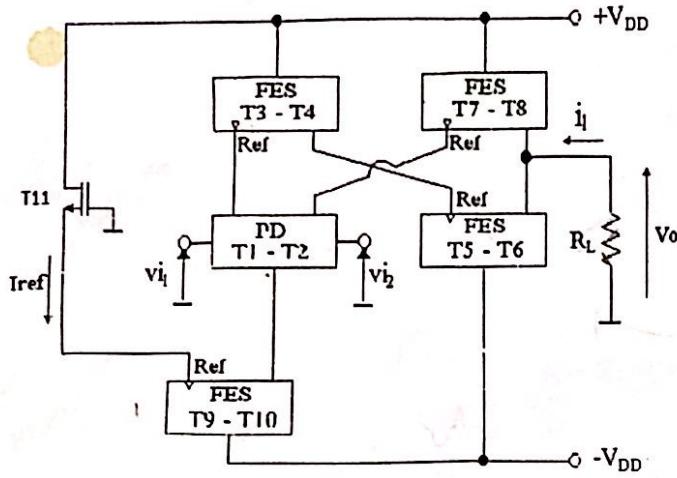


APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
Ferro	Oscar		T N	5	B B

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.

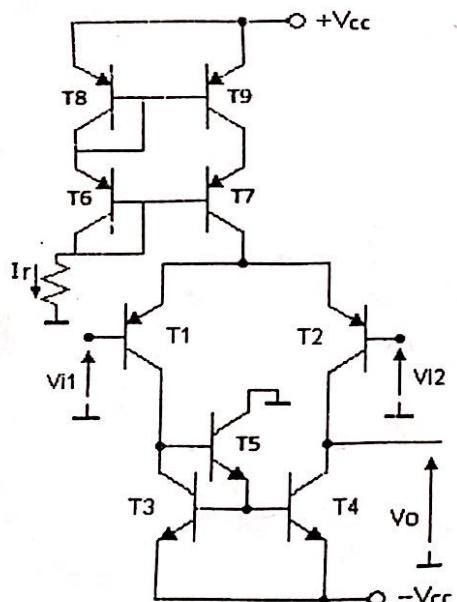


$$V_{DD} = 5 \text{ V}; V_{id} = v_{i1} - v_{i2}$$

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

$$(W/L)_{T6} = 1; \text{ salvo } (W/L)_{T7} = 10 \text{ y } (W/L)_{T8} = 10$$

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

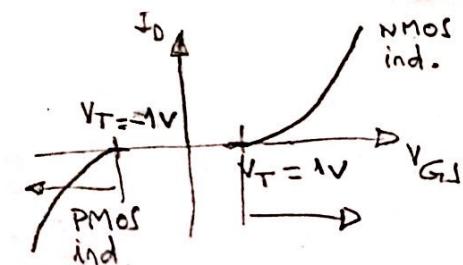
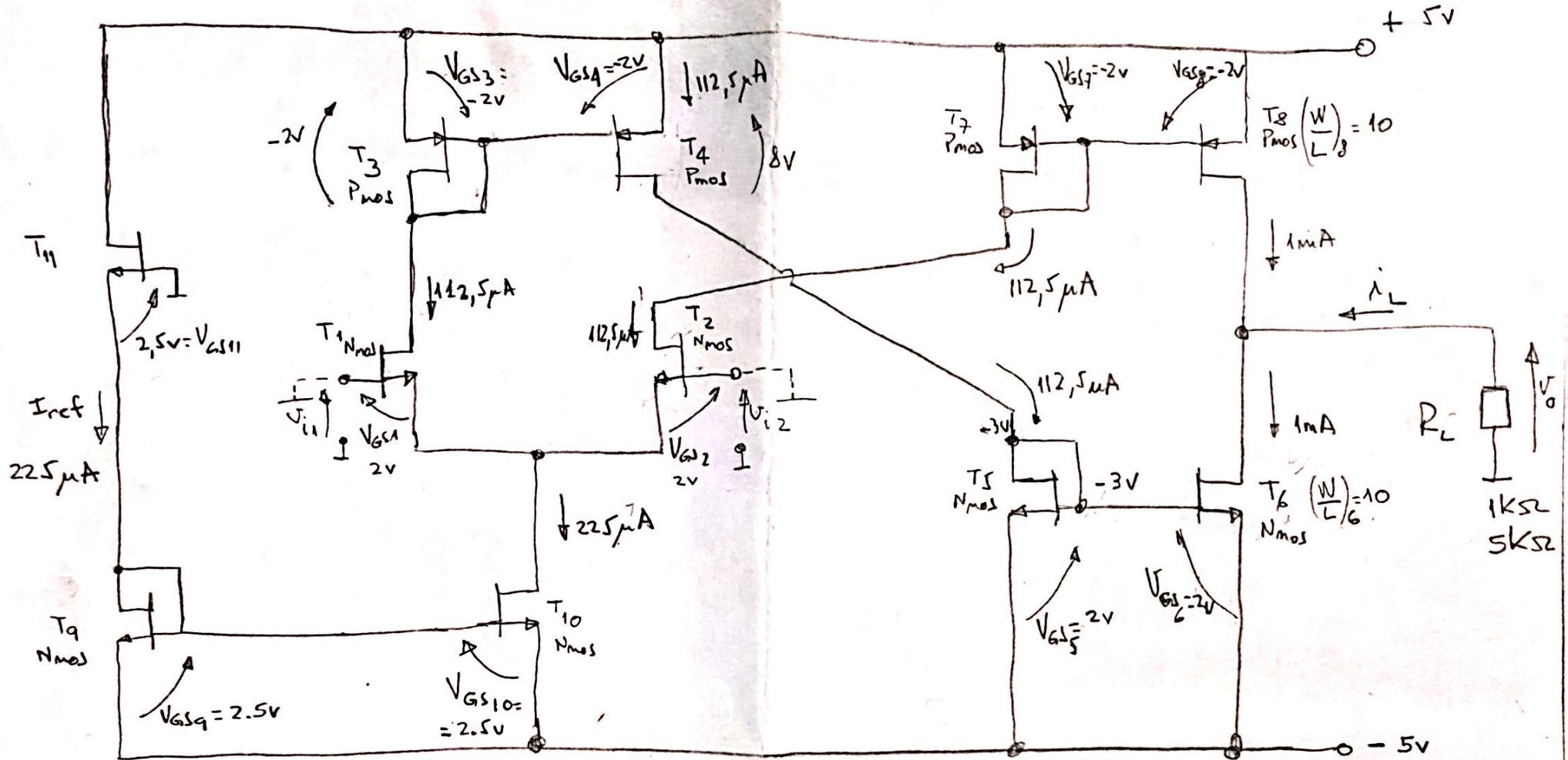


a) Justificar cualitativamente:

- 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 desapareamiento  $\delta < 5\%$  entre  $\beta_1$  e  $\beta_2$ . Expresar lo en función de  $\delta$  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  $A_{vd}$ .



$$A_{Vd} = \frac{I_{DQ1}}{V_{GS1}} = K(V_{GS1} - V_T)^2 = 0,1 \frac{mA}{V^2} (2,5V - 1V)^2 = 0,1 \frac{mA}{V^2} (1,5V)^2 = 2,25V^2 \cdot 0,1 \frac{mA}{V^2} = 0,225 mA = \underline{\underline{225 \mu A}}$$

(2)   
  $\frac{1,5}{1,5}$   
  $\frac{1,5}{1,5}$   
  $\frac{1,5}{2,25}$

$$\frac{I_{DQ1}}{R} = \frac{I_{DQ2}}{R} = K \cdot (V_{GS1} - V_T)^2 \Rightarrow V_{GS1} = \sqrt{\frac{I_{DQ1}}{K}} + V_T$$

$$V_{GS1} = \left[ + \sqrt{\frac{0,1125}{0,1}} + 1 \right] V = + \sqrt{1,125} + 1 = 1,06 + 1 = \underline{\underline{\approx 2V}}$$

R:

$$I_{DC} = K \cdot (V_{GS} - V_T)^2 = 0,1 \frac{mA}{V^2} (2 - 1)^2 \left(\frac{W}{L}\right) = 1 \frac{mA}{V^2} \cdot 1V^2 = \underline{\underline{1 \mu A}}$$

$$S_{M1} = S_{M2} = S_{M3} = S_{M4} = 2k \frac{(V_{GS} - V_T)}{(2 - 1)} = 2 \cdot 0,1 \frac{mA}{V^2} \cdot 1V = 0,2 \frac{mA}{V}$$

$$= \underline{\underline{200 \mu A}}$$

$$r_{O10} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = \frac{100}{0,225} k\Omega = \underline{\underline{445 k\Omega}}$$

(Fuente polarización P.D)

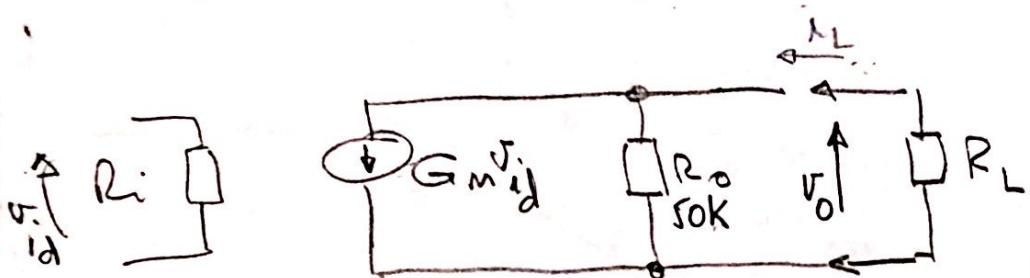
$$S_{M8} = S_{M6} = 2 \cdot 0,1 \frac{mA}{V^2} \cdot 10 (1)V = 2 \frac{mA}{V}$$

$$r_{O8} = r_{O6} = \frac{100}{1} k\Omega = \underline{\underline{100 k\Omega}}$$

$$r_{O8} \parallel r_{O6} = 50k.$$

$$A_{vd} = \frac{V_o}{V_{id}} \Big|_{V_{ic}=0}$$

(3)



$$R_i = 2r_{gn} \rightarrow \infty$$

$$G_m = \frac{\Delta i}{\Delta V_{id}} =$$

$$10 \left[ g_m \cdot \frac{V_{id}}{2} - \ln \left( \frac{V_{id}}{2} \right) \right] = i_L$$

