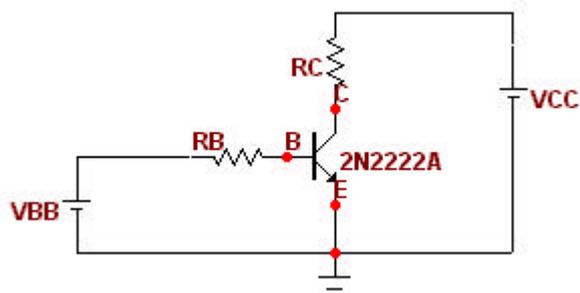


ANALISI E PROGETTO DI BJT IN REGIONE ATTIVA, SATURAZIONE, INTERDIZIONE.

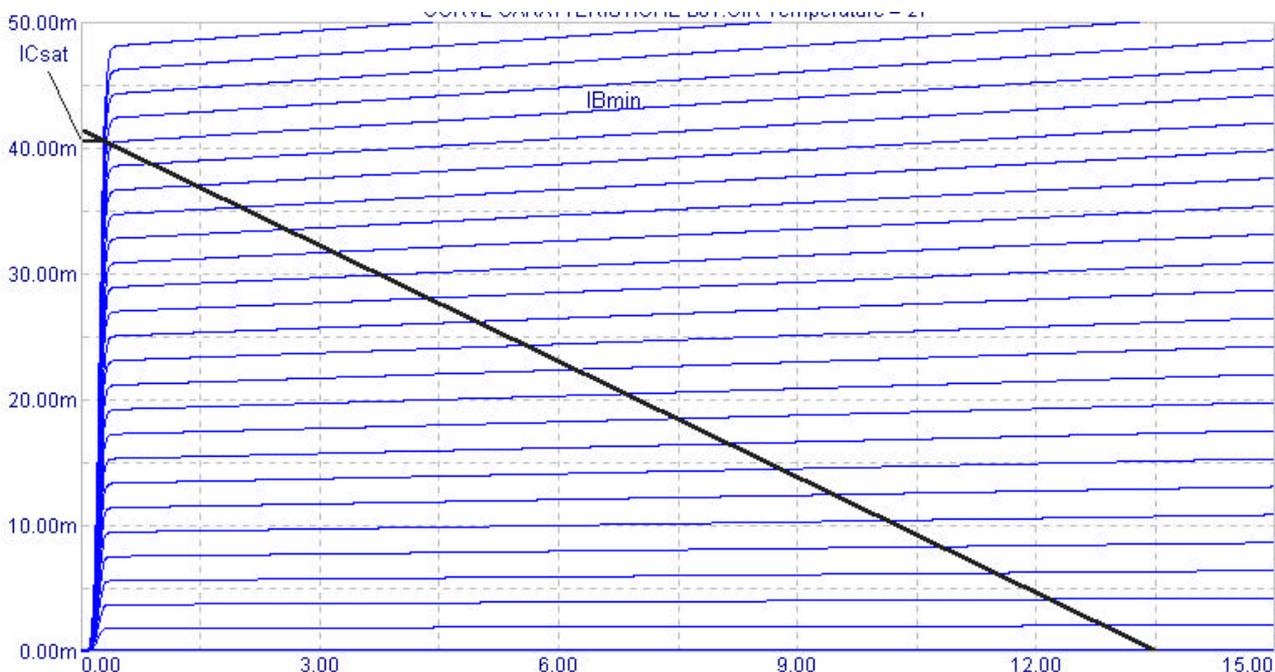


Data la rete di polarizzazione di un BJT in figura, vogliamo trovare un metodo generale per l’analisi ed il progetto del punto di lavoro statico, a partire esclusivamente dai dati forniti dal costruttore nel data sheet del componente.

Per fare questo dobbiamo avere ben chiari quali sono i parametri che caratterizzano ciascuna delle tre possibili regioni di polarizzazione; Regione Attiva, Saturazione, Interdizione.

Facciamo questo utilizzando le curve

caratteristiche d’uscita ed una retta di carico.



L’interdizione è caratterizzata da: Corrente di Base nulla (a rigore negativa, ma di fatto con $I_B=0$ il BJT è interdettato). Quindi anche la I_C è nulla ed il BJT tra Collettore ed Emettore si comporta come un circuito aperto. La V_{CE} (tensione tra Collettore ed Emettore) è uguale a V_{CC} non essendoci caduta di tensione su R_C .

