

# Esperienze circuiti RC e RLC

Ferrari Carola

Mirolo Manuele

Stroili Emanuele

14/12/2025

## Indice

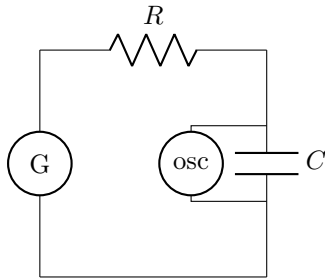
<b>1</b>	<b>Apparato sperimentale</b>	<b>3</b>
1.1	Circuito RC . . . . .	3
1.2	Circuito RLC . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Procedimento di misura</b>	<b>3</b>
2.1	Circuito RC . . . . .	3
2.2	Circuito RLC . . . . .	3
2.2.1	Oscillazione smorzata . . . . .	3
2.2.2	Risonanza . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Grafici</b>	<b>3</b>
3.1	Circuito RC . . . . .	3
3.2	Circuito RLC . . . . .	4
3.2.1	Oscillazione smorzata . . . . .	4
3.2.2	Risonanza . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Risultati</b>	<b>5</b>
4.1	Circuito RC . . . . .	5
4.2	Circuito RLC . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>5</b>

## Sommario

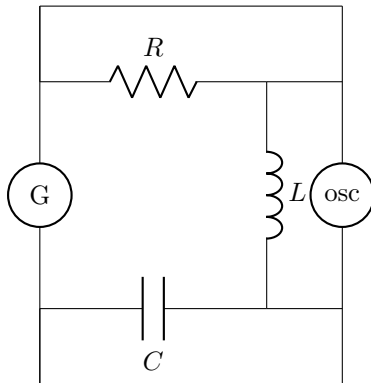
L'esperimento consiste nello studio di due circuiti, uno RC ed uno RLC, stimolati da onde quadre allo scopo di visualizzare l'oscillazione smorzata. Inoltre i due vengono stimolati da onde sinusoidali per osservare l'effetto di risonanza.

# 1 Apparato sperimentale

## 1.1 Circuito RC



## 1.2 Circuito RLC



# 2 Procedimento di misura

Si sono usati i seguenti strumenti:

- Oscilloscopio digitale
- Generatore di segnali periodici
- Cavi conduttori
- Resistenza variabile
- Capacità variabile
- Induttanza variabile

## 2.1 Circuito RC

Per visualizzare i processi di carica e scarica del condensatore si è costruito un circuito RC con l'oscilloscopio in parallelo al condensatore. Per poter valutare correttamente il fenomeno è necessario scegliere un'opportuna frequenza di onda quadra. Si può considerare buono il segnale visualizzato sull'oscilloscopio quando la parte finale della curva di carica/scarica sembra avere tangente orizzontale. Infatti, non è possibile ottenere una precisione migliore a causa delle interferenze dell'ambiente, dalla quale non si può prescindere.

## 2.2 Circuito RLC

### 2.2.1 Oscillazione smorzata

Come per il caso del circuito RC è necessario impostare l'onda quadra a una frequenza tale da non essere più in grado di percepire la differenza tra interferenza e oscillazione smorzata nella parte finale del segnale visualizzato sull'oscilloscopio.

### 2.2.2 Risonanza

Per ricostruire la Lorentziana tipica del grafico ottenuto analizzando la risonanza è necessario cambiare molto lentamente la frequenza dell'onda sinusoidale dal generatore al fine di individuare, osservando l'oscilloscopio, l'intervallo in cui l'ampiezza del segnale aumenta.

# 3 Grafici

## 3.1 Circuito RC

In seguito alla risoluzione dell'equazione differenziale del circuito è possibile ricavare la carica accumulata nelle lamine del condensatore e la corrente passante all'interno del circuito in funzione del tempo. Da quest'ultima è possibile passare all'espressione del logaritmo naturale della tensione a capi del condensatore in funzione del tempo, il cui andamento è dato da:

