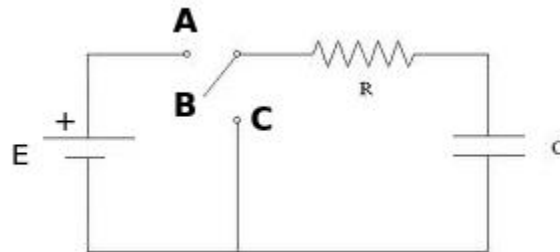


## Carica-Scarica condensatore (Fonte Elemania)

### Carica del condensatore

Se un condensatore viene collegato con una batteria attraverso fili ideali con resistenza nulla, il condensatore si carica immediatamente, cioè in un tempo zero. Quando però nel circuito è presente una resistenza, la carica del condensatore viene "rallentata".

Si consideri il seguente circuito:

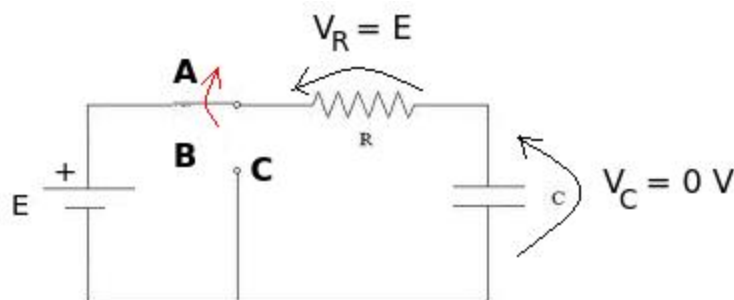


Si supponga inizialmente scarico il condensatore e il deviatore in posizione B, come in figura.

Nel circuito evidentemente non circola corrente e le tensioni su R e su C sono nulle.

Supponiamo ora di chiudere il deviatore in A. A questo punto il condensatore C è collegato alla batteria E attraverso la resistenza R: nel circuito passa corrente e dunque il condensatore si carica. La carica termina quando la tensione su C raggiunge quella della batteria E: a questo punto il condensatore è completamente carico e nel circuito non passa più corrente.

Per comprendere meglio la carica del condensatore, consideriamo la tensione  $V_R$  ai capi del resistore R. Non appena il deviatore viene chiuso (istante iniziale  $t=0$ ), la situazione è quella mostrata in figura:



Si osservi con attenzione la figura: immediatamente dopo la chiusura del deviatore, la tensione  $V_C$  del condensatore è ancora zero. Infatti la tensione sul condensatore è legata alla carica accumulata sulle armature e, all'istante iniziale, tale carica è ancora zero. Ne consegue che, applicando la legge di K. alla maglia

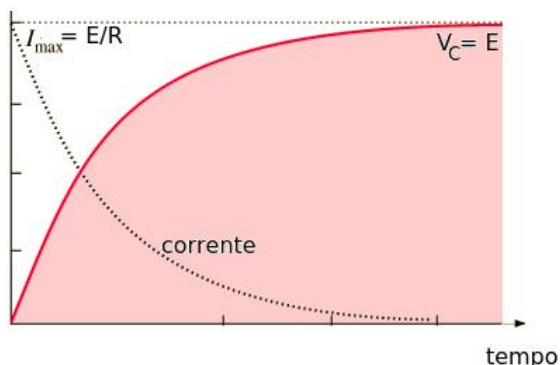
$$E = V_R + V_C$$

tutta la tensione della batteria E all'istante iniziale deve interamente cadere sul resistore ( $V_R = E$ ).

Dunque al momento della chiusura del tasto  $V_C$  è zero, mentre  $V_R$  ha un valore non nullo.

Siccome R è sottoposto a tensione, nel circuito passa, all'istante iniziale, una corrente I che può essere calcolata con la legge di Ohm:

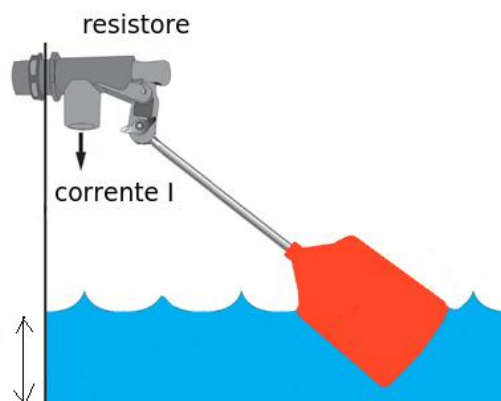
$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{E}{R}$$



Tale corrente va dunque a caricare il condensatore, la cui tensione di conseguenza aumenta. Aumentando la tensione  $V_C$  però la tensione  $V_R$  è costretta a diminuire (infatti la somma delle tensioni è sempre uguale alla tensione della batteria E) e così pure diminuisce di conseguenza la corrente nel circuito. Finché, quando C è completamente carico, la tensione

$V_C$  raggiunge la tensione di batteria  $E$ , la tensione  $V_R$  arriva a zero e la corrente si annulla. Quando il condensatore è completamente carico il circuito raggiunge una condizione di equilibrio. L'andamento della corrente  $I$  e della tensione  $V_C$  nel circuito è mostrato nella figura seguente:

La carica del condensatore e la progressiva riduzione della corrente  $I$  può essere facilmente visualizzata pensando all'analogia con una valvola idraulica collegata a un galleggiante.



