

---

# Ejercicios resueltos de tecnología electrónica.

## Boletín 3. Transistor bipolar.

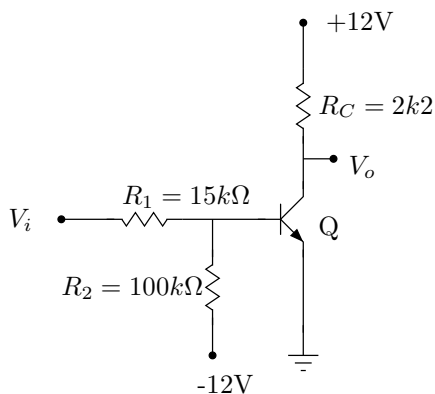
18 de agosto de 2008

All text is available under the terms of the [GNU Free Documentation License](http://www.gnu.org/licenses/fdl.html)

Copyright © 2008 Santa (QueGrande.org)

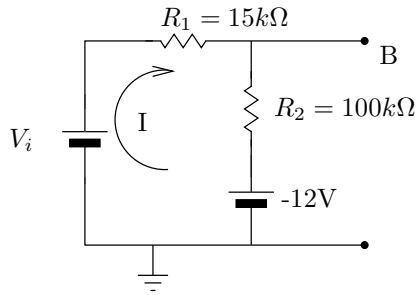
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is available at <http://www.gnu.org/licenses/fdl.html>

8. Si el transistor de silicio de la figura tiene un valor mínimo de  $\beta = h_{FE}$  de 30 y si  $I_{CBO} = 10nA$  a  $25^\circ C$ :
- Hallar  $V_o$  para  $V_i = 12V$  y demostrar que Q está en saturación.
  - Hallar el valor mínimo de  $R_1$  para que el transistor del apartado a) esté en la región activa.
  - Si  $R_1 = 15k\Omega$  y  $V_i = 1V$ , hallar  $V_o$  y demostrar que Q está en corte.
  - Hallar la temperatura máxima a la cual el transistor del apartado c) permanece en corte seguro ( $V_{BE}$  e  $I_E$  nulas)



### Solución:

- a) Hacemos Thévenin entre B y masa:



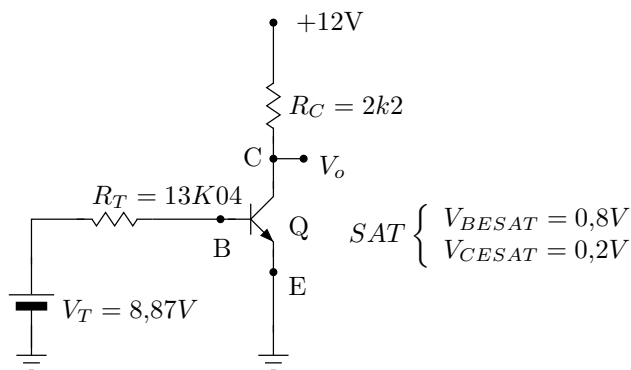
$$R_T = \frac{100 \cdot 15}{100 + 15} = 13,04K$$

$$I = \frac{V_i - (-12)}{R_1 + R_2} = \frac{V_i + 12}{115}$$

$$V_T = \frac{V_i + 12}{115} \cdot 100 + (-12) = \frac{20V_i - 36}{23}$$

$$V_i = 12V$$

$$V_T(V_i = 12V) = 8,87V$$



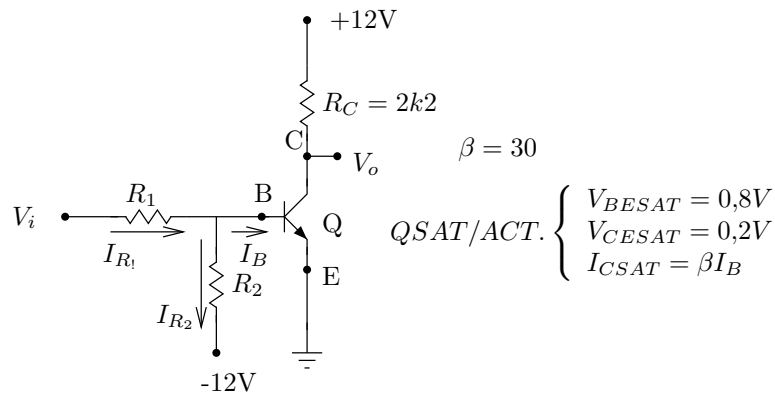
$$V_o = 0,2V$$

$$I_B = \frac{8,87 - 0,8}{13,04} = 0,62mA$$

$$I_{CSAT} = \frac{12 - 0,2}{2,2} = 5,36mA$$

$$\beta_{min} I_B = 30 \cdot 0,62 = 18,6mA > 5,36mA = I_{CSAT} \Rightarrow Q \text{ SAT.}$$

b)  $R_1$  mínima para Q ACT.