$$\ln(V(t)) = \ln(V_0) - \frac{1}{RC}t$$

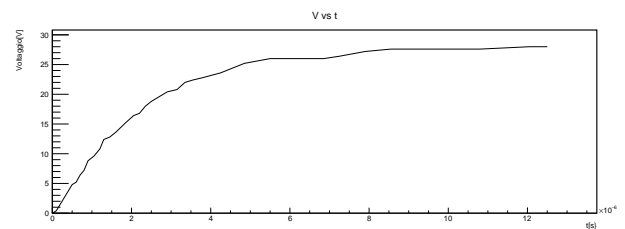


Figura 1: andamento della tensione a capi del capacitore

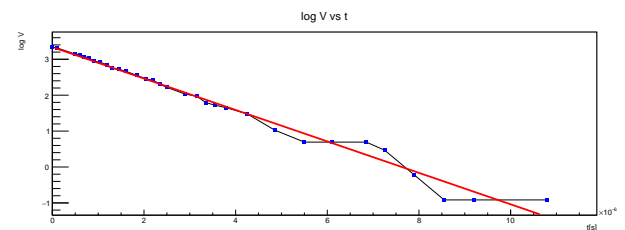


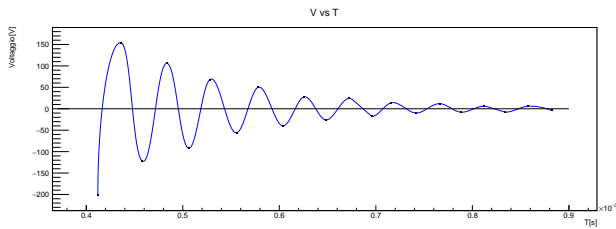
Figura 2: grafico in scala logaritmica

Questi due grafici rappresentano l'andamento della tensione nella sua forma esponenziale e nella sua espressione in scala logaritmica. I dati sono stati presi manualmente per osservare e verificare che effettivamente l'andamento sperimentale rispecchi almeno in parte quello teorico. È

possibile osservare sia dal primo ma soprattutto dal secondo grafico che nella fase di carica si riscontra l'effettivo andamento lineare mentre dagli istanti di tempo successivi a  $6 \cdot 10^{-6} s$  risulta esserci una deviazione dalla linearità, questo probabilmente è causato dal raggiungimento della tensione di regime, dove il tasso di variazione di quest'ultima si avvicina a zero: la variazione fisica esponenziale è così piccola che viene sopraffatta dal rumore di fondo e dai limiti di risoluzione dello strumento, distorcendo la pendenza della retta logaritmica.

## 3.2 Circuito RLC

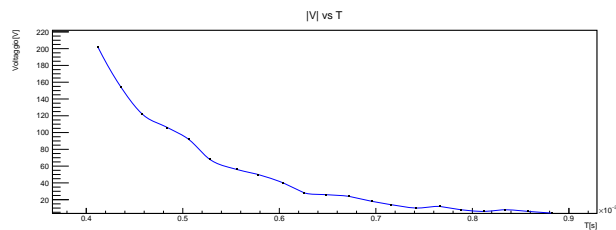
### 3.2.1 Oscillazione smorzata



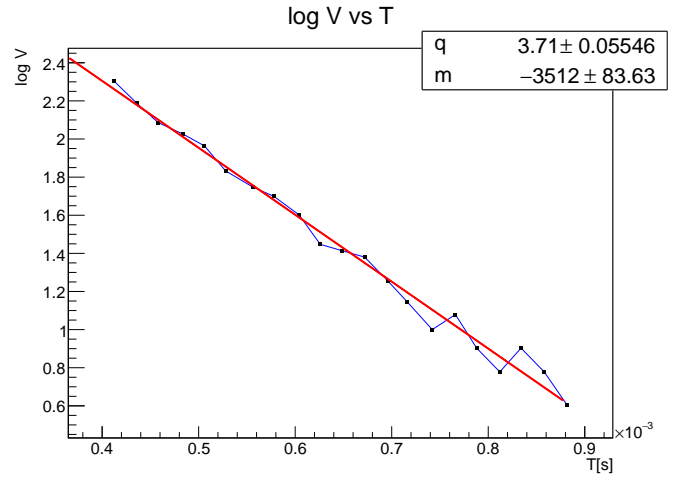
Nel grafico si vede l'andamento dell'oscillazione smorzata del circuito RLC, che è descritto dall'equazione:

$$V(t) = V_0 e^{-\Gamma t/2} \cos(\omega_0 t + \phi)$$

dove  $\Gamma = \frac{R}{L}$  e  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ . Note R e C si può stimare il valore di L in due modi: facendo un fit semilogaritmico dell'andamento dei massimi e valutando il periodo dell'oscillazione smorzata.



