

# Circuiti

- Intro ai principi di base dei circuiti
- Circuiti passivi, leggi dei circuiti
- Problemi

## INTRODUZIONE ALLE MISURE - LEGGI FONDAMENTALI

### Circuiti elettrici - Componenti reali

- Le grandezze fondamentali dell'elettricità sono: la carica elettrica, la corrente elettrica e il voltaggio.
- La **corrente (I)** è definita come la quantità di carica elettrica (q) che fluisce in un punto di un circuito in un determinato tempo:

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

- La corrente elettrica si misura in **ampere (A)** pari a coulomb al secondo.
- Il **voltaggio (E)** è l'energia potenziale, dovuta al campo elettrico, per unità di carica.
- Viene misurata in **volt (V)** pari a joule diviso per il coulomb.
- Il voltaggio viene anche chiamato **potenziale elettrico**.

## Legge di Ohm

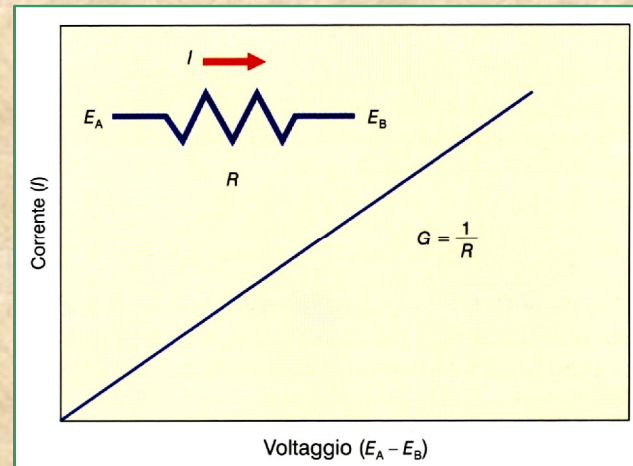
➤ La corrente elettrica ( $I$ ) che scorre in un conduttore è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale elettrico ( $E$ ) applicata alle sue estremità A e B:

$$I = \frac{E_A - E_B}{R}$$

- Questa relazione è la **legge di Ohm**.
- La grandezza  $R$ , che è il rapporto fra la corrente ed il voltaggio, è chiamata **resistenza** del conduttore.
- L'inverso della resistenza è chiamata **conduttanza** ( $G$ ):

$$G = \frac{1}{R}$$

- In un grafico corrente/voltaggio la legge di Ohm è rappresentata da una retta passante per l'origine ed avente pendenza  $1/R$

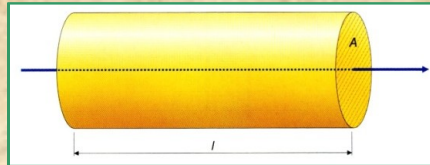


## Resistenza

- La resistenza o resistore è un elemento circuitale costituito da un materiale che può essere attraversato da cariche elettriche.
- Il suo valore  $R$  dipende dal materiale e dalle dimensioni.
- La resistenza è legata alla **resistività** del materiale ( $\rho$ ) dalla relazione:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

ove  $A$  rappresenta la sezione trasversa e  $l$  la lunghezza del conduttore.



- La **resistenza** si misura in **ohm ( $\Omega$ )**.
- In fisiologia si usa frequentemente il concetto di conduttanza ( $G$ ) che è l'inverso della resistenza.
- L'unità di misura della **conduttanza** è il **siemens (S)**.

