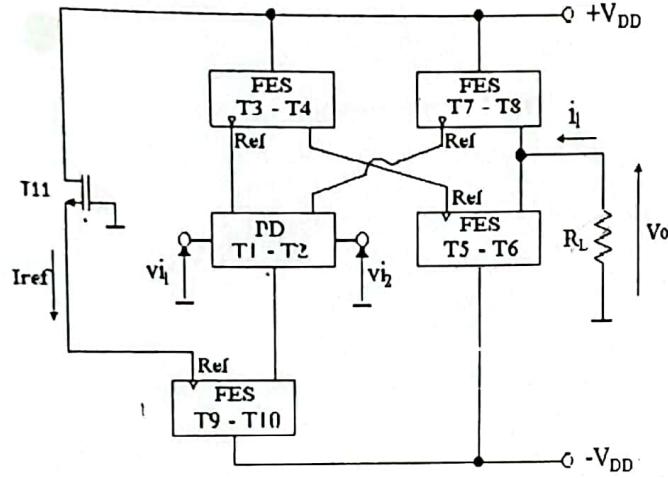


| APELLIDO | NOMBRE | PADRON | TURNO | Nro. de HOJAS | Corrección |
|----------|--------|--------|-------|---------------|------------|
| Ferro | Oscar | | T N | 5 | B B |

1. a) Para $v_{i1} = v_{i2} = 0$, hallar todas las tensiones y corrientes de reposo, incluyendo I_{LQ} .

FES: Fuente Espejo Simple – PD: Par Diferencial.

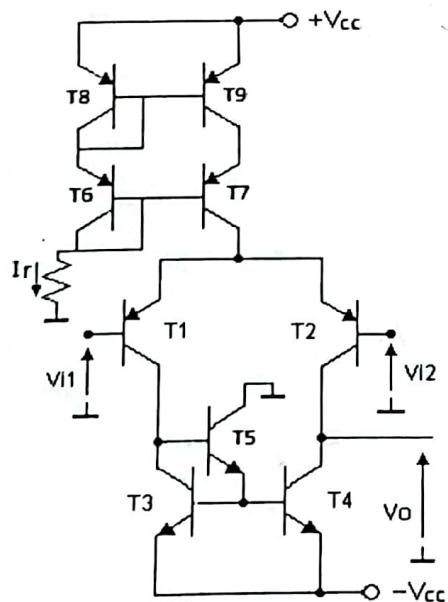


$$V_{DD} = 5 \text{ V}; V_{id} = v_{i1} - v_{i2}$$

Todos MOSFETs de canal inducido: $\lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}$; $|V_T| = 1 \text{ V}$; $|k'| = 0,1 \text{ mA/V}^2$

$(W/L) = 1$; salvo $(W/L)_{T6} = 10$ y $(W/L)_{T8} = 10$

2.- Los transistores se encuentran apareados y se conocen todos sus parámetros y valores del circuito.



a) Justificar cualitativamente:

- La expresión de la tensión de salida simple V_{OQ} del amplificador, en función de V_{cc} .
- Cómo influye en el valor de la RRMC el polarizar mediante una fuente cascode, en lugar de una espejo simple.

b) Obtener la corriente de offset I_{offset} si existe un despareamiento $\delta < 5\%$ entre β_1 e β_2 . Expresarlo en función de δ y la corriente I_r .

c) Obtener la expresión de la constante de tiempo asociada al nodo de salida. Estimar su valor considerando valores típicos de los parámetros de los TBJ e I_r , para este tipo de etapas. Justificar cualitativamente si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de A_v .

b) Hallar las expresión y valor de,

$$A_{vd} = v_o / v_{id} \mid_{v_{ic}=0} \text{ para los siguientes casos:}$$

$$\mathbf{b}_1) R_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\mathbf{b}_2) R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

c) Graficar en forma aproximada y en un mismo diagrama, las características de gran señal,

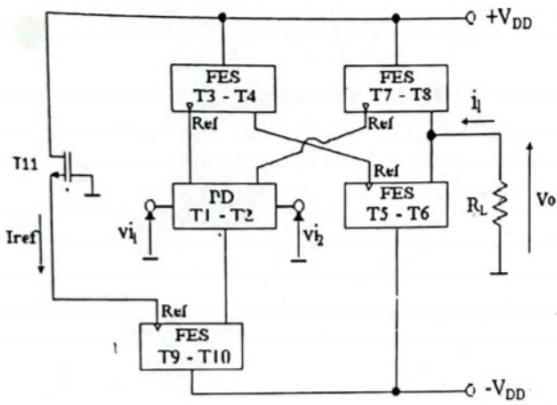
$$V_o = f(V_{id}) \mid_{v_{ic}=0} \text{ para los siguientes casos:}$$

$$\mathbf{c}_1) R_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\mathbf{c}_2) R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

Indicar la pendiente en el origen y valores extremos de las curvas trazadas.

