

LA LEGGE DELLA RESISTENZA

In questo fascicolo parleremo di un'importante legge della fisica che lega tensione e intensità di corrente elettrica all'interno dei conduttori: la prima legge di Ohm.

Nel fascicolo precedente abbiamo presentato alcuni importanti concetti legati ai circuiti elettrici: tensione e intensità di corrente. Abbiamo anche accennato a come queste due grandezze fisiche siano correlate tra loro. Infatti, per far sì che all'interno di un conduttore circoli una corrente elettrica, è necessario che ai terminali di quest'ultimo sia applicata una differenza di potenziale che può

essere fornita, ad esempio, mediante una pila. Esiste un'importante legge fisica che lega in maniera precisa la corrente che scorre in un conduttore e la tensione applicata ai suoi capi: si tratta della prima **legge di Ohm**.

Dovuta al fisico tedesco George Simon Ohm, essa afferma che la corrente circolante in un conduttore è **direttamente proporzionale** alla differenza di potenziale applicata ai suoi terminali. L'espressione 'direttamente proporzionale' indica che quando una delle due grandezze aumenta, l'altra cresce in modo proporzionale. La costante di proporzionalità che lega tensione e corrente è chiamata **resistenza**, una proprietà che dipende dalle caratteristiche fisiche del conduttore. Nel Sistema Internazionale la resistenza si misura in **ohm** (Ω). Tale grandezza descrive l'opposizione che un materiale presenta al passaggio della corrente: maggiore è la resistenza, quindi, minore è la corrente circolante. La grandezza fisica inversa della resistenza è detta **conduttanza**,

Il trimmer è un componente che offre un valore di resistenza variabile a scelta.

la cui unità di misura è il **siemens** (S). La conduttanza, al contrario della resistenza, descrive quindi l'attitudine di un materiale a condurre la corrente elettrica. L'equazione matematica che descrive la legge di Ohm è la seguente: $V = I \cdot R$, dove V indica la tensione, I l'intensità di corrente e R la resistenza del conduttore. Come è possibile intuire, quindi, è sufficiente conoscere due delle tre grandezze coinvolte nella legge di Ohm per essere in grado di ricavare la terza.

RESISTENZA E RESISTORI

Come accennato in precedenza, ogni conduttore è caratterizzato da un certo valore di resistenza elettrica. Ad esempio, le piste dei **circuiti elettronici** sono tipicamente realizzate in rame, un metallo in cui questo valore risulta particolarmente limitato. Il ruolo delle piste nei circuiti, in effetti, consiste nel collegare tra



I resistori sono alcuni tra i componenti più diffusi e utilizzati nei circuiti elettronici.

loro i diversi componenti elettrici presenti senza 'ostacolare' il passaggio della corrente. In alcuni casi, però, è necessario avere dispositivi in cui la resistenza elettrica presenti un ben preciso valore, alto o basso che sia: si tratta dei **resistori**. Questi ultimi, a volte chiamati impropriamente resistenze, sono componenti elettrici di importanza davvero notevole. Ne esistono sul mercato di diversi tipi e modelli, capaci di rispondere a una vastissima gamma di esigenze e richieste. Un resistore è costituito da un corpo centrale, che fornisce

la resistenza richiesta, e da una coppia di terminali metallici, tramite i quali può essere inserito in un circuito. Il corpo può essere realizzato con diversi materiali, ognuno dei quali ha caratteristiche resistive diverse. Su ogni resistore è scritto, tramite un apposito **codice a colori**, il valore di resistenza fornito. Lo scopo principale di un resistore è quello di provocare la variazione del valore della corrente o della tensione in determinati punti di un circuito elettrico. Un'altra caratteristica dei resistori è quello di produrre calore:

si tratta del cosiddetto **effetto Joule**. Nell'attraversare un conduttore, infatti, parte dell'energia elettrica viene trasformata in energia termica. Questo fenomeno, a volte, è proprio quello si vuole ottenere: basti pensare a un ferro da stiro, il cui componente principale è proprio un resistore che, attraversato dalla corrente elettrica, sviluppa calore. Nei casi in cui lo scopo del resistore non sia produrre **energia termica**, invece, l'effetto Joule va tenuto strettamente sotto controllo, per evitare che il resistore 'bruci' a causa



simbolo elettrico



IL RESISTORE»»

