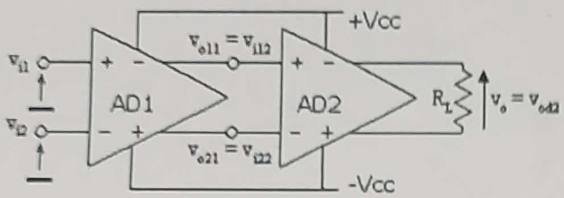
8606 – TB068 Ev. Integradora- 1/2024 2da fecha - 15/7/24

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO		Nº de hojas	Corrección	
			T	N			

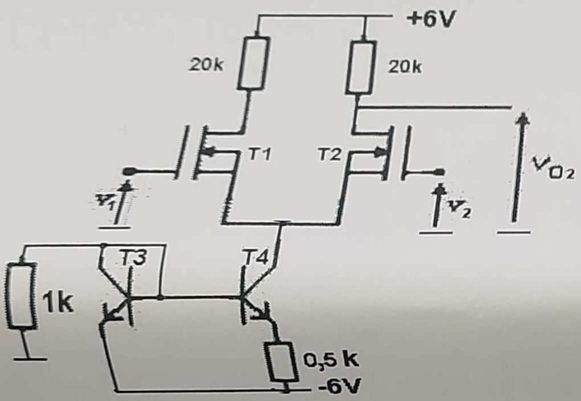
1.- Se utilizan dos amplificadores diferenciales, conectados como se indica en la figura. Se admite que $R_{id2} \to \infty$ y que $Av_{dd1} = 200$ y $Av_{dd2} = 50$.

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



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

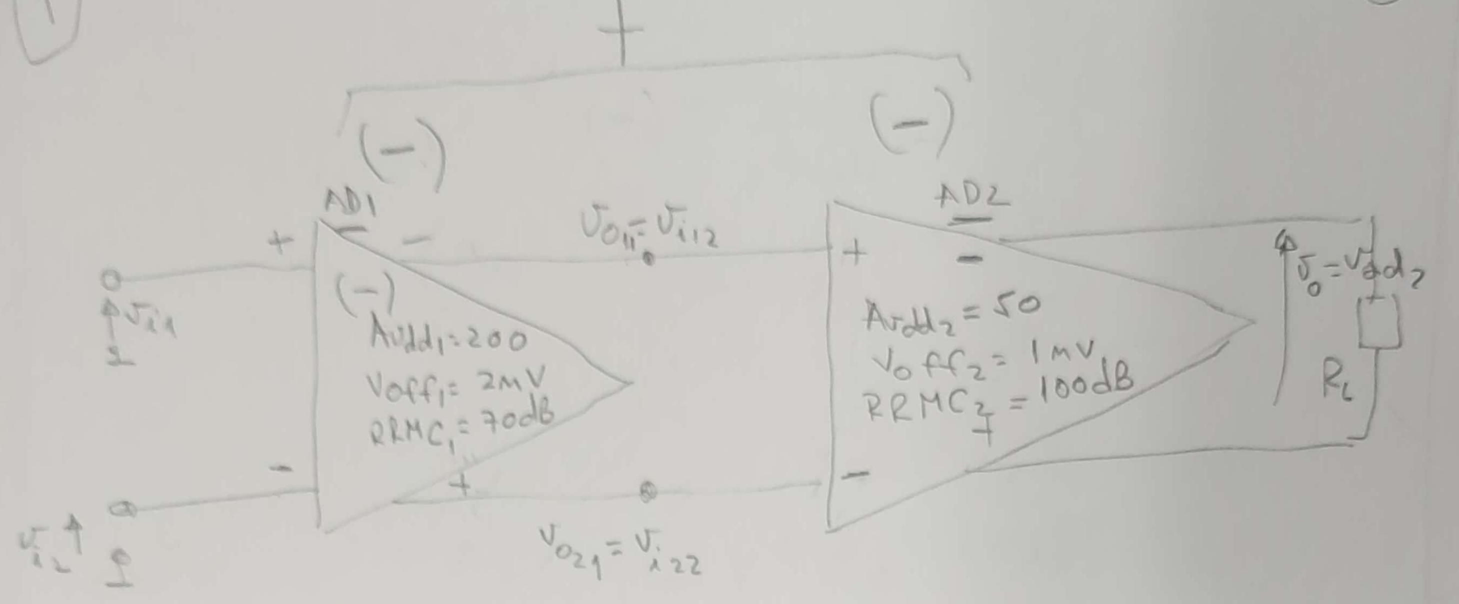
2.- $V_T = 1V$; $k = 1mA/V^2$; $\lambda \to 0$; $\beta = 200$; $V_A = 80V$
$C_{gs} = 6pF$; $C_{gd} = 2pF$; $C_\mu = 2pF$; $f_T = 150MHz$



a) Definir y obtener el Rango de modo común.

b) Definir y obtener el valor de la f_h aproximada para $A_{v2ds} = v_{o2}/v_{ids}$ (v_1 y v_2 provienen de señales v_{s1} y v_{s2} con un equivalente Thévenin $R_{s1} = R_{s2} = 1K\Omega$).

c) Se reemplazan los resistores de carga de 20k por una fuente espejo con TBJ (T_5-T_6), 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.


