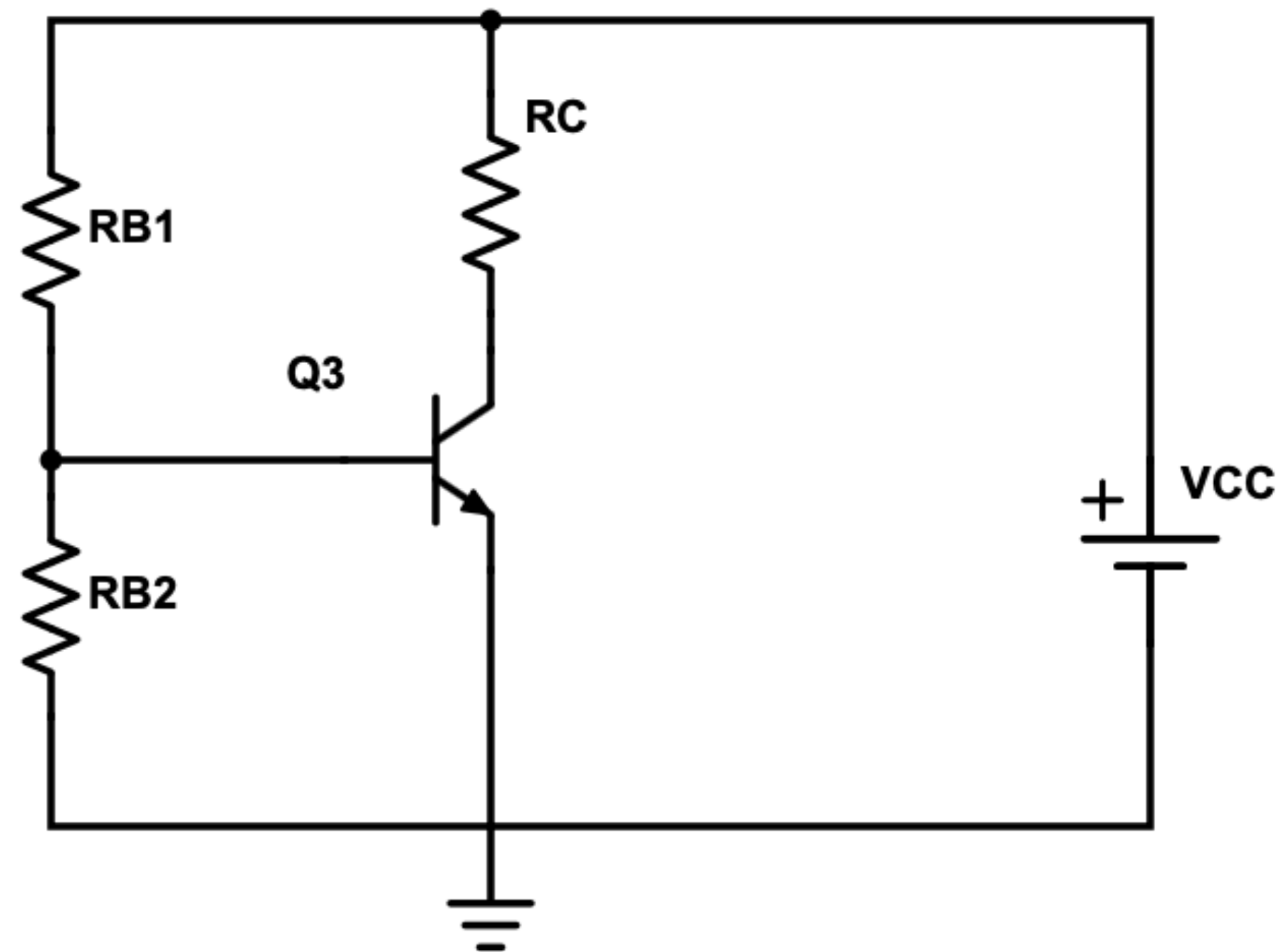


# PEQUEÑA SEÑAL TBJ (NPN)

Parte 1 → POLARIZACIÓN ( $V_{BE}$ ,  $V_{CE}$ ,  $I_C$ )

Parte 2 → MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL



Obtener el modelo de pequeña señal (hibrido  $\pi$ ) del transistor presente en el siguiente circuito:

Datos:

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

$$\beta_F = 200$$

$$V_A = 100V$$

$$\tau_{T(BE)} = 38ns$$

$$\phi_{B(VCB)} = 0.8V$$

$$C_{JBC0} = 1pF$$

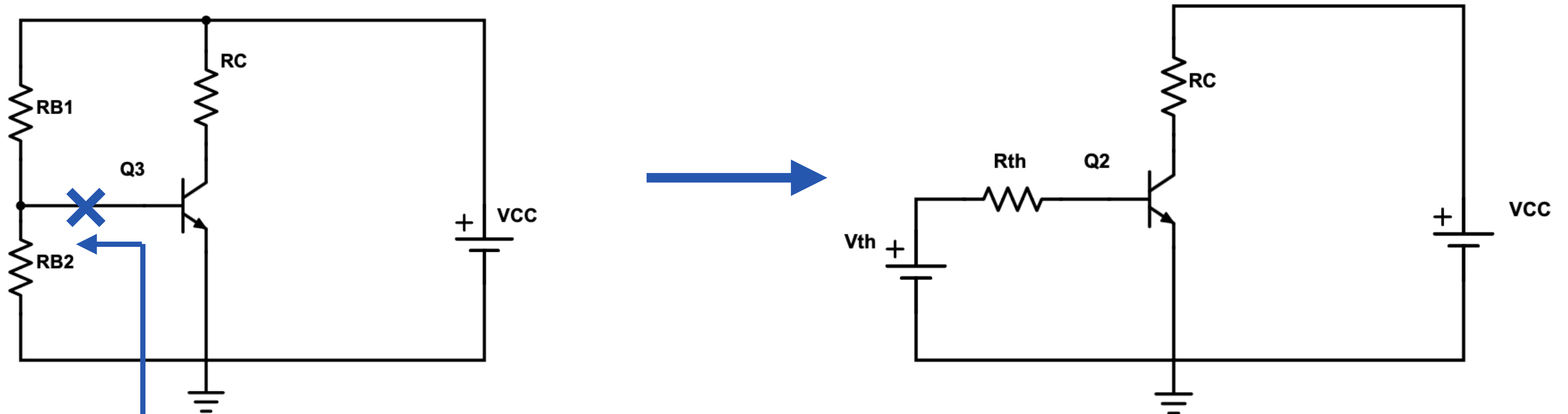
$$V_{CC} = 5V$$

$$R_{B1} = 100k\Omega$$

$$R_{B2} = 330k\Omega$$

$$R_C = 470\Omega$$

# POLARIZACIÓN



Thevenin

$$R_{TH} = \frac{R_{B1}R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 76.74k\Omega$$

$$V_{Th} = V_{CC} \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 3.83V$$

# PASOS A SEGUIR PARA POLARIZACIÓN

1. Planteo corrientes y tensiones de circuito

2. Obtengo las expresiones de las mallas que lo componen

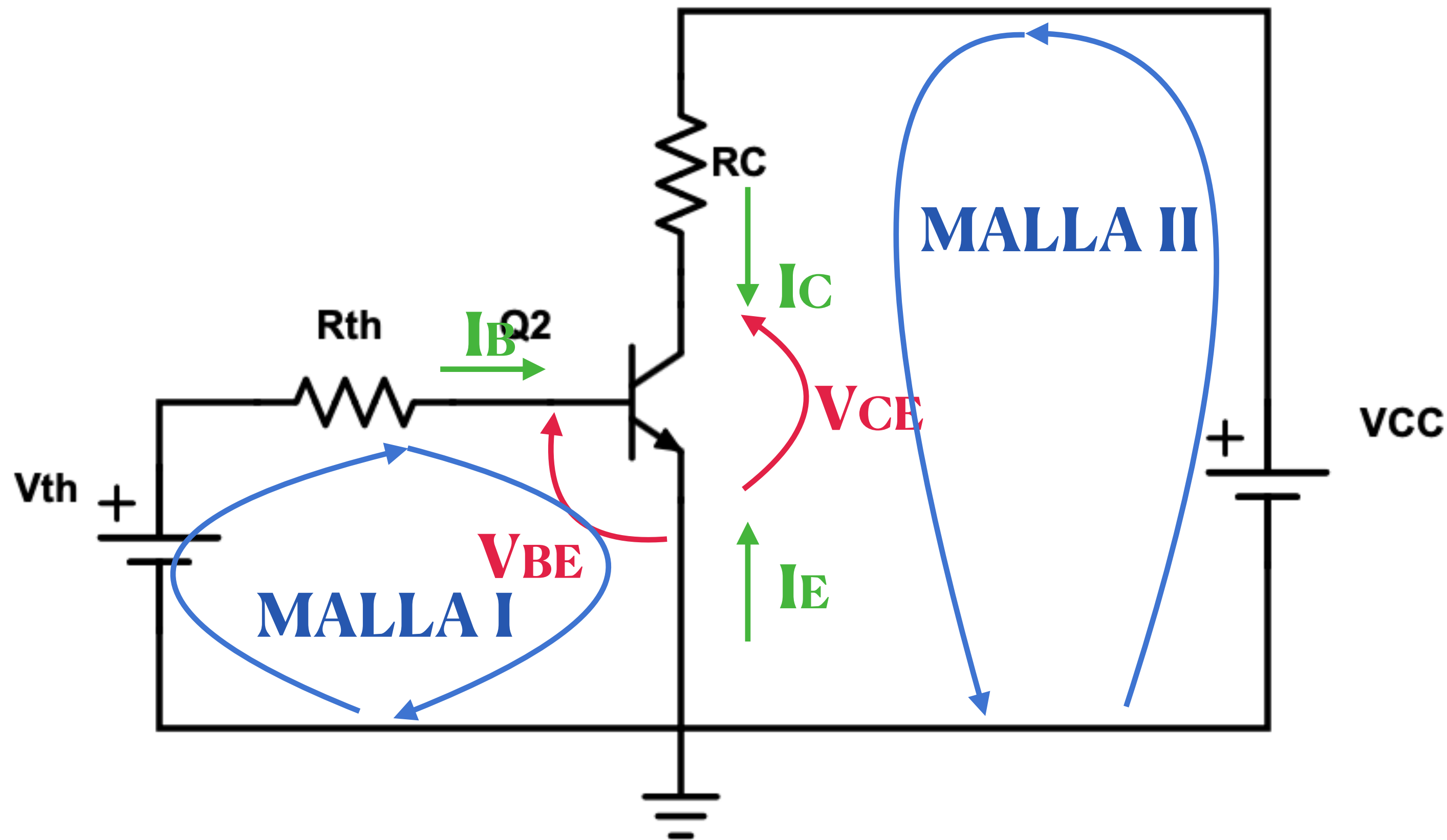
3. Supongo régimen de Modo Activo Direction ( $I_c = \beta I_B$ )

