

[86.03/66.25] Dispositivos Semiconductores
1er Cuatrimestre 2020

TBJ - Modelo de pequeña señal

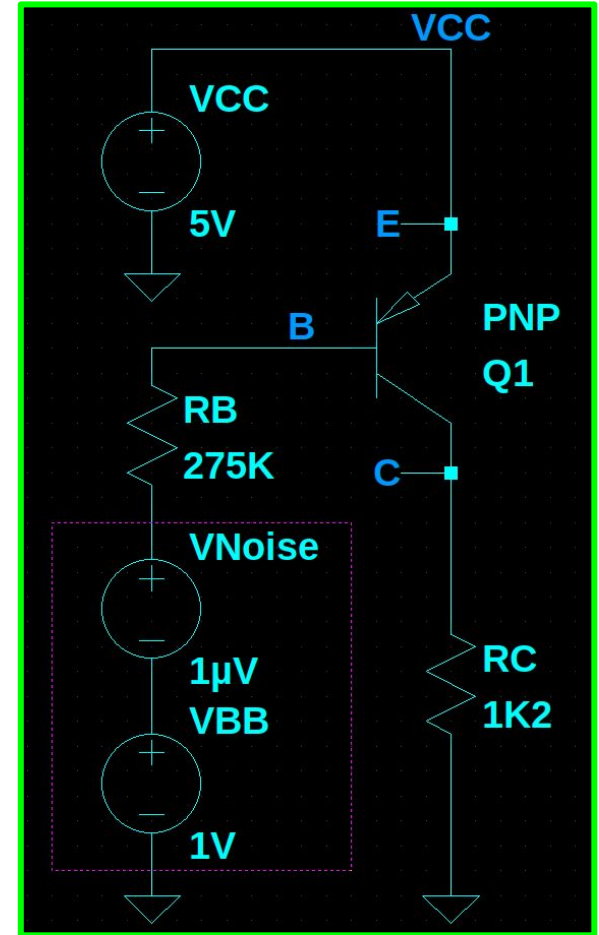
- 1. Polarización**
- 2. Modelo de pequeña señal**
- 3. Corriente de colector de pequeña señal**

Pregunta:

¿Cuánto vale la variación de la corriente de colector i_c si la fuente de polarización V_{BB} tuviera un ruido de $1\mu\text{V}_{\text{RMS}}$?

Datos del circuito:

- Beta = 200
- $V_A = 100\text{V}$
- $V_{BE}(\text{ON}) = -0.7\text{V}$



Polarización:

Malla de entrada:

$$V_{BB} - I_{BQ} R_B - V_{BE(ON)} - V_{CC} = 0V$$

Malla de salida:

$$V_{CC} + V_{CE} + I_{CQ} R_C = 0V$$

Suponemos M.A.D.

$$I_{CQ} = I_{BQ} \cdot \text{Beta}$$

Resolviendo:

$$-I_{BQ} = (V_{CC} - V_{BB} + V_{BE(ON)}) / R_B \rightarrow 12\mu A$$

$$I_{CQ} = -12\mu A \times 200 = -2.4\text{mA}$$

$$|I_{CQ}| \sim I_{EQ}$$

$$V_{CEQ} = (1.2\text{k}\Omega \cdot 2.4\text{mA}) - 5V = 2.88V - 5V = -2.12V < -0.2V \text{ Verifica M.A.D.}$$

$$V_{BEQ} = -0.7V \rightarrow \text{Verifica M.A.D.}$$

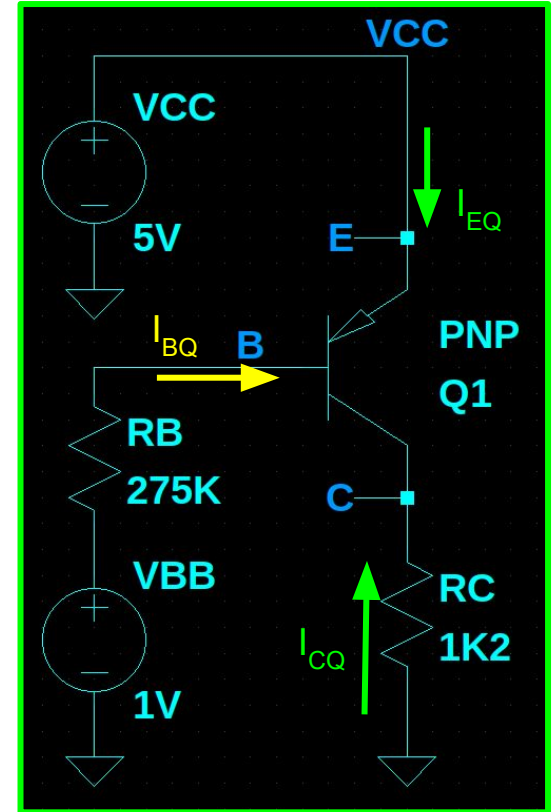
Datos:

Beta = 200

VA = 100V

VBE(ON) = -0.7V

VCE-SAT = -0.2V



Modelo de pequeña señal

Datos:

Beta = 200

VA = 100V

VBE(ON) = -0.7V

V_{CE-SAT} = -0.2V

Transconductancia de salida

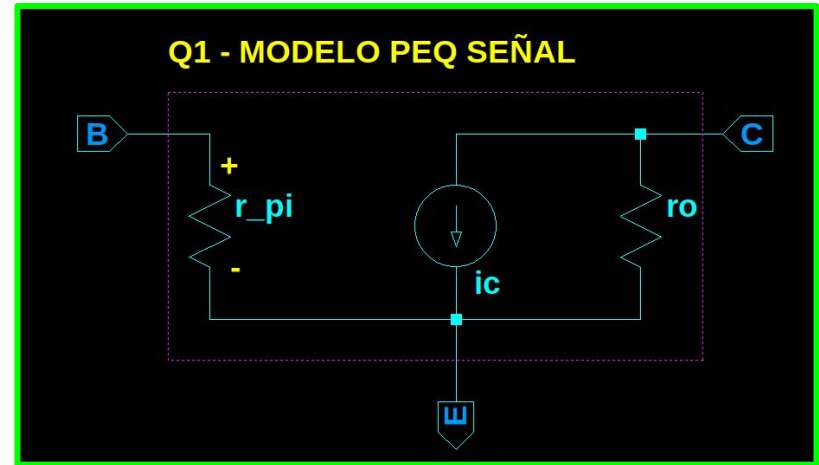
- $g_m = I_{CQ} / V_{TH}$

Resistencia de entrada

- $r_{\pi} = \text{Beta} \cdot 1/g_m$

Efecto de modulación de ancho de la base - Efecto Early.

- $r_o = V_A / I_{CQ}$



Modelo de pequeña señal

Datos:

Beta = 200

VA = 100V

VBE(ON) = -0.7V

V_{CE-SAT} = -0.2V

Transconductancia de salida

- $g_m = |I_{CQ}| / V_{TH} = 2.4\text{mA} / 26\text{mV}$
- $g_m = 92\text{mMho} \rightarrow i_c = g_m \cdot v_{be}$

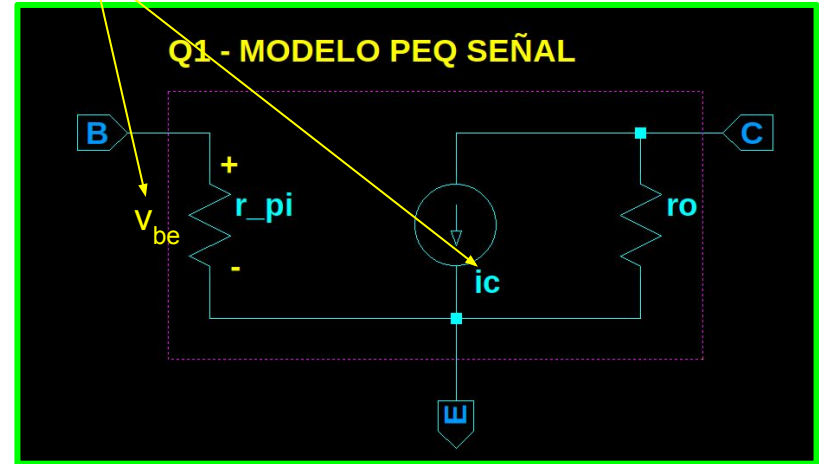
Resistencia de entrada

- $r_{\pi} = \text{Beta} \cdot 1/g_m$
- $r_{\pi} = 200 \cdot 1/(92\text{mMho})$

Efecto de modulación de ancho de la base - Efecto Early.

- $r_o = V_A / I_{CQ}$
- $r_o = 100 / 2.4\text{mA} \sim 41\text{k}\Omega$

!!!Minúscula!!!



¿Cómo queda en el circuito del problema?

