

Le famiglie logiche

L'implementazione delle funzioni logiche è dovuto al notevole sviluppo della microelettronica, il motivo risiede nella quasi illimitata possibilità di miniaturizzazione offerta dalle tecnologie dei circuiti integrati. Si pensi che i microprocessori contengono in un unico chip più di 3 200 000 transistor.

I componenti elettronici base che costituiscono i circuiti integrati digitali sono i transistori BJT e MOSFET. Fino a qualche anno fa si prediligevano i MOSFET per le loro dimensioni ridotte rispetto ai BJT che però avevano una maggiore velocità di funzionamento.

Le tecnologie più recenti hanno però portato la velocità di funzionamento dei MOSFET a competere con quella dei BJT, le cui dimensioni vanno riducendosi sempre più. In questo quadro di continua evoluzione si può dire che la tecnologia MOS predominante sui BJT quando abbiamo un'altissima scala d'integrazione (LSI e VLSI), mentre nella piccola e media scala (SSI e MSI) si ha una competizione molto spinta fra le due tecnologie.

Funzionamento del BJT in commutazione

Abbiamo già studiato il transistor BJT e in particolare il funzionamento in zona attiva. Adesso, per completare il quadro andremo a considerare cosa succede quando il transistor lascia questa zona, ad un estremo di questa regione il transistor entra in interdizione, mentre all'altro estremo il transistor entra nella regione di saturazione. Questi due modi estremi di funzionamento sono molto utili quando si vuole utilizzare il transistor come interruttore o commutatore, come nei circuiti logici digitali.

Analizzando le caratteristiche di uscita si può meglio comprendere il funzionamento di un BJT in commutazione, supponendo pertanto disporre di un BJT in configurazione ad emettitore comune come quello in figura, le sue caratteristiche $I_C - V_{CE}$ (caratteristiche di uscita) sono tracciate in Fig. 1 insieme alla retta di carico, si ricorda che le polarizzazioni fanno spostare la retta di carico e quindi il punto Q detto anche di riposo.

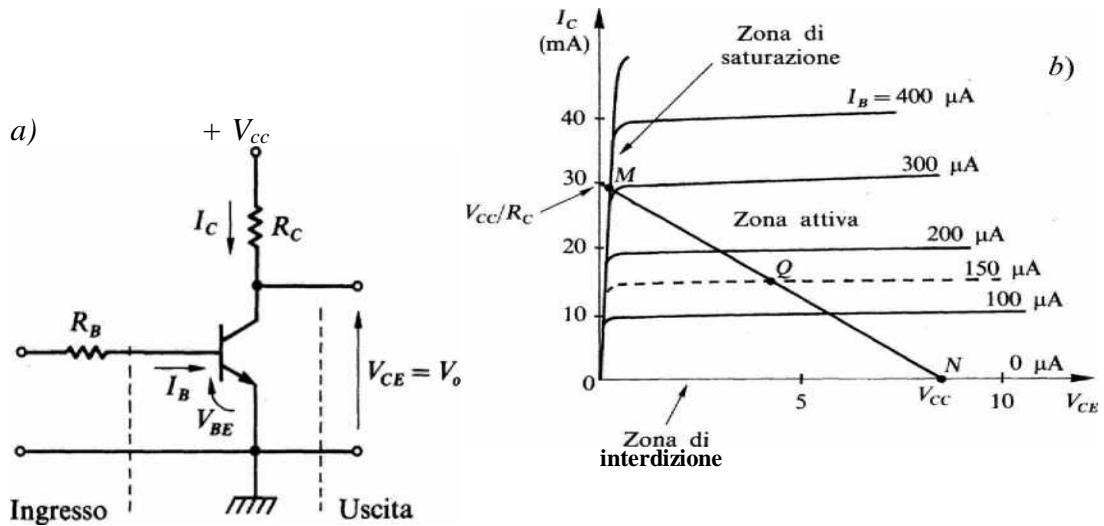


Fig. 1 a) Circuito per commutazione con BJT ad emettitore comune.
 b) Caratteristiche d'uscita del BJT e retta di carico

Sulle caratteristiche d'uscita si possono riconoscere tre zone:

- la zona attiva,
- la regione d'interdizione
- la zona di saturazione.

