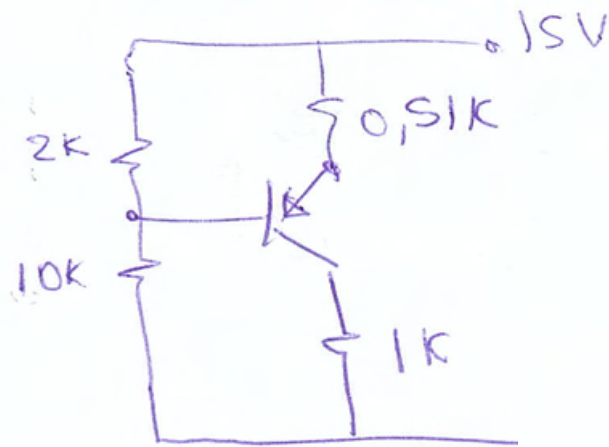


# PROBLEMAS DE POLARIZACIÓN DE TRANSISTORES BJT

Nº 1 Calcular el punto de operación para ambos valores de  $\beta$

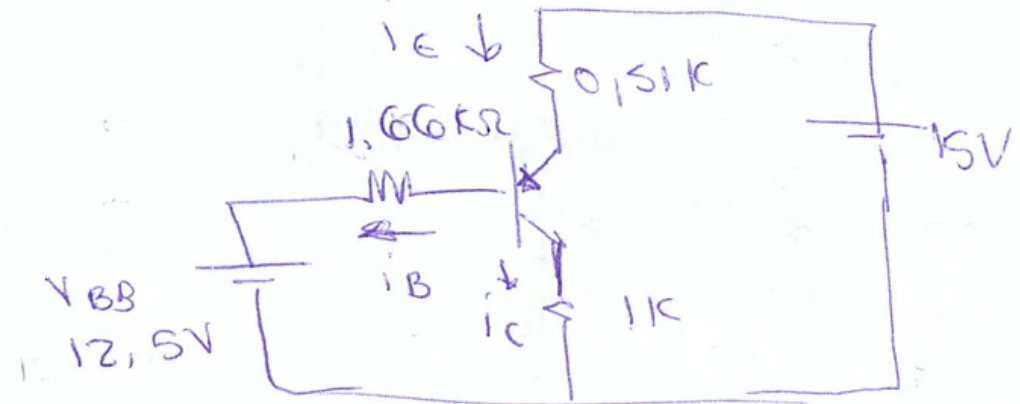


$$\beta_1 = 100$$

$$\beta_2 = 300$$

$$V_{BE} = 0,7V$$

$$\hat{i}_{cmax} = \frac{15}{1,51} = 9,93mA$$



$$15V = 0,7V + V_{BE} + R_{BB} i_B + V_{BB}$$

Para  $\beta = 100$

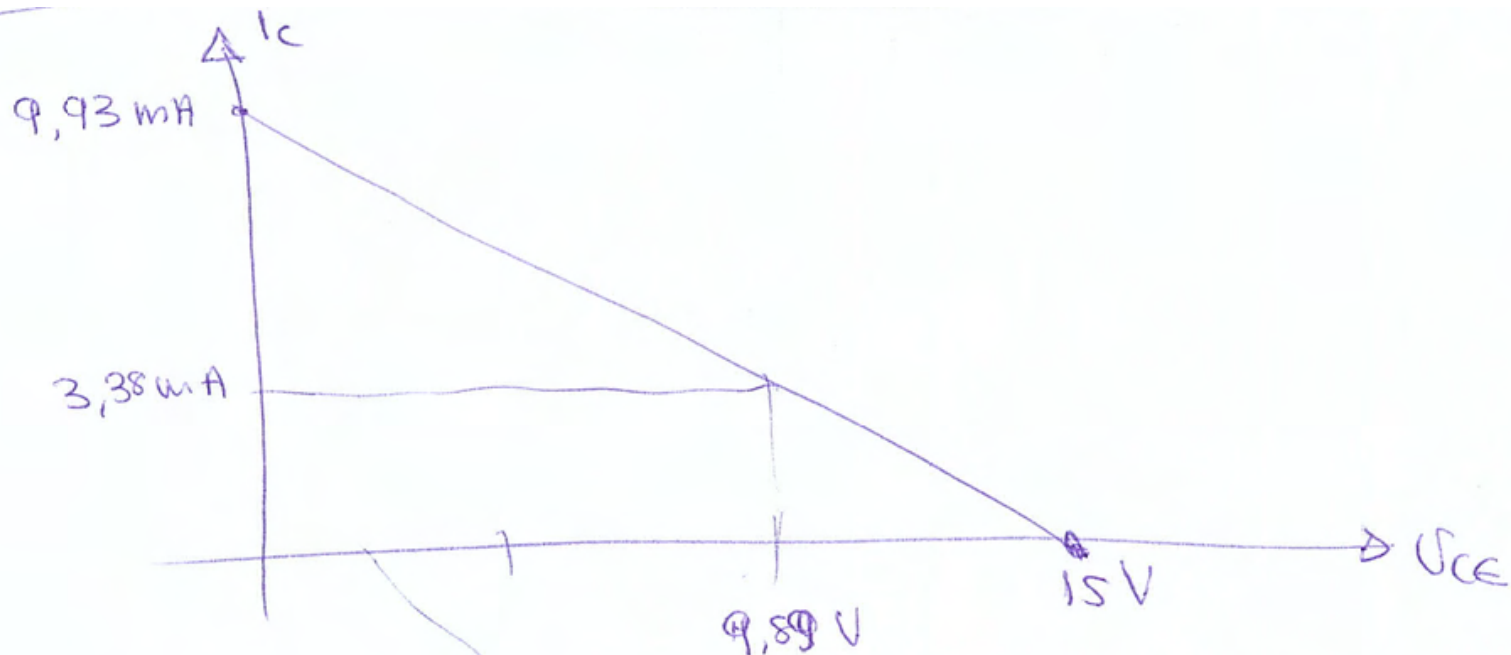
$$I_B = \frac{15V - V_{BB} - V_{EB}}{0,51(\beta+1) + 1,66k} = 0,0338 \text{ mA}$$

