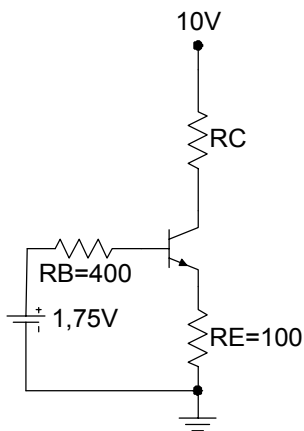


Problema 16

En el circuito de la figura $I_{CQ}=10\text{mA}$ a temperatura ambiente ($T_a=25^\circ\text{C}$).
Utilizando los factores de estabilidad calcular la variación de I_{CQ} si la temperatura aumenta hasta 55°C para:

- Transistor de silicio ($I_{CB0}=1\mu\text{A}$ a $T_a=25^\circ\text{C}$)
- Transistor de germanio ($I_{CB0}=100\mu\text{A}$ a $T_a=25^\circ\text{C}$)

Considerando que el circuito tiene buena estabilidad frente a las variaciones de h_{FE} , calcular el ΔI_{CQ} debido a las variaciones de I_{CB0} y V_{BE} .



Calcular ΔI_{CQ} $\left\{ \begin{array}{l} \Delta V_{BE} \\ \Delta I_{CB0} \end{array} \right.$

Verifico la condición de apantallamiento:

$$n = \frac{RE}{\frac{RB}{\beta_{min}}} = \frac{100}{\frac{400}{40}} = 10 \quad \mathbf{OK}$$

Calculo $I_C = f(V_{BE}; I_{CB0})$

Para variaciones pequeñas:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_I = \frac{\Delta I_{CQ}}{\Delta I_{CB0}} \cong \frac{\partial I_{CQ}}{\partial I_{CB0}} \\ S_V = \frac{\Delta I_{CQ}}{\Delta V_{BE}} \cong \frac{\partial I_{CQ}}{\partial V_{BE}} \end{array} \right.$$

$$S_I = \frac{RE + RB}{RE + \frac{RB}{1 + \beta}} = \frac{400 + 100}{100 + \frac{400}{81}} = 4,765$$

$$S_V = \frac{1}{\frac{RB}{\beta} + RE \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} = -\frac{1}{\frac{400}{80} + 100 \cdot \left(1 + \frac{1}{80}\right)} = -9,412 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\Omega}$$

ahora planteo las diferencias:

$$VBE_2 - VBE_1 = -2,5 \frac{mV}{\circ C} \cdot (T_2 - T_1) = -7,5mV$$

Entonces para silicio tenemos:

$$\Delta ICB0 = ICB0_2 - ICB0_1 = ICB0_1 \cdot \left[2^{\frac{T_2 - T_1}{10}} - 1 \right] = 7 \mu A$$

$$\Delta ICQ \cong S_I \cdot \Delta ICB0 + S_V \cdot \Delta VBE = 4,76 \cdot 7 \mu A + 9,41 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\Omega} \cdot 0,075V = 0,74mA$$

donde influye ΔVBE .

Para germanio sería ahora:

$$ICB0_2 - ICB0_1 = 700 \mu A$$

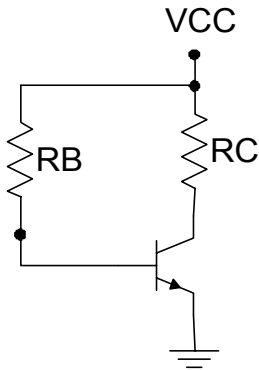
$$\Delta ICQ = 4,76 \cdot 700 \mu A + 9,41 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\Omega} \cdot 0,075V = 4,04mA$$

donde influye $\Delta ICB0$

Problema 17

Para el siguiente circuito (polarización I_B constante), encontrar las expresiones de los factores de estabilidad para un punto de trabajo genérico en la zona activa del transistor.

(S_v , S_{hFE} , S_I)



$$S_I = \beta + 1 \cong \beta$$

$$S_v = -\frac{\beta}{R_B}$$

$$S_{\beta} = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} - I_{CB0}$$

$$(I) \quad I_C = \beta \cdot I_B + (\beta + 1) \cdot I_{CB0}$$

$$(II) \quad V_{CC} - I_B \cdot R_B - V_{BE} = 0$$

de (I):

$$I_B = \frac{I_C - (\beta + 1) \cdot I_{CB0}}{\beta} \quad (a)$$

de (II):

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad (b)$$

igualando (a) y (b):

$$\frac{I_C - (\beta + 1) \cdot I_{CB0}}{\beta} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta}} + (\beta + 1) \cdot I_{CB0}$$

Para hallar $\frac{\partial IC}{\partial V_{BE}}$ y $\frac{\partial IC}{\partial I_{CB0}}$:

$$\frac{\partial IC}{\partial I_{CB0}} = \beta + 1 = S_I$$

$$\frac{\partial IC}{\partial V_{BE}} = -\frac{\beta}{R_B} = S_V$$

$$\frac{\Delta IC}{\Delta \beta} = \frac{\left(\frac{V_{CC} - V_B}{R_B}\right) \cdot \beta_2 + I_{CB0} \cdot (\beta_2 + 1) - \left(\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}\right) \cdot \beta_1 - I_{CB0} \cdot (\beta_1 + 1)}{\beta_2 - \beta_1}$$

$$\frac{\Delta IC}{\Delta \beta} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} + I_{CB0} = S_{hFE}$$

Condición de estabilidad térmica:

El calor generado en la juntura de colector no debe exceder al que pueda disiparse en régimen permanente.

