

I CIRCUITI

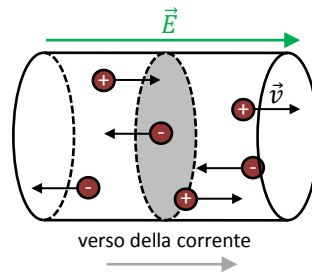
Annotazioni

- Corrente elettrica e intensità di corrente elettrica (Def)**

La *corrente elettrica* è un moto ordinato e collettivo di cariche, causato ad esempio dalla presenza di un campo elettrico.

Si dice *intensità di corrente* la quantità di carica che attraversa una sezione di un conduttore nell'unità di tempo.

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{o più in generale} \quad i = \frac{dQ}{dt}$$



L'unità di misura dell'intensità di corrente è l'Ampere: $[i] = \frac{C}{s} = A$

Per convenzione, si stabilisce che il verso della corrente è quello in cui si muovono le cariche positive.

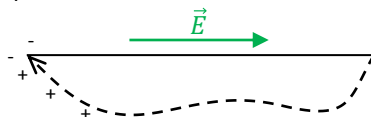
Se l'intensità della corrente è costante nel tempo, si parla di *corrente continua*.

Nota Bene

- Quando sono sottoposte all'azione di un campo elettrico, le cariche positive ΔQ^+ si muovono in direzione del campo, mentre quelle negative ΔQ^- in direzione opposta. La quantità di carica che attraversa la sezione di conduttore è data allora da $\Delta Q = \Delta Q^+ - \Delta Q^-$ (dove il segno meno tiene conto della diversa direzione delle cariche negative). Siccome a sua volta $\Delta Q^- < 0$, la carica che attraversa la sezione di conduttore può essere calcolata come somma delle cariche positive e negative in valore assoluto: $\Delta Q = \Delta Q^+ + |\Delta Q^-|$.
- Nei conduttori metallici normalmente sono gli elettroni a spostarsi nel verso opposto a quello della corrente, ma per convenzione si mantiene come verso della corrente quello che seguirebbero le cariche positive.
- In presenza di un campo elettrico le cariche all'interno del conduttore, oltre al loro normale moto di agitazione termica (nell'ordine di 10^6 m/s), si muovono collettivamente con una velocità di deriva molto più bassa e direttamente proporzionale all'intensità del campo elettrico (nell'ordine di 10^{-5} m/s). Quest'ultima è l'unica responsabile dell'intensità della corrente elettrica.
- L'Ampere è una delle sette unità di misura fondamentali del Sistema Internazionale, mentre è in realtà il Coulomb ad essere derivato dall'Ampere ($C = A \cdot s$).
- Non basta un campo elettrico per generare una corrente continua: infatti le cariche, dopo essersi spostate agli estremi del conduttore, creerebbero un campo elettrico antagonista che annullerebbe quello iniziale.

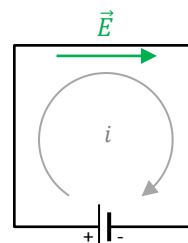


Per garantire una corrente continua, serve anche riportare le cariche che si sono spostate al loro punto di partenza.



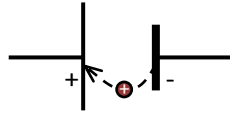
- Generatore di tensione (Def)**

Un *generatore di tensione* è un dispositivo che mantiene una differenza di potenziale (detta anche tensione) ai capi (detti anche poli) di un conduttore; e quindi garantisce la presenza di un campo elettrico che percorre il conduttore. Il polo a maggior potenziale viene detto polo positivo, quello a minor potenziale polo negativo.



Nota Bene

- Come noto, le cariche positive si spostano spontaneamente da punti a maggior potenziale verso punti a minor potenziale, quindi in un circuito la corrente scorre dal polo positivo al polo negativo.
- All'interno di un conduttore il campo è nullo e il potenziale è costante, ma solo in condizioni di equilibrio elettrostatico. In un circuito invece il generatore di tensione mantiene le cariche in continuo movimento: non si ha mai equilibrio elettrostatico.
- Per spostare le cariche positive dal punto a minor potenziale al punto a maggior potenziale c'è bisogno di una forza che compia un lavoro: si dice che è il generatore di tensione a compiere questo lavoro.



• Forza elettromotrice (Def)

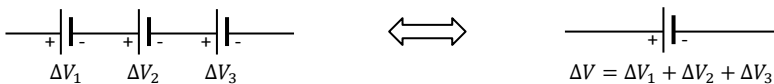
La *forza elettromotrice* di un generatore di tensione è il lavoro per unità di carica che esso compie per spostare le cariche al suo interno.

$$fem = \frac{L}{\Delta Q}$$

L'unità di misura della forza elettromotrice è il Volt: $[fem] = \frac{J}{C} = V$

Nota Bene

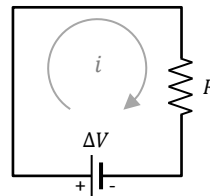
- Il valore della forza elettromotrice *fem* corrisponde al valore della differenza di potenziale che il generatore crea ai capi del conduttore ΔV .
- Un generatore di tensione si dice ideale se mantiene costante nel tempo la sua *fem*.
- In un circuito l'inserimento in serie di *n* generatori di tensione equivale ad un generatore avente una *fem* pari alla somma delle *fem* di ciascuno di essi.



• Prima legge di Ohm

In molti circuiti l'intensità di corrente *i* che scorre nel filo metallico è proporzionale alla differenza di potenziale ΔV applicata dal generatore ai suoi capi.

$$i = \frac{\Delta V}{R}$$

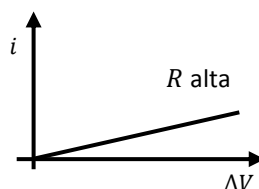
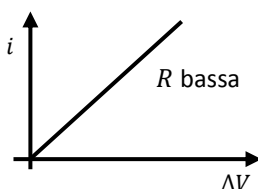


La costante *R* si dice *resistenza*: è una caratteristica del filo che dipende dal metallo di cui è fatto, dalle sue dimensioni e dalla sua temperatura.

L'unità di misura della resistenza è l'Ohm: $[R] = \frac{V}{A} = \Omega$

Nota Bene

- I conduttori per i quali vale la legge di Ohm si dicono conduttori ohmici.
- Nella rappresentazione grafica di un circuito la resistenza del circuito, o di un tratto di esso, si rappresenta con una linea a zigzag. Si suppone che i tratti rappresentati da una linea continua abbiano resistenza trascurabile.
- La costante di proporzionalità tra intensità di corrente e differenza di potenziale è il reciproco della resistenza: ciò significa che in circuiti con resistenze alte, a parità di tensione si avrà un'intensità di corrente minore. Il grafico che esprime l'intensità di corrente *i* in funzione della differenza di potenziale ΔV è una retta che passa per l'origine e ha coefficiente angolare $1/R$.



$$i = \frac{1}{R} \Delta V$$

- **Seconda legge di Ohm**

La resistenza di un filo è direttamente proporzionale alla sua lunghezza L e inversamente proporzionale alla sua sezione A :

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

La costante ρ si dice *resistività*: è una caratteristica del filo che dipende dal metallo di cui è fatto e dalla sua temperatura.

L'unità di misura della resistività è: $[\rho] = \Omega \cdot m$

- **Effetto Joule**

In un circuito, l'energia che il generatore fornisce alle cariche che si muovono nel filo (sotto forma di lavoro svolto dalla forza di Coulomb) si trasforma in energia cinetica, che però viene presto dissipata lungo il percorso, attraverso gli urti con gli atomi del reticolo del conduttore. In questo modo il conduttore si riscalda, e le cariche si muovono globalmente a velocità costante.

- **Potenza dissipata**

La potenza dissipata in un circuito attraversato da un'intensità di corrente i quando i suoi estremi sono sottoposti ad una differenza di potenziale ΔV è pari a

$$P = \Delta V \cdot i$$

Si ricorda che l'unità di misura della potenza è il Watt: $[P] = V \cdot A = W$

Dimostrazione

Per definizione, la potenza è data da:

$$P = \frac{dL}{dt} \Rightarrow P = \frac{d(q \cdot \Delta V)}{dt} \stackrel{(1)}{\Rightarrow} P = \Delta V \cdot \frac{dq}{dt} \Rightarrow P = \Delta V \cdot i$$

(1) La differenza di potenziale ΔV ai capi del circuito è costante.

Nota Bene

○ Il risultato può essere scritto nelle tre forme equivalenti:

$$P = \Delta V \cdot i \quad P = \frac{\Delta V^2}{R} \quad P = i^2 \cdot R$$

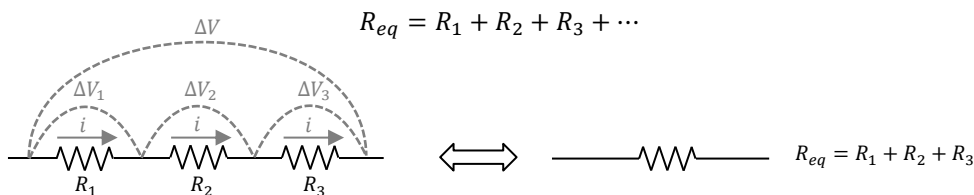
che si ottengono dalla prima a partire dalla prima legge di Ohm: $\Delta V = R \cdot i$.

○ L'energia può essere misurata in kilowattora (kWh). Un kilowattora corrisponde all'energia che assorbe in un'ora un dispositivo con potenza di 1 kW, ovvero:

$$L = P \cdot \Delta t = 1000 W \cdot 3600 s = 3,6 \cdot 10^6 J$$

- **Resistenze in serie**

La resistenza equivalente di più resistori posti in serie è pari a:



La corrente che attraversa ciascun resistore ha la stessa intensità.

Dimostrazione

Dimostriamolo nel caso di 3 resistori in serie. Essendo posti in serie, la corrente che attraversa ciascun resistore è la stessa. Per la prima legge di Ohm vale che:

$$\Delta V_1 = R_1 \cdot i \quad \Delta V_2 = R_2 \cdot i \quad \Delta V_3 = R_3 \cdot i$$

da cui:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i$$

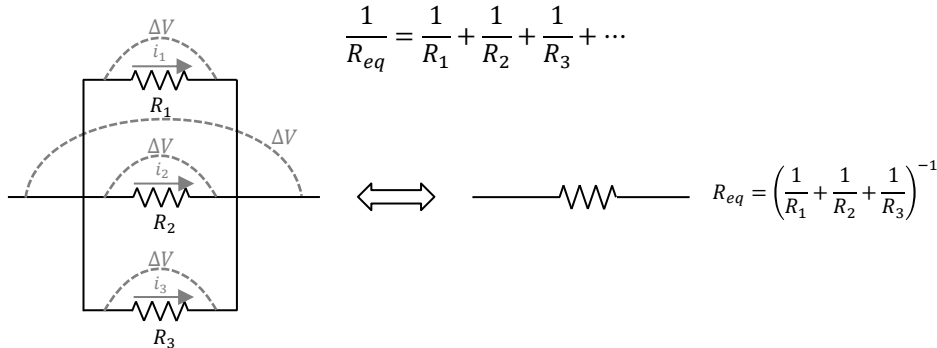
Per concludere, basta notare che ponendo $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$ si ottiene $\Delta V = R_{eq} \cdot i$.

Nota Bene

- Nel caso di resistori in serie, il resistore con differenza di potenziale maggiore è quello con resistenza maggiore.
- Nel caso di lampadine in serie, siccome $P = Ri^2$ e la corrente che attraversa ciascuna lampadina è la stessa, la lampadina più luminosa è quella con resistenza maggiore.

• Resistenze in parallelo

La resistenza equivalente di più resistori posti in parallelo è tale che:



La differenza di potenziale ai capi di ciascun resistore è la stessa.

Dimostrazione

Dimostriamolo nel caso di 3 resistori in parallelo. Essendo posti in parallelo, la differenza di potenziale ai capi di ciascun resistore è la stessa. Per la prima legge di Ohm vale che:

$$\Delta V = R_1 \cdot i_1 \quad \Delta V = R_2 \cdot i_2 \quad \Delta V = R_3 \cdot i_3$$

da cui:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} + \frac{\Delta V}{R_3} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \Delta V$$

ovvero:

$$\Delta V = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} \cdot i$$

Per concludere, basta notare che ponendo $R_{eq} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1}$ si ottiene $\Delta V = R_{eq} \cdot i$.

Nota Bene

- Nel caso di resistori in parallelo, il resistore attraversato da corrente maggiore è quello con resistenza minore. Nel caso ci sia un ramo con resistenza molto bassa o nulla, la corrente può raggiungere valori molto elevati (cortocircuito).
- Nel caso di lampadine in parallelo, siccome $P = \Delta V^2/R$ e la differenza di potenziale ai capi di ciascuna lampadina è la stessa, la lampadina più luminosa è quella con resistenza minore.

• Leggi di Kirchhoff

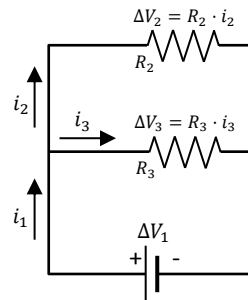
1) La somma algebrica delle correnti in un nodo è uguale a zero.

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

2) La somma algebrica delle differenze di potenziale lungo una maglia è uguale a zero.

$$\Delta V_1 + \Delta V_2 = 0$$

$$\Delta V_1 + \Delta V_3 = 0$$



Nota Bene

- La prima legge è una conseguenza del principio di conservazione della carica, la seconda legge è una conseguenza della conservatività del campo elettrico.