+
(−)
(−)
AD1
AD2
$v_{o11} = v_{i12}$
$v_{o21} = v_{i22}$
(−)
$A_{vdd1} = 200$
$V_{off1} = 2mV$
$RRMC_1 = 70dB$
$A_{vdd2} = 50$
$V_{off2} = 1mV$
$RRMC_2 = 100dB$
v_{i1}
v_{i2}
$v_o = v_{od2}$
R_L

$$\underline{V_{OFF_{TOT}}} = V_{OFF_1} + \frac{V_{OFF_2}}{A_{vdd1}} =$$

$$= 2\,mV + \frac{1\,mV}{200} = 2\,mV + 5\,\mu V$$

$$= \underline{2{,}005\,mV}$$

RRMC $\quad A_{vcc}, A_{vdc}$ y A_{vcd} $\quad A_{vdd}$

$$v_{od} = A_{vdd}\, v_{id} + A_{vdc} \cdot v_{ic}$$

$$v_{oc} = A_{vcc}\, v_{ic} + A_{vcd}\, v_{ic}$$

RRMC) $\quad \dfrac{A_{vdd}}{A_{vdc}} = \dfrac{10000}{A_{vdc1} \cdot A_{vdd2}} = \dfrac{A_{vdd1} \cdot \cancel{A_{vdd2}}}{A_{vdc1} \cdot \cancel{A_{vdd2}}}$