1. a) Para $v_{i1} = v_{i2} = 0$, hallar todas las tensiones y corrientes de reposo, incluyendo I_{LQ} .
FES: Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial.



b) Hallar las expresión y valor de,

$$Av_d = \frac{V_o}{V_{id}} \mid_{V_{ic}=0} \text{ para los siguientes casos:}$$

- b₁) $R_L = 1 \text{ k}\Omega$
b₂) $R_L = 5 \text{ k}\Omega$

c) Graficar en forma aproximada y en un mismo diagrama, las características de gran señal,

$$V_0 = f(V_{id}) \mid_{V_{ic}=0} \text{ para los siguientes casos:}$$

- c₁) $R_L = 1 \text{ k}\Omega$
c₂) $R_L = 5 \text{ k}\Omega$

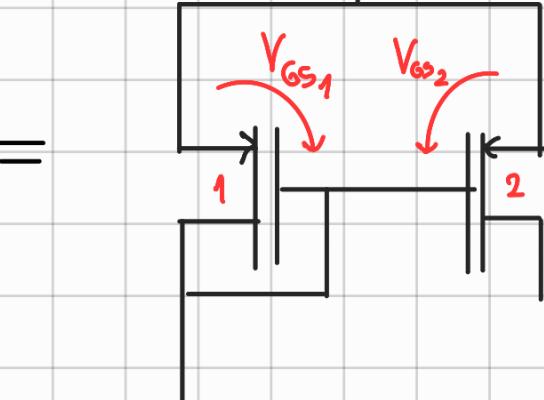
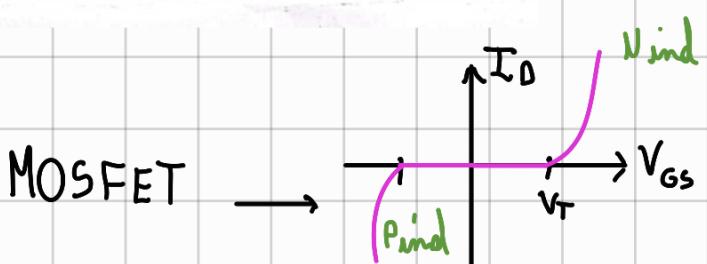
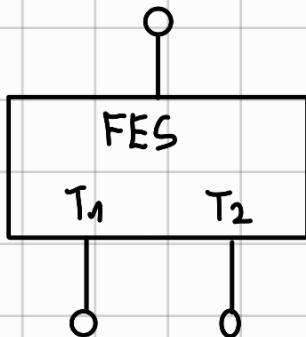
Indicar la pendiente en el origen y valores extremos de las curvas trazadas.

$$V_{DD} = 5 \text{ V}; V_{id} = V_{i1} - V_{i2}$$

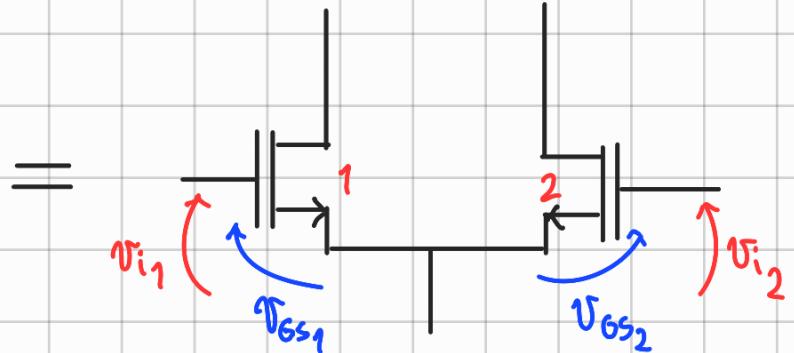
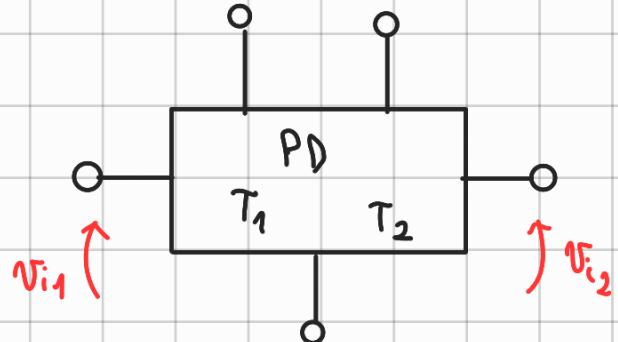
$$\text{Todos MOSFETs de canal inducido: } \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}; |V_T| = 1 \text{ V}; |k'| = 0,1 \text{ mA/V}^2$$

