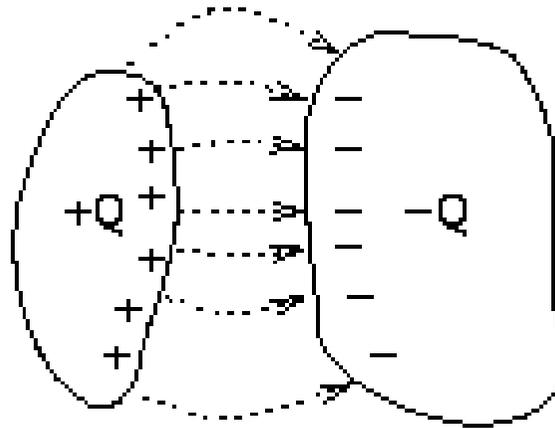


# Il condensatore

- Un condensatore è costituito in linea di principio da due conduttori isolati e posti a distanza finita, detti armature. Caricando i due conduttori con carica opposta, si forma tra di essi un campo elettrico, e si produce quindi una differenza di potenziale.



# Capacità

- Si trova che la differenza di potenziale tra i due conduttori è proporzionale alla carica depositata su di esse.
- Vale allora la formula:

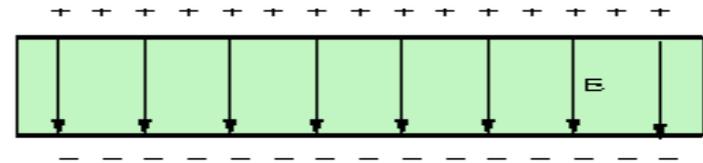
$$Q = CV$$

- Il coefficiente  $C$  è detto capacità del condensatore. Si misura in Farad (simbolo F), ma le unità pratiche sono il picofarad (pF), il nanofarad (nF) e il microfarad ( $\mu\text{F}$ ).
- La capacità dipende dalla geometria delle armature e dal materiale con cui è riempito lo spazio che le separa.

# Tipi di condensatore

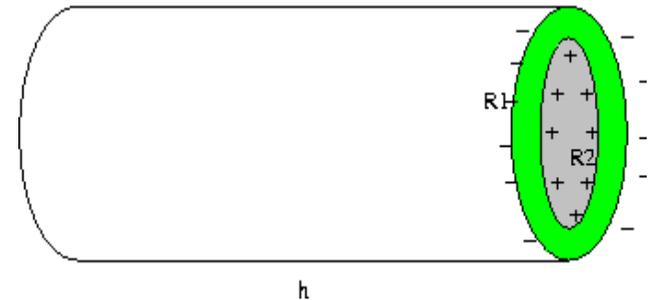
- Condensatore piano:

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d}$$



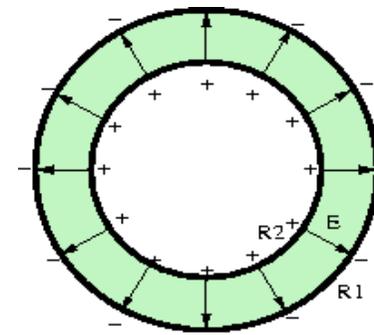
- Condensatore cilindrico:

$$C = 2\pi\epsilon_r\epsilon_0 \frac{h}{\ln(R_1 / R_2)}$$



- Condensatore sferico

$$C = 4\pi\epsilon_r\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}$$

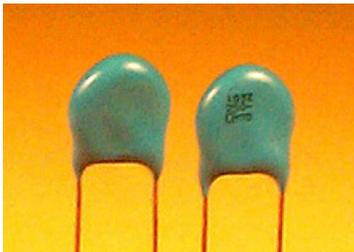


# Costante dielettrica relativa

- La presenza di un materiale tra le armature di un condensatore ne aumenta la capacità di un fattore  $\epsilon_r$  detto costante dielettrica relativa che dipende dalla caratteristica del materiale.
- Valori comuni della costante dielettrica relativa sono compresi tra 2 e 10 (carta, olio, gomma, mica, vetro porcellana...) ma ad esempio l'acqua presenta un valore di 81 e per altri materiali come ad esempio gli ossidi di titanio si riescono a raggiungere valori compresi tra 100 e 200.
- In presenza di campi elettrici intensi, però, si possono creare scintille tra le armature in grado di strappare i condensatori. Il minimo campo in grado di produrre una scintilla è detto rigidità dielettrica e vale tipicamente qualche decina di kV per mm.