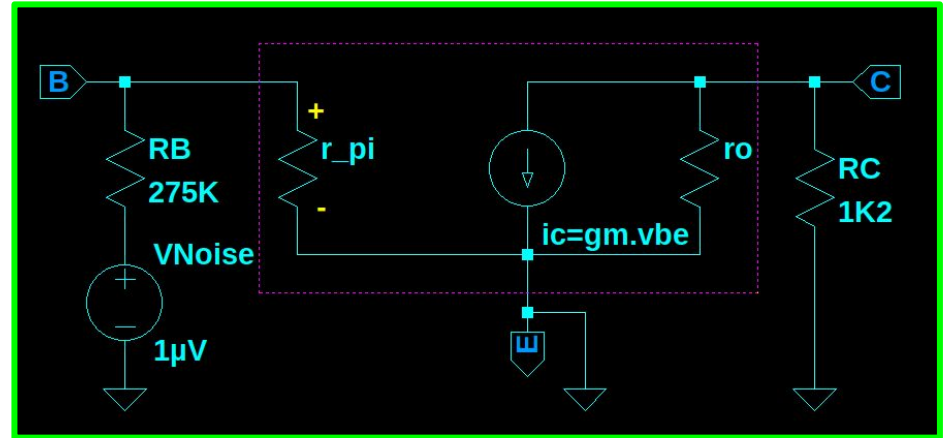
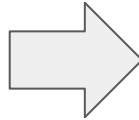
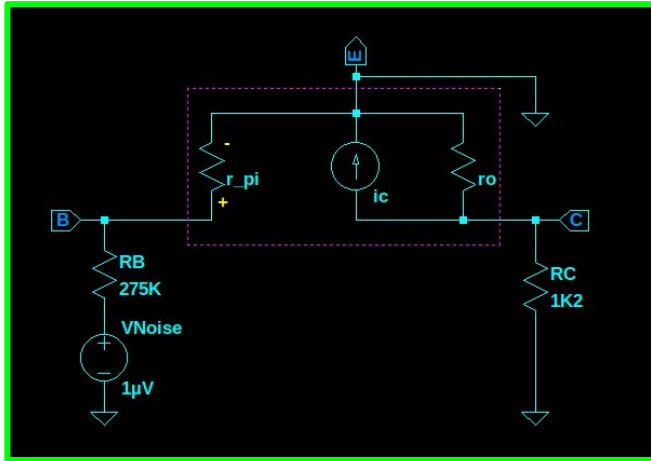
Datos:

$\beta = 200$

$V_A = 100V$

$V_{BE(ON)} = -0.7V$

$V_{CE-SAT} = -0.2V$



Reorganizando el circuito...

¿Cómo se propaga el ruido a la corriente i_c ?

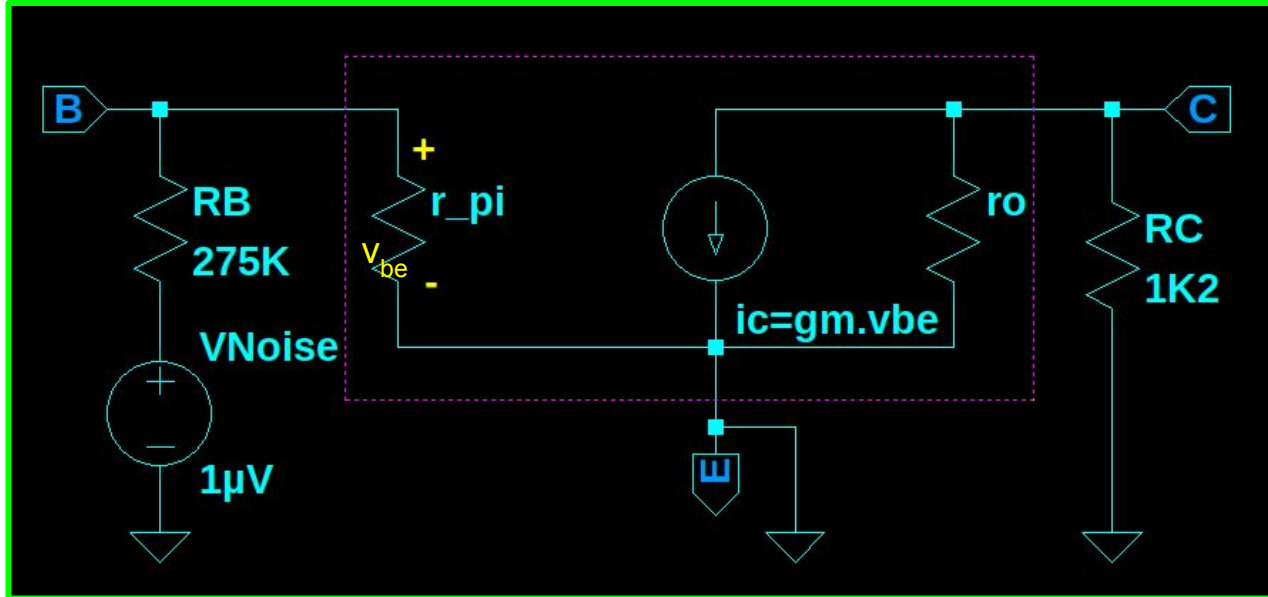
Datos:

Beta = 200

$V_A = 100V$

$V_{BE(ON)} = -0.7V$

$V_{CE-SAT} = -0.2V$



¿Cómo se propaga el ruido a la corriente i_c ?

