

[86.03/66.25] Dispositivos Semiconductores

1er Cuatrimestre de 2020

# Diseño de un amplificador emisor común

¿A que nos referimos con diseño?

↳ Es el problema inverso del análisis.

# ¿A que nos referimos con diseño?

↳ Es el problema inverso del análisis.

**Análisis:**

Valores de componentes,  
dispositivo y topología  
conocidos



Obtengo parámetros del  
amplificador

# ¿A que nos referimos con diseño?

↳ Es el problema inverso del análisis

Análisis:

Valores de componentes,  
dispositivo y topología  
conocidos



Obtengo parámetros del  
amplificador

Diseño:

Parámetros del  
amplificador que necesito  
(llamadas especificaciones  
o *specs*)



El dispositivo a usar, los  
valores de los  
componentes, etc...

# ¿A que nos referimos con diseño?

↳ Es el problema inverso del análisis

Análisis:

Valores de componentes,  
dispositivo y topología  
conocidos



Obtengo parámetros del  
amplificador

Diseño:

Parámetros del  
amplificador que necesito  
(llamadas especificaciones  
o *specs*)



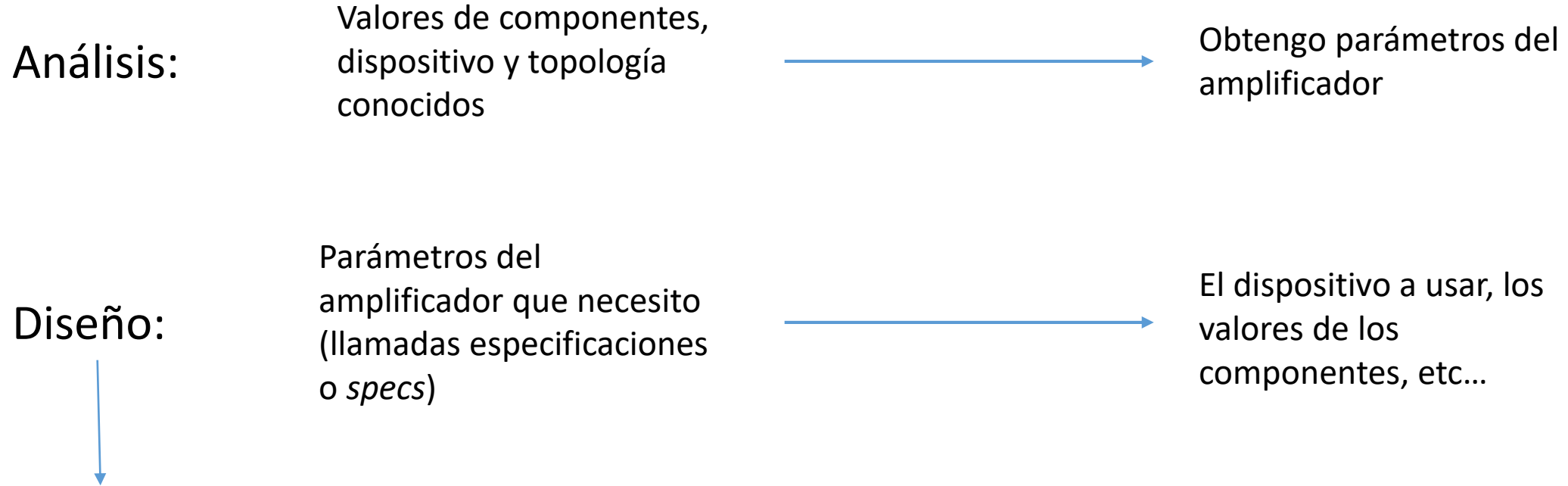
El dispositivo a usar, los valores  
de los componentes del circuito,  
etc...

→ Ganancia, resistencia de entrada, resistencia de salida, sin distorsión

→ Ancho de banda, potencia de salida, bajo ruido, temperatura de operación, costo, etc...

# ¿A que nos referimos con diseño?

↳ Es el problema inverso del análisis



En general es un proceso más difícil que el análisis:

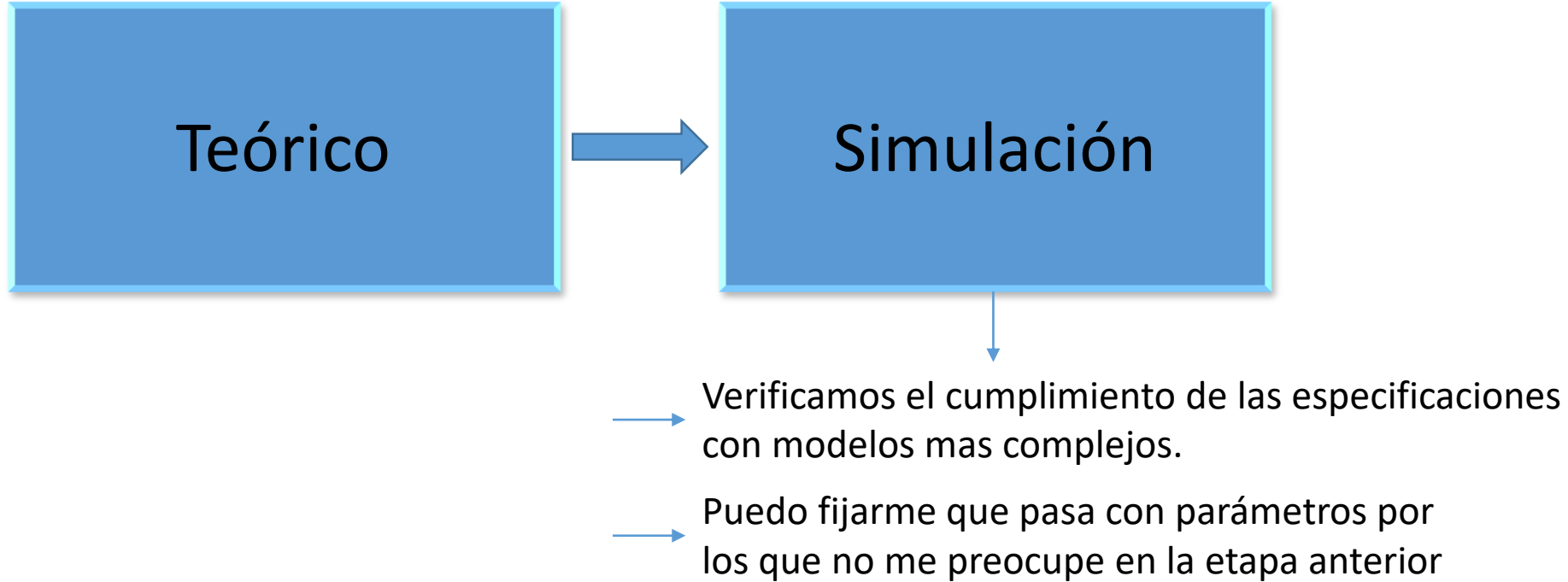
- Es menos directo.
- Tengo más grados de libertad.
- Es iterativo, requiere prueba y error.
- Existen múltiples soluciones para el mismo problema.

Dadas las especificaciones, las etapas de un diseño son....