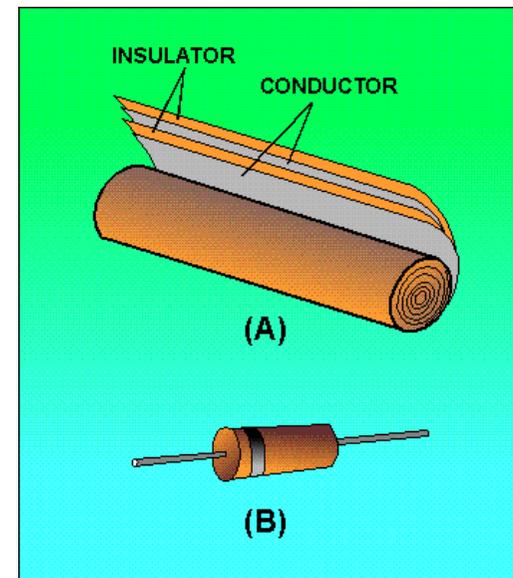
# Condensatori ceramici

- Condensatori ceramici:
  - I condensatori ceramici sono costituiti da un sandwich di lastre conduttrici alternate con materiale ceramico.
  - Hanno tipicamente capacità piccole (da qualche pF a qualche nF), e possono resistere a grandi d.d.p.
  - I valori sono solitamente espressi in pF: ad esempio 103 indica  $10 \cdot 10^3 \text{ pF} = 10 \text{ nF}$



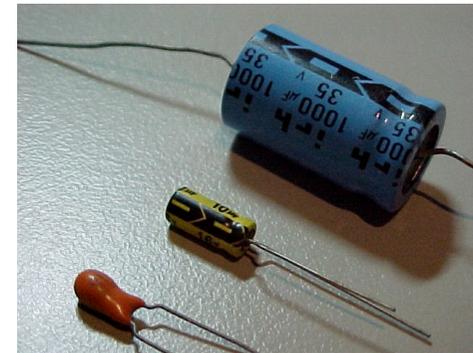
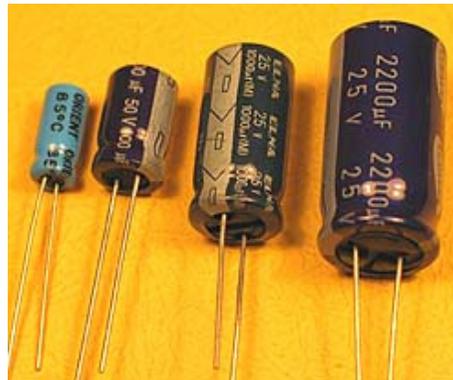
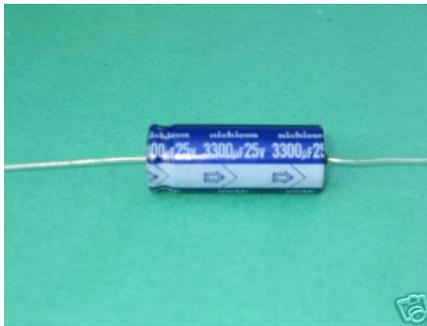
# Condensatori a carta

- Condensatori a carta o a lamina:
  - Sono costituiti da due lamine metalliche intervallate da due fogli di carta o di lamina plastica arrotolati a cilindro.
  - Hanno capacità più grandi dei condensatori ceramici (fino a uno o due  $\mu\text{F}$ ), ma sono meno resistenti alle alte tensioni.
  - Solitamente, i valori sono espressi in  $\mu\text{F}$ , seguiti da una lettera che indica la tolleranza: .1K vuol dire 0.1  $\mu\text{F}$  con una tolleranza del 10%, 4.7M indica 4.7  $\mu\text{F}$  con una tolleranza del 20%



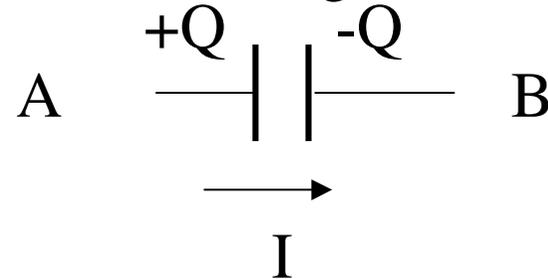
# Condensatori elettrolitici

- Condensatori elettrolitici:
  - Sono costituiti da due lamine metalliche avvolte a cilindro, separate da un sottile strato di ossido ottenuto tramite un procedimento elettrolitico.
  - Hanno capacità grandissime (centinaia di  $\mu\text{F}$ ) , ma resistono tipicamente a poche decine di Volts di d.d.p.
  - Hanno una polarità da rispettare: una delle due armature va sempre caricata positivamente e l'altra sempre negativamente.
  - Visto che sono abbastanza voluminosi, i valori sono indicati chiaramente. Le tolleranze non sono indicate, perché sono molto grandi: intorno al 50%