Il resistore è uno dei componenti che vengono tipicamente utilizzati all'interno dei circuiti per introdurre una resistenza elettrica. Ne esistono di varie tipologie e dimensioni e possono essere classificati in base al carico di potenza sopportabile (0,25 watt, 0,5 watt, ecc.). Tutte, però, rispettano una struttura cromatica standardizzata attraverso la quale sono rappresentati il valore resistivo e l'errore di produzione (tolleranza). Ogni resistore, infatti, riporta sulla sua superficie 4 o 5 bande colorate il cui significato è descritto nella tabella a destra. Per capire come utilizzare concretamente la tabella fai riferimento alla sezione Step by Step.

TABELLA DI RIFERIMENTO

NERO	0	0	0	1
MARRONE	1	1	1	10
ROSSO	2	2	2	100
ARANCIO	3	3	3	1.000
GIALLO	4	4	4	10.000
VERDE	5	5	5	100.000
AZZURRO	6	6	6	1.000.000
VIOLA	7	7	7	-
GRIGIO	8	8	8	-
BIANCO	9	9	9	-

ORO	5%
ROSSO	2%
MARRONE	1%

* abbreviazione di ordine di grandezza

dell'eccessivo calore sviluppato. Ogni resistore, infatti, è caratterizzato da una quantità massima di energia che è in grado di dissipare nel tempo sotto forma di calore.

POTENZA ELETTRICA >>>

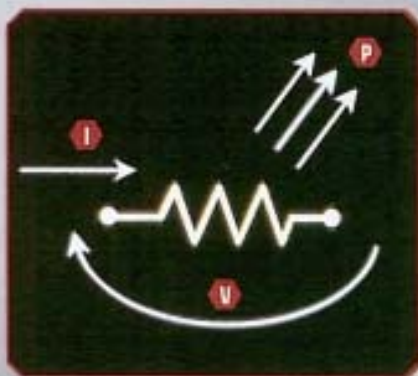
Un'importante grandezza fisica di cui finora non ci siamo occupati è quello di **potenza elettrica**. Prima di parlare di questa grandezza, però, è necessario fare un breve accenno a un importante concetto fisico, quello di **lavoro**. Esso indica il trasferimento di energia che si ha quando un corpo sottoposto all'azione di una forza subisce uno spostamento. In ambito elettrico, quando in un conduttore scorre una corrente la differenza di potenziale applicata alle sue estremità produce un lavoro; in questo caso il lavoro è legato

resistori sono definiti **passivi**, nel senso che funzionano 'consumando potenza'. Altri componenti invece, definiti **attivi**, sono in grado di crearla. In generale la potenza elettrica viene misurata in **watt (W)**; essa, in ambito elettronico, è direttamente calcolabile dal semplice prodotto tra corrente e tensione. Se un resistore alle cui estremità sono applicati 20 volt di tensione viene attraversato da una corrente di 0,5 ampere, esso dissiperà una potenza di 10 watt. Il calcolo della potenza dissipata da un resistore, inoltre, può essere effettuato per mezzo delle seguenti formule: $P = I^2 \cdot R$ e $P = V^2/R$, dove P indica la potenza dissipata dal resistore, R la resistenza, V la differenza di potenziale e I l'intensità di corrente.

R1 e R2, il collegamento in serie prevede che l'estremità finale di R1 sia collegata 'in cascata' all'estremità iniziale di R2. In tal caso, la **resistenza complessiva** vista tra i punti A e B risulterà pari alla somma dei valori di R1 e R2. Nel collegamento in parallelo, invece, il primo terminale di R1



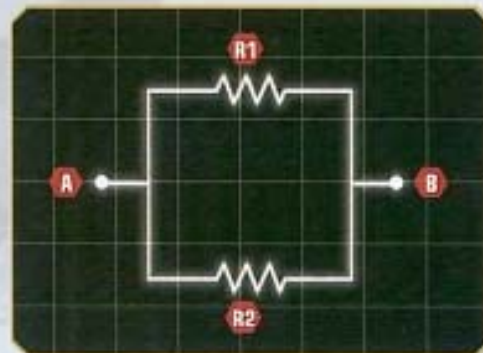
↻ Nella configurazione in serie (sopra) si sommano i valori di resistenza, in quella in parallelo (sotto), invece, si sommano i valori di conduttanza.