4. Resuelvo

5. Verifico si es correcta la suposición de M.A.D

6. Si la suposición fue errónea, planteo otro regimen y vuelvo al punto 4 hasta encontrar un resultado acorde con la suposición

# POLARIZACIÓN



## MALLA I

$$V_{th} - I_B R_{th} - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{TH}}$$

## MALLA II

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

# POLARIZACIÓN

Datos:

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

$$\beta_F = 200$$

$$V_A = 100V$$

$$V_{CC} = 5V$$

$$R_{B1} = 100k\Omega$$

$$R_{B2} = 330k\Omega$$

$$R_C = 470\Omega$$

$$R_{TH} = 76.74k\Omega$$

$$V_{Th} = 3.83V$$

Suponiendo régimen de M.A.D y despreciando el efecto de modulación del ancho de la base ( $V_A \rightarrow \infty$ )

$$V_{BE} = V_{BE(ON)} \longrightarrow I_B = \frac{V_{th} - V_{BE(ON)}}{R_{TH}} = 40.78\mu A$$

$$I_C = \beta_F I_B \longrightarrow I_C = 8.15mA$$

$$I_E = -I_B - I_C = -8.19mA$$

Utilizando la expresión de la malla II e  $I_C$  obtenemos el valor de  $V_{CE}$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = 1.15V$$

$$\longrightarrow \frac{V_{CE}}{I_C (1 + V_{CE}/V_A)}$$

$$I_C = 8.24mA$$

Verificamos la condición de M.A.D

$$V_{BE} = V_{BE(ON)}$$

$$V_{CE} > V_{CEsat} = 0,2V$$

$$V_{CE} = 1.15V > 0,2V$$

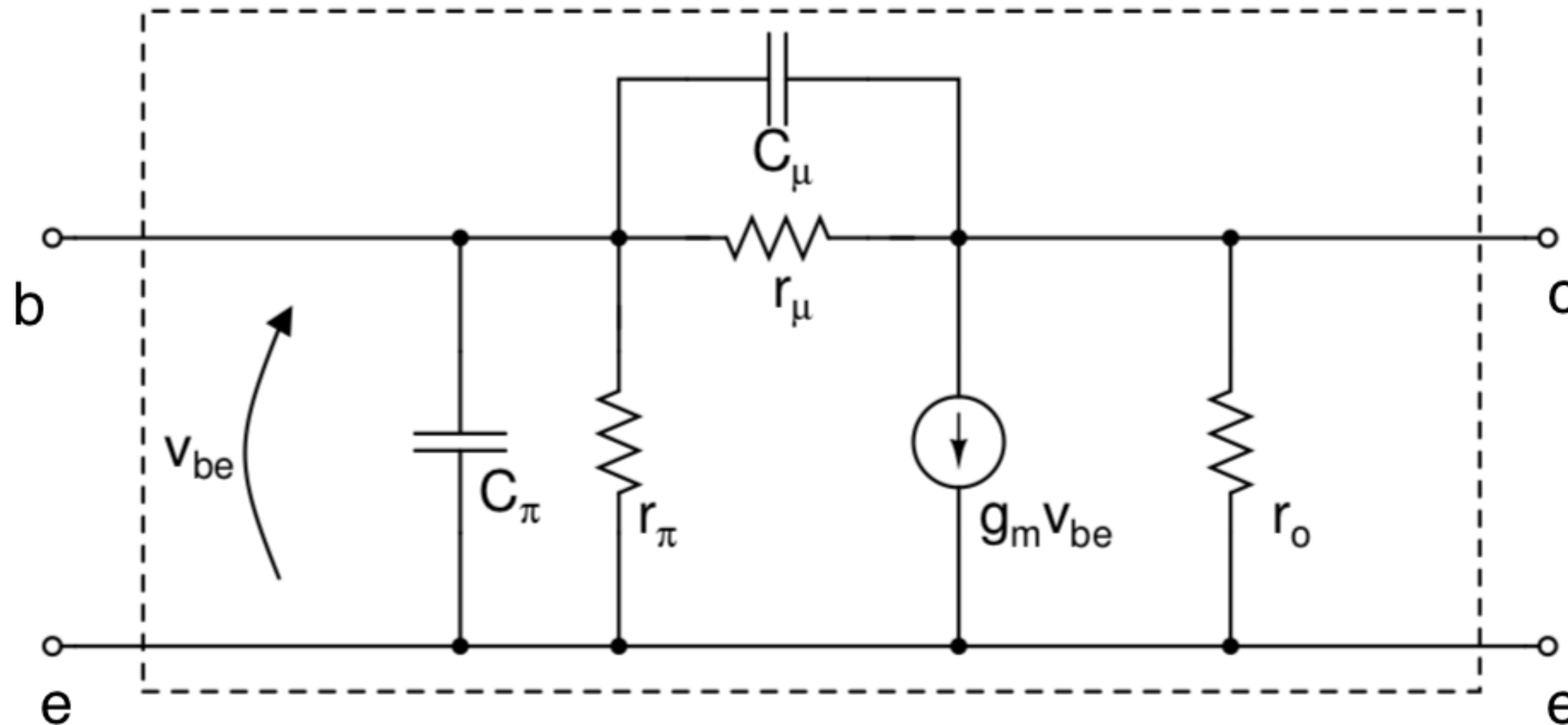


# MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL

El modelo de pequeña señal se compone a partir de los siguientes parámetros:

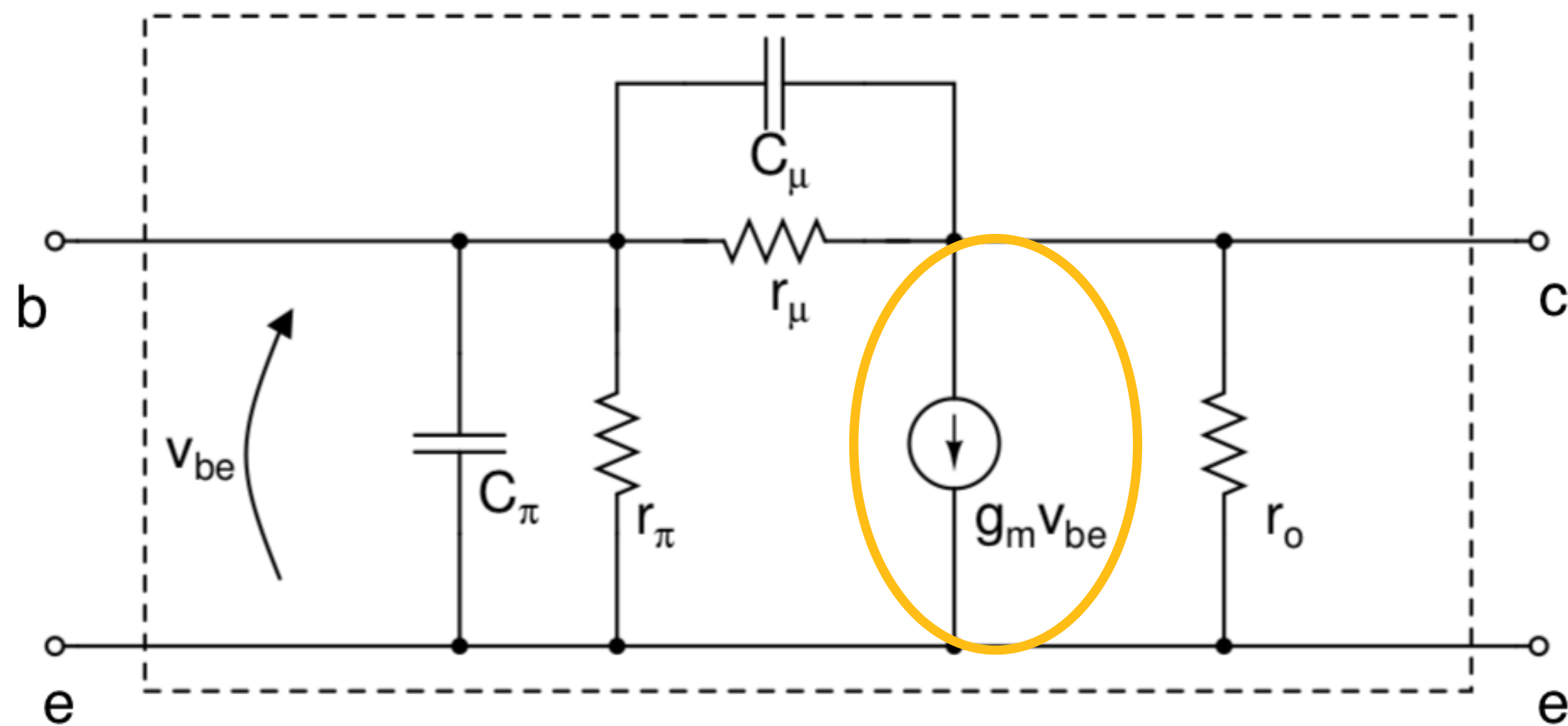
$g_m$ ,  $r_{\pi}$ ,  $r_o$ ,  $r_{\mu}$ ,  $C_{\mu}$  y  $C_{\pi}$

Se organizan de la siguiente manera para crear el modelo circuital:



# TRANSCONDUCTANCIA $g_m$

Esta relacionado físicamente con la variación de la inyección de minoritarios del emisor hacia la base



$$g_m = \left. \frac{\partial i_C(v_{BE})}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}$$

