

La resistenza elettrica e il resistore

Gli antichi greci erano rimasti colpiti dalle proprietà di una resina fossile, l'**ambra**, che se strofinata con un panno di lana riusciva ad attirare, senza toccarli, piccoli oggetti posti nelle sue vicinanze.



Ambra

Da dove veniva questa misteriosa forza attrattiva, che l'ambra sembrava possedere.

In greco la parola ambra si traduce in "**elektron**" e almeno questo spiega da dove viene la parola "**elettricità**".

Nei secoli seguenti si scoprì che anche altri materiali possedevano la proprietà dell'ambra. Si scoprì altresì che se si avvicinavano due oggetti dello stesso materiale (vetro e vetro) "**elettrizzati**" per strofinio, si esercitava tra di loro una forza repulsiva e se invece il materiale era diverso (vetro e plastica) la forza era attrattiva.

Pur essendo certi che il vetro e la plastica possiedono elettricità differente non possiamo sapere di che tipo è l'una e di che tipo è l'altra. Per convenzione si parla di "**elettricità positiva**" e di "**elettricità negativa**". Ricordate però che è solo una "**convenzione**".

Quando un corpo possiede elettricità si dice che è "**carico**". Si ma carico di cosa, con cosa.

Questa "**cosa**", per un eccesso di fantasia, la chiamiamo "**carica elettrica**".



John Joseph Thomson
1856-1940

Da dove nascono le cariche elettriche, vengono dal nulla, sono prodotte dallo strofinio o che altro.

La scoperta dell'elettrone, fatta da Thomson, ci ha fatto capire che tutti i corpi possiedono cariche elettriche, solo che normalmente ne possiedono in egual misura positive e negative, cioè, come si dice, sono "**eletttricamente neutri**".

Un corpo carico contiene invece un eccesso di cariche, positive o negative, e si dice rispettivamente con carica positiva (+) o con carica negativa (-).

I materiali che consentono alle cariche elettriche di muoversi sono detti "**conduttori**" (che conducono le cariche elettriche verso l'esterno), invece i materiali che non lasciano muovere le cariche elettriche sono detti "**isolanti**" (che isolano le cariche elettriche dall'esterno). I materiali sono conduttori o isolanti a seconda della loro struttura atomica. Molti materiali metallici sono buoni conduttori e molte materie plastiche sono buoni isolanti.



Charles Augustin Coulomb
1736-1806

La carica elettrica si quantifica attraverso la sua unità di misura che, nel Sistema Internazionale (SI) è il “**coulomb**” [C].
Oggi noi sappiamo che la forza a distanza che si esercita tra due corpi carichi è dovuta ad una modificazione dello spazio attorno ai due corpi, cioè in quella regione di spazio è presente un campo di forze chiamato “**campo elettrico**”.



Isaac Newton
1642-1727

Nel Sistema Internazionale il campo elettrico si misura in **Newton/Coulomb** [N/C], cioè il rapporto tra la forza esercitata (Newton) e la quantità di carica (Coulomb).



James Prescott Joule
1818-1889

Le cariche per muoversi hanno bisogno di energia.
Il lavoro necessario per spostare delle cariche elettriche prende il nome di “**energia potenziale elettrica**”. L’energia potenziale elettrica ha come unità di misura il **Joule** [J], dal nome del fisico inglese Joule.
Il lavoro deve essere fatto per vincere le forze del campo elettrico presente nello spazio circostante le cariche stesse.



Alessandro Volta
1745-1827

Il rapporto tra il lavoro compiuto da una forza esterna per spostare una carica e la carica stessa, prende il nome di “**potenziale elettrico**” e, nel Sistema Internazionale, si misura in **volt [V]**, in onore dello scienziato italiano Alessandro Volta, cioè $V = J / C$.

