

Carica e scarica di un condensatore

MISURAZIONE DEI TEMPI DI CARICA E SCARICA

- Registrazione punto per punto dell'andamento della tensione del condensatore in fase di carica attraverso la misurazione dei tempi di carica.
- Registrazione punto per punto dell'andamento della tensione del condensatore in fase di scarica attraverso la misurazione dei tempi di scarica.
- Determinazione delle capacità e delle resistenze interne attraverso la misurazione dei tempi di carica e scarica nonché confronto con parametri esterni noti.

UE3050105

09/16 JöS/UD



Fig. 1: Apparecchio di carica e scarica in funzione con coppia condensatore/resistenza esterna (sinistra) e interna (destra)

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.

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

$$(1) \quad U(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

e allo spegnimento

$$(2) \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

con la costante di tempo

$$(3) \quad \tau = R \cdot C.$$

Per verificare tale correlazione, nell'esperimento vengono misurati i tempi necessari al raggiungimento delle tensioni di confronto predefinite. Il cronometro viene pertanto avviato con la fase di carica o scarica e successivamente arrestato per mezzo di un comparatore non appena la tensione di confronto risulta raggiunta. La misurazione di diverse tensioni di confronto consente di analizzare punto per punto la curva di carica e scarica.

Interessante dal punto di vista pratico è anche il tempo

$$(4) \quad t_{5\%} = -\ln(5\%) \cdot R \cdot C \approx 3 \cdot R \cdot C,$$

in cui la tensione del condensatore in fase di scarica raggiunge

il 5% del valore di default U_0 e in fase di carica raggiunge il 95% del valore finale U_0 . Tramite la misurazione di $t_{5\%}$ è possibile monitorare ad es. i parametri R e C .

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Apparecchio di carica e di scarica @230V	1017781 (U10800-230)
0		
1	Apparecchio di carica e di scarica @115V	1017780 (U10800-115)
1	Condensatore 1000 μF , 16 V, P2W191009957	1017806 (U333106)
1	Resistenza 10 k Ω , 0,5 W, P2W19	1012922 (U333030)
Ulteriormente consigliato:		
1	Multimetro digitale P1035	1002781 (U11806)

MESSA IN FUNZIONE

- Collegare l'apparecchio di carica e scarica alla rete tramite l'alimentatore a spina fornito in dotazione.

AVVERTENZE GENERALI

Nelle posizioni INTERN 1, INTERN 2 o INTERN 3 il condensatore interno è collegato ai jack di ingresso per la capacità esterna. I condensatori interno ed esterno sono in questo caso collegati in parallelo.

- Per le misurazioni sulle coppie RC interne non collegare capacità esterne.

Il tempo di carica e scarica misurato è influenzato da tempi di rimbalzo, amplificati da una mano insicura nel ruotare il commutatore di funzione.

- Ruotare il commutatore di funzione in maniera spedita.
- Per una determinazione più precisa del tempo, ripetere ciascuna misurazione almeno tre volte e ricavare il valore medio.
- Scegliere coppie R/C esterne con costante di tempo $R \cdot C > 4 \text{ s}$.

ESECUZIONE

Misurazione su coppie condensatore/resistenza interne

- Rimuovere resistenze e condensatori esterni.
- Portare il selettore su INTERN 1, INTERN 2 o INTERN 3.

Misurazione su coppie condensatore/resistenza esterne

- Inserire resistenza e condensatore esterni.
- Portare il selettore su EXTERN.

Misurazione del tempo di carica t_c

- Portare il commutatore di funzione in posizione CHARGE – STOP.

- Impostare l'interruttore passo-passo sul valore desiderato.
- Premere brevemente il tasto RESET per azzerare il contatore digitale.
- Portare il commutatore di funzione in posizione CHARGE – START per avviare la carica e la misurazione del tempo.
- Prendere nota del tempo misurato non appena il contatore si arresta.

Misurazione del tempo di scarica t_{cc}

- Procedere come per la curva di carica portando tuttavia il commutatore di funzione rispettivamente in posizione DISCHARGE – STOP e DISCHARGE – START.

Determinazione del tempo $t_{5\%}$

Il tempo $t_{5\%}$ può essere determinato con una misurazione sia della carica sia della scarica (v. spiegazioni in merito all'equazione (4)). Una maggiore precisione è ottenibile mediante la determinazione della media delle due misurazioni:

- Misurare il tempo di carica $t_{c, 5\%}$ per 9,5 V.
- Misurare il tempo di scarica $t_{cc, 5\%}$ per 0,5 V.
- Calcolare la media $(t_{c, 5\%} + t_{cc, 5\%}) / 2 = t_{5\%}$.

Registrazione della curva di carica

- Regolare l'interruttore passo-passo per tensione di confronto su 0,5 V e determinare il tempo di carica come indicato in "Misurazione del tempo di carica".
- Per misurare il valore successivo, girare l'interruttore passo-passo avanti di un livello e ripetere tutte le operazioni.