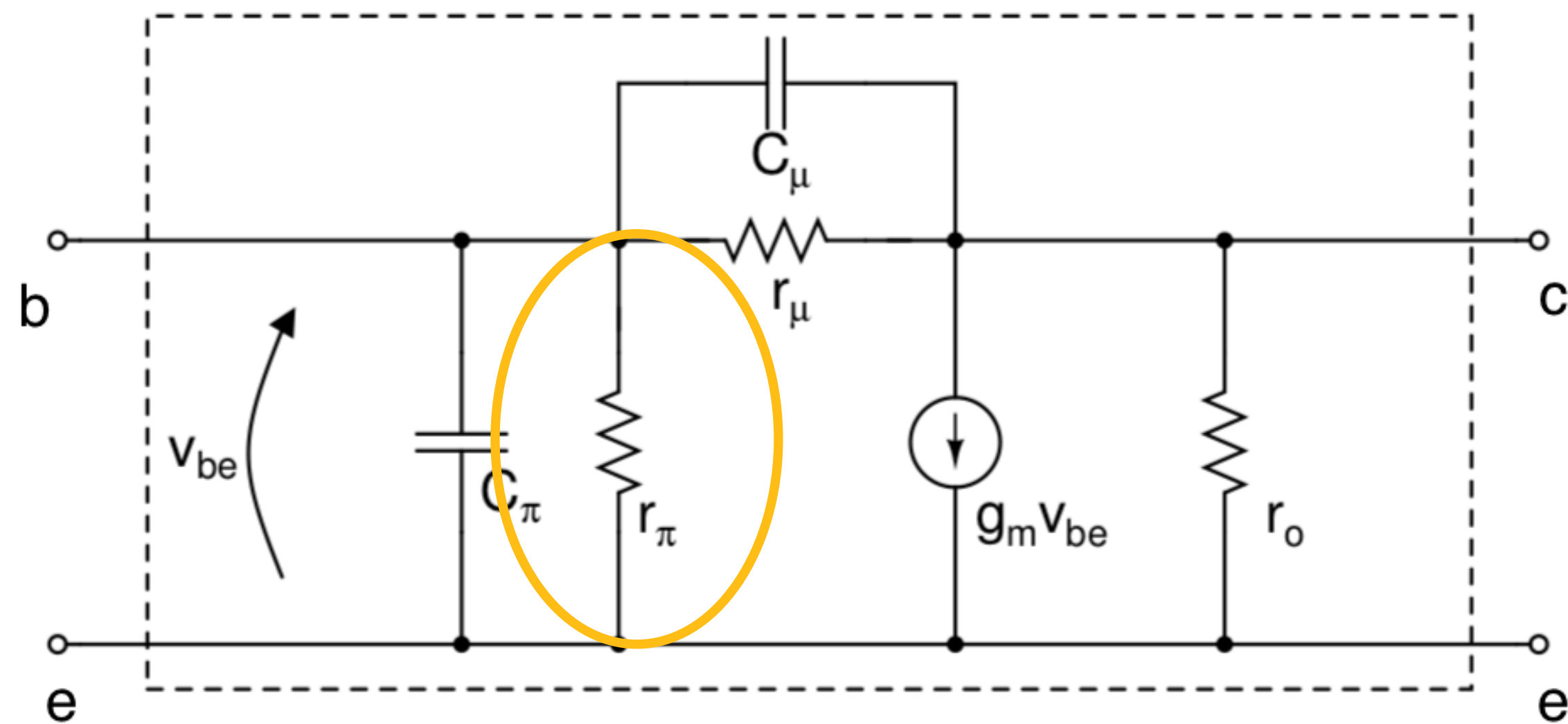
$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_{TH}}$$

$$V_{TH}(300K) = 25.9mV$$

$$g_m = 314 \frac{\mu A}{V}$$

# RESISTENCIA DE ENTRADA $r_{\pi}$

Esta relacionado físicamente con la variación de la inyección de minoritarios de la base hacia la emisor



$$g_{\pi} = \frac{1}{r_{\pi}} = \left. \frac{\partial i_B(v_{BE})}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}$$

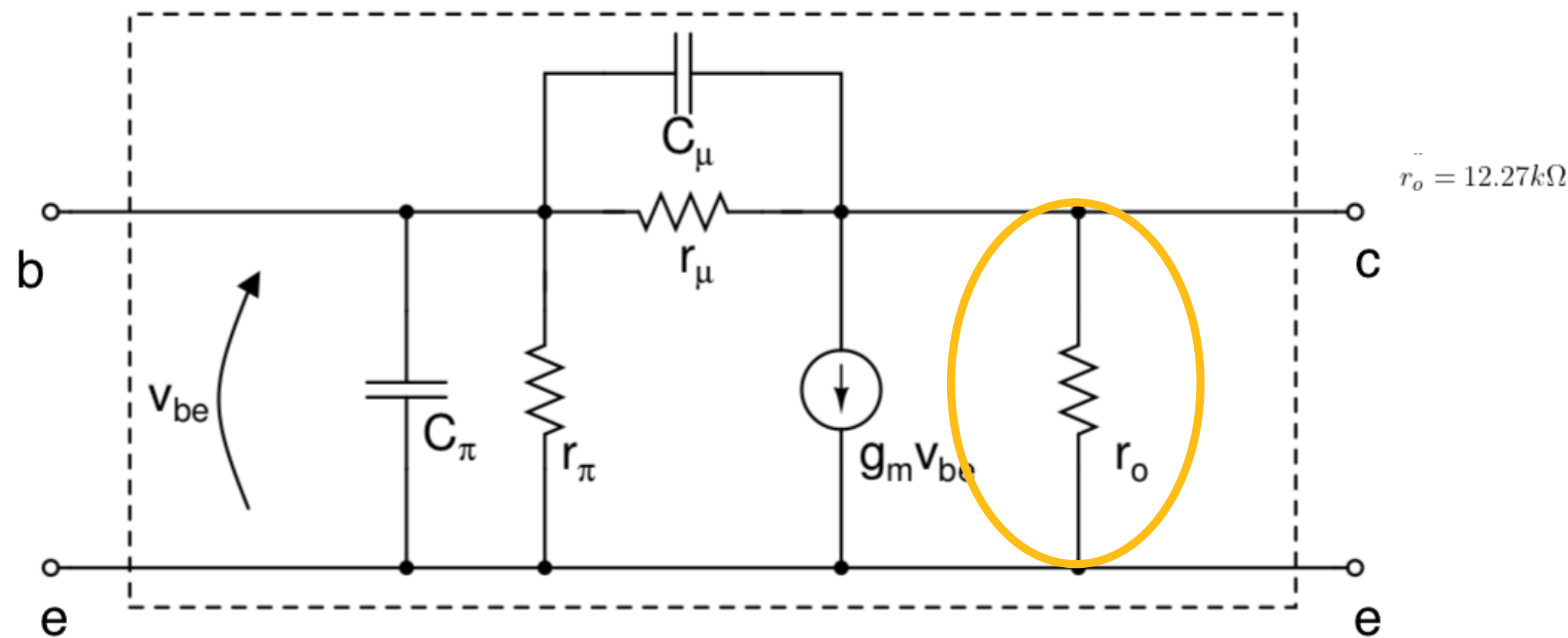
$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_{\pi} = 635\Omega$$



