

# Relazione seconda esperienza di laboratorio Fisica 2

Gruppo A15: Armani Stefano, Cappellaro Nicola, Pasquato Leonardo

07-11-2022

---

## 1 Scopo dell'esperienza

Lo scopo della seconda esperienza di laboratorio è stato quello di prendere confidenza con due dei principali strumenti utilizzabili nello studio di una rete circuitale: il generatore di forme d'onda e l'oscilloscopio.

Per comprendere al meglio il loro funzionamento e l'utilizzo, sono stati applicati ad un semplice circuito RC, a cui sono state date in ingresso diverse forme d'onda e sono state studiate le risposte della rete a tali ingressi grazie all'oscilloscopio.

## 2 Cenni teorici

Per questa esperienza abbiamo bisogno della formula della scarica di un condensatore e la teoria e formule della regressione lineare. La formula della scarica di un condensatore è

$$V_c(t) = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

La regressione lineare ci viene in aiuto visto la quantità di dati prelevati. Nel nostro caso abbiamo prelevato diversi valori della differenza di potenziale in istanti temporali diversi.

Consideriamo quindi la differenza di potenziale e il tempo come un set di dati sperimentali  $x$  e  $y$  costituito da  $n$  campioni ciascuno.

Per linearizzare l'andamento della carica avremo che  $y = a \cdot e^{-\frac{x}{\tau}}$

ora applichiamo il logaritmo naturale da entrambe le parti ed otteniamo

$$\ln(y) = \ln(a) - \frac{x}{\tau}$$

Utilizzando le seguenti sostituzioni:  $y' = \ln(y)$ ,  $a' = \ln(a)$ ,  $b = \frac{1}{\tau}$ , otteniamo una funzione lineare del tipo:  $y' = a' - bx$ . A questo punto è possibile usare la regressione lineare per trovare le componenti  $a'$  e  $b$ :  $b = \frac{n \sum_{i=1}^n \ln(y_i) x_i - (\sum_{i=1}^n \ln(y_i)) (\sum_{i=1}^n x_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n x_i)}$ ;  $a' = y'_{medio} - b x_{medio}$ .

## 3 Strumentazione

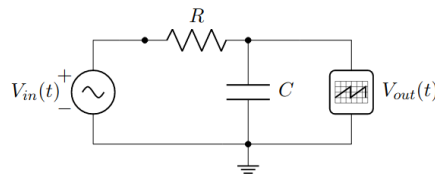
- Breadboard con annessi morsetti serrafile;
- Cavi con connettori a banana e onnettori da banco (Jumper);
- Resistori di varie misure ( $1k\Omega$ ,  $10k\Omega$ ,  $100k\Omega$ ) e capacitori da  $10nF$ ,  $100nF$ ;
- Generatore di forme d'onda Rigol DG1032;
- Oscilloscopio Rigol MSO2102A.

## 4 Esperimento

Durante la prima parte di questa esperienza di laboratorio sono stati illustrati due importanti strumenti da banco, ossia il generatore di forme d'onda e l'oscilloscopio.

La presentazione del generatore di forme d'onda è consistita nel presentare le varie impostazioni percorribili in funzione della forma d'onda che si desidera generare: ampiezza, frequenza, fase, offset sono i parametri principali che sono stati modulati durante l'esperienza per alcuni segnali notevoli, ossia la funzione gradino, sinusoidale, l'impulso.

Successivamente sono stati applicati questi due strumenti in un semplice circuito RC, composto da un resistore e un capacitore in serie, generatore di forme d'onda e oscilloscopio collegato in parallelo al capacitore, come in figura.



Il primo esperimento è consistito nel dare in ingresso al circuito, per mezzo del generatore, un'onda quadra di frequenza  $f = 10\text{Hz}$ , tensione di picco  $V_{In}^{pp} = 5\text{V}$  e offset nullo. Questo circuito è stato replicato 3 volte, con 3 diverse coppie di resistori e capacitori con diverse resistenze e capacità. Grazie all'oscilloscopio è stato possibile ottenere il valore della tensione di lato ai capi del capacitore in funzione del tempo, dunque sono stati ricavati dei valori di tensione istantanea, in momenti arbitrari, sia nella fase di carica che di scarica del capacitore.