## Teórico

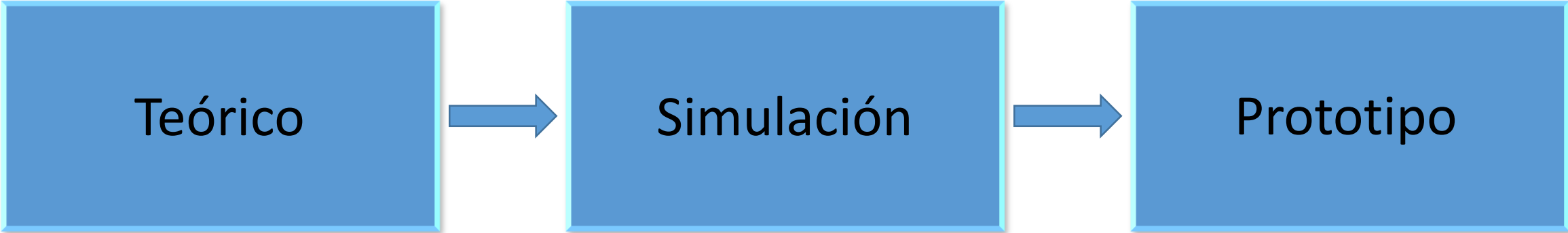
- Búsqueda de info y recurrir a la bibliografía.
- Armar algo en papel usando ecuaciones simples y aproximaciones.
- Haber practicado con análisis y tener una buena intuición sobre el problema ayuda mucho.

Dadas las especificaciones, las etapas de un diseño son....

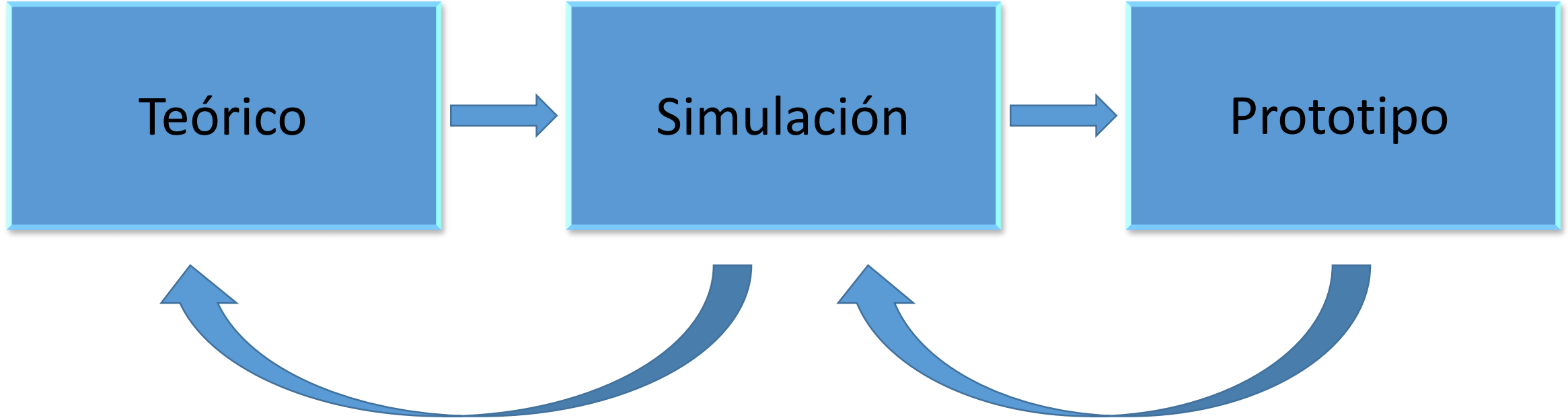




Dadas las especificaciones, las etapas de un diseño son....



Dadas las especificaciones, las etapas de un diseño son....

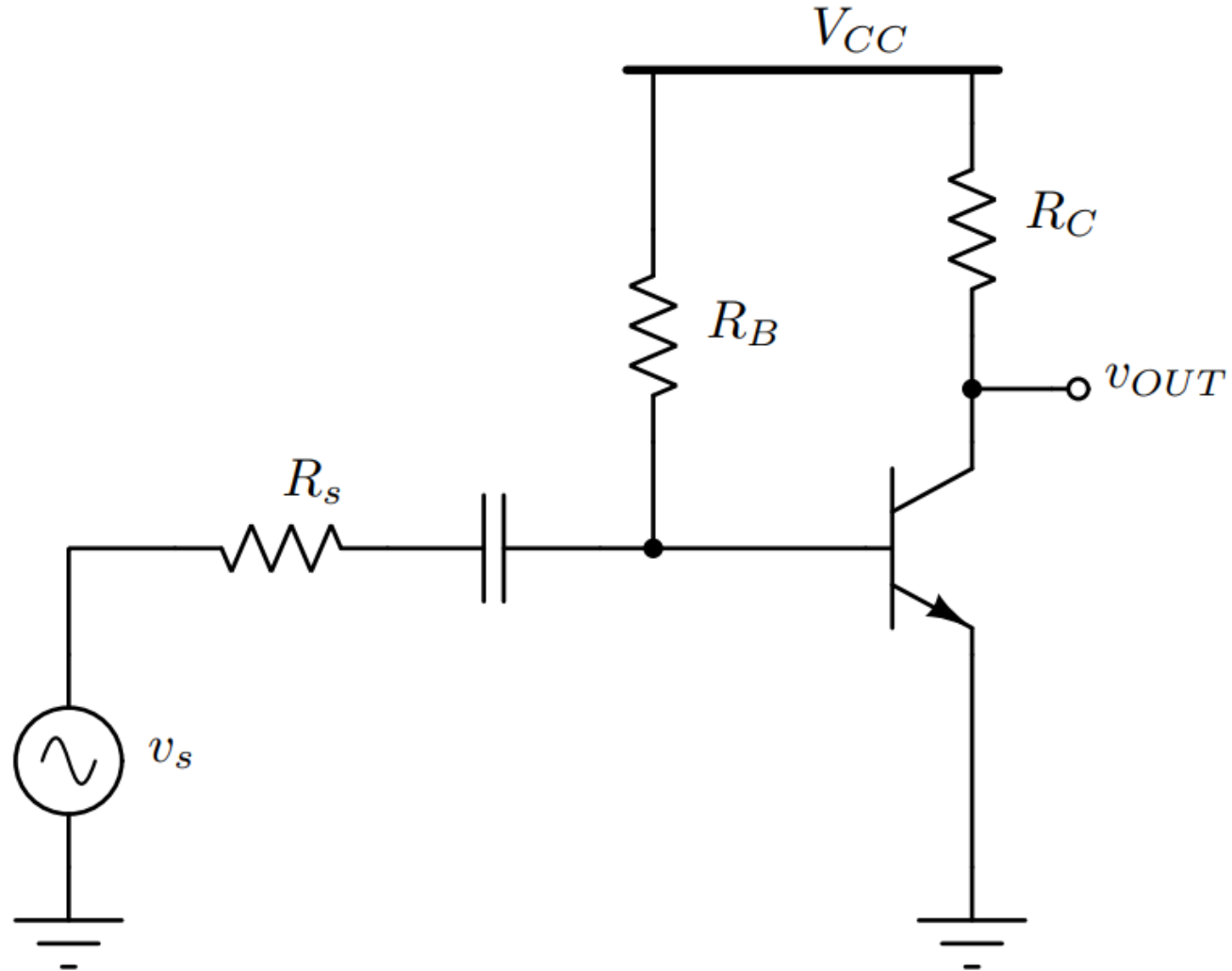


En caso de que el diseño no logre cumplir las especificaciones, debo volver hacia atrás y seguir probando.

