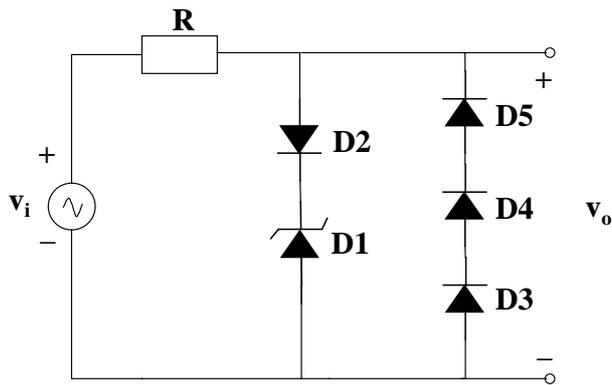


EJERCICIO 1 (realizar los cálculos con una precisión de 5 cifras significativas)

(1) a) Dibujar la curva de transferencia del circuito de la figura. ($V_Z = 9,4\text{ V}$; $V_\gamma = 0,6\text{ V}$; $R = 1\text{ k}\Omega$)



$$* -\infty < v_i \leq V_{X1} \Rightarrow \begin{cases} D1, & D2 & \text{Corte} \\ D3, & D4, & D5 & \text{Conducen} \end{cases}$$

$$v_o = -(V_{D3} + V_{D4} + V_{D5}) = -(0,6\text{V} + 0,6\text{V} + 0,6\text{V}) = -1,8\text{V}$$

Esto se cumplirá mientras que $-v_i \geq (V_{\gamma3} + V_{\gamma4} + V_{\gamma5}) = (0,6\text{V} + 0,6\text{V} + 0,6\text{V}) = 1,8\text{V} \Rightarrow v_i \leq -1,8\text{V}$
Entonces se tiene que $V_{X1} = -1,8\text{V}$

$$* -1,8\text{V} < v_i \leq V_{X2} \Rightarrow \begin{cases} D1, & D2 & \text{Corte} \\ D3, & D4, & D5 & \text{Corte} \end{cases}$$

No circula corriente por el circuito y la caída de tensión en R es nula. Por lo tanto, $v_o = v_i$.

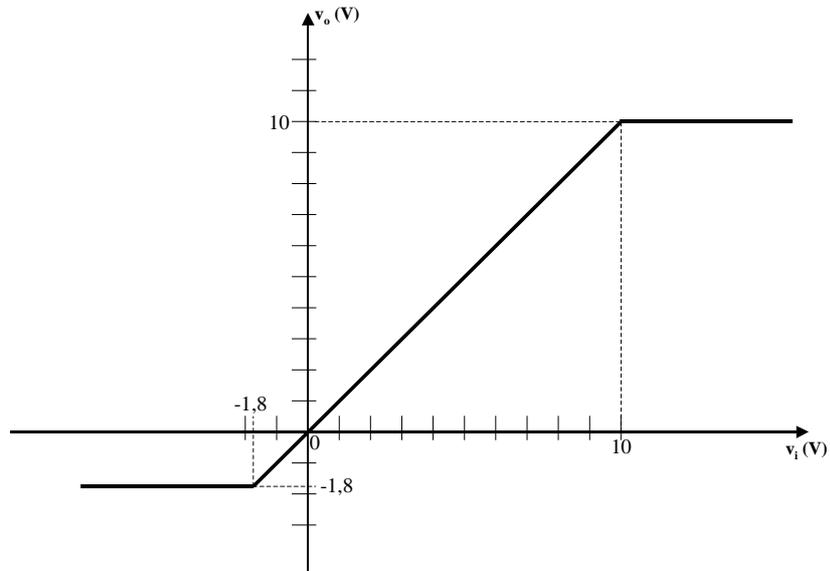
Esto se cumplirá mientras que $v_i \leq (V_{z1} + V_{\gamma2}) = (9,4\text{V} + 0,6\text{V}) = 10\text{V}$
Entonces se tiene que $V_{X2} = 10\text{V}$

$$* 10\text{V} < v_i < \infty \Rightarrow \begin{cases} D1 & \text{Re gula} \\ D2 & \text{Conduce} \\ D3, & D4, & D5 & \text{Corte} \end{cases}$$

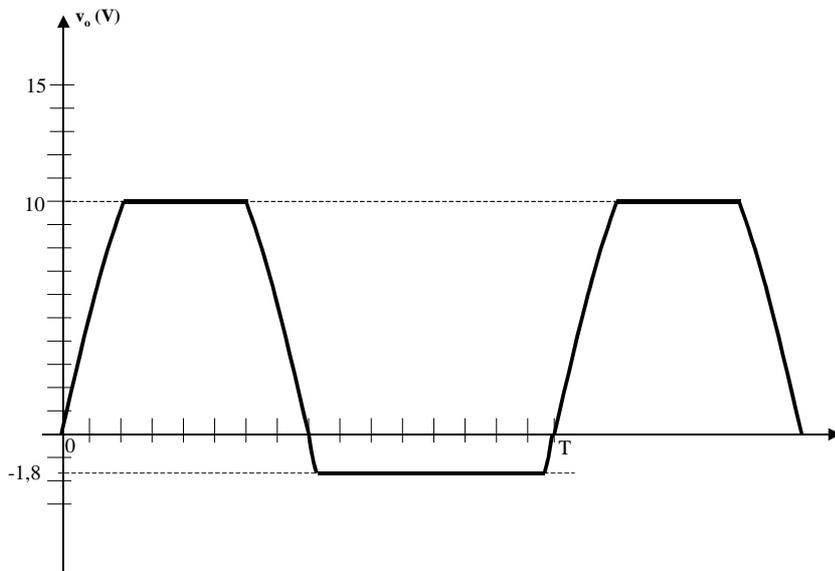
$$v_o = (V_{z1} + V_{\gamma2}) = (9,4\text{V} + 0,6\text{V}) = 10\text{V}$$

Por lo tanto, la función de transferencia del circuito es la siguiente:

$$v_o = \begin{cases} -1,8\text{V} & -\infty < v_i \leq -1,8\text{V} \\ v_i & -1,8\text{V} < v_i \leq 10\text{V} \\ 10\text{V} & 10\text{V} < v_i < \infty \end{cases}$$



(0,5) **b)** Dibujar la forma de onda de la señal de salida si a la entrada se aplica una señal (expresada en voltios) $v_i(t) = 15 \text{ sen } \omega t$.



(0,5) **c)** Si se aumenta el valor de la resistencia R , el diodo $D1$ empezaría a regular y el diodo $D2$ a conducir a una tensión v_i mayor o menor que la del apartado a).

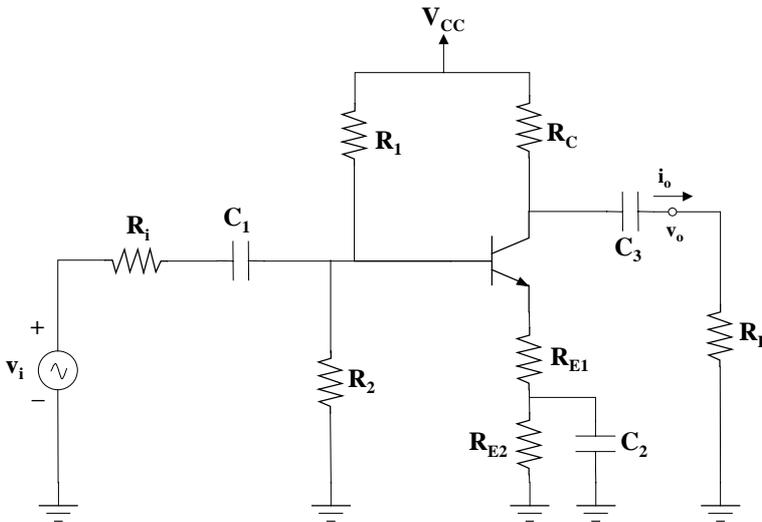
El valor de R no influye sobre el estado de polarización de los diodos.

EJERCICIO 2 (realizar los cálculos con una precisión de 5 cifras significativas)

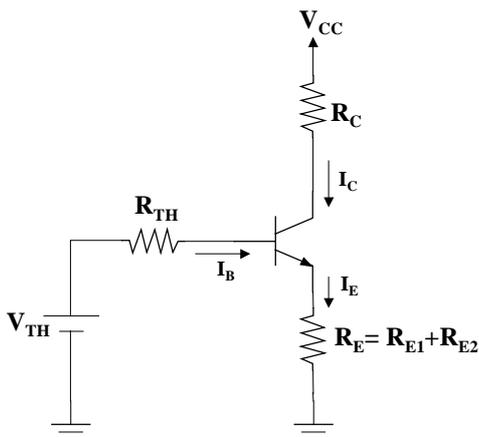
(1) a) Hallar el punto de trabajo en reposo del transistor de la figura.