$$10 (g_{m1} + g_{m2}) = \frac{i_L}{\frac{V_{id}}{2}}$$

$$\frac{i_L}{V_{id}} \cdot G_m = \frac{10(g_{m1} + g_{m2})}{2} \\ \approx 10 g_{m1}$$

$$= 2 \frac{mA}{V}$$

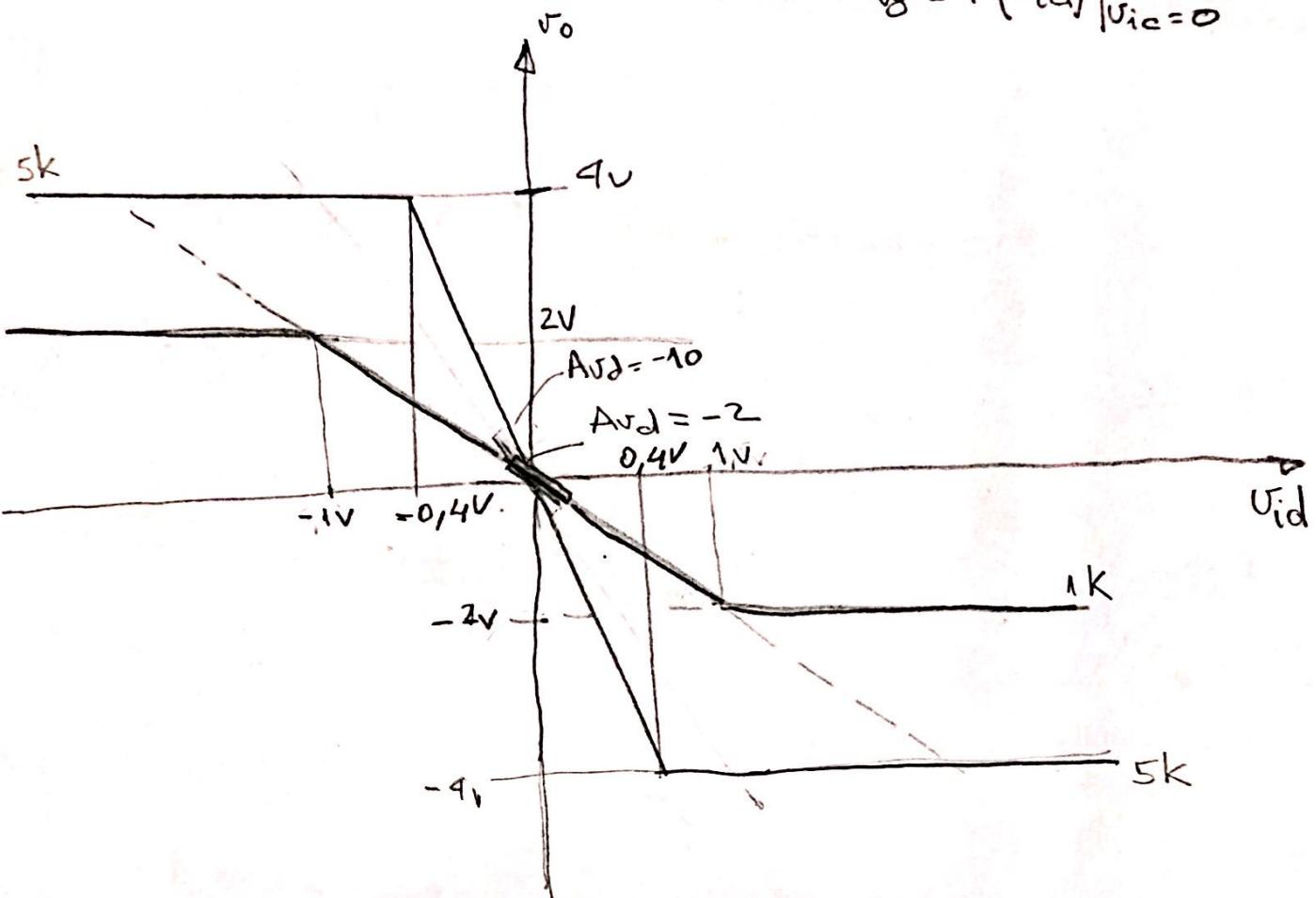
$$\frac{V_o}{V_{id}} \Big|_{V_{ic}=0} = -2 \frac{mA}{V} (50k \parallel R_L)$$

$$\frac{V_o}{V_{id}} \Big|_{1k} = -2 = A_{vd} \Big|_{5k\Omega}$$

$$\frac{V_o}{V_{id}} \Big|_{5k\Omega} \stackrel{N}{=} -10 = A_{vd} \Big|_{5k\Omega}$$

(4)

$$v_o = f(v_{id}) \Big|_{v_{ic}=0}$$



~~2)~~  
~~a)~~  $V_{OA} = -V_{CC} + 1.4V =$

Fuente cascode  $R_o \uparrow$   $A_{OC} \downarrow$   $RRMC \uparrow$   
 And sin cambio.

b)  $I_{offset} = I_{b_1} - I_{b_2}$

$= \frac{I_{C_1}}{\beta_{1,1}} - \frac{I_{C_2}}{\beta_{2,2}}$

$\delta = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1} = 0,05$

$f\% = 5\%$

$I_{C_1} = I_{C_2} = \frac{I_r}{2}$

$I_{offset} = \frac{I_r}{2} \left( \frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{\beta_2} \right) = \frac{I_r}{2} \left( \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1 \beta_2} \right)$ 
 $= \frac{I_r}{2} \cdot \frac{0,05}{\beta_2}$

c)

$Z_{out}^N = 2C_{mu} \cdot \left( R_{O_2} \parallel R_{O_4} \right) = 2C_{mu} \frac{R_{O_2}}{2} \Rightarrow$

estimación  $V_A = 100V$ 

$I = 0,1mA = 100\mu A$

$= 0,2 \times 10^{-12} F \cdot 1 \times 10^6 \Omega =$

$R_O = 1M\Omega$

$= 0,2 \cdot 10^{-6} s =$

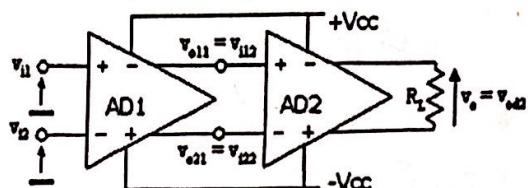
$C_{mu} = 0,2 pF$

$= 0,2 \mu s.$

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T	N	

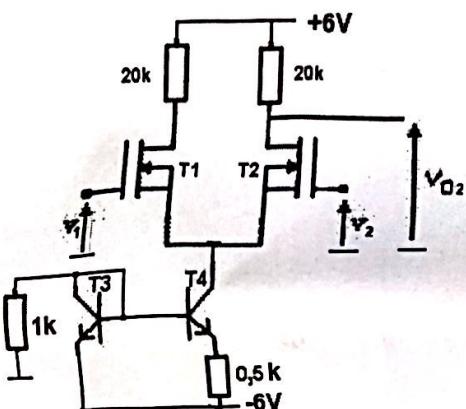
1.- Se utilizan dos amplificadores diferenciales, conectados como se indica en la figura. Se admite que  $R_{id2} \rightarrow \infty$  y que  $AV_{dd1} = 200$  y  $AV_{dd2} = 50$ .

a) Definir y hallar la  $V_{offset}$  total del circuito completo si se conocen las  $V_{offset}$  de cada AD en forma independiente, siendo:  $V_{off}(AD1) = 2\text{mV}$ ;  $V_{off}(AD2) = 1\text{mV}$



b) Si AD1 tiene una  $RRMC_1 = 70 \text{ dB}$  y AD2, una  $RRMC_2 = 100 \text{ dB}$ , justificar cuál será la RRMC del circuito completo. (se conocen  $AV_{cc}$ ,  $AV_{dc}$  y  $AV_{cd}$  de c/u)

2.-  $V_T = 1\text{V}$ ;  $k = 1\text{mA/V}^2$ ;  $\lambda \rightarrow 0$ ;  $\beta = 200$ ;  $V_A = 80\text{V}$   
 $C_{gs} = 6\text{pF}$ ;  $C_{gd} = 2\text{pF}$ ;  $C_{ds} = 2\text{pF}$ ;  $f_T = 150\text{MHz}$



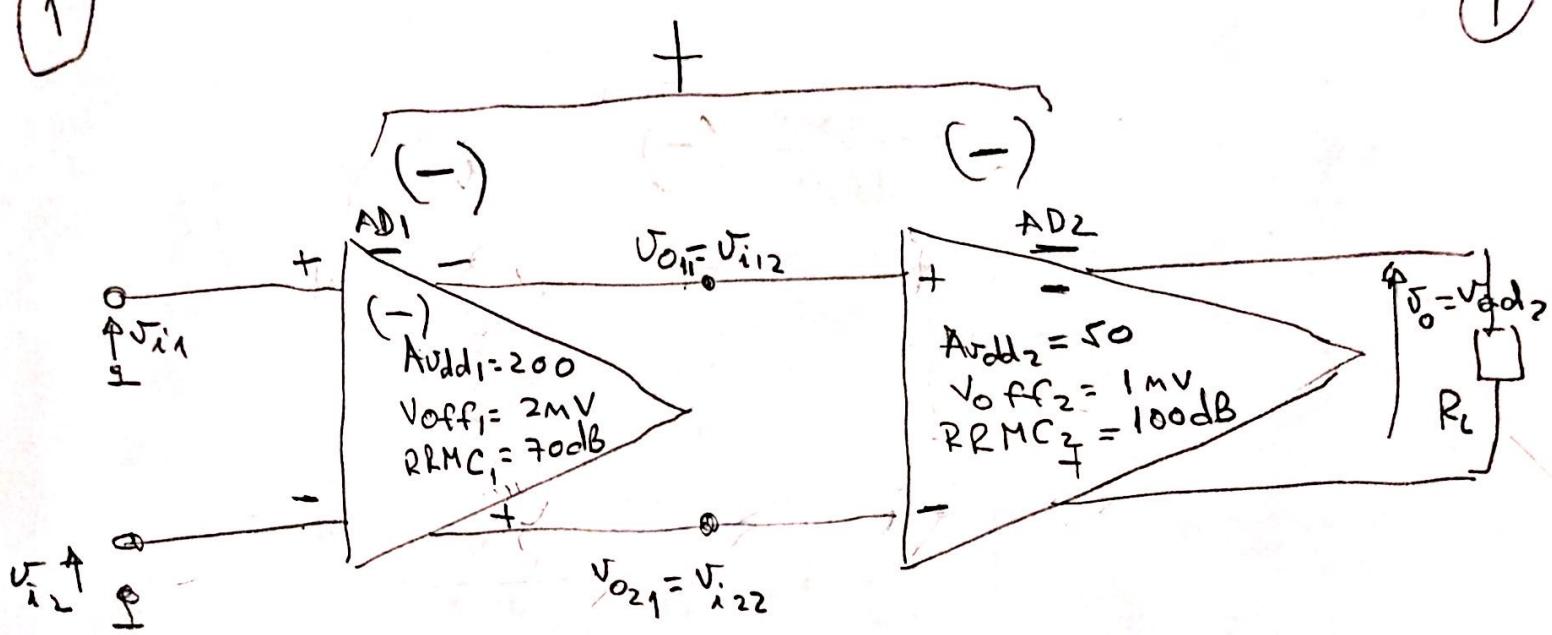
a) Definir y obtener el Rango de modo común.

