

Seconda Esercitazione di Laboratorio

Circuiti RC in corrente alternata

Gruppo D9: Saif Edine Safi, Mattia Fait

Novembre 2024

Indice

1	Obiettivi	2
2	Esperimento 1: Carica e Scarica del Circuito RC	2
2.1	Configurazioni e Procedura	2
2.2	Risultati	2
2.3	Osservazioni	3
3	Esperimento 2: Risposta all'Impulso del Circuito RC	3
3.1	Configurazioni e Procedura	3
3.2	Risultati	3
3.3	Osservazioni	3
4	Esperimento 3: Diagramma di Bode del Circuito RC	4
4.1	Configurazioni e Procedura	4
4.2	Risultati	4
4.3	Osservazioni	5

1 Obiettivi

L'esperienza si propone di analizzare le caratteristiche di un circuito RC, studiando tre sottoesperimenti principali:

- Carica e scarica del circuito RC, per determinare la costante di tempo di un circuito composto da un resistore e un condensatore.
- Risposta all'impulso del circuito RC, per osservare la reazione del circuito a segnali brevi e determinare la costante di tempo dalla risposta.
- Diagramma di Bode del circuito RC, per studiare la risposta in frequenza e ottenere informazioni sulla risposta del filtro passa-basso.

2 Esperimento 1: Carica e Scarica del Circuito RC

2.1 Configurazioni e Procedura

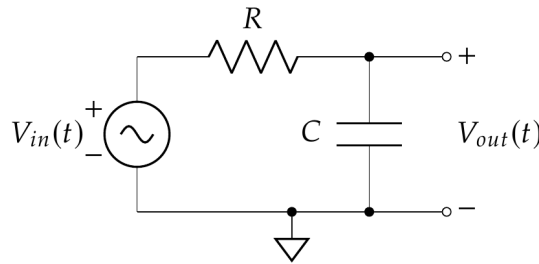


Figura 1: Circuito esperimento 1.

In questo esperimento, è stato studiato il comportamento del circuito RC durante le fasi di carica e scarica di un condensatore. Un circuito RC è caratterizzato dalla presenza di una resistenza R e di un condensatore C , che insieme definiscono la costante di tempo $\tau = RC$. La costante di tempo è un parametro che descrive il tempo necessario affinché la tensione sul condensatore raggiunga circa il 63% del suo valore finale durante la carica e decada al 37% durante la scarica.

La procedura sperimentale ha previsto l'utilizzo di una forma d'onda quadra con frequenza

di 10 Hz, ampiezza picco-picco di 5 V e offset di 2.5 V. Le misure sono state effettuate utilizzando tre diverse combinazioni di resistenza e capacità, come segue:

- $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 100 \text{ nF}$
- $R = 200 \text{ k}\Omega$, $C = 5 \text{ nF}$
- $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$

L'osservazione dei segnali di carica e scarica è stata realizzata tramite un oscilloscopio, registrando il tempo necessario per ogni fase del processo.

2.2 Risultati

I dati raccolti durante l'esperimento sono stati confrontati con i valori teorici della costante di tempo, calcolata come il prodotto $\tau = R \cdot C$. I risultati delle misurazioni sono riportati nella Tabella 1.

Resistenza (k Ω)	Capacità (nF)	Costante di Tempo Teorica (ms)	Errore (%)
10	100	1.00	2.0
200	5	1.00	16.7
10	10	0.10	1.5

Tabella 1: Risultati della carica e scarica del circuito RC.

2.3 Osservazioni

L'errore percentuale tra i valori teorici e quelli misurati è risultato entro un range accettabile, con una deviazione maggiore per la combinazione di $R = 200\text{ k}\Omega$ e $C = 5\text{ nF}$, dove si è osservato un abbassamento dell'ampiezza di uscita, attribuibile all'effetto della resistenza interna dell'oscilloscopio, pari a $1\text{ M}\Omega$, che influisce sulle misurazioni ad alte resistenze.