### *Resistività di vari materiali:*

**Conduttori:** Rame, ferro, alluminio

$$\rho = 10^{-8} \Omega/m$$

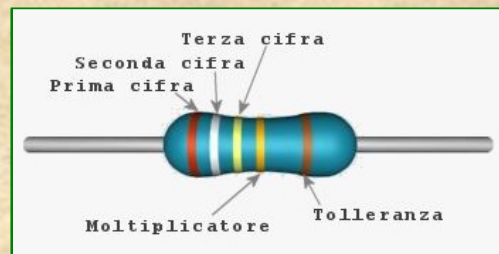
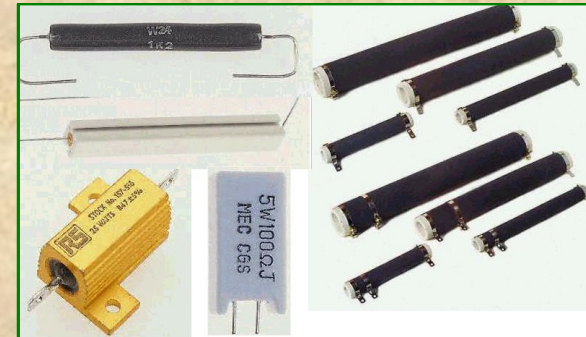
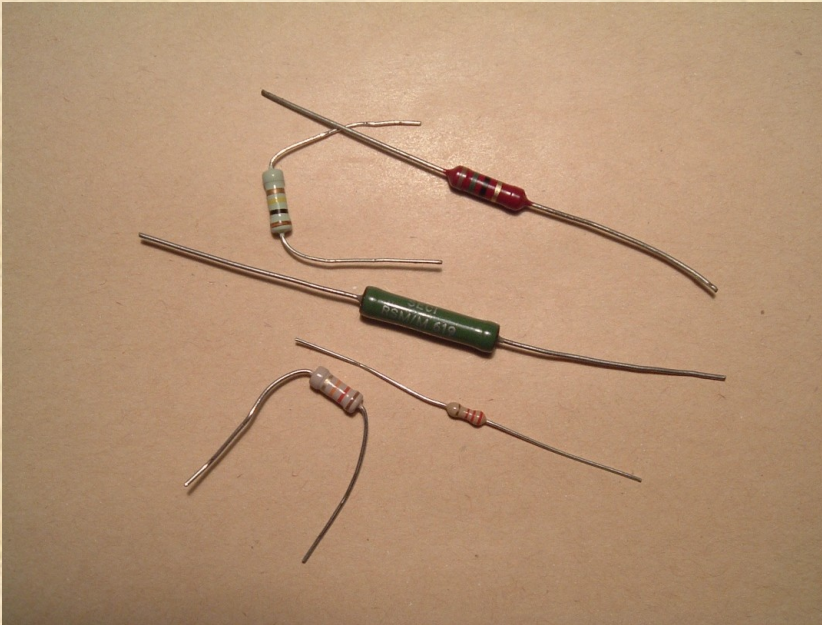
**Semiconduttori:** Germanio, silicio, boro

