

Seconda Esercitazione di Laboratorio

Circuiti RC in corrente alternata

Gruppo D9: Saif Edine Safi, Mattia Fait

Novembre 2024

Indice

1	Obiettivi	2
2	Carica e Scarica del Circuito RC	2
2.1	Configurazioni e Procedura	2
2.2	Risultati	2
2.3	Osservazioni	2
3	Risposta all'Impulso del Circuito RC	3
3.1	Configurazioni e Procedura	3
3.2	Risultati	3
3.3	Osservazioni	3
4	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 del *circuito RC* mostrato in Figura 1, studiando *tre sottoesperimenti principali*:

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

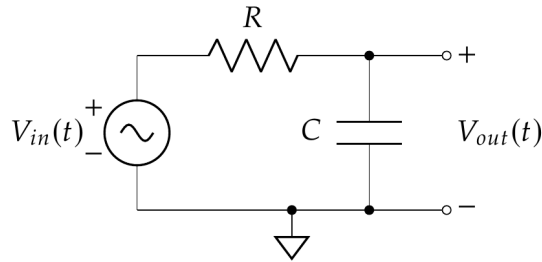


Figura 1: Circuito RC sperimentale.

2 Carica e Scarica del Circuito RC

2.1 Configurazioni e Procedura

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 ef-

fettuate 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)	τ teorica (ms)	τ misurata (ms)
10	100	1.00	0.95
200	5	1.00	0.40
10	10	0.10	0.09

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 circa a 1 M Ω , che *influisce sulle misurazioni*

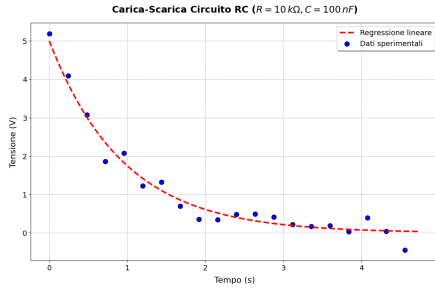


Figura 2: $\tau = 0.95\text{ms}$

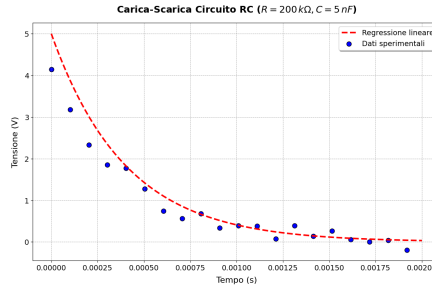


Figura 3: $\tau = 0.40\text{ms}$

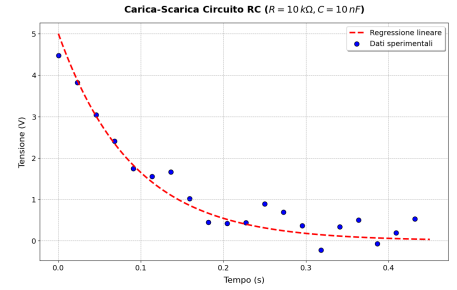


Figura 4: $\tau = 0.09\text{ms}$

ad alte resistenze (200 kΩ).

Per il caso 200 kΩ - 5 nF la *tensione massima misurata* è pari a $V_{out} = 4.14\text{V}$. Analizzando 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 la **resistenza interna dell'oscilloscopio**:

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

3 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 μs, 50 μs e 10 μs, 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 kΩ 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 μs), l'*accuratezza della misura* è stata *limitata dalla risoluzione temporale dell'oscilloscopio*.

Durata Impulso (μs)	Ampiezza Massima (V)	τ teorica (ms)	τ misurata (ms)
100	4.85	1	0.85
50	3.21	1	0.60
10	0.95	1	1.15

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 μs, 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 $\tau = RC$.

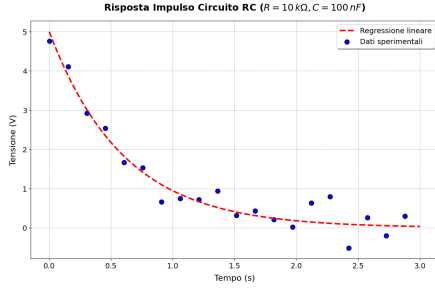


Figura 5: $\tau = 0.95\text{ms}$

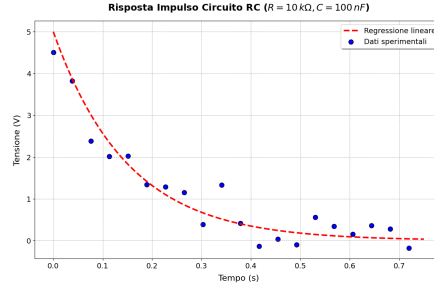


Figura 6: $\tau = 0.40\text{ms}$

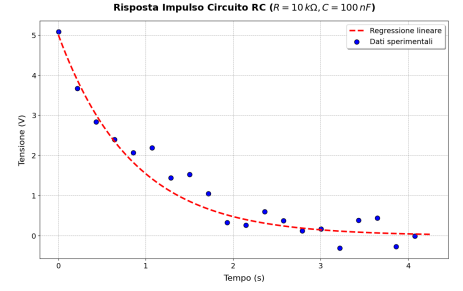


Figura 7: $\tau = 0.09\text{ms}$

- **Limitazioni strumentali:** La risoluzione temporale dell'oscilloscopio ha introdotto errori significativi per impulsi brevi ($10\text{ }\mu\text{s}$), evidenziando l'importanza di strumenti con maggiore precisione per analisi ad alta frequenza.

4 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 8 e Figura 9.

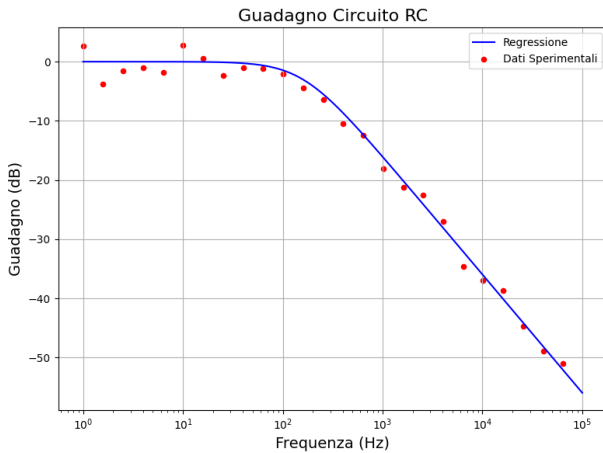


Figura 8: Diagramma di Bode - Guadagno.

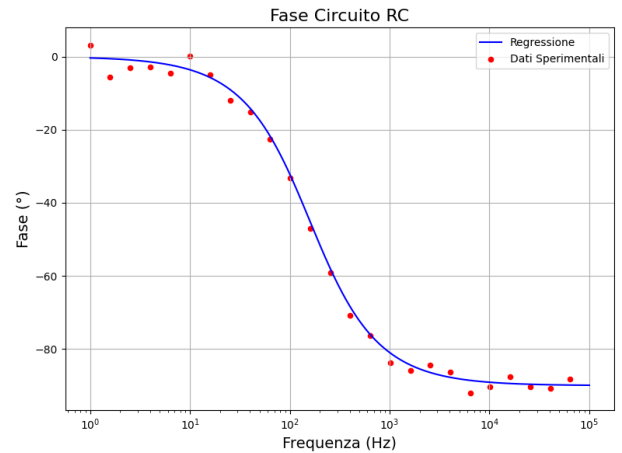


Figura 9: Diagramma di Bode - Fase.

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.