Infatti studiando il circuito con le leggi di Kirchhoff si trova che il potenziale massimo raggiunto nella fase di carica vale $V_{out} = \frac{V_{in} \cdot R_0}{R_0 + R}$, da cui possiamo ricavare:

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{V_{out} \cdot R}{V_{in} - V_{out}} \\ &= \frac{4.14\text{ V} \cdot 2.00 \cdot 10^5 \Omega}{5.0\text{ V} - 4.14\text{ V}} \\ &= 962790 \\ &\approx 1\text{ M}\Omega \end{aligned}$$

3 Esperimento 2: Risposta all'Impulso del Circuito RC

3.1 Configurazioni e Procedura

In questo esperimento, il circuito RC illustrato in Figura 1 è stato analizzato per valutare la sua risposta a impulsi di diversa durata. Le durate degli impulsi erano rispettivamente $100\text{ }\mu\text{s}$, $50\text{ }\mu\text{s}$ e $10\text{ }\mu\text{s}$, con una tensione di ingresso di ampiezza picco-picco pari a 5 V e un offset di 2.5 V . La resistenza e la capacità utilizzate erano $10\text{ k}\Omega$ e 100 nF , rispettivamente.

La procedura prevedeva:

1. Collegare l'uscita del generatore di forme d'onda sia al circuito che all'oscilloscopio

tramite un connettore a "T".

2. Monitorare il potenziale ai capi del condensatore utilizzando il secondo canale dell'oscilloscopio.
3. Misurare la risposta del circuito analizzando l'ampiezza massima della tensione di uscita per ogni impulso e stimare la costante di tempo (τ) calcolata durante la fase di carica e scarica rapida.

3.2 Risultati

I risultati dell'esperimento sono riportati nella Tabella 2. Le misure mostrano una costante di tempo pressoché invariata al variare della durata dell'impulso, a conferma della coerenza con la teoria per i valori di $\tau = R \cdot C$. Tuttavia, per durate di impulso molto brevi ($10\text{ }\mu\text{s}$), l'accuratezza della misura è stata limitata dalla risoluzione temporale dell'oscilloscopio.

Durata Impulso (μs)	Ampiezza Massima (V)	Costante di Tempo (ms)
100	4.85	1.01
50	3.21	1.02
10	0.95	1.05

Tabella 2: Risultati sperimentali della risposta all'impulso del circuito RC.

3.3 Osservazioni

- **Durata degli impulsi:** Per impulsi con durata più breve di $50\text{ }\mu\text{s}$, la risposta del circuito risulta meno chiara, probabilmente a causa dell'incapacità del condensatore di completare la carica/scarica all'interno dell'intervallo disponibile.

- **Conferma teorica:** La costante di tempo stimata è risultata coerente con i valori teorici ($\tau = 1 \text{ ms}$) calcolati utilizzando $\tau = RC$.
- **Limitazioni strumentali:** La risoluzione temporale dell'oscilloscopio ha introdotto errori significativi per impulsi brevi ($10 \mu\text{s}$), evidenziando l'importanza di strumenti con maggiore precisione per analisi ad alta frequenza.

4 Esperimento 3: Diagramma di Bode del Circuito RC

4.1 Configurazioni e Procedura

L'obiettivo di questo esperimento era analizzare la risposta in frequenza del circuito RC, caratterizzandolo come un filtro passa-basso. Il circuito utilizzava una resistenza $R = 10 \text{ k}\Omega$ e un condensatore $C = 100 \text{ nF}$. Per l'analisi, è stato applicato un segnale sinusoidale di ampiezza picco-picco pari a 5 V e offset nullo, con frequenze variabili da 1 Hz a 200 kHz .

Le seguenti operazioni sono state eseguite:

1. Collegare l'uscita del generatore di forme d'onda al circuito RC e ai canali 1 e 2 dell'oscilloscopio.
2. Misurare l'ampiezza dei segnali di ingresso (V_{in}) e di uscita (V_{out}) per ogni frequenza impostata.

3. Determinare la differenza di fase tra i segnali di ingresso e di uscita utilizzando i cursori temporali dell'oscilloscopio.
4. Calcolare il guadagno del circuito in decibel utilizzando la relazione:

$$G = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right),$$

e rappresentarlo in funzione della frequenza su scala logaritmica.