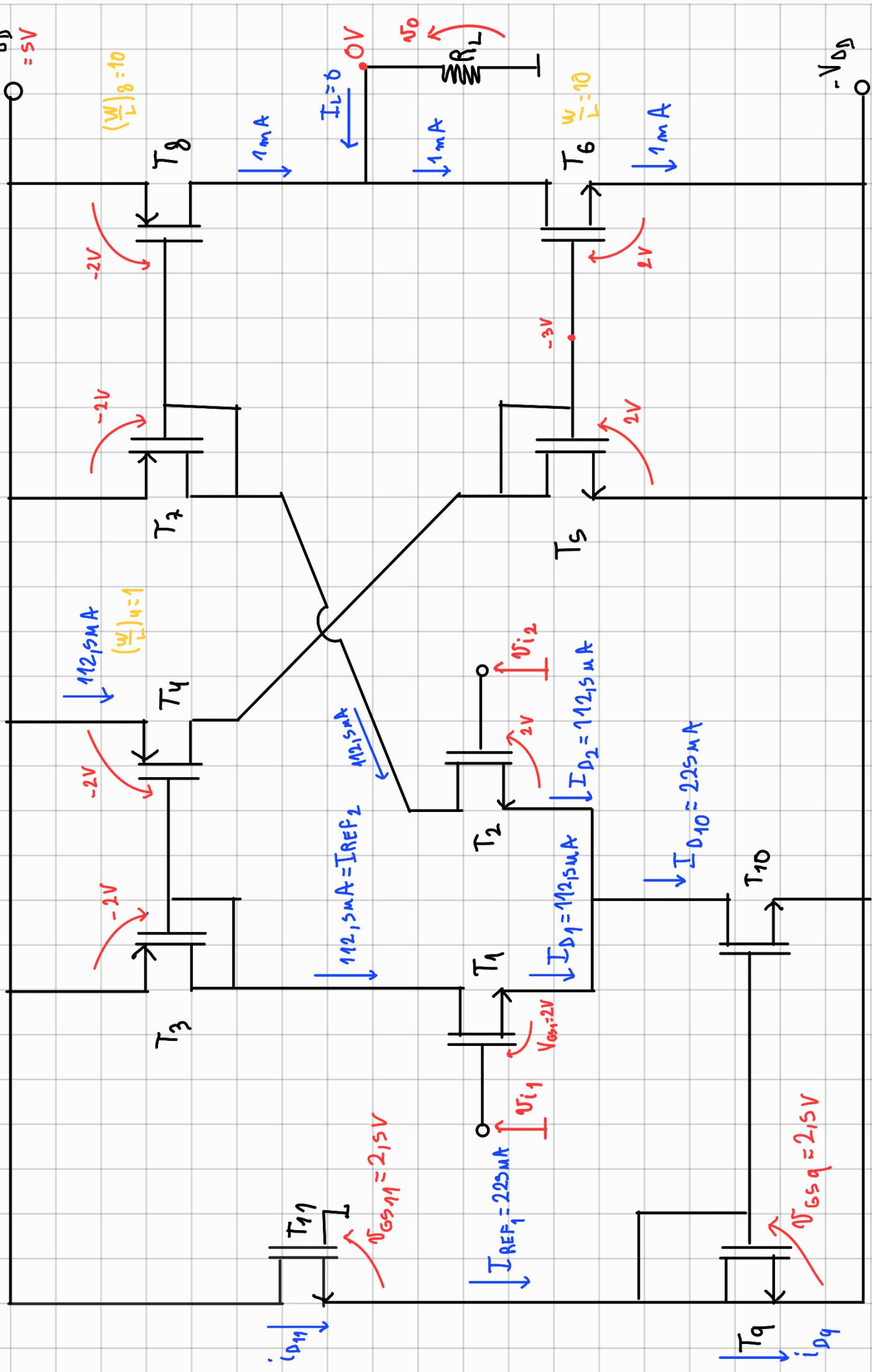
Datos Relevantes

Fuente Espejo (FES)



Par Diferencial (PD)





1

- Como $T_{11} = T_q$ (misma $V_T, K, \frac{W}{L}$) \rightarrow La corriente se divide equitativamente

$$-V_{GS,11} - V_{GSq} = -5V \quad \wedge \quad V_{GS,11} = V_{GSq}$$

$$\rightarrow V_{GS,11} = V_{GSq} = 2,5V$$

- Como los MOSFET $I_G = 0 \rightarrow I_{D11} = I_{Dq} = I_{REF}$

$$I_{D11} = K_m \frac{W_m}{L_{11}} (V_{GS,11} - V_T) = 0,1 \frac{mA}{V^2} \cdot 1 \cdot (2,5V - 1V)^2 = 225 \mu A$$

$$\rightarrow I_{REF} = 225 \mu A$$

- Como $\left(\frac{W}{L}\right)_q = \left(\frac{W}{L}\right)_{10} = 1 \rightarrow I_{REF} = I_{D10} = 225 \mu A$

- Como ambas ramas de T_1 y T_2 son iguales $\rightarrow I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{REF}}{2} = 112,5 \mu A$

$$I_{D6} = K \cdot 10 \cdot (V_{GS6} - V_T)^2 = 10 \cdot 0,1 \frac{mA}{V^2} = 1 \frac{mA}{V}$$

- Para T_1

$$I_{D1} = 112,5 \mu A = K \cdot (V_{GS,1} - V_T)^2 \frac{W_1}{L_1}$$

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{I_{D1}}{K}} \pm V_T = \sqrt{\frac{112,5 \mu A}{0,1 \frac{mA}{V^2}}} \pm 1V$$

$2,06V > V_T \approx 2V$

$0,06V$

2

$$A_{Vd} = \frac{V_o}{V_{id}} \quad \left| \begin{array}{l} V_{id} \\ V_{ic} = 0 \end{array} \right.$$

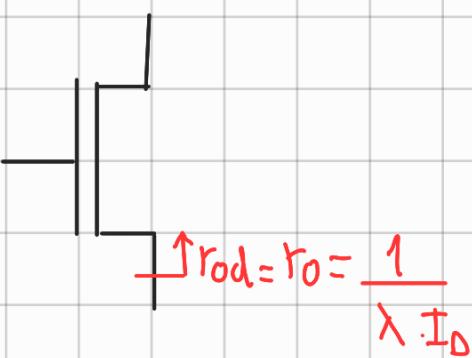
$$V_{id} = V_{i_1} - V_{i_2}$$

$$g_m = \sqrt{4 \cdot K \cdot I_D} = \sqrt{4 \frac{W \cdot K' \cdot I_D}{L}}$$

$$\circ g_{m_{9,10,11}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1 \text{ mA} \cdot 1,225 \mu\text{A}}{V^2}} = 0,3 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$\circ g_{m_{1,2,3,4,5,7}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1 \text{ mA} \cdot 1,112,5 \mu\text{A}}{V^2}} \approx 0,2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$\circ g_{m_{6,8}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1 \text{ mA} \cdot 10,1 \text{ mA}}{V^2}} = 2 \text{ mA}$$

