

B/Fotocopiado

2/2017 3º Fecha 14/2/18

Eval. integradora - ~~████████~~ - ~~████████~~

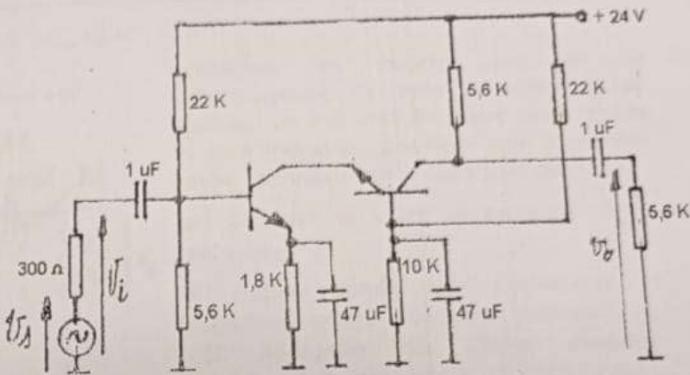
66.08 - Circuitos Electrónicos I
86.06 - Circuitos Electrónicos

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
		T N			

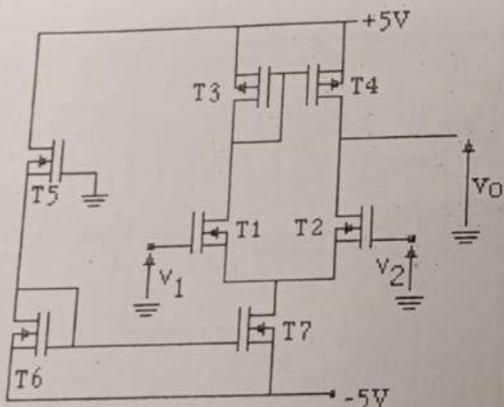
1.- $\beta = 200$; $r_x = 200 \Omega$;
 $f_t = 300 \text{ MHz}$; $C_{\mu} = 1 \text{ pF}$

● Obtener por inspección, los valores de A_v y A_{v_s} a frecuencias medias.

● Justificar mediante un análisis cualitativo cuál o cuales serán los nodos potencialmente dominantes en la respuesta en alta frecuencia
 Obtener el valor de f_h garantizable.



2.- MOSFET inducidos: $V_T = \pm 1.5V$; $k' = 200 \mu A/V^2$; $\lambda = 0.01 V^{-1}$; $(W/L)_{1,2,3,4} = 20$; $(W/L)_{5,6,7} = 2$

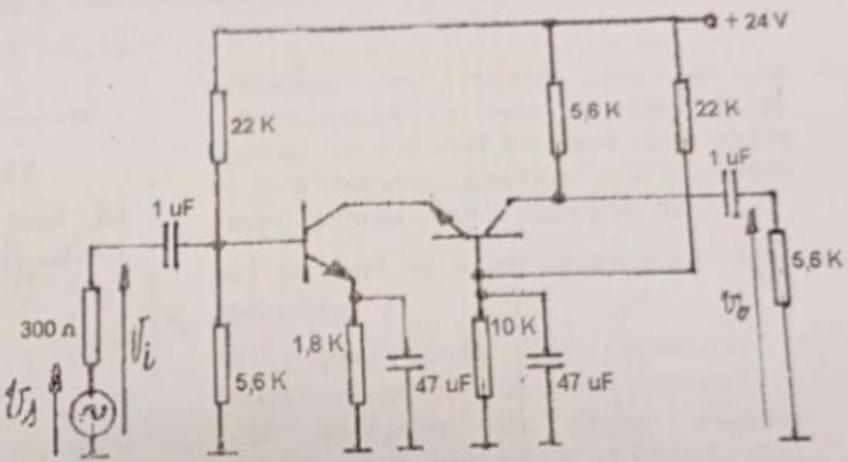


- a) Obtener las corrientes de reposo. Justificar cualitativamente el valor de V_{OQ} .
- b) Dibujar el circuito de señal, sin reemplazar los transistores por su modelo. Indicar en el circuito todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes. Definir y obtener por inspección el valor de la amplificación de tensión para entrada diferencial y común, A_{vd} y A_{vc} . Definir y obtener la RRMC en dB.
- c) Definir y obtener los valores del rango de tensión de modo común.

1.- $\beta = 200$; $r_x = 200 \Omega$;
 $f_T = 300 \text{ MHz}$; $C_{\mu} = 1 \text{ pF}$

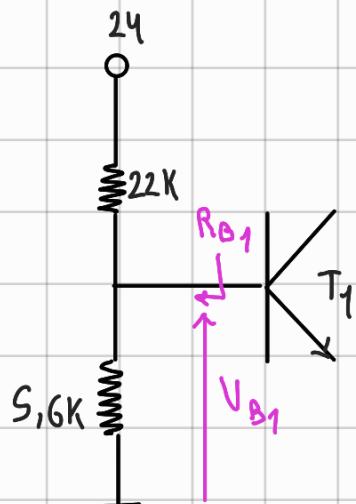
● Obtener por inspección, los valores de A_V y A_{V_s} a frecuencias medias.

● Justificar mediante un análisis cualitativo cuál o cuales serán los nodos potencialmente dominantes en la respuesta en alta frecuencia
 Obtener el valor de f_h garantizable.



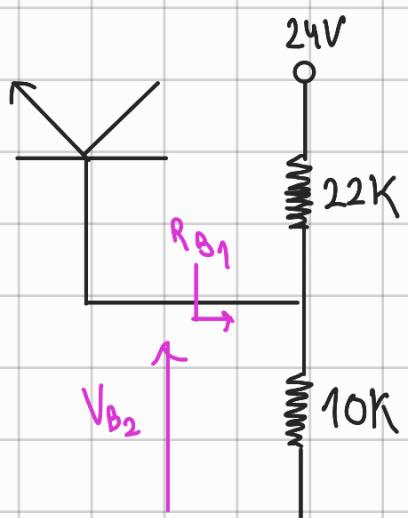
2)

Hacer un Thevenin en cada base



$$V_{B_1} = 24 \cdot \frac{5.6 \text{ k}}{22 \text{ k} + 5.6 \text{ k}} = 4.9 \text{ V} \approx 5 \text{ V}$$