$$\rho = \text{da } 10^{-3} \text{ a } 10^2 \Omega/m$$

**Isolanti:** Vetro, plastica, polistirolo

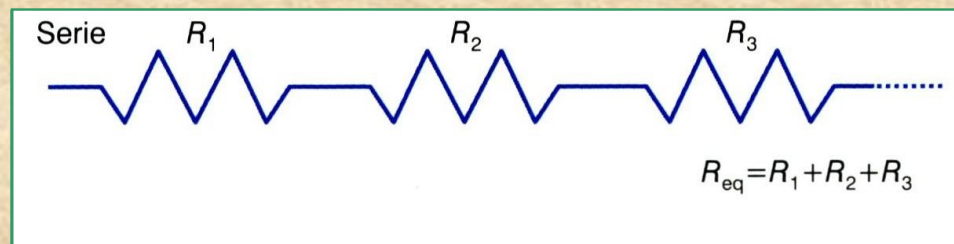
$$\rho = 10^{+15} \Omega/m$$

## Vari tipi di resistori

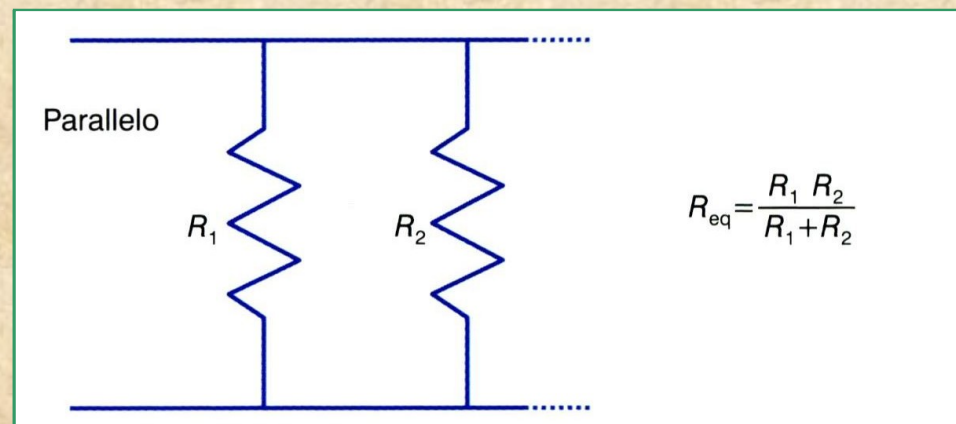


## Collegamento di resistenze

### Resistenze in serie



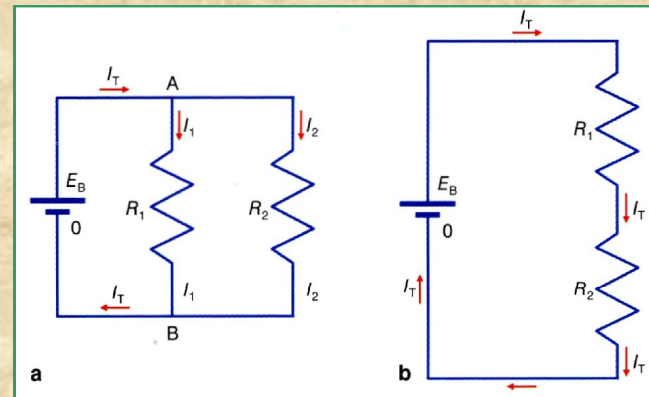
### Resistenze in parallelo



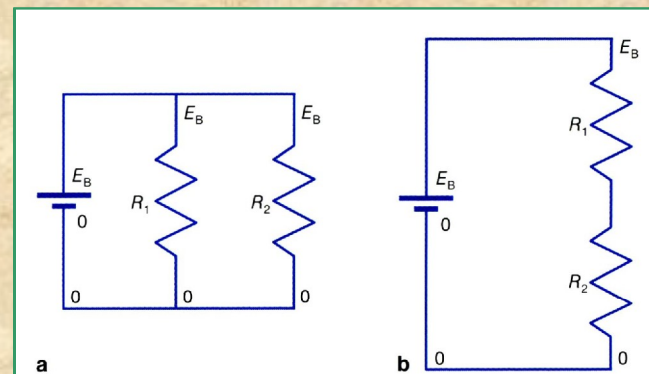
## Leggi di Kirchoff

➤ **Prima legge o legge della corrente:** la somma di tutte le correnti entranti in un qualsiasi punto di un circuito elettrico deve essere uguale a zero (non vi può essere accumulo di carica).

➤ **Seconda legge o legge del voltaggio:** la somma di tutti i potenziali elettrici lungo un circuito chiuso deve essere uguale a zero.

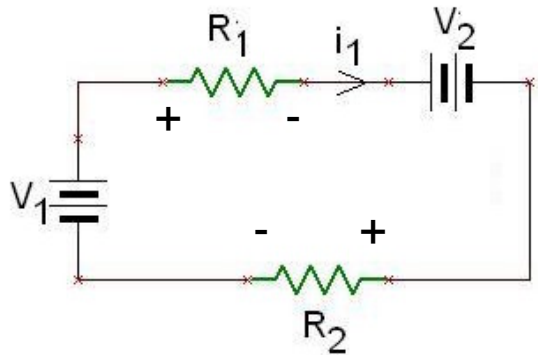


**a**, Per un circuito in parallelo la corrente si divide nel nodo A in modo che  $I_T$  (corrente totale) sia uguale alla somma di  $I_1$  e  $I_2$  (le correnti che passano nelle resistenze  $R_1$  e  $R_2$ ). Nel nodo B le due correnti si sommano a ricostituire  $I_T$ . **b**, In un circuito in serie, la corrente è la medesima in tutti i punti.