b) Definir y obtener el valor de la  $f_h$  aproximada para  $AV_{2ds} = V_{o2}/V_{ds}$  ( $v_1$  y  $v_2$  provienen de señales  $v_{s1}$  y  $v_{s2}$  con un equivalente Thévenin  $R_{s1} = R_{s2} = 1\text{K}\Omega$ ).

c) Se reemplazan los resistores de carga de  $20\text{k}$  por una fuente espejo con TBJ (T5-T6), de modo de tal de obtener la mayor  $AV_{2d} = V_{o2}/V_{Id}$  posible. Dibujar el circuito resultante y analizar cualitativamente cómo se modifican los valores de reposo, el Rango de modo común y la  $f_h$ , respecto del circuito original.

(1)

(1)



$$\begin{aligned}
 V_{OFF\_TOT} &= V_{OFF\_1} + \frac{V_{OFF\_2}}{Avdd_1} = \\
 &= 2 \mu V + \frac{1 \mu V}{200} = 2 \mu V + 5 \mu V \\
 &\underline{\quad} \quad \underline{\quad} \\
 &\underline{= 2,005 \mu V}
 \end{aligned}$$

RRMC       $A_{VCC}, A_{VDC}$  y  $A_{VCD}$        $\frac{A_{VDD}}{A_{VDC}}$

$$V_{O1} = A_{VDD} V_{i1d} + A_{VDC} \cdot V_{ic}$$

$$V_{OC} = A_{VCC} V_{ic} + A_{VCD} V_{ic}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{RRMC}) \quad \frac{Avdd}{Avdc} &= \frac{10000}{Avdc_1 \cdot Avdd_2} = \frac{Avdd_1 \cdot Avdd_2}{Avdc_1 \cdot Avdd_2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Avdc &= \cancel{Avcc_1} * \cancel{Avdc_2} + \cancel{Avdc_1} * Avdd_2 = \\
 &= \cancel{Avdc_1} * Avdd_2
 \end{aligned}$$

$$RRMC_1 = 20 \log \frac{|Avdd_1|}{|Avdc_1|} = 7 \text{ dB}$$

2) CC

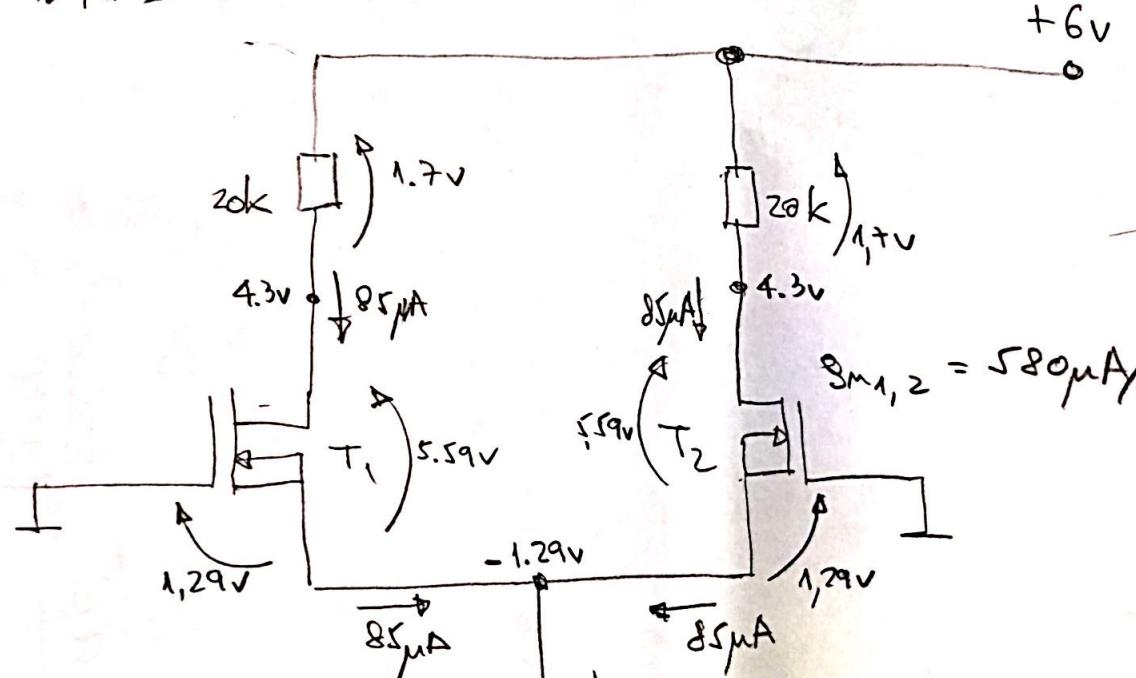
$$V_T = 1V \quad k = 1 \text{ mA/V}^2 \quad \lambda \rightarrow 0 \quad \beta = 200 \quad V_A = 80V$$

(1)

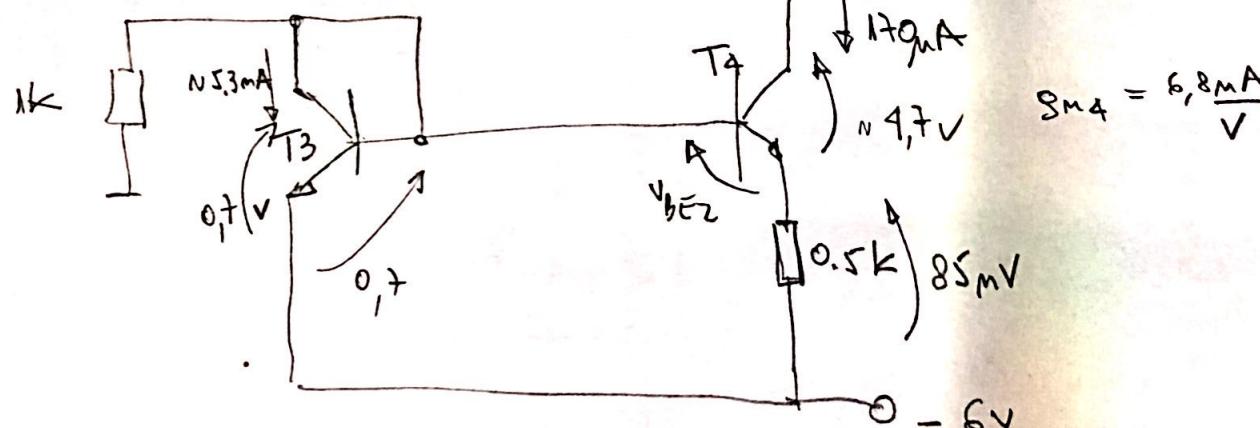
Suponho o zona estrangulada  
o MAD

verificado  $V_{DS} > V_{DSE}$  $V_{CE} > V_{CE_{SI}}$ 

0,7V



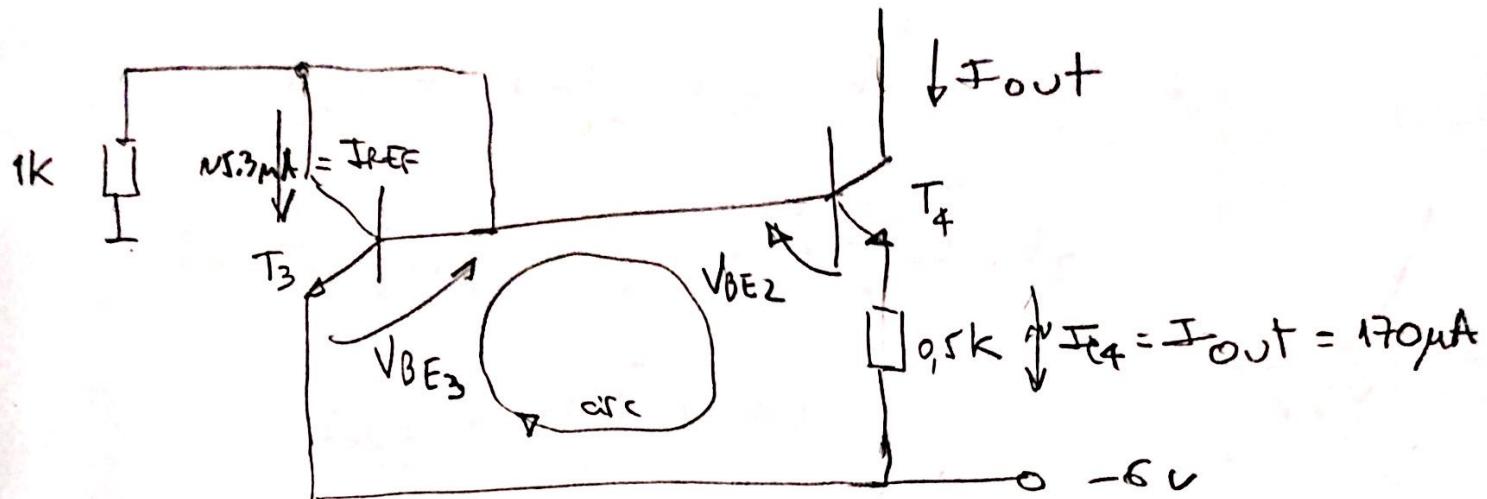
$$r_{o4} = \frac{V_A}{I_{C4}} = \frac{80V}{0.17mA} = 470k$$



$$\begin{aligned} r_{o4} &= r_{o4} \left( 1 + g_m R_E \right) = \\ &= 470k \left( 1 + 6.8 \times \frac{1}{2} \right) = \\ &= 470k (1 + 3.4) = \\ &= 470k (4.4) = 2068k \\ &\approx 2M\Omega \end{aligned}$$

