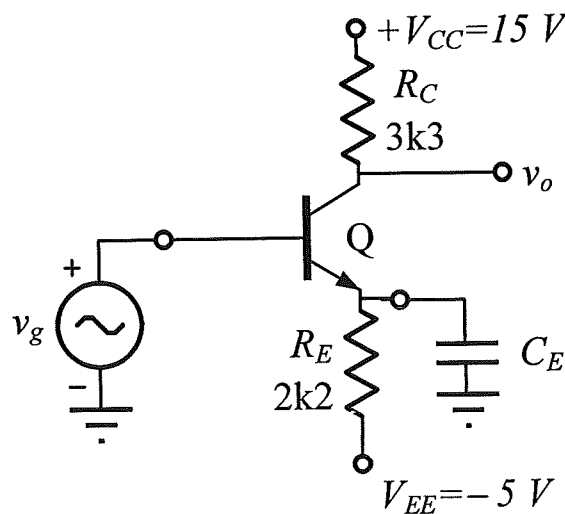




PROBLEMA 1.- (2p.) La figura 1 muestra un amplificador con BJT, conectado a un generador mediante acoplo directo

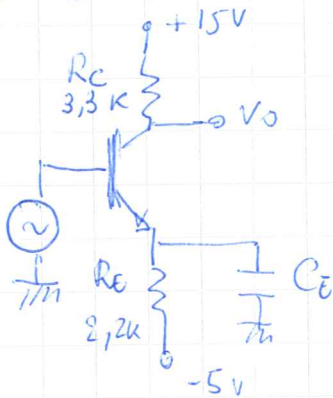
- (0,2p)** Dibujar el modelo en pequeña señal del circuito en baja frecuencia.
- (0,8p)** Deducir paso a paso la expresión LITERAL de la ganancia (v_o/v_g) en baja frecuencia, en función de los componentes del circuito, expresándola como producto de los factores normalizados que la componen. Y finalmente sustituir los valores de los componentes para obtener la expresión NUMÉRICA de la ganancia (v_o/v_g) en baja frecuencia.
- (0,5p)** Elegir el condensador de emisor para que la frecuencia inferior de corte sea **1,2 kHz**.
- (0,5p)** Se quiere conectar a la salida una carga $R_L = 10 \text{ k}\Omega$, dibuja el circuito añadiendo los componentes necesarios para poder hacer esta conexión sin modificar el punto de polarización, ni la frecuencia de corte inferior. Justifica mediante los cálculos necesarios el valor de los componentes añadidos.

DATOS: $V_{CC} = 15\text{V}$, $V_{EE} = -5\text{V}$; $R_E = 2,2 \text{ k}\Omega$, $R_C = 3,3 \text{ k}\Omega$,
 $Q \equiv BC547 \text{ (NPN)} \{ V_{BE} = 0,6 \text{ V}; \beta = 299 \}$

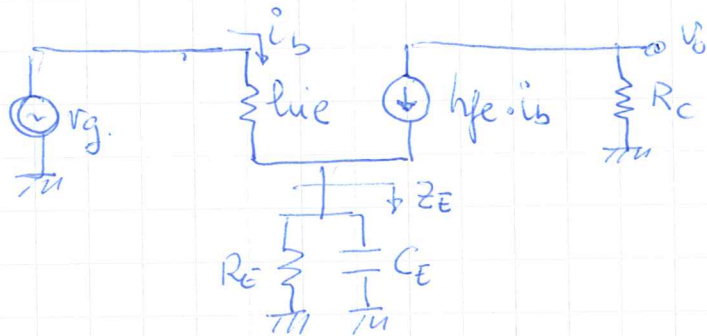




P.1 21/12/2018:



Modelo en baja frecuencia



$$b) \frac{V_o}{V_g}(f)$$

$$Z_E = \frac{R_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E}}{R_E + \frac{1}{j\omega C_E}} = \frac{R_E}{1 + j\omega C_E R_E}$$

$$V_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C$$

$$V_g = i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot Z_E$$

$$\frac{V_o}{V_g} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b R_C}{i_b \left[h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot \frac{R_E}{1 + j\omega C_E R_E} \right]} = \frac{-h_{fe} \cdot R_C (1 + j\omega C_E R_E)}{h_{ie} (1 + j\omega C_E R_E) + (1 + h_{fe}) R_E}$$

$$\frac{V_o}{V_g} = - \frac{h_{fe} \cdot R_C \cdot (1 + j\omega C_E R_E)}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E + j\omega C_E R_E \cdot h_{ie}}$$