Per questioni di semplicità, sono stati utilizzati i valori ottenuti dalla scarica del condensatore, in modo tale da poter stimare grazie al metodo della regressione lineare l'andamento della tensione. Ottenuti i valori delle costanti di tempo caratteristiche per ogni coppia di resistenze e capacità ( $\tau$ ), è stato cambiato l'ingresso al circuito: il generatore di forme d'onda è stato impostato in modo tale da generare un'onda impulsiva. La stessa procedura per ottenere i valori di tensioni istantanee è stata applicata anche in questo caso, al fine di studiare l'andamento della tensione avendo in ingresso un'onda impulsiva. L'ingresso impulsivo è stato modulato 3 volte, variando la durata dello stesso. L'onda quadra con durata minore delle 3 sarà sicuramente l'ingresso più approssimabile a quello impulsivo.

## 5 Dati sperimentali

$a: R = 10\text{k}\Omega, C = 100\text{nF}$

$b: R = 10\text{k}\Omega, C = 100\text{nF}$

$c: R = 200\text{k}\Omega, C = 5\text{nF}$

Tempo [ $\mu\text{s}$ ]	Tensione [V]
120	4.5
360	3.54
960	2.56
1160	1.54
2160	0.54

Tempo [ $\mu\text{s}$ ]	Tensione [V]
32	3.54
96	1.96
202	0.7
302	0.28

Tempo [ $\mu\text{s}$ ]	Tensione [V]
100	3.69
300	2.919
540	2.099
980	1.263
1860	0.459

## 6 Elaborazione dati

Misura (caso a)	$t[s]$	$\ln(V)$	$t^2$	$t[s] \cdot \ln(V)$
1	$120 \cdot 10^{-6}$	1.5041	$1.44 \cdot 10^{-8}$	$180.489 \cdot 10^{-6}$
2	$360 \cdot 10^{-6}$	1.2641	$12.96 \cdot 10^{-8}$	$455.086 \cdot 10^{-6}$
3	$960 \cdot 10^{-6}$	0.9400	$92.16 \cdot 10^{-8}$	$902.407 \cdot 10^{-6}$
4	$1160 \cdot 10^{-6}$	0.4318	$134.56 \cdot 10^{-8}$	$500.868 \cdot 10^{-6}$
5	$2160 \cdot 10^{-6}$	-0.6162	$466.56 \cdot 10^{-8}$	$-1330.962 \cdot 10^{-6}$
$\Sigma$	$4760 \cdot 10^{-6}$	3.5238	$707.68 \cdot 10^{-8}$	$707.887 \cdot 10^{-6}$
Media	$952 \cdot 10^{-6}$	0.7048		

Misura (caso b)	$t[s]$	$\ln(V)$	$t^2$	$t[s] \cdot \ln(V)$
1	$32 \cdot 10^{-6}$	1.2641	$1.024 \cdot 10^{-9}$	$40.255206 \cdot 10^{-6}$
2	$96 \cdot 10^{-6}$	0.6729	$9.216 \cdot 10^{-9}$	$64.60267 \cdot 10^{-6}$
3	$202 \cdot 10^{-6}$	-0.3567	$4.0804 \cdot 10^{-8}$	$-72.0483 \cdot 10^{-6}$
4	$302 \cdot 10^{-6}$	-1.2730	$9.1204 \cdot 10^{-8}$	$-384.436 \cdot 10^{-6}$
$\Sigma$	$632 \cdot 10^{-6}$	0.3074	$14.2248 \cdot 10^{-8}$	$-351.429 \cdot 10^{-6}$
Media	$158 \cdot 10^{-6}$	0.0769		