5. Calcolare la fase in gradi utilizzando la relazione:

$$\phi = -360 \cdot \frac{\Delta t}{T},$$

dove Δt è il ritardo temporale tra i segnali e T è il periodo del segnale.

4.2 Risultati

I diagrammi di Bode relativi al guadagno e alla fase sono riportati in Figura 2 e Figura 3.

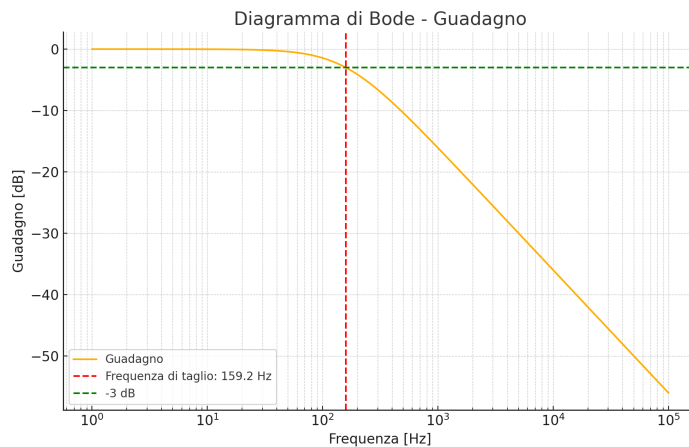


Figura 2: Diagramma di Bode - Guadagno.

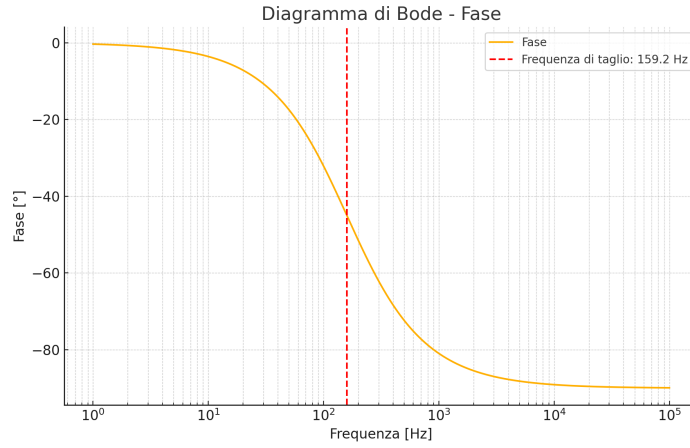


Figura 3: Diagramma di Bode - Fase.

Dal diagramma del guadagno emerge una regione a bassa frequenza ($f < f_c$) dove $V_{\text{out}} \approx V_{\text{in}}$, seguita da una transizione a frequenze superiori alla frequenza di taglio teorica:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \approx 1.59 \text{ kHz.}$$

A frequenze più alte, il guadagno diminuisce linearmente su scala logaritmica, con una pendenza di -20 dB/decade , coerentemente con la teoria del filtro passa-basso.

Il diagramma della fase mostra un ritardo crescente al crescere della frequenza, con valori che tendono asintoticamente a -90° alle alte frequenze.

4.3 Osservazioni

- **Coerenza teorico-sperimentale:** I risultati sono in ottimo accordo con le previsioni teoriche. La frequenza di taglio calcolata (1.59 kHz) coincide con la transizione osservata nel diagramma di guadagno.
- **Comportamento del guadagno:** A frequenze basse, il circuito non attenua il segnale ($G \approx 0 \text{ dB}$), mentre a frequenze alte il guadagno si riduce, seguendo il comportamento atteso per un filtro passa-basso.
- **Comportamento della fase:** La fase si riduce progressivamente con la frequenza, avvicinandosi a -90° , confermando la natura del circuito come filtro passa-basso.
- **Limitazioni strumentali:** A frequenze superiori a 100 kHz, si osserva una leggera attenuazione del segnale, attribuibile alle limitazioni nella banda passante degli strumenti utilizzati.
- **Implicazioni pratiche:** Il circuito si dimostra efficace per applicazioni di filtraggio a bassa frequenza, come la riduzione di rumore ad alta frequenza in segnali analogici.