Transistor  
en la  
zona  
activa

$$I_C = 3,38 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 15V - 1,51 \times I_C = 9,89 \text{ V}; I_E = 3,41 \text{ mA}$$

Se cumple  $0,51(101) = 51,51k\Omega \gg 1,66k\Omega$  : Pto. de operación estable



Para  $\beta = 300$

$$i_B = \frac{15V - 12,5V - 0,7V}{[0,51(300) + 1,666]k} = 0,01159 \text{ mA}$$

$$i_C = 3,47 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 15V - i_C(R_E + R_C) = 9,74 \text{ V}$$

$$i_E = 3,48 \text{ mA}$$

Transistor es  
la zona  
activa

Error porcentual de  $i_C$  cuando  $\beta$  varía de 100 a 300:

$$\epsilon = \frac{3,47 - 3,38}{3,38} \times 100\% = 2,66\%$$

**Nº 2 Calcular punto de operación para  $V_{BE} = 0,7$   $\beta = 100$  y  $\beta = 300$**

$$\beta_1 = 100$$

$$\alpha_1 = \frac{100}{101} = 0,99$$

$$\beta_2 = 300 \Rightarrow \alpha_2 = 0,996$$

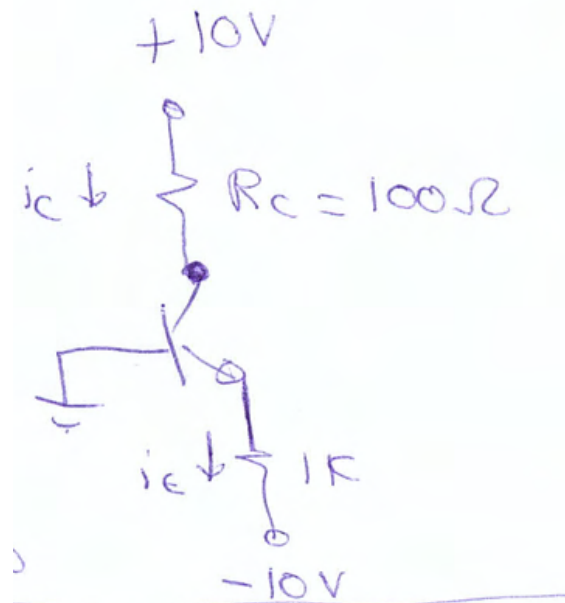
Para  $\beta = 100$

$$i_E = \frac{(10 - 0,7)V}{1k} = 9,3 \text{ mA}$$

$$i_C = \alpha i_E = 9,2 \text{ mA}$$

$$i_B = 0,092 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 10 + 10 - 0,1k \times 9,2 \text{ mA} - 1k \times 9,3 \text{ mA} = 9,78 \text{ V}$$



Transistor en la región activa

Para  $\beta = 300$

$$i_E = \frac{10 - 0,2}{1\text{K}} = 9,3\text{mA}$$

$$i_C = \alpha i_E = 9,26\text{mA}$$

$$i_B = 0,031\text{mA}$$

$$V_{CE} = 10 + 10 - 0,1\text{K} \times 9,26\text{mA} - 1\text{K} \times 9,3\text{mA} = 9,77\text{V}$$