La valvola rappresenta il resistore. All'aumentare del livello del liquido nel serbatoio (tensione sul condensatore  $V_C$ ), la valvola riduce progressivamente l'afflusso di liquido (corrente  $I$ ), finché il serbatoio non è completamente pieno:

La valvola rappresenta il resistore. All'aumentare del livello del liquido nel serbatoio (tensione sul condensatore  $V_C$ ), la valvola riduce progressivamente l'afflusso di liquido (corrente  $I$ ), finché il serbatoio non è completamente pieno:

### Costante di tempo del circuito RC

Un valore particolarmente importante del circuito RC è costituito dalla sua **costante di tempo**, indicata con la lettera greca *tau* ( $\tau$ ). La costante di tempo del circuito si calcola facendo il prodotto della resistenza per la capacità:

$$\tau = R \cdot C$$

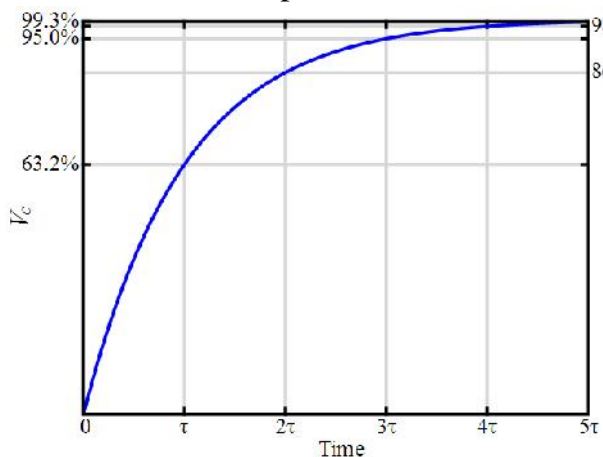
Non è difficile dimostrare che il prodotto di Ohm per Farad fornisce come unità di misura secondi, cioè un tempo. Infatti, usando le unità di misura delle grandezze fisiche in gioco, abbiamo:

$$[\tau] = [R][C] = (\text{Volt/Ampere}) * (\text{Coulomb/Volt}) = \text{Coulomb/Ampere} = \text{Secondi}$$

Per esempio se  $R = 10 \text{ k}\Omega$  e  $C = 2 \mu\text{F}$  abbiamo

$$\tau = R \cdot C = 10 \text{ k}\Omega \times 2 \mu\text{F} = 20 \text{ ms}$$

La costante di tempo costituisce **una misura della rapidità** con cui il condensatore è in grado di



caricarsi. Ovvero: più piccolo è il valore della costante di tempo, più in fretta (in meno tempo) si carica il condensatore. Osserviamo subito che il tempo di carica cresce all'aumentare di  $C$  ("serbatoio" di carica più grande) e di  $R$  (minore afflusso di corrente di carica).

Si potrebbe dimostrare che dopo un tempo pari a una costante di tempo la tensione sul condensatore ha superato il 63% del proprio valore finale.

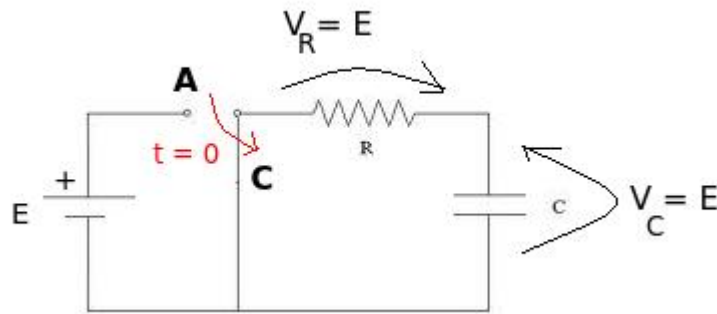
Dopo un tempo circa uguale a  $5\tau$  (cinque volte la costante di tempo) il condensatore si è caricato a più del 99% del valore finale.