DATOS: $V_{CC} = 15\text{ V}$ $R_i = 100\ \Omega$ $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ $R_2 = 4,7\text{ k}\Omega$ $R_C = 1\text{ k}\Omega$ $R_{E1} = 500\ \Omega$ $R_{E2} = 500\ \Omega$ $C_1 = C_2 = C_3 = 47\ \mu\text{F}$

Transistor: $V_{BEon} = 0,7\text{ V}$ $V_{CEsat} = 0,2\text{ V}$ $\beta = 100$



En reposo ($f = 0$) los condensadores son circuitos abiertos. Se hace el equivalente Thevenin del divisor resistivo del circuito de polarización de la base y el circuito que queda para el análisis del punto de trabajo en reposo del transistor es:



$$V_{TH} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15\text{V} \frac{4,7\text{K}}{10\text{K} + 4,7\text{K}} = 4,7959\text{V}$$

$$R_{TH} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10\text{K} \cdot 4,7\text{K}}{10\text{K} + 4,7\text{K}} = 3,1972\text{K}$$

* Se supone que el transistor está en activa:

$$V_{TH} = I_B \cdot R_{TH} + V_{BE} + I_E \cdot R_E = I_B \cdot R_{TH} + V_{BE} + (\beta + 1)I_B \cdot R_E \Rightarrow$$

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_E} = \frac{4,7959\text{V} - 0,7\text{V}}{3,1972\text{K} + 101 \cdot 1\text{K}} = 0,039309\text{mA} = 39,309\ \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 39,309\ \mu\text{A} = 3,9309\text{mA}$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = 101 \cdot 39,309\ \mu\text{A} = 3,9702\text{mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - I_E \cdot R_E = 15\text{V} - 3,9309\text{mA} \cdot 1\text{K} - 3,9702\text{mA} \cdot 1\text{K} = 7,0989\text{V} \Rightarrow \text{Suposición correcta}$$

Por lo tanto el transistor está en activa y el punto de trabajo es:

$$Q = (3,9309\text{ mA}; 7,0989\text{ V})$$

(1) **b)** Hallar el valor mínimo que debe tener R_C para que el transistor esté saturado en el punto de trabajo en reposo

Para que el transistor esté saturado debe cumplirse que $V_{CE} = 0,2V \Rightarrow V_{CC} - V_{CE} = I_C \cdot R_C + I_E \cdot R_E$

Justo al entrar en saturación debe cumplirse esta igualdad viniendo en transistor del estado activo. Despejando R_C se obtiene:

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - I_E \cdot R_E}{I_C} = \frac{15V - 0,2V - 3,9702mA \cdot 1K}{3,9309mA} = 2,75K$$

Por lo tanto, para una resistencia mayor o igual a $2,75 K\Omega$ el transistor estaría saturado en el punto de reposo.

$$R_C \geq 2,75K\Omega$$

(0,5) **e)** Hallar el valor del condensador C_2 para que en el punto de trabajo en reposo el transistor esté saturado

El valor de C_2 no influye en el punto de trabajo en reposo.

(0,5) **d)** Hallar el valor de la tensión de salida v_o si a la entrada se aplica una tensión continua $v_i(t) = 10 V$.

Como la tensión de entrada es continua, los condensadores siguen comportándose como circuitos abiertos y no circula corriente por ellos.

$$i_o = 0 \Rightarrow v_o = 0$$

$$v_o = 0$$

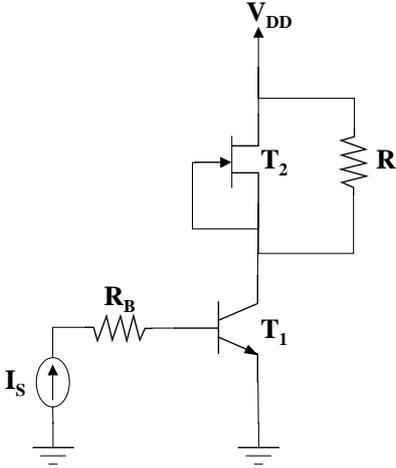
EJERCICIO 3 (realizar los cálculos con una precisión de 5 cifras significativas)

(1,5) a) En el circuito de la figura calcular los estados por los que pasan los transistores cuando I_S varía entre 0 y 100 μA y los valores límites de dicha I_S en donde los transistores cambian de estado. Las características del JFET se pueden aproximar por tramos lineales.

DATOS: $V_{DD} = 15\text{ V}$ $R = 4\text{ k}\Omega$

Transistor T1: $V_{BEon} = 0,7\text{ V}$ $V_{CEsat} = 0,2\text{ V}$ $\beta = 100$

Transistor T2: $|V_P| = 4\text{ V}$ $|I_{DSS}| = 2\text{ mA}$



* $I_S = 0 \Rightarrow$ T1 y T2 en corte

* $0 < I_S \Rightarrow$ T1 y T2 empiezan a conducir, T1 en activa y T2 en óhmica.

$$V_{DD} = V_{DS} + V_{CE} \Rightarrow 15\text{V} = V_{DS} + V_{CE}$$

Como $V_{GS} = 0$, T2 entra en saturación para $V_{DS} = |V_P| = 4\text{V} \Rightarrow V_{CE} = 11\text{V}$ y T1 sigue en activa.

