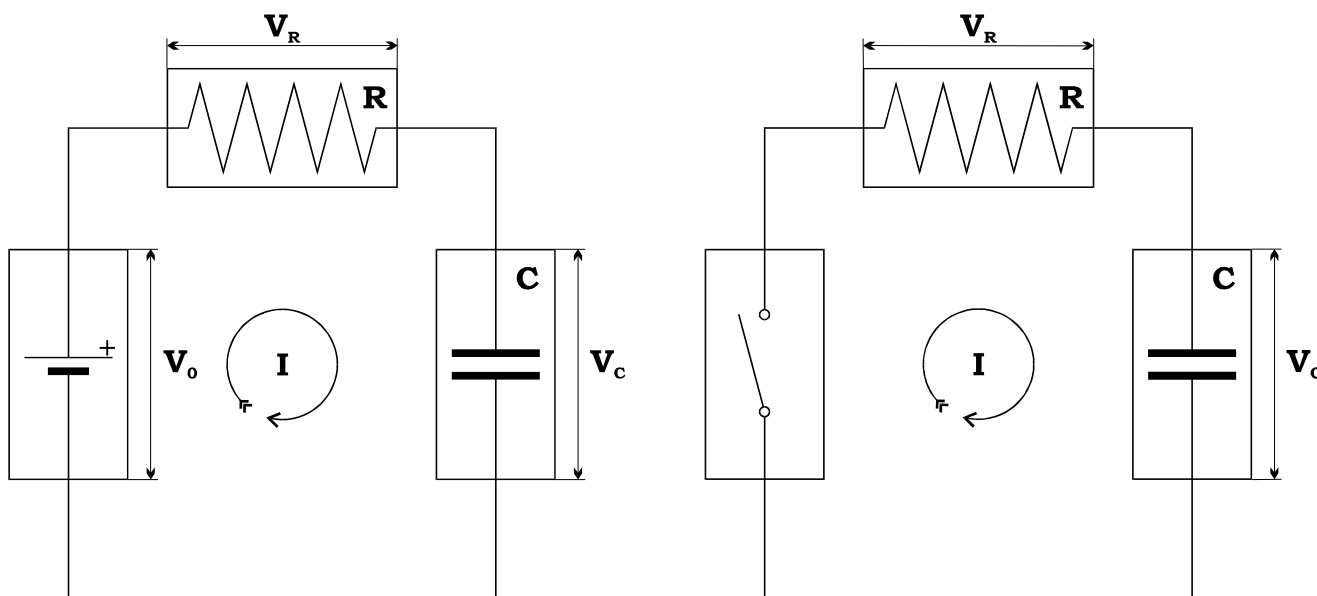




## ESPERIENZA N.2: RC

**SCOPO:** Misura della capacità del condensatore  $C$  attraverso lo studio della carica e scarica in un circuito RC.

**Richiami di teoria**

L'equazione del circuito con il generatore inserito (carica del condensatore) è:

$$V_0 = V_R(t) + V_C(t) = Ri(t) + \frac{q(t)}{C} = R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} \quad (1.1)$$

Questa è un'equazione differenziale che ha come soluzione:

$$q(t) = CV_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (1.2)$$

$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Analogamente, se a condensatore carico (a tensione  $V_0$ ) si chiude il circuito in modo da farlo scaricare sulla resistenza si avrà:

$$0 = V_R(t) + V_C(t) = Ri(t) + \frac{q(t)}{C} = R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} \quad (1.3)$$

