

## I parametri per valutare la stabilità della polarizzazione del BJT

Le relazioni approssimate riportate nel testo da (3.16) a (3.19), consentono il progetto di massima del circuito di polarizzazione e stabilizzazione in modo generico, cioè senza rispettare condizioni particolari.

È possibile disporre di condizioni più precise, individuando relazioni che legano alcune delle resistenze incognite a limiti accettabili di variazione del punto di lavoro (*condizioni di stabilità*).

Le condizioni di stabilità derivano dall'ipotesi di progettare il circuito di polarizzazione e stabilizzazione, imponendo una determinata fascia di possibile fluttuazione del punto di lavoro.

Questo significa che, se ci si propone di accettare che, per effetti termici o di deriva, il punto di lavoro subisca modifiche limitate entro un campo definito, le *condizioni di stabilità* forniscono relazioni di progetto che rendono possibili queste limitazioni.

È possibile restringere il campo, sino a giungere ad una stabilità *totale* del punto di lavoro, ma questo avviene a danno della resistenza d'ingresso e del guadagno dell'amplificatore.

In genere si raggiungono soluzioni di compromesso, che mediano tra la stabilità e la qualità dell'amplificatore.

Ad esempio, è possibile accettare una fluttuazione residua di  $I_{C0}$  del 10% per effetti termici e di dispersione, attribuendola in parte a ciascuna delle cause che determinano modifiche di  $I_{C0}$  medesima.

Considerando separatamente i singoli elementi che producono modifiche di  $I_{C0}$  in funzione della temperatura e della dispersione delle caratteristiche, si definiscono i tre parametri della stabilità:  $S_i$ ,  $S_{VBE}$  ed  $S_{hFE}$ .

Definendo i parametri, si forniscono anche le relazioni che li legano ai componenti circuitali, in modo da evidenziarne l'utilizzo nell'analisi e nel progetto:

- a)** *Stabilità rispetto a  $I_{CB0}$* : definisce le variazioni di  $I_{C0}$  rispetto ad  $I_{CB0}$ , per cause termiche:

$$S_i = \frac{\Delta I_{C0}}{\Delta I_{CB0}} \approx 1 + \frac{R_B}{R_E}$$

dove  $R_B$  è la resistenza equivalente di Thevenin del partitore di polarizzazione, in pratica il parallelo tra  $R_1$  e  $R_2$ .

- b)** *Stabilità rispetto a  $V_{BE}$* : definisce le variazioni di  $I_{C0}$  rispetto ad  $V_{BE}$ , per cause termiche:

$$S_{VBE} = -\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta V_{BE}} \approx \frac{1}{R_E} \quad [\Omega^{-1}] \quad (\text{in modulo})$$

- c)** *Stabilità rispetto a  $h_{FE}$* : definisce le variazioni di  $I_{C0}$  rispetto ad  $h_{FE}$ , per dispersione delle caratteristiche:

$$S_{hFE} = \frac{\Delta I_{C0}}{\Delta h_{FE}} \approx \frac{I_{Cm}(1 + R_B/R_E)}{h_{FEM}(1 + h_{FEM})} \quad [A]$$

dove il pedice "m" individua il valore minimo del campo di variazione, cioè il più piccolo dei valori di  $h_{FE}$  indicati dal costruttore e la corrente  $I_C$  ad esso corrispondente, mentre il pedice "M" definisce il valore massimo.

Analizzare il circuito di polarizzazione e stabilizzazione progettato nell'ESEMPIO 13 del CAPITOLO 3, ricavando i fattori di stabilità; si valuti per ogni fattore la variazione relativa consentita alla corrente  $I_{C0}$ .

### SOLUZIONE

Sono noti:

$I_{C0} = 4 \text{ mA}$ ;  $h_{FEyp} = 100$ ;  $h_{FEM} = 250$ ;  $h_{FEm} = 75$ ;  $R_E = 220 \text{ } \Omega$ ;  $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 3,0 \text{ k}\Omega$ ;  $R_1 = 14 \text{ k}\Omega$  per cui  $R_B \approx 2,5 \text{ k}\Omega$

- Calcolo di  $S_i$ :

$$S_i = \frac{\Delta I_{C0}}{\Delta I_{CB0}} \approx 1 + \frac{R_B}{R_E} = 1 + \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{220} = 12,4$$

Per cui le variazioni di  $I_{C0}$  causate dalla fluttuazione di  $I_{CB0}$  per effetto termico, valgono:  $\Delta I_{C0} = 12,4 \Delta I_{CB0}$ .

- Calcolo di  $S_{V_{BE}}$ :

$$S_{V_{BE}} = -\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E} = -\frac{1}{220} = -4,5 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega^{-1}$$

Per cui le variazioni di  $I_{C0}$  causate dalla fluttuazione di  $V_{BE}$  per effetto termico, valgono:  $\Delta I_{C0} = -4,5 \cdot 10^{-3} \Delta V_{BE}$ .

- Calcolo di  $S_{h_{FE}}$ :

$$S_{h_{FE}} = \frac{\Delta I_{C0}}{\Delta h_{FE}} \approx \frac{I_{Cm}(1 + R_B / R_E)}{h_{FEm}(1 + h_{FEM})} = \frac{4 \cdot 10^{-3}(1 + 2500 / 220)}{75 \cdot (1 + 250)} = 2,6 \text{ } \mu\text{A}$$

Per cui le variazioni di  $I_{C0}$  causate dalla fluttuazione di  $h_{FE}$  valgono:  $\Delta I_{C0} = 2,6 \cdot 10^{-6} \Delta h_{FE}$ .

Di conseguenza in corrispondenza della massima variazione di  $h_{FE}$ , dovuta alla dispersione delle caratteristiche del BJT in oggetto,  $\Delta h_{FE} = h_{FEM} - h_{FEm} = 250 - 75 = 175$ , si ha una variazione di  $I_{C0}$  pari a  $\Delta I_{C0} = 2,6 \cdot 10^{-6} \Delta h_{FE} \approx 0,45 \text{ mA}$ .