$$\text{Cuando T2 entra en saturación } I_R = \frac{V_{DS}}{R} = \frac{4\text{V}}{4\text{K}} = 1\text{mA}; \quad I_D = I_{DSS} = 2\text{mA} \Rightarrow I_C = I_D + I_R = 2\text{mA} + 1\text{mA} = 3\text{mA}$$

$$\text{Como T1 está en activa } \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{3\text{mA}}{100} = 0,03\text{mA} = 30\mu\text{A} = I_S$$

Por lo tanto para $0 < I_S \leq 30\mu\text{A}$ T1 está en activa y T2 en óhmica

* $30\mu\text{A} < I_S \Rightarrow$ T1 está en activa y T2 en saturación. El próximo cambio de estado se producirá cuando T1 se satura. En este punto T2 ya está saturado y tiene que cumplirse que $V_{CE} = 0,2\text{V}$. Esto implica que:

$$V_{DS} = V_{DD} - V_{CE} = 15\text{V} - 0,2\text{V} = 14,8\text{V} \Rightarrow I_R = \frac{V_{DS}}{R} = \frac{14,8\text{V}}{4\text{K}} = 3,7\text{mA} \Rightarrow I_C = I_D + I_R = 2\text{mA} + 3,7\text{mA} = 5,7\text{mA}$$

La corriente de base necesaria para alcanzar esta corriente de colector necesaria para saturar T1 será

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5,7\text{mA}}{100} = 0,057\text{mA} = 57\mu\text{A} = I_S$$

Por lo tanto para $30\mu\text{A} < I_S \leq 57\mu\text{A}$ T1 está en activa y T2 saturado y para $57\mu\text{A} < I_S \leq 100\mu\text{A}$ T1 y T2 están saturados

La respuesta a este apartado es la siguiente:

* $I_S = 0$	T1 y T2 en corte
* $0 < I_S \leq 30\mu\text{A}$	T1 en activa y T2 en óhmica
* $30\mu\text{A} < I_S \leq 57\mu\text{A}$	T1 en activa y T2 saturado
* $57\mu\text{A} < I_S \leq 100\mu\text{A}$	T1 saturado y T2 saturado

(1) **b)** Hallar el valor que debería tener R para que la corriente máxima en el colector del transistor T1 fuese de 10 mA

La corriente máxima en el colector se alcanza cuando T1 se satura $\Rightarrow V_{CE} = 0,2 \text{ V}$ y $V_{DS} = V_{DD} - V_{CE} = 15\text{V} - 0,2\text{V} = 14,8\text{V}$.

Este valor de V_{CE} implica que T2 está también saturado y como $V_{GS} = 0$ la corriente de drenador I_D tiene que ser igual a $I_{DSS} = 2 \text{ mA}$.

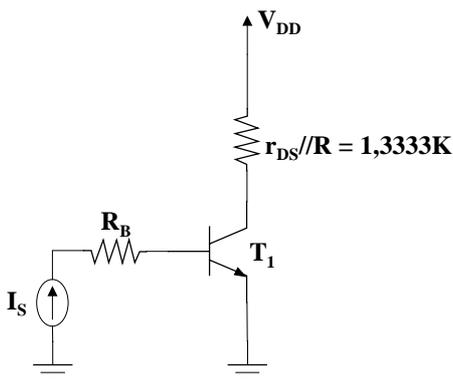
Para que I_C sea igual a 10 mA y como $I_C = I_D + I_R$, tiene que cumplirse que $I_R = I_C - I_D = 10 \text{ mA} - 2 \text{ mA} = 8 \text{ mA}$.

$$I_R = \frac{V_{DS}}{R} \Rightarrow R = \frac{V_{DS}}{I_R} = \frac{14,8\text{V}}{8\text{mA}} = 1,85\text{K}$$

$R = 1,85 \text{ K}\Omega$

(0,5) **c)** Hallar el valor de la tensión entre el colector y el emisor del transistor T1 cuando la fuente de corriente I_S toma un valor de $10 \mu\text{A}$.

Para $I_S = 10 \mu\text{A}$ T1 está en activa y T2 está en óhmica. El circuito equivalente sería el siguiente:



$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 10\mu\text{A} = 1\text{mA}$$

$$r_{DS} = \frac{|V_P|}{|I_{DSS}|} = \frac{4\text{V}}{2\text{mA}} = 2\text{K}$$

$$r_{DS} // R = \frac{r_{DS} \cdot R}{r_{DS} + R} = \frac{2\text{K} \cdot 4\text{K}}{2\text{K} + 4\text{K}} = 1,3333\text{K}$$

$$V_{CE} = V_{DD} - I_C \cdot (r_{DS} // R) = 15\text{V} - 1\text{mA} \cdot 1,3333\text{K} = 15\text{V} - 1,3333\text{V} = 13,666\text{V}$$

$V_{CE} = 13,666\text{V}$