Se in un corpo due punti hanno potenziali elettrici diversi esiste un “**salto elettrico**”, cioè ci sarà un punto a potenziale maggiore (in senso figurato, più in alto) e un punto a potenziale minore (in senso figurato, più in basso). La differenza tra i due potenziali prende il nome di “**differenza di potenziale elettrico**” comunemente chiamata anche “**tensione elettrica**”.



André Marie Ampère
1775-1836

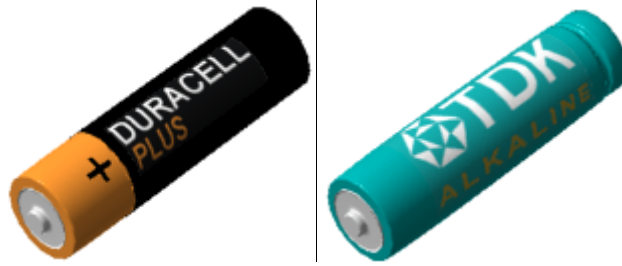
Quando, all'interno di un materiale conduttore, vi è uno spostamento di cariche elettriche si dice che il conduttore è attraversato da una “**corrente elettrica**”. L'intensità di corrente elettrica **I** sarà data quindi dal rapporto della quantità di carica **Q** che si è spostata e il tempo **t** necessario allo spostamento: $I = Q / t$. Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della corrente elettrica è l'**ampere [A]**, in onore del fisico francese Ampère.

In un conduttore metallico le cariche che si possono spostare sono solo gli “**elettroni**” cioè, convenzionalmente, le cariche negative; in un conduttore allo stato liquido, invece, le cariche che si possono spostare sono gli “**ioni**” cioè cariche sia positive e sia negative.

Affinché in un conduttore scorra corrente occorre che il conduttore sia inserito in un percorso chiuso che presenta anche una differenza di potenziale (forza necessaria per spostare le cariche elettriche).

Questo percorso chiuso è in genere costituito da più conduttori collegati fra loro e collegati anche alla sorgente della differenza di potenziale. Tutto ciò prende il nome di “**circuito elettrico**” e la sorgente di tensione prende il nome di “**generatore elettrico**”.

Una **pila** è un esempio di generatore elettrico.



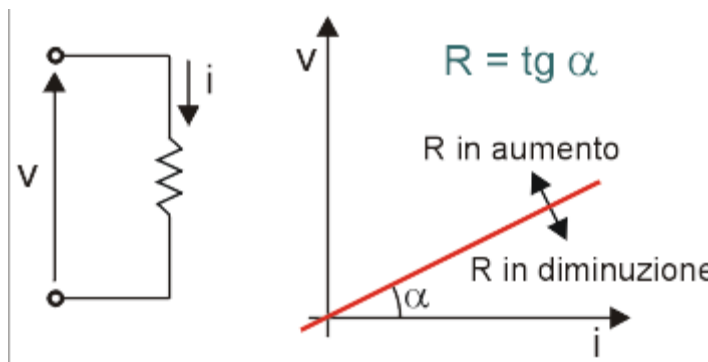
Pile a secco

Possiamo quindi affermare che ai capi di ciascun conduttore che forma un circuito è presente una differenza di potenziale e quindi scorre una corrente elettrica. Prendiamo in esame un circuito e cambiamo la differenza di potenziale applicata al circuito stesso, cambierà anche la corrente elettrica che scorre nel circuito. Se aumentiamo la differenza di potenziale (più energia), aumenterà anche la corrente (più cariche in movimento) e se diminuiamo la differenza di potenziale (meno energia), diminuirà anche la corrente (meno cariche in movimento).

Per tutti i conduttori metallici e per le soluzioni di acidi, basi e sali possiamo notare che il rapporto tra la differenza di potenziale applicata e la corrente che scorre rimane costante al variare delle due, cioè:

$$\text{(differenza di potenziale / corrente elettrica)} = \text{costante}$$

Questa costante è una grandezza caratteristica del conduttore che chiamiamo “**resistenza elettrica**”. A parità di differenza di potenziale, più grande è la resistenza e più piccola sarà la corrente che scorre nel conduttore. Capito adesso perché si chiama resistenza, ma è ovvio, perché si oppone (resiste con tutte le sue forze) al movimento delle cariche, cioè alla corrente elettrica. Graficamente possiamo rappresentare la resistenza elettrica nel piano cartesiano tensione-corrente.



