

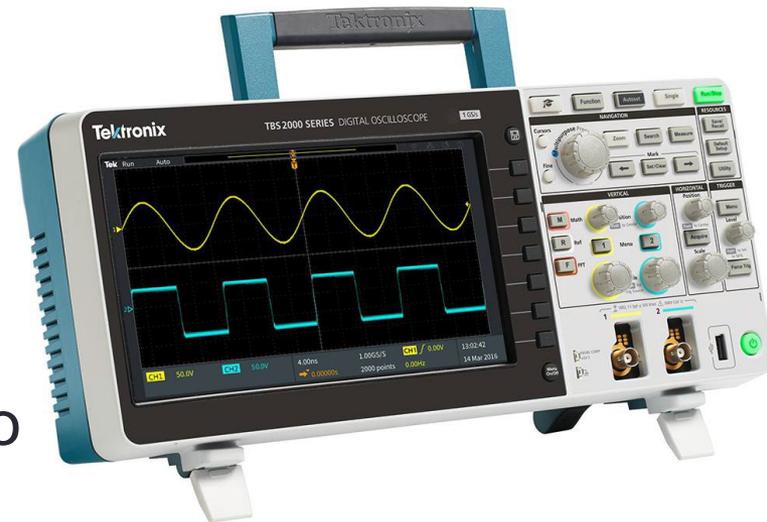
# IL CIRCUITO RC: STUDIO CON L'OSCILLOSCOPIO

---

Marco Panareo

# Generalità

- L'oscilloscopio viene adoperato per la misura di grandezze rapidamente variabili. Nel caso del circuito  $RC$ , attraverso l'oscilloscopio, possono essere osservati agevolmente i processi di carica e di scarica del condensatore.
- In questa esperienza l'oscilloscopio si impiega per la determinazione della costante di tempo di un circuito  $RC$ , in cui il condensatore viene continuamente caricato e scaricato.



# Materiale adoperato

- Generatore di funzioni (TENMA 72-3555)
- Oscilloscopio (TEK TBS2000)
- Sonde per oscilloscopio (TEK 6112 – 10×)
- Due resistenze note ( $10\text{ k}\Omega$  e  $100\text{ k}\Omega$ ) e la resistenza di valore incognito ( $R_x$ )
- Due condensatori ( $10\text{ nF}$  e  $100\text{ nF}$ )
- Breadboard
- Cavi di collegamento

# Teoria – Carica del condensatore

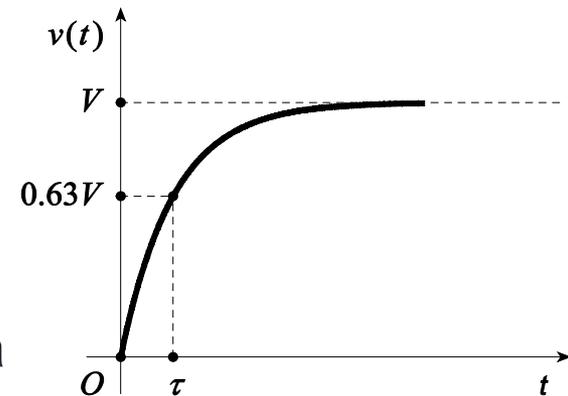
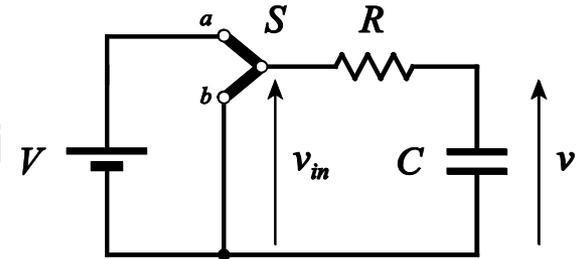
- Si consideri il circuito di figura col deviatore  $S$  originariamente nella posizione  $b$  e supponiamo che all'istante di tempo iniziale tale deviatore venga portato nella posizione  $a$ . In tale condizione la tensione  $v_{in}$  vale  $V$  e la differenza di potenziale ai capi del condensatore aumenterà secondo la legge:

$$v(t) = V(1 - e^{-t/\tau})$$

- dove  $V$  è la forza elettromotrice erogata dal generatore e  $\tau$ , pari al prodotto  $RC$ , è la costante di tempo del circuito.
- in particolare, all'istante di tempo  $t = \tau$  risulta:

$$v(\tau) = V(1 - e^{-\tau/\tau}) = V(1 - e^{-1}) \approx 0.63V$$

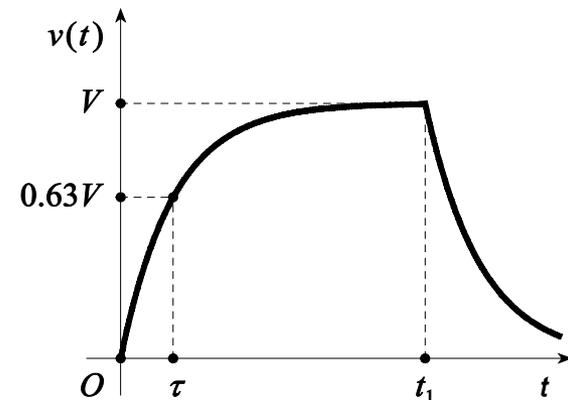
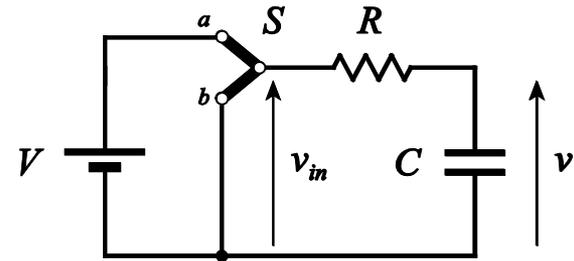
- cioè in tali condizioni, per  $t = \tau$  la differenza di potenziale ai capi del condensatore è il 63% circa della forza elettromotrice erogata dal generatore.



# Teoria – Scarica del condensatore

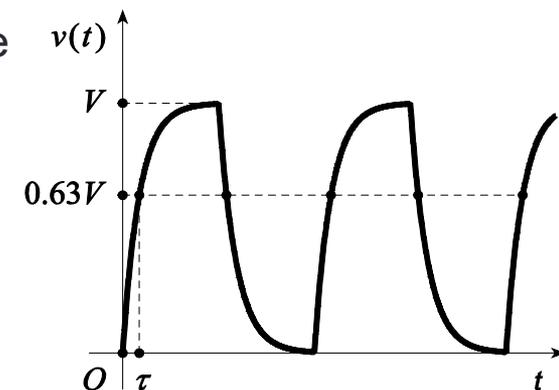
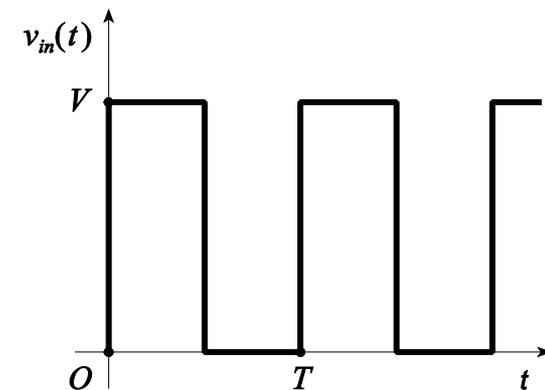
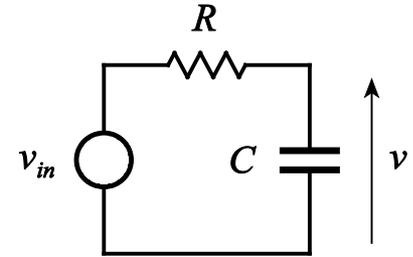
- Se al tempo  $t_1$  il deviatore  $S$  viene portato nella posizione  $b$  la tensione  $v_{in}$  si annulla e la differenza di potenziale ai capi del condensatore prenderà a diminuire secondo la legge:

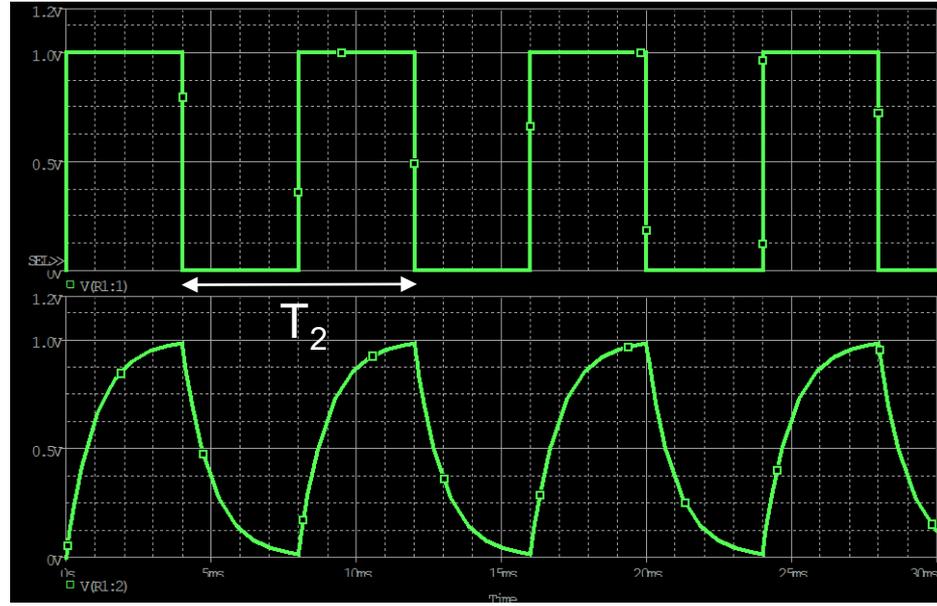
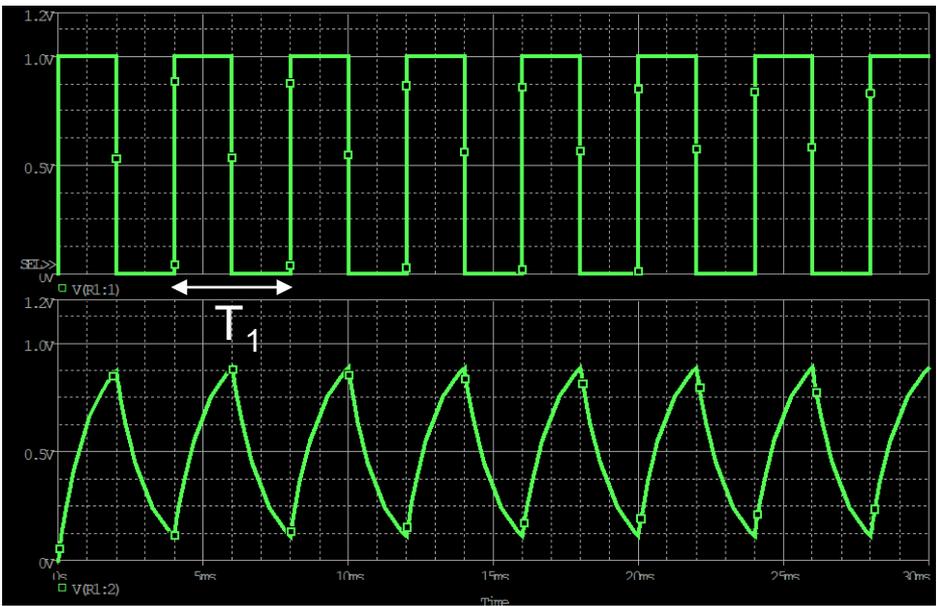
$$v(t) = Ve^{-(t-t_1)/\tau}$$