$$A_{vdc} = \cancel{A_{vcc1} * A_{vdc2}} + A_{vdc1} * A_{vdd2} =$$

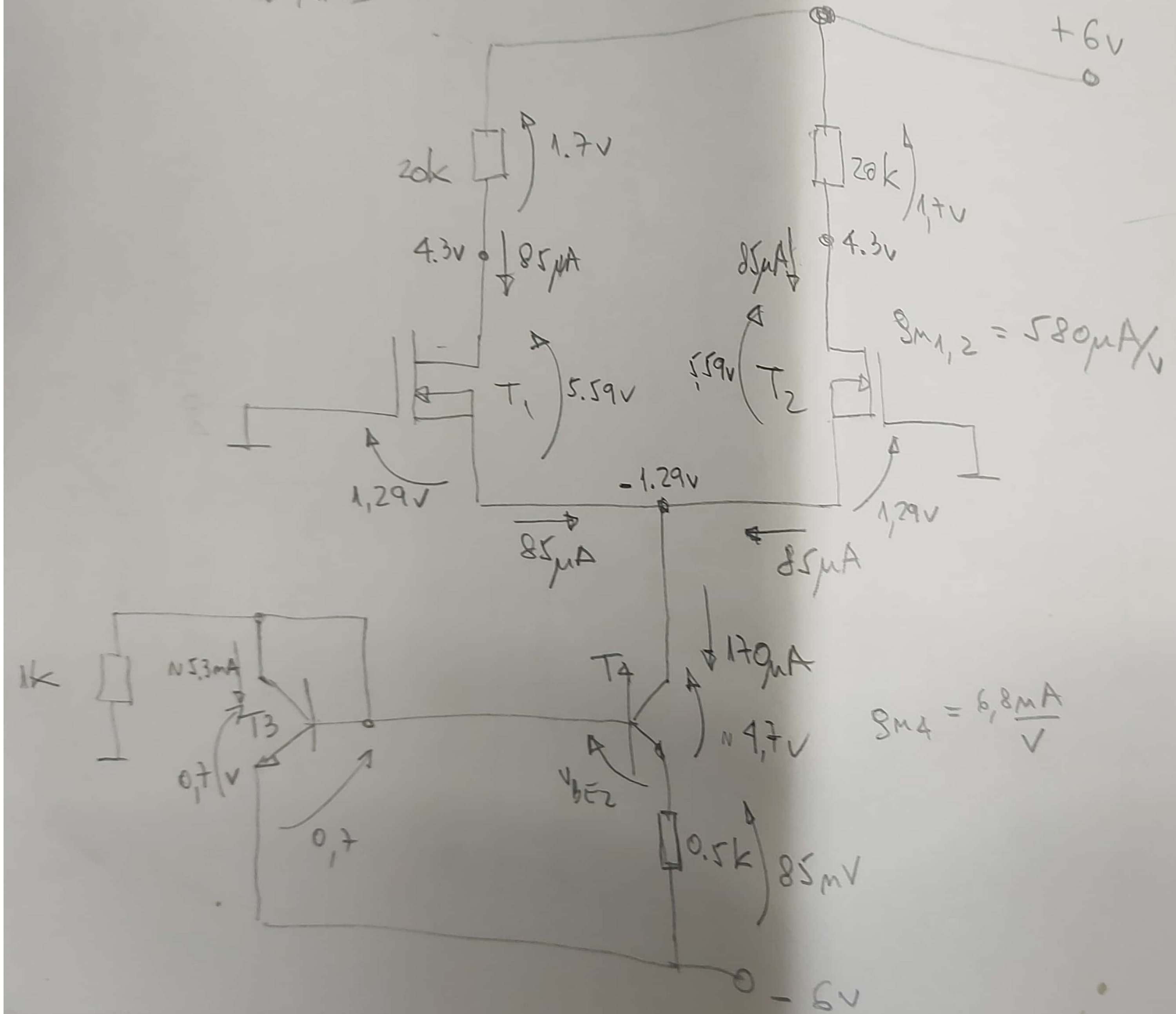
$$= A_{vdc1} * A_{vdd2}$$

$$RRMC_1 = 20 \log \frac{|A_{vdd1}|}{|A_{vdc1}|} = 70\,dB$$

2) C.C $V_T = 1V$ $K = \ldots$ $\beta = 200$ $V_A = 80V$ 1

supomos • zona estrangulada
• MAD

verificado $V_{DS} > V_{DSE}$ $V_{CE} > V_{CE_{SI}}$
0,7V



$$r_{o4} = \frac{V_A}{I_{C4}} = \frac{80V}{0,17mA} = 470k$$

$$R_{o4} = r_{o4}\left(1 + g_{m4} R_E\right) =$$

$$= 470k\left(1 + 6,8 \times \frac{1}{2}\right) =$$

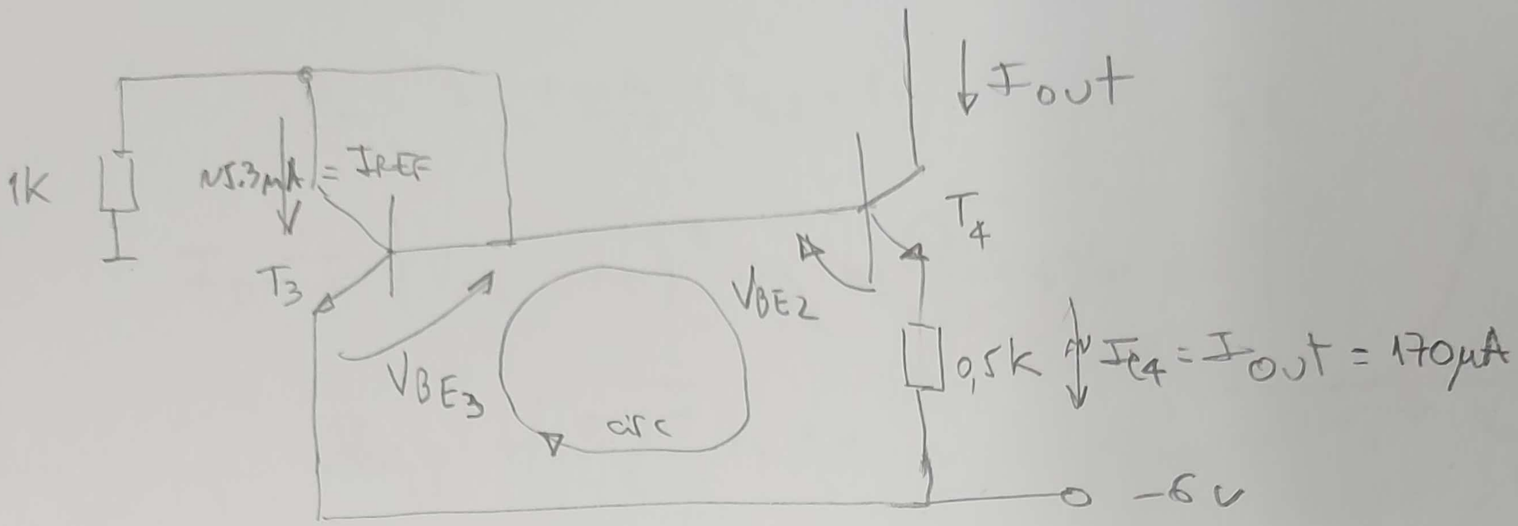
$$= 470k\left(1 + 3,4\right) =$$

$$= 470k(4.4) = 2068k$$

$$\cong 2M\Omega$$

Suponho MAD

(2)



$$V_{BE_3} - V_{BE_4} - I_{C4} \cdot 0{,}5k = 0$$

$$V_T \cdot \ln \frac{\overset{I_{REF}}{I_{C3}}}{I_S} - V_T \ln \frac{\overset{I_{OUT}}{I_{C4}}}{I_S} = \overset{I_{OUT}}{I_{C4}} \times 0.5k$$

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

$$25mV \ln \frac{5.3mA}{0{,}17mA} = 0{,}17\ mA \times 0.5k$$

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

0,1mA	100mV	
0,15mA	88 mV	75mV
0,2mA	82 mV	
0,17mA	86 mV	85mV

$$25mV \cdot \ln \frac{5.3mA}{0{,}17mA} = \overset{0{,}085V}{0{,}17mA \times \frac{1}{2}k}$$