Rappresentazione grafica della resistenza elettrica R

Il rapporto (differenza di potenziale / corrente elettrica) = resistenza elettrica o $V / I = R$ è rappresentato nel piano cartesiano da una retta inclinata passante per l'origine degli assi. L'inclinazione di questa retta rispetto all'asse delle ascisse (corrente) rappresenta il valore della resistenza elettrica, più la retta è inclinata (angolo α maggiore) e più è grande la resistenza. Infatti a parità di tensione la corrente è più piccola, il conduttore oppone una maggiore resistenza al movimento delle cariche.



Georg Simon Ohm
1789-1854

La relazione $V / I = R$, oltre che definire la resistenza elettrica, esprime anche la “**prima legge di Ohm**” (dal nome del fisico tedesco Georg Simon Ohm).

La resistenza elettrica, in suo onore, ha come unità di misura, nel Sistema Internazionale, l’**ohm** [Ω].

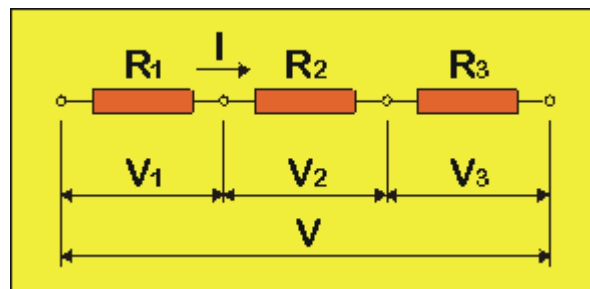
Buffo però, i materiali conduttori che consentono il movimento delle cariche sono caratterizzati dalla loro resistenza che contrasta il movimento delle cariche. Beh, come si dice, nessuno è perfetto.

Sempre il solito instancabile Ohm verificò sperimentalmente che, per i conduttori metallici, la resistenza elettrica è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo conduttore e inversamente proporzionale alla sua sezione. Inoltre essa dipende anche dal materiale con cui è fatto il filo conduttore. A parità di lunghezza un filo conduttore aumenta la sua resistenza al diminuire della sezione; a parità di sezione un filo conduttore aumenta la sua resistenza all’aumentare della lunghezza. Tutto questo costituisce la cosiddetta “**seconda legge di Ohm**”.

Per essere precisi e fedeli agli esperimenti di Ohm dobbiamo anche dire che la resistenza elettrica dipende dalla temperatura. Per i conduttori metallici possiamo verificare che la resistenza del conduttore aumenta all’aumentare della temperatura.

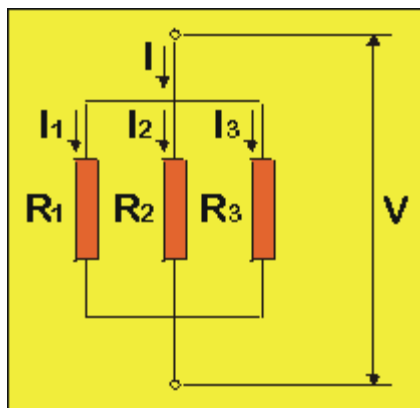
Quindi le leggi di Ohm sono valide nell’ipotesi di considerare costanti le condizioni ambientali (temperatura, pressione, umidità, ecc.).

Due o più conduttori, in un circuito, si dicono “**in serie**” se sono percorsi dalla stessa corrente elettrica. In questo caso si comportano come se fossero un solo conduttore con resistenza pari alla somma delle resistenze dei singoli conduttori: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$. Se le resistenze sono tutte uguali allora la resistenza equivalente è pari al prodotto della singola resistenza per il numero delle resistenze. $R_{eq} = R * n$.