# RESISTENCIA DE SALIDA $r_o$

Esta relacionado físicamente con la variación del largo efectivo de la base ante variaciones de la tensión VCE



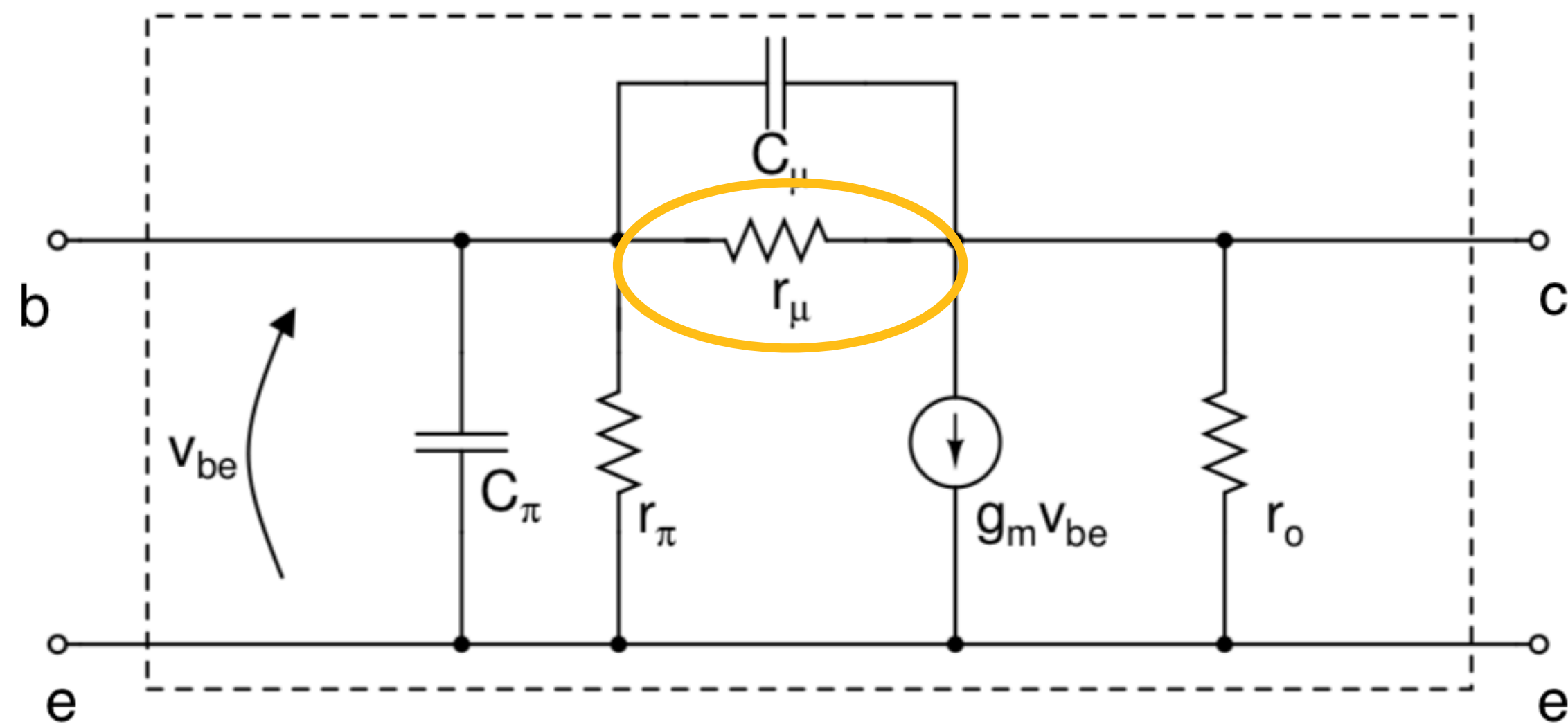
$$g_o = \frac{1}{r_o} = \left. \frac{\partial i_C(V_{BE}, V_{CE})}{\partial V_{CE}} \right|_{V_{BE}, V_{CE}}$$

$$r_o \approx \frac{V_A}{I_{CQ}}$$

$$r_o = 12.27k\Omega$$

# RESISTENCIA DE REALIMENTACIÓN $r_\mu$

Esta relacionado físicamente con la variación de carga que se recombina en la base ante variaciones de la tensión VCB