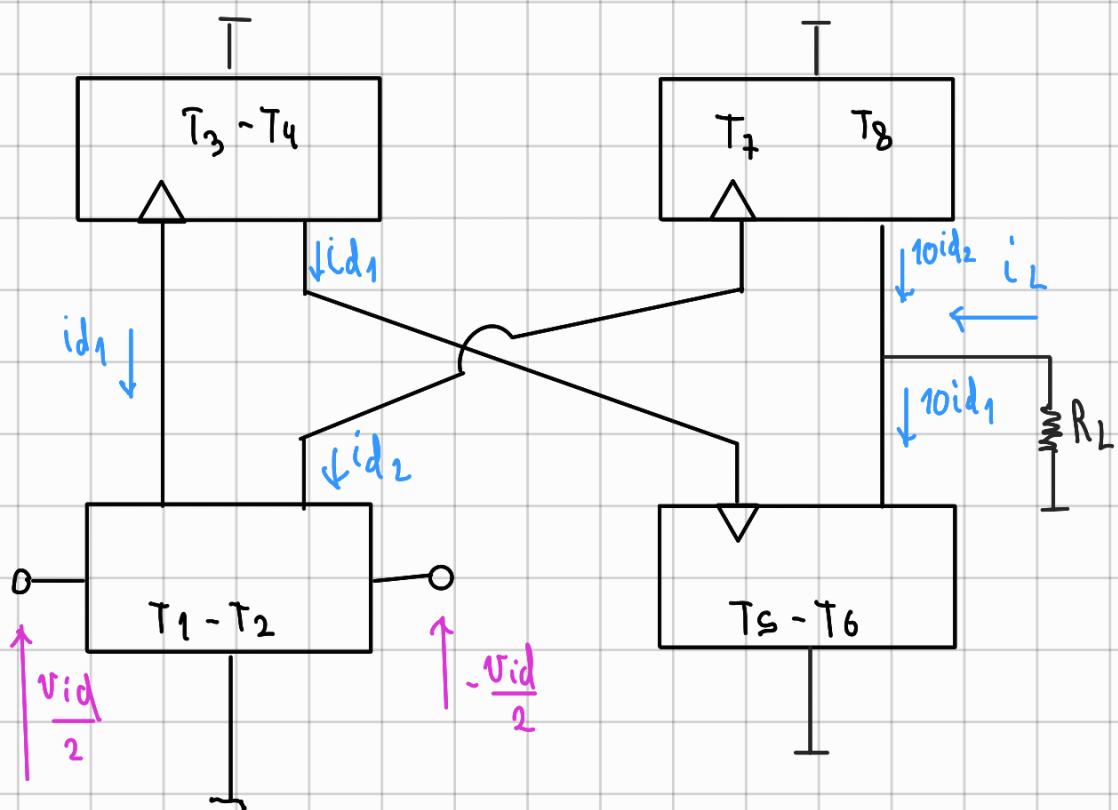


$$\circ r_{o_{8,6}} = \frac{1}{0,01V^{-1} \cdot 1 \text{ mA}} = 100 \text{ k}\Omega$$

$$\circ r_{o_{10}} = \frac{1}{0,01V^{-1} \cdot 225 \mu\text{A}} = 449 \text{ k}\Omega$$

$$\circ r_{o_8} \text{ } \text{and} \text{ } r_{o_6} \text{ in series est en paralelo} \longrightarrow r_{o_8} // r_{o_6} = 50 \text{ k}\Omega$$

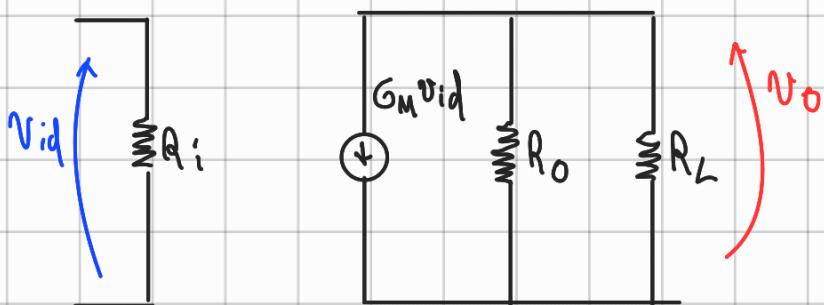
$$\left(\frac{W}{L}\right)_G = \left(\frac{W}{L}\right)_{G_0} = 10$$



$$i_L = \left(10i_{d1} - 10i_{d2} \right) = 10 g_m \frac{V_{id}}{2} - \left(-10 g_m \frac{V_{id}}{2} \right)$$

$$g_{m1} = g_{m2}$$

$$G_M = \frac{i_L}{V_{id}} = 10 g_m = 2 \frac{mA}{V}$$



$$A_{vid} = \frac{V_0}{V_{id}} = \frac{-G_M V_{id} (R_0 // R_L)}{V_{id}} = -G_M \frac{(R_0 // R_L)}{\text{SOK}}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_{Vd} \Big|_{R_L=1K} = -2 \quad A_{Vd} \Big|_{R_L=5K} \approx -10}$$