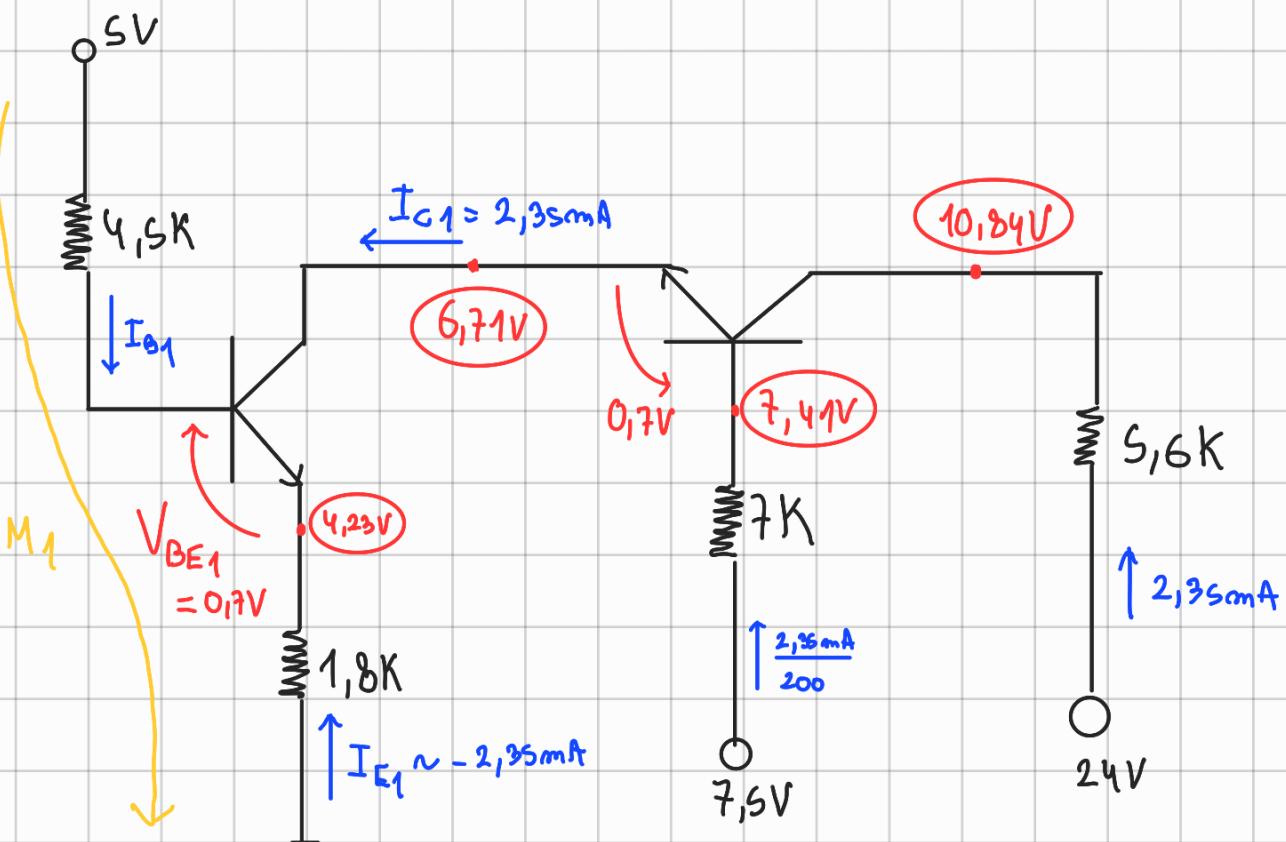
$$R_{B_1} = 22 \text{ k} \parallel 5.6 \text{ k} \approx 4.5 \text{ k}$$



$$V_{B_2} = 24 \text{ V} \cdot \frac{10 \text{ k}}{10 \text{ k} + 22 \text{ k}} = 7.5 \text{ V}$$

$$R_{B_2} \approx 7 \text{ k}$$

Polarización a frecuencias medianas



Los transistores están en MAFD : $V_{BE1} = 0,7V$, $I_C = \beta I_B$, $I_E \sim -I_C$

$$M_1 \quad 5V - \frac{I_C}{\beta} 4,5k - 0,7V - I_C \cdot 1,8k = 0$$

$$I_{C1} = \frac{5V - 0,7V}{\frac{4,5k}{200} + 1,8k} = 2,35mA$$

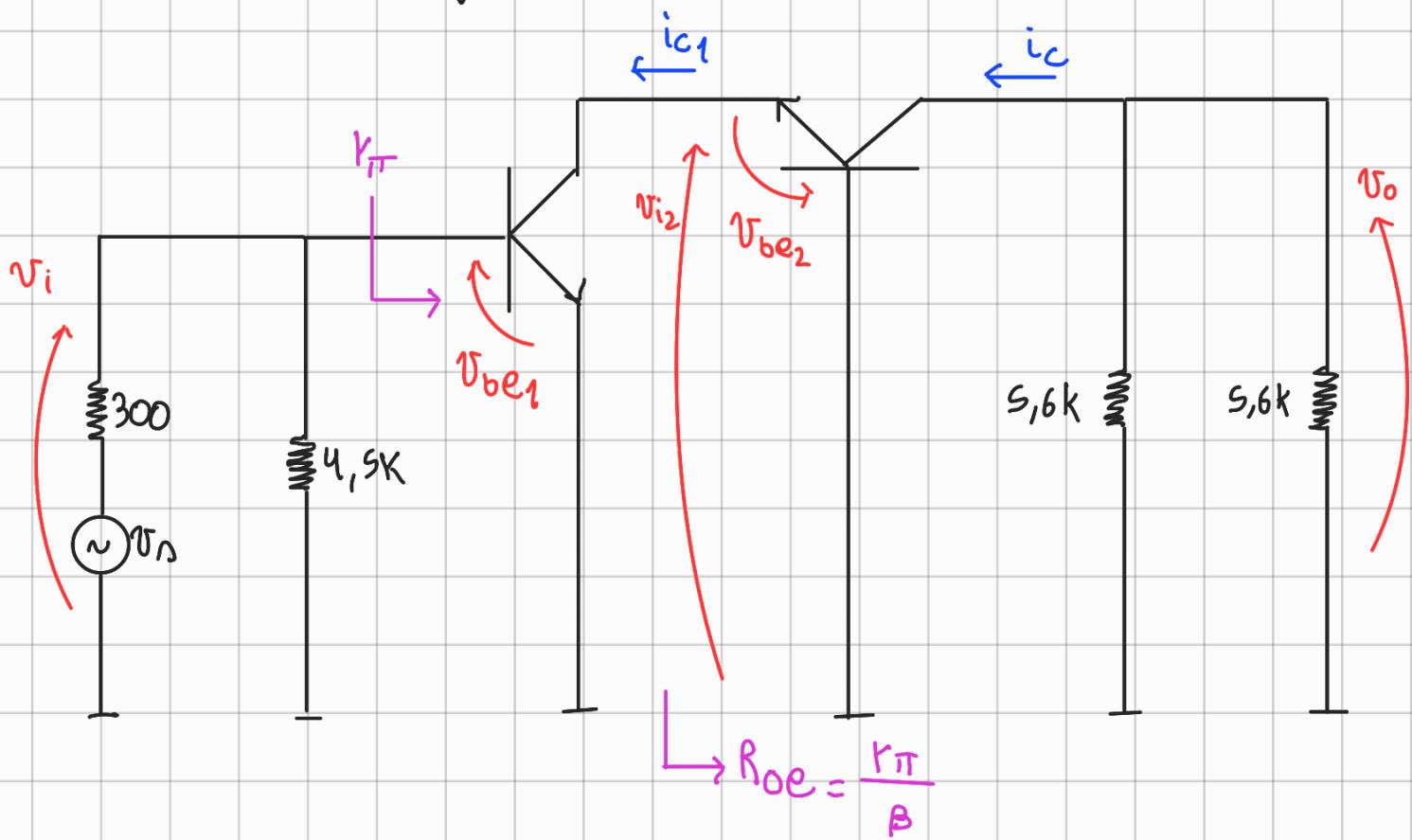
Con estos valores obtengo el resto de los parámetros.

