

Studiul circuitul RC

1. Considerații teoretice

De la sursa de tensiune constantă "U" încărcăm un condensator "C" prin intermediul unei rezistențe "R", legate în serie. Tensiunea pe condensator "U_C" însumată cu tensiunea pe rezistență "U_R" este egală cu tensiunea constantă de la sursa de alimentare (a doua lege Kirschhoff):

$$U = U_R + U_C \quad (1)$$

unde $U_R = RI$ (legea lui Ohm) și $U_C = q/C$ (din definiția capacității electrice). Sarcina electrică ce parcurge rezistența trece și prin condensator, fiind o legare în serie și de aici putem rescrie relația (1) ca:

$$U = R \cdot I + q/C = R \cdot I + \int I \cdot dt / C = R \cdot dq/dt + q/C \quad (2)$$

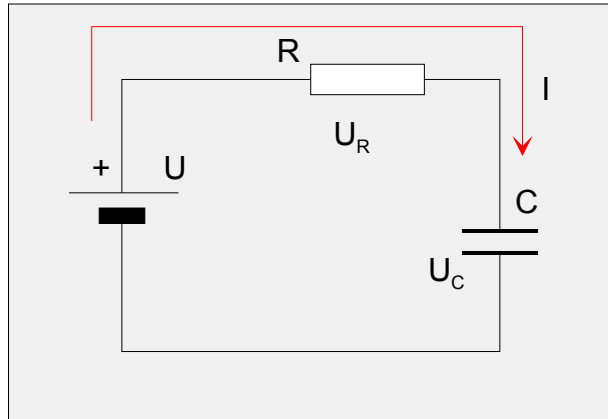


Figura 1. Circuit RC.

Soluția ecuației este:

$$q = C \cdot U \cdot (1 - e^{-t/(RC)}) = q_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau}) \quad (3)$$

unde:

$$\tau = R \cdot C \text{ este } \textit{constanta de timp} \text{ a circuitului,} \quad (4)$$

$$q_0 = C \cdot U \text{ este sarcina maximă în condensator.}$$

Știind că rezistența electrică se măsoară în Ohm-i (Ω), adică "Volt/Amper" din legea lui Ohm, și capacitatea electrică se măsoară în Farazi (F), adică în "Coulomb/Volt", găsim că produsul "RC" se măsoară în "Coulomb/Amper". Fiindcă Amperul este "Coulomb/secunda", atunci produsul RC, constanta de timp τ se măsoară în secunde.

Expresia curentului electric prin circuit în funcție de timp va fi:

$$I = dq/dt = (q_0 / \tau) \cdot e^{-t/\tau} = (U/R) \cdot e^{-t/(RC)} \quad (5)$$

Folosind relațiile (3) și (5) se pot calcula tensiunile pe condensator și rezistență:

$$U_C(t) = q/C = U \cdot (1 - e^{-t/(RC)}) = U - U \cdot e^{-t/(RC)}$$

$$U_R(t) = R \cdot I = U \cdot e^{-t/(RC)} \quad (6)$$

Se observă din (6) că

$$U_C / U = q/q_0 = 1 - e^{-t/(RC)} \quad (7)$$

și

$$U_R / U = I/I_{\max} = e^{-t/(RC)} \quad (8)$$

unde

$$I_{\max} = U/R. \quad (9)$$

Găsim că:

$$U_R / U = 1 - (U_C / U) = e^{-t/(RC)}. \quad (10)$$

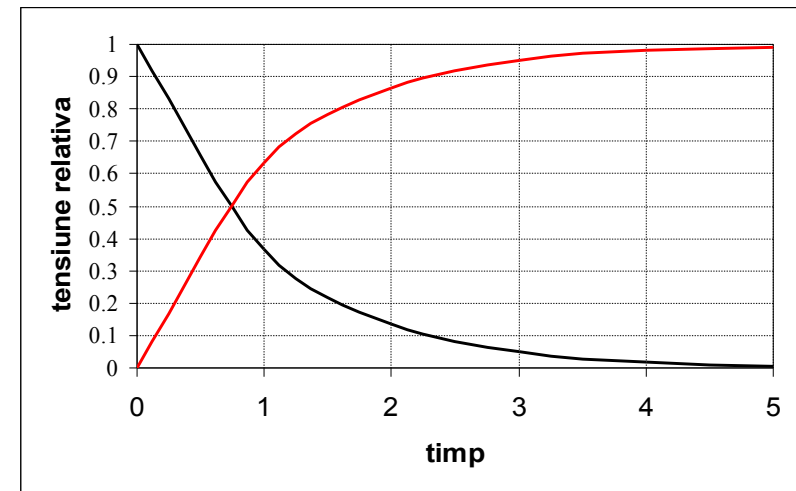


Figura 2. Reprezentarea grafică în funcție de timp (t/τ , cu constanta de timp ca unitate) a tensiunii relative pe condensator (U_C / U_{alim} , linia roșie) și a tensiunii relative pe rezistență (U_R / U_{alim} , linia neagră) sau a curentului prin circuit.

Reprezentând grafic mărimea:

$$\ln [1 - (U_C / U)] = \ln (U_R / U) = -t/(R \cdot C) \quad (11)$$

în funcție de timp, obținem o dreaptă ce trece prin origine, cu panta:

$$\text{tg} \alpha = -1/(RC) \quad (12)$$

La descărcarea unui condensator pe o rezistență legată în paralel la bornele sale, tensiunea pe condensator este egală și de sens contrar tensiunii pe rezistență (vezi relația (1) în care se pune $U=0$):

$$U_R + U_C = 0 \quad \Rightarrow \quad R \cdot dq/dt = -q/C \quad (13)$$

Soluția ecuației este:

$$q = q_i \cdot e^{-t/\tau} \quad (14)$$

unde " q_i " este sarcina inițială pe condensator, corespunzătoare tensiunii inițiale U_i de pe condensator și de pe rezistență (sunt în paralel acum). Din relațiile (13) și (14) găsim că variația în timp a tensiunii pe rezistență este:

$$U_R = -R \cdot dq/dt = (Rq_i/RC) \cdot e^{-t/\tau} = U_i \cdot e^{-t/\tau}. \quad (15)$$

La fel ca la încărcarea capacității și la descărcarea ei avem:

$$\ln(U_R/U_i) = -t/(R \cdot C)$$

2. Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental este format dintr-un condensator electrolitic de capacitate mare (100 μ F), o rezistență (100 k Ω), cabluri de legătură cu aligatori (crocodili), o sursă de tensiune, un voltmetru și un cronometru.

Modul de lucru este descris mai jos.

- Se execută montajul experimental conform schemei din figura 1 (atenție la polaritatea condensatorului electrolitic), iar voltmetrul se poziționează în paralel cu rezistența.
- Se alimentează circuitul și concomitent se dă drumul la cronometru.
- Se citesc valorile tensiunii pe rezistență la momentele: 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 de secunde, valorile trecându-se în tabel.
- După încărcarea condensatorului se desface legătura rezistenței la sursa de tensiune și se leagă la celălalt terminal al condensatorului, concomitent cu repornirea cronometrului.
- Se citesc valorile tensiunii pe rezistență la momentele: 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 de secunde, valorile trecându-se în tabel.

3. Analiza rezultatelor

- Se reprezintă grafic mărimea " $\ln(U_R/U)$ " în funcție de timp. Se folosesc semne sau culori diferite pentru punctele de la încărcare față de cele de la descărcare.

- Din dreapta ce trece prin origine, se determină panta ($\text{tg}\alpha$).
- Din valoarea pantei determinăm constanta de timp $\tau = -1/\text{tg}\alpha$.

Se compară constanta de timp $\tau = R \cdot C$, determinată din valorile cu care sunt marcate piesele cu constanta de timp determinată din măsurători.

Se reprezintă grafic tensiunile pe condensator și pe rezistență în funcție de timp la încărcare și la descărcare (opțional).

Tabel cu rezultate experimentale la încărcarea condensatorului

Nr.crt.	Timp (s)	U_R (V)	U_C (V)	$\ln(U_R/U)$	Observații
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Tabel cu rezultate experimentale la descărcarea condensatorului

Nr.crt.	Timp (s)	U_R (V)	U_C (V)	$\ln(U_R/U)$	Observații
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					