

## La legge di Ohm, polarizzazione.

In elettronica una delle prime e più basilari cose che serve fare è provocare una caduta di tensione, di voltaggio per intenderci; ovvero serve ridurre la quantità di corrente che scorre in un determinato conduttore, in un certo percorso elettrico, ed a tal fine esistono le resistenze, componenti adatti a questo scopo.

Vediamo nel dettaglio cosa significa provocare una *differenza di tensione*  $V$  in **corrente continua**. Quando si parla di “*regime in corrente continua*” si intende che la polarità del generatore di f.e.m. non cambia nel tempo, e con essa non cambia il verso della corrente e quindi anche il segno delle varie differenze di potenziale che ne derivano.

Esaminando la figura 1, osserviamo che abbiamo una sorgente di forza elettromotrice (f.e.m.)  $V_G$ , che imprime ai portatori di carica elettrica (elettroni) di spostarsi lungo il percorso elettrico costituito dal filo e dal componente indicato con  $R$  detto, appunto, **resistenza**.

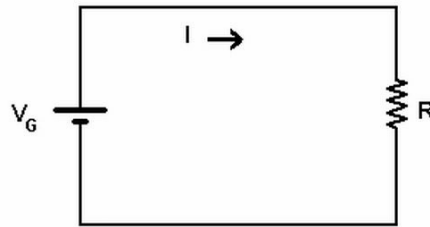


Fig. 1

Per convenzione la corrente di intensità  $I$ , scorre a partire dal morsetto positivo del generatore (il trattino più lungo della batteria) verso quello negativo (passando dentro alla resistenza va al trattino più corto); l'intensità  $I$ , più semplicemente nel linguaggio comune, **la corrente**, si misura in Ampere (simbolo dell'unità di misura [A], con eventuali multipli e sottomultipli).

Per scorrere, la corrente, ha bisogno di poter compiere il cammino completo dal positivo verso il negativo della batteria, quindi necessita di un percorso elettrico non interrotto, o meglio, si usa dire, di una maglia chiusa.

Se interrompiamo il conduttore (ad es. con un interruttore che apriamo), la corrente non può più scorrere ed il suo valore si annulla in tutto il circuito.

Questa situazione è assimilabile a quella che si avrebbe in un percorso stradale: ad un certo punto del percorso si immagina un ponte su un fiume, tale ponte, a comando viene aperto o chiuso. Se si sa che il ponte è chiuso (quindi aperto al traffico), le persone e le auto (la *corrente*) si mettono in strada e la percorrono con una certa intensità (*Ampere*); ma se si sa che il ponte è aperto (quindi chiuso al traffico), cioè interrotto, **nessuno** si mette in strada, nessuna persona né auto, ed il flusso di persone/auto (*corrente*) è nullo ( $I = 0$  A).

La resistenza agisce come se la strada dell'esempio precedente, ad un certo punto, avesse una strettoia: si creerebbe intasamento cioè un ingorgo; la medesima cosa si applica ai portatori della corrente, e questo fenomeno si chiama “*differenza di tensione*” ovvero “*differenza di potenziale*” e si misura con la lettera  $V$  (unità di misura Volt [V]).

Quanto più è stretta la strada, tanto maggiore è l'ingorgo che si crea e minore il flusso di persone e di automobili in un determinato periodo (ad esempio un'ora); lo stesso avviene per la corrente elettrica, quanto maggiore è il valore della resistenza  $R$  (che si misura in Ohm, il cui simbolo è [ $\Omega$ ])

(essa “*resiste*” al passaggio della corrente, di qui il suo nome), tanto minore è il flusso di portatori di corrente, quindi tanto minore è il valore della corrente  $I$ .

Esiste una formula che matematicamente esprime il legame che esiste fra le tre grandezze:  $V$ ,  $R$  ed  $I$ , e detta legge viene denominata **legge di Ohm** dal nome di chi l’ha formulata, essa si esprime con la formula:

$$V = R \cdot I \quad [1]$$

Questo significa che data una certa differenza di potenziale  $V$ , se aumentiamo la resistenza  $R$ , il valore di  $I$  diminuisce e viceversa, perché il prodotto fra il valore di  $R$  e quello di  $I$  è costante e pari al valore di  $V$ .