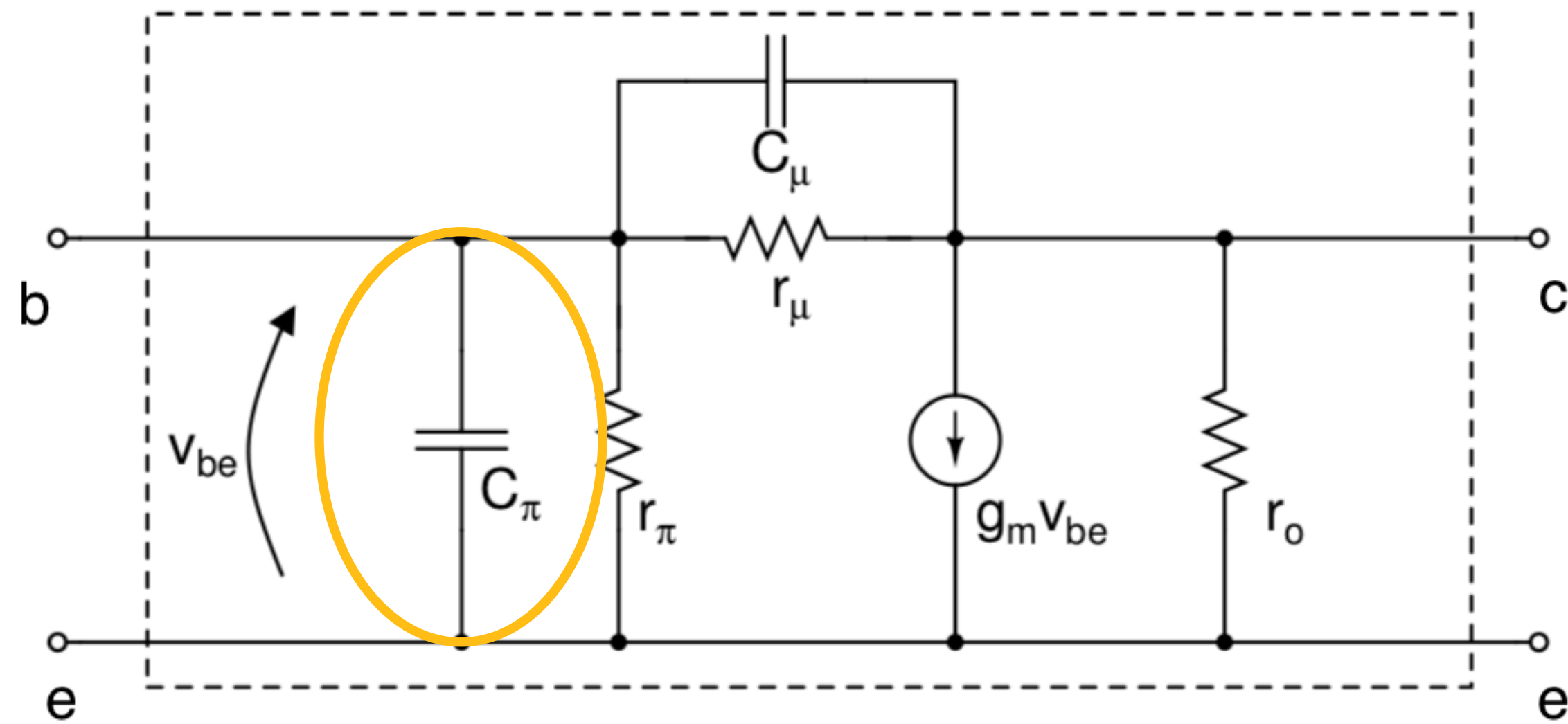
$$r_\mu = \left[ \frac{\partial i_B}{\partial V_{BC}} \right]^{-1}$$

$$r_\mu = \beta r_o = \beta \frac{V_A}{I_{CQ}}$$

$$r_\mu = 2.45 M\Omega$$

# CAPACIDAD DE ENTRADA $r_{\pi}$

Como la juntura BASE-EMISOR está en directa, predomina el fenómeno de difusión.

