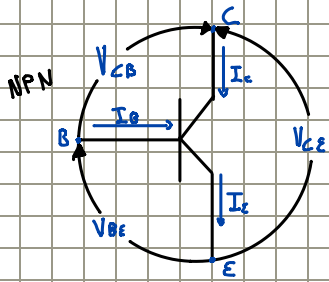


BREVE RESUMEN TRANSISTORES BIPOLARES



$$I_E = I_B + I_C \rightarrow I_E = (\beta + 1) I_B \rightarrow I_C = \beta \cdot I_B \rightarrow \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E$$

$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

- Corte: Transistor bloqueado, no pasa corriente apenas por el emisor.
($I_E = 0V$, $I_B \leq 0V$, $V_{BE} \leq 0V$, $V_{CE} \approx V_{CC}$)

- Activo: Efecto transistor. A pequeños aumentos de I_B , grandes aumentos de I_C , independiente de V_{CE} . ($I_C = \beta \cdot I_B$, $V_{BE} = 0.7V$, $V_{CC} > V_{CE} > 0.2V$)

- Saturación: Equivalente a interruptor cerrado. Aquí, aumentos de I_B no provocan aumentos en I_C , permaneciendo cte y disminuyendo β . I_C limitada por circuito exterior. ($V_{CE} = 0.2V$, $V_{BE} = 0.8V$, $I_C \leq \beta \cdot I_B$)

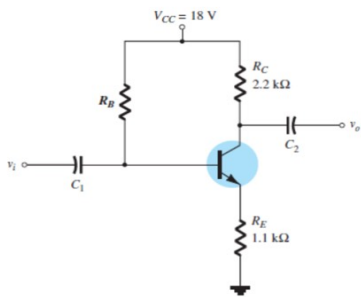


FIG. 4.26a
Red para el ejemplo 4.7.

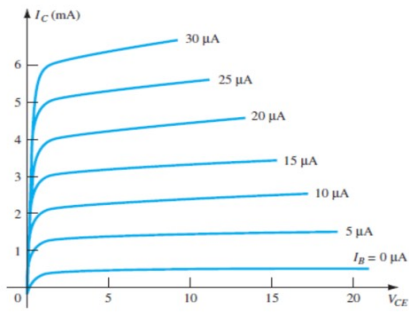
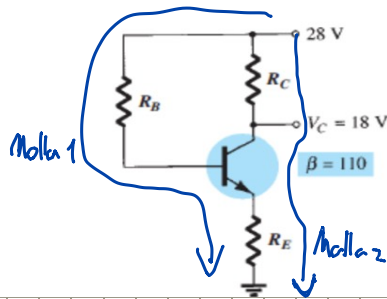


FIG. 4.26b
Ejemplo 4.7.

- Trace la recta de carga para la red de la figura 4.26a en las características del transistor que aparece en la figura 4.26b.
- Para un punto Q en la intersección de la recta de carga con una corriente de base de $20 \mu\text{A}$, determine los valores de I_{CQ} y V_{CEQ} .
- Determine la beta de cd en el punto Q .
- Utilizando la beta de la red determinada en la parte c, calcule el valor requerido de R_B y sugiera un posible valor estándar.

EJEMPLO 4.23 La configuración de polarización de emisor de la figura 4.61 tiene las siguientes especificaciones: $I_{CQ} = \frac{1}{2} I_{C_{sat}}$, $I_{C_{sat}} = 8 \text{ mA}$, $V_C = 18 \text{ V}$, y $\beta = 110$. Determine R_C , R_E , y R_B .