Se comprueba que para ambos transistores $V_{CE} > V_{CE(\text{sat})} = 0,7V$

Direñal (Frecuencias medianas)

$$g_{m1} = g_{m2} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1}{25mV} \cdot 2,35mA = 94mA/V$$

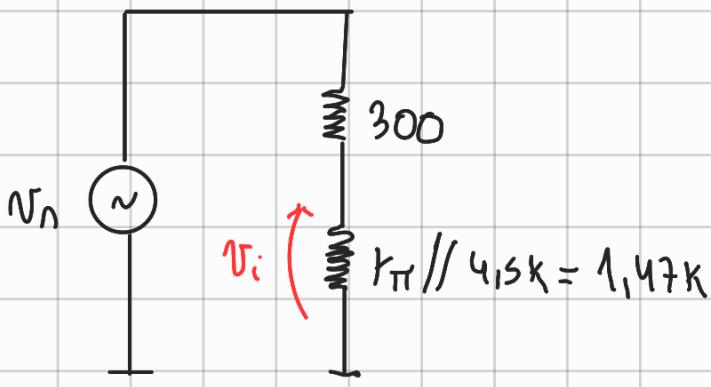
$$Y_{\pi_1} = Y_{\pi_2} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{200}{94mA/V} \approx 2,12K$$



$$A_{Vi_1} = \frac{V_{O1}}{V_i} = \frac{-i_C R_{OE}}{V_{be}} = \frac{-g_{m1} V_{be}}{V_{be}} \frac{r_\pi}{\beta} = -94mA/V \cdot \frac{2,2K}{200} \approx -1$$

$$A_{Vi_2} = \frac{V_o}{V_{i_2}} = \frac{-i_C \cdot 2,8k}{-V_{be}} = \frac{-g_{m2} V_{be} \cdot 2,8k}{-V_{be}} = 94mA \cdot 2,8K = 263,2V$$

$$A_V = A_{Vi_1} \cdot A_{Vi_2} = \frac{V_{O1}}{V_i} \frac{V_o}{V_{O1}} = \frac{V_o}{V_i} = -263,2$$



$$V_i = V_o \cdot \frac{1,47k}{1,47k + 300} = 0,83V_o$$

$$A_{V_o} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{\frac{V_i}{T_i}} = T_i \quad A_{V_o} = 0,83 \cdot (-263,2) = -218,46$$

$\Rightarrow A_{V_o} = -263,2 \quad A_{V_o} = -218,46$

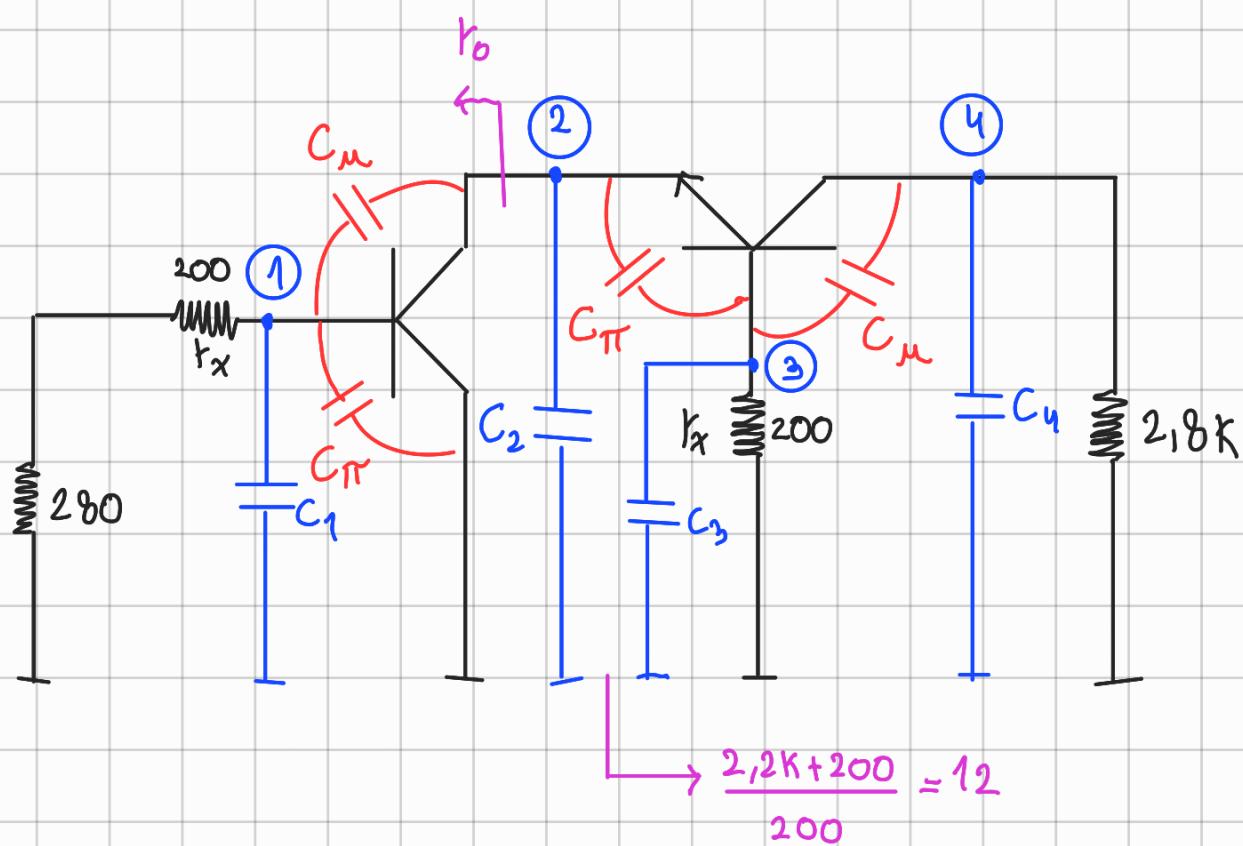
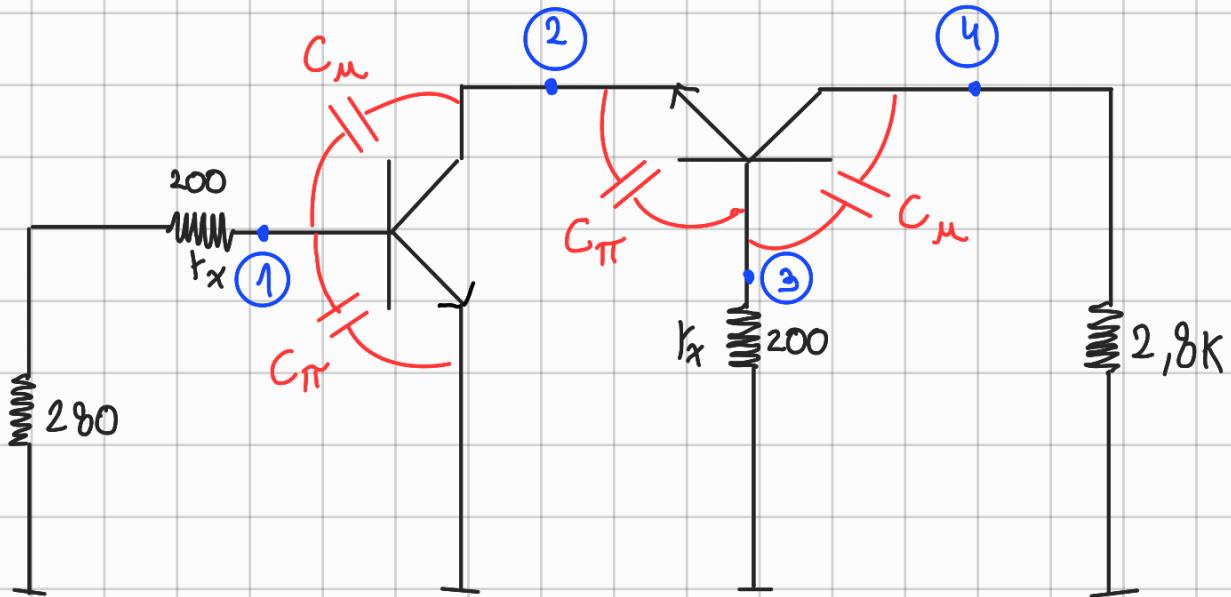
b)

