

Tema 3. Transistores BJT

Problema 3.1

En el circuito de la figura 3.1.1, calcule la corriente de colector I_C y la tensión colector-emisor V_{CE} . Indique claramente el estado del transistor y verifique las hipótesis realizadas.

Datos:

$$V_{BEON} = 0,7V, V_{CEsat} = 0,2V, \beta = 10$$

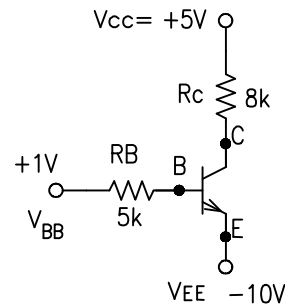


Figura 3.1.1

Solución:

Suponiendo que el transistor está en activa (figura 4.1.2), se tiene:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_B}{R_B} = \frac{V_{BB} - (V_E + V_{BEON})}{R_B} = \frac{1 - (-10 + 0,7)}{5k} = 2,06mA$$

Si se ha supuesto activa ($I_C = \beta \cdot I_B = 20,6mA$), la tensión V_{CE} será:

$$V_{CE} = V_C - V_E = (V_{CC} - I_C R_C) - (V_{EE}) = (5 - 20,6 \cdot 10^{-3} \cdot 8k) - (-10) = -149,8V$$

Se observa que la hipótesis inicial de conducción en activa no es cierta. El transistor funciona en saturación.

La corriente de colector se puede calcular por:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = \frac{V_{CC} - (V_E + V_{CEsat})}{R_C} = \frac{5 - (-10 + 0,2)}{8k} = 1,85mA$$

Se comprueba que, con la corriente de base anterior, el transistor está saturado ya que $\beta \cdot I_B > I_C$, en este caso:

$$20,6mA > 1,85mA$$

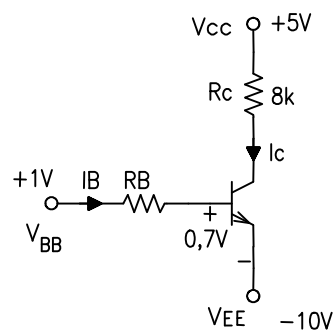


Figura 3.1.2

Problema 3.2

El transistor de la figura 3.2.1 trabaja en saturación. Compruebe si esta afirmación es correcta.

Datos: $V_{CESAT} = 0,2V$, $\beta = 100$, $V_{BE} = 0,7V$

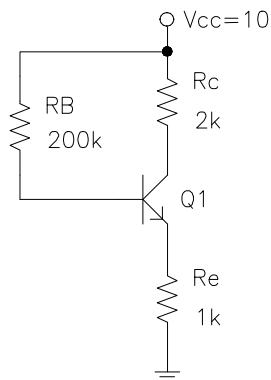


Figura 3.2.1

Solución:

La condición para que el transistor se encuentre en saturación es:

$$\beta \cdot I_B \geq I_C$$

Llamando V_E a la tensión del emisor, y suponiendo que el transistor está saturado:

$$V_B = V_E + V_{BE} = V_E + 0,7$$

$$V_C = V_E + V_{CESAT} = V_E + 0,2$$

Las corrientes de base y colector pueden expresarse como:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} = \frac{10 - V_E - 0,7}{200k}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = \frac{10 - V_E - 0,2}{2k}$$

Como:

$$I_E = \frac{V_E}{1k}$$

y siempre se cumple que:

$$I_E = I_C + I_B$$

queda:

$$\frac{V_E}{1k} = \frac{10 - V_E - 0,2}{2k} + \frac{10 - V_E - 0,7}{200k}$$

Despejando V_E :

$$V_E = 3,28V$$

A partir del valor de V_E se calculan I_B e I_C :

$$I_B = 30,07\mu A$$

$$I_C = 3,26mA$$

Se ha trabajado suponiendo que el transistor está en saturación, por tanto se debería cumplir la desigualdad $\beta \cdot I_B \geq I_C$, que es fácil comprobar que no se cumple, por lo que se puede decir que el transistor no está en saturación. El transistor se encuentra en su zona activa y los valores de polarización son: $I_B = 30,9\mu A$, $I_C = 3,09mA$, $I_E = 3,12mA$ y $V_{CE} = 0,7V$ (muy cerca de la saturación pero sin llegar a ella).

Problema 3.3

En el circuito de la figura 3.3.1 V_{IN} es una tensión continua positiva. Determine el valor de V_{IN} a partir del cual el transistor trabaja en la región de saturación.

Datos:

$$V_{BEON} = 0,7V, V_{CEsat} = 0,2V, \beta = 300$$

Solución:

Se calculará la tensión V_{CE} , en función de V_{IN} , y se igualará a $0,2V$.