(Final 7/7/2015) Dado el siguiente amplificador emisor común hallar  $R_C$  y  $R_B$  tal que:

- $R_{in} \leq 250 \Omega$
- $V_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot V_{CC}$
- $P_{DC}$  sea mínima

Con los valores hallados calcular  $I_{CQ}$  y  $A_{v0}$  del circuito. Datos:  $V_{CC} = 10 V$ ,  $\beta = 250$ ,  $V_A = 100 V$ .



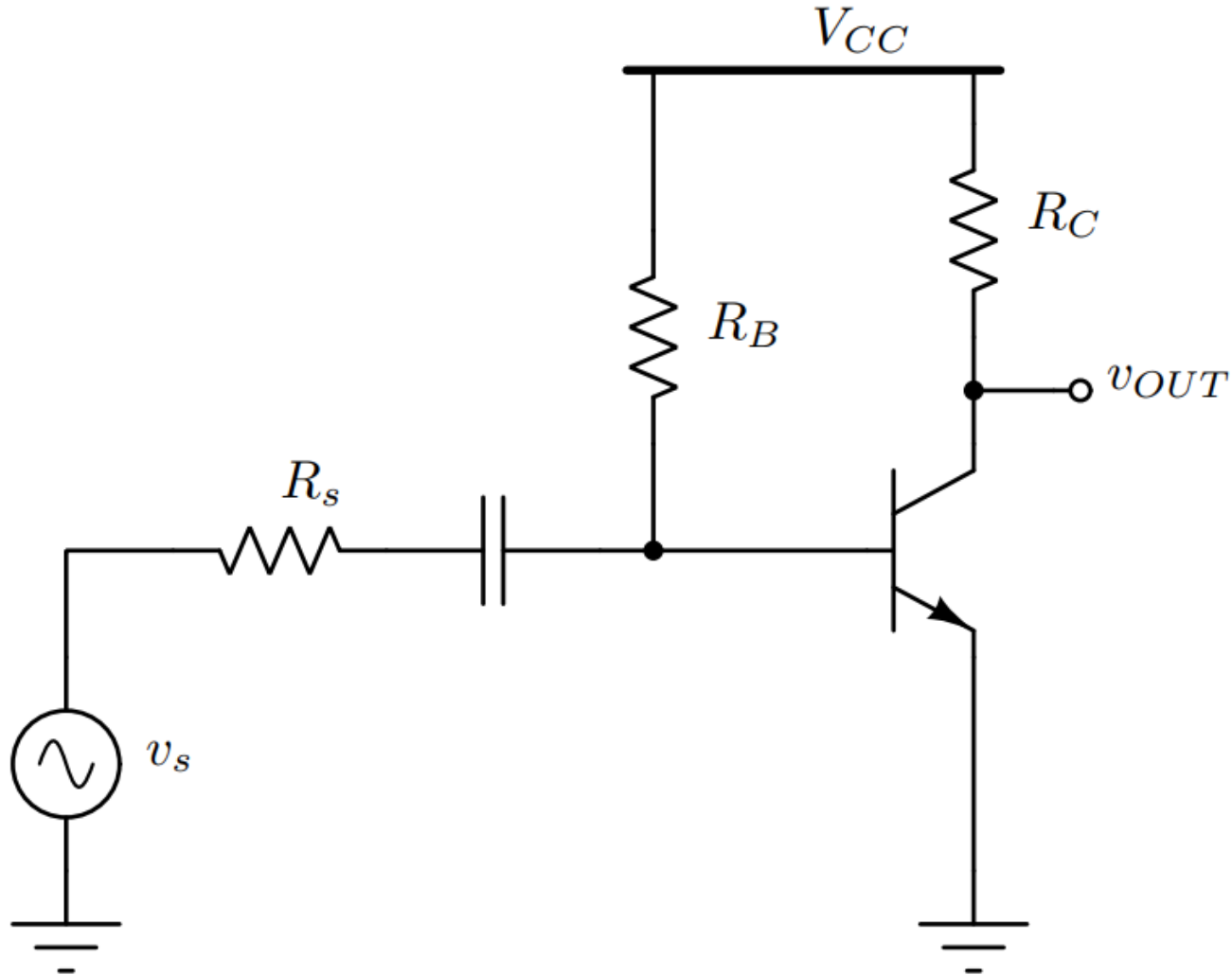
(Final 7/7/2015) Dado el siguiente amplificador emisor común hallar  $R_C$  y  $R_B$  tal que:

- $R_{in} \leq 250 \Omega$
- $V_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot V_{CC}$
- $P_{DC}$  sea mínima

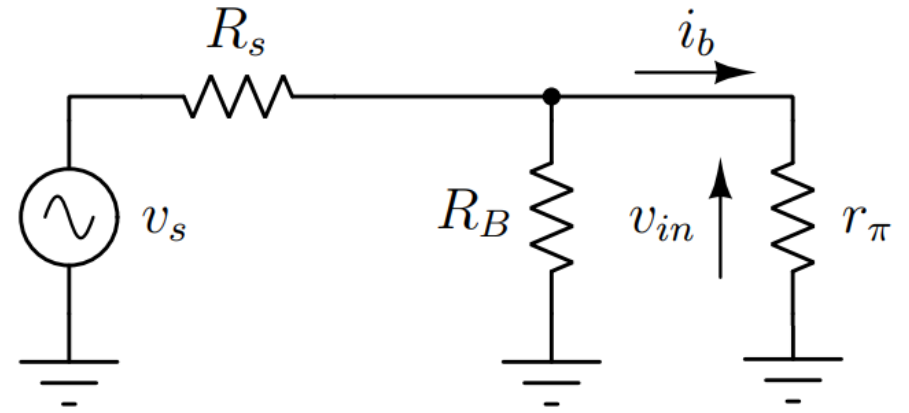
Especificaciones

Diseño

Con los valores hallados calcular  $I_{CQ}$  y  $A_{v0}$  del circuito. Datos:  $V_{CC} = 10 V$ ,  $\beta = 250$ ,  $V_A = 100 V$ .



▪  $R_{in} \leq 250 \Omega \rightarrow R_{in} = R_B // r_\pi$

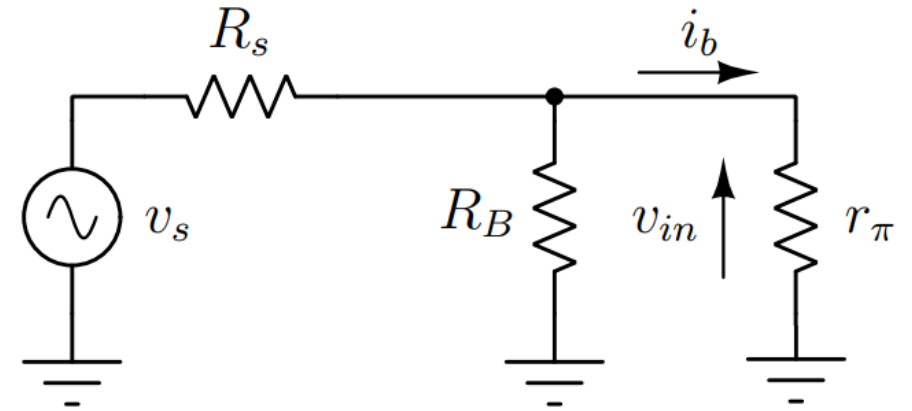


■  $R_{in} \leq 250 \Omega \rightarrow R_{in} = R_B // r_\pi$

→ Cuando  $I_B$  es del orden de  $\mu A \rightarrow R_B$  es del orden de los  $10 k\Omega$  a  $100 k\Omega$