# Il condensatore come elemento circuitale

- Il simbolo del condensatore è il seguente:



- Se una corrente  $I$  giunge sull'armatura positiva del condensatore, allora in un intervallo di tempo  $\Delta t$  la carica aumenta di una quantità  $\Delta Q = I\Delta t$ .
- Una corrente uguale porterà via una quantità di carica uguale ed opposta dall'altra armatura.
- Si dice comunemente che nel condensatore “scorre corrente” anche se in realtà tra le due armature non si ha un reale movimento di cariche.

# Relazione tra tensione e corrente

- La caduta di potenziale tra i punti A e B è data da:

$$V = Q / C$$

- La relazione tra carica e corrente è:

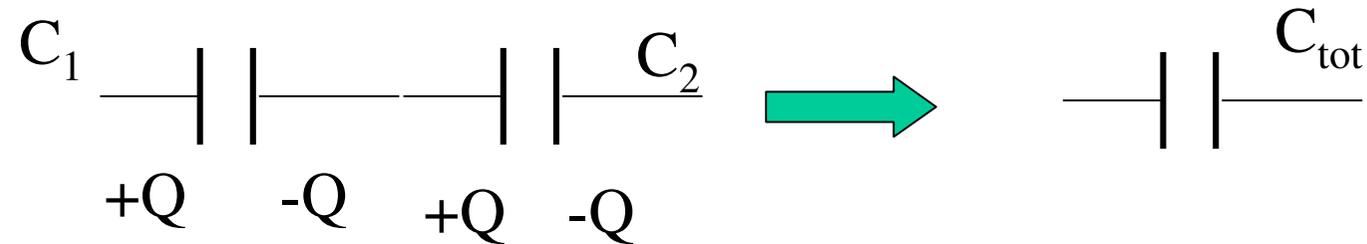
$$I = \frac{dQ}{dt}$$

- La caratteristica tensione-corrente è quindi:

$$I = \frac{1}{C} \frac{dV}{dt}$$

# Condensatori in serie

- Come nel caso delle resistenze, i condensatori si possono collegare in serie o in parallelo.



- Quando sono collegati in serie, la carica è la stessa, mentre la d.d.p. ai capi della coppia di condensatori è uguale alla somma delle singole d.d.p.:

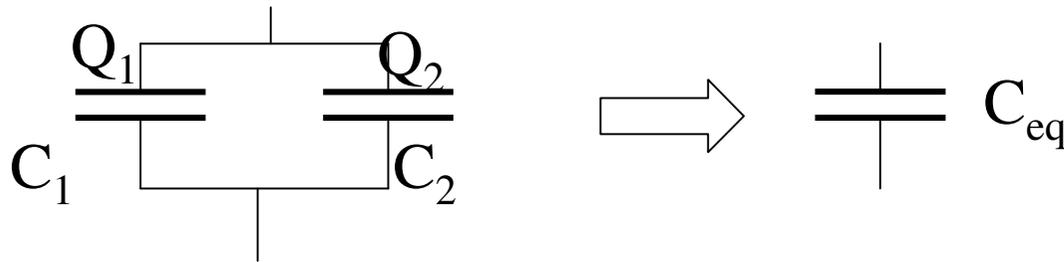
$$V = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = \frac{Q}{C_{tot}}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{tot} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

# Condensatori in parallelo

- Quando due condensatori vengono disposti in parallelo, la d.d.p. tra le armature è la stessa, ma la carica si distribuisce tra i due.



- Quindi la carica del condensatore equivalente è uguale alla somma delle cariche:

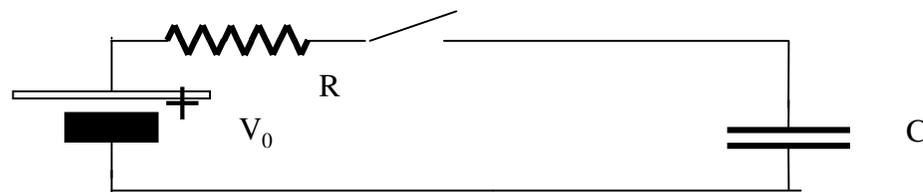
$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1V + C_2V = (C_1 + C_2)V$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

- Due condensatori posti in parallelo equivalgono quindi ad un condensatore di capacità pari alla somma delle singole capacità.