La regione attiva è la regione dove la I_C è direttamente proporzionale alla I_B , all’aumentare della I_B aumenta la I_C e la costante di proporzionalità è l’ h_{FE} del BJT, parametro proprio del componente per il quale il costruttore fornisce nei data sheet il valore tipico, quello minimo e quello massimo. Quindi in Regione Attiva, e solo in essa, si ha sempre:

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

In Regione Attiva inoltre la V_{CE} è sempre maggiore dell’ V_{CEsat} (vedremo tra breve com’è definito) e minore della V_{CC} d’alimentazione del circuito d’uscita. Quindi in Regione Attiva si ha:

$$V_{CEsat} < V_{CE} < V_{CC}$$

La V_{BE} in regione attiva è anch’esso un parametro del BJT che è fornito dal costruttore nei data sheet e che è chiamato V_{BEon} . Il valore è quello tipico di una giunzione polarizzata direttamente (0,5/0,6V).

In Saturazione il BJT ha una V_{CE} molto piccola, inferiore a qualche decimo di Volt; è questo un parametro tipico del BJT che il costruttore fornisce nei data sheet come V_{CEsat} . Inoltre quando il

BJT è saturo anche aumentando il valore della IB la IC non varia e rimane ferma al valore ICsat che dipende dai valori dei componenti nello specifico circuito. Esiste per ogni circuito un valore della IB, detto IBmin, individuato graficamente sulle curve caratteristiche riportate, che è il valore minimo della IB che porta il BJT in saturazione. Cioè qualsiasi valore della IB maggiore della IBmin porterà in BJT in Saturazione mentre qualsiasi valore di IB inferiore a detto IBmin porterà il BJT in Regione Attiva. Per come è definito la IBmin è anche il più grande valore della IB che tiene il BJT in Regione Attiva. In pratica tale IBmin è la IB di passaggio tra la Regione Attiva e la Saturazione. Per tale ragione tale IBmin è il più grande valore della IB per il quale vale ancora il legame di Regione Attiva tra IC ed IB, pur circolando già nel BJT una IC di valore ICsat. Per questi motivi possiamo scrivere:

$$I_{Bmin} = \frac{I_{Csat}}{hFE}$$

La VBE in Saturazione è anch’esso un parametro del BJT che è fornito dal costruttore nei data sheet e che è chiamato VBEsat. Il valore è leggermente maggiore della VBEon (0,7/0,8V).

Chiarite quali sono le proprietà che caratterizzano ognuna delle tre regioni possibili di polarizzazione del BJT, possiamo vedere come si progetta una particolare regione e come si analizza un circuito dato per trovare in quale regione esso polarizza il BJT.

PROGETTO

INTERDIZIONE

Progettare l’interdizione risulta particolarmente semplice. Basta infatti porre una VBB negativa per polarizzare inversamente la giunzione Base Emittitore del BJT. I valori degli altri componenti della rete di polarizzazione possono essere scelti a piacere, all’interno di un intervallo ragionevole di valori. Se è chiesto o si vuole un particolare valore di VCE occorrerà assegnare a VCC tale valore di tensione.

REGIONE ATTIVA

Occorre innanzi tutto scegliere il punto di lavoro che si vuole realizzare. In assenza di altre esigenze si può scegliere il punto di lavoro per il quale il costruttore fornisce i valori dei parametri di regione attiva nei data sheet. A titolo d’esempio si può scegliere VCE=5V IC=2mA.

Si inizia scegliendo il valore della VCC solitamente ad un valore doppio della VCE che si vuole realizzare (per porre il punto di lavoro al centro della Regione Attiva stessa). Quindi nel nostro esempio sceglieremo una VCC=10V.

Dalla maglia d’uscita si ricava di conseguenza il valore della RC:

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C}$$

Nel nostro esempio è RC=2,5KΩ

Poiché dobbiamo progettare una Regione Attiva la IB che dobbiamo inviare in ingresso si ricava dalla relazione

$$I_B = \frac{I_C}{hFE}$$

Il parametro hFE si ricava dai data sheet. Se, per esempio, vale 200 la IB dovrà essere 10μA.

Nella maglia d’ingresso scegliamo il valore (positivo!) di VBB e ricaviamo la RB dalla relazione:

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BEon}}{I_B}$$

Dove VBEon si ricava dai data sheet (e comunque ha un valore di fatto noto).

Scegliendo per esempio VBB=5V e ipotizzando una VBEon=0,6V, si ricava un valore di RB di 440KΩ.