Transistor en la región activa

Error porcentual de  $i_C$  cuando  $\beta$  cambia de 100 a 300

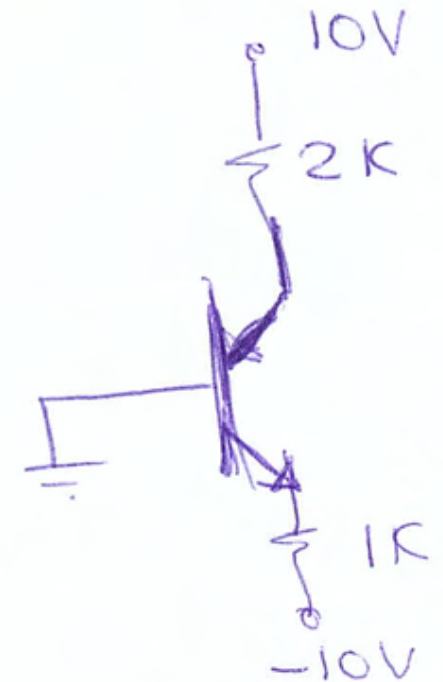
$$\varepsilon = \frac{9,26 - 9,2}{9,2} \times 100\% = 0,65\%$$

**Nº 3 Calcular punto de operación para  $V_{BE} = 0,7$   $\beta = 100$  y  $\beta = 300$**

$$i_E = \frac{10 - 0,7}{1k} = 9,3 \text{ mA}$$

$$i_C = 9,2 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 20 - 3k \times 9,2 \text{ mA} = \text{Negativo}$$



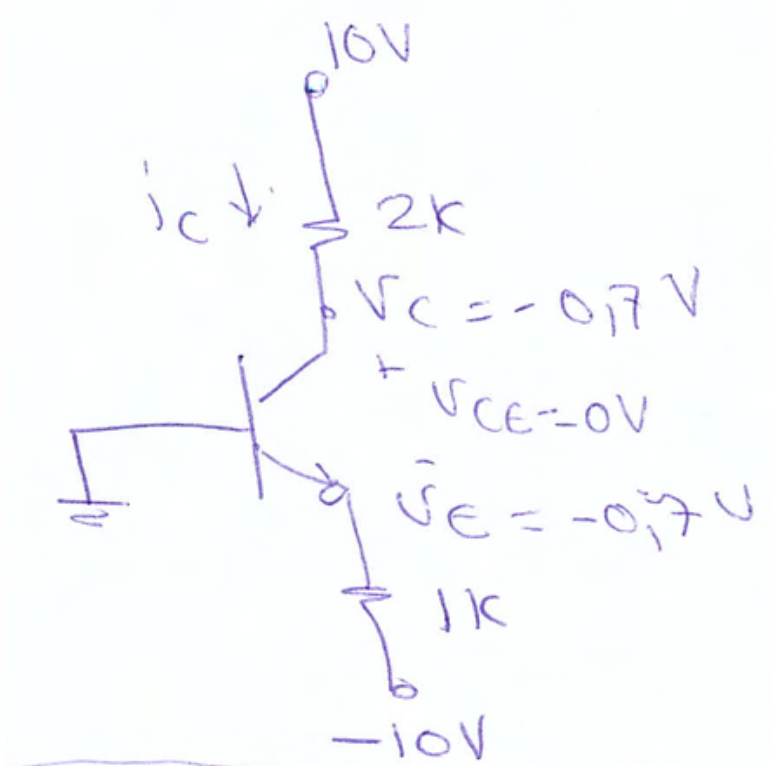
El transistor está en la zona de saturación

$$i_E = \frac{10 - 0,7}{1k} = 9,3 \text{ mA}$$

$$i_C = \frac{10V - (-0,7V)}{2k} = 5,35 \text{ mA}$$

$$V_{CE} \approx 0$$

Para la región de saturación, considerando  $V_{CE} \approx 0$



$$i_E = \frac{10 - 0,7}{1k} = 9,3 \text{ mA}$$

$$i_C = \frac{10V - (-0,7V)}{2k} = 5,35 \text{ mA}$$

$$i_B = i_E - i_C = 3,95 \text{ mA}$$

Los valores no cambian para  $\beta = 300$

**Nº 4 Calcular punto de operación para  $V_{EB} = 0,7$   $\beta = 100$  y  $\beta = 300$**

$$\beta_1 = 100 \Rightarrow \alpha_1 = 0,999$$
$$\beta_2 = 300 \Rightarrow \alpha_2 = 0,996$$