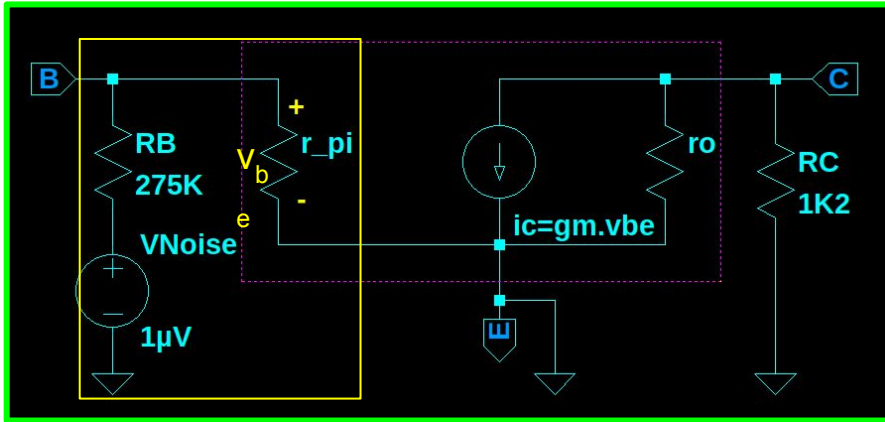
Datos:

Beta = 200

VA = 100V

VBE(ON) = -0.7V

V_{CE-SAT} = -0.2V



$$i_c = g_m v_{be} + g_o v_{ce} = i_{c_1} + i_{c_2}$$

$$i_{c_1} = g_m v_{be} \rightarrow \text{¿Cuánto vale } v_{BE}?$$

Divisor resistivo:

$$v_{be} = 1\mu V * (r_{pi} / (r_{pi} + R_B))$$

$$v_{be} = 1\mu V * 2.1k\Omega / (2.1k\Omega + 275k\Omega)$$

$$v_{be} = 1\mu V * 7.6e-3 = 7.6nV$$

$$i_{c_1} = 7.6nV * 92m\text{Mho} \sim 700pA$$

¿Cómo se propaga el ruido a la corriente i_c ?

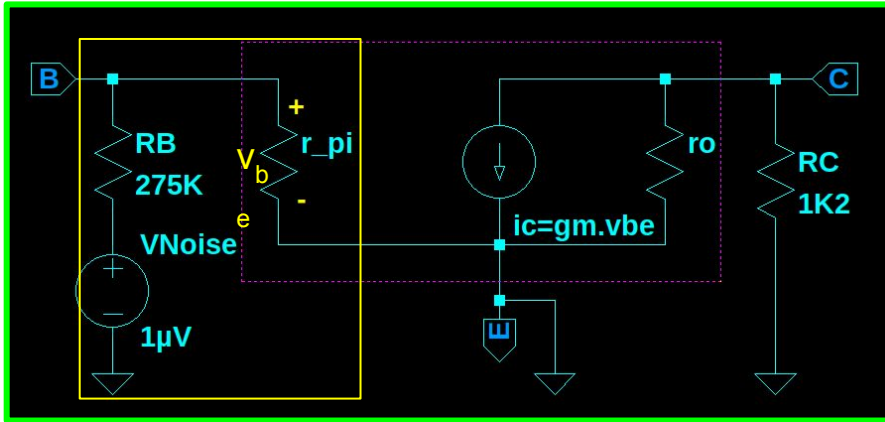
Datos:

Beta = 200

VA = 100V

VBE(ON) = -0.7V

$V_{CE-SAT} = -0.2V$



La tensión de señal en el colector del transistor:

- $v_{ce} = -i_c * (R_C // r_o)$

Pero sabemos que:

- $R_C \ll r_o$
- $v_{ce} = -i_c * (R_C)$

$$v_{ce} = -700pA * 1.2kOhm = -837nV.$$

- $v_{ce} / r_o = 837nV / 41kOhm \sim 20pA$
- $20pA \ll 700pA$

Por lo que podemos asegurar en este caso qué:

- $i_c = i_{c_1} + i_{c_2} \sim i_{c_1}$

Resumen:

Polarización

- $V_{CEQ} = -2.12V$
- $I_{BQ} = -12\mu A$
- $I_{CQ} = -2.4mA$

En señal:

- $v_{BE} = 7.6nV$
- $v_{CE} = -837nV$
- $i_{BE} = 7.6nV / r_{\pi} = 7.6nV / 2.1k\Omega = 3.6pA$
- $i_C = 700pA$