(C)

$$V_0 = f(V_1) \Big|_{V_{ic}=0} \rightarrow V_0 = -G_m (R_o // R_L) V_{id}$$

- $V_{OA} = 0$

- Los límites de T_B y T_G

- $V_{DSB} < V_{DS(\text{sat})} = V_{GSB} - V_T$

$$V_0 - SV < -2V \quad (-1V)$$

- $V_0 < 4V$

el doble de 1mA
↓

- Los límites cuando un transistor está en corto \rightarrow Por R_L circula 2mA

$$\xrightarrow{R_L = 1K} V_0 = 2 \text{ mA} \cdot 1K = 2V$$

$$\xrightarrow{R_L = 5K} V_0 = 2 \text{ mA} \cdot 5K = 10V$$

en este me quedó
con 4V

○ Ponto $R_L = 1\text{K}$

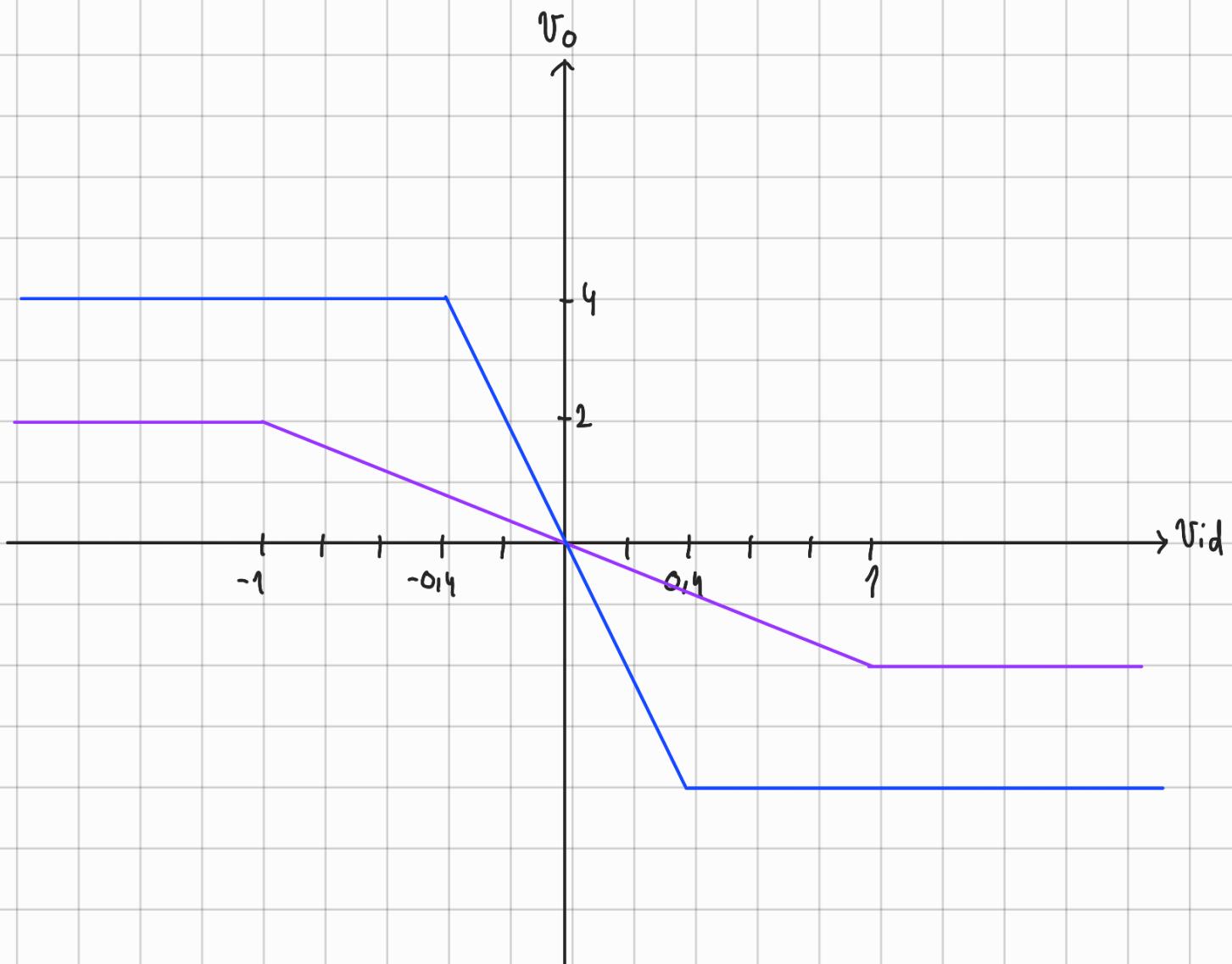
$$V_o = 2\text{V} \rightarrow V_{id} = \frac{2\text{V}}{A_{vd}|_{1\text{K}}} = -1\text{V}$$

→ pendente: $-G_m \cdot (R_o || R_L) = -2$

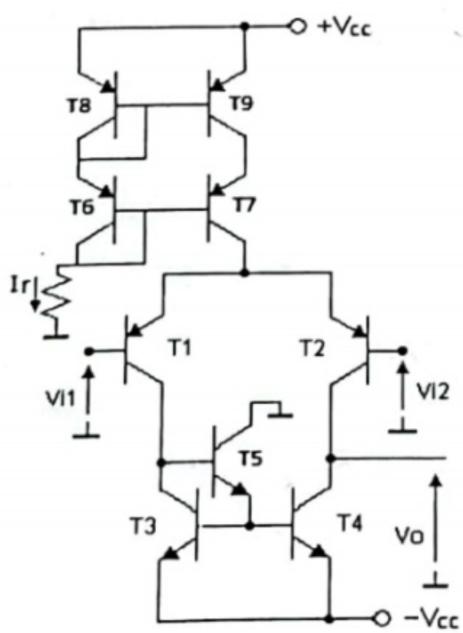
○ Ponto $R_L = 5\text{K}$

$$V_o = 4\text{V} \rightarrow V_{id} = \frac{4\text{V}}{A_{vd}|_{5\text{K}}} = -0,4\text{V}$$

→ Pendente: -10



2.- Los transistores se encuentran apareados y se conocen todos sus parámetros y valores del circuito.