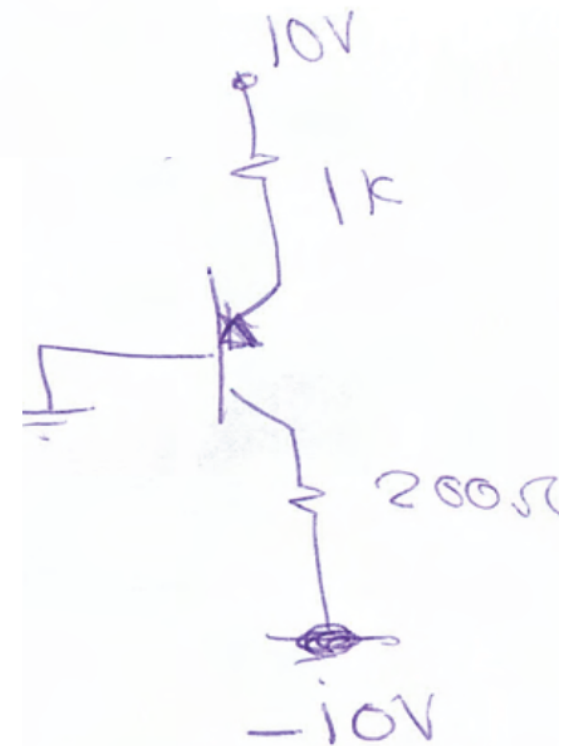
Para  $\beta = 100$

$$I_E = \frac{10 - 0,7}{1K} = 9,3 \text{ mA}$$

$$i_c = \alpha i_E = 9,2 \text{ mA}$$

$$i_B = \frac{i_c}{\beta} = 0,092 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 10 + 10 - 1 \times i_E - 0,2 i_c = 8,86 \text{ V}$$



Zona activa



Para  $\beta = 300$

$$i_E = 9,3 \text{ mA}$$

$$i_C = \alpha i_E = 9,26 \text{ mA}$$

$$i_B = \frac{i_C}{\beta} = 0,031 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 10 + 10 - 1 \times 9,3 - 0,2 \times 9,26 = 8,85 \text{ V}$$

Error porcentual de la corriente de colector cuando cambia debido a las variaciones de  $\beta$  de 100 a 300

$$\varepsilon = \frac{9,26 - 9,2}{9,2} \times 100\% = 0,65\%$$

**Nº 5 Calcular punto de operación para  $V_{EB} = 0,7$   $\beta = 100$  y  $\beta = 300$**

Si estuviera en activo con  $\beta = 100$

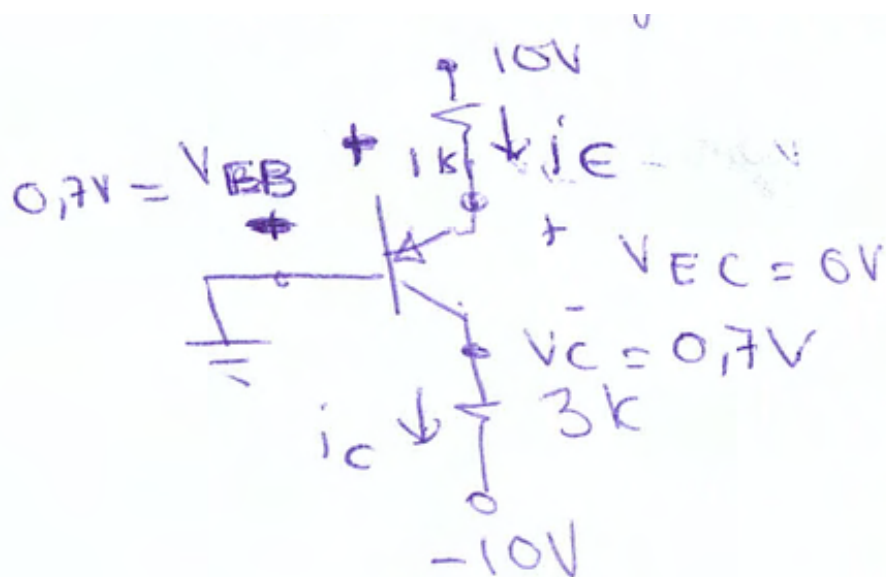
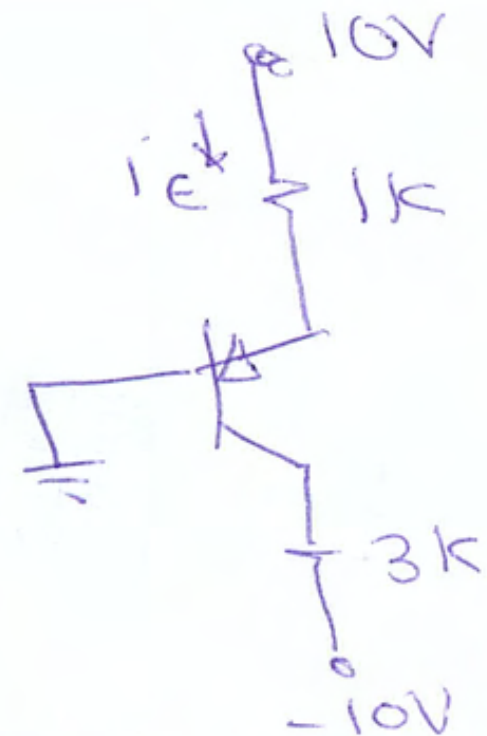
$$I_E = 9,3 \text{ mA}$$