↻ Il passaggio di corrente in un resistore provoca una dissipazione di calore.

SERIE E PARALLELO >>>

Una caratteristica che contraddistingue i resistori è la possibilità di collegarli tra loro ottenendo comportamenti diversi. Esistono in particolare due semplici tipologie di connessione largamente studiate e utilizzate per le loro proprietà. Si tratta delle cosiddette configurazioni circuitali in **serie** e in **parallelo**. Schematicamente, due resistori risultano collegati in serie quando sono attraversati dalla medesima corrente elettrica, mentre sono collegati in parallelo quando i loro estremi sono a contatto e vengono sottoposti alla stessa differenza di potenziale. Considerando due resistori, che chiameremo



è collegato al primo terminale di R2, così come i loro terminali finali. In questo caso a sommarsi non saranno più i valori di resistenza, ma di conduttanza. I collegamenti in serie e parallelo possono essere estesi anche a più di due resistori, ricordando che nel primo caso bisogna sommare la loro resistenza, nel secondo caso la conduttanza.

al 'trasporto' degli elettroni da un'estremità all'altra del conduttore. La 'rapidità' alla quale avviene questo trasferimento di elettroni è chiamata potenza elettrica. I componenti elettrici come i

F O C U S O N

IL TRIMMER RESISTIVO

Il **trimmer resistivo** (detto anche **potenziometro**) è un componente con funzioni analoghe a quelle del resistore, ma con in più la possibilità di variare la sua resistenza tramite un'interazione meccanica. Internamente i trimmer sono costituiti da un **elemento conduttore** (o **filamento resistivo**) e da un **cursore mobile**. All'esterno vi sono tre **reofori** (o **pin**), che consentono il collegamento del componente con il resto del circuito elettrico: due di questi (indicati nelle figure con le lettere A e B) sono saldati agli estremi del filamento resistivo, mentre il terzo (C) è collegato direttamente al cursore. Consideriamo la figura esemplificativa posta qui a destra: è facile accorgersi che variando la posizione del cursore si varia anche la lunghezza dei tratti di conduttore resistivo compresi tra il pin di ingresso C e i due pin di uscita A e B. Poiché in ogni conduttore la resistenza è sempre direttamente proporzionale alla sua lunghezza (come descritto dalla **seconda legge di Ohm**), se variamo la lunghezza dei tratti AC e BC variamo anche la loro resistenza.



Indichiamo ora con R_{AB} la resistenza totale del conduttore, e con R_{AC} e R_{BC} le resistenze dei tratti AC e BC. Data la configurazione 'a serie', si avrà che $R_{AB} = R_{AC} + R_{BC}$. Nelle immagini sono stati rappresentati trimmer resistivi cilindrici, tuttavia è possibile reperirne di numerose altre tipologie, in base alla destinazione d'uso. L'impiego di questi componenti è diffusissimo, in particolar modo nei circuiti in cui è necessaria una taratura accurata dei valori resistivi e in quelli dove si vuole dare la possibilità all'utente di variare i carichi di tensione o le intensità di corrente (come avviene, ad esempio, con le manopole per la regolazione dei volumi degli stereo). In ambito robotico i potenziometri possono essere impiegati anche come sensori di posizione (sia lineare sia angolare).