Il funzionamento del BJT in zona attiva (punto di riposo Q) è quello utilizzato per amplificare, infatti in tale regione il transistor si comporta da *amplificatore di corrente*. In particolare il rapporto tra la corrente d'uscita I_C e quella d'ingresso I_B è pari al guadagno β (beta).

Quando il punto di riposo si porta nella posizione M la corrente I_C non cresce ulteriormente, anche se aumenta I_B , ma mantiene il suo valore pari all'incirca a V_{CC} / R_C : il BJT è allora in *saturazione*.

In questa zona non è più valida la relazione fondamentale del transistor espressa dall'equazione $I_B = I_C / \beta$, V_{CE} presenta valori molto bassi e convenzionalmente si assume $V_{CE(sat)} = 0,2$ V. mentre la corrente di collettore $I_{C(sat)}$ è pressoché costante circa V_{CC}/R_C

Essendo inoltre I_B più elevata che in zona attiva, V_{BE} assume valori più alti $V_{BE(sat)} = 0,8$ V.

Si fa notare come in saturazione *entrambe le giunzioni sono polarizzate direttamente*; infatti anche la tensione ai capi della giunzione CB, valendo $V_{BC} = V_{BE(sat)} - V_{CE(sat)} = 0,8 - 0,2 = 0,6$ V, risulta positiva. Chi progetta il circuito normalmente fa in modo che I_B sia più alta di $I_{B(sat)}$ di un fattore che varia da 2 a 10 (denominato *fattore di overdrive*).

Se invece diminuiamo la V_{BE} , di conseguenza la corrente I_B diminuisce e con essa anche I_C , finché non si scende a valori di V_{BE} sotto la tensione di soglia della giunzione ($V_Y \sim 0,6$ V è la tensione di soglia della giunzione base-emettitore), le correnti I_B e I_C vengono ad assumere valori molto bassi, praticamente trascurabili, il BJT si trova allora a funzionare in zona di *interdizione*.

Se alla base vengono applicate *tensioni negative* il BJT si mantiene in interdizione, bisogna però fare attenzione a non superare la tensione di rottura della giunzione V_{BE} , (BV_{ebo} , *tensione di*



Appunti Elettronica

Prof. Antonio Marrazzo

breakdown fra emettitore e base). In interdizione entrambe le giunzioni del BJT sono polarizzate inversamente. Quando si usano applicazioni in cui il transistor viene utilizzato in commutazione, esso lavora tra interdizione e saturazione (ad eccezione della logica ECL). Il BJT è quindi paragonabile ad un interruttore. Ci sono molti motivi per i quali si scelgono queste due modalità operative

Esempio:

- In interdizione e in saturazione le correnti e le tensioni nel transistor sono ben definite.
- In interdizione e in saturazione la potenza dissipata dal BJT è minima.

Quindi possiamo affermare che il circuito di Fig. 1 funziona da interruttore tra la zona d'interdizione e quella di saturazione, se in ingresso viene inviato un segnale avente livelli di tensione opportuni. Se inviamo un segnale in ingresso di livello alto (1) pari a V_{CC} o basso (0) tensione nulla, avremo che quando all'ingresso applichiamo un livello alto la giunzione BE è sicuramente polarizzata direttamente, così come la giunzione BC , l'uscita V_o coincide con $V_{CE(sat)}$, cioè si può considerare pari a 0, dunque al *livello basso*: il BJT si comporta da *interruttore chiuso*. Se invece il segnale d'ingresso è nullo, cioè a livello basso, ovviamente le due giunzioni BE e BC sono polarizzate negativamente, il segnale d'uscita è allora pari a V_{CC} , cioè al *livello alto*, quindi avremo un comportamento tipico della porta logica NOT e per tale motivo il circuito è detto *invertitore a transistor*. Le commutazioni fra i due stati non è istantanea, ma richiedono un certo intervallo di tempo. Si definisce *tempo di commutazione in ON* (o *turn-on time*), t_{ON} , il tempo necessario affinché la corrente I_C si porti al 90% del suo valore massimo di saturazione in seguito ad una commutazione. Analogamente il *tempo di commutazione in OFF* (o *turn-off time*), t_{OFF} , è il tempo necessario affinché la corrente I_C si porti dal suo valore di saturazione al 10% di tale valore.