Altos Frecuencias:

- Capacitancias externas se comportan como cortocircuitos
- Importante considerar el efecto de r_x en los losses
- Predominan las capacitancias parásitas

$$C_M = 1 \text{ pF}$$

$$C_T = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_M = \frac{94 \frac{\text{mA}}{\text{V}}}{2\pi \cdot 300 \text{ MHz}} \approx 50 \text{ pF}$$



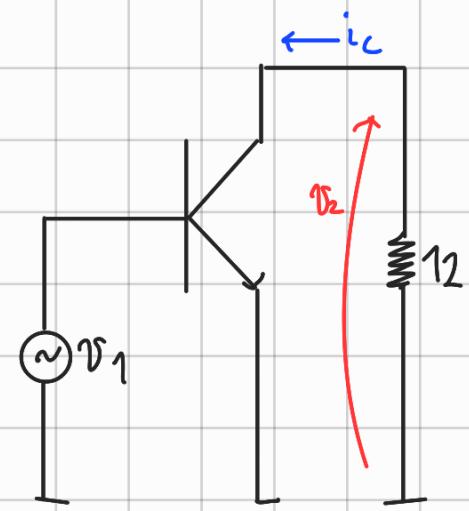
- Los nodos potencialmente son el ① y ③ ya que son nodos liberados con r_x y al reflejarse los capacidades se vuelven grandes
- El ② es el menos probable ya que es un modo de emisión (baja resistencia)
- El ④ también es muy poco tiene baja capacidad

①

$$C_1 = C_{\pi} + C_{\mu}^*$$

$$C_{\mu}^* = C_{\mu} \left(1 - A_v\right) = C_{\mu} \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$C_{\mu}^* = C_{\mu} (1 + 1,13) \approx 1 \text{ pF} \cdot 2,13 = 2,13 \text{ pF}$$

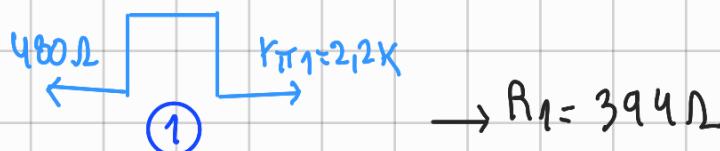


$$V_2 = -g_m V_1 \cdot 12 \Omega$$

$$C_1 = C_{\mu}^* + C_{\pi} = 2,13 \text{ pF} + 50 \text{ pF} = 52,13 \text{ pF}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = -g_m \cdot 12 \Omega = 1,13$$

94 mV/V



$$V_1 = 394 \Omega \cdot 52,13 \text{ pF} = 20,54 \text{ mV}$$

$$\rightarrow f_{ch1} = \frac{1}{2\pi \cdot r_1} = 7,75 \text{ MHz}$$

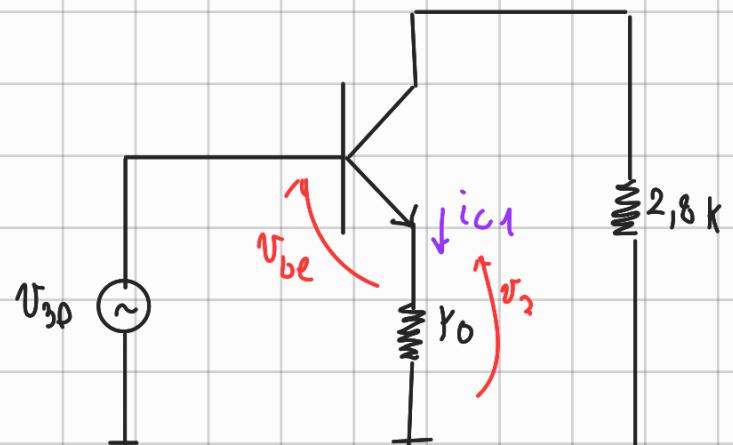
$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = 44 \text{ k}\Omega$$