**a**, I voltaggi ai capi degli elementi in parallelo sono uguali. Questa è una delle implicazioni della legge dei voltaggi: poiché i voltaggi su  $R_1$  e  $R_2$  devono essere entrambi uguali al voltaggio della batteria  $E_B$ , di conseguenza sono uguali fra loro. **b**, Per le due resistenze in serie, la somma delle cadute di potenziale su  $R_1$  e  $R_2$  deve essere uguale a  $E_B$ .

# ANALISI CIRCUITALE: LEGGE DI KIRCHHOFF PER IL VOLTAGGIO



*In un circuito chiuso, la somma di tutte le cadute di potenziale è zero.*

*1. La corrente viaggia dal potenziale più alto al più basso.*

*2. Una corrente positiva fluisce dal + al - all'interno di un generatore di voltaggio (batteria).*

Quindi nel circuito,

$$\begin{aligned} -V_1 & \text{ dovuto alla (2)} \\ +i_1R_1 & \text{ dovuto alla (1)} \\ +V_2 & \text{ dovuto alla (2)} \\ +i_1R_2 & \text{ dovuto alla (1)} \\ = 0 \end{aligned}$$

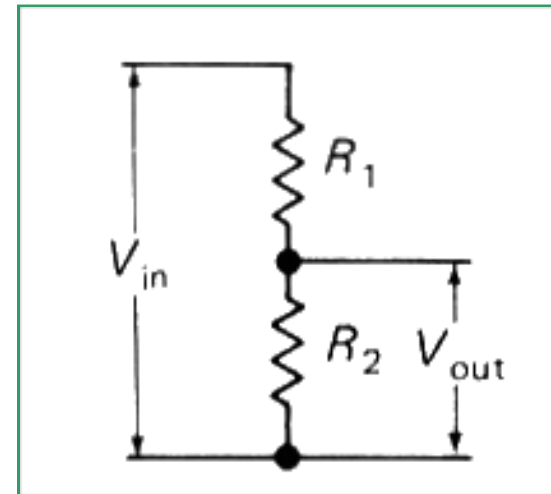
$$\Rightarrow i_1 = \left( \frac{V_1 - V_2}{R_1 + R_2} \right)$$

## Divisore di tensione (voltage divider)

La tensione di uscita sarà sempre inferiore o al massimo uguale (  $R_1 = 0$  ) a quella di ingresso.

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad \text{quindi:}$$

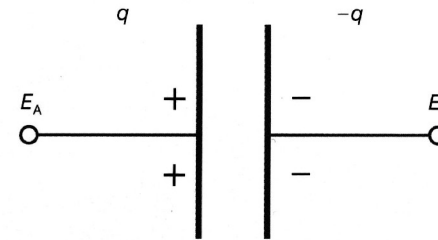
$$V_{out} = IR_2 \qquad V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



## Condensatore

- Il condensatore nel circuito costituisce una discontinuità nel flusso delle cariche.
- E' costituito da due conduttori (piastre) separati da un isolante.
- Quando una differenza di potenziale viene applicata ai capi di un condensatore si accumula carica sulle piastre separate dall'isolante. La capacità elettrica  $C$  di un condensatore è:

$$C = \frac{q}{E_A - E_B}$$



Condensatore. Il valore della capacità è direttamente proporzionale alla superficie delle piastre e inversamente proporzionale alla distanza tra le piastre (spessore del dielettrico).  $E_A$  e  $E_B$ , potenziale elettrico delle piastre A e B;  $q$ , carica elettrica.

dove  $q$  è la carica depositata sulle piastre quando la differenza di potenziale è  $E_A - E_B$ .