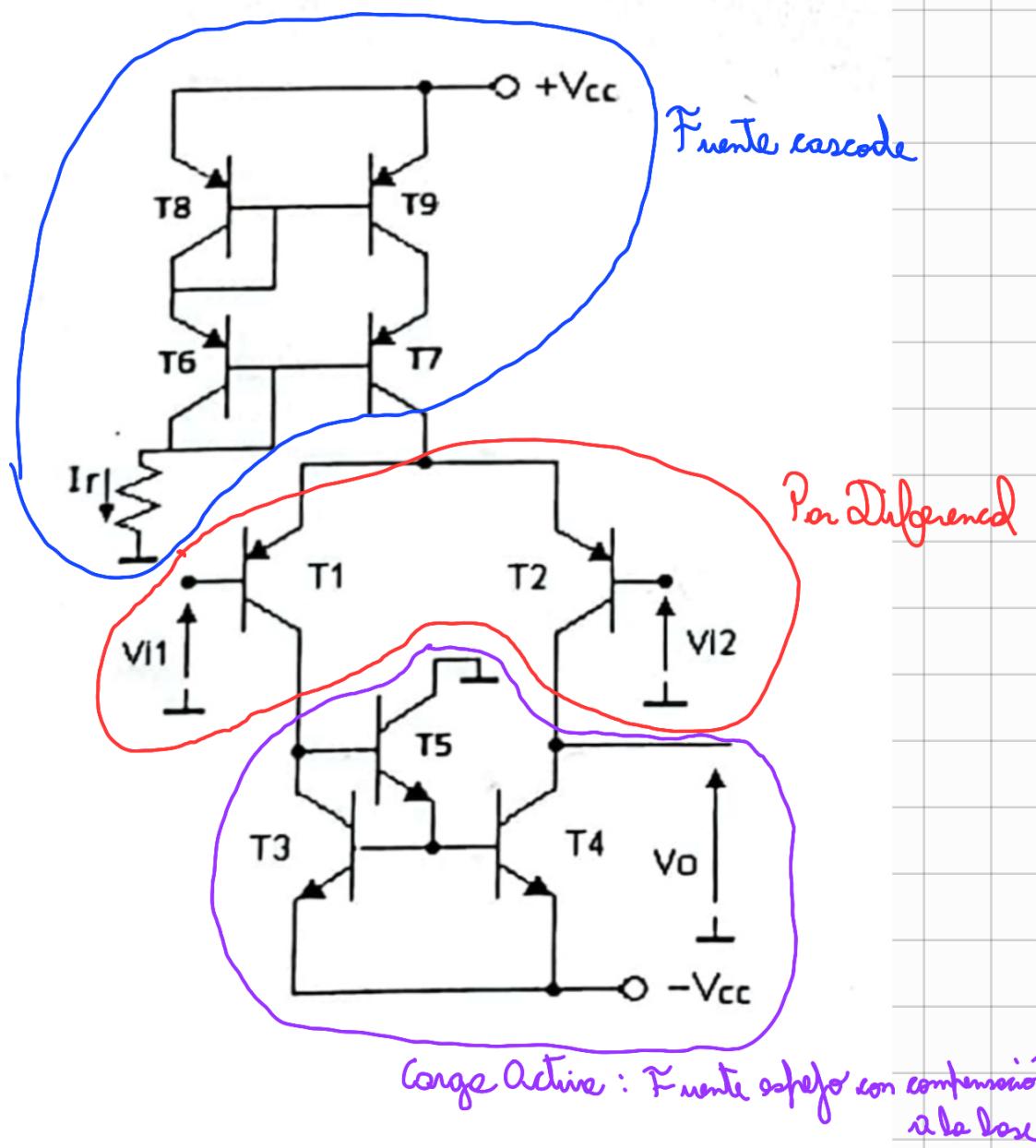
a) Justificar cualitativamente:

- La expresión de la tensión de salida simple V_{OQ} del amplificador, en función de V_{CC} .
- Cómo influye en el valor de la RRMC el polarizar mediante una fuente cascode, en lugar de una espejo simple.