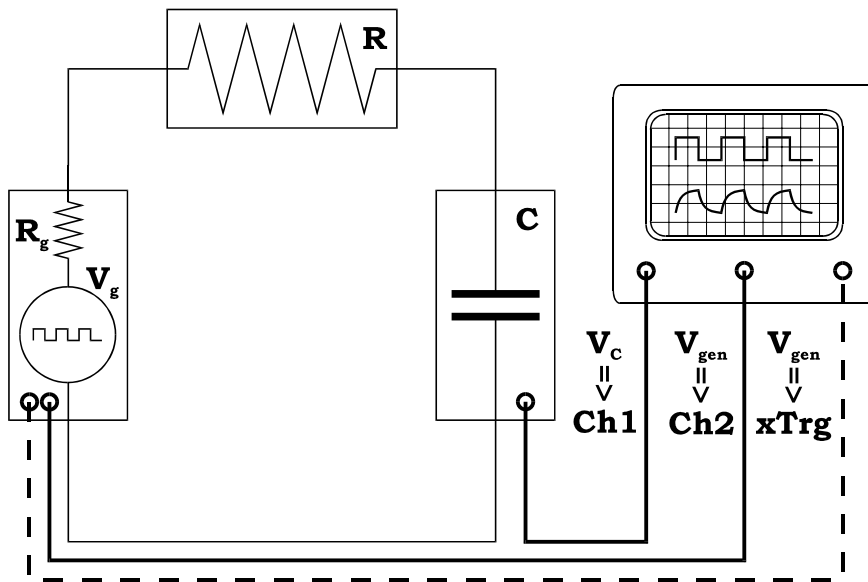
da cui

$$q(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1.4)$$
$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

In entrambi i casi il tempo caratteristico di carica e scarica è  $\tau = RC$ .

## Il circuito

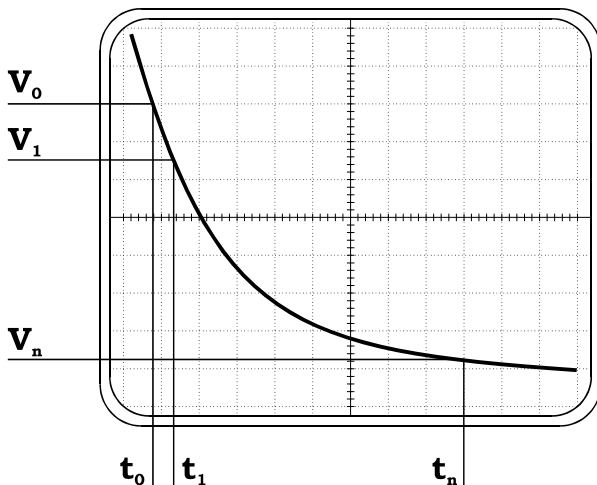
Per produrre ripetutamente i cicli di carica e scarica del condensatore si utilizza un generatore di forme d'onda che inietta un'onda quadra nel circuito facendo oscillare la tensione tra due valori fissati (0 e  $V_0$ ). Il condensatore si carica quando la tensione si porta a  $V_0$  e poi si scarica quando la tensione si riporta a 0. Naturalmente, è essenziale che il periodo di ripetizione dell'onda quadra sia



molto maggiore del tempo caratteristico  $RC$ , per dare tempo al condensatore di caricarsi e scaricarsi completamente. La misura verrà fatta posizionando l'oscilloscopio ai capi del condensatore, regolando opportunamente l'asse dei tempi e delle tensioni per visualizzare gli esponenziali di carica o scarica. Si dovranno misurare sullo

schermo dell'oscilloscopio almeno dieci coppie  $(V_C(t), t)$  sia sulla curva di carica che in quella di scarica. Per avere un trigger preciso, conviene connettere il secondo canale dell'oscilloscopio al generatore; in questo modo si potrà porre il trigger sul fronte di salita dell'onda quadra (per la misura della carica) e poi sul fronte di discesa (per la misura della scarica). Fare molta attenzione al fatto che i cavi coassiali connessi al generatore di funzioni e all'oscilloscopio hanno una polarità: la parte esterna (calza) del cavo, corrispondente alle boccole nere sulla cassetta, è connessa a massa (corrispondente alla terra della connessione di rete per motivi di sicurezza) in entrambi i casi. Quindi è necessario montare il circuito con le connessioni a massa disposte in modo coerente.