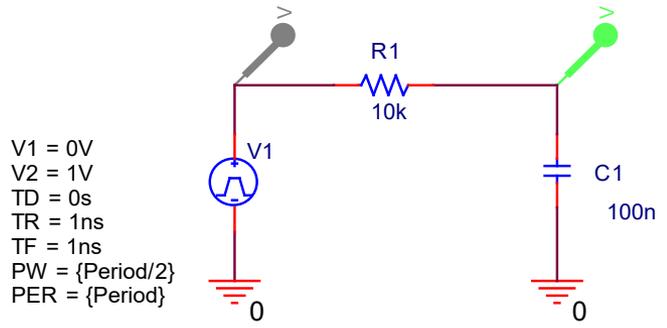
# Teoria – Oscilloscopio

- Utilizzando un generatore di funzione disposto in modo da erogare una forza elettromotrice variabile nel tempo secondo un'onda quadra, è possibile riprodurre in maniera periodica gli effetti del cambiamento della posizione del deviatore  $S$  del circuito precedente.
- La costante di tempo di un circuito  $RC$  può essere determinata attraverso la visualizzazione con un oscilloscopio dell'andamento temporale della differenza di potenziale ai capi del condensatore.
- Ciò è fatto identificando l'istante in cui la tensione ai capi del condensatore raggiunge il 63% del valore massimo  $V$ , rispetto a quando la tensione erogata dal generatore passa da zero al suo valore massimo  $V$ .
- Per non commettere un errore nella misura di  $V$ , e di conseguenza di  $\tau$ , è opportuno avere una stima preliminare della costante di tempo, in modo da assicurarsi che durante il semiciclo dell'onda quadra in cui  $v_{in}$  vale  $V$  il condensatore possa considerarsi completamente carico (e ovviamente durante il semiciclo durante il quale  $v_{in}$  sia nulla, il condensatore si scarichi completamente).
- A partire dalla stima di  $\tau$  si fissa il periodo  $T$  dell'onda quadra in modo che risulti  $T \gg 2\tau$  ( $\tau \ll T/2$ ).

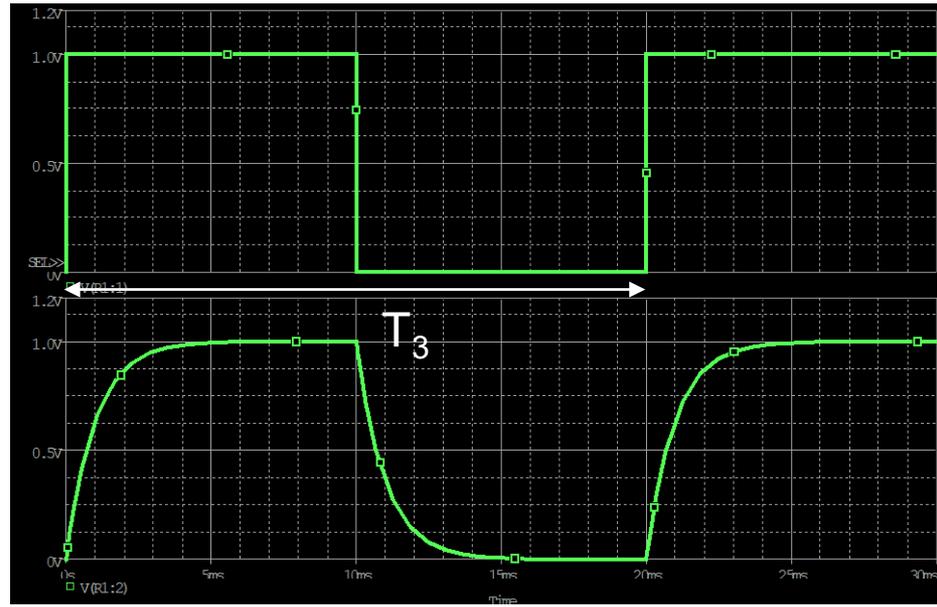




$$T_1 < T_2 < T_3$$



V1 = 0V  
 V2 = 1V  
 TD = 0s  
 TR = 1ns  
 TF = 1ns  
 PW = {Period/2}  
 PER = {Period}