$$I_C = 9,2 \text{ mA}$$

$$V_{EC} = 10 + 10 - 1k I_E - 3k I_C =$$

$$10 + 10 - 9,3 - 27,6 = \text{Negativo}$$

Está en saturación,  $V_{EC} \approx 0$



$$I_C = \frac{10V + 0,7V}{3} = 3,56 \text{ mA}$$

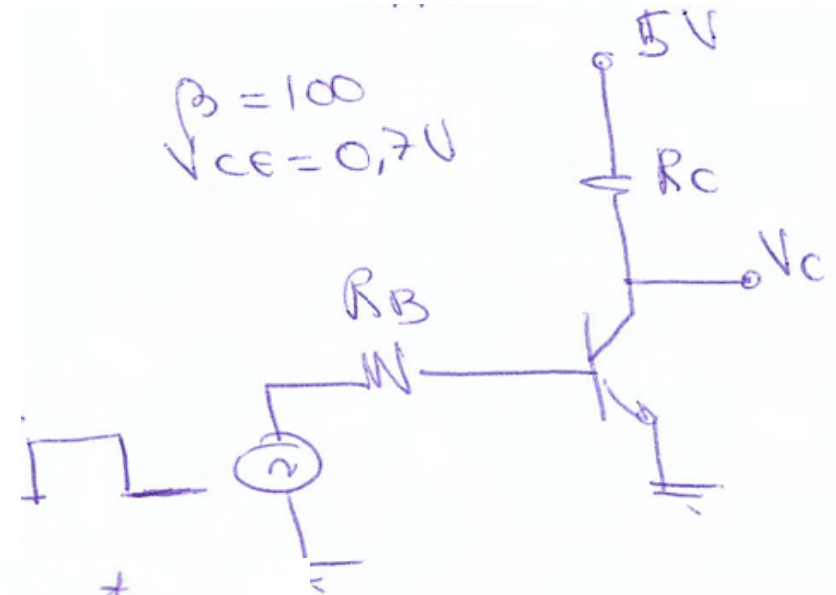
$$I_B = I_E - I_C = 5,74 \text{ mA}$$

Los valores para  $\beta = 300$  son iguales

**Nº 6** En el siguiente circuito la señal de entrada  $v_i$  es una onda cuadrada entre 0 y 5V. Calcule los valores de  $R_C$  y  $R_B$  para que el transistor trabaje en la zona de saturación cuando  $v_{i\max} = 5V$ , la corriente  $i_{C\max}$  no sea mayor de 10 mA y el producto  $\beta i_B$  sea solo el doble de  $i_{C\max}$ . Halle los valores de  $v_C$  correspondientes.

Quando  $v_i = 0V$

$$i_B = \frac{-0,7V}{R_B} = \text{Negativo}$$



El transistor está en corte

$$i_B = 0$$

$$i_C = 0$$

$$i_E = 0$$

$$V_{CE} = V_C = 5V$$

$$V_C = 5V$$

Cuando  $v_{i\max} = 5V$ , el transistor debe estar en saturación,  $V_C = V_{CE} \approx 0$ .