→  $r_\pi$  generalmente es chica, menor a  $1 k\Omega$

→  $R_B \gg r_\pi$



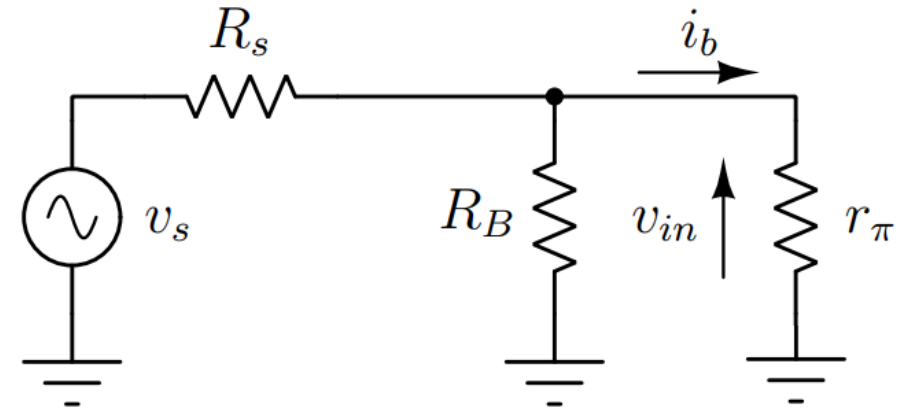
■  $R_{in} \leq 250 \Omega \rightarrow R_{in} = R_B // r_\pi$

→ Cuando  $I_B$  es del orden de  $\mu A \rightarrow R_B$  es del orden de los  $10 k\Omega$  a  $100 k\Omega$

→  $r_\pi$  generalmente es chica, menor a  $1 k\Omega$

→  $R_B \gg r_\pi$

Podemos aproximar:  $R_{in} = R_B // r_\pi \simeq r_\pi \rightarrow r_\pi < 250 \Omega$

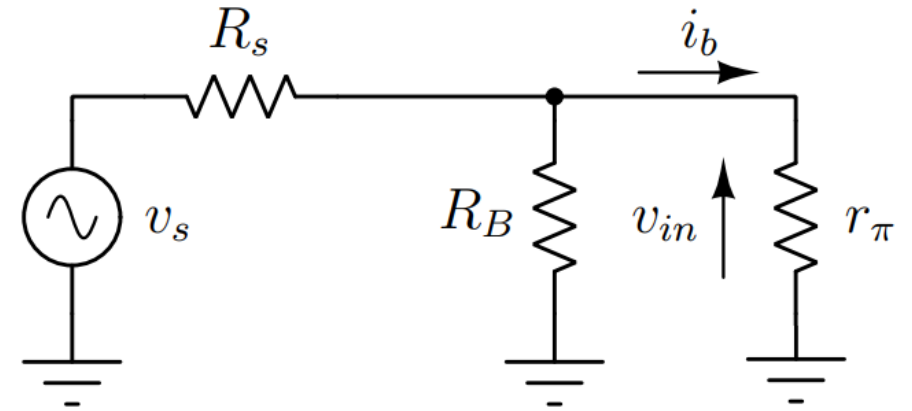


- $R_{in} \leq 250 \Omega \rightarrow R_{in} = R_B // r_\pi$

→ Cuando  $I_B$  es del orden de  $\mu A \rightarrow R_B$  es del orden de los 10 k $\Omega$  a 100 k $\Omega$

→  $r_\pi$  generalmente es chica, menor a 1 k $\Omega$

→  $R_B \gg r_\pi$



Podemos aproximar:  $R_{in} = R_B // r_\pi \simeq r_\pi \rightarrow r_\pi < 250 \Omega$

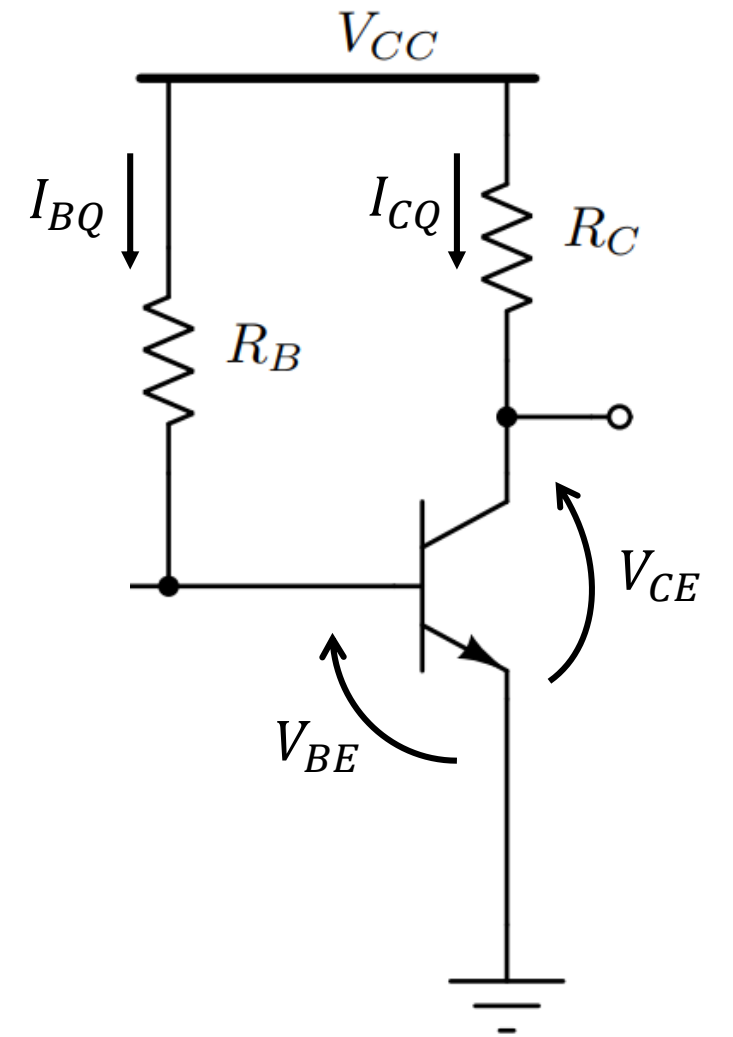
$$\rightarrow r_\pi = \left[ \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \Big|_Q \right]^{-1} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{\beta v_{th}}{I_{CQ}} < 250 \Omega$$

$$\rightarrow I_{CQ} \geq \frac{\beta v_{th}}{250 \Omega} = 25 \text{ mA}$$

$$\rightarrow I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} \geq 100 \mu\text{A}$$