# superior MAD

(2)



$$V_{BE3} - V_{BE4} - I_{C4} \cdot 0.5k = 0$$

$$V_T \ln \frac{I_{REF}}{I_S} - V_T \ln \frac{I_{C4}}{I_S} = I_{C4} \cdot 0.5k$$

$$V_T \ln \frac{I_{REF}}{I_{OUT}} = I_{OUT} \cdot 0.5k$$

$$25mV \ln \frac{5.3mA}{0.17mA} = 0.17mA \cdot 0.5k$$

$0,1mA$	$100mV$
$0,15mA$	$88mV$
$0,2mA$	$82mV$

$$I_{OUT} = 170\mu A$$

$0,17mA$	$86mV$	$85mV$
----------	--------	--------

$$25mV \cdot \ln \frac{5.3mA}{0.17mA} = 0.17mA \times \frac{1}{2}k$$

$$25mV \cdot \ln 31,17 = 85mV$$

$$25mV(3.44) = 85mV$$

$$86mV \approx 85mV$$

$$S_M = S_{M1} = S_{M2} = 2 \cdot k (V_{GS} - V_T)$$

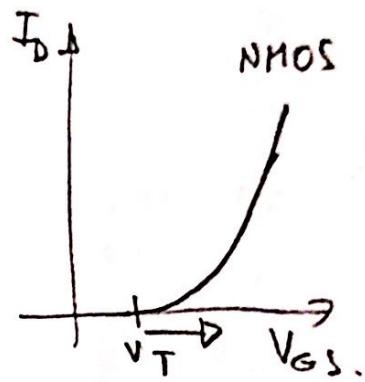
(3)

$$S_{M_{1,2}} = 2 \cdot 1 \frac{mA}{V^2} (V_{GS} - 1V)$$

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow V_{GS} = \sqrt{\frac{I_D}{k}} + V_T$$

$$V_{GS_{1,2}} = \sqrt{\frac{0,085}{1}} V + 1V = \\ = 0,29V + 1V = 1,29V$$

$$\underbrace{V_{GS_{1,2}} = 1,29V}$$

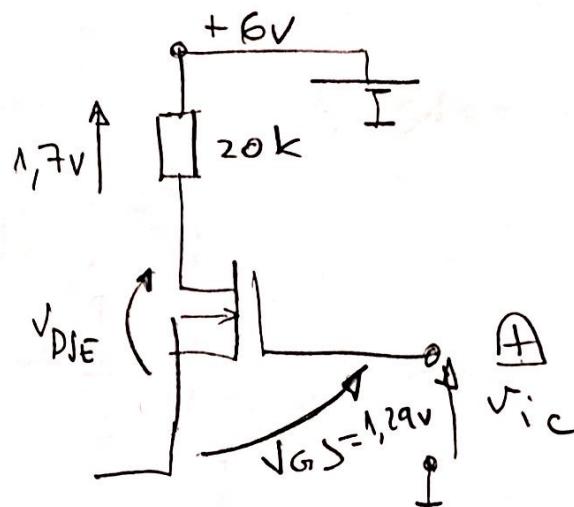


$$S_{M_{1,2}} = 2 \cdot 1 \cdot (0,29) \frac{mA}{V^2} = 2 \cdot 0,085 \frac{mA}{V} \\ = 0,580 \frac{mA}{V} = 580 \frac{\mu A}{V}$$

$$\boxed{S_{M_{MOS}} = S_{M_{1,2}} = 580 \frac{\mu A}{V}}$$

$$\boxed{S_{M_{Bip}} = S_{M_4} = 40 \times 0,170 \frac{mA}{V} = 6,8 \frac{mA}{V}}$$

a) Rango de tensión en los terminales de entrada que permiten mantener la etapa en zona estrangulada y MAD,



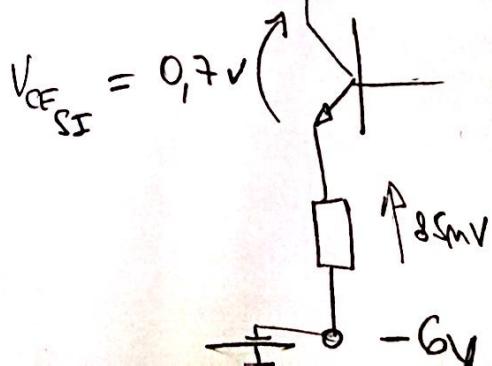
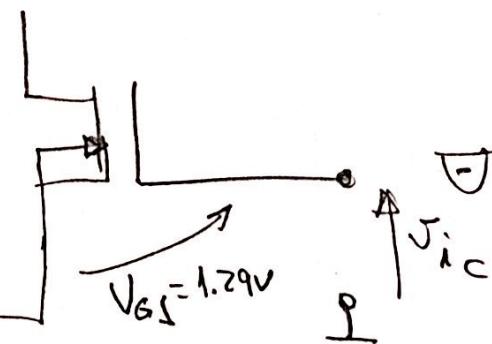
$$85\mu A \times 20k = 1700 mV \\ = 1.7V$$

$$\frac{V_{DS}}{= V_{GS} - V_T} = \\ = 0.29V$$

$$V_{ic} - V_{GS} + V_{DSE} + 1.7V - 6V = 0$$

$$V_{ic+} = 6V + 1.29V - 0.29V - 1.7V = \\ = 6V + 1 - 1.7V = 5.3V$$

$$V_{ic+} = 5.3V$$



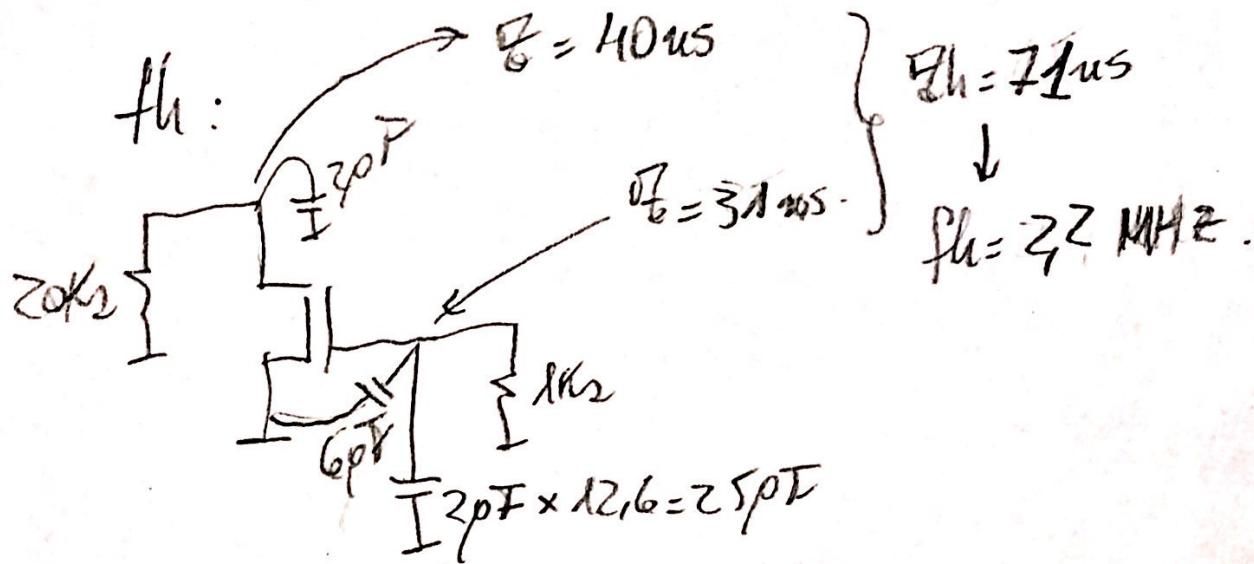
$$V_{ic(-)} - V_{GS} - 0.7V - 0.085V + 6V = 0$$

$$V_{ic(-)} = 1.29V + 0.7V + 0.085V - 6V$$

$$V_{ic(-)} = 1.99V + 0.085V - 6V \\ = 2.075V - 6V = -3.925V \\ \approx -3.9V$$

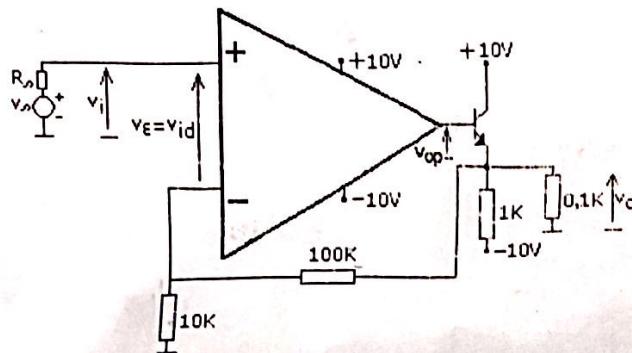
(5)

$$-5,9V \leq V_{ic} \leq 5,3V$$



APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
			T N		

1. El OPAMP tiene entrada diferencial MOSFET, con  $A_{vd} = v_{op}/v_{id} = 10^4$ .  $\beta = 100$



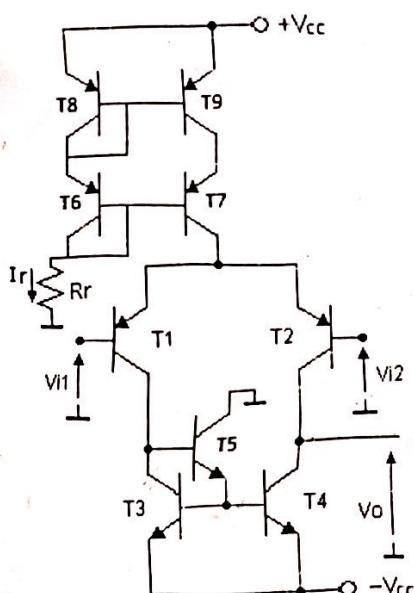
a) Obtener el valor de  $V_{oq}$ . ¿Qué función cumple el TBJ en este circuito?

b) Analizar el lazo de realimentación entre la carga y la entrada del OPAMP. ¿Es positiva o negativa?. Justificar. ¿Qué muestrea y qué suma?. Identificar los distintos bloques que conforman el sistema realimentado ( $A_o$ ,  $k_r$ , generador y carga)

c) ¿Cuál es el valor de la ganancia de lazo  $A_{ok} = T$  para este circuito?  
De acuerdo con esto, ¿cuál es el valor aproximado de  $A_v = v_o/v_i$ ?