③

$$C_3 = C_{\pi 2}^* + C_{\mu 2}^*$$

$$C_{\pi 2}^* = C_{\pi} \left(1 - \frac{V_2}{V_{3p}}\right)$$

$$V_{3p} - V_{be} - V_2 = 0$$



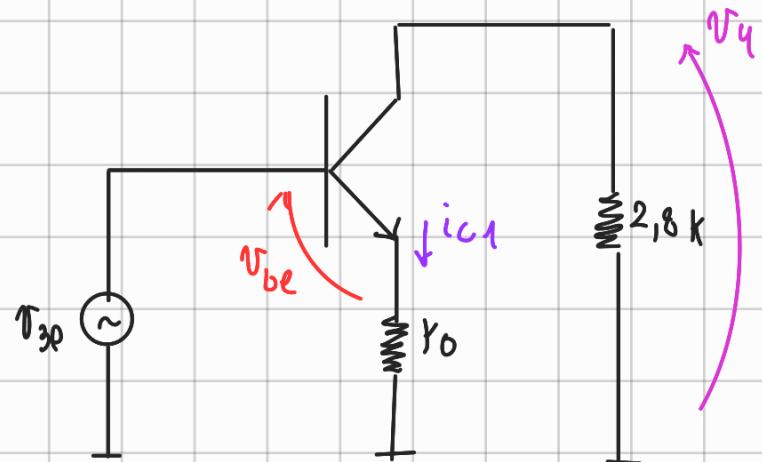
$$V_2 = i_C r_o = g_m V_{be} \cdot r_o$$

$$U_{3P} - U_2 + \frac{U_2}{g_m r_o} = \frac{1 + g_m r_o}{g_m r_o} \rightarrow \frac{U_2}{U_{3P}} = \frac{g_m r_o}{1 + g_m r_o} \approx 1$$

$$C_{\pi_2^*} = 0$$

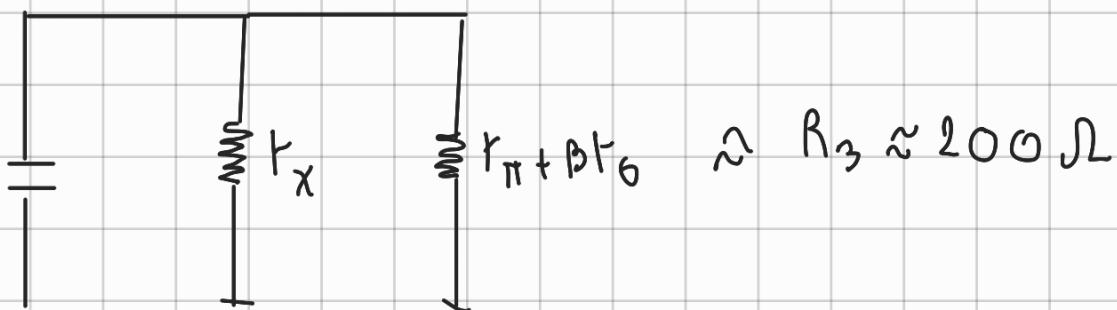
$$C_{\mu_2^*} = C_{\mu_2} \left(1 - \frac{U_q}{U_{3P}} \right) = C_{\mu_2}$$

$$\frac{U_2}{U_{3P}} = \frac{-g_m 2,8k}{1 + g_m \cdot r_o} \approx 0$$



$$C_3 = C_{\pi_2^*} + C_{\mu_2^*} = C_{\pi_2} + C_{\mu_2} = 51 \text{ pF}$$

R₃:

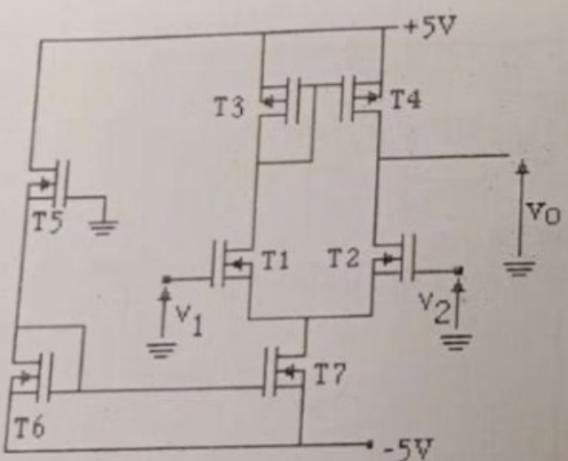


$$\gamma_3 = 51 \text{ pF} \cdot 200 \Omega = 10,2 \text{ m} \Omega$$

$$f_{Ch2} = \frac{1}{2 \pi \gamma_3} = 15,6 \text{ MHz}$$

$$\Rightarrow f_h = f_{Ch1}$$

2.- MOSFET inducidos: $V_T = \pm 1,5V$; $k' = 200\mu A/V^2$; $\lambda = 0,01 V^{-1}$; $(W/L)_{1,2,3,4} = 20$; $(W/L)_{5,6,7} = 2$

