

Carica e scarica di un condensatore

ANALISI DELL'ANDAMENTO DELLA TENSIONE DURANTE LA CARICA E LA SCARICA DI UN CONDENSATORE.

- Misurazione della tensione del condensatore durante la carica e la scarica tramite accensione e spegnimento di una tensione continua.
- Determinazione del tempo di dimezzamento durante la carica e la scarica.
- Analisi della dipendenza del tempo di dimezzamento da capacità e resistenza.

UE3050101

10/15 UD

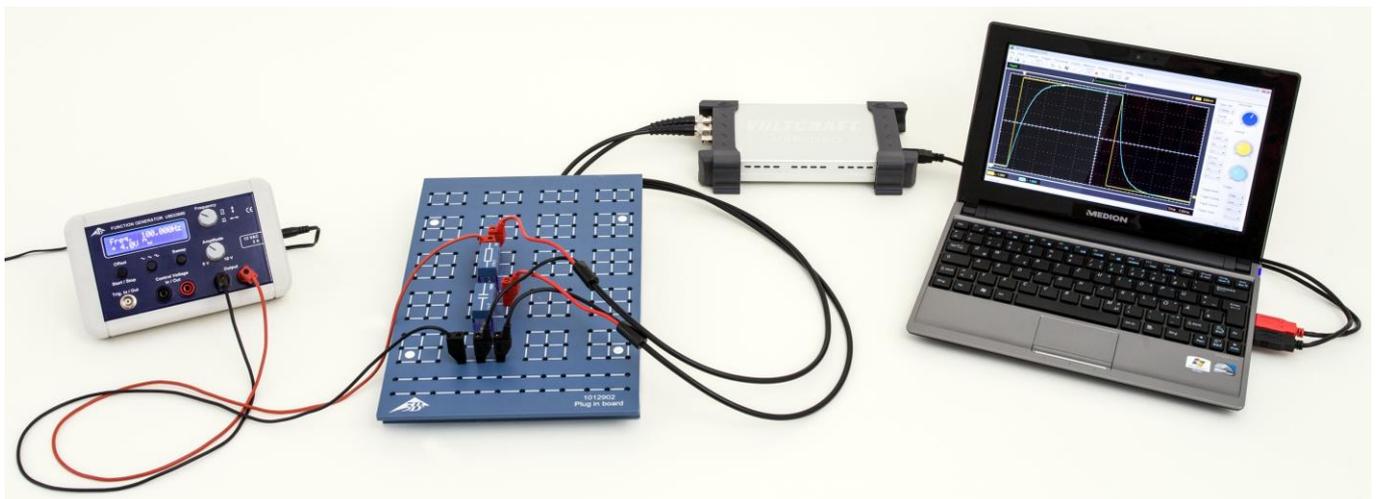


Fig. 1: Disposizione per la misurazione.

BASI GENERALI

In un circuito a corrente continua, attraverso un condensatore passa corrente solo durante l'accensione o lo spegnimento. Tramite la corrente, il condensatore viene caricato all'accensione, fino al raggiungimento della tensione applicata, e scaricato allo spegnimento, finché la tensione non ha raggiunto lo zero. L'andamento della tensione del condensatore può essere rappresentato come funzione esponenziale.

Per un circuito a corrente continua con capacità C , resistenza R e tensione continua U_0 vale all'accensione

$$(1) \quad U(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T_{1/2}}}\right)$$

e allo spegnimento

$$(2) \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T_{1/2}}}$$

con

$$(3) \quad T_{1/2} = \ln 2 \cdot R \cdot C$$

$T_{1/2}$ è il tempo di dimezzamento; vale a dire entro il tempo $T_{1/2}$ la tensione del condensatore si riduce della metà. Lo stesso tempo trascorre per la diminuzione dalla metà ad un quarto e da un quarto ad un ottavo.

Nell'esperienza viene verificato questo comportamento. A tale scopo viene registrato l'andamento temporale della tensione del condensatore con un oscilloscopio con memoria. Poiché la tensione continua U_0 è fissata a 8 V, è possibile rilevare facilmente la metà, un quarto e un ottavo di questo valore.