Normalizar:

$$\frac{V_o}{V_g} = - \frac{h_{fe} \cdot R_C}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E} \cdot \frac{(1 + j\omega C_E R_E)}{1 + j\omega C_E \cdot \frac{R_E \cdot h_{ie}}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E}}$$

$$\frac{V_o}{V_g} = - \frac{h_{fe} \cdot R_C}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E} \cdot \frac{(1 + j\omega C_E R_E)}{1 + j\omega C_E \cdot \frac{R_E \cdot \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}}}{\frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}} + R_E}} = A_0 \cdot \frac{1 + j \frac{\omega}{\omega_{cero}}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_{po}}}$$

Cálculo de h_{ie}

$$0 = V_{BE} + I_E \cdot R_E - 5 \Rightarrow I_E = \frac{5 - 0,6}{2,2 \text{ k}} = \frac{4,4}{2,2 \text{ k}} = 2 \text{ mA}$$

$$h_{ie} = \frac{V_T}{\beta_B} = \frac{26 \text{ mV}}{\frac{I_E}{1+\beta}} = \frac{26 \text{ mV}}{\frac{2 \text{ mA}}{300}} = 3900 \Omega = 3,9 \text{ k}\Omega$$

$$A_o = \frac{-h_{fe} \cdot R_C}{h_{ie} + (1+h_{fe})R_E} = \frac{-299 \cdot 3,3 \text{ k}}{3,9 \text{ k} + 300 \cdot 2,2 \text{ k}} = -1,49$$

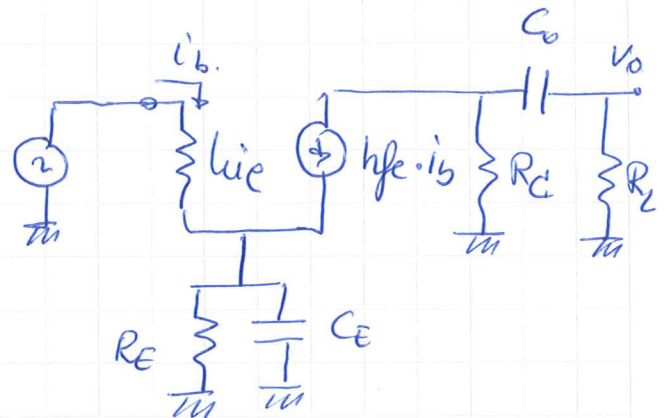
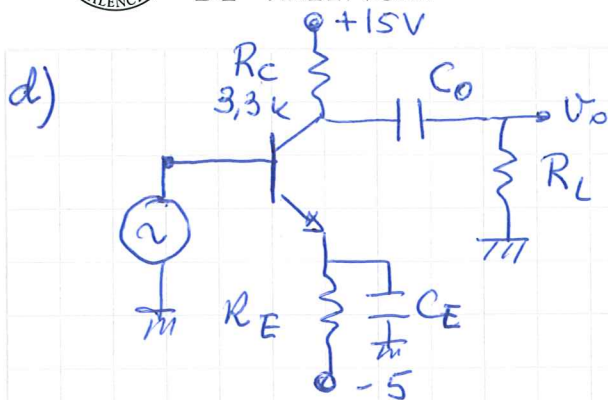
$$R_{eq} = R_E \parallel \frac{h_{ie}}{1+h_{fe}} = 2,2 \text{ k} \parallel \frac{3,9 \text{ k}}{300} = 0,0129 = 0,013 \text{ k}\Omega = 13 \Omega$$

$$\frac{V_o}{V_g} = -1,49 \cdot \frac{1 + j\omega \cdot C_E \cdot 2,2 \cdot 10^3}{1 + j\omega C_E \cdot 13}$$

c) la frecuencia de corte marca el polo.

$$\omega_p = \frac{1}{C_E \cdot \frac{R_E \cdot h_{ie} / (1+h_{fe})}{R_E + \frac{h_{ie}}{(1+h_{fe})}}} = \frac{1}{C_E \cdot 13} = 2\pi \cdot f_p$$

$$C_E = \frac{1}{2\pi \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 13} = 10,2 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 10,2 \mu\text{F}$$



Para conectar la carga a la salida y no modificar el pto. de polarización, hay que utilizar un condensador C_0 ; la frecuencia que introduce debe estar una década por debajo como mínimo para que no afecte a la f_c inferior introducida por C_E .

$$C_0 \text{ introduce el factor: } \frac{j\omega C_0 \cdot [R_L + R_C]}{1 + j\omega C_0 [R_L + R_C]}$$

$$\omega_{C_0} = \frac{1}{C_0 \cdot [R_L + R_C]} \leq 120 \text{ Hz} \cdot 2\pi.$$

$$C_0 \geq \frac{1}{2\pi \cdot 120 [10k + 3,3k]} = 9,97 \cdot 10^{-8} \text{ F} = 100 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$C_0 \geq 100 \cdot \text{nF}$$