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

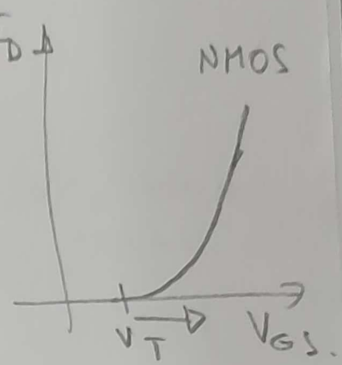
$$25mV(3.44) = 85mV$$

$$86mV \cong 85mV$$

③

$$g_M = g_{M1} = g_{M2} = 2k(V_{GS} - V_T)$$

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



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

$$V_{GS_{1,2}} = +\left(\sqrt{\frac{0,085}{1}}\right)V + 1V =$$

$$= 0,29V + 1V = 1,29V$$

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

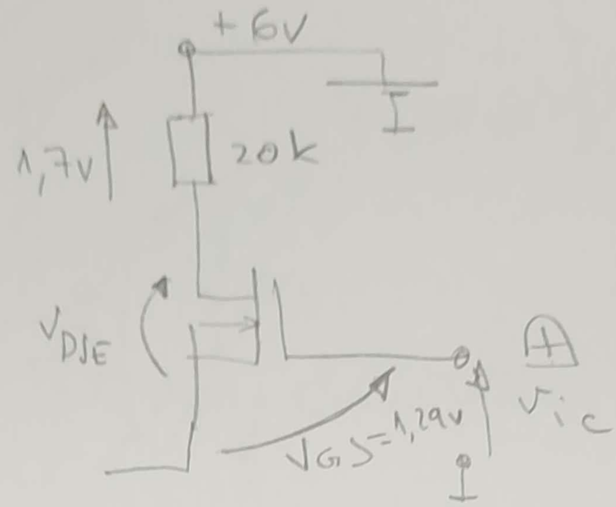
$$g_{M_{1,2}} = 2 \cdot 1 \cdot (0,29) \frac{mA}{V} = 2 \cdot 0,085 \frac{mA}{V}$$

$$= 0,580 \frac{mA}{V} = \underline{580 \frac{\mu A}{V}}$$

$$\underbrace{g_{m\,MOS} = g_{M_{1,2}} = 580 \frac{\mu A}{V}}$$

$$g_{m\,bip} = \underbrace{g_{m4} = 40 \times 0,170 \frac{mA}{V} = 6,8 \frac{mA}{V}}$$

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

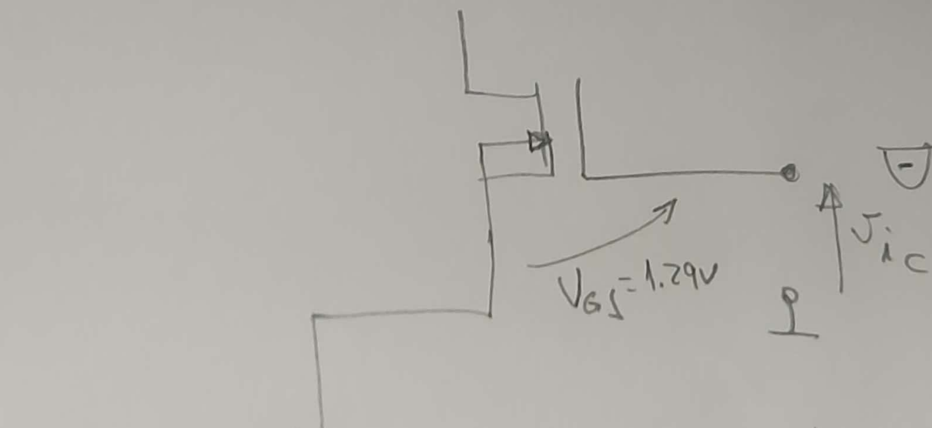


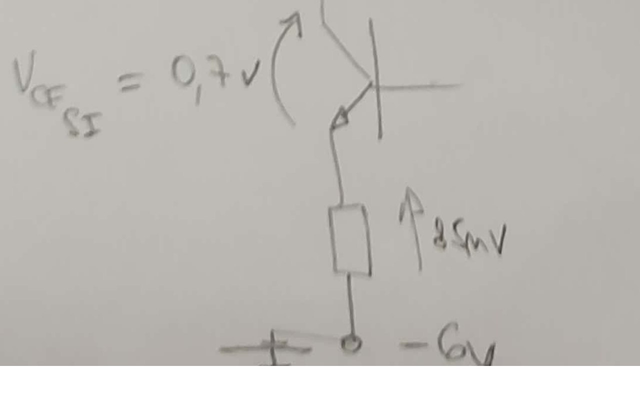
$85\mu A \times 20k = 1700\,mV$
$= 1,7\,V.$

$V_{DSE} = V_{GS} - V_T =$
$= \underline{0,29V}$

$$v_{ic} - V_{GS} + V_{DSE} + 1,7V - 6V = 0$$

$$V_{ic_+} = 6V + 1,29V - 0,29V - 1,7V =$$
$$= 6V + 1 - 1,7V = 5.3V$$
$$V_{ic_+} = 5.3V$$



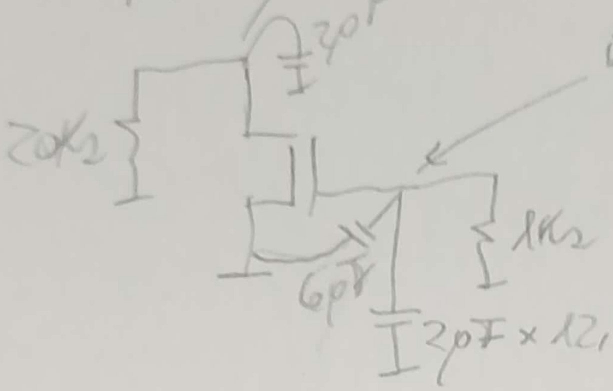


$$V_{ic_{(-)}} - V_{GS} - 0,7V - 0,085V + 6V = 0$$
$$V_{ic_{(-)}} = 1.29V + 0,7V + 0,085V - 6V$$
$$V_{ic_{(-)}} = 1.99V + 0,085 - 6V$$
$$= 2,075 - 6V = -3925V$$
$$\simeq -3.9V$$