$$I_{CQ} = \frac{1}{2} I_{C_{sat}} \quad I_{C_{sat}} = 8 \text{ mA}$$

$$V_C = 18 \text{ V} \quad \beta = 110$$

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$\left. \begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ I_E &= I_B + I_C \end{aligned} \right\}$$

$$28 = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

$$28 = I_C R_C + 18 \longrightarrow R_C = \frac{10}{I_C}; \quad R_C = 2500 \Omega$$

$$V_{CE} = V_C - V_E; \quad V_{CE} + V_E = 18; \quad V_E = I_E R_E \quad I_C = I_{CQ} = 8/2 = 4 \text{ mA}$$

$$I_E = (1 + \beta) \cdot I_B \longrightarrow I_B = \frac{I_E}{(1 + \beta)}; \quad I_C = \beta \cdot \left(\frac{I_E}{(1 + \beta)} \right); \quad I_E = \frac{\beta + 1}{\beta} I_C$$

$$I_E = \frac{111}{110} \cdot 4; \quad I_E = 4.036 \text{ mA} \longrightarrow I_B = 0.036 \text{ mA}$$

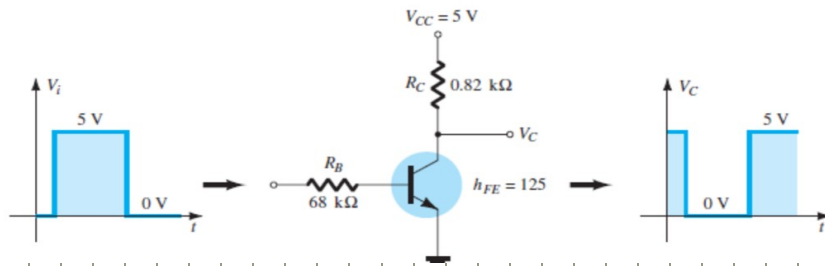
Por tanto:

$$28 = 0.036 \text{ mA} \cdot R_B + 0.7 + 4.036 \text{ mA} \cdot R_E$$

$$28 = 4 \text{ mA} \cdot 2500 +$$

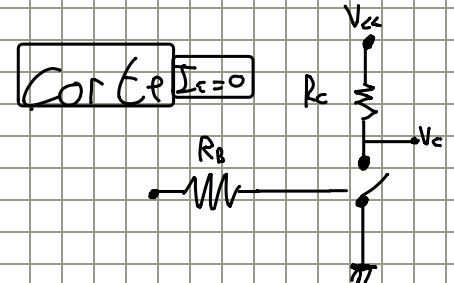
P3. Verificar que el circuito funciona como indican las gráficas de V_i y V_c .

$$V_{CC} = 5V$$



- Cuando $V_{BE} = 0V$, $V_C = 5V$

$$\begin{aligned} V_{BE} &= i_B R_B + V_{BE} + i_E R_E \\ V_C &= i_C R_C + V_{CE} + i_E R_E \end{aligned} \quad \begin{aligned} 0 &= i_B R_B + V_{BE} + i_E R_E \\ 5 &= i_C R_C + V_{CE} + i_E R_E \end{aligned}$$



Como el transistor está en corte, $I_C = I_E - I_B$; $I_C = 0$. No hay corriente que pase por la resistencia. Por tanto:

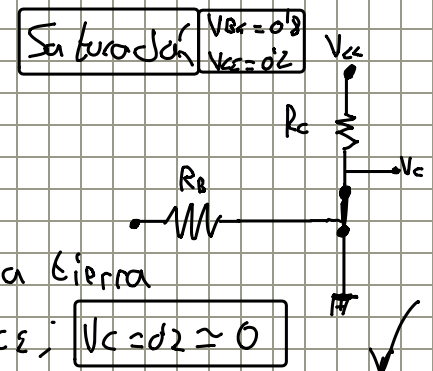
$$V_{CE} = 5; \quad V_{CE} = V_C - V_E; \quad \boxed{V_C = 5V}$$

↓
Conexión a Tierra



- Cuando $V_{BE} = 5V$, $V_C = 0V$

$$\begin{aligned} V_{BE} &= i_B R_B + V_{BE} + i_E R_E \\ V_C &= i_C R_C + V_{CE} + i_E R_E \end{aligned} \quad \begin{aligned} 5 &= i_B R_B + 0.7 + i_E R_E \\ 5 &= i_C R_C + V_{CE} + i_E R_E \end{aligned}$$