2.- Los transistores se encuentran apareados

( $\beta = 100$ ;  $V_A = 100$  V;  $f_T = 200$  MHz;  $C_{in} = 1$  pF;  $r_x \approx 0$ ;  $|V_{CC}| = 10$  V;  $R_r = 10$  kΩ).



a) Justificar cualitativamente:

- El valor de la tensión de salida  $V_o$  del amplificador en reposo ( $V_{oq}$ ).
- ¿Cómo influye en el valor de la RRMC el polarizar con una fuente cascode en lugar de una espejo simple?
- ¿Cómo influye en el balance de corrientes la carga T3-T4-T5, en lugar de una espejo simple?

b) Obtener el valor de la corriente de offset  $I_{off}$  si existe un despareamiento  $\delta < 5\%$  entre  $\beta_1$  y  $\beta_2$ .

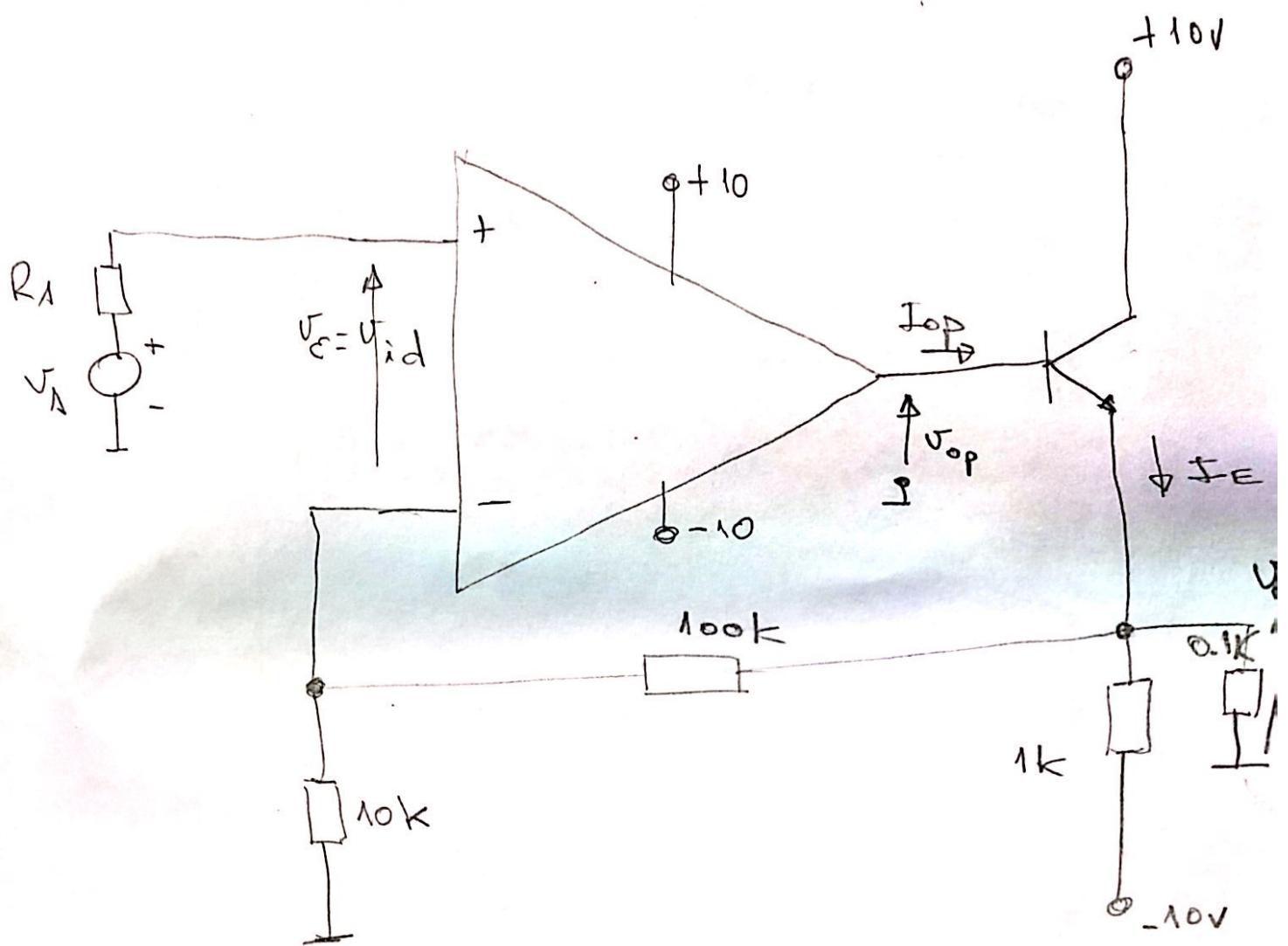
c) Calcular el rango de tensión de modo común.

d) Obtener el valor de la constante de tiempo asociada al terminal de salida. Justificar cualitativamente si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de  $A_{vd}$  o debe analizarse otra constante de tiempo potencialmente importante.

$$A_{vd} = \frac{V_{op}}{V_{id}} = 10^4.$$

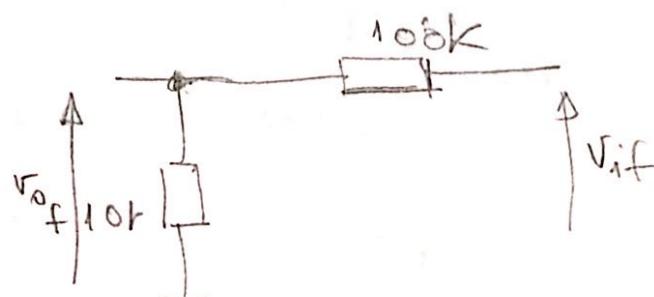
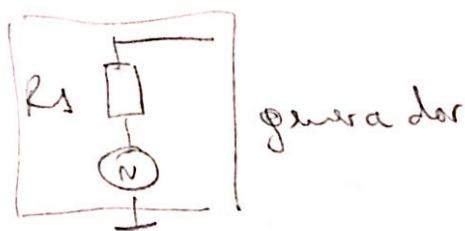
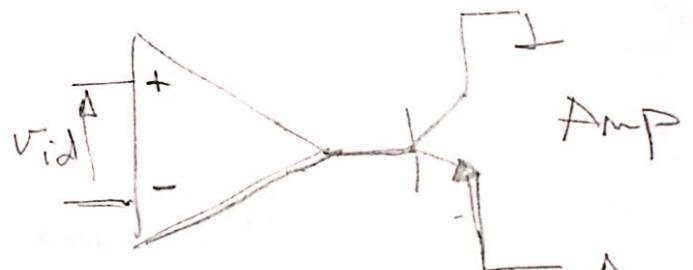
$$\beta = 100$$

①



R\_N      mV      |      5V

$$R_L = 1k \parallel 0.1k \quad \text{carga}$$



TBJ Amplifica corriente ( $I_E > I_{op}$ )

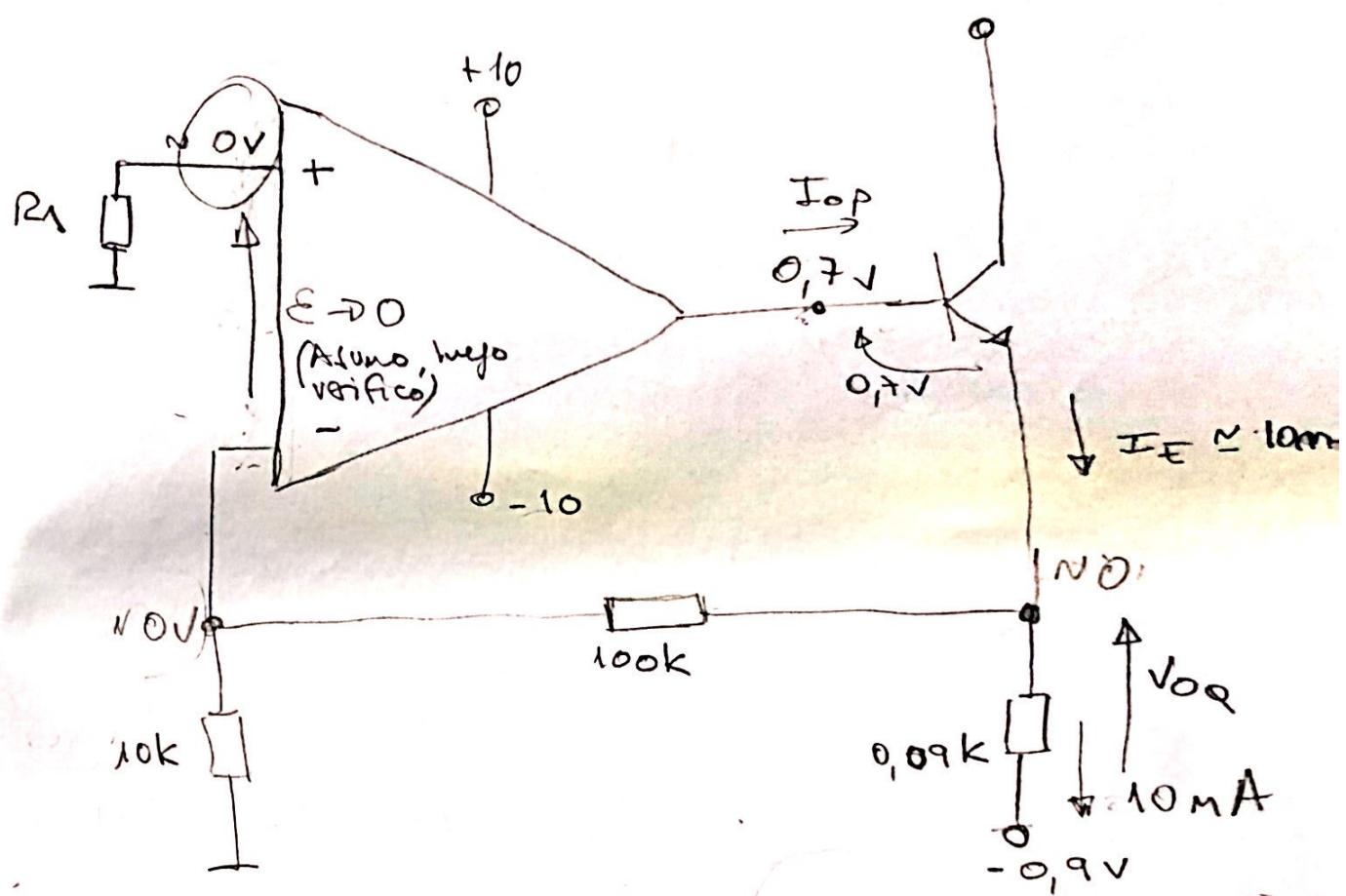
(2)

CC

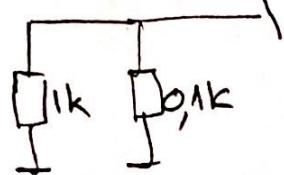
 $V_{OQ}$ 

?

