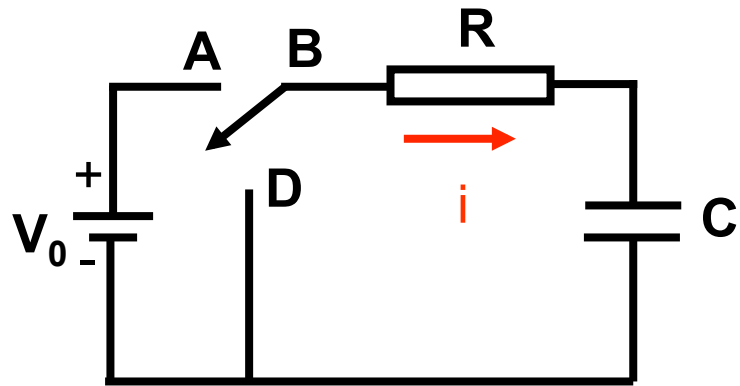

Fenomeni non stazionari

- Le leggi di Kirchoff valgono in **condizioni stazionarie** per cui il **campo elettrico** e` **conservativo**
 - Se le condizioni sono non-stazionarie questo non e` piu` vero
 - Tuttavia se i **processi** sono **lenti** rispetto alla velocita` di propagazione della luce nel circuito e` ancora possibile assegnare un valore comune “istantaneo” della corrente in ogni punto (**quasi-stazionarieta`**)
-

Carica e scarica di un condensatore



Commutatore in A (**carica**)

Legge di Kirchoff

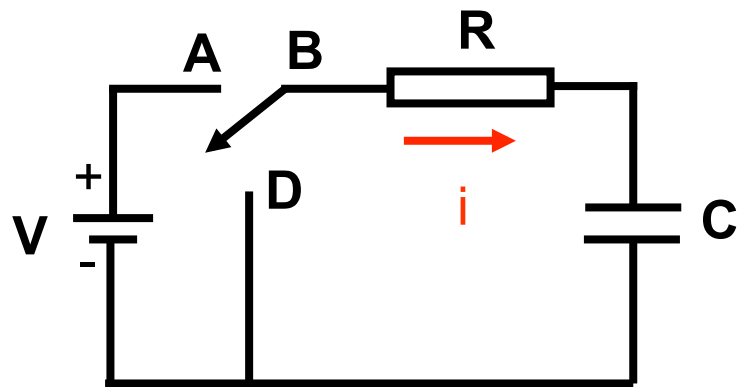
$$-V_0 + Ri + V_C = 0$$

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$V_C = \frac{q}{C}$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} - V_0 = 0$$

Carica di un condensatore



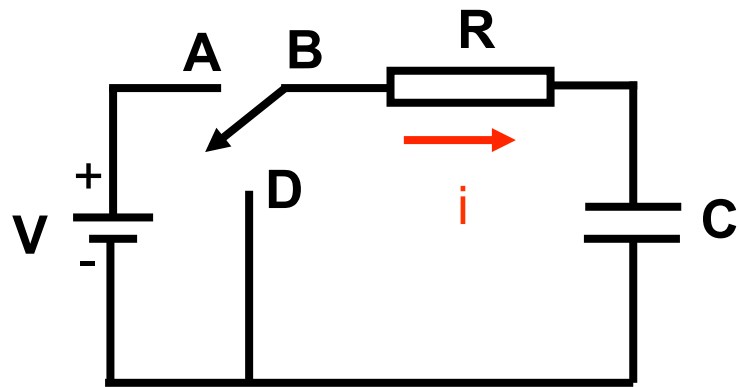
$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} - V_0 = 0$$

$$R \frac{dq}{dt} = V_0 - \frac{q}{C} \Rightarrow \frac{dq}{dt} = \frac{CV_0 - q}{RC} \equiv \frac{CV_0 - q}{\tau}$$

$$\frac{dq}{CV_0 - q} = \frac{dt}{\tau} \Rightarrow \int_0^q \frac{dq'}{CV_0 - q'} = \int_0^t \frac{dt}{\tau}$$