$$i_B = \frac{4.3}{68000}; \quad \boxed{i_B = 0.0617 \text{ mA}}$$

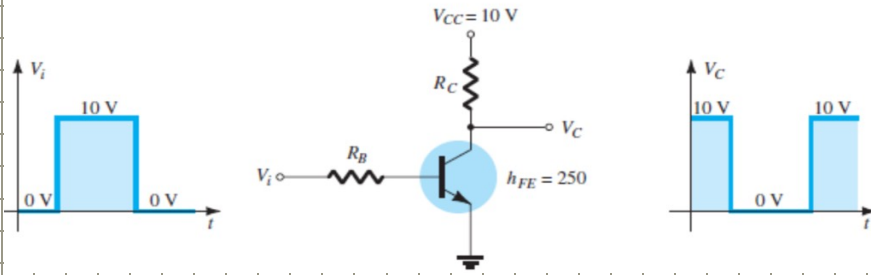
$$V_{CE} = V_C - V_E; \quad V_C = V_{CE}; \quad \boxed{V_C = 0.2 \approx 0}$$

↑
Conexión a Tierra



P4.

EJEMPLO 4.31 Determine R_B y R_C para el inversor de transistor de la figura 4.80 si $I_{C_{sat}} = 10 \text{ mA}$.



$$I_{C_{sat}} = 10 \text{ mA}$$

Saturación

$$V_{BE} = 0.8$$

$$V_{CE} = 0.2$$

$$V_i = V_{BE} = 10 \text{ V} \rightarrow V_{CC} = 0 \text{ V} \text{ (Demos estado on/off)}$$

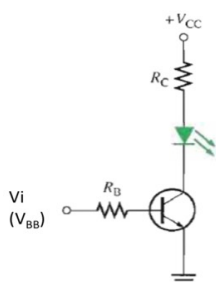
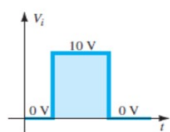
$$V_{BE} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \quad \left. \begin{array}{l} 10 = I_B R_B + 0.8 + 0 \\ 10 = I_C R_C + 0.2 + 0 \end{array} \right\} \rightarrow R_C = \frac{9.8}{10 \text{ mA}}; \quad R_C = 980 \, \Omega$$

$$V_{CE} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \quad \left. \begin{array}{l} 10 = I_C R_C + 0.2 + 0 \\ 10 = 250 \cdot I_B + 0.8 + 0 \end{array} \right\} \rightarrow R_B = \frac{9.2}{0.04 \text{ mA}}; \quad R_B = 230000 \, \Omega$$

$$I_C = \beta \cdot I_B; \quad 10 = 250 \cdot I_B; \quad I_B = 0.04 \text{ mA}$$

$$10 = 0.04 \text{ mA} \cdot R_B + 0.8; \quad R_B = \frac{9.2}{0.04 \text{ mA}}; \quad R_B = 230000 \, \Omega$$

P5. Calcular R_B y R_C para que el LED luzca cuando $V_i = 10V$. Datos: $V_{CC} = 12V$; $V_{LED} = 2V$; $\beta = 250$; $I_{LED-min} = 8mA$, $I_{LED-nominal} = 12mA$.



$$V_i = V_{BB} = 10V$$

$$V_{CC} = 12V$$

$$V_{LED} = 2V$$

$$\beta = 250$$

$$I_{LED-min} = 8mA$$

$$I_{LED-nominal} = 12mA$$

Suponemos Saturación

$$V_{CE} = 0.2V$$

$$V_{BE} = 0.8V$$

$$I_E = I_C + I_B, \quad I_C = \beta I_B$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_C R_E \rightarrow 0$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E + V_{LED} \rightarrow 0$$

$$10 = I_B R_B + 0.8$$

$$12 = I_C R_C + 0.2 + 2$$

$$I_C = I_{LED-nom}$$

Yn q-p por R_C circula la misma intensidad que por el led

$$12 = 12mA R_C + 2.2; \quad R_C = \frac{9.8}{26.72}; \quad R_C = 876.67 \Omega$$