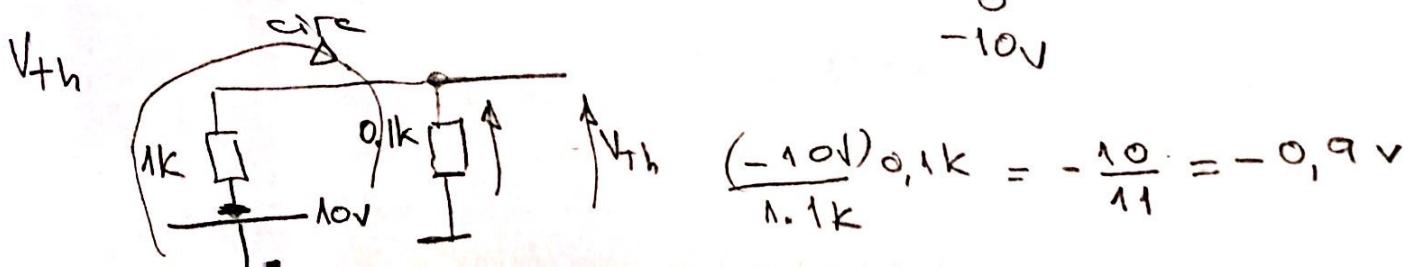
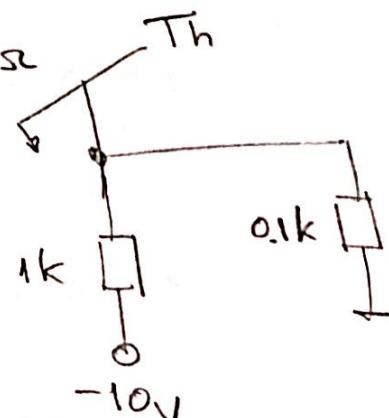
Verificar  $\frac{0,7V}{A_{vd}} \Rightarrow NO$   
 $A_{vd} \uparrow 10000$



$$R_{Th} = 1k \parallel 0.1k = \frac{0.1}{1.1} k = \frac{1}{11} k = 0.09k = 90\Omega$$

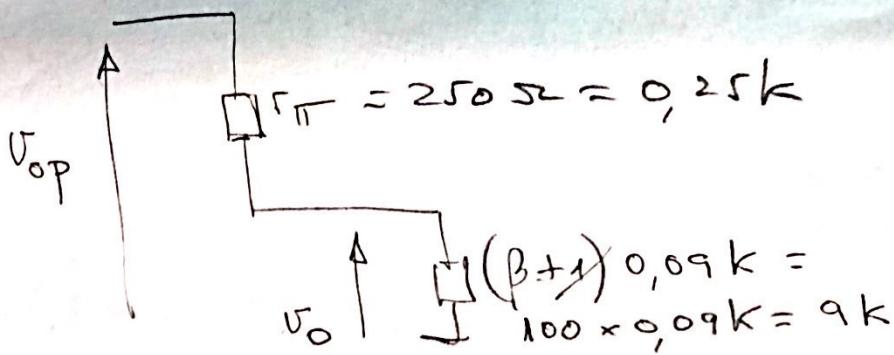
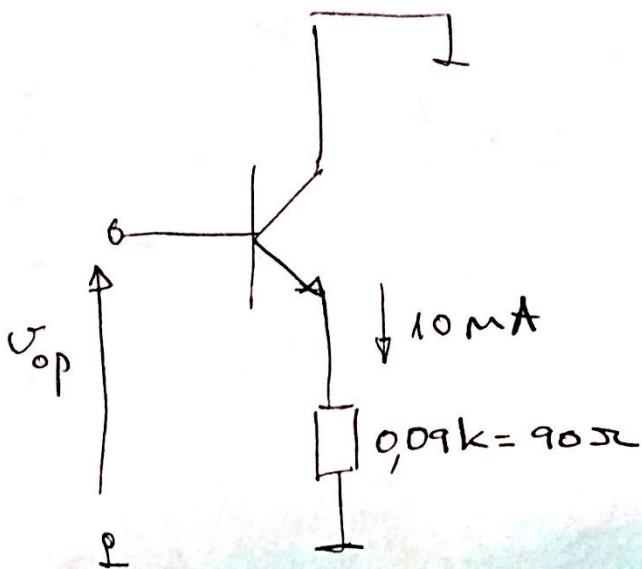


Figuras de análisis



$$(-10V) * 0.1k / (1.1k) = -10 / 11 = -0.9V$$

(3)



$$g_m = \frac{401 \times 10 \text{ mA}}{V} = 400 \frac{\mu\text{A}}{V}$$

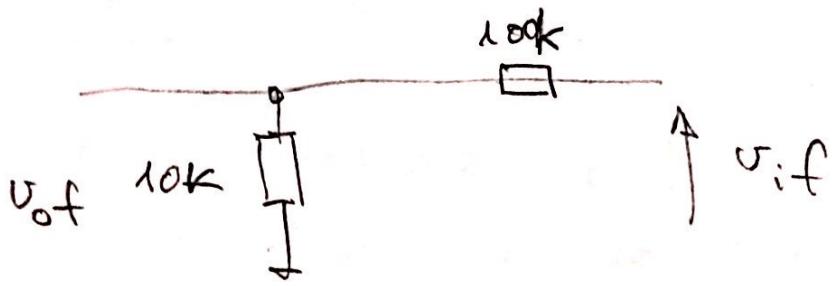
$$r_\pi = \frac{\beta_0}{g_m} = \frac{100}{400} = 0.25 \text{ k} = 250 \Omega$$

$$A_{VTBJ} = \frac{9 \text{ k}}{9 \text{ k} + 0.25 \text{ k}} = \frac{9}{9.25} = 0.97$$

$$\underline{A_{T0T0}} = A_{Td} \cdot A_{VTBJ} = 10000 \times 0.97 = \underline{9700}$$

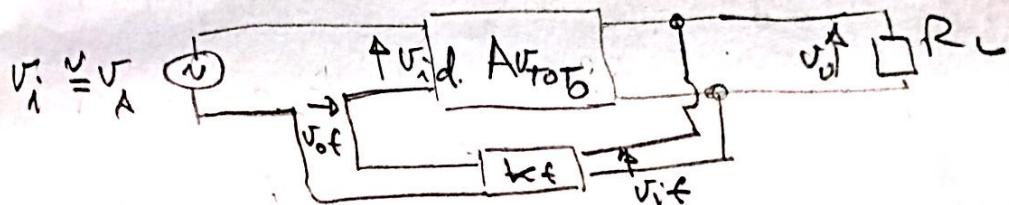
$$A_{OK_f} = T = 9700 \cdot 0.09 = \underline{873}$$

(4)



$$\frac{v_{of}}{v_{if}} = k_f = \frac{10k}{10k + 100k} = \frac{10}{110k} = 0,09$$

$$T = A_o \cdot k_f = 873$$



$$\frac{v_o}{v_i} = A_v = \frac{A v_o}{1 + A v_o k} = \frac{1}{k} = \frac{1}{0,09} = \frac{100}{9} = 11,1$$

(2) a)

$$V_{CEq} = V_{CE3} = V_{BE3} + V_{BE5} = 1,4V \quad (\underline{I_C1 = I_C2})$$

$V_{ce}$  =  $-V_{CC} + V_{CEq} = -10 + 1,4V = \underline{-8,6V}$

- FUENTE CASCODE  $R_o \uparrow$  RRMC  $\uparrow$
- respecto del espejo simple

$T_3 - T_4 - T_5$  Fuente con beta helper ( $T_5$ )

Mayor balance de corriente ya que

$$\frac{I_{B3} + I_{B4}}{\beta} = I_{Br} \Rightarrow I_{Br} \ll \frac{I_{B3} + I_{B4}}{\beta}$$

b)

$$I_{OFF} = I_{B1} - I_{B2}$$

$$= \frac{I_{C1}}{\beta_1} - \frac{I_{C2}}{\beta_2}$$

$$= \frac{I_{C1}}{\beta_1} - \frac{I_{C2}}{1,05\beta_1} = I_c \left( \frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{1,05\beta_1} \right)$$

$$= I_c \frac{\frac{1,05\beta_1 - \beta_1}{\beta_1 \cdot 1,05\beta_1}}{1,05\beta_1} = I_c \frac{0,05}{1,05\beta_1} = I_c \frac{0,047}{\beta_1}$$

$$= \frac{430\mu A}{100} \cdot 0,047 = 4,3\mu A \cdot 0,047 = \underline{0,2\mu A}$$