Da questa ne derivano le formule indirette che permettono: di calcolare il valore di  $I$ , noti quello di  $V$  e quello di  $R$ :

$$I = \frac{V}{R} \quad [2]$$

sia di calcolare il valore di  $R$ , noti quelli di  $V$  e quello di  $I$ :

$$R = \frac{V}{I} \quad [3]$$

Nel caso della figura 1, quindi al posto del simbolo  $V$  dobbiamo inserire  $V_G$ , ma il concetto è quello appena esposto: dato a priori il valore di  $V_G$ , per una certa resistenza di valore  $R$ , viene fissato automaticamente il valore della corrente  $I$ .

Facciamo un esempio: se  $V_G = 12 \text{ V}$  e la resistenza vale  $R = 2 \text{ } \Omega$ , si avrà, dalla [2] che  $I = 12 / 2 = 6 \text{ A}$ ; ovvero se per esempio si ha una  $V_G = 15 \text{ V}$ , per ottenere una  $I$  di  $5 \text{ A}$ , si dovrà usare una resistenza  $R = 15 / 5 = 3 \text{ } \Omega$  (formula [3]).

## **Polarizzazione di un diodo**

Un problema che sorge spesso nel campo elettronico è quello della *polarizzazione* di un componente, come ad esempio un diodo p-n (può essere un diodo del tipo, zener, un diodo LED, ecc.).

Con il termine **polarizzazione di un componente** intendiamo la scelta (meglio *il progetto del valore dei componenti che determinano il valore*) della corrente e della tensione adeguati al funzionamento corretto del componente stesso.

Facciamo quindi l’esempio della polarizzazione di un diodo LED.

Un diodo LED è un diodo che polarizzato correttamente secondo valori di  $V$  ed  $I$  che fra poco vedremo, è in grado di emettere luce.

Per polarizzare un LED si collega, in serie fra esso ed il generatore  $V_G$ , una resistenza  $R$ ; chiaramente poiché nel **collegamento serie** le tensioni (cadute di potenziale) si sommano, è indifferente se la resistenza sia collegata prima o dopo il diodo!

Ricordiamo che nel circuito serie la corrente  $I$  è una sola, quindi la medesima corrente viene erogata dal generatore, poi scorre nel diodo, ed infine nella resistenza, per poi tornare al generatore.

Ci riferiamo alla figura 2:

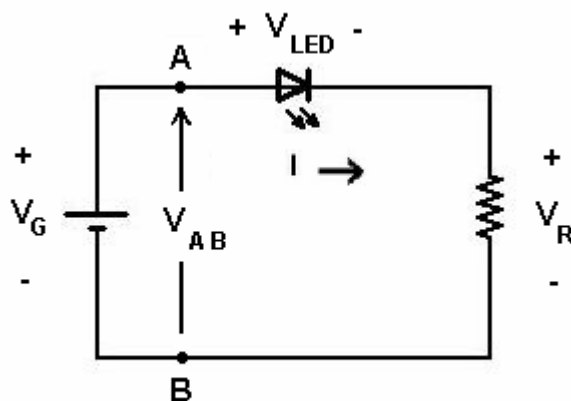


Fig. 2

Per l'**equazione di Kirkhoff alle maglie**, possiamo scrivere la seguente relazione matematica che lega le tensioni nel circuito :

$$V_G = V_A = V_{LED} + V_R$$

[4]

Questa legge si può riassumere dicendo che in una maglia (circuito chiuso), la somma delle cadute di tensione sui vari componenti della maglia, equivale alla somma delle tensioni dei generatori di tensione che alimentano la maglia. Nel caso attuale il generatore di tensione è quello di f.e.m.  $V_G$ , che è uno soltanto, mentre abbiamo due componenti passivi: il diodo LED con la tensione ai suoi capi denominata  $V_{LED}$ , e la resistenza  $R$  con la tensione ai suoi capi denominata  $V_R$ . La tensione sulla resistenza  $R$  e quella ai capi del diodo, sommate, danno come valore numerico, la tensione del generatore  $V_G$ .

Seguendo la simbologia della figura, abbiamo denominato questa somma, come il valore di tensione misurato fra i punti A e B, quindi  $V_{AB}$ , e quindi la  $V_G$  deve equivalere a  $V_{AB}$ .

Ognuna delle tensioni in gioco, sia quella ai capi del diodo, sia quella ai capi della resistenza, possono esprimersi con la legge di Ohm; per il diodo LED però è abbastanza fuori dal comune usare il valore della resistenza intrinseca del diodo mentre è normale indicare la tensione suggerita dal costruttore stesso del diodo, denominando con  $V_{AK}$  detta tensione, tipicamente pari ad 1,6 V.

(Il termine  $V_{AK}$  deriva dai nomi dei due terminali del diodo: Anodo (simbolizzato con la lettera A) e catodo (simbolizzato con la lettera K); la tensione fra anodo e catodo, quindi è indicata con il simbolo  $V_{AK}$ )

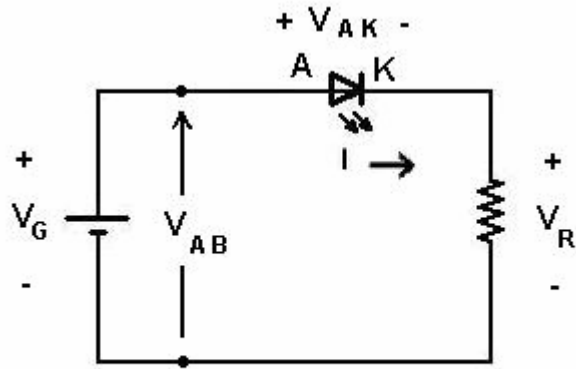


Fig. 3

Riferendoci alla figura 3, l'equazione [4], si può riscrivere come:

$$V_G = V_{AK} + (R \cdot I)$$

[5]

Avendo sostituito al valore  $V_R$ , quello derivante dall'applicazione della legge di Ohm [1]. In questo circuito il valore della resistenza  $R$  determinerà la quantità di corrente  $I$  che scorrerà nella maglia (ricordiamo che la corrente nella maglia è una sola, trattandosi di circuito serie !).

Quanto detto significa che, dato il valore di  $V_G$  (per esempio pari a 12 V), fissato il valore della tensione  $V_{AK}$  che abbiamo detto essere tipicamente pari a 1,6 V e fissato come valore di progetto, quello della corrente  $I$  che scorre nel circuito e che, tipicamente, può essere di 10 mA ( $10 \cdot 10^{-3} = 10^{-2}$  A), possiamo ricavare il valore della resistenza  $R$  necessario a che avvenga ciò.

La formula da usare, mediante passaggi matematici piuttosto semplici è la seguente:

$$V_G - V_{AK} = (R \cdot I)$$

da cui:

$$R = \frac{V_G - V_{AK}}{I}$$

[6]

Nell'esempio ora proposto:

$$R = \frac{12 - 1,6}{10^{-2}} = \frac{10,4}{10^{-2}} = 1040 \Omega$$

Ciò significa, all'atto pratico, che con una resistenza del valore commerciale di 1 k $\Omega$  in serie al diodo, avremo la tensione  $V_{AK}$  e la corrente  $I$ , desiderati per l'accensione senza rischio di rottura, del diodo LED stesso e quindi senza commettere un errore rilevante.

## Polarizzazione di base di un transistor

Passiamo ora ad un esempio diverso anche se simile: quello della polarizzazione (quindi dello stabilire i valori corretti di tensioni e correnti) nel circuito di base di un transistor.

Prendiamo come esempio quello relativo ad un transistor del tipo NPN, cioè quello maggiormente usato.

Riferendoci alla fig. 4 vediamo un generatore di tensione che ora denominiamo  $V_{BB}$  poiché alimenta la **base** del transistor, vediamo la resistenza di base, denominata  $R_B$ , che serve proprio a gestire il valore corretto di corrente  $I_B$ , dato che quello della tensione  $V_{BE}$  è fisso, come vedremo fra poco.

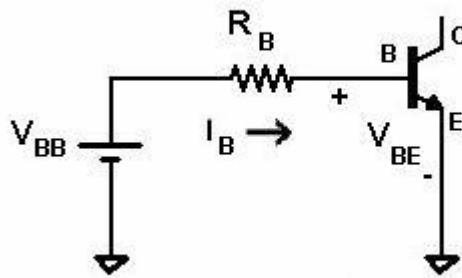


Fig. 4

Procederemo come fatto prima e potremo scrivere l'equazione [5] adattata al caso in esame:

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE}$$

[7]

Poiché la giunzione B-E di un transistor è una giunzione p-n, la caduta di tensione ai suoi capi è la medesima che su un normale diodo al silicio, e quindi si ha  $V_{BE} = 0,6 - 0,7$  V, al posto di questo simbolo sostituiamo tale valore nella [7]; la corrente di base  $I_B$  viene fissata ad un valore di progetto  $I_B = 50 \mu\text{A} = 50 \times 10^{-6} \text{ A} = 5 \times 10^{-5} \text{ A}$ ; supponiamo, infine, di usare una tensione di alimentazione  $V_{BB} = 12$  V.