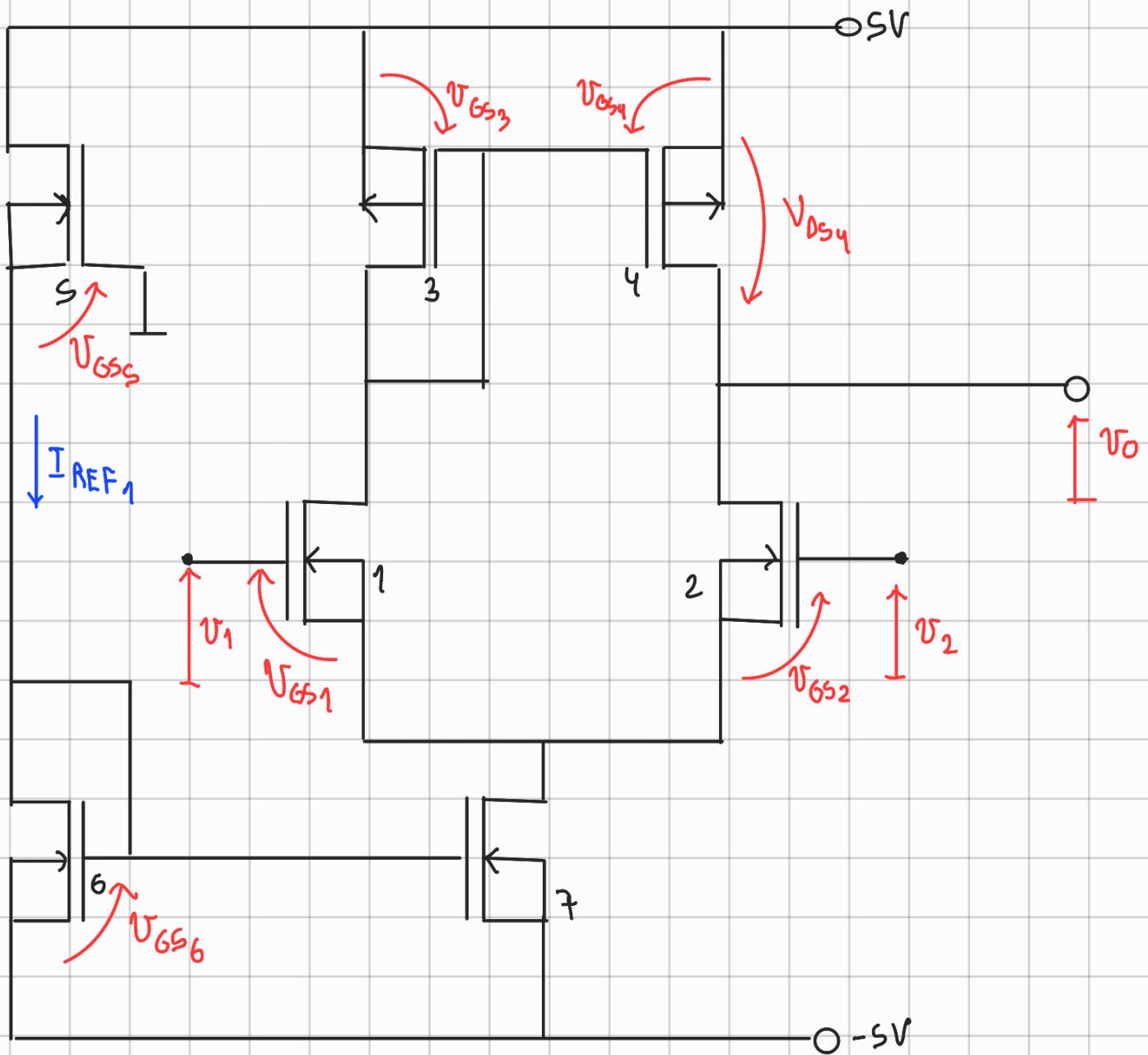


- a) Obtener las corrientes de reposo. Justificar cualitativamente el valor de V_{OQ} .
- b) Dibujar el circuito de señal, sin reemplazar los transistores por su modelo. Indicar en el circuito todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes. Definir y obtener por inspección el valor de la amplificación de tensión para entrada diferencial y común, A_{vd} y A_{vc} . Definir y obtener la RRMC en dB.
- c) Definir y obtener los valores del rango de tensión de modo común.

2)

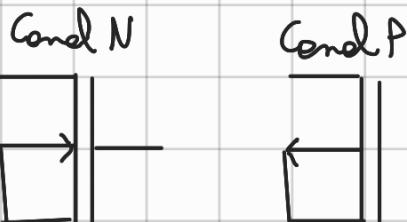
$$V_T = \pm 1,5V ; K' = 200 \frac{\mu A}{V^2} ; \lambda = 0,01 V^{-1} ; (W/L)_{1,2,3,4} = 20$$

$$(W/L)_{5,6,7} = 2$$

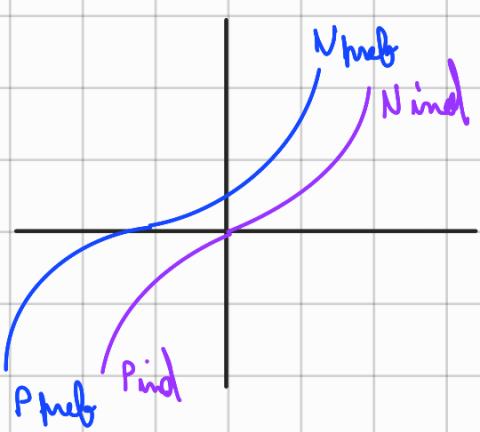


O De la malla de la yuxtapuesta

$$-SV + V_{GS_6} + V_{GS_5} = 0 \rightarrow \text{Como } T_S = T_6 \rightarrow V_{GS_5} = V_{GS_6} = 2,5V$$



inductores



$$I_{REF} = I_{D6} = I_{D7} = K' \left(\frac{W}{L} \right)_S (V_{GS_5} - V_T)^2$$

$$= 200 \frac{\mu A}{V^2} \cdot 2 \cdot (2,5 - 1,5)^2 \\ = 400 \mu A$$

$$\circ \left(\frac{W}{L} \right)_6 = \left(\frac{W}{L} \right)_7 \rightarrow I_{D6} = I_{D7}$$

$$\circ \text{ Por diferencial simétrico: } I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{D7}}{2} \approx 200 \mu A$$

$$\circ I_{D1} = K' \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS_1} - V_T)^2$$

$$V_{GS_1} = \sqrt{\frac{I_{D1}}{K' \left(\frac{W}{L} \right)_1}} \pm V_T = \pm \sqrt{\frac{200 \mu A}{200 \frac{\mu A}{V^2} \cdot 20}} + 1,5V$$

1,27

$\boxed{1,72} > V_T$

$$\circ V_{GS_1} = V_{GS_2} \text{ pues } I_{D_1} = I_{D_2}$$

$$\circ \text{Como } T_3 \text{ y } T_4 \text{ son canal P } (T_3 = T_4) \text{ con } V_T = -1,5V$$

mosfet
nórdica
nórdica
nórdica
nórdica
nórdica

$$I_{D_3} = I_{D_4} = K' \left(\frac{w}{L} \right)_3 (V_{GS_3} - V_T)^2 \leftarrow \text{Despejar el } \lambda \text{ que } 10V \cdot 0,01 = 0,1$$

$$V_{GS_3} = V_T \pm \sqrt{\frac{I_{D_3}}{K' \left(\frac{w}{L} \right)_S}} = -1,5V \pm \sqrt{\frac{200 \mu A}{200 \frac{\mu A}{V^2} \cdot 20}} \quad \left\{ \begin{array}{l} -1,72 \\ 1,27 \end{array} \right.$$

$$\circ \text{Dado que } I_{D_3} = I_{D_4} \rightarrow V_{GS_3} = V_{GS_4}$$

$$\circ \text{Como } T_3 \text{ tiene el gate y drain cortocircuitados} \rightarrow V_{DS_3} = (5V - 1,72V) - 5V$$

