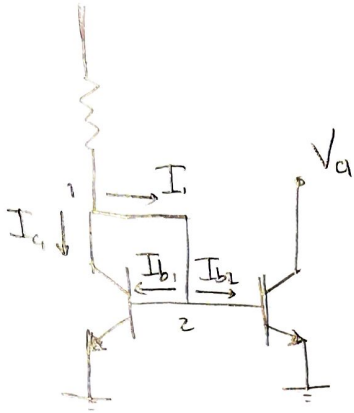


Especios de corriente



Nodo 1

$$I_{ref} = I_{c1} + I_1 \quad (1)$$

Nodo 2

$$I_1 = I_{b1} + I_{b2} \quad (2)$$

(2) en (1)

$$I_{ref} = I_{c1} + I_{b1} + I_{b2}$$

Suponiendo que Q_1 es idéntico a Q_2 , $I_{b1} = I_{b2}$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta$, por lo tanto

$$I_{ref} = I_{c1} + \frac{I_{c1}}{\beta} + \frac{I_{c1}}{\beta}$$

$$I_{ref} = I_{c1} \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \therefore I_{c1} = I_{c2} = I_o$$

$$I_o = \frac{I_{ref}}{\left(1 + \frac{2}{\beta} \right)} \therefore I_{ref} = \frac{V_{cc} - V_1}{R_{ref}}$$

Como Q_1 está en saturación $V_1 = V_{be}$

Por lo tanto:

$$I_o = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_{ref} \left(1 + \frac{2}{\beta} \right)}$$

Para generar una corriente de 20 mA, con una $R_{ref} = 1k\Omega$ y un $\beta = 100$

$$20mA = \frac{V_{cc} - 0.7}{\left(1 + \frac{2}{100} \right) \cdot 1k}$$

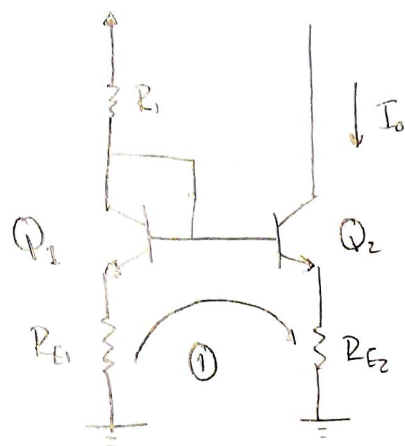
$$V_{cc} = 21.1V$$

$$20 \left(1 + \frac{2}{100} \right) = V_{cc} - 0.7$$

$$V_{cc} = 20 \left(1 + \frac{2}{100} \right) + 0.7$$

Podemos saber el valor necesario de V_a con la diferencia de potencial.

Fuente de corriente simple con resistencia de emisor.



Suponiendo que el transistor Q_1 es idéntico al transistor Q_2 , o sea, $\beta_1, \beta_2 = \beta$

Malla ①

$$-R_{E1} \cdot I_{E1} + 0.7 - 0.7 + I_{E2} R_{E2} = 0$$

$$I_{E2} R_{E2} = I_{E1} R_{E1}$$

Tendremos entonces como $\beta_1 = \beta_2$

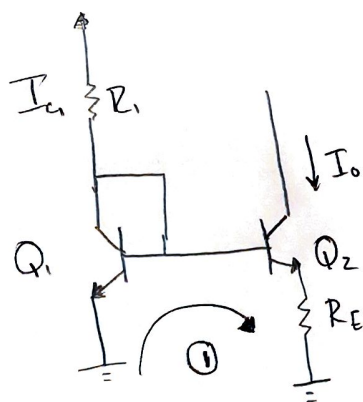
$$I_{C1} R_{E1} = I_{C2} R_{E2}$$

Donde $I_{C2} = I_O$ e $I_{C1} = I_{R1}$

$$I_O = \frac{I_{R1} \cdot R_{E1}}{R_{E2}}$$

$$\text{Con } I_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_1 + R_{E1}}$$

Fuente de corriente wídlor:



Suponiendo que Q_1 es idéntico a Q_2 ,
 $\beta_1 = \beta_2 = \beta$

Malla 1

$$-V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2} R_E = 0 \quad ①$$

Teniendo que

$$\alpha I_{E2} = I_{C2} = I_O \quad \therefore \alpha \approx 1$$

El V_{be} tiene la siguiente expresión: $V_{be} = V_T \ln\left(\frac{I_C}{I_S}\right)$