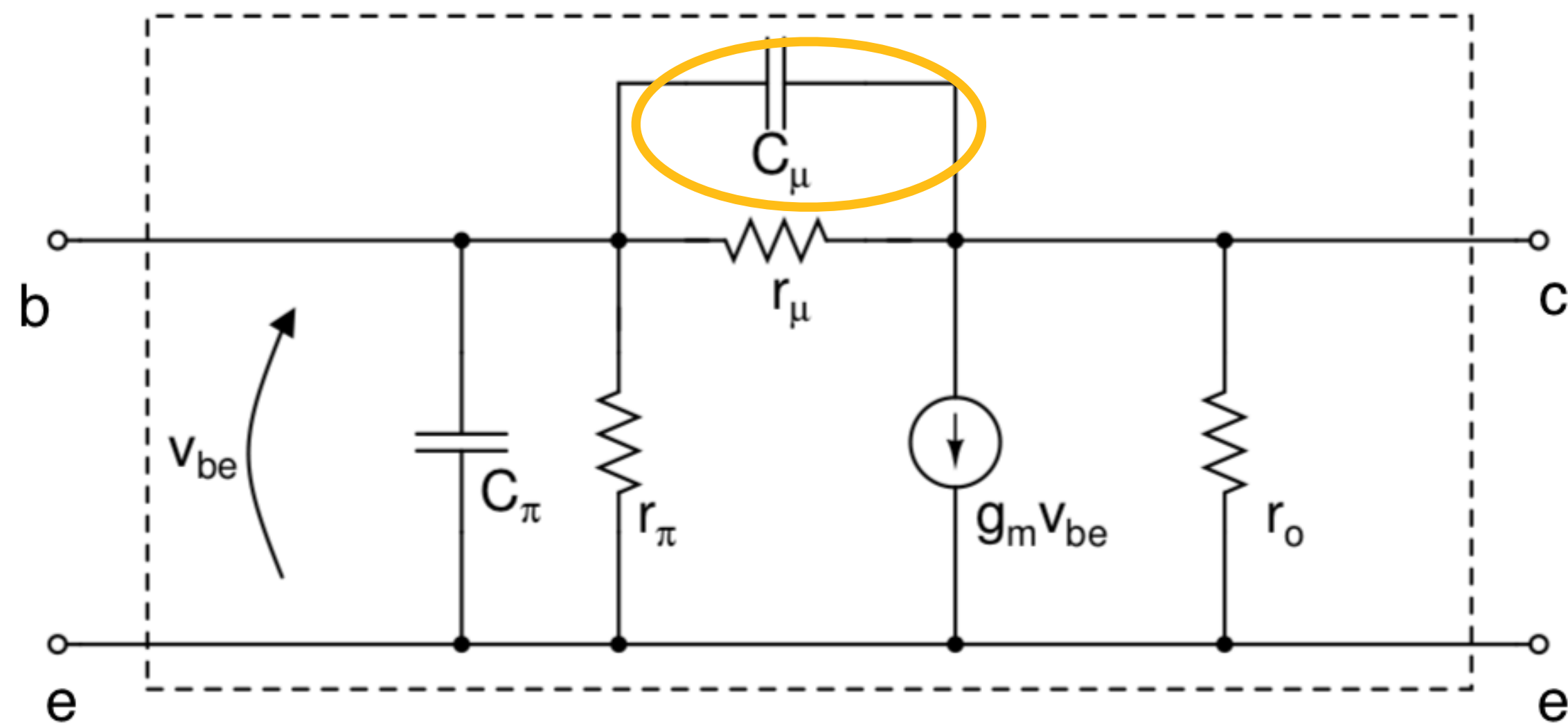


$$C_{\pi} \approx C_{dBE} = \tau_T g_m$$

$$C_{\pi} \approx 12pF$$

# CAPACIDAD DE REALIMENTACIÓN $C_\mu$

Como la juntura BASE-COLECTOR está en inversa, predomina el fenómeno de juntura.

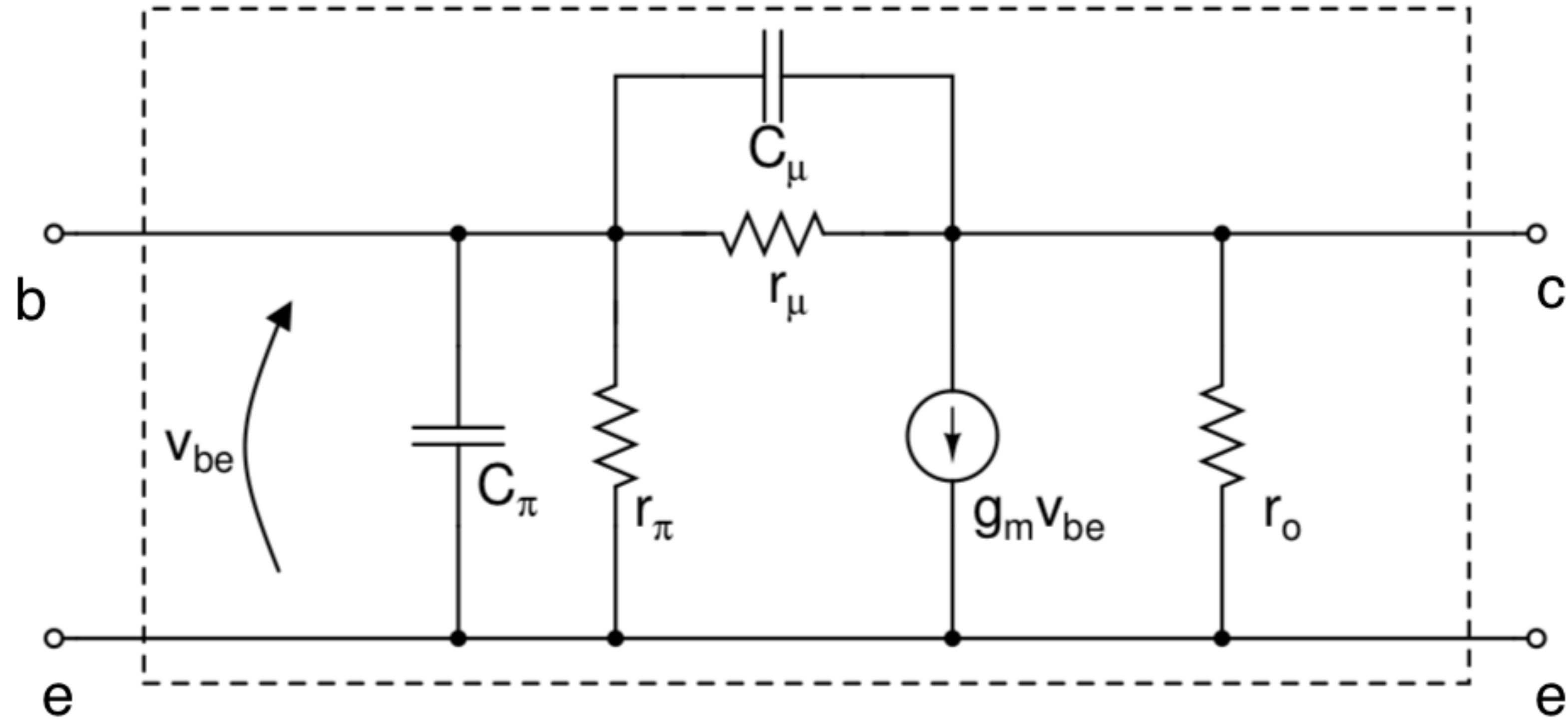


$$C_\mu \simeq C_{jBC} = \frac{C_{jBC0}}{\sqrt{1 + \frac{V_{CB}}{\phi_B}}}$$

$$V_{CB} = V_C - V_B = V_{CE} - V_{BE} = 0,45V$$

$$C_\mu \approx 806 fF$$

# MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL



$$g_m = 314 \frac{\mu A}{V}$$
$$r_\pi = 635 \Omega$$
$$r_o = 12.27 k\Omega$$
$$r_\mu = 2.45 M\Omega$$
$$C_\pi \approx 12 pF$$
$$C_\mu \approx 806 fF$$