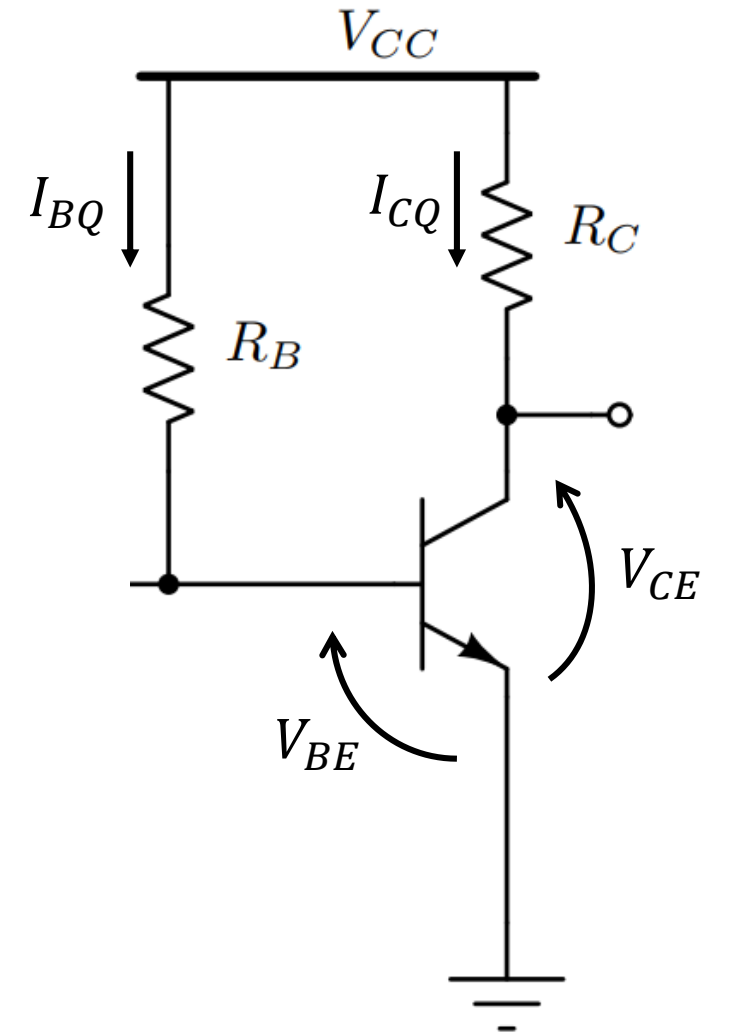


- Potencia DC mínima



- Potencia DC mínima

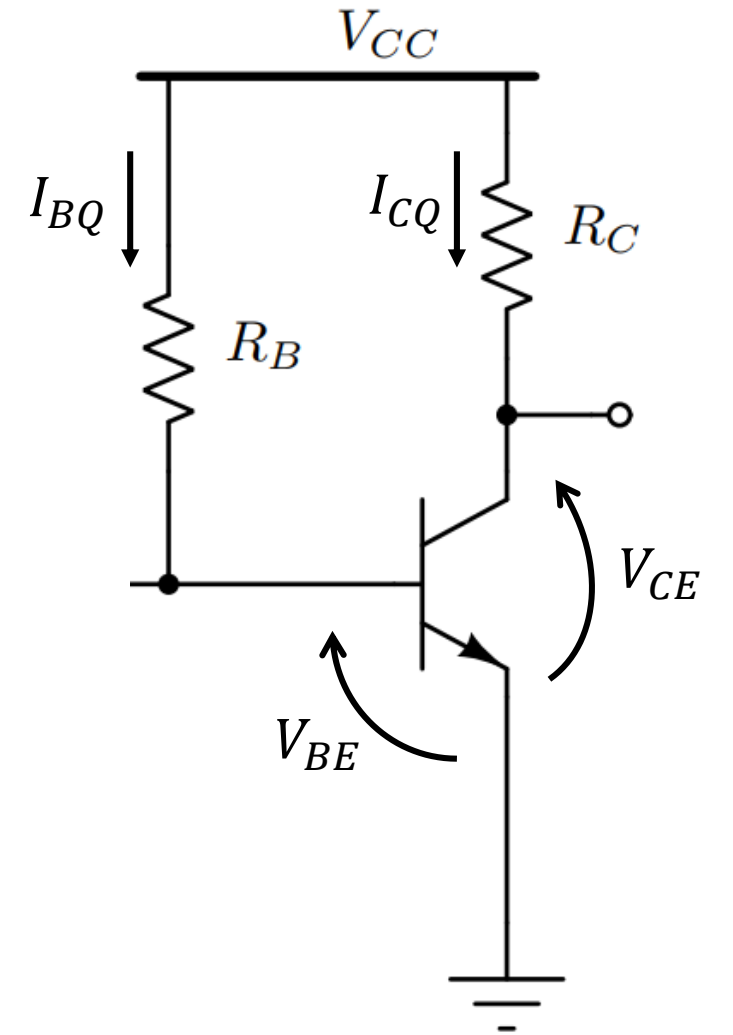
→ Toda la potencia es entregada por la fuente



- Potencia DC mínima

→ Toda la potencia es entregada por la fuente

→  $P_{DC} = V_{CC} \cdot (I_{CQ} + I_{BQ})$



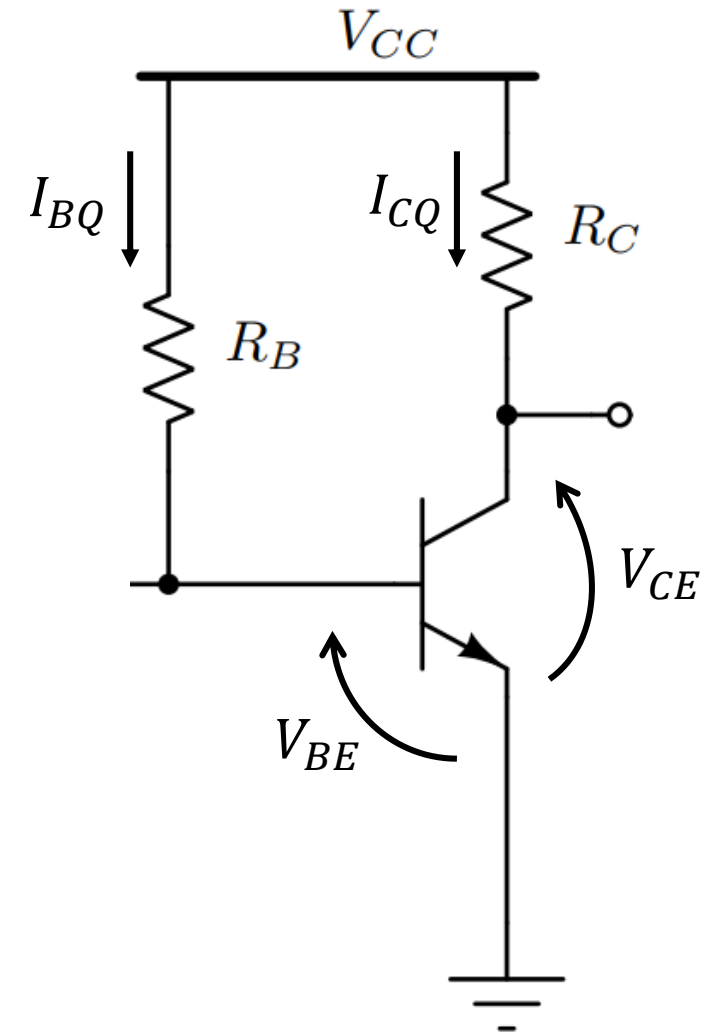
■ Potencia DC mínima

→ Toda la potencia es entregada por la fuente

$$P_{DC} = V_{CC} \cdot (I_{CQ} + I_{BQ})$$

→ Para que sea mínima quiero que  $I_{CQ}$  e  $I_{BQ}$  sean mínimas

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{CQ} &\geq 25 \text{ mA} \\ \rightarrow I_{BQ} &\geq 100 \text{ } \mu\text{A} \end{aligned} \longrightarrow \begin{cases} I_{CQ} = 25 \text{ mA} \\ I_{BQ} = 100 \text{ } \mu\text{A} \end{cases}$$



