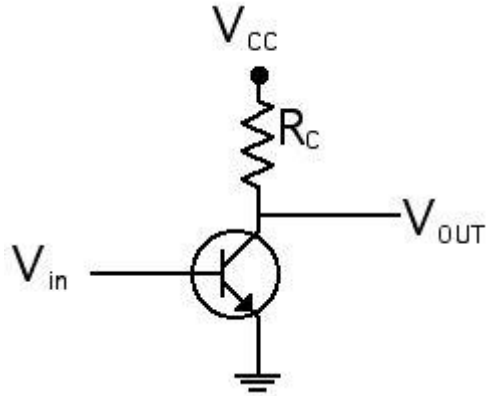


## Introducción a la electrónica - 6.071

En este ejercicio exploraremos el uso de amplificadores BJT de emisor común. La configuración básica es la siguiente:



a. **Describir** físicamente el funcionamiento del circuito, explicando

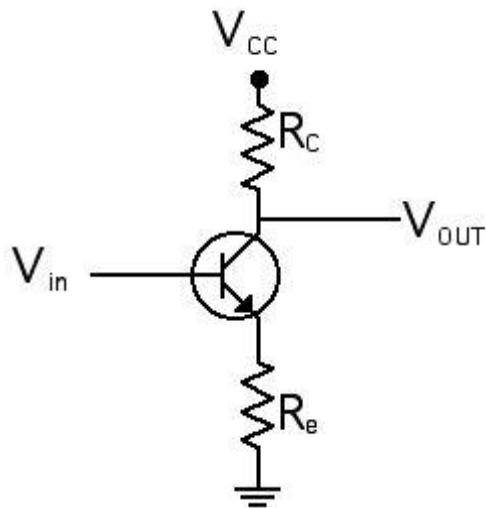
- 1.) ¿Por qué la salida está invertida con respecto a la entrada?

Solución: al incrementar  $V_{in}$ , el transistor se enciende y empuja a  $V_{out}$  hacia la masa.

- 2.) ¿Cuál es la ganancia?

Solución: la ganancia se origina en la  $\beta$  grande, donde un pequeño cambio en la corriente de la base puede producir un gran cambio en la corriente del colector.

b. Para obtener estabilidad en la temperatura, es frecuente incluir una resistencia de emisor



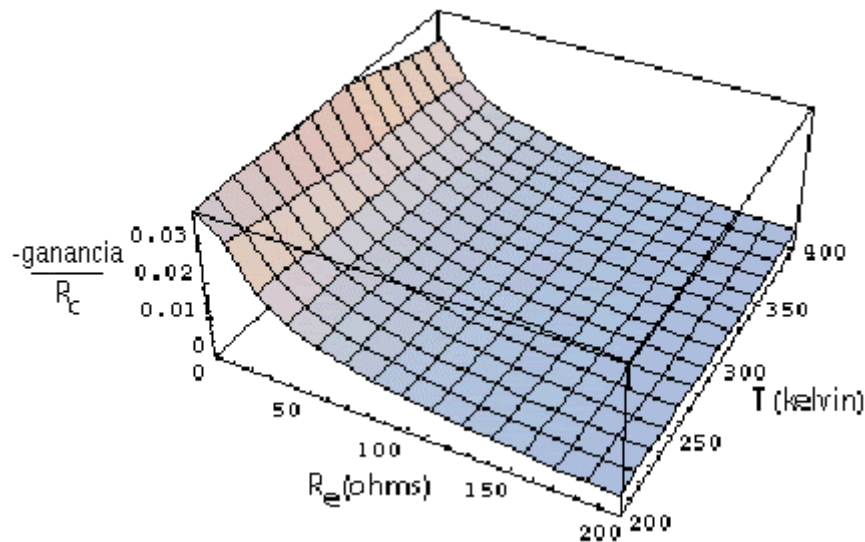
Calcular la ganancia de este circuito

Solución:  $I_B = \frac{V_{in}}{\beta R_E}; \quad I_C = \beta I_B; \quad V_{out} = V_{CC} - I_C R_C; \quad \therefore \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} = -\frac{R_C}{R_E}$

c. En series con  $R_e$ , el transistor tiene una resistencia interna de  $r_e = \frac{kT}{e} I_C$ . Trazar la variación de temperatura de la ganancia como una función de  $R_e$ , si la corriente estática es 1mA.