$$i_{c\max} = \frac{5V}{R_C} < 10mA \quad R_C > \frac{5V}{10mA} = 0,5k\Omega$$

$R_C = 500\Omega$  o mayor. Se selecciona  $R_C = 510\Omega$   $i_{c\max} = \frac{5V}{0,510} = 9,8mA$

$$i_B = \frac{V_{i\text{pico}} - 0,7}{R_B} \quad \beta i_B \approx 2 \times 9,8mA = 19,6mA \quad i_B = 0,196mA$$

$$\frac{5V - 0,7V}{R_B} = 0,196mA \Rightarrow R_B = 21,9k\Omega$$

Se selecciona  $R_B = 22k\Omega$   $i_B = \frac{5 - 0,7}{22} = 0,195 \Rightarrow \beta i_B = 19,5mA$

$$\text{Relación: } \frac{\beta i_B}{i_{c\max}} = 1,99 \quad R_B = 22k \quad R_C = 510\Omega$$

$$V_C = 0V$$

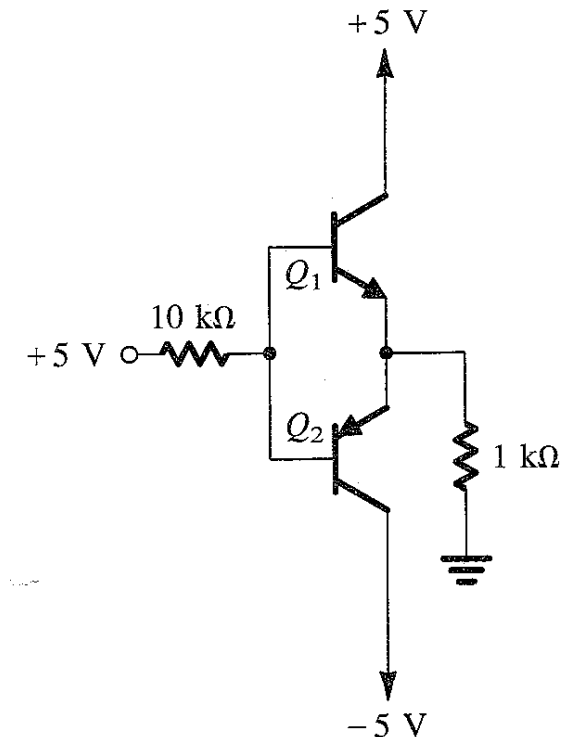
**Nº 7 Circuito con dos transistores. En el siguiente circuito, determine los voltajes y corrientes de todos sus componentes. Considere  $\beta = 100$ .**

Siguiendo las conexiones de base-colector se concluye que ambos transistores no pueden estar activos simultáneamente.

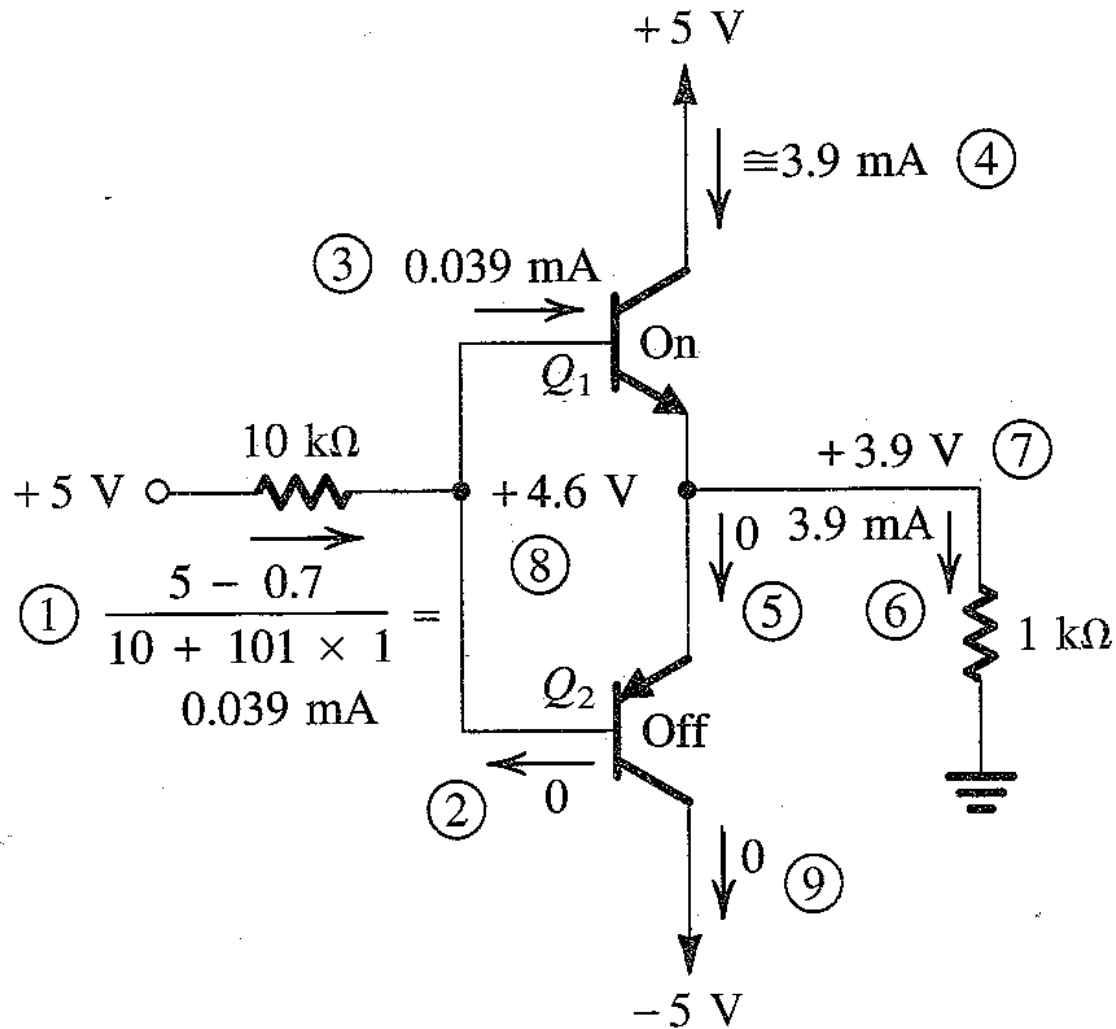
Uno tiene que estar en corte y el otro activo.