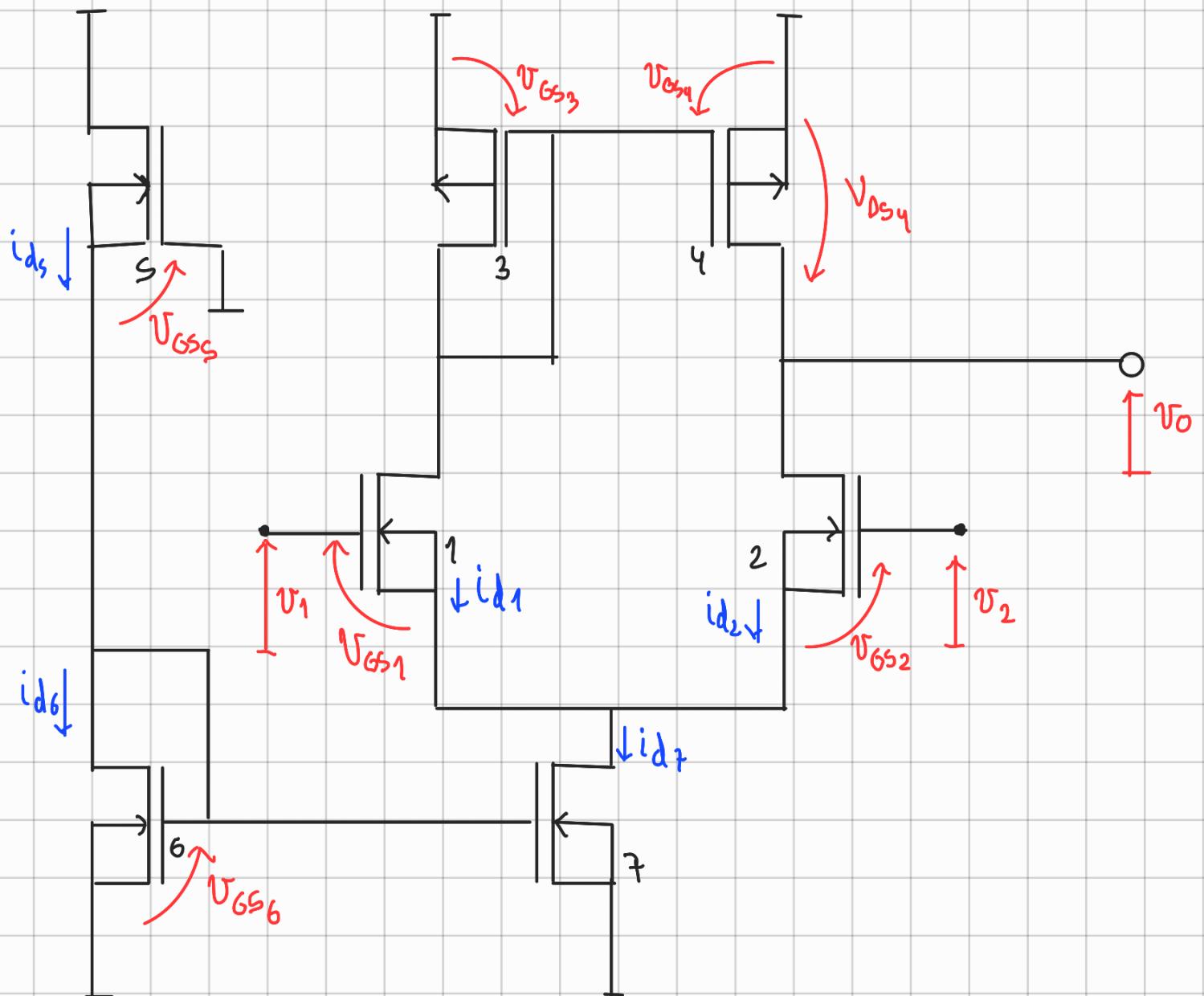
$$V_{DS_3} = -1,72$$

$$\circ \text{Como } T_3 = T_4 \text{ y están apagados, sabemos que } V_{DS_3} = V_{DS_4}$$

$$\circ \text{Finalmente } V_{OQ} = 5V + V_{DS_4} = 5V - 1,72V = 3,28V$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{OQ} = 3,28V}$$

b)

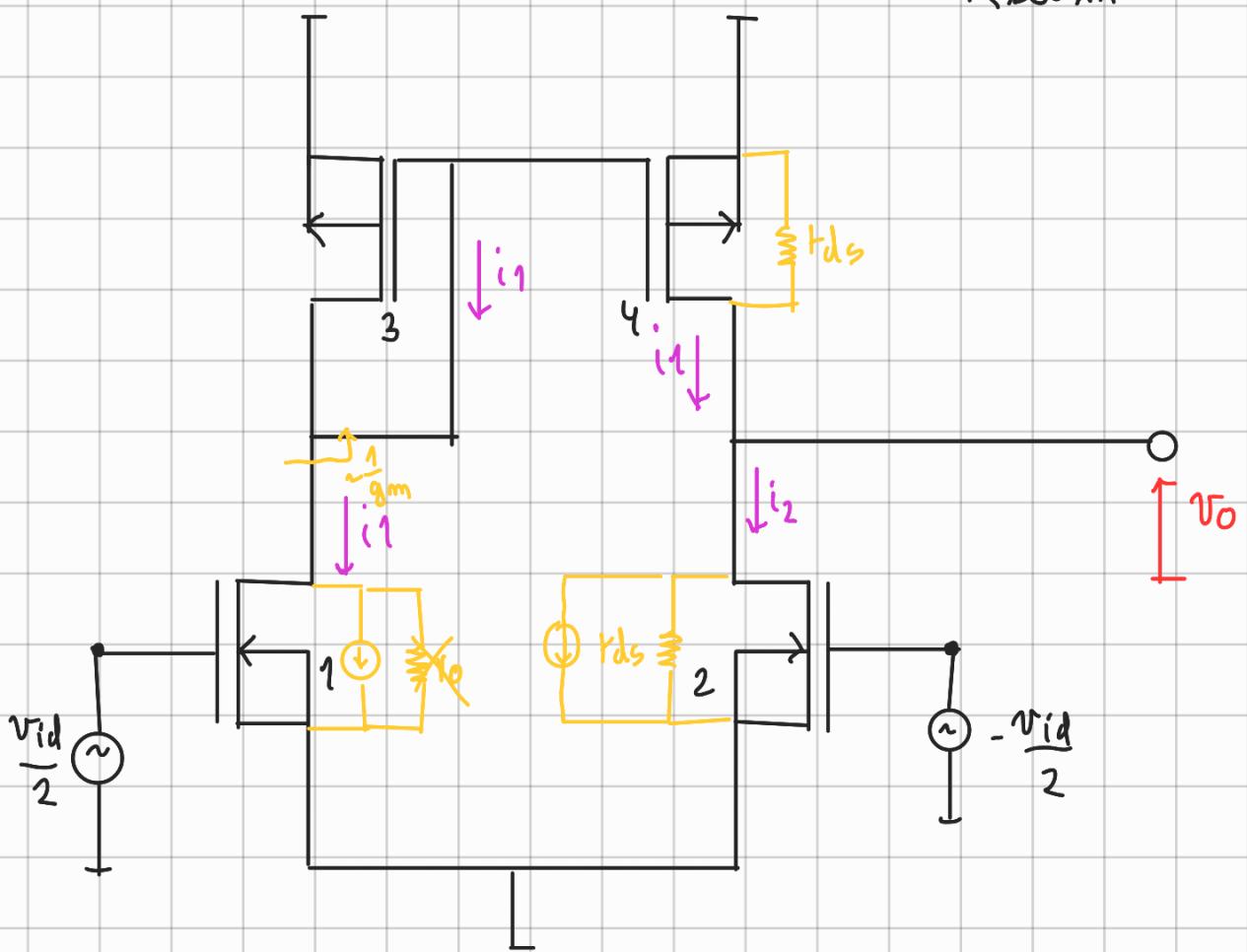


$$A_{vd} = \frac{V_o}{V_{id}} ; A_{vc} = \frac{V_o}{V_{ic}} ; RRMC = \left| \frac{A_{vd}}{A_{vc}} \right| ; RRMC = 20 \log \left(\left| \frac{A_{vd}}{A_{vc}} \right| \right)$$

Pone una fuente estatica en $R_s = r_{ds7} = \frac{1}{\lambda \cdot I_{D7}} = \frac{100V}{400 \frac{mA}{V}} = 250K$