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Scheda per componenti	U33250	1012902
1	Resistenza 470 Ω, 2 W	U333022	1012914
1	Resistenza 1 kΩ, 2 W	U333024	1012916
1	Resistenza 2,2 Ω, 2 W	U333026	1012918
3	Condensatore 1 μF, 100 V	U333063	1012955
1	Generatore di funzione FG 100	U8533600	1009956/7
1	Oscilloscopio USB, 2x50 MHz	U112491	1017264
2	Cavo ad alta frequenza, connettore 4 mm / BNC	U11257	1002748
1	Set di 15 cavi per esperimenti	U13800	1002841
1	Set di 10 connettori a nastro	U333093	1012985

Dotazione supplementare necessaria:

- 1 Computer con sistema operativo Win XP, Vista o Win7

MONTAGGIO E ESECUZIONE

- Eseguire la disposizione per la misurazione secondo Fig. 2.
- Realizzare il circuito sulla scheda come da Fig. 3.
- Impostare sull'oscilloscopio 1 ms come base tempo, 1 V come deflessione verticale per CH1 e CH2, trigger su "Mode Edge", "Sweep Auto", "Source CH1" e soglia trigger circa 600 mV.

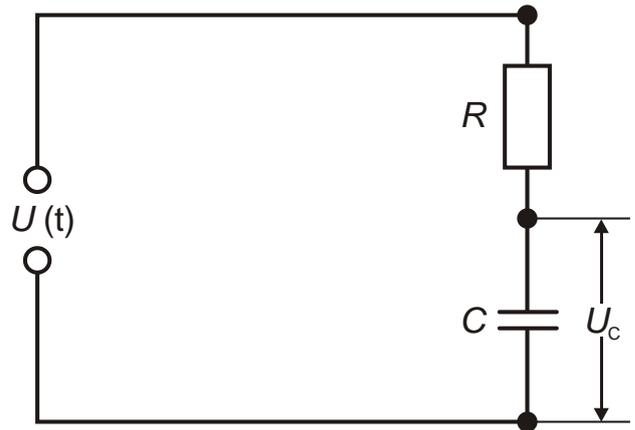


Fig. 3: Schema elettrico.

Tempo di dimezzamento durante la carica e la scarica

- Inserire la resistenza 1 kΩ e capacità 1 μF come mostrato in Fig. 2 e 3 nella scheda.
- Impostare sul generatore di funzione una frequenza pari a 100 Hz e selezionare come forma del segnale l'opzione rettangolare.
- Scegliere un'ampiezza tale per cui l'altezza picco-picco del segnale $U = 8 V$ corrispondente a ± 4 quadretti ammonti a 1 V / quadretto.
- Leggere sull'oscilloscopio i tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ durante la scarica del condensatore per cadute di tensione da $U = 8 V$ a $U = 4 V$, da $U = 4 V$ a $U = 2 V$ e da $U = 2 V$ a $U = 1 V$ e registrare i valori nella Tab. 1.
- Leggere sull'oscilloscopio i tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ durante la carica del condensatore per salite di tensione da $U = 0 V$ a $U = 4 V$, da $U = 4 V$ a $U = 6 V$ e da $U = 6 V$ a $U = 7 V$ e registrare i valori nella Tab. 2.