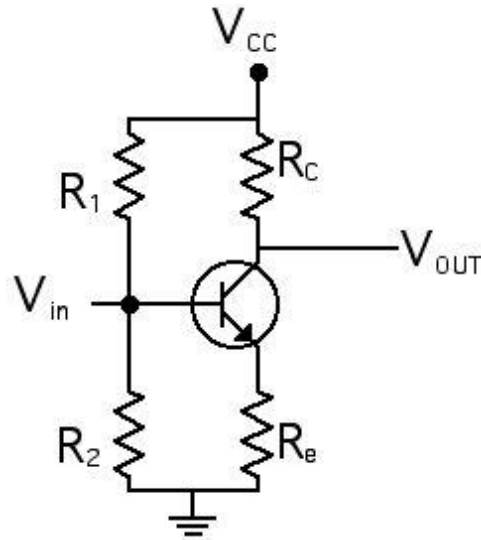
Solución:  $ganancia = -\frac{R_C}{R_E + r_e}, \quad r_e = \frac{kT}{e \cdot I_C} = \frac{25mV}{300k} \frac{T}{I_C}; \quad I_C = I_q = \text{corriente estática}; \quad I_q =$

1mA;  $\therefore ganancia = -\frac{R_C}{R_E + \frac{25mV}{300k} \frac{T}{(1mA)}}$



Para evitar variaciones de temperatura queremos  $R_e \gg r_e$ . Así, elijamos  $R_e = 1k\Omega$ .

d. Con el fin de establecer la corriente estática, podemos usar un divisor de tensión en la base.



Cuál es el cociente de  $R_1 / R_2$  que produce una corriente estática de 1mA?

Solución:  $V_E = 1\text{mA} \cdot R_E$ ;  $V_B = V_E + 0.6\text{V} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)V_{CC}$       $\alpha$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_B}{V_{CC} - V_B} = \frac{1.6}{18.4}$$

e. El divisor de tensión para polarizar es un generador de voltaje que conduce una carga (la base del transmisor).

¿Cuál es la impedancia de entrada de la base del BJT?

Solución:  $\beta R_E$

¿Cuál es la impedancia de salida del divisor de tensión?

Solución:  $R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Cuando se utiliza un generador de voltaje para conducir una carga, se busca que la impedancia del generador sea mucho más baja que la impedancia de carga. [Explicar](#) el motivo.

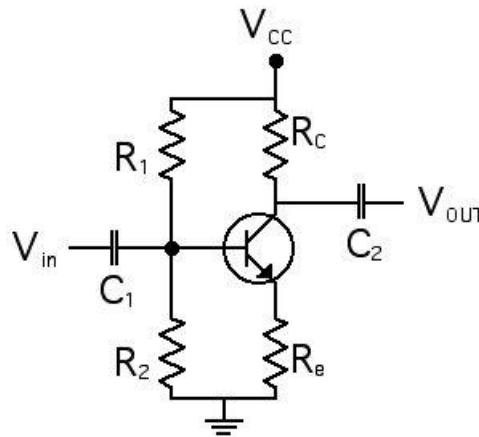
Solución: para que la carga no empuje el generador hacia abajo.

Determinar valores para  $R_1$  y  $R_2$  tales que se cumplan las condiciones de polarización.

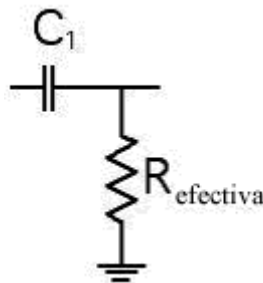
Solución:  $R_2$  es muy inferior que  $R_1$ , por lo que necesitamos que  $R_2 < \beta R_E \sim 100k\Omega$ .

$\therefore R_2 = 10k\Omega$  funciona.  $R_2 = 10k\Omega$ ,  $R_1 = 110k\Omega$ . Nota: esto se acerca al cociente adecuado y son valores estándar.

f. El amplificador se utilizará para amplificar un senoide de 1kHz (se busca evitar las señales CC) con una ganancia de 100. Para evitar la CC, se añaden condensadores de desacoplo:



Queremos elegir un valor para  $C_1$  tal que por el filtro RC,



pasar 1kHz.

Calcule  $R_{efectiva}$  de acuerdo con los demás elementos del circuito.