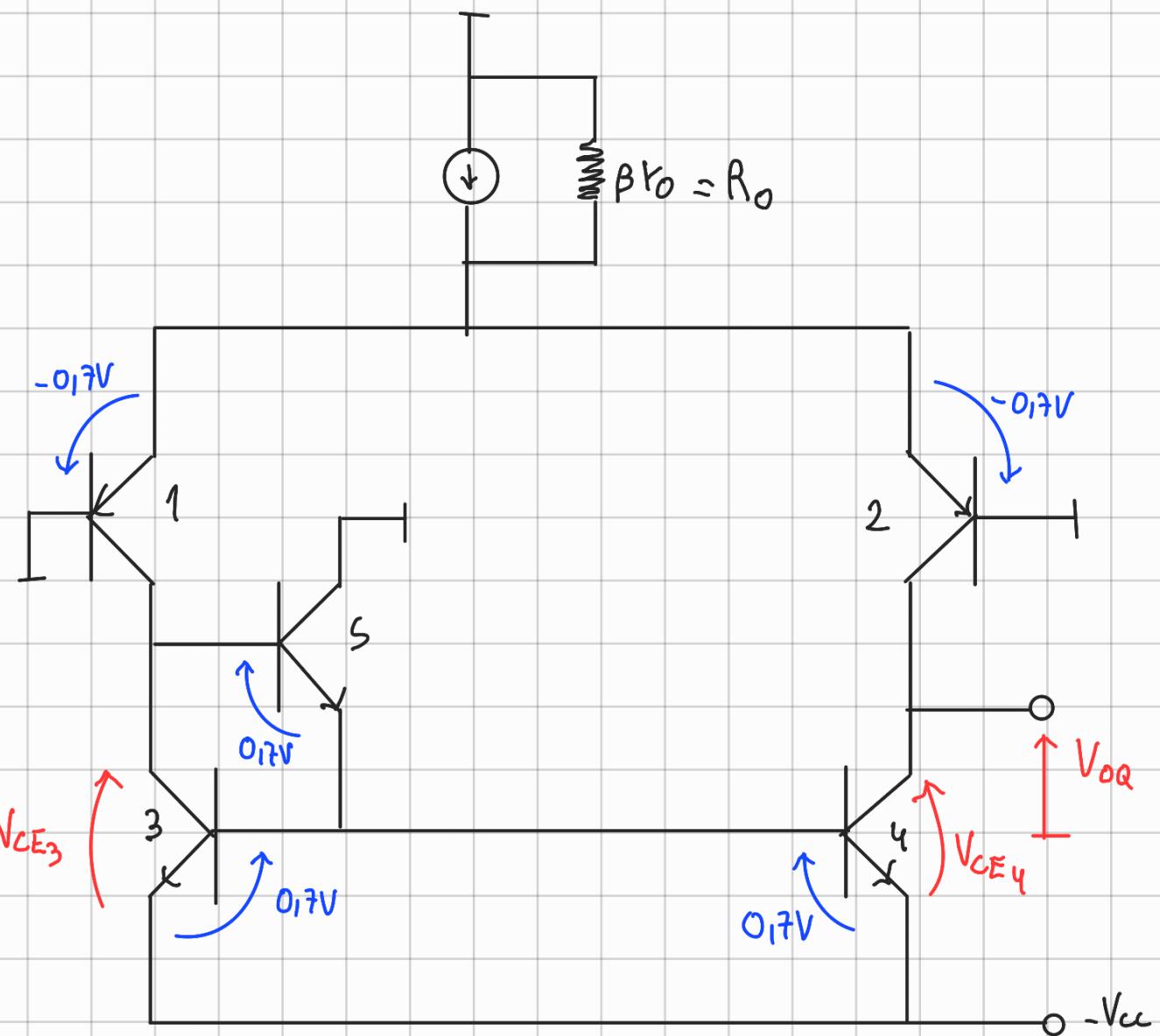
b) Obtener la corriente de offset I_{offset} si existe un despareamiento $\delta < 5\%$ entre β_1 e β_2 . Expresarlo en función de δ y la corriente I_r .

c) Obtener la expresión de la constante de tiempo asociada al nodo de salida. Estimar su valor considerando valores típicos de los parámetros de los TBJ e I_r , para este tipo de etapas. Justificar cualitativamente si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de A_{vd} .

2



La resistencia de salida de la fuente cascode R_o es $R_o \approx \beta r_o$



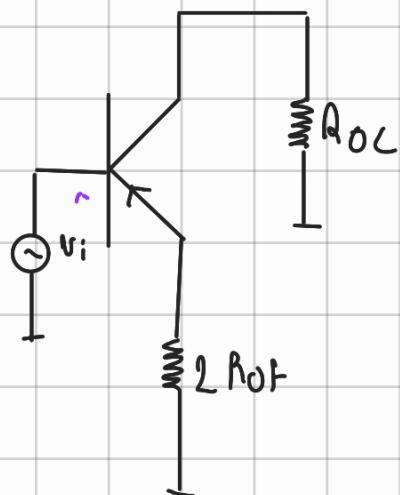
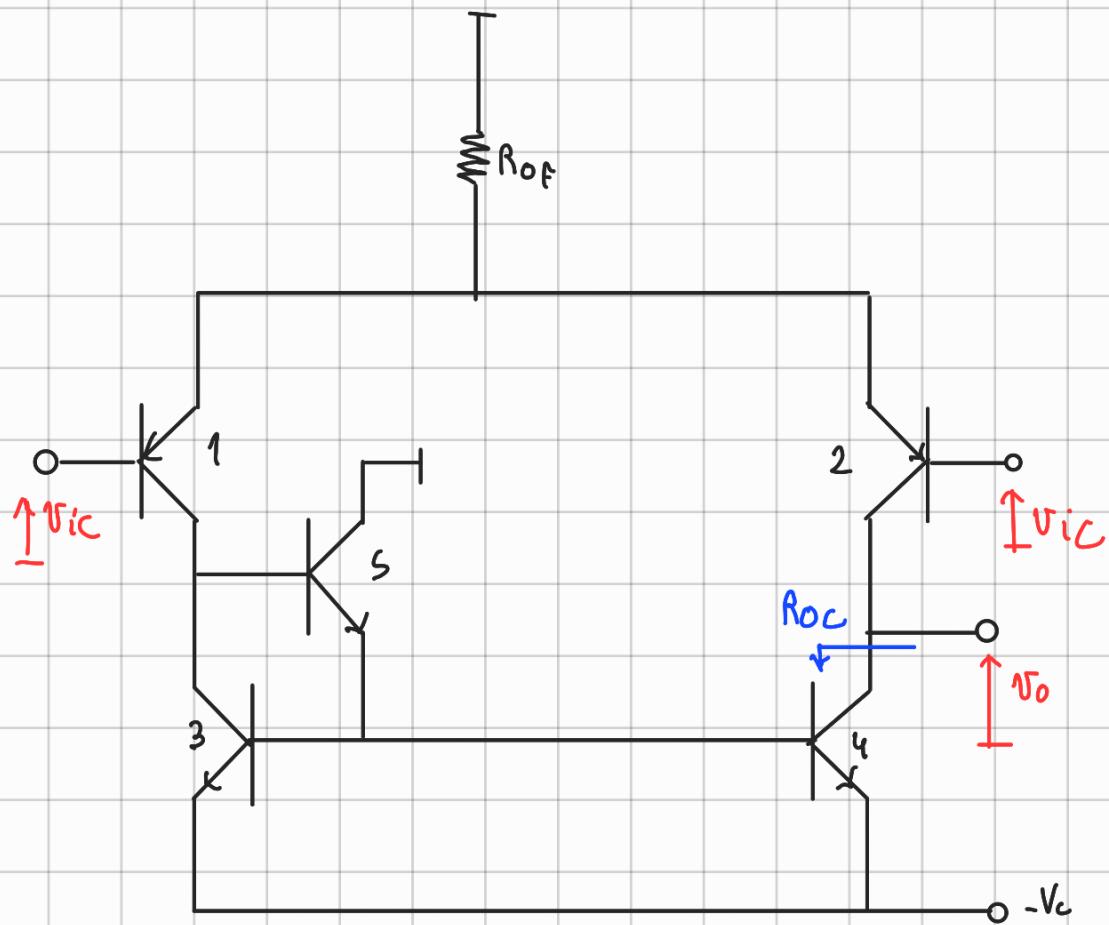
$$V_{CE3} = 1.4V$$