# Carica del condensatore

- Per caricare un condensatore, ovvero per depositare le cariche positive e negative sulle armature, si utilizza di solito il circuito seguente:



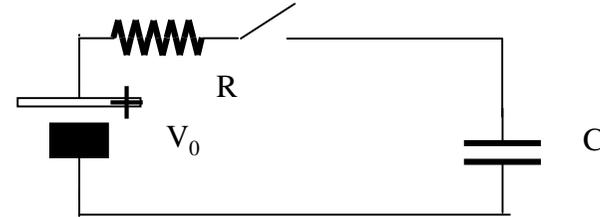
- La resistenza  $R$  è ineliminabile, in quanto anche collegando il generatore direttamente al condensatore, rimane presente la sua resistenza interna.
- Intuitivamente, si capisce che man mano che il condensatore si carica, il potenziale della armatura collegata al polo positivo aumenta, e si avvicina a quello del generatore.
- Allora la differenza di potenziale ai capi della resistenza diminuisce, per cui la corrente diminuisce di intensità.
- Quindi il condensatore si carica dapprima velocemente, poi sempre più lentamente.

# Equazioni del circuito

- L'equazione delle maglie dice che la somma delle d.d.p. deve essere nulla:

$$V_0 - V_R - V_c = 0$$

$$V_0 - Ri - \frac{Q}{C} = 0$$



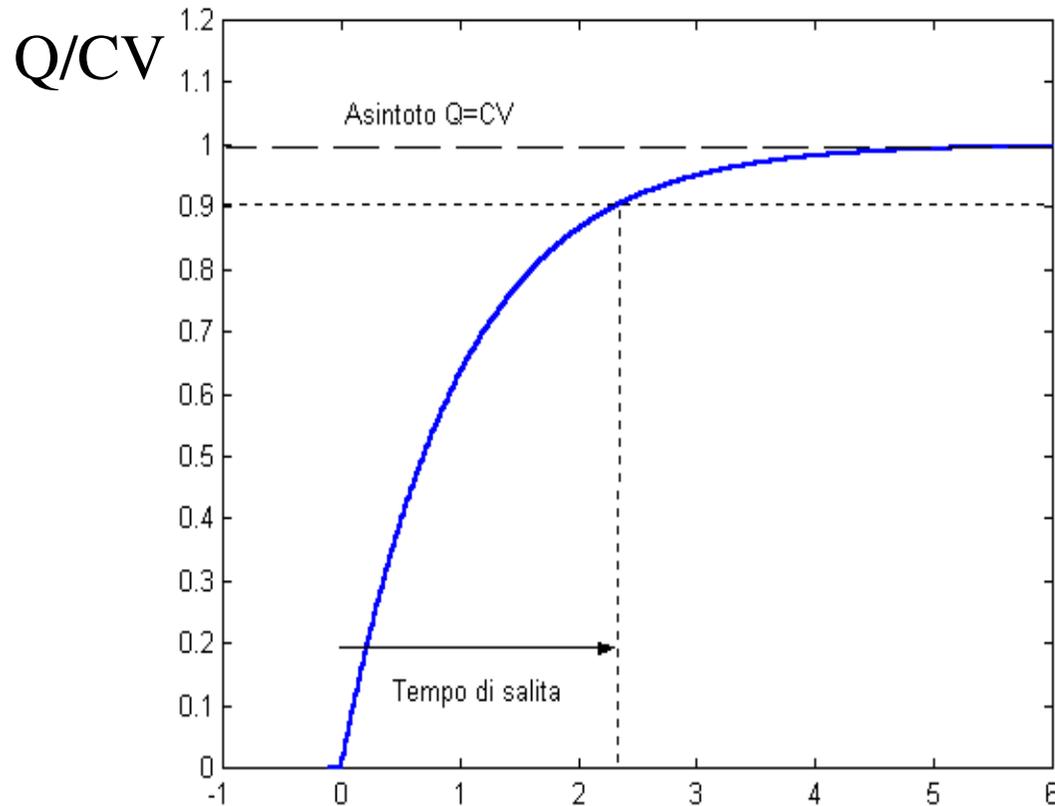
- Utilizzando la relazione tra  $I$  e  $Q$  si ha infine:

$$R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = V_0$$

- Se il condensatore è scarico all'istante  $t=0$ , si ottiene l'equazione della carica:

$$Q(t) = CV_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

# Grafico del processo di carica



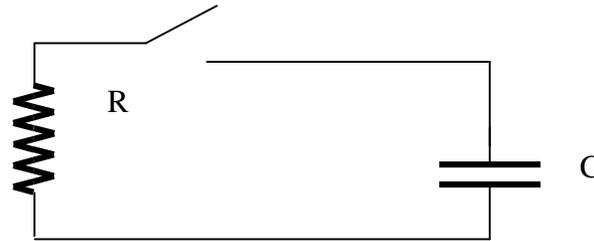
- Grafico della carica di un condensatore.
- Il tempo  $RC$  è detto tempo caratteristico del circuito.
- Il tempo di salita è definito come il tempo impiegato dal condensatore per raggiungere il 90% del valore massimo.