$$I_C = \beta I_B; \quad I_B = \frac{12mA}{250} = 0.048mA$$

$$10 = 0.048 \cdot R_B + 0.8; \quad R_B = \frac{9.2}{0.048} = 191.666 \Omega$$

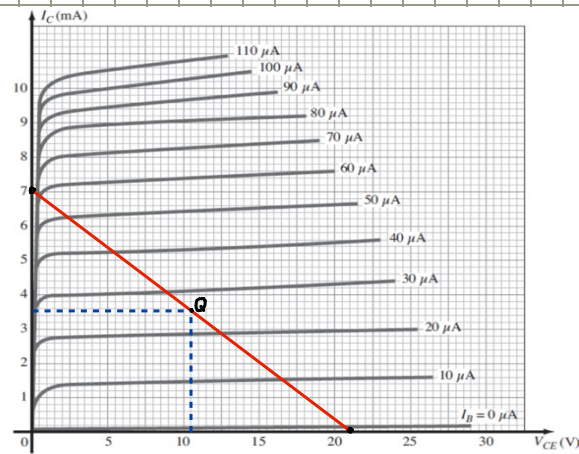
P7. Dadas las características del transistor BJT de la figura:

a. Trace una recta de carga en las características determinadas por $V_{CC} = 21\text{ V}$ y $R_C = 3\text{ k}\Omega$ para una configuración de polarización fija.

b. Seleccione un punto de operación a la mitad entre el corte y la saturación. Determine el valor de R_B para establecer el punto de operación resultante.

c. ¿Cuáles son los valores resultantes de I_{CQ} y V_{CEQ} ?

d. ¿Cuál es el valor de β en el punto de operación?



a) $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$; $21 = I_C \cdot 3000 + V_{CE}$; $I_C = \frac{21 - V_{CE}}{3000}$

$I_C = 0\text{ mA}$

$V_{CE} = 0$

$0 = \frac{21 - V_{CE}}{3000}$; $V_{CE} = 21\text{ V}$

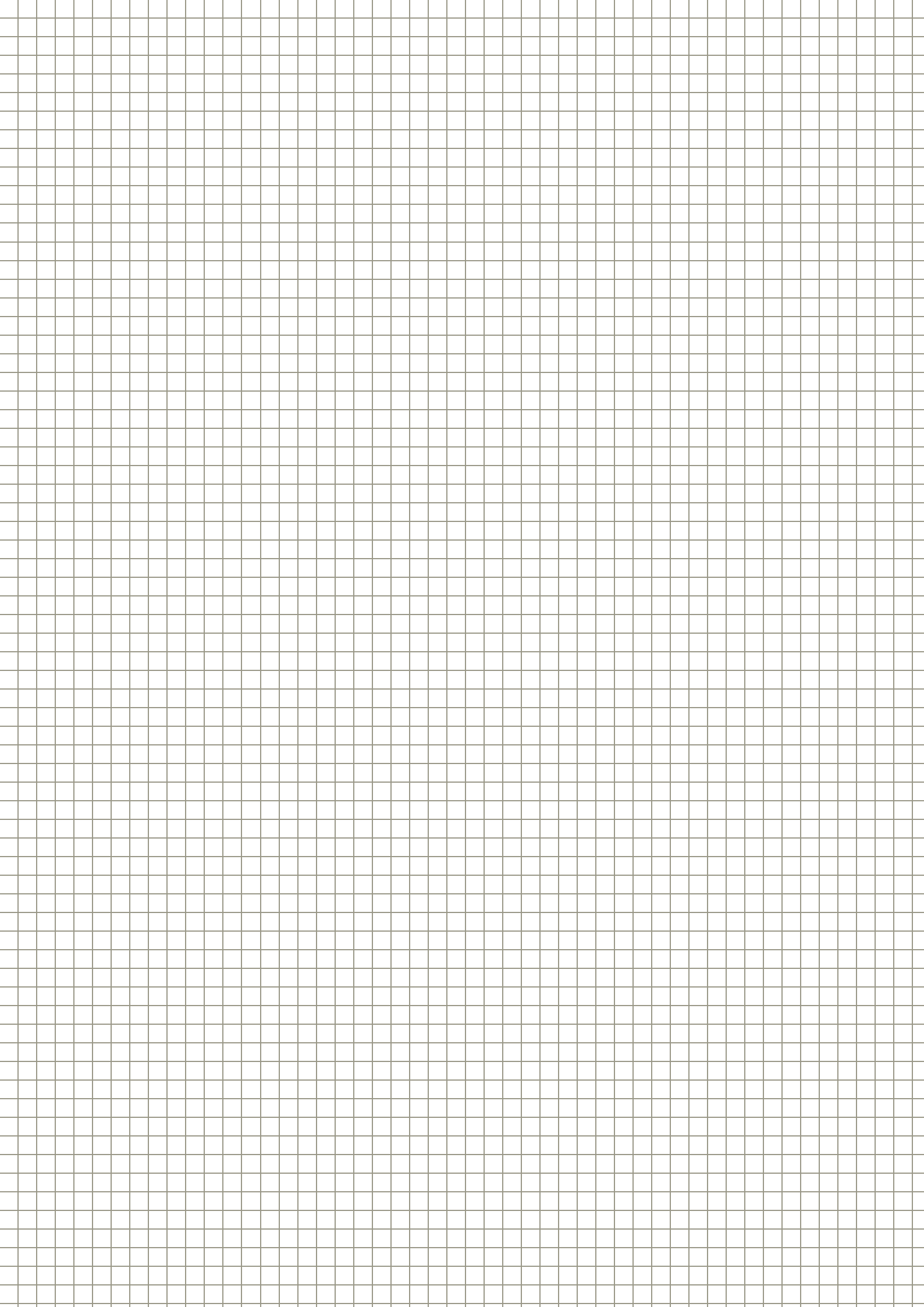
$I_C = \frac{21}{3000}$; $I_C = 7\text{ mA}$

