

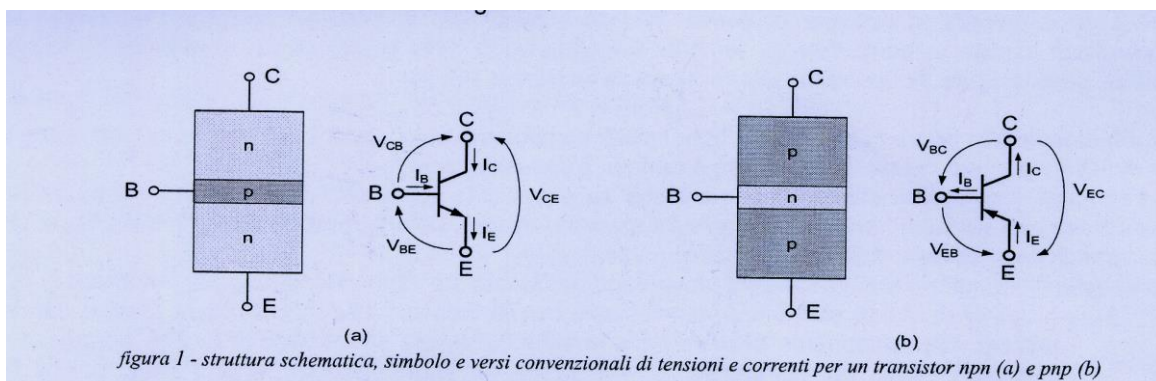
Il transistor bipolare BJT

Indice generale

Struttura e funzionamento del transistor BJT	pag. 1
Principio di funzionamento	pag. 2
Equazioni e parametri fondamentali	pag. 3
Configurazione ad emettitore comune	pag. 4
Curve caratteristiche ad emettitore comune	pag.4
Curve caratteristiche di ingresso	pag. 4
Curve caratteristiche di uscita	pag.5
Polarizzazione ad emettitore comune. Punto di lavoro	pag.5
Funzionamento ON/OFF del BJT	pag. 6
Saturazione	pag.6
Interdizione	pag. 7
Tempi di commutazione	pag.7
Stabilizzazione del punto di lavoro	pag.8
Reti di polarizzazione automatica	pag.9
Dissipazione termica	pag.9
Dissipatori termici	pag.10

Struttura e funzionamento del transistor BJT

Il transistor bipolare a giunzione (**BJT, Bipolar Junction Transistor**), è un componente elettronico costituito da tre regioni adiacenti di materiale semiconduttore drogate alternativamente in modo p oppure n. Esistono quindi due possibili versioni del transistor BJT: *nnp* e *pnnp*. La struttura semplificata e i simboli delle due tipologie di transistor, sono mostrati nella figura 1:



Ognuna delle tre zone a diverso drogaggio è accessibile mediante un terminale. I terminali prendono il nome di Base (B), Collettore (C) ed Emittitore (E). Grazie al contatto tra le tre zone, il transistor comprende inoltre due giunzioni: quella tra base ed emettitore, (J_{BE}) e quella tra base e collettore, (J_{BC}). In figura 1 sono riportati anche i versi convenzionali delle correnti e le polarità delle tensioni tra i terminali dei due tipi di transistor. Per quanto riguarda la struttura, le rappresentazioni di figura 1 devono essere considerate schematiche: in realtà le giunzioni hanno aree diverse, così come differenti sono anche le percentuali di drogaggio delle diverse zone. I terminali del transistor non sono pertanto interscambiabili e devono essere espressamente indicati dal costruttore, in modo tale da essere identificabili. Una rappresentazione più realistica della struttura di un transistor è riportata in figura 2. In particolare, le caratteristiche costruttive essenziali al funzionamento del transistor stesso sono le seguenti:

- la regione di base è stretta, di dimensioni inferiori ad emettitore e collettore
- la regione di base è molto meno drogata della regione di emettitore

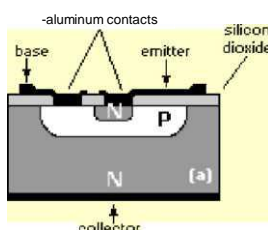
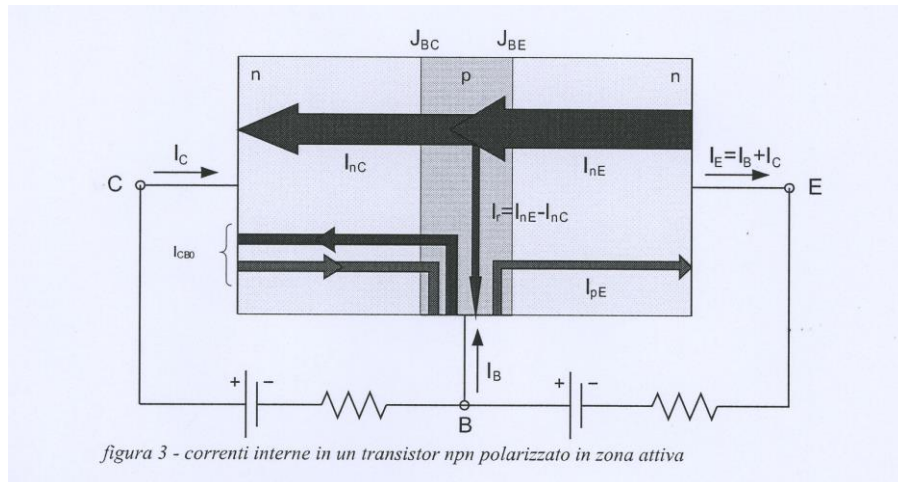


figura 2 - struttura di un transistor BJT

Principio di funzionamento

Si supponga di applicare dei generatori esterni ad un BJT del tipo *nnp* in modo da polarizzare le due giunzioni interne come mostrato in figura 3.



Osservando le polarità dei generatori si nota che:

- la giunzione JBE è polarizzata direttamente; di conseguenza la barriera di potenziale della giunzione si abbassa ed è favorita la corrente di diffusione (ovvero il passaggio di portatori maggioritari) attraverso la giunzione stessa
- la giunzione JBC è polarizzata inversamente; di conseguenza la barriera di potenziale della giunzione si alza ed è favorita la corrente di deriva (ovvero il passaggio di portatori minoritari) attraverso la giunzione stessa. In particolare, la regione di svuotamento della giunzione JBC si estende dentro la base, poco drogata, riducendone ulteriormente la larghezza effettiva.

Facendo riferimento alla figura 3, che illustra le principali componenti della corrente all'interno del transistor, il principio di funzionamento del transistor stesso è dunque il seguente:

- la corrente di diffusione attraverso la giunzione JBE è costituita soprattutto da elettroni che si muovono dall'emettitore verso la base (I_{nE}) e in misura alquanto minore, dato il debole drogaggio della base, da lacune che si muovono dalla base verso l'emettitore (I_{pE});
- una volta giunti nella base, gli elettroni provenienti dall'emettitore vanno incontro a due fenomeni:
 1. una parte di questi elettroni si ricombinano con le lacune presenti nella base stessa, dando luogo ad una componente della corrente di base (I_r) dovuta all'iniezione di lacune, attraverso il terminale di base, per compensare quelle perse per ricombinazione. D'altra parte, poiché la base è sottile e poco drogata, le lacune presenti in essa sono molto poche, perciò la probabilità di ricombinazione a cui sono soggetti gli elettroni provenienti dall'emettitore è molto bassa, ovvero, la corrente I_r è molto piccola;
 2. gli elettroni iniettati nella base dall'emettitore sono, per la base stessa, dei portatori di minoranza e sono quindi favoriti nell'attraversare la giunzione JBC polarizzata inversamente. Quasi tutti questi elettroni (tranne la frazione I_r) attraversano quindi facilmente la sottile regione di base per poi venire "sparati" nella regione di collettore, dove costituiscono la corrente:

$$I_{nC} = I_{nE} - I_r \approx I_{nE} \quad (\text{poiché } I_r \approx 0)$$

- la regione di base è interessata anche ad un ulteriore flusso di corrente dovuto alla vera e propria deriva dei portatori minoritari della giunzione JBC e costituito da elettroni che si muovono dalla base verso il collettore e lacune che si muovono dal collettore verso la base. Tale corrente, che non è altro che la corrente di saturazione inversa della giunzione JBC, è molto piccola, tanto da essere spesso considerata trascurabile, ed è indicata in figura come I_{CBO} .

In definitiva, **il transistor *nnp* è caratterizzato da un flusso di elettroni che si muovono dall'emettitore al collettore, con una debole corrente di base** dovuta essenzialmente alla ricombinazione degli elettroni iniettati nella base e alle lacune che si muovono dalla base verso l'emettitore.

In un transistor, *pnp*, invece, di cui non si esegue l'analisi dettagliata, la conduzione si basa principalmente sul moto delle lacune da emettitore a collettore, anche in questo caso accompagnata da una debole corrente di base.