Resistenze in serie

Due o più conduttori, in un circuito, si dicono “**in parallelo**” se sono sottoposti alla stessa differenza di potenziale. In questo caso si comportano come se fossero un solo conduttore con una resistenza pari all’inverso della somma degli inversi delle resistenze dei singoli conduttori: $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$. Se le resistenze sono tutte uguali allora la resistenza equivalente è pari al rapporto tra la singola resistenza e il numero delle resistenze. $R_{eq} = R / n$.



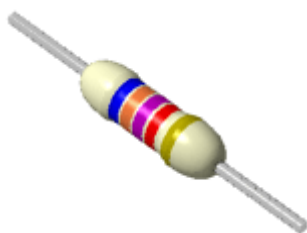
Resistenze in parallelo

Dovrebbe essere chiaro a questo punto che, se metto le resistenze in serie aumento la resistenza complessiva del circuito, se metto invece le resistenze in parallelo diminuisco la resistenza complessiva del circuito.

Esistono anche altri modi per collegare tra loro le resistenze (o i conduttori), ma non è questa la sede per trattarli. Sappiate solo che, per i conduttori metallici, vale sempre la relazione $R = V / I$, dove R è la resistenza, V la differenza di potenziale e I la corrente elettrica, perciò comunque sia fatto il circuito, se conosco V e I posso trovare il valore di R.

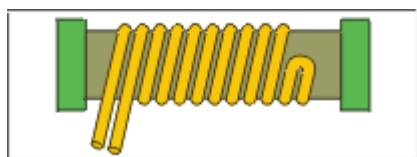
Un conduttore che segue la prima legge di Ohm prende il nome di “**resistore**”.

Tecnologicamente un resistore può essere realizzato utilizzando diversi materiali conduttori e diversi processi costruttivi. Un resistore si presenta come un componente in cui l’elemento resistivo, isolato dall’esterno, è provvisto di due terminali metallici buoni conduttori (detti anche “**reofori**”) per il collegamento elettrico al circuito.

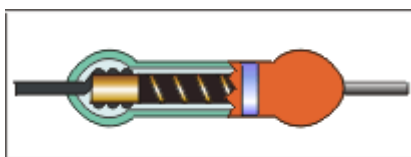


Resistore di piccola potenza

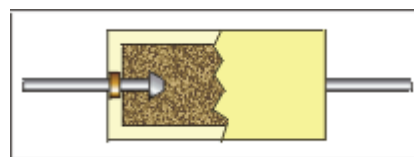
Per la presenza dei due terminali si dice anche che il resistore è un “bipolo”. Le principali tecnologie costruttive per realizzare l’elemento resistivo (quello che segue la prima legge di Ohm) sono: tecnologia a “**filo**”, tecnologia a “**film**”, tecnologia a “**impasto**”.



Resistore a filo



Resistore a film



Resistore a impasto

Come si intuisce dal nome nel resistore a filo l'elemento resistivo è costituito da un filo conduttore avvolto su un supporto isolante, nel resistore a film l'elemento resistivo è costituito da una pellicola di materiale conduttore depositata su un supporto isolante, e infine nel resistore a impasto l'elemento resistivo è costituito da un impasto di materiale conduttore inserito in un supporto isolante.

Ci sarà capitato di osservare che un conduttore metallico attraversato dalla corrente si riscalda (produce calore che fa aumentare la sua temperatura). Questo fenomeno, che si chiama "**effetto Joule**", è dovuto alle collisioni degli elettroni (cariche in movimento) con gli ioni (cariche ferme) del reticolo cristallino (struttura atomica del materiale conduttore).

Quando una quantità di carica Q si sposta per effetto della differenza di potenziale V , le forze del campo elettrico compiono un lavoro: $W = Q * V$, ma essendo $Q = I * t$ possiamo scrivere $W = I * t * V$.