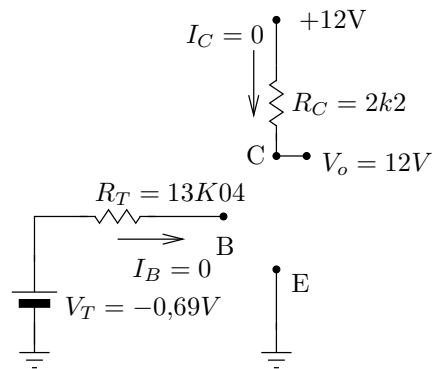


$$I_B = \frac{I_{CSAT}}{\beta} = \frac{5,36}{30} = 0,1787 \text{ mA}$$

$$I_{R_2} = \frac{0,8 - (-12)}{100} = 0,128 \text{ mA}$$

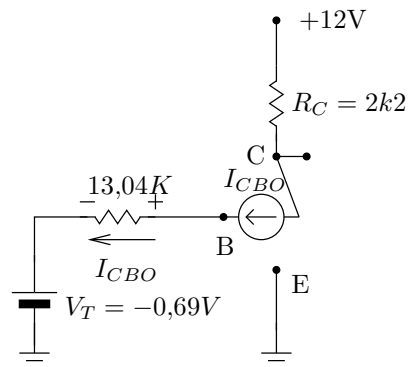
$$R_1 = \frac{12 - 0,8}{0,3067} = 36,52 \text{ K}\Omega$$

c)  $V_1 = 1V$ ; Q CORTE



$$V_{BE} = -0,69V > V_\gamma = 0,5V \Rightarrow \text{Q OFF}$$

d)  $V_\gamma = 0$  (corte estricto)



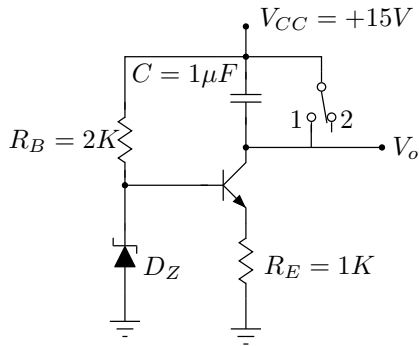
$$V_{BE} = I_{CBO} \cdot 13,04 - 0,69 = 0$$

$$I_{CBO} = 0,053 \text{ mA}$$

$$T = 148,7^\circ\text{C}$$

Feb-96. En el circuito de la figura, determinar:

- Punto de funcionamiento del BJT y valor de  $V_o$ , con el interruptor S en la posición 1, si ha permanecido en dicha posición tiempo suficiente para alcanzar las condiciones finales.
- Punto de funcionamiento del BJT y valor de  $V_o$ , con el interruptor S en la posición 2, si ha permanecido en dicha posición tiempo suficiente para alcanzar las condiciones finales.
- Valor de  $V_o$  para  $t = 1\text{mseg.}$  y para  $t = 10\text{mseg.}$ , si en  $t = 0\text{mseg.}$  el interruptor S pasa de la posición 1 a la 2 después de permanecer elevado tiempo en la 1.

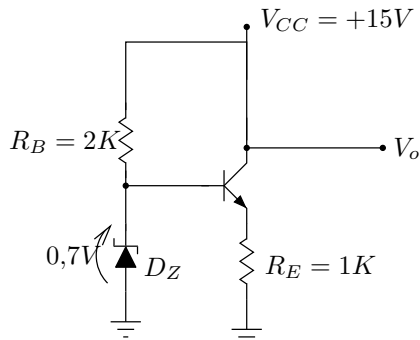


$$D_Z \begin{cases} V_Z = 4,7V \\ I_{Z \text{ min}} = 1mA \\ R_Z = 0\Omega \end{cases}$$

$$BJT \begin{cases} V_\gamma = 0,5V \\ V_{BE} = V_{BE \text{ SAT}} = 0,7V \\ V_{CESAT} = 0V \\ \beta = 200 \end{cases}$$