### Riepilogo formule per la carica del condensatore

Descrizione	Formola	Unità di misura
Corrente iniziale /Istante $t=0s$ )	$I = \frac{E}{R}$	A
Costante di tempo di carica	$\tau = R \cdot C$	s
Tempo di Carica	$T_c = 5 \cdot \tau$	s
$V_c(t = \tau)$	63% E	V

## Scarica del condensatore

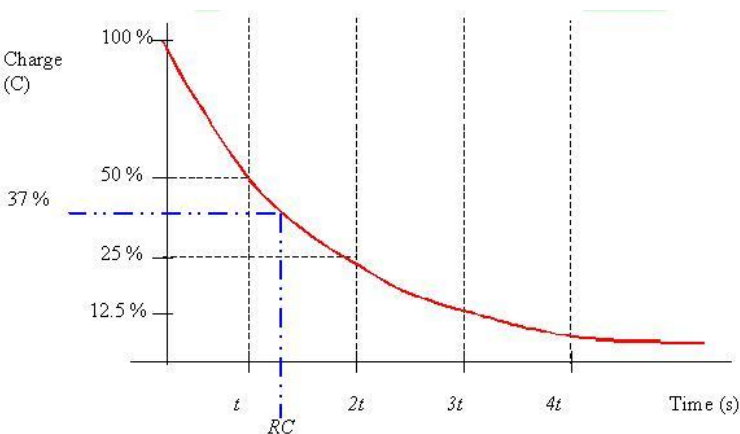
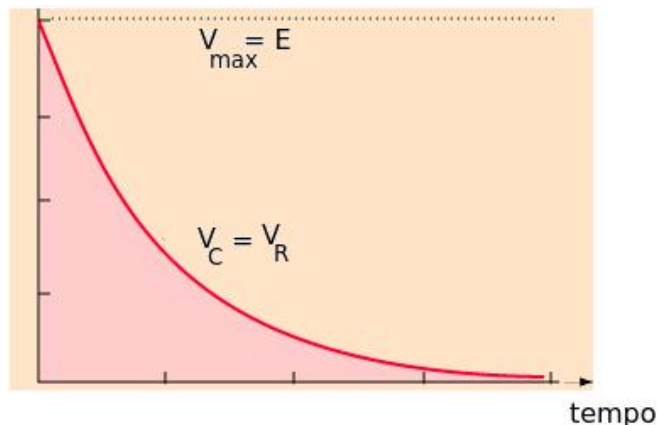
Dopo aver completamente caricato il condensatore (cioè dopo che  $V_C$  ha raggiunto a tensione della batteria  $E$ ), supponiamo di spostare il deviatore nella posizione C, come mostrato in figura:



Un istante dopo la chiusura del deviatore, il condensatore è ancora completamente carico alla massima tensione  $V_C = E$ . Anche la tensione sul resistore  $R$  però deve istantaneamente portarsi allo stesso valore  $V_R = E$  per la legge di K. nella maglia. Si noti che il condensatore ha bisogno di caricarsi per avere una tensione (cioè ci vuole un certo tempo); il resistore invece risponde istantaneamente alle variazioni nel circuito.

A questo punto il condensatore si scarica attraverso  $R$ , generando una corrente con verso opposto rispetto a quella di carica. Tale corrente è massima e pari a  $E/R$  all'istante iniziale di chiusura del deviatore e diminuisce progressivamente finché il condensatore è completamente scarico e tutte le tensioni e correnti nel circuito sono zero (condizione di equilibrio).

Corrente  $I$ , tensione  $V_C$  e tensione  $V_R$  durante la scarica hanno tutte lo stesso andamento, mostrato in figura:



La costante di tempo  $\tau = R \cdot C$  interviene anche nella scarica del condensatore. Dopo un tempo pari a  $\tau = R \cdot C$  la tensione sul condensatore è scesa a circa il 37% del valore iniziale (cioè si è ridotta del 63% circa). Dopo un tempo pari a  $5\tau$  la tensione su  $C$  è meno dell'1% del valore iniziale:

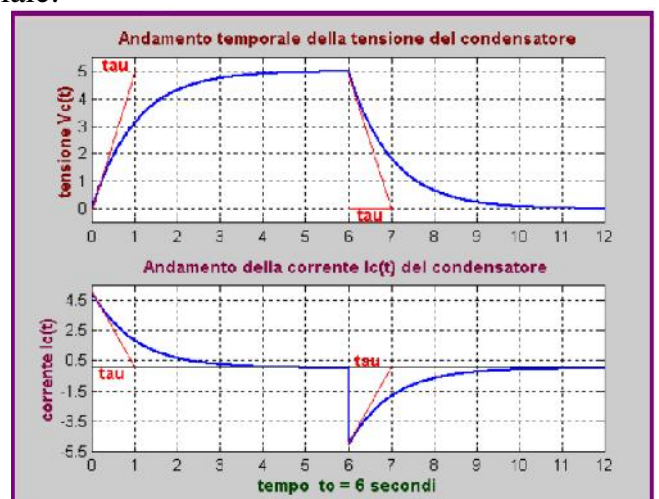


Grafico completo