James Watt
1736-1819

L'energia W nell'unità di tempo rappresenta la potenza. Si definisce quindi "**potenza elettrica**" sviluppata nel conduttore: $P = V * I$.

L'unità di misura della potenza elettrica, nel Sistema Internazionale, è il **watt [W]**, in onore dello scozzese James Watt.

Non facciamo confusione tra l'energia W che si misura in Joule e la potenza elettrica che si misura in watt [W]. La stessa lettera W indica nel primo caso una grandezza e nel secondo caso l'unità di misura di un'altra grandezza.

In un resistore tutta l'energia elettrica assorbita viene trasformata in calore (aumento di temperatura del conduttore stesso). La potenza elettrica che si trasforma è $V * I$, ma essendo, per la prima legge di Ohm, $V = R * I$, possiamo anche scrivere: $P = R * I * I = R * I^2$. In un conduttore metallico, e quindi anche in un resistore, la potenza elettrica assorbita è proporzionale alla resistenza del conduttore e al quadrato della corrente che lo attraversa.

Esistono in commercio, per i più svariati usi, resistori che si distinguono per il valore della loro "**resistenza**", per il valore della "**potenza**" che possono assorbire e per la "**precisione**" del loro valore resistivo.

La resistenza viene espressa in ohm o più frequentemente in multipli di ohm (chilo ohm: 1000 ohm, mega ohm: 1000000 ohm), la potenza viene espressa in watt o frazioni di watt (1/4 di watt 0,25 watt, 1/2 di watt 0,5 watt), la precisione viene espressa come percentuale del valore resistivo nominale (ad esempio, una resistenza di 100 ohm con una precisione del 5% ha un valore resistivo compreso tra 95 ohm e 105 ohm, cioè sul valore resistivo c'è una "tolleranza" di ± 5 ohm).

In commercio esistono resistori con molti diversi valori di resistenza, ma non tutti ovviamente. Qualora servisse un valore resistivo non disponibile in commercio lo si può sempre ottenere collegando opportunamente in serie e/o in parallelo più resistori (con le stesse caratteristiche di potenza e tolleranza).

I valori resistivi commerciali sono raggruppati in **serie**. Ogni serie contiene un certo numero di valori per decade, ogni valore è valido per la decade $0 \div 10$, per la decade $10 \div 100$ e così via. Per esempio per la serie E6 sono consentiti 6 valori per decade, cioè 10, 15, 22, 33, 47, 68, questo significa che per quella serie sono consentiti, ad esempio, i valori: 0,15 Ω , 1,5 Ω , 15 Ω , 150 Ω , 1,5 k Ω , ... e così via.

Il numero di valori per ciascuna serie aumenta all'aumentare della precisione richiesta sul valore resistivo.

Nella serie **E6** la precisione è del 20% e i valori per decade sono, come abbiamo detto, 6.

Nella serie **E12** la precisione è del 10% e i valori per decade sono 12.

Nella serie **E24** la precisione è del 5% e i valori per decade sono 24.

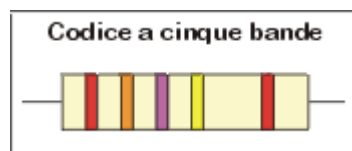
Nella serie **E48** la precisione è del 2% e i valori per decade sono 48.

Nella serie **E96** la precisione è dell'1% e i valori per decade sono 96.

Nella serie **E192** la precisione è dello 0,5% (o anche 0,25% o 0,1%) e i valori per decade sono 192.

Non è certamente necessario imparare a memoria tutti questi valori. Esistono delle tabelle che ci vengono in aiuto quando abbiamo bisogno di trovare un determinato valore resistivo.