$$= 200\mu A$$

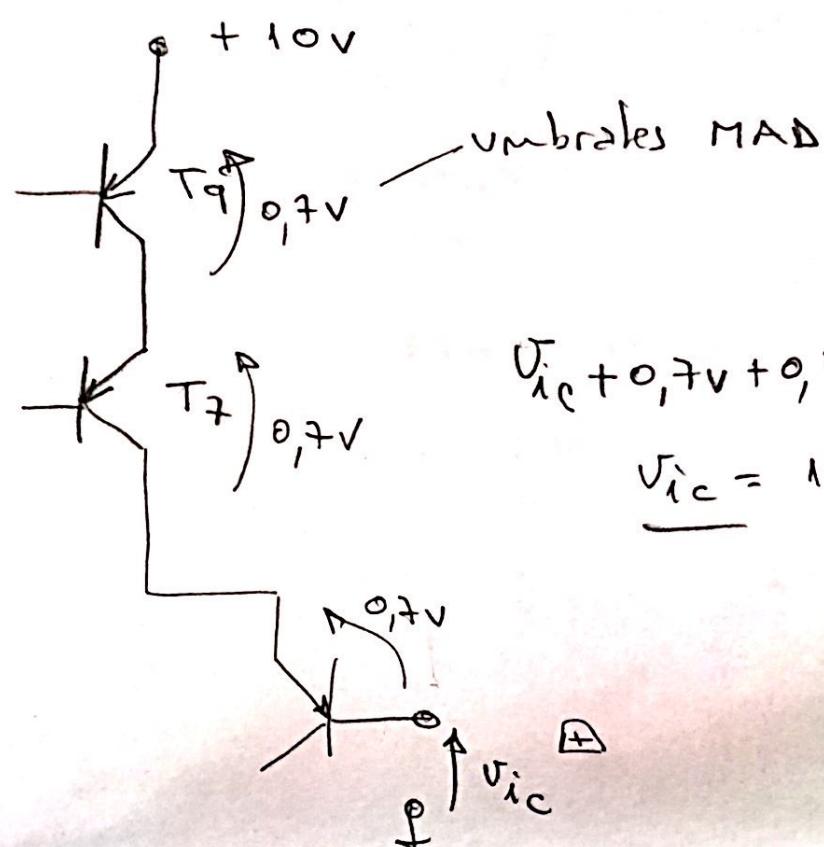
2)

$$I_r = \frac{10V - 1.4V}{10k} = \frac{8.6V}{10k} = 0.86mA = 860\mu A$$

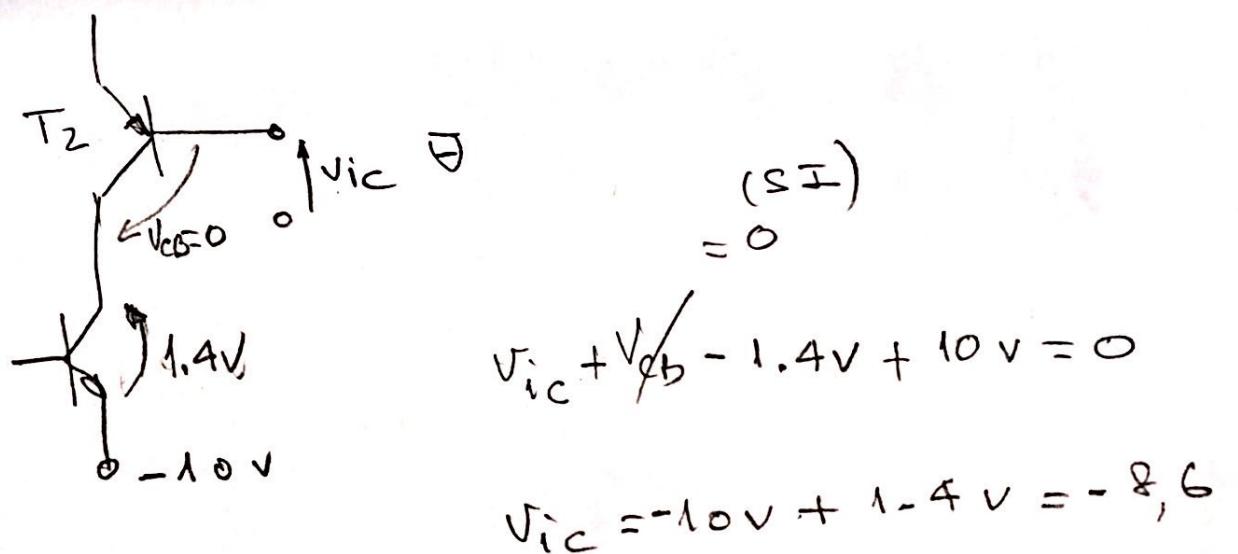
$$I_{c1} = I_{c2} = \frac{I_r}{2} = 430\mu A$$

Rago modo  
común

(3)



$$V_{ic} + 0,7\text{v} + 0,7\text{v} + 0,7 - 10\text{v} = 0$$
$$\underline{V_{ic}} = 10 - 2,1\text{v} = \underline{7,9\text{v}}$$



$$V_{ic} + \sqrt{V_{fb}} - 1.4\text{v} + 10\text{v} = 0$$

$$V_{ic} = -10\text{v} + 1.4\text{v} = -8,6$$

$$-8,6 \leq V_{ic} \leq +7,9\text{v}$$

(4)

$$d) C_{\text{out}} = C_{\mu_4} + C_{\mu_2} = 2 \text{ pF}$$

$$R_{\text{out}} = \Gamma_{\mu_4} // \Gamma_{\mu_2} = \underline{116 \text{ k}}$$

$$\Gamma_0 = \frac{100 \cdot V}{0,43 \text{ mA}} = 232 \text{ k}$$

$$\underline{\underline{\tau_{\text{out}}} = 2 \times 10^{-12} \times 116 \times 10^3 = 232 \times 10^{-9} = 232 \text{ ns}}$$

$$W = \frac{1}{\tau_{\text{out}}} = \frac{10^9}{232 \text{ ns}} = 4,31 \times 10^6$$

$$\underline{\underline{f = 686 \text{ kHz}}}$$

6608 - 8606

Evaluación Integradora - 1/23 - fecha 17/7/23

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			T N		

1.-  $V_{cc} = 6V$ ;  $R_{c1} = R_{c2} = 30 \text{ k}\Omega$ ;  $R_{s1} = R_{s2} = 500 \Omega$ ;  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

TBJs:

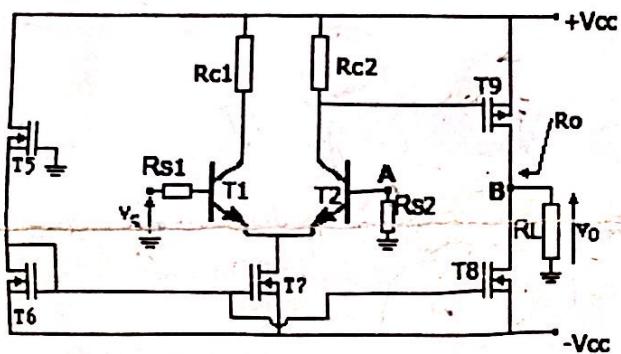
$$\beta = 400; r_x \approx 0; V_A = 100V; f_T = 300 \text{ MHz}; C_{\mu} = 2 \text{ pF}$$

MOSFETs de canal inducido:

$$V_T = \pm 2V; k' = 1 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}; (W/L)_{5,6,8} = 1; (W/L)_7 = 0,2; C_{gs} = 5 \text{ pF}; C_{gd} = 2 \text{ pF}$$

a) Hallar el valor de  $(W/L)_9$  para  $V_{oQ} = 0V$ .

b) Obtener  $v_{ids}$  y  $v_{ics}$  en función de  $v_s$ . Dibujar el circuito de señal en bajas frecuencias. ¿Por qué es lo mismo en este caso bajas frecuencias que frecuencias medias? Definir y calcular  $Av_{ds}$ ,  $Av_{cs}$  y  $R_o$  del circuito y la RRMC en dB. Justificar que  $Av_s = v_o/v_s \approx Av_{ds}$ .

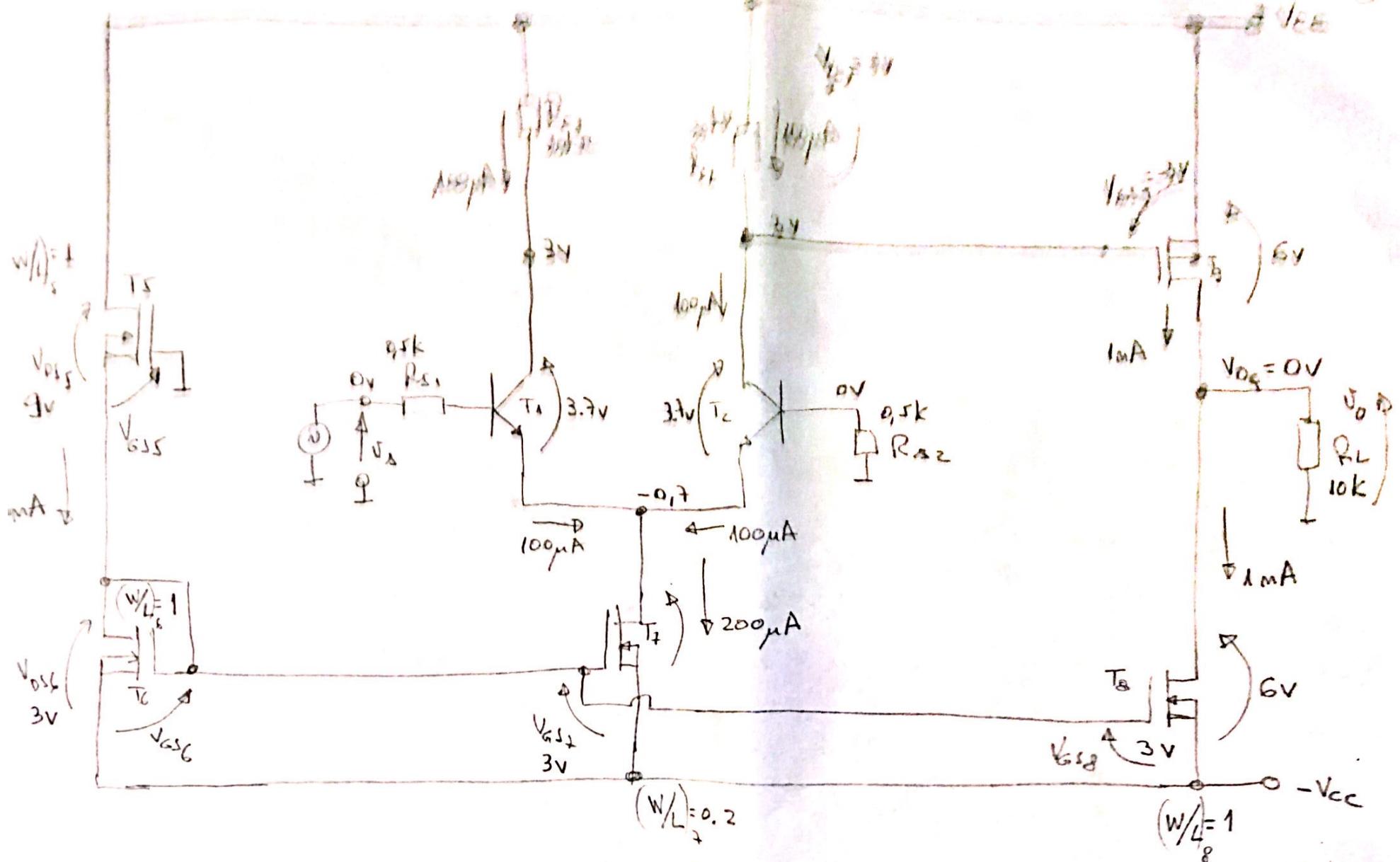


c) Calcular el valor de la frecuencia de corte superior aproximada,  $f_h$ , para  $Av_{ds}$ . Trazar el respectivo diagrama de Bode de módulo y argumento.