Suponiendo  $Q_2$  activo, hay un circuito formado por la fuente de base (5V), la resistencia de  $10\text{ k}\Omega$ , el voltaje  $V_{EB}$  de  $Q_2$  y la resistencia de  $1\text{ k}\Omega$ . La corriente en ese circuito circula hacia la Base, lo cual no es posible en un pnp.

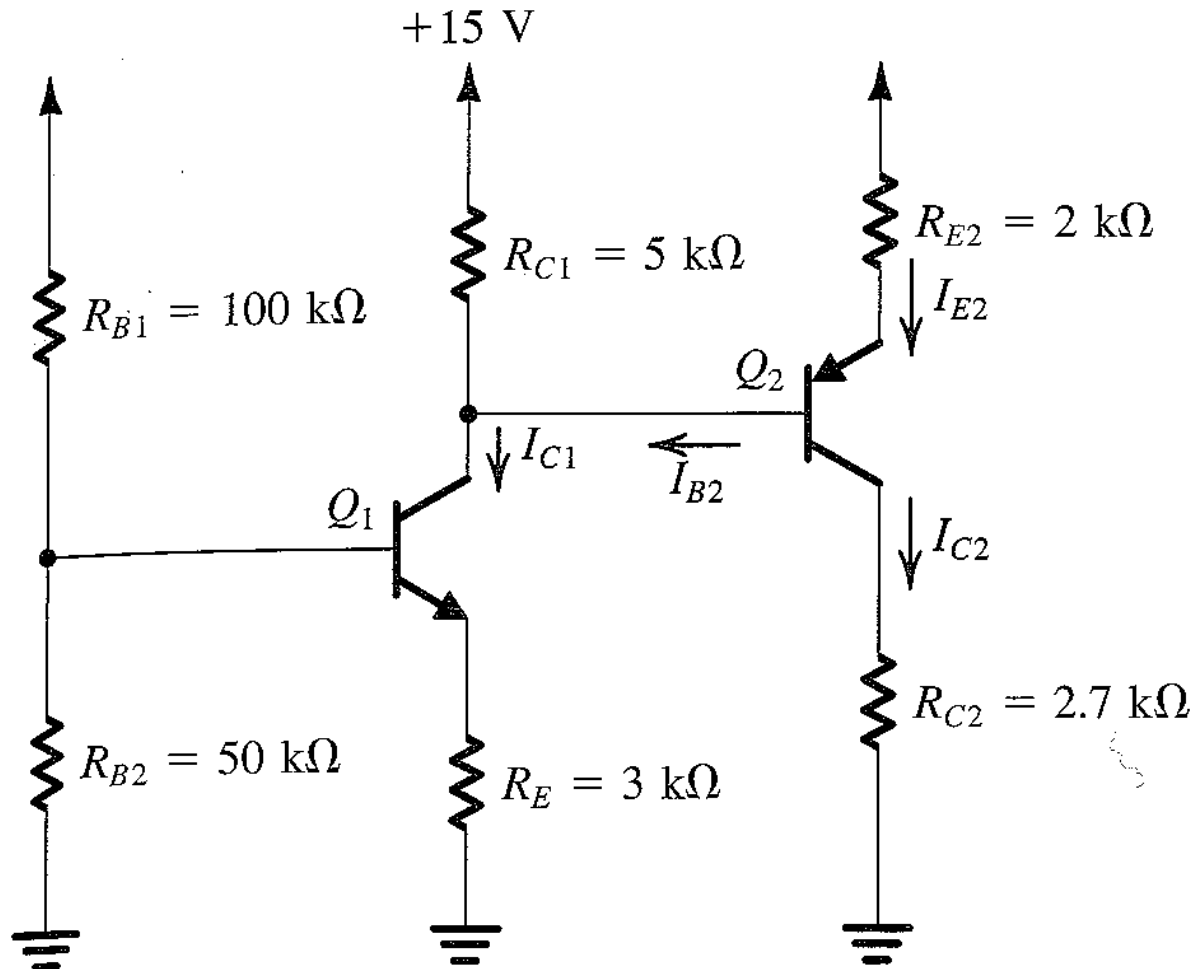
Entonces  $Q_2$  está en corte y  $Q_1$  está en conducción.