Solución:

$$R_{efectiva} = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta R_E = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot \beta R_E}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot \beta R_E + R_2 \cdot \beta R_E} = \frac{1.1 \times 10^{14} \Omega^3}{1.31 \times 10^{10} \Omega^2} \approx 8.4 k\Omega$$

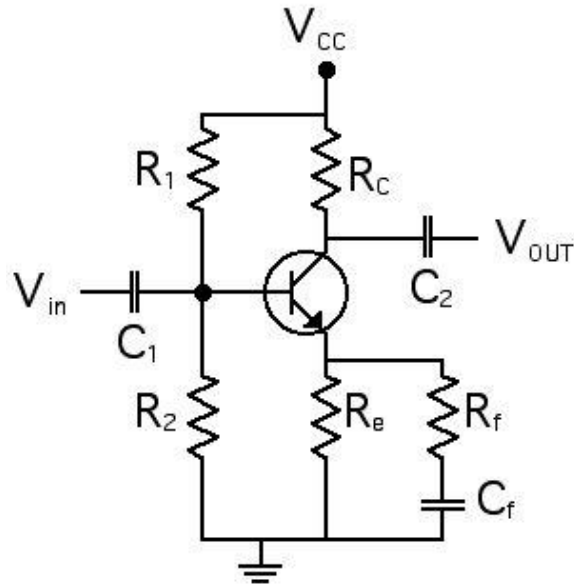
Asumiendo que  $\beta \sim 100$ .

Determinar  $C_1$  de modo que el punto de atenuación 3dB del filtro esté a

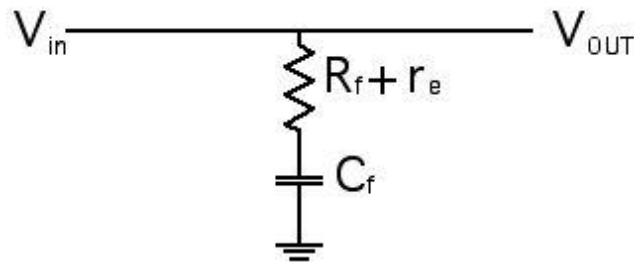
300Hz. **Clave:** use la condición use la condición  $C_1 = [2\pi \cdot f_{3dB} \cdot R_{efectiva}]^{-1}$

Solución:  $C_1 = 63$  nF.

g. Centrémonos de nuevo en la ganancia. Con  $R_e = 1\text{k}\Omega$  una ganancia deseada de 100, parece que  $R_C$  debería ser  $100\text{k}\Omega$ , por lo que no se puede alcanzar la corriente estática de  $1\text{mA}$  con  $V_{CC} = 10\text{V}$ . Afortunadamente, solo deseamos amplificar señales a  $1\text{kHz}$ , por lo que podemos proporcionar un segundo trayecto para  $R_e$ .



La combinación de  $r_e + R_f$  y  $C_f$  produce un filtro de paso alto.



Elijamos  $R_C = 10\text{k}\Omega$  y a continuación calculemos los valores de  $R_f$  y  $C_f$  que producirán una ganancia de  $\sim 100$ . Un modo sencillo consiste en elegir  $R_f + r_e = 100\Omega$  y  $C_f$  de modo que el punto 3dB del filtro esté a  $300\text{Hz}$ . ¿Qué son  $R_f$  y  $C_f$ ? Clave: utilice la condición  $C_1 = [2\pi \cdot f_{3\text{dB}} \cdot R_{\text{efectiva}}]^{-1}$

Solución:  $r_e \sim 26\Omega$ .  $\therefore R_f = 74\Omega$ .  $C_f = 5.3 \mu\text{F}$ .

▪ ¿Por qué podemos ignorar  $R_C$ ?

Solución: porque es enorme en comparación con  $R_f$ .

▪ ¿Por qué elegimos  $R_f + r_e = 100\Omega$ ?

Solución: ganancia de 100 con  $R_C = 10\text{k}\Omega$ .

- ¿Cuál es la impedancia real del filtro de paso alto a 1kHz? Y como resultado, ¿cuál es la ganancia a 1kHz?

Solución:  $Z = 100 + \omega C_1 = 100 + 2\pi * 1\text{kHz} * 5,3 \times 10^{-6} \text{F} \sim 100,33$

Así, la ganancia del circuito a 1kHz es  $\sim 100$ .

La elección del valor para  $C_2$  no se puede realizar hasta que se conozca la impedancia de carga. ¿Por qué?

Solución: se necesita resistencia de carga.