# Teoria – Tempo di salita

- Si definisce *tempo di salita*  $t_r$  di un impulso il tempo necessario affinché la sua ampiezza passi dal 10% al 90% del suo valore massimo.
- Dall'espressione  $v(t) = V(1 - e^{-t/\tau})$ , i tempi  $t_1$  e  $t_2$  in corrispondenza dei quali la tensione raggiunge, rispettivamente, il 10% di  $V$  e il 90% di  $V$ , soddisfano le relazioni:

$$\frac{1}{10} = 1 - e^{-t_1/\tau}$$

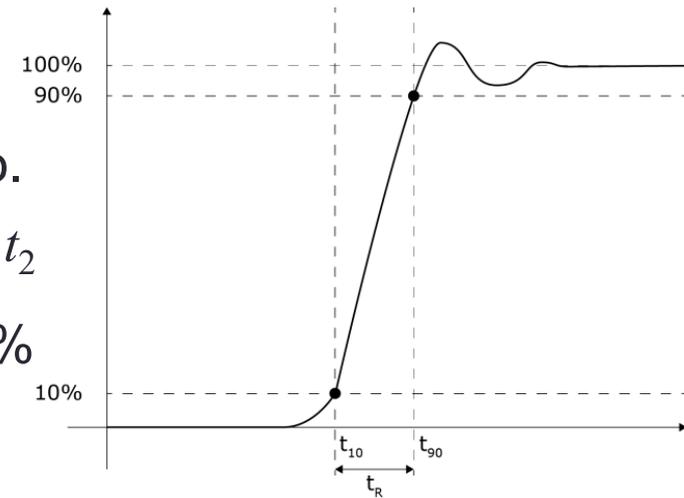
$$\frac{9}{10} = 1 - e^{-t_2/\tau}$$

- Posto

$$t_r \equiv t_2 - t_1$$

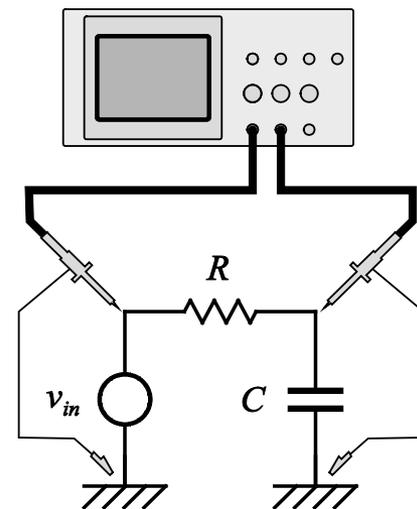
- Dalle relazioni precedenti risulta

$$t_r = \tau \ln(9) \approx 2.2\tau$$



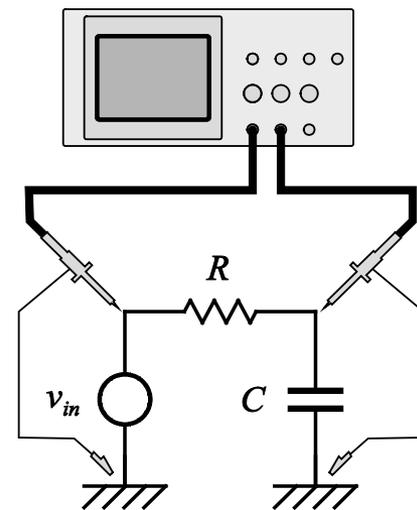
# Procedura sperimentale

1. Si considerino una resistenza da  $10\text{ k}\Omega$  e un condensatore da  $100\text{ nF}$  e se ne stimi la costante di tempo.
2. Si accenda il generatore e lo si imposti in modo che eroghi una forza elettromotrice variabile secondo un'onda quadra di ampiezza pari a  $1\text{ V}$  circa ("HIGH-Z"). Si accenda l'oscilloscopio e si verifichi la compensazione delle sonde (*input*  $\times 10$ ).
3. Si realizzi il circuito  $RC$  in maniera che possa essere alimentato dal generatore di funzioni e si colleghino le sonde dell'oscilloscopio come indicato in figura: un capo della resistenza a CH1, l'altro a CH2. Si rammenti che il generatore eroga una forza elettromotrice variabile rispetto massa e che l'oscilloscopio misura le differenze di potenziale rispetto massa, pertanto occorre assicurarsi che la massa del generatore, quella del circuito e quella dell'oscilloscopio siano collegate tra loro.
4. Attraverso la visualizzazione con l'oscilloscopio si faccia in modo che l'onda quadra abbia l'ampiezza di  $1\text{ V}$ ; e una frequenza tale che risulti  $T \gg 2\tau$ ; per stabilizzare l'immagine sullo schermo si adoperi la manopola di *trigger*.
5. Adoperando i cursori orizzontali dell'oscilloscopio si stabilisca l'istante in cui la tensione ai capi del condensatore raggiunge il 63% del valore massimo, rispetto all'istante iniziale di un ciclo completo.



# Procedura sperimentale

1. Si considerino una resistenza da  $10\text{ k}\Omega$  e un condensatore da  $100\text{ nF}$  e se ne stimi la costante di tempo.