$t/RC$

$$t_{90\%} = -\log(1 - 0.9) RC = 2.3 RC$$

# Scarica del condensatore

- Per scaricare il condensatore, si utilizza il circuito seguente:



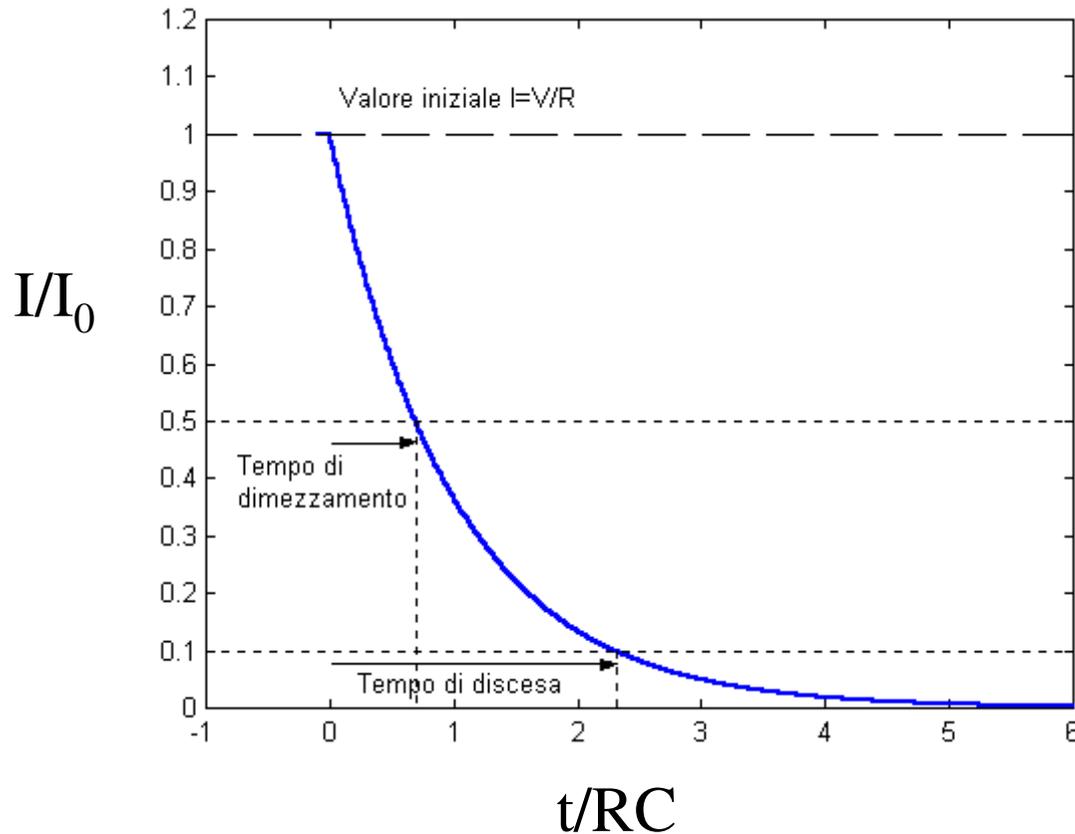
- Le equazioni stavolta si riducono a :

$$\begin{aligned} V_R - V_c &= 0 & Ri - \frac{Q}{C} &= 0 \\ i &= -\frac{dQ}{dt} & -R \frac{dQ}{dt} - \frac{Q}{C} &= 0 \end{aligned}$$

- La soluzione è un esponenziale decrescente:

$$Q(t) = Q_o e^{-\frac{t}{RC}} \qquad I(t) = \frac{Q_o}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

# Grafico del processo di scarica



- Corrente in funzione del tempo. Lo stesso grafico determina l'andamento della carica.
- Il tempo di dimezzamento è definito come il tempo in cui la carica o la corrente raggiunge metà del valore iniziale.
- Il tempo di scarica è definito come il tempo in cui la carica o la corrente raggiunge il 10% del valore iniziale.

$$t_{1/2} = -\log(0.5) RC = 0.69 RC$$

$$t_{10\%} = -\log(0.1) RC = 2.3 RC$$