$$\tau \equiv RC$$

Carica di un condensatore



$$\int_0^q \frac{dq'}{CV_0 - q'} = \int_0^t \frac{dt}{\tau}$$

$$\ln \frac{CV_0 - q(t)}{CV_0} = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow CV_0 - q(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$q(t) = CV_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\tau \equiv RC$$

costante di tempo del
circuito

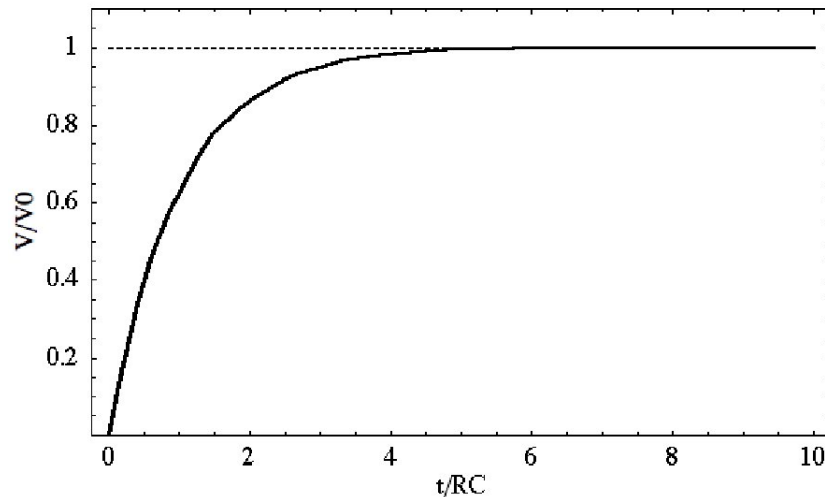
Carica di un condensatore

$$q(t) = CV_0(1 - e^{-t/\tau})$$

$$V_c(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$

$$\begin{cases} q(0) = 0 \\ \lim_{t \rightarrow \infty} q(t) = CV_0 \end{cases}$$

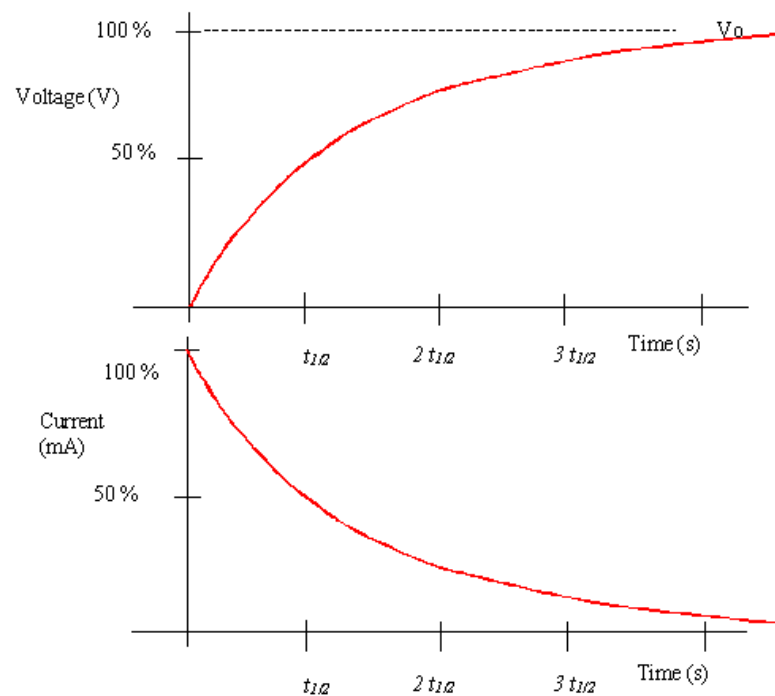
$$\begin{cases} V_c(0) = 0 \\ \lim_{t \rightarrow \infty} V_c(t) = V_0 \end{cases}$$



Carica di un condensatore

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{CV_0}{\tau} e^{-t/\tau} = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\begin{cases} i(0) = \frac{V_0}{R} \\ \lim_{t \rightarrow \infty} i(t) = 0 \end{cases}$$