## ■ Potencia DC mínima

→ Toda la potencia es entregada por la fuente

$$P_{DC} = V_{CC} \cdot (I_{CQ} + I_{BQ})$$

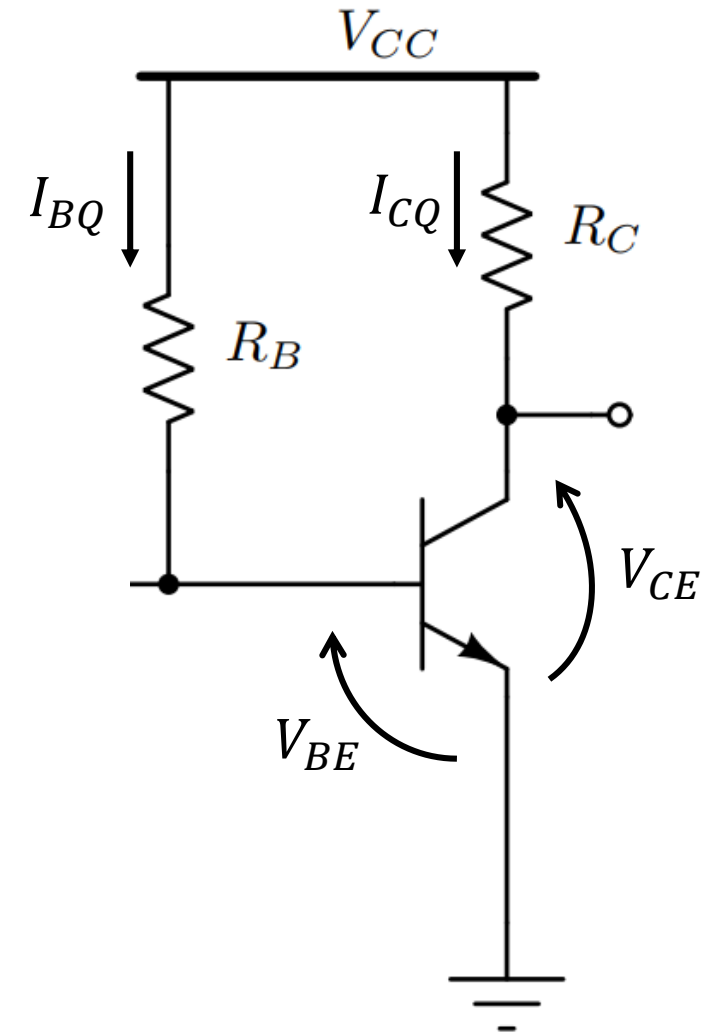
→ Para que sea mínima quiero que  $I_{CQ}$  e  $I_{BQ}$  sean mínimas

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{CQ} &\geq 25 \text{ mA} \\ \rightarrow I_{BQ} &\geq 100 \mu\text{A} \end{aligned} \longrightarrow \begin{cases} I_{CQ} = 25 \text{ mA} \\ I_{BQ} = 100 \mu\text{A} \end{cases}$$

→ Ahora de la malla de entrada despejo  $R_B$

$$\rightarrow V_{CC} = I_{BQ} \cdot R_B + V_{BE} \rightarrow R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE(ON)}}{I_{BQ}} = 93 \text{ k}\Omega$$

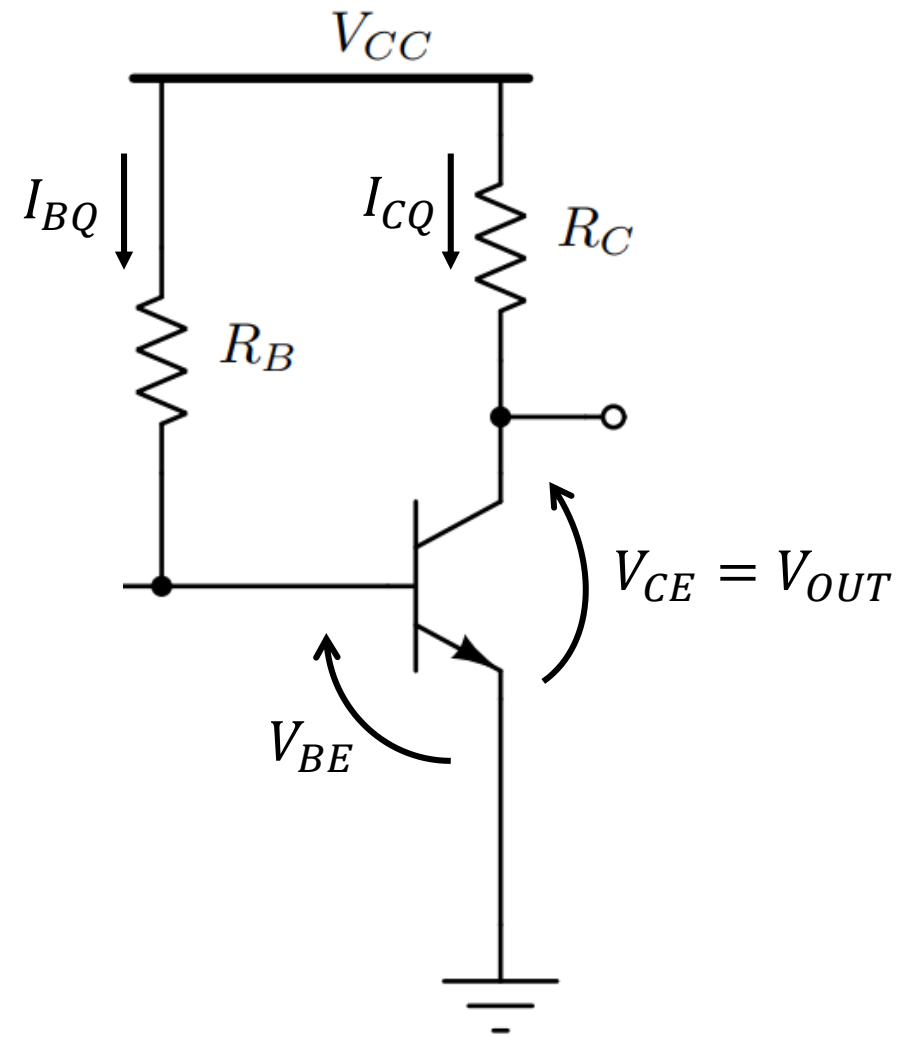
→ Notar que se verifica que  $R_B \gg r_{\pi}$



- $V_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot V_{CC} = 5 V$

→ Recorro la malla de salida:

$$\rightarrow V_{CC} = I_{CQ} \cdot R_C + V_{OUT} \rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_{OUT}}{I_{CQ}} = 200 \Omega$$