Sustituyendo la ecuación ① y teniendo en cuenta que los transistores son iguales $I_S = I_{S1} = I_{S2}$.

$$-V_T \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_S}\right) + V_T \ln\left(\frac{I_O}{I_S}\right) + I_O R_E = 0 \quad ②$$

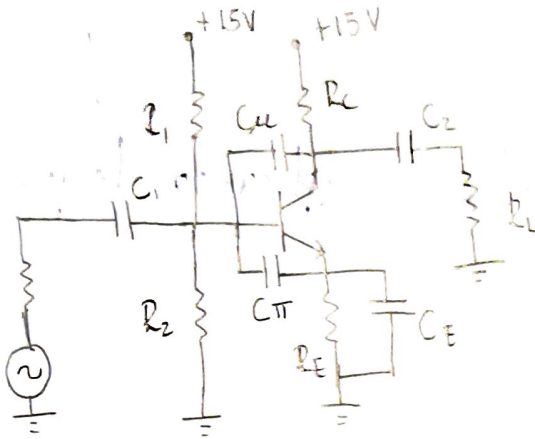
Despejando I_O :

$$I_O R_E = V_T \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_S}\right) - V_T \ln\left(\frac{I_O}{I_S}\right) = V_T \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_O}\right) \quad \text{Por propiedades de logaritmos.}$$

Tendremos entonces que

$$I_O R_E = V_T \ln\left(\frac{V_{CC} - V_{BE1}}{I_O R_1}\right) \quad \therefore I_{C1} = I_{ref} = \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_1}$$

Tarea: Diseñar un amplificador monoetapa emisor común con ganancia $A_v = 75 \pm 2 = 77$



$$V_{CC} = 15V$$

$$R_{sig} = 20\Omega$$

$$R_L = 10k\Omega$$

Suponemos

$$R_1 = 60k\Omega$$

$$R_2 = 50k\Omega$$

$$\beta = 100$$

$$\alpha = 0.99$$

$$V_A = 200V$$

$$I_C = 15mA$$

$$77 = \frac{-\alpha R_C}{R_E + r_{e'e}} = \frac{\frac{-\beta}{\beta+1} R_C}{\frac{r_{\pi}}{\beta+1}} = \frac{-100 R_C}{r_{\pi}} = \frac{-100 R_C}{166.7} = 77$$

↳ En señal es 0

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200V}{15mA} = 13.3k\Omega$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_B = 150\mu A$$

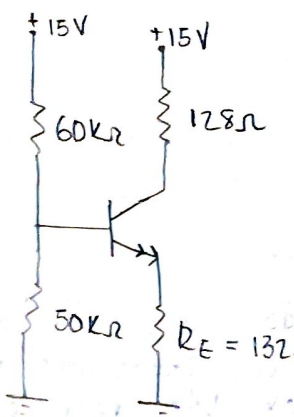
$$I_E = (101) I_B = 15.15mA$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0.6 \frac{A}{V}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{0.6} = 166.7\Omega$$

$$R_C = \frac{77(166.7)}{100} = 128\Omega$$

Realicemos el analisis DC:

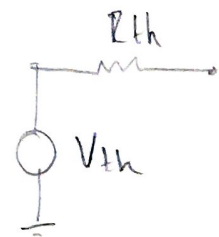


Equivalente de thevenin:

$$R_{th} = 27.3k\Omega$$

$$V_{th} = 6.8V$$

Mallas:



$$-6.8 + 27.3k\Omega(I_B) + 0.7V + R_E I_E = 0$$

$$-6.8V + 27.3k\Omega(150\mu A) + 0.7V + R_E(15.15mA) = 0$$

$$-6.1V + 4.095V + R_E(15.15mA) = 0$$

$$-2V + R_E(15.15mA) = 0$$

$$R_E = \frac{2V}{15.15mA} = 132\Omega$$

Miremos que este en activo:

$$15 - V_c = I_c(128\Omega)$$

$$V_c = 15 - (15mA)(128\Omega)$$

$$V_c = 13.08V$$

Hallamos V_c, V_b, V_e aplicando leyes de Kirchoff.

$$6.8V - V_b = I_b(27.3k\Omega)$$

$$V_b = 6.8 - (150\mu A)(27.3k\Omega)$$

$$V_b = 2.71V$$

$$V_{bc} = 0.7 = V_b - V_e$$

$$V_e = V_b - 0.7V = 2.71V - 0.7V$$

$$V_e = 2.01V$$

Encontremos:

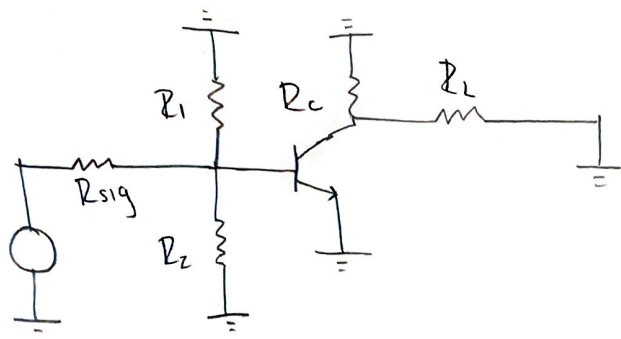
$$V_{CE} = 11.07V \geq 0.2V \quad \checkmark$$

$$V_{BC} = -10.37 - \text{Inverso} \quad \checkmark$$

Vemos que cumple las condiciones para estar en activo

El transistor está en activo.

Señal:



Ahora hallemos los valores de los capacitores (Para 20Hz) Método de constantes de tiempo de corto-circuito

$$2\pi(20Hz) = \frac{1}{185.7(C_1)} \quad ; \quad C_1 = 42.9\mu F$$

$$2\pi(0.5Hz) = \frac{1}{10.1k\Omega(C_2)} \quad ; \quad C_2 = 31.51\mu F$$

$$2\pi(0.2Hz) = \frac{1}{1.65(C_3)} \quad ; \quad C_3 = 482.3mF$$

Valores de las resistencias para la respuesta en frecuencia (baja)

$$R_1 = 20\Omega + [27.3k\Omega \parallel 166.7\Omega]$$

$$= 20\Omega + 165.7\Omega = 185.7\Omega$$

$$R_2 = 10k\Omega + [128\Omega \parallel 13.3k\Omega]$$

$$= 10k\Omega + 126.78\Omega = 10.1k\Omega$$

$$R_3 = R_E \parallel \left(\frac{1}{g_m}\right) = 132\Omega \parallel 1.67\Omega$$

$$= 1.65\Omega$$

Haciendo uso de la tabla de formulas para calcular las resistencias.

Asumimos el primero como dominante y los demás para que f_L no varíe mucho

Ahora, para alta frecuencia.

$$\omega_H = \frac{1}{R_H C_H + R_{\pi} C_{\pi}}$$

Por el método de constante de tiempo de circuito abierto.

$$R_{\pi} = r_{\pi} \parallel (R_B \parallel R_{sig}) = 166.7 \Omega \parallel (27.3 \text{ k}\Omega \parallel 70 \Omega) = 166.7 \Omega \parallel 19.99 \Omega = 17.85 \Omega$$

$$R_H = R_O \parallel R_L + (1 + |A_v|)(R_i \parallel R_{sig})$$

$$\text{con } A_v = -G_m (R_O \parallel R_L)$$

Tendremos que hallar R_i y R_O Haciendo uso de las formulas

$$R_i = R_B \parallel r_{\pi} = 27.3 \text{ k}\Omega \parallel 166.7 \Omega = 165.7 \Omega$$

$$R_O = R_C \parallel R_L = 128 \Omega$$

$$-G_m = \frac{A_{vo}}{R_O} = \frac{77}{128 \Omega} = 0.602$$

Ganancia de transconductancia

$$A_v = 0.602 (128 \Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega) = 76.57$$

$$R_H = 128 \Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega + (1 + 76.57)(165.7 \Omega \parallel 70 \Omega) = 127.18 + 1384.3 = 1511.5 \Omega$$

$$2\pi(100 \text{ kHz}) = \frac{1}{1511.5 \Omega (C_H)} ; C_H = 1.05 \text{ nF}$$

$$2\pi(150 \text{ MHz}) = \frac{1}{17.85 \Omega (C_{\pi})} ; C_{\pi} = 60 \text{ pF}$$

$$A_{vL} = \frac{R_i}{R_i + R_{sig}} A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_O} = 68.27 \frac{V}{V}$$

Valor de amplificación de voltaje con carga.

Asumimos el primero como polo dominante y el segundo de tal manera que no afecte mucho el resultado de f_H .

Circuito resultante:

