

[86.03/66.25] Dispositivos Semiconductores

1er Cuatrimestre 2020

Amplificador Emisor Común

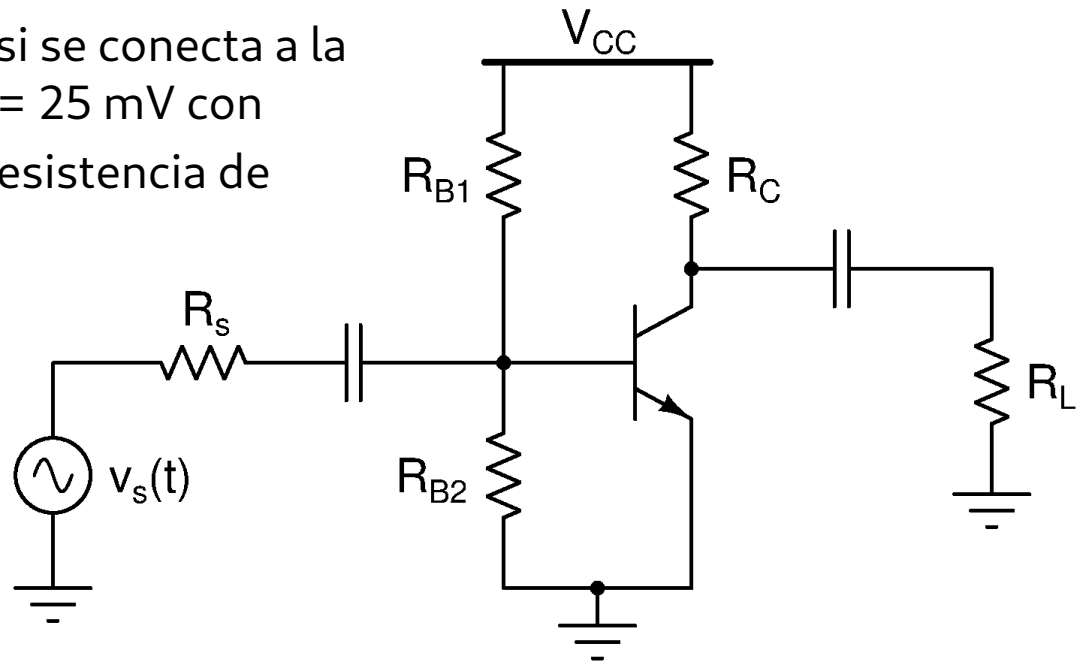
- 1. Cálculo de parámetros de un Amplificador Emisor Común**
2. Señales temporales y análisis de Distorsión
3. Diseño de un Amplificador Emisor Común

Hallar **los parámetros del amplificador** de la figura.

El amplificador está implementado utilizando un transistor TBJ con $\beta = 200$ y $V_A = 40$ V. La tensión de alimentación es $V_{CC} = 3.3$ V y las resistencias de polarización son $R_{B1} = 10$ k Ω ; $R_{B2} = 4.7$ k Ω y $R_C = 100$ Ω .

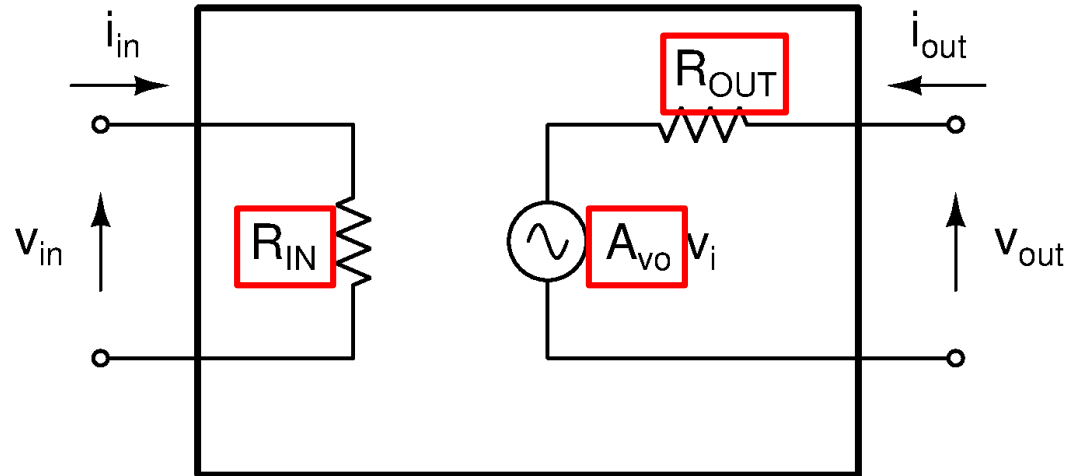
¿Cuál es la señal a la salida del amplificador si se conecta a la entrada un fuente senoidal con valor pico $v_s = 25$ mV con resistencia serie $R_s = 1$ k Ω ; y a la salida una resistencia de carga $R_L = 10$ k Ω ?

¿Cuáles son los parámetros del amplificador?



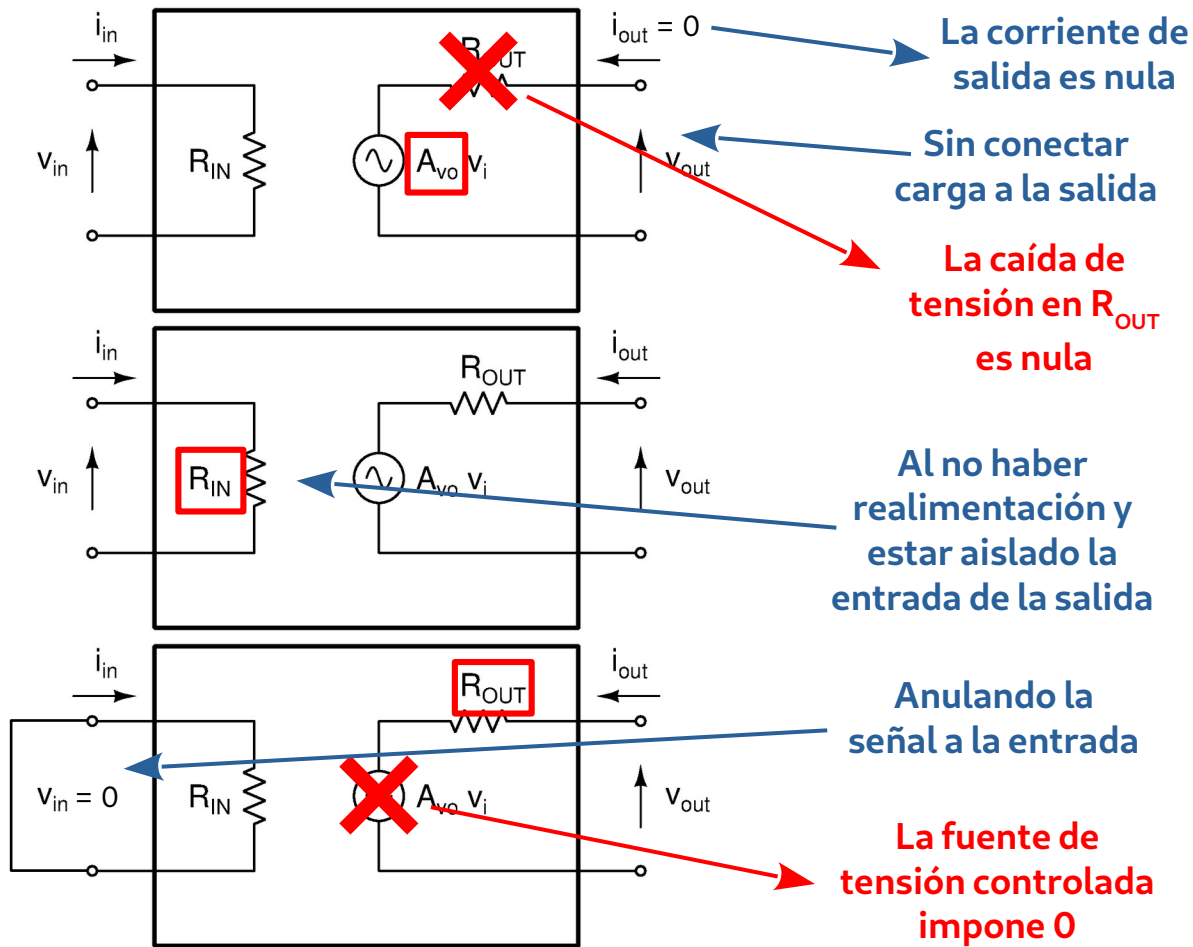
Parámetros del amplificador: A_{vo} ; R_{IN} ; R_{OUT}

Estos parámetros son inherentes del amplificador y son independientes de lo que se conecta a la entrada o la salida



Modelo general para cualquier
amplificador de tensión

Parámetros del amplificador: A_{vo} ; R_{IN} ; R_{OUT}



La corriente de salida es nula

Sin conectar carga a la salida

La caída de tensión en R_{OUT} es nula

Al no haber realimentación y estar aislado la entrada de la salida

Anulando la señal a la entrada

La fuente de tensión controlada impone 0

$$v_{out} = A_{vo} v_{in} \Rightarrow A_{vo} = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

$$V_{R_{IN}} = v_{in} = i_{in} R_{IN} \Rightarrow R_{IN} = \frac{v_{in}}{i_{in}}$$

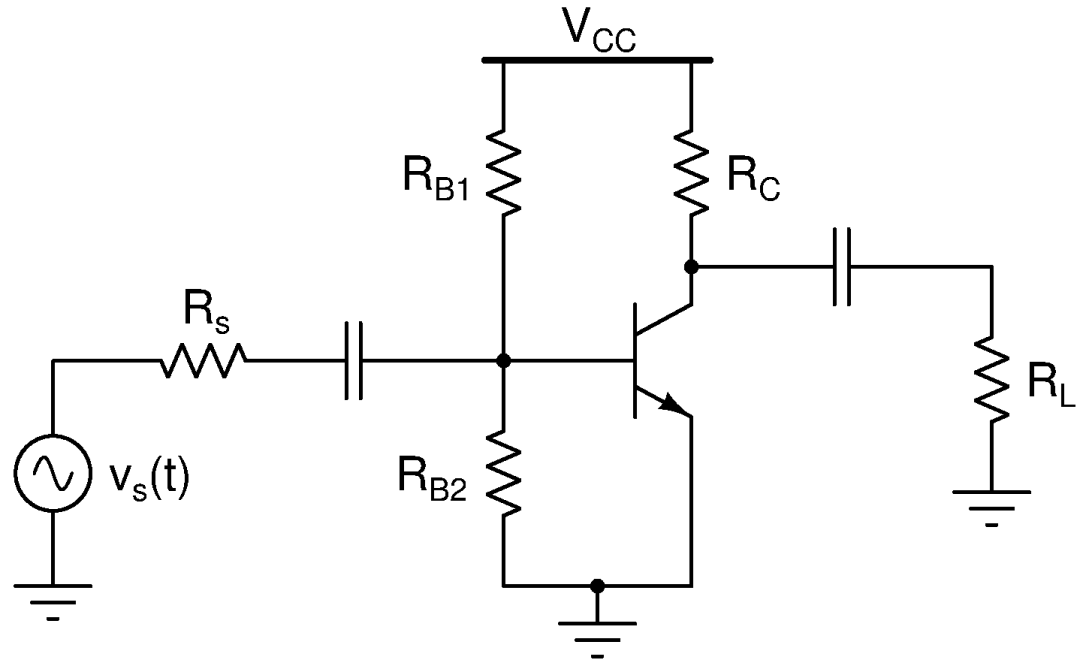
$$V_{R_{OUT}} = v_{out} = i_{out} R_{OUT} \Rightarrow R_{OUT} = \frac{v_{out}}{i_{out}}$$

...Volviendo a nuestro amplificador

Resolver el circuito del amplificado es como cualquier circuito con TBJ.

- 1) Resolvemos el circuito de polarización
- 2) Hallamos el modelo de pequeña señal
- 3) Resolvemos el circuito de pequeña señal

Datos
$\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$
$V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \Omega$
$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$
$R_L = 10 \text{ k}\Omega$



Circuito de polarización

1) Marcamos las referencias.

2) Suponemos MAD y resolvemos el nodo de base.

$$I_{R1} = I_{BQ} + I_{R2} \Rightarrow I_{BQ} = I_{R1} - I_{R2} = \frac{V_{CC} - V_{BE(ON)}}{R_{B1}} - \frac{V_{BE(ON)}}{R_{B2}}$$

$$I_{BQ} = \frac{3.3 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} - \frac{0.7 \text{ V}}{4.7 \text{ k}\Omega} = 111 \mu\text{A}$$

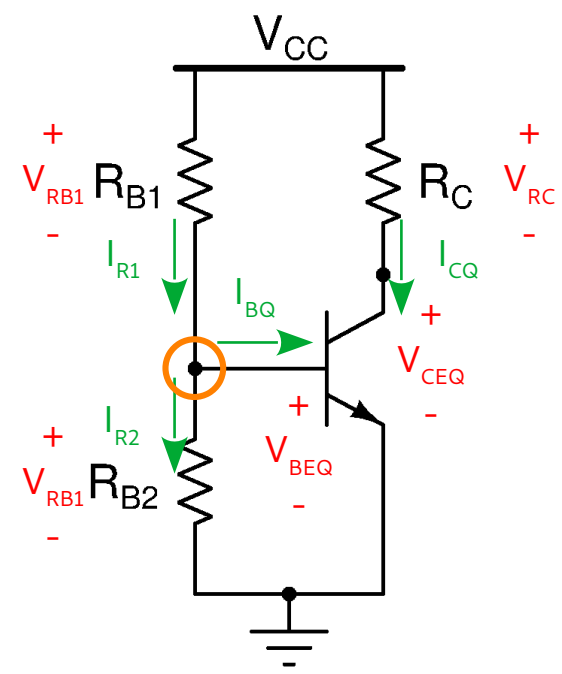
3) Calculamos I_{CQ} y resolvemos la malla de salida.

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 22.2 \text{ mA} \Rightarrow V_{CEQ} = V_{CC} - V_{Rc}$$
$$V_{CEQ} = 3.3 \text{ V} - 100 \Omega \cdot 22.2 \text{ mA} = 1.08 \text{ V}$$

4) Verificamos MAD y Efecto Early despreciable.

$$V_{CEQ} = 1.08 \text{ V} > V_{CE,sat} = 0.2 \text{ V}$$
$$1 + \frac{V_{CEQ} - V_{CE,sat}}{V_A} = 1 + \frac{1.08 \text{ V} - 0.2 \text{ V}}{40 \text{ V}} = 1.022 \approx 1$$

Datos
$\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$
$V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \Omega$
$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$
$R_L = 10 \text{ k}\Omega$



Modelo de pequeña señal del transistor

El amplificador va a funcionar en *frecuencias medias*.

Hallamos el modelo de pequeña señal para el transistor en **MAD** y para **bajas frecuencias**.

Polarización

$$I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = 111 \text{ } \mu\text{A}$$

$$V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$$

Datos

$$\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$$

$$V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \text{ } \Omega$$

$$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_{CQ}}{V_{th}} = \frac{22.2 \text{ mA}}{25.9 \text{ mV}} = 0.8576 \text{ S}$$

$$r_\pi = \left(\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q \right)^{-1} = \frac{V_{th}}{I_{BQ}} = \beta \frac{V_{th}}{I_{CQ}} = 200 \frac{25.9 \text{ mV}}{22.2 \text{ mA}} = 233.2 \text{ } \Omega$$

$$r_o = \left(\left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right|_Q \right)^{-1} = \frac{V_A}{I_{CQ}} = \frac{40 \text{ V}}{22.2 \text{ mA}} = 1.8 \text{ k}\Omega$$

Resolvemos el circuito de pequeña señal

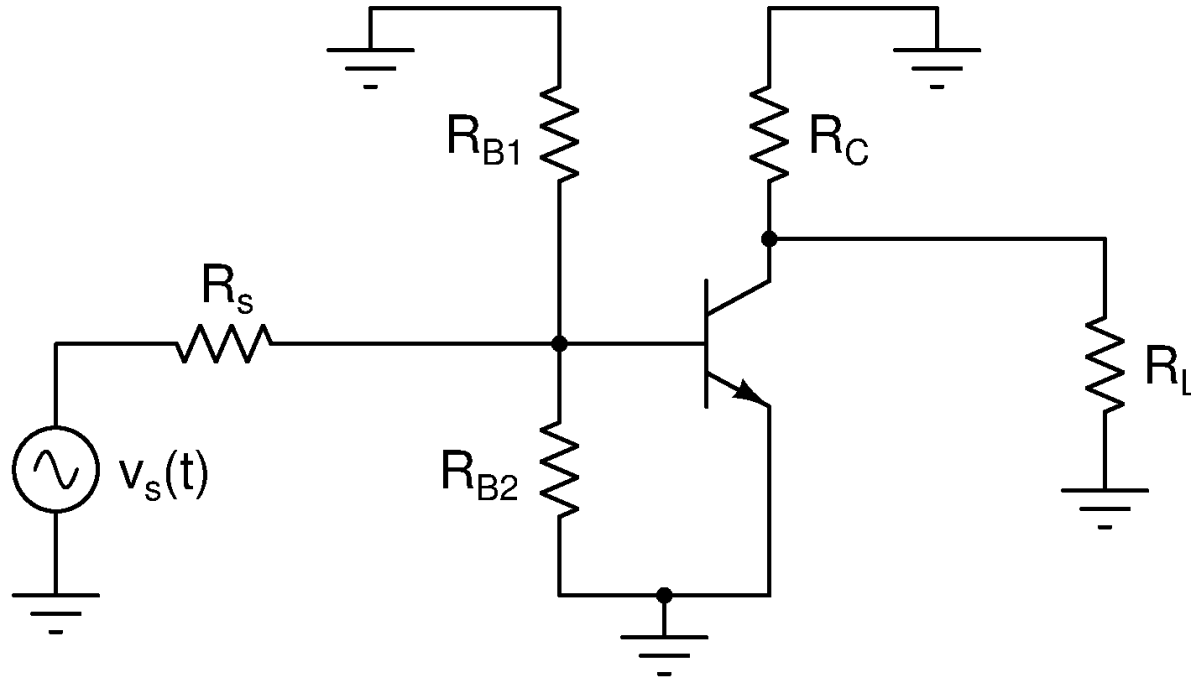
Pasivamos fuente independientes.

Reemplazamos capacitores por cortocircuitos

MPS
 $g_m = 0.8576 \text{ S}$
 $r_\pi = 233.2 \ \Omega$
 $r_o = 1.8 \text{ k}\Omega$

Polarización
 $I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$
 $I_{BQ} = 111 \ \mu\text{A}$
 $V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$
 $V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$

Datos
 $\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$
 $V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \ \Omega$
 $v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$
 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$



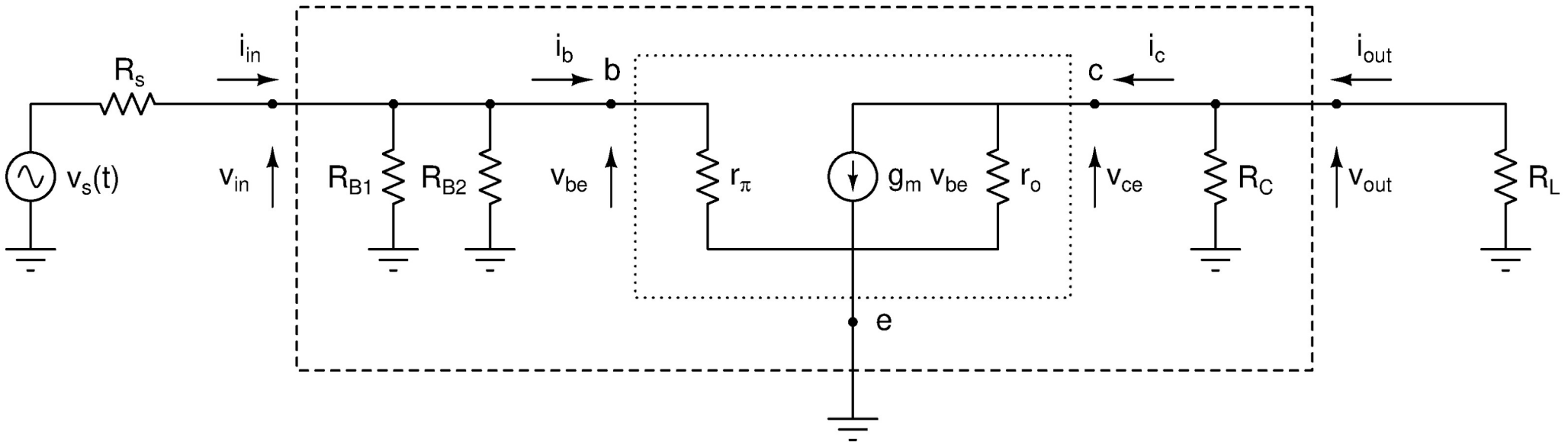
Resolvemos el circuito de pequeña señal

Pasivamos fuente independientes.

Reemplazamos capacitores por cortocircuitos

Reemplazamos el transistor por su modelo de pequeña señal

MPS	Polarización	Datos
$g_m = 0.8576 \text{ S}$	$I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$	$\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$
$r_\pi = 233.2 \ \Omega$	$I_{BQ} = 111 \ \mu\text{A}$	$V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
$r_o = 1.8 \text{ k}\Omega$	$V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$	$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \ \Omega$
	$V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$	$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$
		$R_L = 10 \text{ k}\Omega$



Calculamos A_{vo}

$$A_{vo} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{ce}}{V_{be}}$$

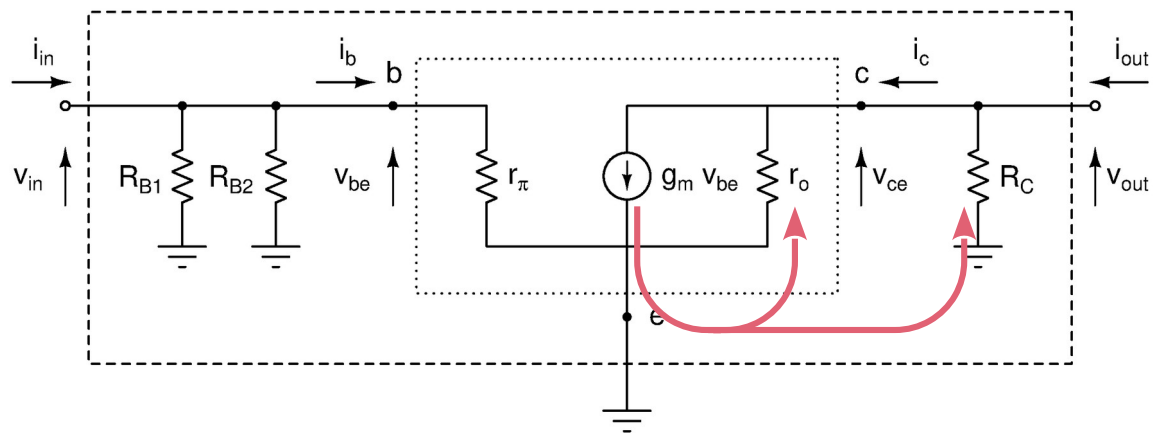
Al imponer v_{i_i} , se enciende la fuente de corriente controlada.
Esta corriente, circula por r_o y R_C en paralelo, dando lugar a la tensión v_{ce} .

$$v_{out} = v_{ce} = -g_m v_{be} (r_o \parallel R_C)$$

$$A_{vo} = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{-g_m v_{be} (r_o \parallel R_C)}{v_{be}} = -g_m (r_o \parallel R_C)$$

$$A_{vo} = 0.8576 \text{ S} (1.8 \text{ k}\Omega \parallel 100 \Omega) = -81.25$$

MPS	Polarización	Datos
$g_m = 0.8576 \text{ S}$	$I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$	$\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$
$r_\pi = 233.2 \Omega$	$I_{BQ} = 111 \mu\text{A}$	$V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
$r_o = 1.8 \text{ k}\Omega$	$V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$	$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \Omega$
	$V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$	$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$
		$R_L = 10 \text{ k}\Omega$



Calculamos R_{IN}

$$R_{IN} = \frac{V_{in}}{i_{in}}$$

Como R_{B1} , R_{B2} y r_{π} están conectadas entre base y tierra, toda la corriente i_{in} circula por ellas cuando se impone V_{in} .

$$v_{in} = i_{in} (R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{\pi})$$

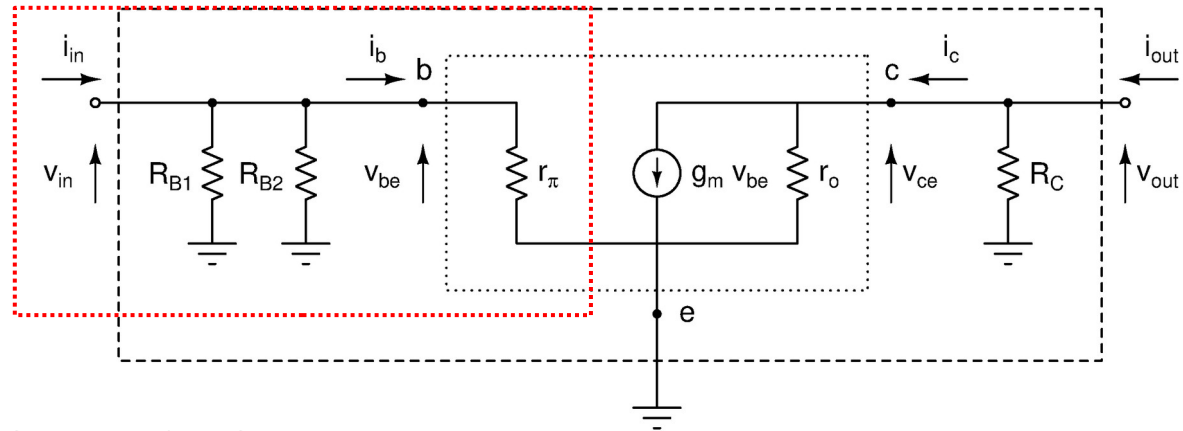
$$R_{IN} = \frac{i_{in} (R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{\pi})}{i_{in}}$$

$$R_{IN} = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{\pi} = 10 \text{ k}\Omega \parallel 4.7 \text{ k}\Omega \parallel 233.2 \text{ }\Omega = 217.35 \text{ }\Omega$$

MPS
$g_m = 0.8576 \text{ S}$
$r_{\pi} = 233.2 \text{ }\Omega$
$r_o = 1.8 \text{ k}\Omega$

Polarización
$I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$
$I_{BQ} = 111 \text{ }\mu\text{A}$
$V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$
$V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$

Datos
$\beta = 200$; $V_A = 40 \text{ V}$
$V_{CC} = 3.3 \text{ V}$; $R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega$; $R_C = 100 \text{ }\Omega$
$v_s = 25 \text{ mV}$; $R_s = 1 \text{ k}\Omega$
$R_L = 10 \text{ k}\Omega$



Calculamos R_{OUT}

$$R_{OUT} = \frac{V_{out}}{i_{out}} \quad \text{con } v_{in} = 0$$

Al imponer $v_{in} = v_{be} = 0$; estamos anulando la fuente de corriente controlada ya que $g_m v_{be} = 0$.

Como R_C y r_o están conectadas entre colector y tierra, toda la corriente i_{out} circula por ellas cuando se impone V_{out} .

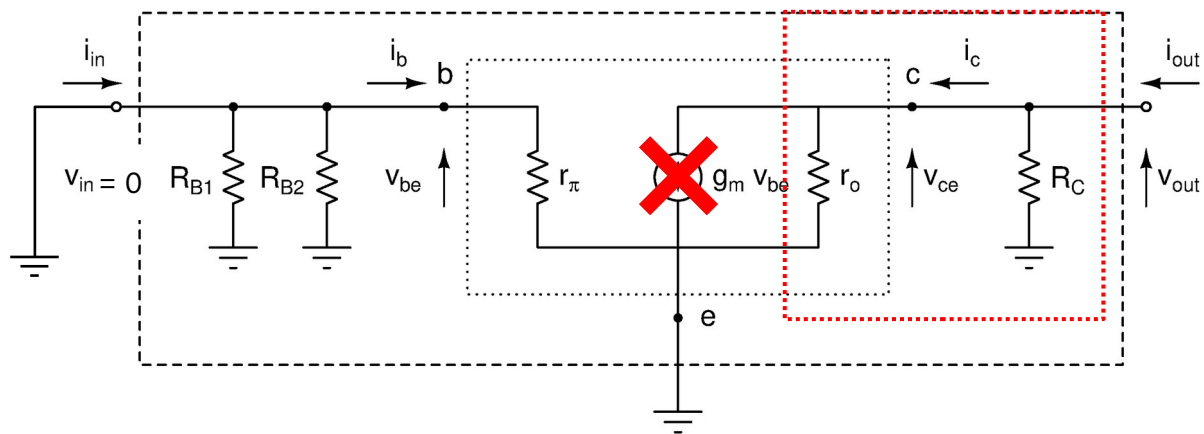
$$V_{out} = i_{out} (R_C \parallel r_o)$$

$$R_{OUT} = \frac{i_{out} (R_C \parallel r_o)}{i_{out}} = R_C \parallel r_o = 100 \, \Omega \parallel 1.8 \, \text{k}\Omega = 94.74 \, \Omega$$

MPS
$g_m = 0.8576 \, \text{S}$
$r_\pi = 233.2 \, \Omega$
$r_o = 1.8 \, \text{k}\Omega$

Polarización
$I_{CQ} = 22.2 \, \text{mA}$
$I_{BQ} = 111 \, \mu\text{A}$
$V_{BEQ} = 0.7 \, \text{V}$
$V_{CEQ} = 1.08 \, \text{V}$

Datos
$\beta = 200; V_A = 40 \, \text{V}$
$V_{CC} = 3.3 \, \text{V}; R_{B1} = 10 \, \text{k}\Omega$
$R_{B2} = 4.7 \, \text{k}\Omega; R_C = 100 \, \Omega$
$v_s = 25 \, \text{mV}; R_s = 1 \, \text{k}\Omega$
$R_L = 10 \, \text{k}\Omega$



Resumen

$$A_{vo} = -81.25$$

$$R_{IN} = 217.35 \Omega$$

$$R_{OUT} = 94.74 \Omega$$

MPS

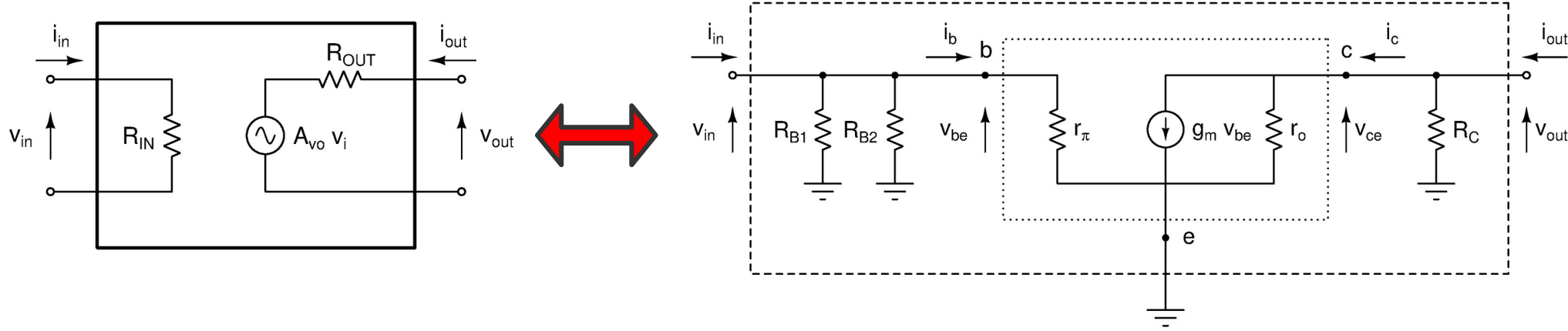
- $g_m = 0.8576 \text{ S}$
- $r_\pi = 233.2 \Omega$
- $r_o = 1.8 \text{ k}\Omega$

Polarización

- $I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$
- $I_{BQ} = 111 \mu\text{A}$
- $V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$
- $V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$

Datos

- $\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$
- $V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \Omega$
- $v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_L = 10 \text{ k}\Omega$



¿Cuál es la señal a la salida?

$$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega; R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

- $v_i \neq v_s \rightarrow v_{out} \neq A_{vo} v_s$
- $R_L \rightarrow i_{out} \neq 0 \rightarrow$ afecta a v_{out}

MPS

$$g_m = 0.8576 \text{ S}$$

$$r_{\pi} = 233.2 \Omega$$

$$r_o = 1.8 \text{ k}\Omega$$

Polarización

$$I_{CQ} = 22.2 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = 111 \mu\text{A}$$

$$V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CEQ} = 1.08 \text{ V}$$

Datos

$$\beta = 200; V_A = 40 \text{ V}$$

$$V_{CC} = 3.3 \text{ V}; R_{B1} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B2} = 4.7 \text{ k}\Omega; R_C = 100 \Omega$$

$$v_s = 25 \text{ mV}; R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$v_{in} = v_s \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_s} = 25 \text{ mV} \frac{217.35 \Omega}{217.35 \Omega + 1 \text{ k}\Omega} = 4.46 \text{ mV}$$

- Como $i_{out} \neq 0 \rightarrow v_{out} \neq A_{vo} v_{in}$

$$v_{out} = A_{vo} v_{in} \frac{R_L}{R_{OUT} + R_L} \approx A_{vo} v_{in}$$

$$v_{out} = -81.25 \cdot 4.46 \text{ mV} \frac{10 \text{ k}\Omega}{97.74 \Omega + 10 \text{ k}\Omega} = 358.9 \text{ mV}$$

- Puedo definir la ganancia con señal

$$A_{vs} = \frac{v_{out}}{v_s} = \frac{v_{out}}{v_{in}} \frac{v_{in}}{v_s} \approx A_{vo} \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_s} = -14.4$$