Registrazione della curva di scarica

- Regolare l'interruttore passo-passo per tensione di confronto su 9,5 V e determinare il tempo di scarica come indicato in "Misurazione del tempo di scarica".
- Per misurare il valore successivo, girare l'interruttore passo-passo avanti di un livello e ripetere tutte le operazioni.

Determinazione della capacità esterna/interna e delle resistenze interne

- Portare il selettore per coppia R/C in successione su INTERN 1, INTERN 2 e INTERN 3 e misurare rispettivamente tre volte i tempi $t_{c, 5\%}$ e $t_{cc, 5\%}$, come descritto sopra. Riportare i valori nella Tab. 5 e determinare il tempo $t_{5\%}$.
- Inserire il condensatore esterno. Portare il selettore per coppia R/C ad es. su INTERN 3 e misurare rispettivamente tre volte i tempi $t_{c, 5\%}$ e $t_{cc, 5\%}$, come descritto sopra. Riportare i valori nella Tab. 5 e determinare il tempo $t_{5\%}$.
- Inserire inoltre la resistenza esterna. Portare il selettore per coppia R/C su EXTERN e misurare rispettivamente tre volte i tempi $t_{c, 5\%}$ e $t_{cc, 5\%}$, come descritto sopra. Riportare i valori nella Tab. 5 e determinare il tempo $t_{5\%}$.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Tab. 1: Tempi di carica e scarica della coppia R/C interna 1.

U_C / V	t_C / s	t_{DC} / s
0,5	0,3	14,1
1,0	0,5	10,7
2,0	1,0	7,5
3,0	1,6	5,6
4,0	2,3	4,3
5,0	3,1	3,2
6,0	4,1	2,4
7,0	5,5	1,7
8,0	7,3	1,1
9,0	10,6	0,5
9,5	13,8	0,3

Tab. 3: Tempi di carica e scarica della coppia R/C interna 3.

U_C / V	t_C / s	t_{DC} / s
0,5	1,1	63,8
1,0	2,2	48,6
2,0	4,6	33,8
3,0	7,3	25,2
4,0	10,4	19,2
5,0	14,2	14,6
6,0	18,9	10,7
7,0	24,9	7,7
8,0	33,6	4,8
9,0	49,1	2,4
9,5	65,8	1,3

Tab. 2: Tempi di carica e scarica della coppia R/C interna 2.

U_C / V	t_C / s	t_{DC} / s
0,5	0,5	32,6
1,0	1,2	24,8
2,0	2,3	17,3
3,0	3,8	12,9
4,0	5,3	9,8
5,0	7,2	7,4
6,0	9,6	5,5
7,0	12,7	3,9
8,0	17,0	2,5
9,0	24,6	1,3
9,5	32,4	0,7

Tab. 4: Tempi di carica e scarica della coppia R/C esterna.

U_C / V	t_C / s	t_{DC} / s
0,5	0,6	33,7
1,0	1,1	25,8
2,0	2,4	17,8
3,0	3,7	13,3
4,0	5,5	10,1
5,0	7,4	7,6
6,0	9,8	5,7
7,0	13,0	3,9
8,0	17,7	2,5
9,0	26,5	1,3
9,5	37,8	0,7

Tab. 5: Tempi di carica e scarica $t_{C,5\%}$ e $t_{DC,5\%}$ delle tre coppie R/C interne, della coppia R/C interna 3 con collegamento in parallelo al condensatore esterno, della coppia R/C esterna e tempi $t_{5\%}$ derivanti dalla determinazione della media.

Modalità	$t_{C, 5\%} / s$			$t_{DC, 5\%} / s$			$t_{5\%} / s$
INTERN 1	13,8	14,0	13,8	14,1	14,1	13,9	14,0
INTERN 2	32,4	32,4	32,1	32,6	32,6	32,4	32,4
INTERN 3	65,8	63,9	63,4	63,8	64,5	63,5	64,1
INTERN 3 + C_{EXT}	100,3	99,9	99,7	97,1	97,0	97,0	98,5
EXTERN	37,8	37,4	36,6	33,7	33,5	33,6	35,4

ANALISI

Registrazione delle curve di carica e scarica

- Registrare graficamente le tensioni impostate U_C rispetto ai tempi di carica e scarica misurati t_c e t_{cc} (Tab. 1 – 4).

Le Figg. 2 e 3 mostrano in modo esemplare le curve di carica e scarica relative alla coppia R/C interna 3. L'andamento esponenziale previsto in base alle equazioni (1) e (2) risulta confermato.

Determinazione della capacità esterna/interna e delle resistenze interne

Con resistenza esterna nota $R_{ext} = 10 \text{ k}\Omega$ (tolleranza 5%), la capacità esterna C_{ext} viene calcolata in base a (4) dal tempo $t_{5\%} = t_{5\%, ext}$ (Tab. 5):

$$(5) \quad C_{ext} = \frac{t_{5\%, ext}}{3 \cdot R_{ext}} = \frac{35,4 \text{ s}}{3 \cdot 10 \text{ k}\Omega} = 1180 \text{ }\mu\text{F}.$$

Tale valore corrisponde, nell'ambito di tolleranza specificato pari a 20%, con il valore nominale $1000 \text{ }\mu\text{F}$.