Misura (caso c)	$t[s]$	$\ln(V)$	$t^2$	$t[s] \cdot \ln(V)$
1	$100 \cdot 10^{-6}$	1.3056	$1 \cdot 10^{-8}$	$130.563 \cdot 10^{-6}$
2	$300 \cdot 10^{-6}$	1.0712	$9 \cdot 10^{-8}$	$321.372 \cdot 10^{-6}$
3	$540 \cdot 10^{-6}$	0.7415	$29.16 \cdot 10^{-8}$	$400.389 \cdot 10^{-6}$
4	$980 \cdot 10^{-6}$	0.2335	$96.04 \cdot 10^{-8}$	$228.82 \cdot 10^{-6}$
5	$1860 \cdot 10^{-6}$	-0.7787	$345.96 \cdot 10^{-8}$	$-1448.391 \cdot 10^{-6}$
$\Sigma$	$3780 \cdot 10^{-6}$	2.5731	$481.16 \cdot 10^{-8}$	$-367.247 \cdot 10^{-6}$
Media	$756 \cdot 10^{-6}$	0.5146		

$$a: \quad \frac{1}{\tau} = \frac{5 \cdot 707.887 \cdot 10^{-6} V - 3.5238 \cdot 4760 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 707.68 \cdot 10^{-8} - 4760 \cdot 10^{-6} \cdot 4760 \cdot 10^{-6}} = -1039.876741 s^{-1} \longrightarrow \tau_a = -0.00096 s$$

$$\ln V_0 = (\ln V)_{medio} - \frac{1}{\tau} \cdot t_{medio} = 0.7048 - (-1039.876741) \cdot 952 \cdot 10^{-6} = 1.69472419 \longrightarrow V_{0a} = 5.445 V \quad (1)$$

$$b: \quad \frac{1}{\tau} = \frac{4 \cdot 14.2248 \cdot 10^{-8} V - 0.3074 \cdot 632 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 14.2248 \cdot 10^{-8} - 632 \cdot 10^{-6} \cdot 632 \cdot 10^{-6}} = -9435.820 s^{-1} \longrightarrow \tau_b = -0.000105979 s$$

$$\ln V_0 = (\ln V)_{medio} - \frac{1}{\tau} \cdot t_{medio} = 0.0769 - (-9435.820) \cdot 158 \cdot 10^{-6} = 1.567717 \longrightarrow V_{0b} = 4.7957 V \quad (2)$$

$$c: \quad \frac{1}{\tau} = \frac{5 \cdot 481.16 \cdot 10^{-8} V - 2.5731 \cdot 3780 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 481.16 \cdot 10^{-8} - 3780 \cdot 10^{-6} \cdot 3780 \cdot 10^{-6}} = -1183.529085 s^{-1} \longrightarrow \tau_c = -0.000844931 s$$

$$\ln V_0 = (\ln V)_{medio} - \frac{1}{\tau} \cdot t_{medio} = 0.5146 - (-1183.529) \cdot 756 \cdot 10^{-6} = 1.40937 \longrightarrow V_{0c} = 4.09337 V \quad (3)$$

## 7 Conclusione

Nel primo esperimento sono stati ottenuti 3 costanti di tempo ragionevolmente vicine ai valori attesi dai calcoli teorici. Solamente il terzo caso, in cui  $R = 200 k\Omega$  e  $C = 5 nF$ , si discosta maggiormente dai valori attesi, soprattutto riguardo l'ampiezza (tensione) d'ingresso e uscita:

la tensione picco-picco in ingresso risulta essere pari a circa  $4V$ , nonostante il generatore di forme d'onda crei un'onda quadra di ampiezza pari a  $5V$ . Il motivo è racchiuso all'interno dell'oscilloscopio: utilizzando un resistore con un'alta resistenza, parte della corrente fluisce all'interno del resistore interno dell'oscilloscopio, con resistenza  $R_{osc}$ . La causa della discrepanza dell'ampiezza è quindi data da  $R_{osc}$ , la quale causa una caduta di potenziale.

È possibile stimare  $R_{osc}$ , con  $V_{in} = 5V$ ,  $V_{out} \approx 4$ :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{4V}{5V} = \frac{4}{5} = \frac{R_{osc}}{R_{eq}} = \frac{R_{osc}}{R + R_{osc}} \rightarrow 4 \cdot R = 4 \cdot 200K\Omega = 800k\Omega \quad (4)$$

Nel secondo esperimento invece, l'onda impulsiva è stata concretizzata da un'onda quadra, modulando la sua durata. Tra i 3 tentativi, l'onda quadra che meglio approssima l'impulso è quella con durata minore, anche se la misurazione manuale della tensione diventa complessa.