$-3{,}9V \le v_{ic} \le 5{,}3\,v$

fh:

$\tau = 40us$



$\tau = 31ns$

$\Sigma\tau = 71us$

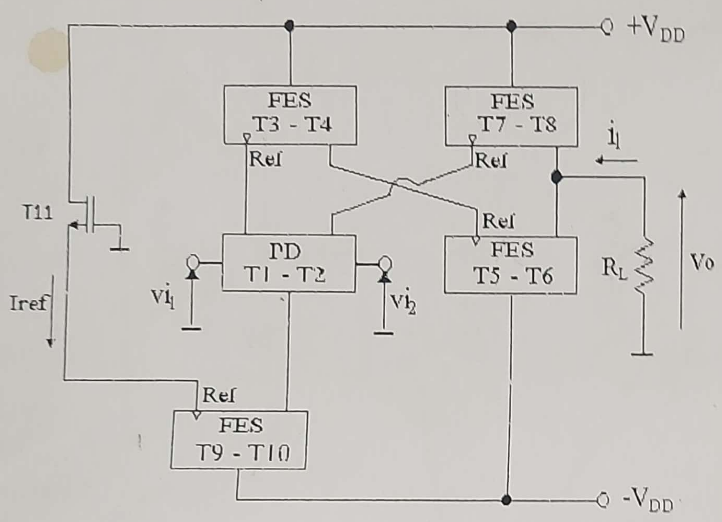
$\downarrow$

$f_h = 2{,}2$ MHz.

8606 - Circuitos Electrónicos   Evaluación Integradora 1/2023 - quinta fecha - 7//08/23

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.



b) Hallar las expresión y valor de,

$Av_d = v_o / v_{id} \,|_{vic=0}$ para los siguientes casos:

b₁) $R_L = 1\ K\Omega$
b₂) $R_L = 5\ K\Omega$

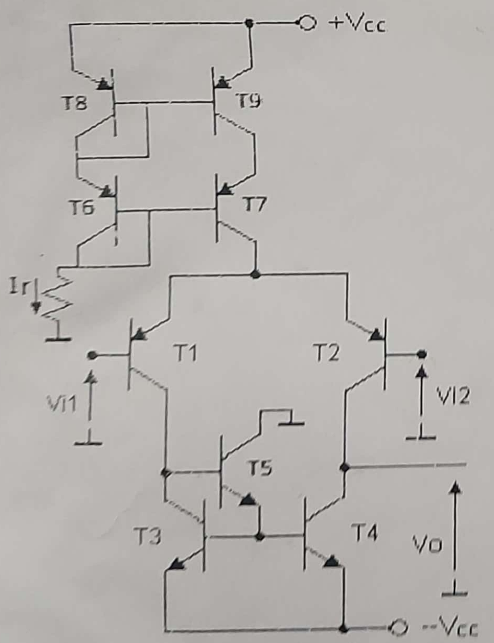
c) Graficar en forma aproximada *y en un mismo diagrama*, las características de gran señal,
$V_O = f\,(V_{id})\,|_{Vic=0}$ para los siguientes casos:

c₁) $R_L = 1\ K\Omega$
c₂) $R_L = 5\ K\Omega$

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

$V_{DD} = 5\ V$; $v_{id} = v_{i1} - v_{i2}$
Todos MOSFETs de canal inducido: $\lambda = 0{,}01\ V^{-1}$; $|V_T| = 1V$; $|k'| = 0{,}1mA/V^2$
$(W/L) = 1$; **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.