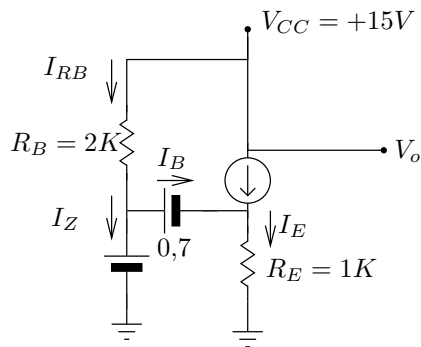
**Solución:**

- Pto. funcionam<sup>o</sup> con  $S = 1$  y  $V_o$  (Rég. permanente)



$$V_o = V_{CC} = 15V$$

Suponemos que  $D_Z$  está en Zéner y el BJT en activa:



$$I_{RB} = \frac{15 - 4,7}{2} = 5,15mA$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 4,7 - 0,7 = 4V$$

$$I_E = \frac{4V}{1k\Omega} = 4mA$$

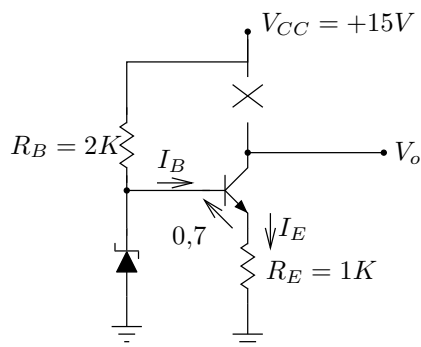
$$V_{CE} = 14 - 4 = 11V$$

$V_{CE} > V_{CESAT} \Rightarrow$  No está en saturación.

$$I_C \simeq I_E \quad \left( I_B = \frac{I_C}{\beta} \right)$$

$I_{RB} \gg I_B \Rightarrow I_{RB} \simeq I_Z > 1mA \Rightarrow D_Z$  en Zéner

b) Pto. funcionamiento y  $V_o$  con  $S = 2$  (Rég. est. perm.)



Suponemos que  $D_Z$  está en Zéner y el BJT en saturación:

$$I_C = 0; \text{BJT} = \text{sat} \rightarrow V_{CE} = V_{CE SAT} = 0V$$

$$I_E = I_B + I_C = I_B = \frac{4,7 - 0,7}{1} = 4mA$$

$$V_o = V_{CESAT} + V_E = 0 + 4 = 4V$$

$$I_{RB} = \frac{15 - 4,7}{2} = 5,15mA$$

$$I_Z = I_{RB} - I_B = 5,15 - 4 = 1,15mA > I_{Z \text{ min}}$$

c)  $V_o$  para  $t = \begin{cases} 1ms \\ 10seg. \end{cases}$ , si en  $t = 0$  S pasa de 1 a 2 (reg, est. en 1)

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$\frac{1}{C} \cdot i(t) \cdot dt$$

$$\frac{1}{C} \int_0^{t_0} i(t) \cdot dt = \int_0^{t_0} dv(t) = V(t_0) - V(0) = V(t_0)$$

Suponiendo que el transistor BJT está en activa:

$$I_C = \beta I_B = cte.$$

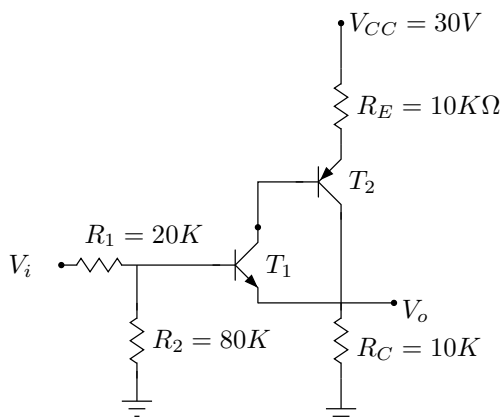
$$V(t_0) = \frac{1}{C} \int_0^{t_0} i \cdot dt = \frac{1}{C} \cdot i \cdot t_0 = \frac{1}{C} I_C t_0$$

$$V_o(t = 1ms) = V_{CC} - V(t_0 = 1ms) = 15 - \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 11V$$

$$V_o(t = 10s) = V_{CC} - V(t_0 = 10s) = 15 - \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 10}{10^{-6}} < 0 \Rightarrow BJT \text{ sat} \Rightarrow V_o(t = 10s) = 4V$$

Sep-93. En el circuito de la figura y suponiendo  $T_1$  y  $T_2$  transistores de silicio con  $\beta_1 = 50$  y  $\beta_2 = 20$ , determinar:

- Punto de funcionamiento ( $I_C$ ,  $V_{CE}$ ) de cada uno de los transistores para  $V_i = 10V$ .
- Valor mínimo de  $V_i$  que satura a alguno de los transistores y punto de funcionamiento en este caso de  $T_1$  y  $T_2$ .