d) Se conecta entre A y B una  $R_f = 1\text{M}\Omega$ . Justificar si dicha realimentación estabiliza o no el punto de reposo ante la dispersión de algún parámetro de  $T_1$  ó  $T_2$ .

e) Obtener el valor de la tensión de offset para un desapareamiento entre  $R_{s1}$  y  $R_{s2}$  del 5%.

f) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores de reposo calculados en a), si se reemplazan los resistores  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  por un espejo de corriente  $T3-T4$  con TBJs PNP (datos de los PNP:  $\beta = 100$ ;  $V_A = 50V$ ).



$$\beta = 400 \quad f_T \approx 0 \quad V_A = 100V \quad f_T = 300 \text{ MHz} \\ C_{\mu} = 2 \text{ pF}$$

$$C_{o1} = 5 \text{ pF} \quad C_{o2} = 2 \text{ pF} \quad V_{CC} = 6V$$

# MOSFET INDUCIDO

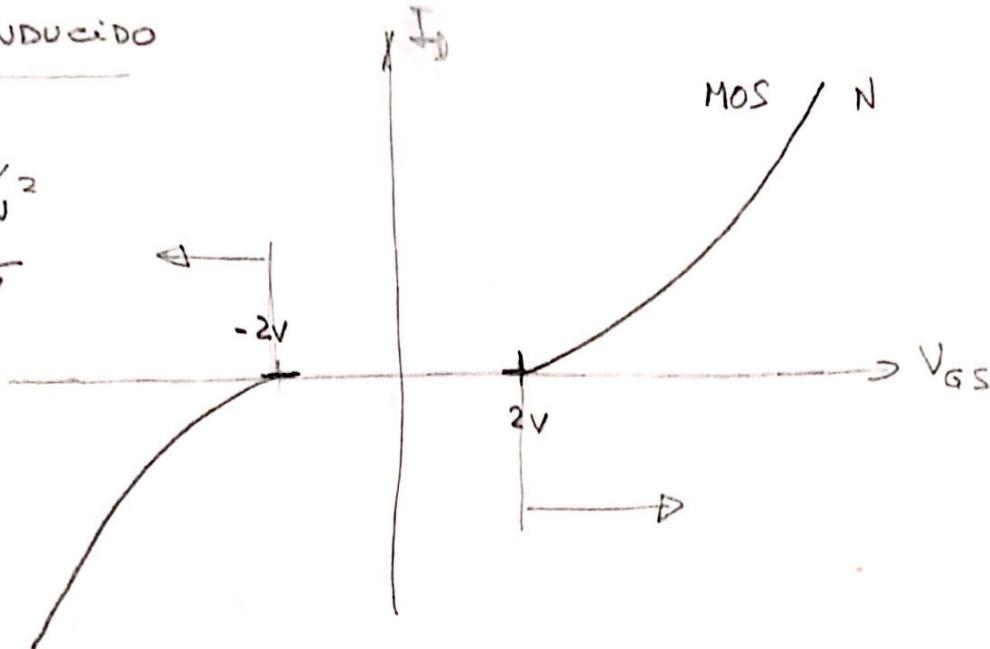
$$V_T = \pm 2V$$

$$k' = 1 \text{ mA/V}^2$$

$$\lambda = 0,01 \frac{1}{V}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 100V$$

MOS P



a)  $(W/L)_g$  ? para  $V_{DQ} = 0V$

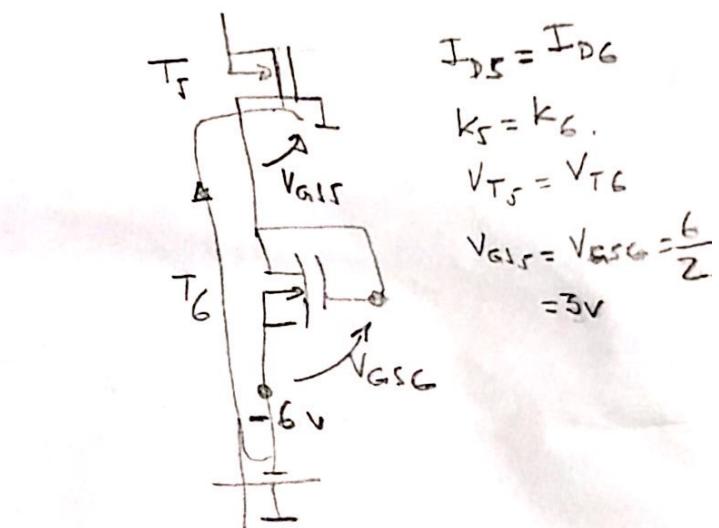
$$V_{GS5} = V_{GS6} = 3V$$

$$I_{D_{6,7}} = k' \cdot \frac{W}{L} \left( V_{GS} - V_T \right)^2$$

$$I_{D_{6,7}} = \frac{1 \text{ mA}}{V^2} \cdot 1 \left( \underbrace{3V - 2V}_{1} \right)^2$$

$$= \frac{1 \text{ mA}}{V^2} \cdot 1 \cdot 1V^2 = 1 \text{ mA.}$$

$$V_{GS5} = V_{GS6} = V_{GS7} = V_{GS8}$$



$$(W/L)_g = 1 \Rightarrow \boxed{I_{D8} = I_{G,7} = 1 \text{ mA.}}$$

(1)

$$I_{Dg} = 1 \text{ mA} = k' \cdot \left( \frac{W}{L} \right)_g \left( V_{GS} - V_T \right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{1 \text{ mA}}{k' (V_{GS} - V_T)^2} = \left( \frac{W}{L} \right)_g}$$

$$\boxed{I_{D7} = k' \cdot \left( \frac{W}{L} \right)_7 \left( V_{GS7} - V_T \right)^2 = \frac{1 \text{ mA}}{V^2} \cdot 0,2 \cdot (1V)^2 = 0,2 \text{ mA} = 200 \mu\text{A}}$$

$$\boxed{I_{Dg} = 1 \text{ mA} \quad V_{GSg} = -3V} \Rightarrow \text{De (1)}$$

$$\boxed{\frac{1 \text{ mA}}{1 \text{ mA} (-1V)^2} = \left( \frac{W}{L} \right)_g = 1} \quad \begin{cases} \text{PARA} \\ V_{DQ} = 0V \end{cases}$$

$$\tau_1 + \tau_2 = 1380 \mu s$$

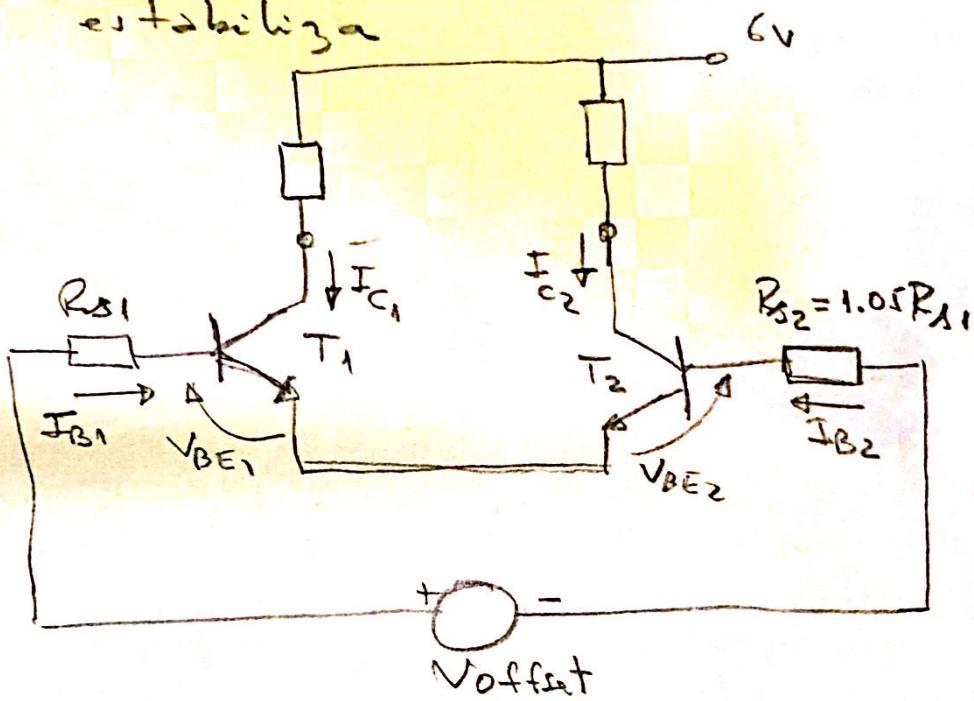
$$\omega_b = 753 \text{ rad/s.} \quad 0,0019 \cdot 10^2 = 1,9 \cdot 10^{-1}$$

$$f_b = 120 \text{ kHz.} \quad 10^6 \cdot 19 = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 200 \text{ kHz}$$

d)

$$\frac{R_P}{T}$$

no estabiliza



e)

$$I_{C1} = I_s e^{V_{BE1}/N_T}$$

$$V_{BE1} = N_T \cdot R_m \frac{I_{C1}}{I_s}$$

$$V_{BE2} = V_T \cdot \ln \frac{I_{C2}}{I_s}$$

$$V_{offset} - I_{B1} R_{A1} - V_{BE1} + V_{BE2} + I_{B2} \cdot 1.05 R_{A1} = 0$$

$$V_{offset} - \frac{I_{C1}}{\beta} R_{A1} - V_{BE1} + V_{BE2} + \frac{I_{C2}}{\beta} \cdot 1.05 R_{A1} = 0$$

$$V_{offset} = \frac{I_c}{\beta} (R_{A1} - 1.05 R_{S2}) = -0.05 R_{S1} \frac{I_c}{\beta} = -0.05 \cdot 0.5k \frac{0.1mA}{4000} = -\frac{25}{10000} k \cdot \frac{1600\mu A}{1} =$$