Carica di un condensatore: considerazioni energetiche

- Potenza istantanea fornita dal generatore

$$P_{\text{gen}} = V_0 i = \frac{V_0^2}{R} e^{-t/RC}$$

- Potenza dissipata nel resistore

$$P_R = Ri^2 = \frac{V_0^2}{R} e^{-2t/RC}$$

- Lavoro e potenza per aumentare di dQ la carica sul condensatore

$$dW = V_C dQ$$

$$P_C = \frac{dW}{dt} = V_C \frac{dQ}{dt} = V_C i$$

Carica di un condensatore: considerazioni energetiche

- Potenza istantanea fornita dal generatore

$$P_{\text{gen}} = V_0 i = \frac{V_0^2}{R} e^{-t/RC}$$

- Potenza dissipata nel resistore

$$P_R = Ri^2 = \frac{V_0^2}{R} e^{-2t/RC}$$

- Lavoro e potenza per aumentare di dQ la carica sul condensatore

$$P_C = V_C i = V_0 (1 - e^{-t/RC}) \frac{V_0}{R} e^{-t/RC} = \frac{V_0^2}{R} e^{-t/RC} (1 - e^{-t/RC})$$

Carica di un condensatore: considerazioni energetiche

- Potenza istantanea fornita dal generatore

$$P_{\text{gen}} = V_0 i = \frac{V_0^2}{R} e^{-t/RC}$$

- Potenza dissipata nel resistore

$$P_R = Ri^2 = \frac{V_0^2}{R} e^{-2t/RC}$$

- Lavoro e potenza per aumentare di dQ la carica sul condensatore

$$P_C = \frac{V_0^2}{R} e^{-t/RC} (1 - e^{-t/RC}) = P_{\text{gen}} - P_R$$

Carica di un condensatore: considerazioni energetiche

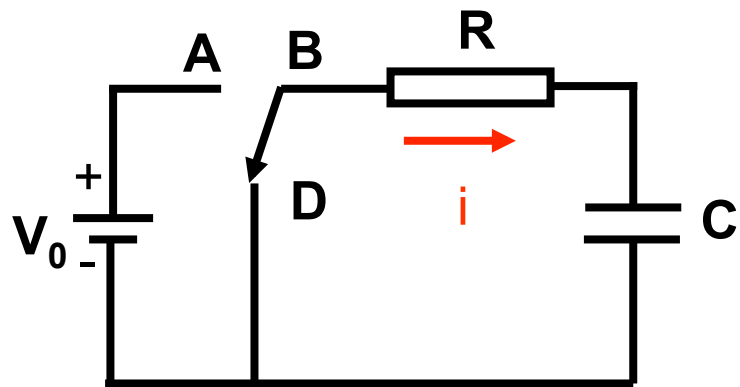
$$P_{\text{gen}} = P_R + P_C$$

$$W_{\text{gen}} = \int_0^{\infty} dt \frac{V_0^2}{R} e^{-t/RC} = \frac{V_0^2}{R} (-RC) \int_0^{\infty} e^{-s} ds = \frac{V_0^2}{R} (-RC)(-1) = CV_0^2$$

$$W_R = \int_0^{\infty} dt \frac{V_0^2}{R} e^{-2t/RC} = \frac{V_0^2}{R} \left(-\frac{RC}{2}\right) \int_0^{\infty} e^{-s} ds = \frac{V_0^2}{R} \frac{RC}{2} = \frac{CV_0^2}{2} = W_C$$

*Caricando un condensatore metà dell'energia fornita dal generatore va in energia elettrostatica e metà va dissipata nel resistore, **indipendentemente dai valori di R e C**, che regolano invece la durata del processo di carica.*

Scarica di un condensatore



Commutatore in D (**scarica**)

Legge di Kirchoff

$$Ri + V_C = 0$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad \Rightarrow \quad q(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}} = CV_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Scarica di un condensatore

$$q(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}} = CV_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC} CV_0 e^{-\frac{t}{RC}} = -\frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

La corrente ha il segno negativo: il suo verso è opposto a quello scelto (che è quello della carica). La scarica avviene con la corrente che circola partendo dall'armatura con carica positiva.