Dal momento che:

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

e:

$$q = C(E_A - E_B)$$

La corrente elettrica in un condensatore ( $I_C$ ) sarà:

$$I_C = C \frac{d(E_A - E_B)}{dt}$$

- La corrente quindi può attraversare il condensatore solo quando la differenza di potenziale ai suoi capi varia nel tempo.
- Il flusso di cariche non attraversa il dielettrico. Le cariche si accumulano su una piastra ed abbandonano l'altra.
- La capacità  $C$  del condensatore dipende dalle caratteristiche e dalle dimensioni del materiale dielettrico presente fra le piastre:

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

$\varepsilon$  = costante dielettrica del materiale isolante

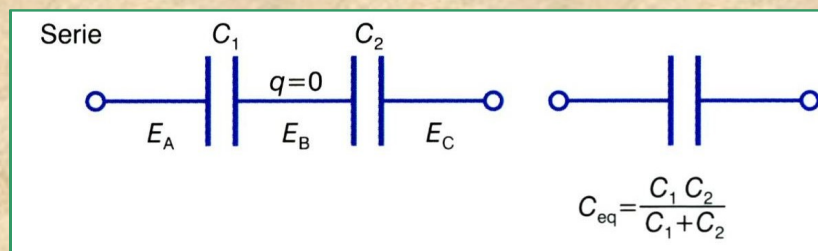
$A$  = area delle piastre

$d$  = distanza fra le piastre

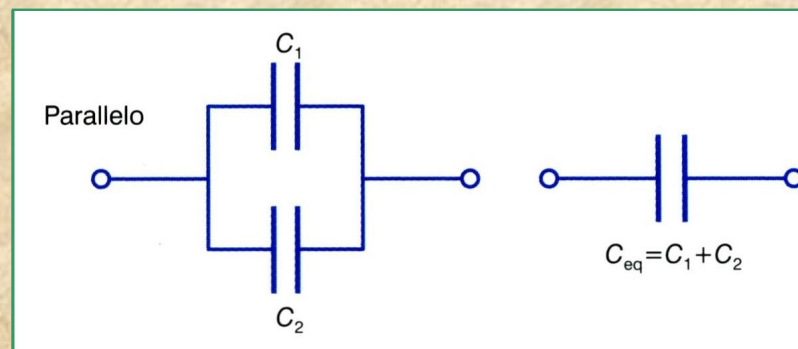
- La capacità si misura in Farad (F).
- Normalmente si utilizzano i suoi sottomultipli (mF -  $\mu$ F - nF - pF)

## Collegamento di condensatori

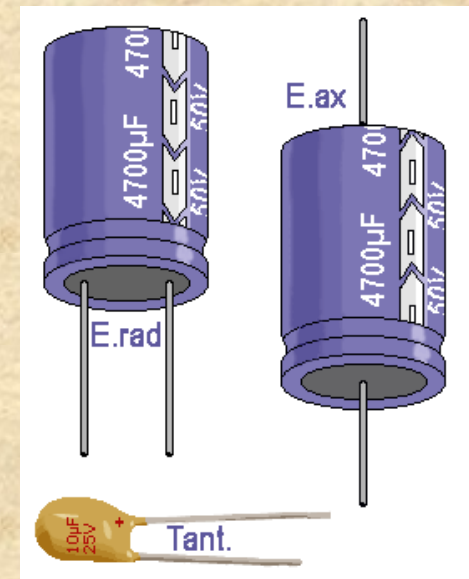
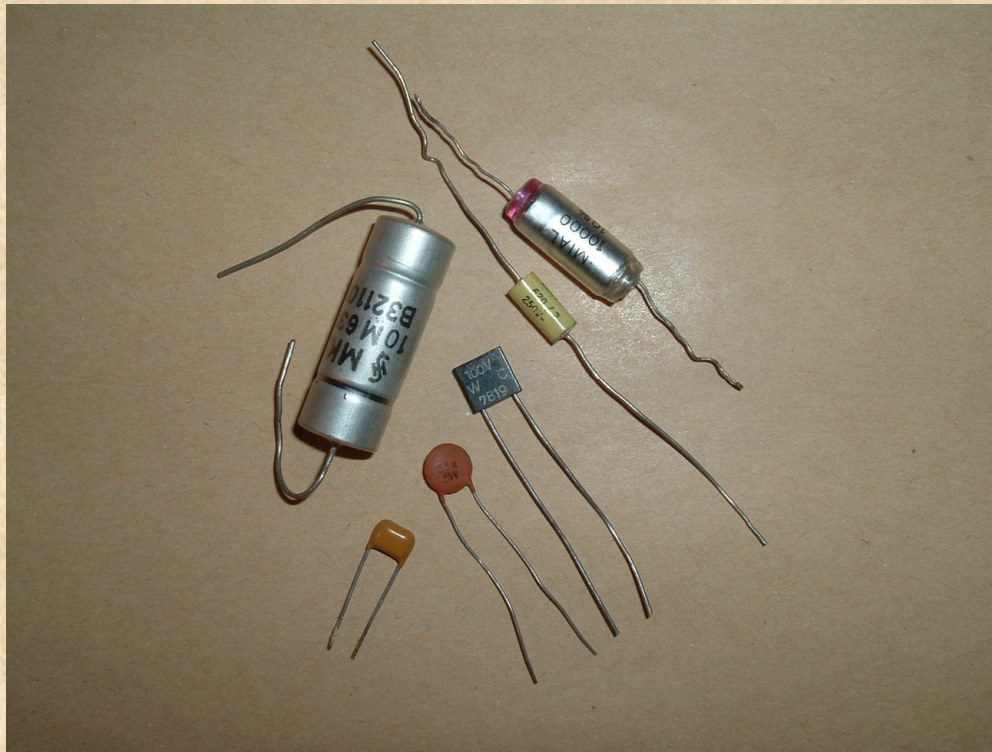
### Condensatori in serie