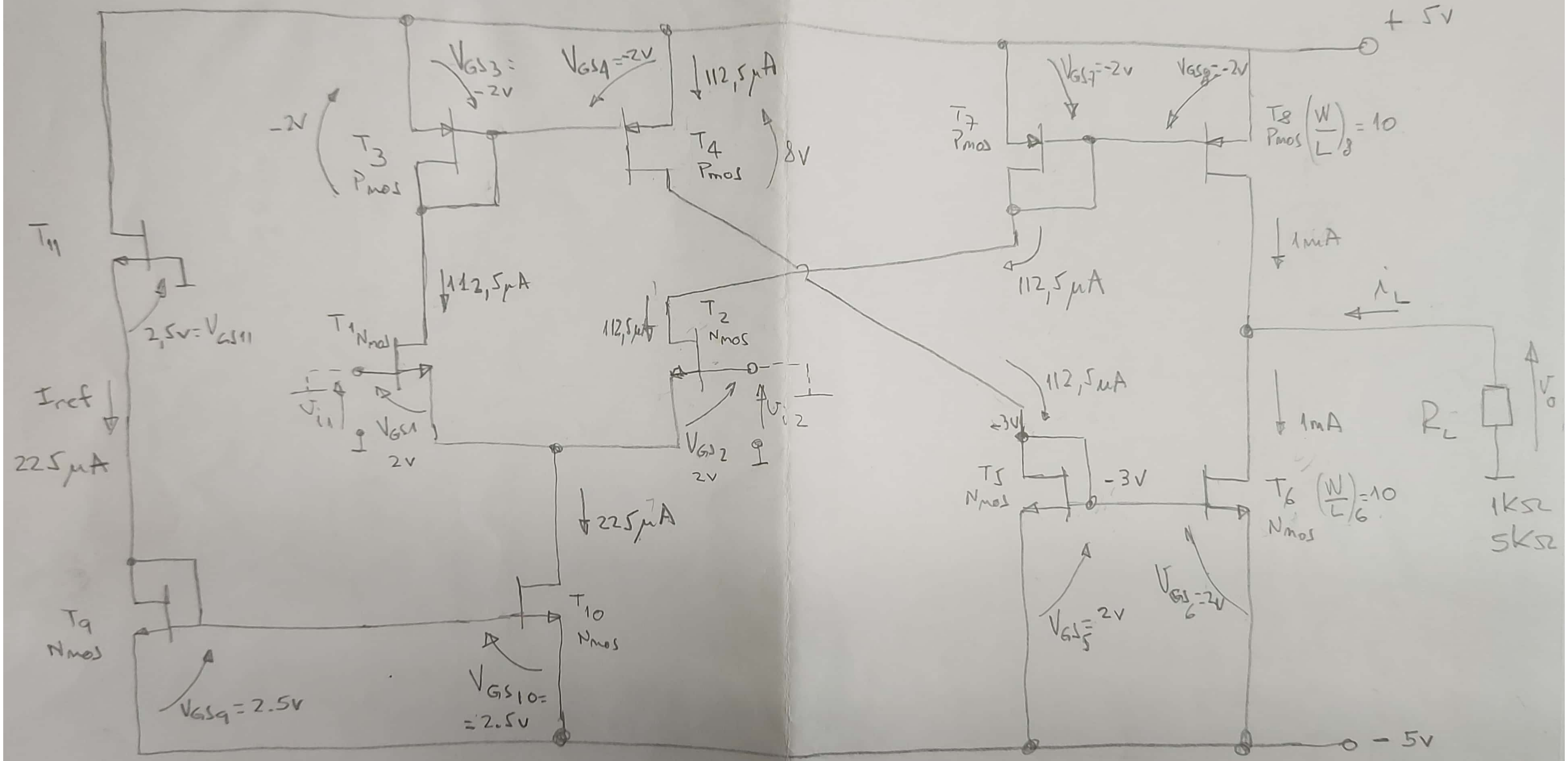


a) *Justificar cualitativamente:*

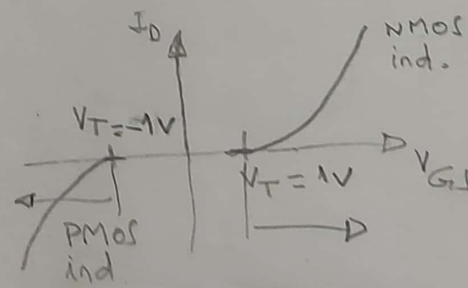
- La expresión de la tensión de salida simple V_{OQ} del amplificador, en función de V_{CC}.
- Cómo influye en el valor de la RRMC el polarizar mediante una fuente cascode, en lugar de una espejo simple.

b) Obtener la corriente de offset I_{offset} si existe un desapareamiento $\delta < 5\%$ entre $\beta 1$ e $\beta 2$. Expresarlo en función de δ y la corriente Ir.

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 Ir, para este tipo de etapas. *Justificar cualitativamente* si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de Av_d.



+ 5V
- 5V
$V_{GS3} = -2V$
$V_{GS4} = -2V$
112,5 μA
-2V
T_3 Pmos
T_4 Pmos
8V
$V_{GS7} = -2V$
$V_{GS8} = -2V$
T_7 Pmos
T_8 Pmos $\left(\frac{W}{L}\right)_8 = 10$
T_{11}
2,5V = V_{GS11}
112,5 μA
T_1 Nmos
T_2 Nmos
112,5 μA
1mA
i_L
112,5 μA
I_{ref}
225 μA
V_{i1}
V_{GS1} 2V
V_{GS2} 2V
V_{i2}
-3V
-3V
T_5 Nmos
T_6 $\left(\frac{W}{L}\right)_6 = 10$ Nmos
1mA
R_L
V_o
1KΩ
5KΩ
225 μA
T_{10} Nmos
T_9 Nmos
$V_{GS9} = 2.5V$
$V_{GS10} = 2.5V$
$V_{GS5} = 2V$
$V_{GS6} = -2V$



I_D
NMOS ind.
$V_T = -1V$
V_{GS}
$V_T = 1V$
PMOS ind

$$I_{DQ9} = K\left(V_{GS9} - V_T\right)^2 = 0{,}1\ mA/V^2\left(2.5V - 1V\right)^2 =$$
$$= 0{,}1\ mA/V^2\left(1.5V\right)^2 = 2{,}25\cancel{V^2} \cdot 0{,}1\frac{mA}{\cancel{V^2}} =$$
$$= 0{,}225\ mA = 225\mu A$$

(2)

1.5
1.5
75
15
2,25

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

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

$$I_{DG} = K\left(V_{GS} - V_T\right)^2 = 0{,}1\frac{mA}{V^2}\left(2-1\right)^2 \overset{10}{\frac{W}{L}} = 1\frac{mA}{\cancel{V^2}} \cdot 1V^2 = 1\ mA$$

$$g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_{m4} = 2K\left(\underset{(2-1)}{V_{GS} - V_T}\right) = 2 \cdot 0{,}1\frac{mA}{V^2} \cdot 1V = 0{,}2\frac{mA}{V}$$
$$= g_{m7} = g_{m5} \qquad = 200\frac{\mu A}{V}$$

