

Variazione dei parametri dei BJT con la temperatura

Ricerca ed organizzazione appunti:
Prof. ing. Angelo Bisceglia

1

VARIAZIONI TERMICHE

Come tutti i dispositivi a semiconduttore, i BJT risentono delle variazioni della temperatura di lavoro.

Infatti la temperatura influenza il valore di alcuni parametri del BJT.

***N.B.* : per temperatura di lavoro si intende la temperatura della giunzione collettore - base poiché in tale giunzione vi è la maggior dissipazione di potenza (T_j [°C]).**

2

In condizioni di equilibrio termico la T_J è data:

$$T_J = T_a + \Theta_{Ja} P_D$$

con:

Θ_{Ja} [$^{\circ}\text{C} / \text{W}$] è la resistenza termica giunzione-ambiente
indicativamente da $30 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (BJT di potenza)
a $500 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (BJT di segnale)

$P_D = V_{CE} I_C$ potenza dissipata

3

Variazione di h_{FE} :

All'aumento di T_J aumenta h_{FE} (β)

Valori indicativi $0,5 \div 1 \text{ } \%$ / $^{\circ}\text{C}$

Variazione di V_{BE} :

All'aumento di T_J la J_E , a parità di I_C , presenta una
diminuzione di V_{BE} di $2,5 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$

Variazione di I_{CBO} :

All'aumento di T_J si ha un aumento di I_{CBO} che si può
considerare raddoppiare ogni $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$

4

DISPERSIONE DELLE CARATTERISTICHE

I BJT con la stessa sigla possono avere caratteristiche differenti (impossibilità di avere tolleranze strette).

Es. nei cataloghi si dà per h_{FE} i valori

**$h_{FE \text{ min}}$ $h_{FE \text{ typ}}$ $h_{FE \text{ max}}$
(valori usuali $h_{FE \text{ max}}/h_{FE \text{ min}} \sim 3$)**

La dispersione riguarda anche altri parametri:

**V_{BE} $V_{CE(sat)}$ I_{CBO} ...
(nei data sheets in genere sono dati i valori max)**

5

STABILIZZAZIONE DEL P.D.F.

La variabilità dei parametri (per motivi termici e/o tecnologici) provoca instabilità del PDF.

**V_{BE} $V_{CE(sat)}$ I_{CBO} ...
(nei data sheets in genere sono dati i valori max)**

6

BJT di segnale:

P_D modesta => problema T poco importante ($T_J \sim T_a$)
instabilità legata alla dispersione di h_{FE} che provoca
incremento termico
minor peso hanno le variazioni di V_{CE}
 I_{CBO} non provoca effetti rilevanti

BJT di potenza:

P_D elevata => effetti per T molto importante ($T_J \gg T_a$)
bisogna raggiungere l'equilibrio termico
(si può innescare la "fuga termica" fino alla distru-
zione rapida se si supera T_{Jmax})
per BJT al silicio $T_{Jmax} = 150^\circ C$

7

PARAMETRI DI STABILITA'

$$S_{h_{FE}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta h_{FE}} \quad \text{Supponendo cost. } V_{BE} \text{ e } I_{CBO}$$

$$S_{V_{BE}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{BE}} \quad \text{Supponendo cost. } h_{FE} \text{ e } I_{CBO}$$

$$S_{I_{CBO}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CBO}} \quad \text{Supponendo cost. } V_{BE} \text{ e } h_{FE}$$

8

Per una buona stabilità di I_C e quindi del punto di funzionamento si richiede che i parametri (o anche coefficienti) di stabilità siano i più bassi possibili.

Si verifica che una rete di autopolarizzazione minimizza tali coefficienti.

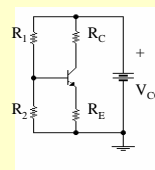
Il loro calcolo porta a indicazioni di progetto per la rete di autopolarizzazione.

9

$$S_{h_{FE}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta h_{FE}} = \frac{I_{CQ1} \left(1 + \frac{R_B}{R_E} \right)}{h_{FE1} h_{FE2} \left(1 + \frac{R_B}{R_E h_{FE2}} \right)}$$

$$S_{V_{BE}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{BE}} = -\frac{1}{R_E} \frac{h_{FE}}{h_{FE} + \frac{R_B}{R_E}} \cong -\frac{1}{R_E}$$

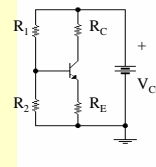
$$S_{I_{CBO}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CBO}} = h_{FE} \frac{1 + \frac{R_B}{R_E}}{h_{FE} + \frac{R_B}{R_E}} \cong 1 + \frac{R_B}{R_E}$$



10

PROGETTO RETE di AUTOPOLARIZZAZIONE

- Si stabilisce I_{CQ} e V_{CC}
- Si pone $V_{RE} = V_{CC} / 10$ (normalmente $1 \div 3 V$)
ricavando R_E
- Si fissa $S_{ICBO} = 5 \div 10$
da $R_B/R_E \sim S_{ICBO} - 1$ si ricava R_B
- Si pone $V_{CEQ} = 1/2 V_{CC}$
- Si ricava V_{BB} [$V_{BB} = R_B I_{BQ1} + V_{BE} + R_E (I_{CQ1} + I_{BQ1})$]
assumendo $V_{BE} = 0,6 V$ e $h_{FE} = h_{FEtip}$
- Si ricava infine R_1 R_2 R_C dalle equazioni



$$R_1 = V_{CC} R_B / V_{BB} \quad R_2 = (V_{CC} R_B) / (V_{CC} - V_{BB})$$

$$V_{CC} = (R_C + R_E) I_{CQ} + V_{CEQ}$$

11

Bibliografia:

AA.VV. - Elettronica vol. 2 - Petrini ed.
(pag.293 ÷ 299 e pag. 330 ÷ 331)

Licata - Elettronica anal. 1 - Thecna!
(pag. 306)

12