### Condensatori in parallelo

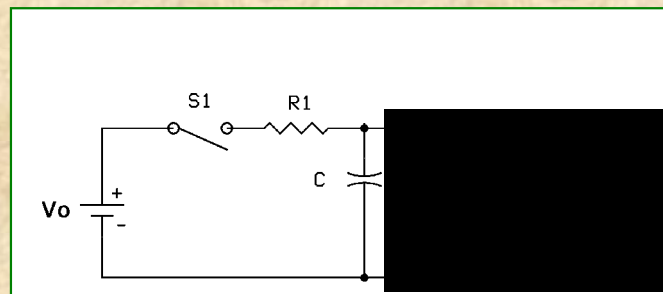


## Vari tipi di condensatori



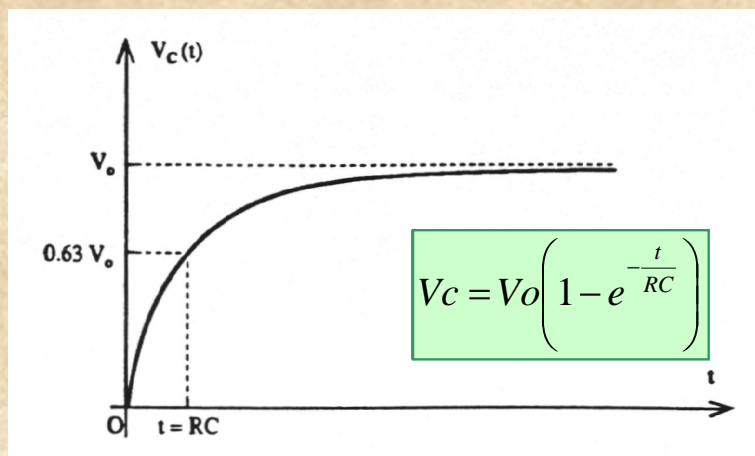
## Carica e scarica di un condensatore - Costante di tempo

Quando un condensatore è inserito in un circuito contenente un generatore di potenziale continuo, non si ha passaggio di corrente salvo che in una fase transiente quando si applica il potenziale (**carica del condensatore**), o quando si interrompe il potenziale (**scarica del condensatore**).