2. Si accenda il generatore e lo si imposti in modo che eroghi una forza elettromotrice variabile secondo un'onda quadra di ampiezza pari a  $1\text{ V}$  circa; lo si colleghi all'oscilloscopio. Si accenda l'oscilloscopio e si colleghi CH1 al generatore. Attraverso la visualizzazione con l'oscilloscopio si faccia in modo che l'onda quadra abbia l'ampiezza di  $1\text{ V}$  ("HIGH-Z"); e una frequenza tale che risulti  $T \gg 2\tau$ ; per stabilizzare l'immagine sullo schermo si adoperi la manopola di *trigger*.
3. Si realizzi il circuito  $RC$  in maniera che possa essere alimentato dal generatore di funzioni. Si verifichi la compensazione delle sonde e quindi si colleghi l'oscilloscopio come indicato in figura (*input*  $\times 10$ ): un capo della resistenza a CH1, l'altro a CH2. Si rammenti che il generatore eroga la forza elettromotrice variabile rispetto massa e che l'oscilloscopio misura le differenze di potenziale rispetto massa, pertanto occorre assicurarsi che la massa del generatore, quella del circuito e quella dell'oscilloscopio siano collegate tra loro.
4. Adoperando i cursori dell'oscilloscopio si stabilisca l'istante in cui la tensione ai capi del condensatore raggiunge il 63% del valore massimo, rispetto all'istante iniziale di un ciclo completo.



# Procedura sperimentale

5. Si misuri il tempo di salita della tensione ai capi del condensatore.
6. Si ripeta la procedura 4. per la resistenza da  $100\text{ k}\Omega$  e il condensatore da  $10\text{ nF}$ . Si valuti l'opportunità di cambiare la frequenza dell'onda quadra.
7. Si ripeta la procedura 4. utilizzando la resistenza incognita e il condensatore più appropriato tra quello da  $10\text{ nF}$  e quello da  $100\text{ nF}$ .
8. Si calcolino le costanti di tempo corrispondenti alle prime due combinazioni di resistenza e condensatore, se ne confrontino i risultati con quanto determinato sperimentalmente. Si verifichi la relazione tra tempo di salita e costante di tempo ( $t_r \approx 2.2\tau$ ). Utilizzando l'approccio sperimentale alla determinazione della costante di tempo si stabilisca il valore della resistenza incognita.
9. (*Opzionale*) Si stabilisca la costante di tempo per le altre due combinazioni di valori di resistenza e condensatore ( $10\text{ k}\Omega$ ,  $10\text{ nF}$  e  $100\text{ k}\Omega$ ,  $100\text{ nF}$ ). Si confrontino i risultati sperimentali con quelli teorici.