$\left(\frac{W}{L}\right)_1$

$$r_{o10} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = \frac{100}{0{,}225} k\Omega = 445k$$

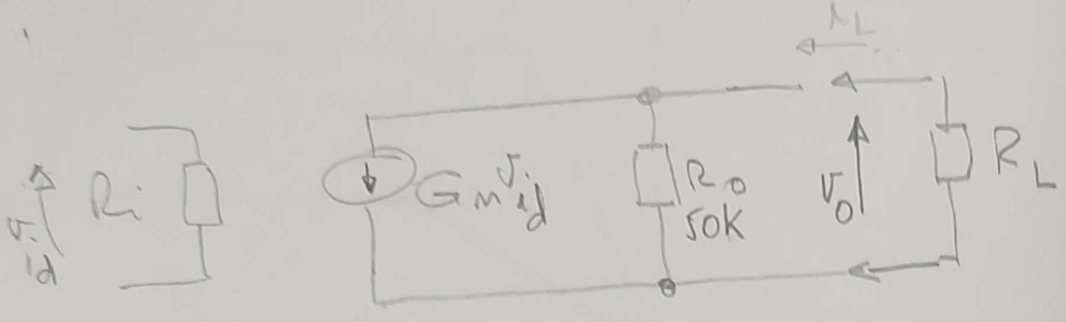
(Fuente polarización P.D)

$$g_{m8} = g_{m6} = 2 \cdot 0{,}1\frac{mA}{V^2} \cdot 10\left(1\right)V = 2\frac{mA}{V}$$

$$r_{o8} = r_{o6} = \frac{100}{1} k\Omega = 100k\Omega$$

$$r_{o8} \parallel r_{o6} = 50k.$$

$$A_{vd} = \left.\frac{v_o}{v_{id}}\right|_{v_{ic}=0}$$



$R_i = 2r_{\pi 1} \to \infty$

$$G_M = \frac{\Delta i}{\Delta v_{id}} =$$

$$10 \cdot \left[g_{m1} \cdot \frac{v_{id}}{2} - g_{m2}\left(-\frac{v_{id}}{2}\right) \right] = i_L$$

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

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

$$\cong 10\, g_{m1}$$

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

$$v_o = -G_M v_{id} \cdot (R_o \,||\, R_L).$$

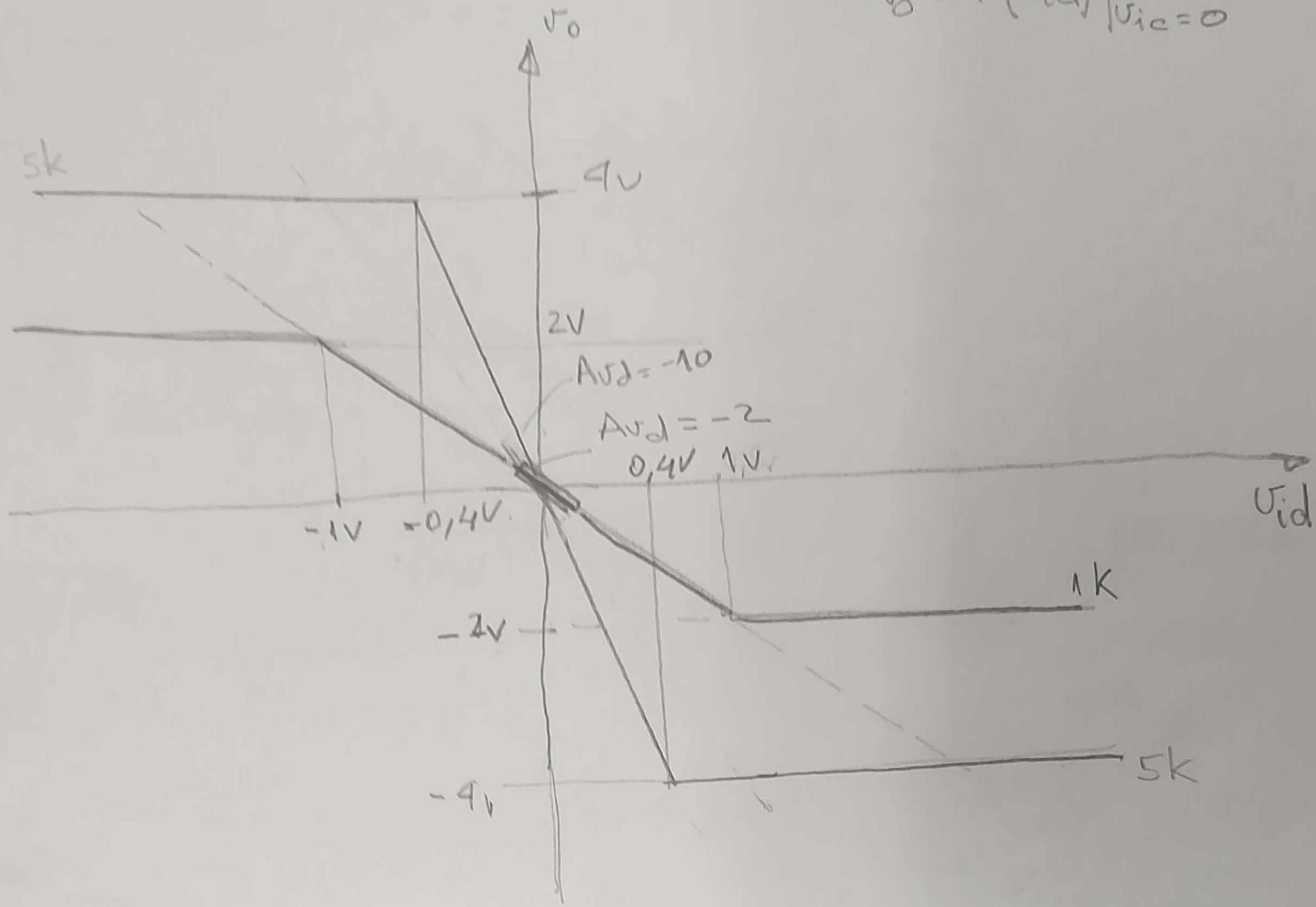
$$\left.\frac{v_o}{v_{id}}\right|_{v_{ic}=0} = -2 \frac{mA}{V} (50K \,||\, R_L)$$