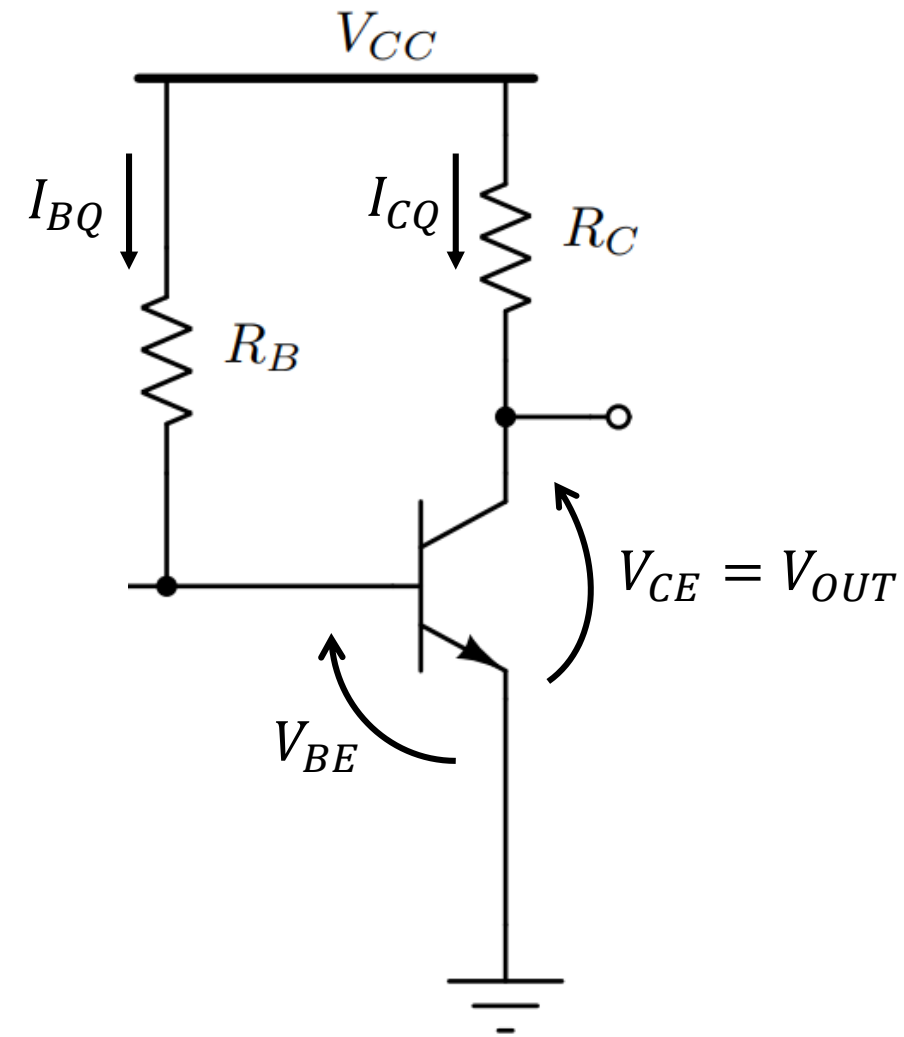


- $V_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot V_{CC} = 5 V$

→ Recorro la malla de salida:

$$\rightarrow V_{CC} = I_{CQ} \cdot R_C + V_{OUT} \rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_{OUT}}{I_{CQ}} = 200 \Omega$$

- Ganancia  $A_{v0}$



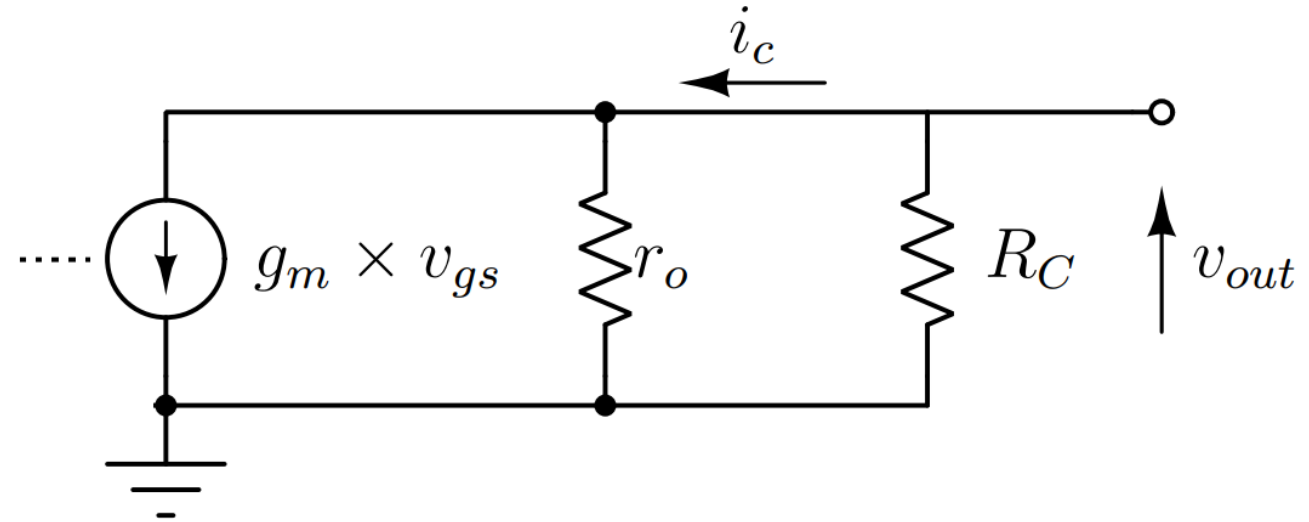
- $V_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot V_{CC} = 5 V$

→ Recorro la malla de salida:

$$\rightarrow V_{CC} = I_{CQ} \cdot R_C + V_{OUT} \rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_{OUT}}{I_{CQ}} = 200 \Omega$$

- Ganancia  $A_{v0}$

$$\rightarrow A_{v0} = -g_m \cdot R_{OUT}$$





- $V_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot V_{CC} = 5 V$

→ Recorro la malla de salida:

$$\rightarrow V_{CC} = I_{CQ} \cdot R_C + V_{OUT} \rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_{OUT}}{I_{CQ}} = 200 \Omega$$

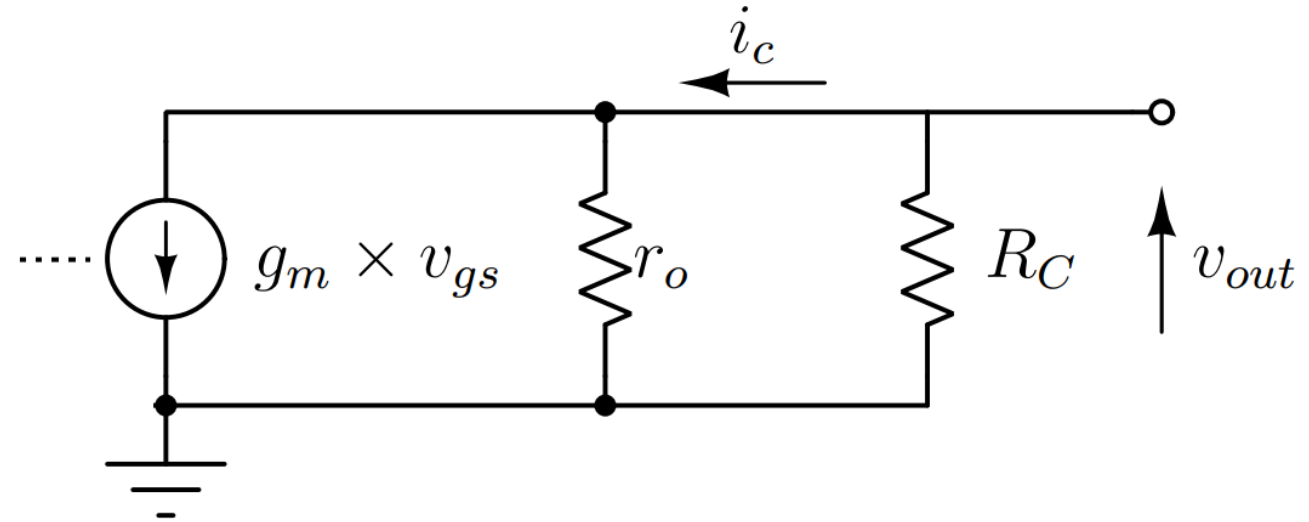
- Ganancia  $A_{v0}$

$$\rightarrow A_{v0} = -g_m \cdot R_{OUT} = -g_m \cdot R_C // r_o$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_{CQ}}{v_{th}} = 1$$

$$r_o = \left[ \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right|_Q \right]^{-1} = \frac{V_A}{I_{CQ}} = 4 k\Omega$$

$$\rightarrow A_{v0} = -190$$



# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?

# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?

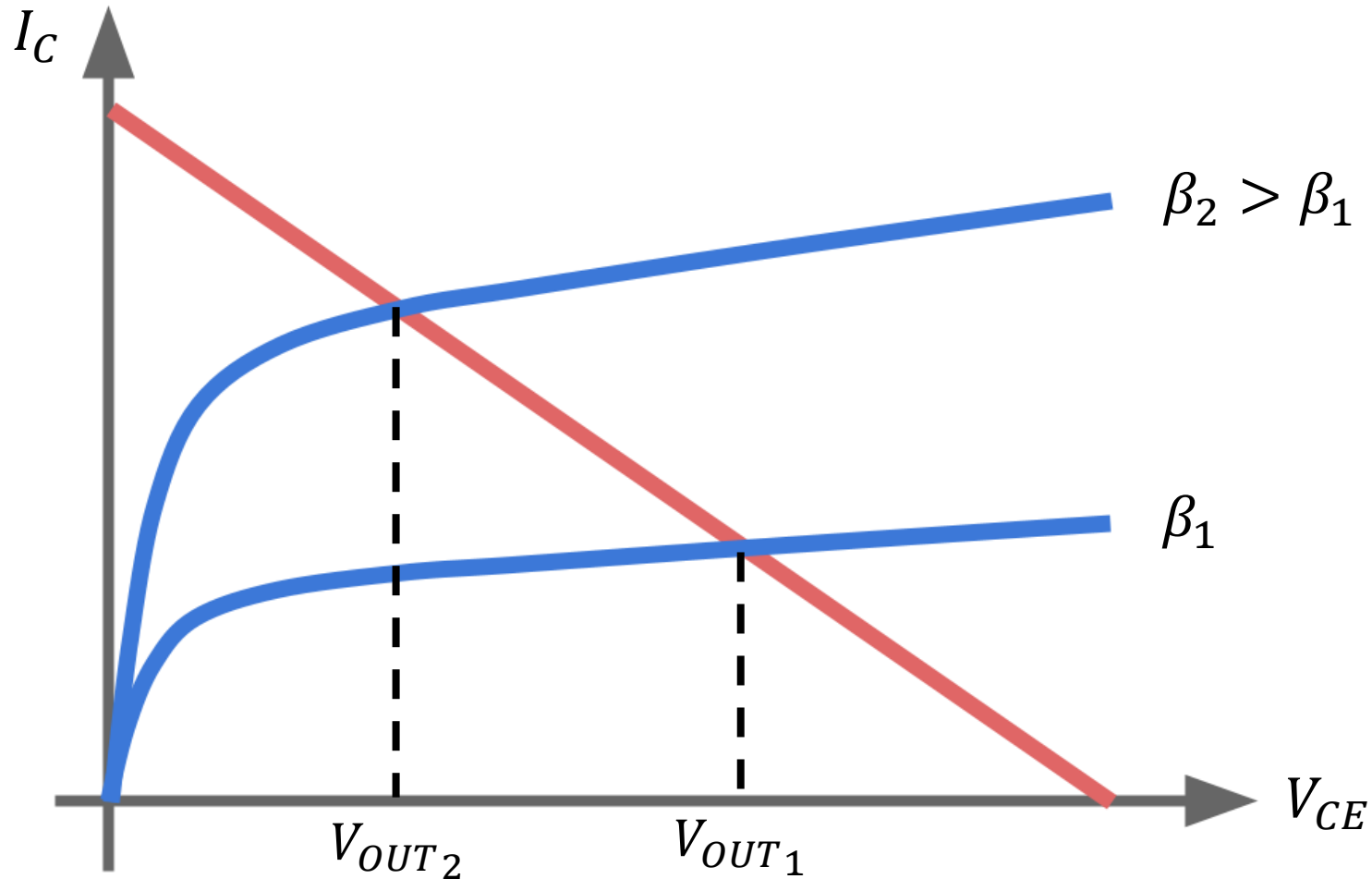
→ Si  $\beta \uparrow \rightarrow I_{CQ} \uparrow \rightarrow V_{RC} \uparrow \rightarrow V_{CE} \downarrow \rightarrow V_{OUT} \downarrow$

(Análisis de incremento)

# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?

→ Si  $\beta \uparrow \rightarrow I_{CQ} \uparrow \rightarrow V_{RC} \uparrow \rightarrow V_{CE} \downarrow \rightarrow V_{OUT} \downarrow$



# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?
- Considerando un fuente de señal con  $R_s = R_{in}$  donde  $v_s = \hat{v}_s \cdot \sin(\omega t)$  ¿Cuál será la máxima  $\hat{v}_s$  admisible tal que el amplificador no distorsione?

# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?
- Considerando un fuente de señal con  $R_s = R_{in}$  donde  $v_s = \hat{v}_s \cdot \sin(\omega t)$  ¿Cuál será la máxima  $\hat{v}_s$  admisible tal que el amplificador no distorsione?

$$\text{Distorsiones: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Corte} \quad \rightarrow \hat{v}_{s1} \\ \text{Saturación} \quad \rightarrow \hat{v}_{s2} \\ \text{Alinealidad} \quad \rightarrow \hat{v}_{s3} \end{array} \right. \rightarrow \text{¿Cual es la más limitante?}$$

# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?
- Considerando un fuente de señal con  $R_s = R_{in}$  donde  $v_s = \hat{v}_s \cdot \sin(\omega t)$  ¿Cuál será la máxima  $\hat{v}_s$  admisible tal que el amplificador no distorsione?
- Normalizar los valores de los componentes usando resistencias con 10% de tolerancia (serie E-12) y verificar si se siguen cumpliendo las especificaciones.

# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de rep...
- Considerando un fuente de señal c...  
máxima  $\hat{v}_s$  admisible tal que el am...
- Normalizar los valores de los comp...  
(serie E-12) y verificar si se siguen...

E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)	E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)	E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)		
				<i>(continued)</i>				<i>(continued)</i>					
100	100	100	100	220	220	215	215	470	470	464	464		
			102				221				475		
			105				226				487		
		110	107			232	499						
			110			240	237			237	510	511	511
			113			243	523						
120	120	121	121	270	270	261	261	560	560	562	562		
			124				267				576		
			127				274				274	590	590
		130	130			280	604						
			133			300	287			287	620	619	619
			137			294	634						
150	150	147	147	330	330	316	316	680	680	681	681		
			150				324				698		
			154				332				332	715	715
		160	158			340	732						
			162			360	348			348	750	750	750
			165			357	768						
180	180	178	178	390	390	383	383	820	820	825	825		
			182				392				845		
			187				402				402	866	866
		200	191			412	887						
			196			430	422			422	910	909	909
			200			432	931						
205	205	442	442	953	953								
	210	453	976										



# Preguntas bonus

- ¿Que sucede con la tensión de reposo  $V_{OUT}$  si pongo un transistor con  $\beta$  mayor?
- Considerando un fuente de señal con  $R_s = R_{in}$  donde  $v_s = \hat{v}_s \cdot \sin(\omega t)$  ¿Cuál será la máxima  $\hat{v}_s$  admisible tal que el amplificador no distorsione?
- Normalizar los valores de los componentes y verificar si se siguen cumpliendo las especificaciones.
- Simular y verificar el correcto funcionamiento del amplificador.