SATURAZIONE

Anche in questo caso occorre innanzi tutto scegliere il punto di lavoro che si vuole realizzare, in particolare il valore della I_{Csat} . In assenza di altre esigenze si può scegliere il valore per il quale il costruttore fornisce la V_{CEsat} . A titolo d’esempio potrebbe essere $V_{CEsat}=0,1V$ per $I_{Csat}=10mA$.

Fissiamo ora la V_{CC} , per esempio ancora $10V$, e, dalla maglia d’uscita, ricaviamo la R_C .

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{I_{Csat}}$$

Con i valori del nostro esempio si ha $R_C=990\Omega$.

Affinché il BJT sia saturo è necessario inviare in ingresso una I_B più grande della I_{Bmin} , come precedentemente definita.

Ricaviamo la I_{Bmin} , sempre assumendo un h_{FE} pari a 200.

$$I_{Bmin} = \frac{I_{Csat}}{h_{FE}}$$

Nel nostro esempio $I_{Bmin}=50\mu A$.

Perché il BJT sia sicuramente saturo è necessario inviare una I_B maggiore della I_{Bmin} . Solitamente si sceglie una I_B del 10%-20% maggiore della I_{Bmin} . Nel nostro caso se scegliamo di aumentare la I_{Bmin} del 20% dovremo inviare in ingresso una I_B pari a $60\mu A$.

Scegliamo ora un valore (positivo!) della V_{BB} e ricaviamo il valore della R_B che occorre perché in ingresso ci sia la I_B trovata. Dalla maglia d’ingresso abbiamo:

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BEsat}}{I_B}$$

Dove V_{BEsat} si ricava dai data sheet (e comunque ha un valore di fatto noto).

Scegliendo per esempio $V_{BB}=5V$ e ipotizzando una $V_{BEsat}=0,8V$, si ricava un valore di R_B di $70K\Omega$ per avere una I_B di $60\mu A$.

ANALISI

Siano dati tutti i valori della rete di polarizzazione. Dobbiamo trovare in quale delle tre possibili regioni di polarizzazione si trova il BJT.

Vediamo per prima cosa la polarità della V_{BB} . Se V_{BB} è negativa (o comunque, di fatto, inferiore alla tensione di soglia della giunzione Base Emettitore) il BJT è sicuramente interdetto.

Se invece la V_{BB} è positiva (e maggiore della tensione di soglia della giunzione Base Emettitore) il BJT non è sicuramente interdetto ma non sappiamo se esso sia in Regione Attiva o in Saturazione.

In questo caso dobbiamo fare un’ipotesi e verificare se essa sia o meno verificata.

ANALISI A PARTIRE DALL’IPOTESI: BJT IN REGIONE ATTIVA.

Dalla maglia d’ingresso, della quale ora conosciamo i valori di V_{BB} e R_B , ricaviamo la I_B .

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BEon}}{R_B}$$

Poiché abbiamo ipotizzato il BJT in Regione Attiva, deve valere la relazione:

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

Dalla maglia d’uscita, della quale ora conosciamo i valori di V_{CC} e R_C , possiamo ricavare il valore di V_{CE} :

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C$$

Se la V_{CE} rispetta la condizione:

$$V_{CEsat} < V_{CE} < V_{CC}$$

allora l’ipotesi fatta è verificata ed il BJT è effettivamente in Regione Attiva. Se non è soddisfatta l’ipotesi non è verificata ed il BJT non è in Regione Attiva e quindi non può essere che in Saturazione.

ANALISI A PARTIRE DALL’IPOTESI: BJT IN SATURAZIONE.

Se il BJT è saturo conosciamo la VCE che non può che essere la VCEsat, data dai data sheet.

Quindi dalla maglia d’uscita, della quale ora conosciamo i valori di VCC e RC, possiamo ricavare la ICsat:

$$I_{Csat} = \frac{VCC - VCEsat}{RC}$$

Dalla ICsat, noto hFE, ricaviamo la IBmin dalla relazione:

$$I_{Bmin} = \frac{I_{Csat}}{hFE}$$

Dalla maglia d’ingresso, della quale ora conosciamo i valori di VBB e RB, ricaviamo il valore della IB che effettivamente entra in Base:

$$I_B = \frac{VBB - VBEsat}{RB}$$

Se la IB trovata è maggiore della IBmin l’ipotesi è soddisfatta ed il BJT nella rete data è effettivamente in Saturazione. Se, al contrario, la IB trovata non è maggiore della IBmin l’ipotesi fatta non è vera e quindi il BJT non è saturo e, quindi, non può che essere in Regione Attiva.