## La misura delle curve di carica e scarica e il calcolo di C



Le misure di  $V, t$  vanno effettuate sullo schermo dell'oscilloscopio, eventualmente utilizzando i cursori mobili di cui lo strumento è dotato. Come sempre, ad ogni misura va associato il suo errore sperimentale. Nel caso dell'oscilloscopio può essere opportuno variare la base dei tempi e la sensibilità verticale in modo da minimizzare l'errore per ciascun punto. Le due serie di misure (carica e scarica) devono essere riportate, con i loro errori in due grafici.

Una volta effettuate le misure si ricaverà la costante di tempo  $\tau$  (e quindi la capacità C nota la resistenza). E' conveniente linearizzare le relazioni (1.2) e (1.4). Per la fase di carica si scriverà quindi:

$$y = -\ln\left(1 - \frac{V}{V_0}\right) = \frac{t}{\tau} \quad (1.5)$$

che è una relazione lineare in y,t. E' da notare che il valore  $V_0$  si riferisce al valore più alto della tensione, ovvero al valore a cui la curva satura a tempo grande. Il valore di  $\tau$  si può ricavare con una regressione lineare (metodo dei minimi quadrati) oppure con una media pesata. Con quest'ultimo metodo si troveranno N valori  $\tau_i = t_i/y_i$  (uno per ogni punto V,t misurato sullo schermo). Per ciascun valore andrà valutato l'errore  $\Delta\tau_i$ , che dipenderà da  $\Delta t_i$  e da  $\Delta y_i$ . In questo caso le relazioni sono molto semplici usando gli errori relativi:

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{\Delta t}{t} \oplus \frac{\Delta y}{y} \equiv \sqrt{\left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{y}\right)^2} \quad (1.6)$$

$\Delta t_i$  è l'errore sperimentale sulla misura del tempo  $t_i$ ,  $\Delta y_i$  si ricava dagli errori  $\Delta V_i$  e  $\Delta V_0$ :

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial V} \Delta V\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial V_0} \Delta V_0\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{V_0 - V} \Delta V\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0(V_0 - V)} \Delta V_0\right)^2} \quad (1.7)$$

Una volta ricavate tutte le stime della costante di tempo e i loro errori, se ne ricava la miglior stima con la media pesata. Infine, nota la resistenza R utilizzata nel circuito, si ricaverà

$$C = \frac{\langle \tau \rangle}{R} \quad (1.8)$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta \tau}{\tau} \oplus \frac{\Delta R}{R}$$

Analogamente, per la fase di scarica:

$$y = -\ln\left(\frac{V}{V_0}\right) = \frac{t}{\tau} \quad (1.9)$$

In questo caso  $V_0$  è il valore corrispondente a  $t=0$ . Per il resto si procede come sopra, con la differenza che nel calcolo dell'errore sulle quantità  $y_i$  si ha:

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial V} \Delta V\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial V_0} \Delta V_0\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{V} \Delta V\right)^2 + \left(\frac{1}{V_0} \Delta V_0\right)^2} \quad (1.10)$$

**Esperienza n°2**

**Data dell'esperienza .....**

**Giorno/ora inizio turno .....**

**Gruppo n° .....**

**Cassetta n° .....**

**Cognome.....Nome .....Matr.....**

**Cognome.....Nome .....Matr.....**

**Cognome.....Nome .....Matr.....**

**RC: le misure.**

| Scarica       | Resistenza: ..... ± ..... Ω |        |                 |
|---------------|-----------------------------|--------|-----------------|
| V ± ΔV (Volt) | t ± Δt (...sec)             | y ± Δy | τ ± Δτ (...sec) |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |

| Carica        | Resistenza: ..... ± ..... Ω |        |                 |
|---------------|-----------------------------|--------|-----------------|
| V ± ΔV (Volt) | t ± Δt (...sec)             | y ± Δy | τ ± Δτ (...sec) |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |
| ±             | ±                           | ±      | ±               |

**RC: i risultati.**

Fase di scarica: C := .....  $\pm$  ..... F

Fase di carica: C := .....  $\pm$  ..... F

Valore finale: C := .....  $\pm$  ..... F

N. B. allegare i grafici delle curve di carica e scarica.