En la siguiente gráfica están los resultados del análisis completo del circuito, considerando que Q2 está en corte y Q1 está en conducción.



**Nº 8 Circuito con dos transistores. En el siguiente circuito, determine los voltajes y corrientes de todos sus componentes. Considere  $\beta = 100$ .**



En primer lugar se calcula el Thevenin equivalente del circuito de base de Q<sub>1</sub> y todas las variables relacionadas

$$V_{BB} = +15 \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 15 \frac{50}{100 + 50} = +5 \text{ V}$$

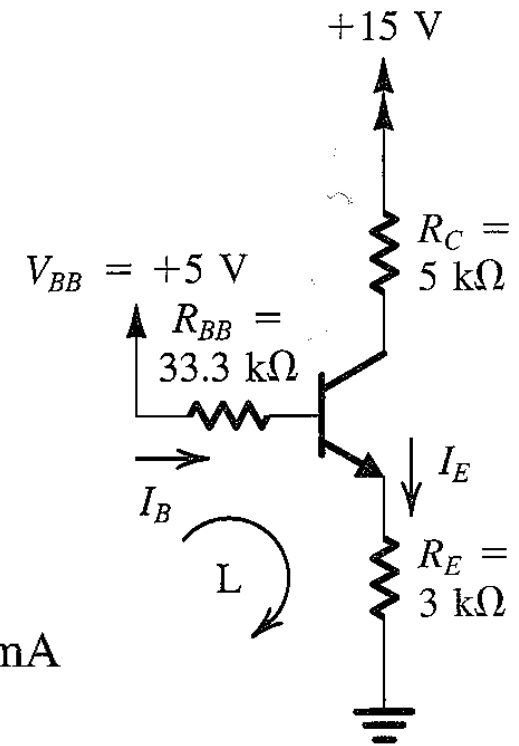
$$R_{BB} = (R_{B1} // R_{B2}) = (100 // 50) = 33.3 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = I_B R_{BB} + V_{BE} + I_E R_E \quad I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + [R_{BB}/(\beta + 1)]}$$

$$I_E = \frac{5 - 0.7}{3 + (33.3/101)} = 1.29 \text{ mA} \quad I_B = \frac{1.29}{101} = 0.0128 \text{ mA}$$

$$V_B = V_{BE} + I_E R_E = 0.7 + 1.29 \times 3 = 4.57 \text{ V}$$

$$I_C = \alpha I_E = 0.99 \times 1.29 = 1.28 \text{ mA} \quad I_{B1} = 0.0128 \text{ mA}$$





En Q1 hay que tener en cuenta que por  $R_{C1}$  no circula  $I_{C1}$  sino  $I_{C1}-I_{B2}$

Las ecuaciones que se pueden escribir ahora son:

$$15V = 2k\Omega x I_{E2} + V_{EC} + V_{C1} \quad V_{C1} = 15V - (I_{C1} - I_{B2}) x 5k\Omega$$

$$15V = 2k\Omega x I_{E2} + 0,7V + 15V - \left( I_{C1} - \frac{I_{E2}}{101} \right) x 5k\Omega$$

$$I_{E2} \left( 2k\Omega - \frac{5k\Omega}{101} \right) = 128mA x 5k\Omega - 0,7V = 5,7V \quad I_{E2} = 2,78mA$$

$$I_{B2} = \frac{2,78mA}{101} = 0,0275mA$$

$$I_{RC1} = I_{C1} - I_{B2} = 1,252mA$$

$$V_{C1} = 15V - 5k\Omega x 1,252mA = 8,74V \quad V_{E2} = 8,74V + 0,7 = 9,44V$$

$$I_{C2} = \beta I_{B2} = 100 x 0,0275 = 2,75mA \quad V_{C2} = 2,7k\Omega x I_{C2} = 7,43V$$

En la gráfica están todos los voltajes y corrientes, incluyendo las corrientes que circulan por las resistencias del circuito de base del primer transistor.

