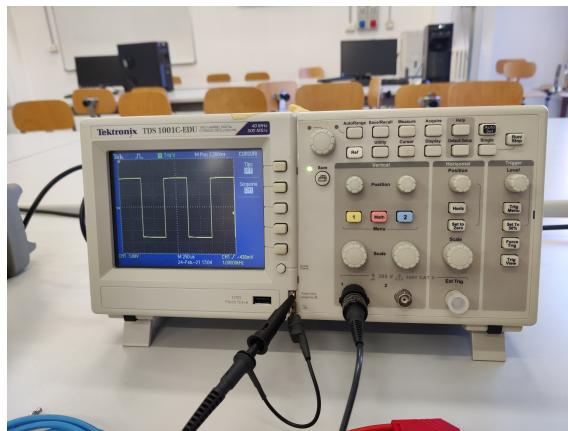


Figura 6: Come collegare le sonde ai punti di test.