Per i tempi $t_{5\%}$ determinati per la coppia R/C interne 3 con e senza collegamento al condensatore esterno, vale in base all'equazione (4):

$$(6) \quad t_{5\%, 3} = 3 \cdot R_{int, 3} \cdot C_{int}$$

e

$$(7) \quad t_{5\%, 3ext} = 3 \cdot R_{int, 3} \cdot (C_{int} + C_{ext}).$$

La divisione dell'equazione (7) per l'equazione (6) e l'inserimento dei tempi da Tab. 5 dà:

$$(8) \quad C_{int} = C_{ext} \cdot \frac{t_{5\%, 3}}{t_{5\%, 3ext} - t_{5\%, 3}} = 1180 \text{ }\mu\text{F} \cdot \frac{64,1 \text{ s}}{98,5 \text{ s} - 64,1 \text{ s}} = 2199 \text{ }\mu\text{F}$$

Tale valore corrisponde, nell'ambito di tolleranza specificato pari a 10%, con il valore nominale $2000 \text{ }\mu\text{F}$.

Infine, le tre resistenze interne ancora ignote $R_{int, i}$ si ottengono dai rispettivi tempi di carica e scarica (Tab. 5) e dalla capacità interna determinata in precedenza C_{int} :

$$(9) \quad R_{int, i} = \frac{t_{5\%, i}}{3 \cdot C_{int}} \quad \text{mit } i = 1, 2, 3$$

Ne deriva:

$$(10) \quad R_{int, 1} = \frac{14,0 \text{ s}}{3 \cdot 2199 \text{ }\mu\text{F}} = 2122 \text{ }\Omega.$$

$$(11) \quad R_{int, 2} = \frac{32,4 \text{ s}}{3 \cdot 2199 \text{ }\mu\text{F}} = 4911 \text{ }\Omega.$$

$$(12) \quad R_{int, 3} = \frac{64,1 \text{ s}}{3 \cdot 2199 \text{ }\mu\text{F}} = 9717 \text{ }\Omega.$$

I valori coincidono con i valori nominali $2,2 \text{ k}\Omega$, $5,1 \text{ k}\Omega$ e $10 \text{ k}\Omega$.

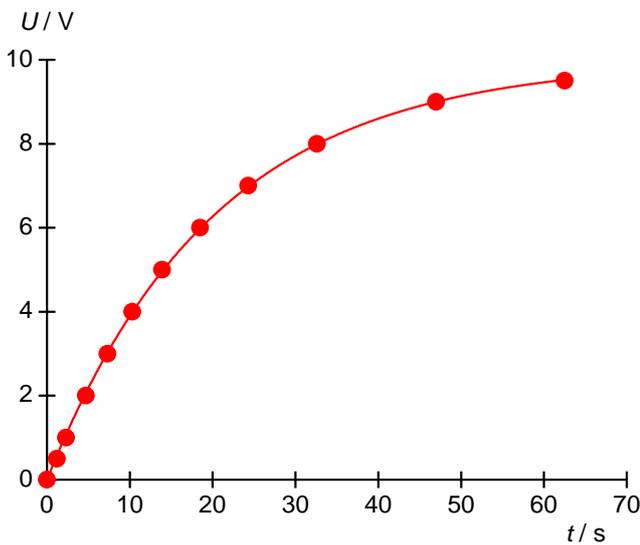


Fig. 2: Curva di carica della coppia RC interna 3

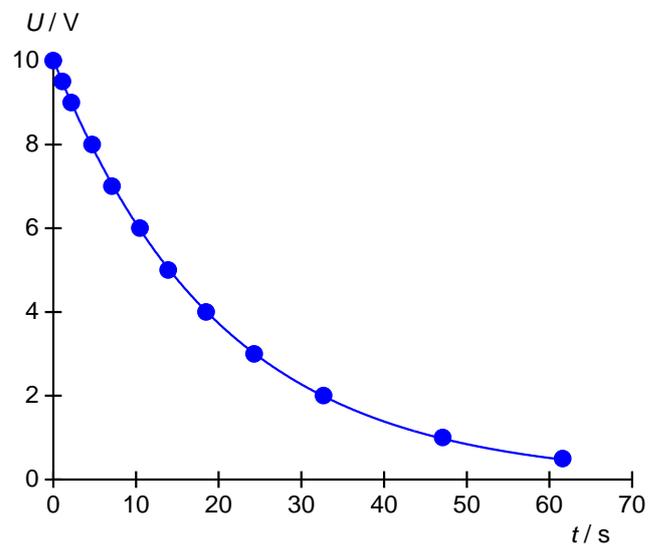


Fig. 3: Curva di scarica della coppia RC interna 3