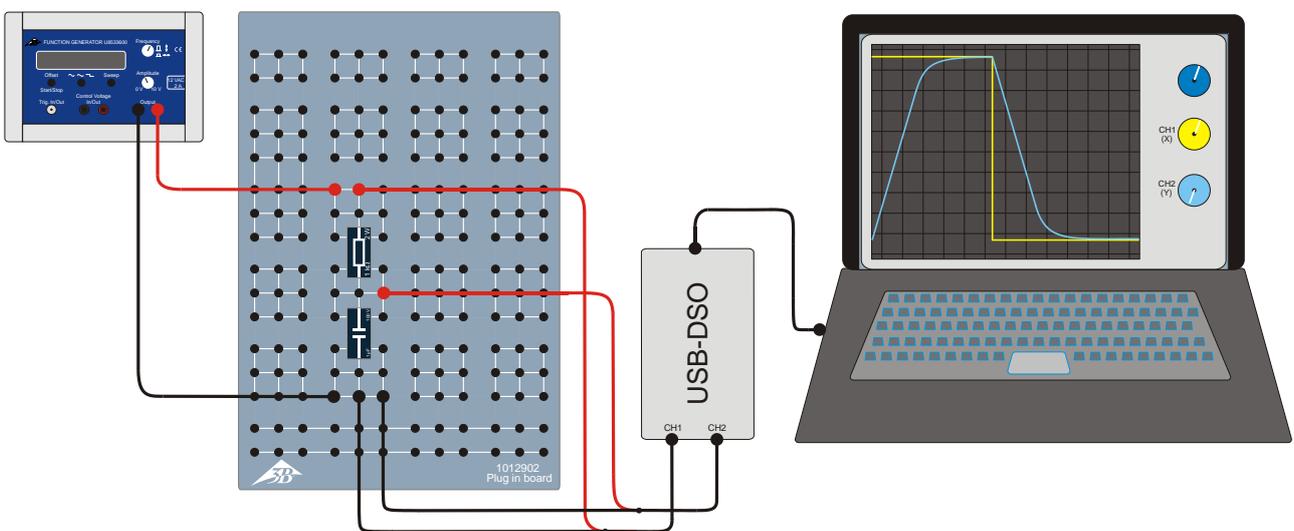


Fig. 2: Rappresentazione della disposizione per la misurazione.

Tempo di dimezzamento a capacità fissa

- Costruendo un collegamento in serie di due condensatori con $C = 1 \mu\text{F}$ realizzare una capacità pari a $C = 0,5 \mu\text{F}$.
- Realizzare in successione resistenze ohmiche con $R = 0,47, 1, 1,47, 2,2$ e $2,67 \text{ k}\Omega$. Creare valori intermedi collegando in serie a due le resistenze ohmiche.
- Leggere sull'oscilloscopio per ciascuna resistenza ohmica R il tempo di dimezzamento $T_{1/2}$ e registrare i valori nella Tab. 3.

Tempo di dimezzamento a resistenza fissa

- Utilizzare la resistenza ohmica $R = 470 \Omega$.
- Realizzare in successione capacità $C = 0,33, 0,5, 0,67, 1, 1,5$ e $2 \mu\text{F}$. Creare valori intermedi collegando in serie o in parallelo i condensatori con $C = 1 \mu\text{F}$.
- Leggere sull'oscilloscopio per ciascuna capacità C il tempo di dimezzamento $T_{1/2}$ e registrare i valori nella Tab. 4.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

La Fig. 4 mostra ad esempio l'oscillogramma durante la carica e la scarica di un condensatore. La curva gialla indica l'andamento temporale della tensione, che cade mediante la resistenza ohmica (CH1), la curva blu l'andamento temporale della tensione che cade mediante il condensatore (CH2).

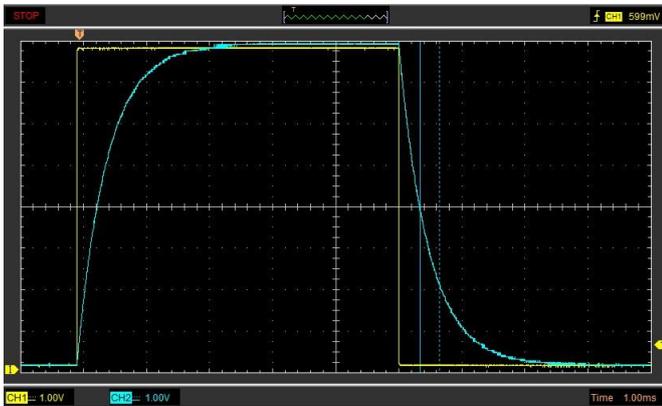


Fig. 4: Tensione del condensatore registrata sull'oscilloscopio durante la carica e la scarica.