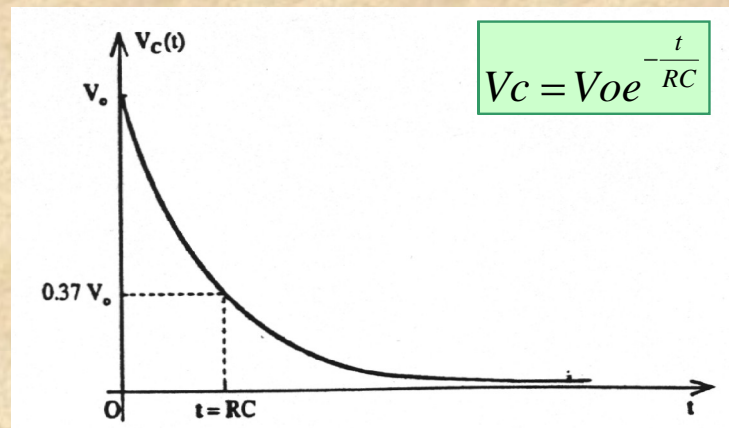
### Carica del condensatore:

Quando si chiude l'interruttore S1:



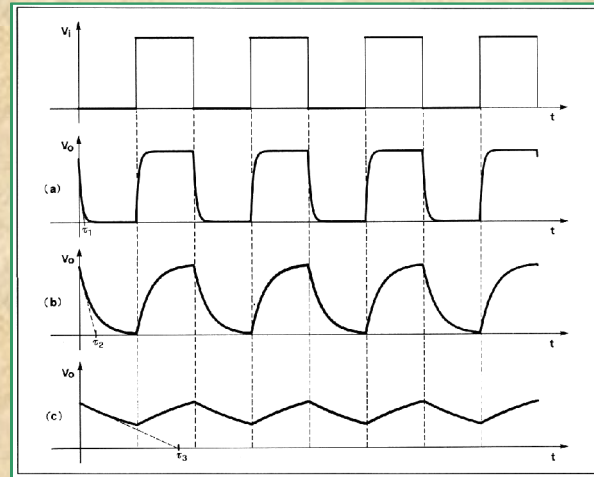
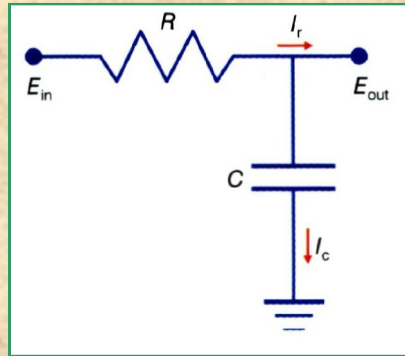
### Scarica del condensatore

Quando si chiude l'interruttore S2:



Il prodotto  $RC = \tau$  è detto **costante di tempo**.

Quando alla **rete RC** si applica un'**onda quadra** si ottengono in uscita dei segnali aventi l'andamento sottoindicato in tre situazioni con differente costante di tempo ( $t$ ).



Quando un condensatore è inserito in un circuito contenente un generatore di potenziale alternato alla frequenza  $f$ , si ha un passaggio di corrente attraverso esso determinato dalla sua **reattanza capacitiva ( $X_c$ )**; essa dipende dalla frequenza ( $f$ ) e dalla capacità ( $C$ ):

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

La corrente sarà:

$$I = \frac{V}{X_c} = 2\pi f C V$$

## **STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DI BASE**

VOLTMETRO può essere analogico o digitale : misura le differenze di potenziale continue ed alternate. Va posto in parallelo al generatore.

AMPEROMETRO analogico e digitale: misura le correnti continue ed alternate. In serie al generatore.

OHMMETRO analogico e digitale: misura le resistenze.

MULTIMETRO analogico e digitale: raggruppa i tre strumenti sopracitati in uno solo.

OSCILLOSCOPIO analogico, digitale ed a memoria: visualizza su un tubo a raggi catodici l'andamento di una variabile (es. potenziale) in funzione del tempo o in funzione di un'altra variabile. Adatto alla rappresentazione di fenomeni rapidi (quello a memoria anche di quelli lenti).

REGISTRATORE A CARTA : visualizza su di una striscia di carta l'andamento di una variabile (es. potenziale) in funzione del tempo o di un'altra variabile. Adatto esclusivamente alla rappresentazione di fenomeni lenti.

GENERATORE DI FUNZIONI : genera segnali con forme d'onda variabili (più o meno complesse) ed in un'ampia gamma di frequenze. Le forme d'onda più comuni sono: sinusoidale, triangolare, quadra, ad impulsi, a rampa.