Aud

$$g_{m1} = g_{m2} = \sqrt{4k \cdot I_{D1}} = 1,78 \frac{mA}{V} \quad r_{ds2} = r_{ds4} = \frac{1}{\lambda \cdot 200 \mu A} = 500k$$

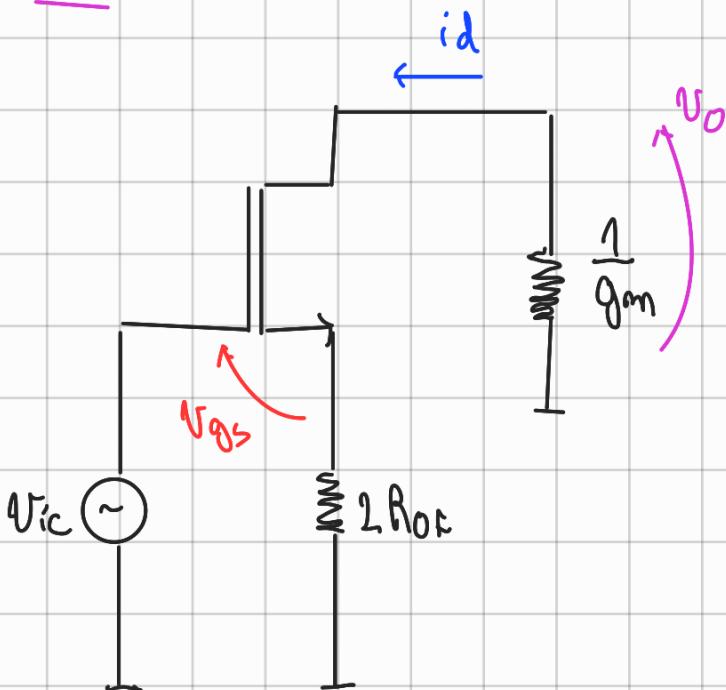


$$v_o = (i_1 - i_2) (r_{ds2} \parallel r_{ds4}) = \left(g_m \frac{v_{id}}{2} - \left(-g_m \frac{v_{id}}{2} \right) \right) (500k \parallel 500k)$$

$$A_{vd} = \frac{v_o}{v_{id}} = g_m \cdot 250k \Omega = 44s$$

$\Rightarrow A_{vd} = 44s$

A_{Vc}



$$V_o = -i_d \cdot \frac{1}{g_m}$$

$$\begin{aligned} V_{ic} &= V_{gs} + i_d \cdot 2R_{OF} \\ &= V_{gs} + g_m V_{gs} \cdot 2r_{ds}, \end{aligned}$$

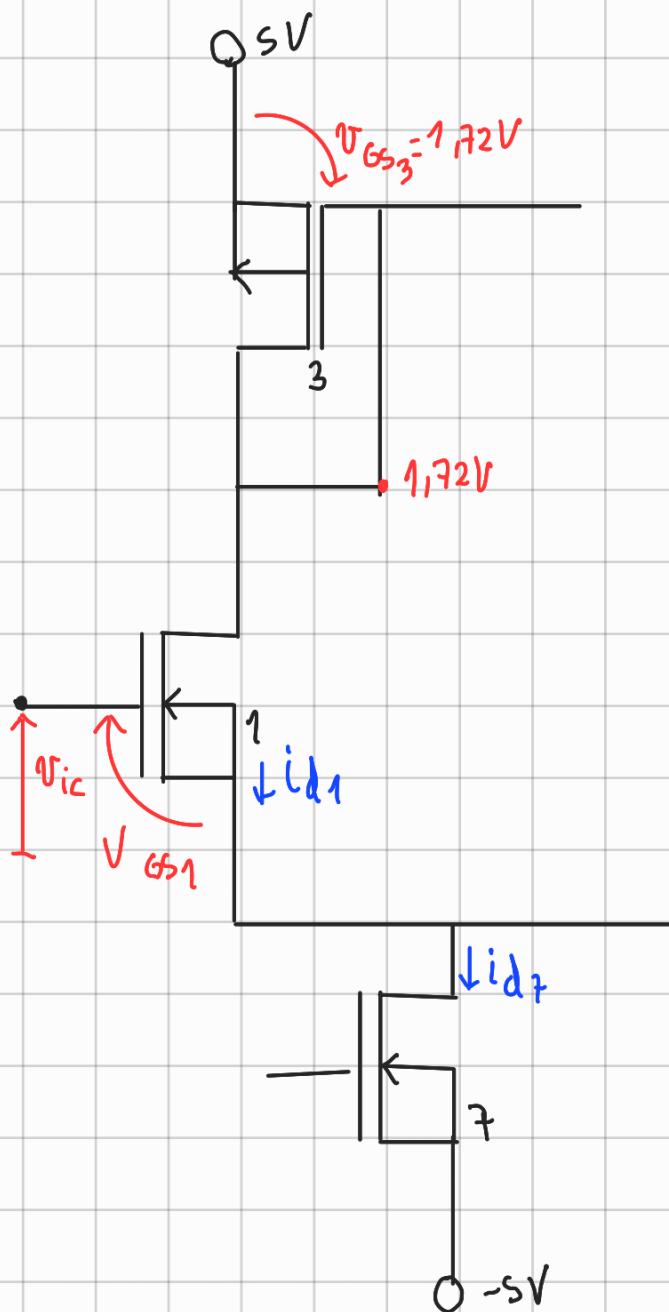
$$A_{Vc} = \frac{V_o}{V_{ic}} = \frac{-g_m V_g / g_m}{V_{gs} + g_m V_{gs} \cdot 2r_{ds}} = -\frac{1}{1 + g_m \cdot 2r_{ds}} \approx -0,001$$

$$\Rightarrow A_{Vc} = -0,001$$

$$RRMC_{(dB)} = 20 \log \left(\left| \frac{A_{rd}}{A_{rc}} \right| \right) = 113 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow RRMC = 113 \text{ dB}$$

C)



o Notación T7

$$V_{DS} > V_{GS7} - V_T$$

$$V_D - V_S \underset{= SV}{>} V_{GS7} - V_T$$

$$V_{ic} - V_{GS1} - V_S \geq V_{GS7} - V_T$$

$$V_{ic} \geq V_{GS7} - V_T + V_s + V_{GS1}$$

$\underbrace{2.5V}_{2.5V} \quad \underbrace{1.9V}_{1.9V} \quad \underbrace{1.72V}_{1.72V}$

$$V_{ic} \geq -2.28V$$

o Notación T1

$$V_{DS1} > V_{GS1} - V_T$$

$$V_D - V_S > V_{GS1} - V_T$$

$$SV - V_{GS2} - (V_{ic} - V_{GS1}) \geq V_{GS1} - V_T$$

$$V_{ic} - V_{GS1} \leq -V_{GS1} + V_T - V_{GS3} + SV$$

$$V_{ic} \leq 4.78V$$

$-2.28V < V_i < 4.78V$