Tab. 1: Tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ per diverse cadute di tensione, $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $C = 1 \mu\text{F}$

$T_{1/2}(8 \text{ V} \rightarrow 4 \text{ V})$	$T_{1/2}(4 \text{ V} \rightarrow 2 \text{ V})$	$T_{1/2}(2 \text{ V} \rightarrow 1 \text{ V})$
0,69 ms	0,68 ms	0,70 ms

Tab. 2: Tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ per diverse salite di tensione, $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $C = 1 \mu\text{F}$

$T_{1/2}(0 \text{ V} \rightarrow 4 \text{ V})$	$T_{1/2}(4 \text{ V} \rightarrow 6 \text{ V})$	$T_{1/2}(2 \text{ V} \rightarrow 7 \text{ V})$
0,69 ms	0,69 ms	0,70 ms

Tab. 3: Tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ per diverse resistenze ohmiche R a capacità fissa $C = 0,5 \mu\text{F}$.

$\frac{R}{\text{k}\Omega}$	0,47	1,00	1,47	2,20	2,67
$\frac{T_{1/2}}{\text{ms}}$	0,163	0,346	0,490	0,759	0,865

Tab. 4: Tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ per diverse capacità C a resistenza ohmica fissa $R = 470 \Omega$.

$\frac{C}{\mu\text{F}}$	0,33	0,50	0,67	1,00	1,50	2,00
$\frac{T_{1/2}}{\text{ms}}$	0,086	0,163	0,221	0,307	0,461	0,624

ANALISI

Tempo di dimezzamento durante la carica e la scarica

La corrispondenza dei valori determinati dalle diverse sezioni della curva di carica e/o di scarica per il tempo di dimezzamento (Tabb. 1 e 2) conferma l'andamento esponenziale previsto, v. equazioni (1) e (2).

Tempo di dimezzamento a capacità fissa

- Registrare in un diagramma i tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ risultanti dalla Tab. 3 rispetto alle resistenze ohmiche R e adattare la retta di origine (Fig. 5).
- Per verificare l'equazione (3) determinare dall'incremento lineare m_C la capacità C .

$$(4) \quad T_{1/2} = m_C \cdot R \text{ con } m_C = \ln 2 \cdot C$$

$$\Rightarrow C = \frac{m_C}{\ln 2} = \frac{0,33}{\ln 2} = 0,48 \mu\text{F} .$$

Il valore ricavato dalla misurazione coincide perfettamente con il valore nominale $C = 0,5 \mu\text{F}$.

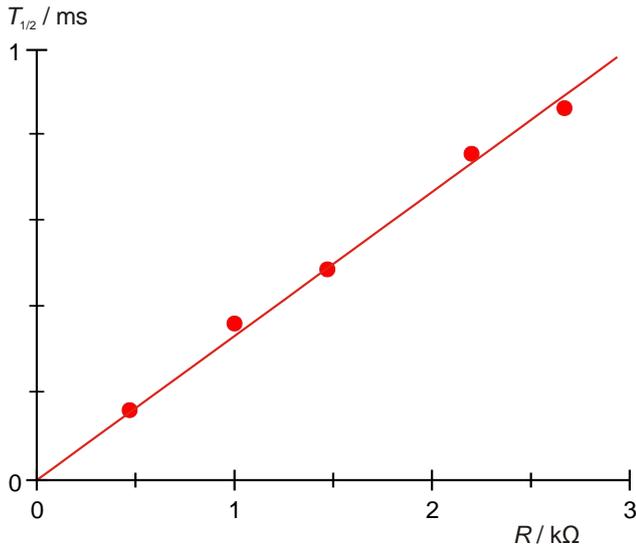


Fig. 5: Tempo di dimezzamento $T_{1/2}$ in funzione della resistenza R

Tempo di dimezzamento a resistenza fissa

- Registrare in un diagramma i tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ risultanti dalla Tab. 4 rispetto alle capacità C e adattare la retta di origine (Fig. 6).
- Per verificare l'equazione (3) determinare dall'incremento lineare m_C la resistenza ohmica R .

$$(5) \quad T_{1/2} = m_R \cdot C \quad \text{con} \quad m_R = \ln 2 \cdot R$$

$$\Rightarrow R = \frac{m_R}{\ln 2} = \frac{0,32}{\ln 2} = 0,46 \text{ k}\Omega.$$

Il valore ricavato dalla misurazione coincide perfettamente con il valore nominale $R = 470 \Omega$.