Da ciò sostituendo nella formula precedente, avremo quanto segue:

$$R_B = \frac{12 - 0,7}{5 \cdot 10^{-5}} = \frac{11,3}{5 \cdot 10^{-5}} = 226.000 \Omega = 226 \text{ k}\Omega \quad 12 = R_B \cdot 5 \cdot 10^{-5} + 0,7$$

cioè:

$$R_B = \frac{12 - 0,7}{5 \cdot 10^{-5}} = \frac{11,3}{5 \cdot 10^{-5}} = 226.000 \Omega = 226 \text{ k}\Omega$$

Quindi con una resistenza di base del valore commerciale  $R_B = 220 \text{ k}\Omega$  si otterrà la corrente di base  $I_B$  desiderata a meno di un errore trascurabile.

Esaminiamo ora, un secondo esempio riguardante la polarizzazione di base di un transistor che ha una rete di polarizzazione classica, con la resistenza di emettitore  $R_E$ .

Il circuito di fatto costituisce un'unica maglia in cui abbiamo la resistenza di base  $R_B$ , la giunzione B-E del transistor e la resistenza  $R_E$  di emettitore. In questa maglia scorre un'unica corrente che è la corrente di base anche se poi nella resistenza di emettitore scorre anche la corrente che proviene dal collettore  $I_C$ .

Nel caso in esame prendiamo in considerazione solo la maglia di base con la corrente di base, visto che stiamo calcolando, appunto, il valore della resistenza di polarizzazione di base  $R_B$ .

Per questo problema calcoliamo il valore di  $R_B$ , portando in conto, però, la presenza di una caduta di tensione  $V_{RE}$  ai capi della resistenza di emettitore che si va ad inserire in serie al circuito visto nell'esempio precedente.

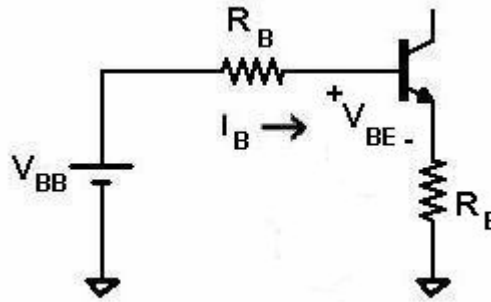


Fig. 5

La formula [7] verrà ora riscritta come:

$$V_{BB} = R_B \cdot I_B + V_{BE} + V_{R_E}$$

[8]

In generale per  $V_{RE}$  abbiamo circa  $V_{RE} = 1 - 1,5 \text{ V}$ ; nel nostro esempio poniamo tale valore  $V_{RE} = 1,2 \text{ V}$ ., e supponiamo di volere una  $I_B = 200 \mu\text{A}$  ( $200 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-4} \text{ A}$ ).

Riscriviamo quindi la formula sostituendo i valori numerici:

$$12 = R_B \cdot 2 \cdot 10^{-4} + 0,7 + 1,2$$

che porta alla:

$$R_B = \frac{12 - 0,7 - 1,2}{2 \cdot 10^{-4}} = 50.500 \Omega = 50,5 \text{ k}\Omega$$

Con un valore commerciale di  $47 \text{ k}\Omega$  ovvero di  $56 \text{ k}\Omega$  sulla base, si ottiene quindi una corrente di base il cui valore è circa pari ai  $200 \mu\text{A}$  desiderati, dato il circuito di polarizzazione descritto.

C'è da dire che in questo caso essendo il valore commerciale discosto di circa il 10% dal valore calcolato, andrebbe ricalcolato, in fase di verifica, il valore effettivo della corrente  $I_B$  che si ottiene, per verificare che esso non sia eccessivo ai fini del funzionamento del componente in esame.

---

I contenuti di questo testo sono rilasciati sotto  
**Licenza Creative Commons** ( <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/deed.it> )