b) $I_{CQ} = 7/2 = 3.5\text{ mA}$; $V_{CEQ} = 21/2 = 10.5\text{ V}$; $I_B \approx 25\text{ μA} = 0.025\text{ mA}$

$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$; $21 = 0.025\text{ mA} \cdot R_B + 0.7$; $R_B = 812\text{ k}\Omega$

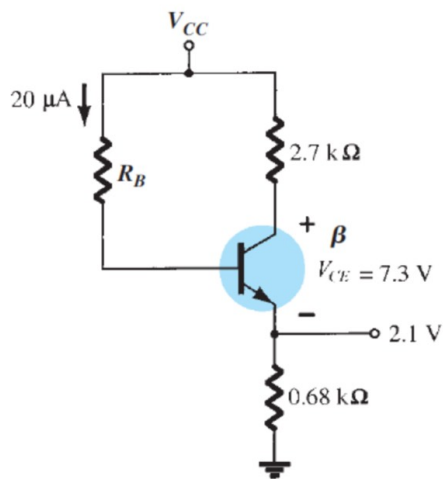
c) $I_C = 3.5\text{ mA}$; $V_{CE} = 10.5\text{ V}$

d) $I_C = \beta \cdot I_B$; $3.5 = \beta \cdot 0.025$; $\beta = 140$



P9. Determinar:

- β .
- V_{CC} .
- R_B .



$$V_{CE} = 7.3 \quad V_E = 2.1$$

$$I_B = 0.02 \text{ mA}$$

Como está en acción $\rightarrow V_{BE} = 0.7$

$$\left. \begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{BE} &= I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \end{aligned} \right\}$$

$$V_{CC} = I_C \cdot 2700 + 7.3 + 2.1$$

$$V_{CC} = 0.02 \cdot R_B + 0.7 + 2.1$$

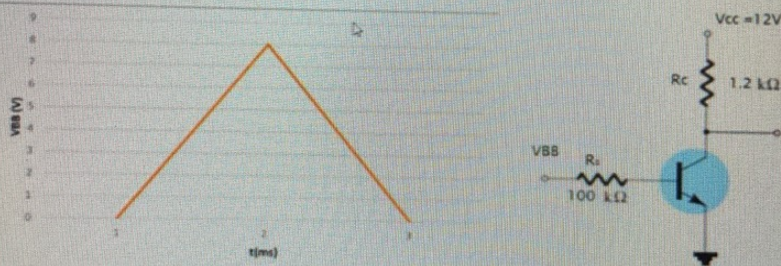
$$I_E = I_C + I_B$$

$$\rightarrow 3.09 = I_C + 0.02 ; I_C = 3.07 \text{ mA} ; I_C = \beta \cdot I_B ; \beta = \frac{3.07}{0.02} ; \beta = 153.5$$