- Moltiplicare i valori delle resistenze ohmiche R risultanti dalla Tab. 3 per il valore della capacità $C = 0,5 \mu\text{F}$, multi-

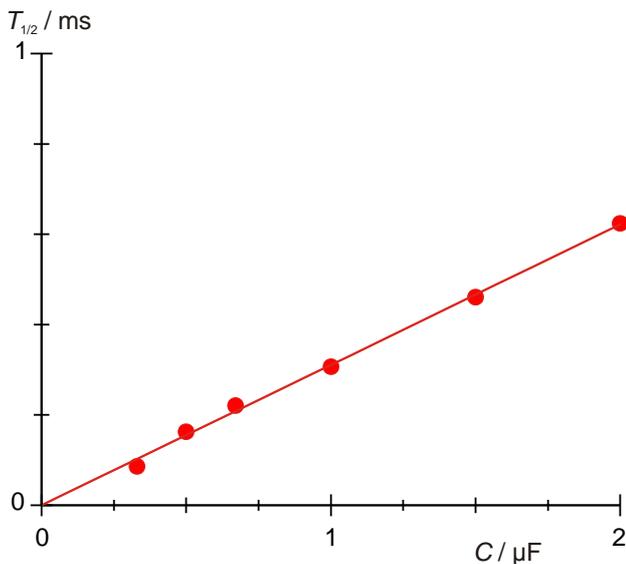


Fig. 6: Tempo di dimezzamento $T_{1/2}$ in funzione della capacità C .

plicare i valori delle capacità C risultanti dalla Tab. 4 per il valore della resistenza ohmica $R = 470 \Omega$ e registrare nella Tab 5 i prodotti $R \cdot C$ insieme ai rispettivi tempi di dimezzamento risultanti dalle Tabb. 3 e 4.

Tab. 5: Tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ dei prodotti $R \cdot C$, calcolati a partire dai valori di cui alle Tabb. 3 e 4.

$R \cdot C / \text{k}\Omega \cdot \mu\text{F}$	$T_{1/2} / \text{ms}$
0,16	0,09
0,24	0,16
0,24	0,16
0,31	0,22
0,47	0,31
0,50	0,35
0,71	0,46
0,74	0,49
0,94	0,62
1,10	0,76
1,34	0,87

- Registrare in un diagramma i tempi di dimezzamento $T_{1/2}$ risultanti dalla Tab. 5 rispetto ai prodotti $R \cdot C$ e adattare la retta di origine (Fig. 5).
- Per verificare l'equazione (3) determinare dall'incremento lineare m il fattore di proporzionalità $\ln 2$.

$$(6) \quad T_{1/2} = m \cdot R \cdot C \quad \text{con} \quad m = \ln 2$$

Il valore ricavato dalla misurazione $m = 0,67$ coincide perfettamente con il valore teorico $\ln 2 = 0,69$.

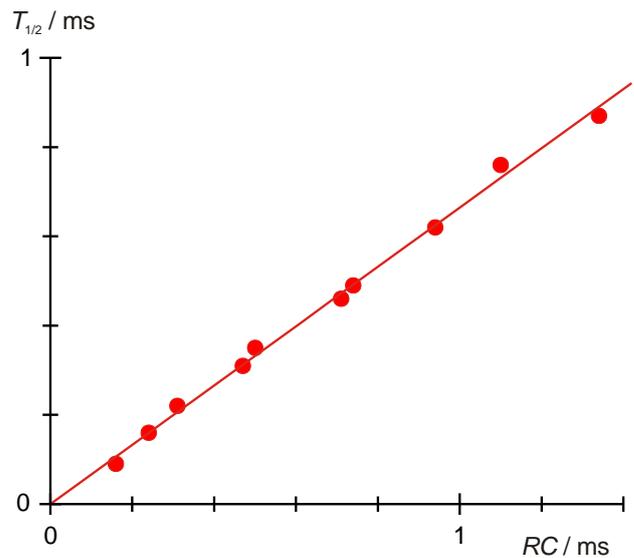


Fig. 7: Tempo di dimezzamento $T_{1/2}$ in funzione del prodotto $R \cdot C$.