La tensión del emisor es:

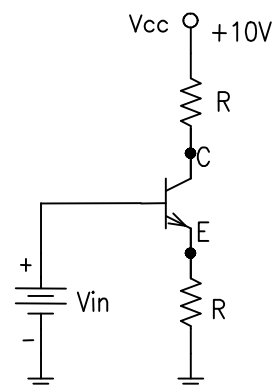


Figura 3.3.1

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

Por tanto, la corriente de emisor es:

$$I_E = \frac{V_E}{R} = \frac{V_{IN} - 0,7}{R}$$

Al estar trabajando en activa, se puede suponer que $I_C \approx I_E$ ya que β es grande. Con estas condiciones, la tensión en el colector vale:

$$V_C = V_{CC} - I_C R \approx 10 - I_E R = 10 - \left(\frac{V_{IN} - 0,7}{R} \right) R = 10,7 - V_{IN}$$

Finalmente, V_{CE} es entonces:

$$V_{CE} = V_C - V_E = (10,7 - V_{IN}) - (V_{IN} - 0,7) = 11,4 - 2 \cdot V_{IN}$$

igualando al valor V_{CESat} y despejando queda:

$$V_{IN} = 5,6V$$

Ejercicio 3.4

En el circuito de la figura ($\beta=50$) calcule el valor de las corrientes I_B , I_C e I_E así como el de las tensiones V_B , V_C y V_E .

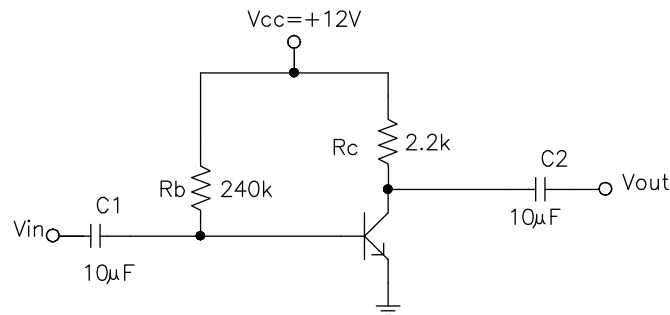


Figura 3.4.1

Solución:

El circuito de la figura 4.4.1 es equivalente, en continua, al mostrado en la figura 3.4.2:

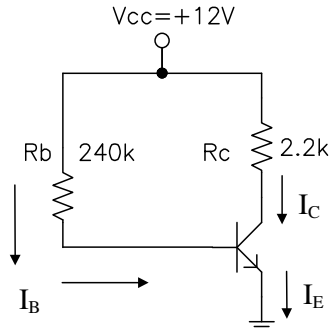


Figura 3.4.2

Suponiendo que el transistor se encuentra en su zona activa se puede aproximar que $V_{BE} = 0,7V$. Como $V_E = 0$ se tiene que $V_B = V_{BE} = 0,7V$. En este caso la corriente I_B será:

$$I_B = \frac{V_{RB}}{R_B} = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0,7}{240k} = 47,1\mu A$$

A partir de ella se calcula el valor de I_C e I_E :

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot (47,1 \cdot 10^{-6}) = 2,35mA$$

$$I_E = I_C + I_B = 2,4mA$$

Ahora es fácil calcular el valor de V_C :

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 12 - (2,2k)(2,35 \cdot 10^{-3}) = 12 - 5,18 = 6,82V$$

Problema 3.5

En el circuito de la figura 3.5.1 obtenga el punto de funcionamiento en continua (V_{CEQ} y I_{CQ}) del transistor. Suponga que trabaja en activa.

Datos: $V_{BEON} = 0,7V$, $V_{CEsat} = 0,2V$, $\beta = 20$

Solución:

Suponiendo que el transistor está en activa, $I_C = \beta \cdot I_B$, y por tanto:

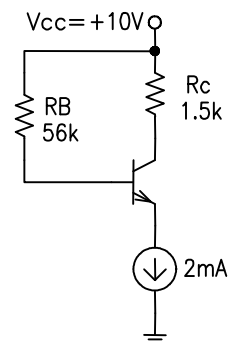


Figura 3.5.1

$$I_E = I_C + I_B = \beta \cdot I_B + I_B = 21 \cdot I_B = 2mA$$

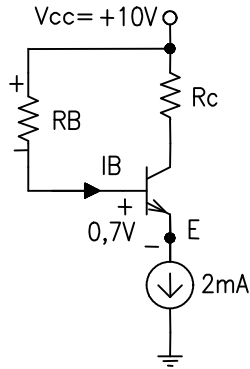


Figura 3.5.2

Por lo tanto $I_B = 95,24\mu A$ e $I_C = 1,906mA$.

La tensión en el emisor puede calcularse a partir de la malla de base (véase la figura 3.5.2):

$$V_E = V_{CC} - I_B R_B - V_{BE}$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$V_E = 3,98V$$

La tensión de colector se calcula como:

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 7,15V$$

Por tanto:

$$V_{CEQ} = V_C - V_E = 3,17V$$

El transistor se trabaja en su región activa ya que la tensión V_{CE} es mayor que $V_{CESat} = 0,2V$.

Problema 3.6

Calcule en el circuito de la figura 3.6.1 el punto de polarización del transistor (I_C y V_{CE}).