STEP by STEP

I RESISTORI

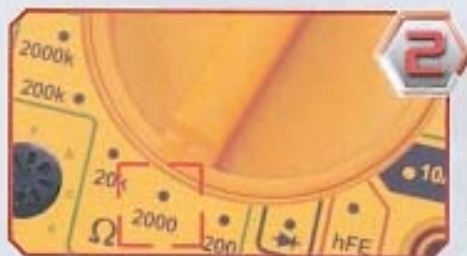
Iniziamo ora a familiarizzare con i resistori. Per prima cosa procuriamoci una o più fascette di resistori con valori differenti (ad esempio 1 kΩ, 1,5 kΩ e 400 kΩ).

Nel nostro caso prendiamo in considerazione il componente presente nell'immagine a lato. Come procedere per quantificare il suo valore resistivo? La prima cosa che possiamo fare è 'leggerne' la codifica cromatica sulla sua superficie. Innanzitutto facciamo riferimento alla tabella riportata nelle pagine precedenti e consultiamola seguendo le indicazioni inerenti alla codifica a 4 bande. Poniamo poi la bandina più isolata sulla destra e iniziamo ad associare a ogni colore la cifra corrispondente.



MARRONE	1	prima cifra del valore resistivo
NERO	0	seconda cifra del valore resistivo
ROSSO	100	ordine di grandezza
ORO	5%	tolleranza

Le prime due bandine, quindi, si leggono (da sinistra verso destra) '10', mentre la terza va interpretata come 'moltiplicato per 100'. Il valore del resistore sarà $R = 10 \cdot 100 \pm 5\% = 1000 \pm 5\%$. Il componente in questione ha resistenza pari a 1 kΩ con una tolleranza del 5%.



Vediamo ora come utilizzare il tester per effettuare una misura 'empirica'.

Innanzitutto selezioniamo la modalità di misura per i resistori. Poiché andremo a misurare il valore di un elemento da 1 kΩ teorico, selezioniamo 2000 Ω di scala.

Poniamo ora le sonde sui terminali del resistore e leggiamo dal display il valore rilevato. Il tester ci restituisce 974 Ω, un valore lievemente differente da quello atteso di 1000 Ω. Il valore effettivo dei resistori, infatti, non corrisponde praticamente mai a quello nominale, tuttavia la tolleranza ci dà un'indicazione quantitativa dell'errore che possiamo aspettarci. Nel nostro caso la bandina dorata rappresenta un errore produttivo del 5%, equivalente ad affermare che l'effettivo valore del resistore sarà compreso tra i 950 Ω e 1050 Ω. Come abbiamo verificato dalla lettura, il valore di tolleranza viene rispettato.





Verifichiamo ora cosa avviene in presenza di due resistori in serie. Scegliamoli uguali per comodità (nella foto sono stati usati due resistori da 1 k Ω). Per mettere in serie i due componenti, avviciniamo i terminali e 'arrotoliamoli' con una pinza in maniera da creare un contatto stabile. Non importa quale delle estremità di ognuno realizza il contatto, dato che i resistori sono elementi simmetrici. Tocchiamo, ora, gli estremi dei due resistori con le sonde del tester e rileviamo la resistenza totale. Il tester visualizza 1944 Ω , un valore che, salvo l'errore di produzione indicato dalle tolleranze dei componenti, corrisponde alla somma dei valori dei singoli resistori (basandoci sulle resistenze nominali, infatti, ci aspettiamo un valore di circa $2000 \pm 5\%$ Ω).

Mettiamo ora in parallelo gli stessi resistori da 1 k Ω usati in precedenza. Ricordando che la conduttanza di due resistori in parallelo è pari alla somma delle loro conduttanze, ci aspettiamo:

$$G_{AB} = G_A + G_B = \\ = 1/1000 \text{ S} + 1/1000 \text{ S} = \\ = 0,002 \text{ S}$$

La resistenza tra i punti A e B è, quindi, $R_{AB} = 1/G_{AB} = 500 \Omega$.

La misura fornita dal tester ci comunica 489 Ω , valore che rispetta, come prima, l'errore teorico. Puoi provare, ora, a ripetere le stesse prove con resistori di tipo differente verificando, ad esempio, cosa accade mettendo in serie e in parallelo componenti aventi resistenze con vari ordini di grandezza di differenza (ad esempio un resistore da pochi ohm con uno da qualche megaohm).