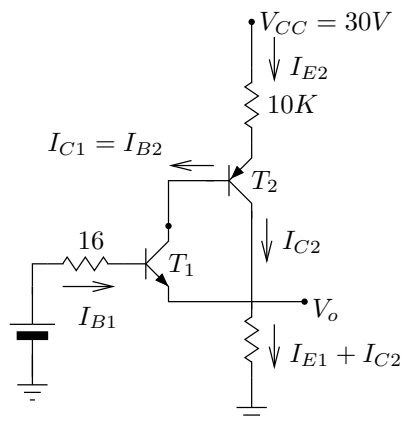
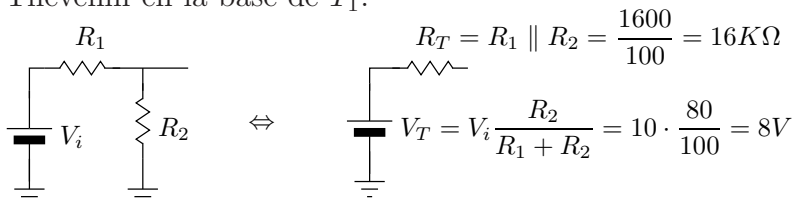
$$T_1 = \begin{cases} I_{C1} = \beta_1 I_{B1} \\ V_{BE1} = 0,7V \\ I_{E1} = (1 + \beta_1) I_{B1} \end{cases}$$

$$T_2 = \begin{cases} I_{C2} = \beta_2 I_{B2} \\ -V_{BE2} = 0,7V \\ I_{E2} = (1 + \beta_2) I_{B2} \end{cases}$$

**Solución:**

a) Pto. trabajo /  $V_i = 10V$

Thévenin en la base de  $T_1$ :



Ecuación malla base  $T_1$

$$0,8V_i = I_{B1} \cdot 16 + 0,7 + (I_{E1} + I_{C2})R_C = I_{B1}R_T + V_{BE1} + ((1 + \beta_2)I_{B1} + \beta_2\beta_1 I_{B1})R_C$$

«Es un montaje Darlington en el sentido de que  $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ »

Para  $V_i = 10V$ :

$$8 = I_{B1} \cdot 16 + 0,7 + (51I_{B1} + 1000I_{B1}) \cdot 10$$

$$I_{B1} = 0,693\mu A$$

$$I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1} = 0,0346mA = I_{B2}$$

$$I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = 0,693mA$$

Malla de colector de  $T_2$

---

$$V_{CC} = I_{E2} \cdot R_E + V_{EC2} + (I_{E1} + I_{C2}) \cdot R_C$$

$$V_{EC2} = \dots = 15,45V \Rightarrow \text{Activa.}$$

$$V_{CE1} = V_{EC2} = V_{EB2} = \dots = 14,75V \Rightarrow \text{Activa, suposición correcta.}$$

b) Valor de  $V_i$  que sature al grupo de los transistores y pto. func.

$$T_1 \rightarrow SAT \Rightarrow \begin{cases} I_{C1} = \beta I_{B1} \\ V_{CE1} = 0,8V \\ V_{BE1} = 0,8V \end{cases}$$

Malla colector  $T_1$ :

$$V_{CE} = (1 + \beta_2)\beta_1 \cdot I_{B1} \cdot R_E + V_{EB2} + V_{CE1} + [(1 + \beta_1)I_{B1} + \beta_1\beta_2 I_{B1}] \cdot R_C$$

$$30 = 21 \cdot 50 \cdot I_{B1} \cdot 10 + 0,7 + 0,2 + [51I_{B1} + 1000I_{B1}] \cdot 10$$

$$I_{B1} = I_{B1 \text{ SAT}} = 1,385\mu A$$

$$I_{C1 \text{ SAT}} = I_{B1 \text{ SAT}} \cdot \beta = 0,0692mA$$

$$I_{C2} = \beta I_{B2} = 1,385mA$$

$$V_{CE1} = V_{CE \text{ SAT } 1} = 0,2V$$

$$V_{EC2} = V_{EB2} + V_{CE1} = 0,7 + 0,2 = 0,9V$$

$$0,8V_i = I_{B1} \cdot R_T + V_{BE1 \text{ SAT}} + (I_{B1} + I_{C2}) \cdot R_C$$

$$V_i = 19,22V$$