Datos:

$$V_{BEON} = 0,7V, V_{CESat} = 0,2V, \beta = 100,$$

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

Solución:

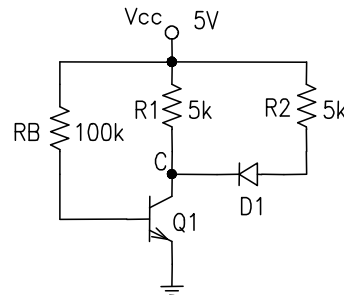


Figura 3.6.1

Suponiendo el transistor en activa y el diodo conduciendo, el circuito es el de la figura 4.6.2.

La corriente de base puede calcularse como:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0,7}{100k} = 43\mu A$$

La corriente de colector es, por tanto:

$$I_C = \beta \cdot I_B = 4,3mA$$

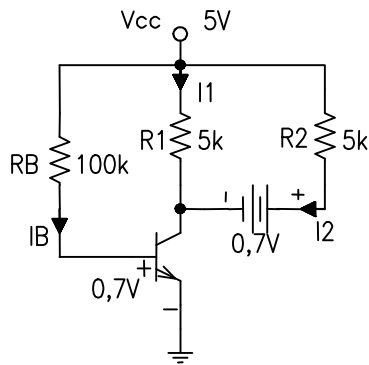


Figura 3.6.2

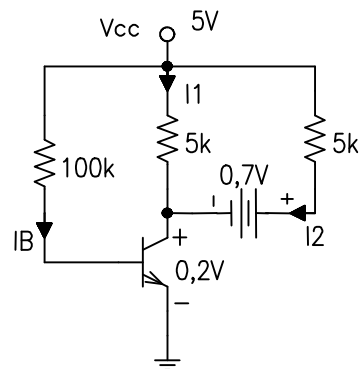


Figura 3.6.3

Observe que el diodo necesariamente conduce ya que de no hacerlo quedaría polarizado directamente ($V_{Ánodo} = 5V$ y $V_{Cátodo} < 5V$), por la caída de tensión en R_1).

Para determinar la tensión V_{CE} se observa que en el colector (nudo C):

$$I_C = I_1 + I_2 = 4,3mA$$

desarrollando la expresión:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_1} + \frac{V_{CC} - (V_C + V_{DIODO})}{R_2} = 4,3mA$$

Sustituyendo valores y despejando V_C , se obtiene que:

$$V_C = V_{CE} = -6,1V$$

Puesto que $V_{CE} < 0V$, el transistor no está en activa.

Con el transistor saturado, el circuito a resolver se muestra en la figura 4.6.3. La corriente de base es la misma que en la situación anterior. La corriente de colector puede calcularse otra vez por $I_C = I_1 + I_2$, pero ahora:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CESAT}}{R_1} + \frac{V_{CC} - (V_{CESAT} + V_{DIODO})}{R_2} = \frac{5 - 0,2}{5k} + \frac{5 - (0,2 + 0,7)}{5k} = 1,78mA$$

Se comprueba que el transistor está en saturación ya que $\beta \cdot I_B > I_C$;
 $4,3mA > 1,78mA$.

Ejercicio 3.7

En el circuito de la figura calcule el punto de trabajo del transistor (I_{CQ} y V_{CEQ}). Dato: $\beta=50$.

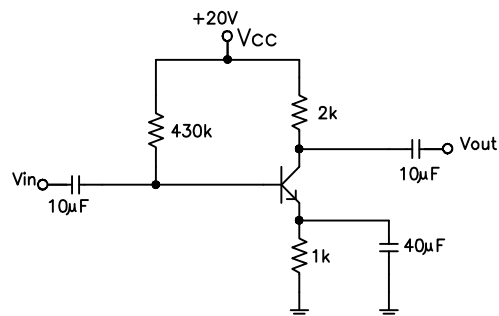


Figura 3.7.1

Solución:

Los condensadores se comportan como circuitos abiertos para la componente continua de la señal, por lo que en continua el circuito anterior es equivalente al de la figura 3.7.2.

Suponiendo al transistor trabajando en la zona activa ($V_{BE} = 0,7V$, $I_C = \beta \cdot I_B$),
 La expresión de la malla de la base es:

$$\begin{aligned} V_{CC} &= R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E = \\ &= I_B [R_B + (\beta + 1)R_E] + V_{BE} \end{aligned}$$

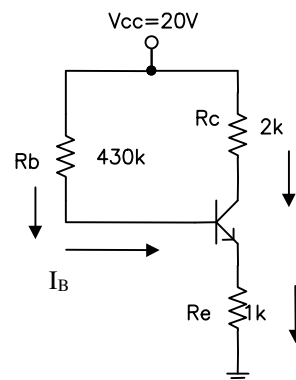


Figura 3.7.2

Expresión en la que se puede despejar I_B :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{20 - 0,7}{430k + 51k} = 40,12\mu A$$

Por lo tanto I_{CQ} :

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_B = 2,01mA$$

Y por otra parte, la expresión de la malla de colector es:

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

Por tanto V_{CEQ} :

$$V_{CEQ} = V_{CC} - (R_C I_C + R_E I_E) = V_{CC} - I_C (R_C + R_E \frac{\beta + 1}{\beta}) = 13,94V$$