o Asumiendo que el circuito este correctamente balanceado: $V_{CE3} = V_{CE4}$
(idealmente)

$$V_{oq} = -V_{cc} + V_{CE4} \approx -V_{cc} + V_{CE3} = -V_{cc} + 1.4V$$

$$\Rightarrow V_{oq} = -V_{cc} + 1.4V$$

- La A_v de la fuente cascode es más grande que la fuente espejo



$$v_o = i_c \cdot R_{OC}$$

$$v_o = g_m v_{be} R_{OC}$$

$$A_{vC} = \frac{g_m R_{OC}}{1 + g_m 2R_{OF}}$$

$$v_i = v_{be} + g_m v_{be} 2R_{OF}$$

$A_{vC} \downarrow \downarrow$

$$RRMC = \frac{A_{vD}}{A_{vC}} \uparrow \uparrow$$

(b)

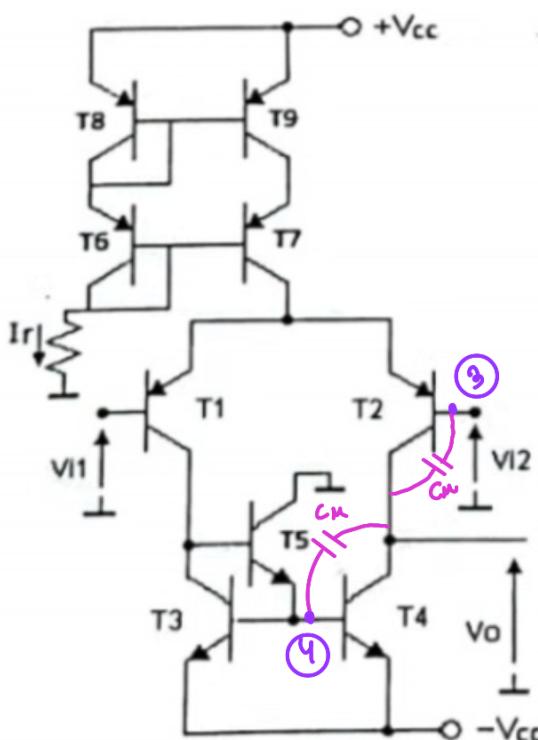
○ Por definición $I_{OFFSET} = I_{\beta_1} - I_{\beta_2}$

$$I_{OFF} = \frac{I_{C_1}}{\beta_1} - \frac{I_{C_2}}{\beta_2} ; \quad I_{C_1} = I_{C_2} = \frac{I_A}{2}$$

Desaparición entre β_1 y β_2 es $\delta = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1} = 0,05 \rightarrow \delta \% = 5 \%$

$$I_{OFF} = \frac{I_R}{2} \left(\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2} \right) = \frac{I_R}{2} \left(\frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1 \beta_2} \right) = \frac{I_R}{2} \frac{\delta}{\beta_2}$$

$$\Rightarrow I_{OFF} = \frac{I_R}{2} \frac{0,05}{\beta_2}$$



$$C_{out} = C_{M_4}^* + C_{M_3}^* = 2C_{M_4}$$

Ombro van de collector a base

↓
Operación inversa de un emisor (Common)

$$C_{M_3}^* = C_{M_3} \left(1 - \frac{V_3}{V_{out}} \right) = C_{M_3} \approx 0$$

$$R_{\text{out}} = r_{o_2} \parallel r_{o_4} = \frac{r_{o_2}}{2}$$

$$V_A = 100V \rightarrow r_{o_2} = r_{o_4} = 1M\Omega$$

$$I_C = 1\text{mA}$$

$$Z_{\text{out}} \approx 2 C_{\mu u} \left(r_{o_2} \parallel r_{o_4} \right) = 2 C_{\mu u} \frac{r_o}{2} = C_{\mu u} r_o = 0,2\text{pF} \cdot 1M\Omega \\ = 0,2 \cdot 10^6 \Omega$$

$$\Rightarrow Z_{\text{out}} = 0,2 \mu F$$