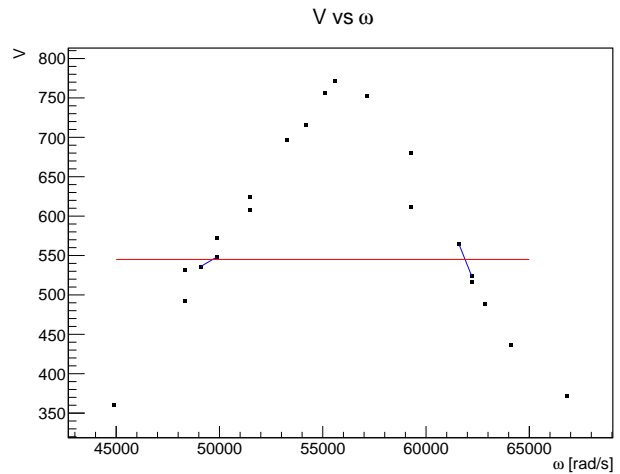
Nel grafico si può notare l'andamento dei massimi e dei minimi (presi in valore assoluto). La forma risulta abbastanza simile a un'esponenziale, le incongruenze rispetto al risultato atteso sono da attribuire al rumore di rete e a una possibile imprecisione sulla taratura dello zero nell'asse delle tensioni, dovuta anche questa all'incertezza data dalle interferenze sulla misura.



Graficando la curva esponenziale vista nel grafico precedente in scala semilogaritmica, si può fare un fit lineare per ottenere una stima di  $-\frac{\Gamma}{2}$  e conseguentemente una stima di L. Eseguendo i calcoli si ottiene  $L_{\Gamma_1} = (32, 7 \pm 2, 7) mH$ .

A questo punto è possibile, tramite i periodi misurati stimare il valore di L direttamente dalla frequenza usando:  $L = \frac{1}{\omega_0^2 C}$ , da cui si ottiene  $L_{\omega_1} = (26, 4 \pm 4, 8) mH$

### 3.2.2 Risonanza



Per stimare  $\Gamma$  a partire dall'effetto di risonanza, bisogna valutare l'ampiezza della Lorentziana a  $\frac{V_0 Q_s}{\sqrt{2}}$ , dove  $V_0 Q_s$  è il valore del massimo della curva, che viene trovato tramite un'approssimazione al secondo ordine, ovvero ricavando l'equazione della parabola passante per i tre punti con valore di tensione maggiore e prendendo il suo vertice come massimo della Lorentziana. L'ampiezza viene valutata con un'approssimazione al primo ordine tra i due punti immediatamente sopra e sotto alla retta  $\frac{V_0 Q_s}{\sqrt{2}}$ . In questo modo si ottiene  $L_{\Gamma_2} = 18.81 mH$  ed  $L_{\omega_2} = 26.39 mH$

## 4 Risultati

### 4.1 Circuito RC

Si è creato un codice python in modo tale da iterare il fit lineare su 100 estremi diversi dell'intervallo temporale. La tabella qui riportata elenca i valori finali con  $\chi^2$  minore, ovverosia quelli ricavati col set che rappresenta meglio il modello:

RC ottenuto	$\Delta$	$\chi^2$	RC atteso
$2.01 \times 10^{-5}$	$7.8 \times 10^{-8}$	0.02	$1.61 \times 10^{-6}$

Prova 1

RC ottenuto	$\Delta$	$\chi^2$	RC atteso
$4.16 \times 10^{-6}$	$5.4 \times 10^{-8}$	0.02	$2.4 \times 10^{-6}$

Prova 2

### 4.2 Circuito RLC

Ivi riportiamo i risultati ottenuti per il circuito RLC<sup>1</sup>:

L	Valore mH	$\Delta$ mH
$L_{\Gamma_1}$	32,7	2,7
$L_{\omega_1}$	26,4	4,8
$L_{\Gamma_2}$	18,81	N/D
$L_{\omega_2}$	26,39	N/D

I valori ottenuti per L sono  $L = (32,7 \pm 2,7)mH$  con il fit in scala semilogaritmica e  $L = (26,4 \pm 4,8)mH$  dalla misura del periodo dell'oscillazione smorzata, il valore di induttanza che era stato impostato era  $L = 42mH$ .

## 5 Conclusioni

I valori ottenuti risultano non compatibili, nè fra di loro nè con il valore impostato, l'errore atteso maggiore era su  $L_w$ , in quanto tale metodo dipendeva fortemente dall'interpolazione svoltasi durante la presa dati.

Tale ipotesi risulta confermata dai dati ottenuti.

Tuttavia, ci si attendeva un errore massimo del 15% sul valore di L. Cause probabili di tale discrepanze sono un errore sistematico nella determinazione dello zero dell'oscilloscopio (più specificatamente una sottostima di tale valore).

---

<sup>1</sup>Non vengono riportati gli errori su  $L_{\Gamma_2}$  e  $L_{\omega_2}$  in quanto ricavati dall'espressione della parabola passante per tre punti, esente da stima di errore.