Normalmente nei resistori di piccola potenza, a causa delle ridotte dimensioni, non viene stampigliato sopra il valore resistivo né tantomeno la precisione. Per indicare il valore di questi parametri si usa un codice, denominato "a bande colorate", cioè sul corpo del resistore sono stampigliate delle strisce colorate, in base alla posizione e al colore di ciascuna striscia possiamo ricavare le informazioni sul valore resistivo e sulla precisione del resistore. I codici più utilizzati sono quelli a 4, 5 o 6 bande colorate.



Nel **codice a quattro bande colorate**, il colore della prima banda indica la **prima cifra** del valore resistivo, il colore della seconda banda indica la **seconda cifra** del valore resistivo, il colore della terza banda indica il **moltiplicatore** cioè la potenza del 10 da moltiplicare per le cifre, infine il colore della quarta banda (quella più staccata dalle altre) indica la precisione del resistore (**tolleranza**).

Nel **codice a cinque bande colorate**, il colore della prima banda indica la **prima cifra** del valore resistivo, il colore della seconda banda indica la **seconda cifra** del valore resistivo, il colore della terza banda indica la **terza cifra** del valore resistivo, il colore della quarta banda indica il **moltiplicatore** cioè la potenza del 10 da moltiplicare per le cifre, infine il colore della quinta banda (quella più staccata dalle altre) indica la precisione del resistore (**tolleranza**).

Nel **codice a sei bande colorate**, il colore della prima banda indica la **prima cifra** del valore resistivo, il colore della seconda banda indica la **seconda cifra** del valore resistivo, il colore della terza banda indica la **terza cifra** del valore resistivo, il colore della quarta banda indica il **moltiplicatore** cioè la potenza del 10 da moltiplicare per le cifre, il colore della quinta banda indica la precisione del resistore (**tolleranza**) e infine il colore della sesta banda indica il coefficiente di temperatura (cioè la variazione della resistenza con la temperatura).

Tabella per i resistori a strato con quattro bande colorate

Colore	1° anello	2° anello	3° anello	4° anello
	1 ^a cifra	2 ^a cifra	moltiplicatore	tolleranza
				± 20%
Argento			10 ⁻²	± 10%
Oro			10 ⁻¹	± 5%
Nero	0	0	10 ⁰	
Marrone	1	1	10 ¹	± 2%
Rosso	2	2	10 ²	± 1%
Arancione	3	3	10 ³	
Giallo	4	4	10 ⁴	
Verde	5	5	10 ⁵	± 0,5%
Blu	6	6	10 ⁶	± 0,25%
Viola	7	7	10 ⁷	± 0,1 %
Grigio	8	8	10 ⁸	± 0,05%
Bianco	9	9	10 ⁹	

Tabella per i resistori a strato con sei bande colorate

Colore	1° anello	2° anello	3° anello	4° anello	5° anello	6° anello
	1 ^a cifra	2 ^a cifra	3 ^a cifra	moltiplicatore	tolleranza	Coeff. di Temp.
					± 20%	
Argento				10 ⁻²	± 10%	
Oro				10 ⁻¹	± 5%	
Nero	0	0	0	10 ⁰		200 ppm/K
Marrone	1	1	1	10 ¹	± 2%	100 ppm/K
Rosso	2	2	2	10 ²	± 1%	50 ppm/K
Arancione	3	3	3	10 ³		25 ppm/K
Giallo	4	4	4	10 ⁴		15 ppm/K
Verde	5	5	5	10 ⁵	± 0,5%	
Blu	6	6	6	10 ⁶	± 0,25%	10 ppm/K
Viola	7	7	7	10 ⁷	± 0,1 %	5 ppm/K
Grigio	8	8	8	10 ⁸	± 0,05%	
Bianco	9	9	9	10 ⁹		

Per ricordare l'ordine dei colori che corrispondono alle cifre dallo 0 al 9 imparate questa breve frase mnemonica:

Non metterti rubicondo alla guida: vino e birra van giù bene

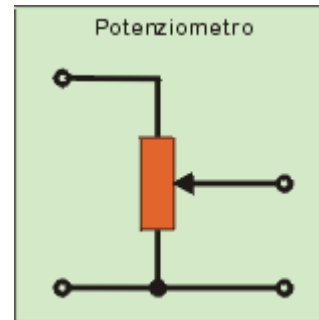
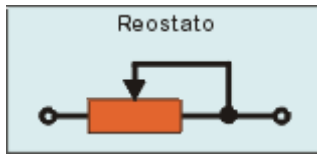
Per alcune applicazioni i resistori con un valore fisso di resistenza possono non essere adatti, si ricorre allora ai cosiddetti **resistori variabili** che presentano un valore resistivo regolabile manualmente.

Questi resistori presentano tre terminali, due dei quali sono collegati stabilmente all'elemento resistivo e il terzo invece è mobile in quanto può scorrere sull'elemento resistivo, modificando così il punto di contatto. Il terzo terminale prende il nome di **corsore** e il suo movimento può essere traslatorio o più frequentemente rotatorio.

A seconda di come viene collegato il corsore al circuito si hanno due funzionamenti possibili.

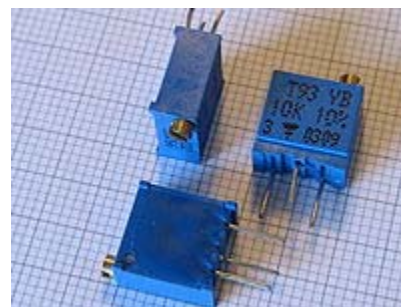
Come **reostato**, i due terminali fissi sono collegati al circuito e il corsore è collegato a uno dei terminali fissi. Il reostato si usa quando si vuole regolare la corrente in un circuito.

Come **potenziometro**, il circuito è collegato da una parte ai due terminali fissi e dall'altra a un terminale fisso e al cursore. Il potenziometro si usa quando si vuole regolare la tensione tra due punti di un circuito.



Nei resistori variabili appena descritti la regolazione tramite spostamento del cursore deve poter essere effettuata tutte le volte che si desidera e quindi questi resistori devono avere una struttura meccanicamente robusta.

Esistono altri resistori variabili che vengono impiegati quando la regolazione deve essere fatta una volta sola (in sede di taratura del circuito) ma con precisione. Questi resistori variabili rotativi in cui la regolazione del cursore viene fatta usando un particolare giravite, per aumentare la precisione sono dotati di una regolazione multigiro e prendono il nome di **trimmer**.



Esistono diverse tipologie costruttive dei resistori variabili, così come per i resistori fissi, in particolare la regolazione del valore resistivo può essere **lineare**, a uguali spostamenti del cursore corrispondono uguali variazioni del valore resistivo, oppure può essere **logaritmica** (non si sa mai, dovesse servire).

Per concludere diamo un cenno su alcuni particolari resistori variabili che variano la loro resistenza non in conseguenza di un'azione manuale, ma in conseguenza della variazione di una grandezza fisica ambientale o riprodotta artificialmente.

Esistono particolari resistori variabili che variano la loro resistenza al variare della temperatura e che prendono perciò il nome di **termo-resistori**. I termo-resistori sono impiegati, ad esempio, per misure indirette di temperatura (misurando la corrente o la tensione) all'interno di macchine elettriche o altre apparecchiature. Possono essere usati anche per controllare la corrente in un circuito, facendola diminuire quando la temperatura aumenta.

Esistono particolari resistori variabili che variano la loro resistenza al variare della quantità di luce che li colpisce e che prendono perciò il nome di **foto-resistori**. Al variare della quantità di luce la risposta (variazione di resistenza) dei foto-resistori è piuttosto lenta, per questo motivo si impiegano quando la velocità di risposta non è di fondamentale importanza, per esempio nelle macchine fotografiche o negli interruttori crepuscolari (quelli che accendono automaticamente i lampioni cittadini al sopraggiungere dell'oscurità).