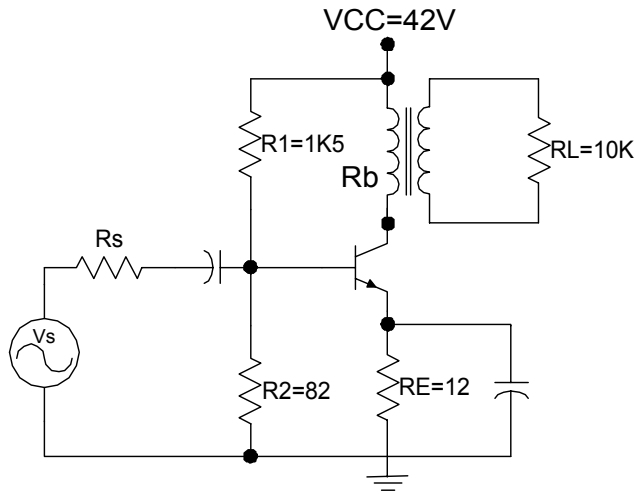
$$\frac{\partial P_{dt}}{\partial T_j} < \frac{\partial P_c}{\partial T_j}$$

$$\frac{\partial P_{dt}}{\partial T_j} < \frac{1}{\theta_{ja}}$$

$$\frac{\partial P_{dt}}{\partial IC} \cdot \frac{\partial IC}{\partial T_j} < \frac{1}{\theta_{ja}}$$

Problema 18

Para el circuito de la figura, implementado con el transistor BD137, analizar si puede producirse embalamiento térmico cuando la temperatura aumenta de 25°C a 65°C.



$R_b = 8\Omega$ (resistencia estática del bobinado primario del transformador)

Datos del manual:

$$T_{jmax} = 150^\circ C$$

$$R_{th_{j-a}} = 100 \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_{th_{j-mb}} = 10 \frac{^\circ C}{W}$$

$$P_{tmax} = 8W \quad \text{para } T_{mb} = 70^\circ C$$

$$V_{CE0max} = 60V$$

$$I_{CB0} \leq 100nA \quad \text{para } T_j = 25^\circ C$$

$$R_B = R1 \parallel R2 = 77,8\Omega$$

$$V_{BB} = 2,17V$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{BB} - 0,7V}{R_E + \frac{R_B}{hFE}} = \frac{2,17V - 0,7V}{12\Omega + \left(\frac{77,8\Omega}{95}\right)} = 123mA \rightarrow hFE = 95$$

$$I_{CQ} = \frac{2,17V - 0,7V}{12\Omega + \frac{77,8\Omega}{95}} = 114mA \rightarrow hFE = 97$$

$$I_{CQ} = \frac{2,17V - 0,7V}{12\Omega + \frac{77,8\Omega}{97}} = 115mA$$

$$V_{CC} = V_{CEQ} + I_{CQ} \cdot (R_b + R_E) \Rightarrow V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot (R_b + R_E)$$

$$V_{CEQ} = 42V - 115mA \cdot (20\Omega) = 39,7V$$

1ª CONDICION

$$V_{CEQ} < \frac{V_{CC}}{2} \quad \text{no se cumple !!}$$

CONDICION GENERAL

$$\frac{\partial P_{dt}}{\partial I_C} \cdot \frac{\partial I_C}{\partial T_j} < \frac{1}{\theta_{ja}}$$

$$(V_{CC} - 2 \cdot I_{CQ} \cdot R_b) \cdot \left(S_I \cdot \frac{\Delta I_{CB0}}{\Delta T} + S_V \cdot \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} + S_{hFE} \cdot \frac{\Delta hFE}{\Delta T} \right) < \frac{1}{\theta_{ja}}$$

$$S_I = \frac{\partial I_{CQ}}{\partial I_{CB0}} = \frac{R_E + R_B}{R_E + \frac{R_B}{1 + \beta}} = 7,02$$

$$S_V = -\frac{1}{\frac{R_B}{\beta} + R_E \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} = -77,3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\Omega}$$

$$\Delta V_{BE} = -2,5 \frac{mV}{^\circ C} \cdot (T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2,5 \frac{mV}{^\circ C}$$

$$\Delta I_{CB0} = I_{CB0_1} \cdot \left(2^{\frac{T_2 - T_1}{10}} - 1 \right) = 100nA \cdot \left(2^{\frac{65^\circ C - 25^\circ C}{10}} - 1 \right) = 1,5\mu A$$

$$(V_{CC} - 2 \cdot I_{CQ} \cdot R_{e\text{st}}) \cdot \left(S_I \cdot \frac{\Delta I_{CB0}}{\Delta T} + S_V \cdot \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} \right) < \frac{1}{\theta_{ja}}$$

$$(42V - 2 \cdot 115mA \cdot 20\Omega) \cdot \left[7,02 \cdot \frac{1,5\mu A}{40^\circ C} + \left(-77,3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\Omega} \right) \cdot \left(-2,5 \frac{mV}{^\circ C} \right) \right] < \frac{1}{100^\circ C/W}$$

$$\boxed{7,24 \frac{mW}{^\circ C} < 10 \frac{mW}{^\circ C}} \quad \text{se cumple}$$

“No existe embalamiento térmico”.