$$V_{CC} = 3.07 \text{ mA} \cdot 2700 + 7.3 + 2.1 ; V_{CC} = 17.69 \text{ V} ; 17.69 = 0.02 \cdot R_B + 0.7 + 2.1 ; R_B = 744500 \Omega$$

PROBLEMA 1. (50%) Para la tensión de entrada V_{BB} que se muestra en la figura, determine gráficamente la evolución de la salida del circuito (V_{ce}), y represente gráficamente la curva de transferencia V_{ce} vs V_{BB} (Datos: $V_{CC}=12V$, $R_C=1200\Omega$, $R_B=100k\Omega$, $\beta=150$).

$$V_{CC}=12V \quad R_C=1200\Omega \quad R_B=100k\Omega \quad \beta=150$$



$$\left. \begin{aligned} V_{CC} &= i_C R_C + V_{CE} \\ V_{BB} &= i_B R_B + V_{BE} \end{aligned} \right\} \quad i_C = \beta \cdot i_B \quad i_E = i_C + i_B$$

$$V_{BB}=0V$$

$$\left. \begin{aligned} 12 &= i_C \cdot 1200 + V_{CE} \\ 0 &= i_B \cdot 100000 + V_{BE} \end{aligned} \right\} \quad V_{CE}=12V \quad ; \quad V_{CE} = V_C - V_E \quad ; \quad V_C=12V$$

$$V_{BB}=2V$$

$$\left. \begin{aligned} 12 &= i_C \cdot 1200 + V_{CE} \\ 2 &= i_B \cdot 100000 + V_{BE} \end{aligned} \right\} \quad V_{BE}=0.7 \quad ; \quad i_B = \frac{1.3}{100000} = 0.013mA$$

$$i_C = 150 \cdot 0.013 = 1.95mA$$

$$12 = 1.95mA \cdot 1200 + V_{CE} \quad ; \quad V_{CE} = 9.66V$$

$$V_{BB}=4V$$

$$\left. \begin{aligned} 12 &= i_C \cdot 1200 + V_{CE} \\ 4 &= i_B \cdot 100000 + V_{BE} \end{aligned} \right\} \quad V_{BE}=0.7 \quad ; \quad i_B = \frac{3.3}{100000} = 0.033mA$$

$$i_C = 150 \cdot 0.033 = 4.95mA$$

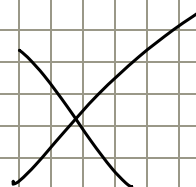
$$12 = 4.95mA \cdot 1200 + V_{CE} \quad ; \quad V_{CE} = 6.06V$$

$$V_{BB}=8V$$

$$\left. \begin{aligned} 12 &= i_C \cdot 1200 + V_{CE} \\ 8 &= i_B \cdot 100000 + V_{BE} \end{aligned} \right\} \quad V_{BE}=0.7 \quad ; \quad i_B = \frac{7.3}{100000} = 0.073mA$$

$$i_C = 150 \cdot 0.073 = 10.95mA$$

$$12 = 10.95mA \cdot 1200 + V_{CE} \quad ; \quad V_{CE} = -11.14V$$



$$V_{CE} = 0.2 \text{ V}$$

$$\left. \begin{aligned} 12 &= I_C \cdot 1200 + 0.2 \\ V_{BB} &= I_B \cdot 100000 + V_{BE} \end{aligned} \right\}$$

$$I_C = 9.83 \text{ mA}$$

$$9.83 = 150 \cdot I_B$$

$$I_B = 0.0655 \text{ mA}$$

$$V_{BB} = 0.0655 \text{ mA} \cdot 100000 + 0.7$$

$$V_{BB} = 7.2 \text{ V}$$