$$\left.\frac{v_o}{v_{id}}\right|_{1k} = -2 = \left.A_{vd}\right|_{1k\Omega}$$

$$\left.\frac{v_o}{v_{id}}\right|_{5k\Omega} \cong -10 = \left.A_{vd}\right|_{5k\Omega}$$

c)

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



a) $V_{EE} = -V_{CC} + 1.4\,V =$

Fuente cascode $R_o \uparrow$ $A_{vc} \downarrow$ RRMC $\uparrow$

Avd sin cambio

b) $I_{offset} = I_{b1} - I_{b2}$

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

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

$\delta\% = 5\%$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_r}{2}$$

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

$$= \frac{I_r}{2}\,\frac{0{,}05}{\beta_2}$$

c)

estimación $V_A = 100V$

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

$r_o = 1M\Omega$

$C_\mu = 0{,}2pf$

$$\tau_{out} \cong 2C_\mu \cdot (r_{o2} \| r_{o4}) = \cancel{2}\, C_\mu \frac{r_{o2}}{\cancel{2}} \Rightarrow$$

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

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

$$= 0{,}2\,\mu s.$$

$\cancel{2}$ $\frac{Iref}{7}\cdot\frac{\left(\frac{1{,}95}{2}-1\right)}{0{,}95}=\frac{Iref}{7\,2}\frac{(1{,}95-2)}{0{,}95}=$

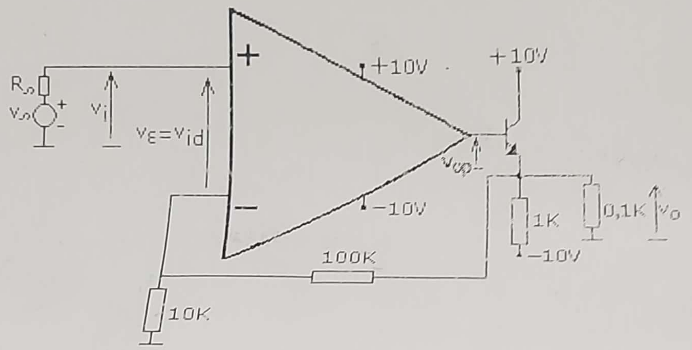
$=\frac{Iref}{27}\,\frac{0{,}05}{}$

$\frac{Iref}{2}\times\frac{0{,}05}{7}$

8606 –TB068 Ev. Integradora 1/2024 - 3era fecha – 22//07/24

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO		Nro. de HOJAS	Corrección	
			T	N			

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

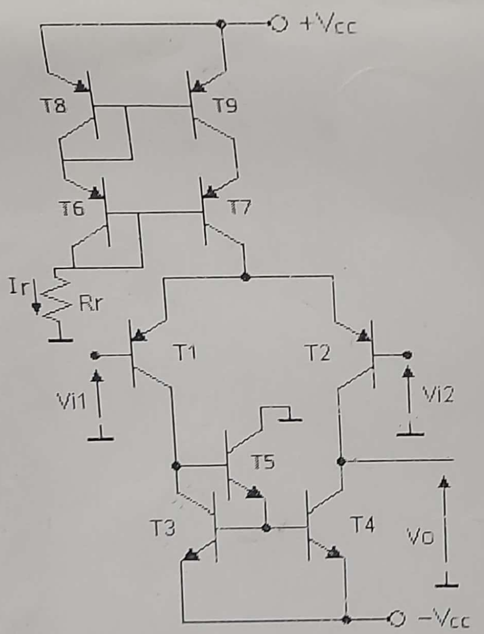


a) Obtener el valor de V_{OQ}. ¿Qué función cumple el TBJ en este circuito?

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_f, generador y carga)

c) ¿Cuál es el valor de la ganancia de lazo $A_o k_f = T$ para este circuito?. De acuerdo con esto, ¿cuál es el valor aproximado de $Av = v_o/v_i$?

2.-. Los transistores se encuentran apareados ($\beta = 100$; $V_A = 100$ V ; $f_T = 200$ MHz ; $C_\mu = 1$ pF ; $rx \cong 0$; $|V_{cc}| = 10$ V ; $Rr = 10$ 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?

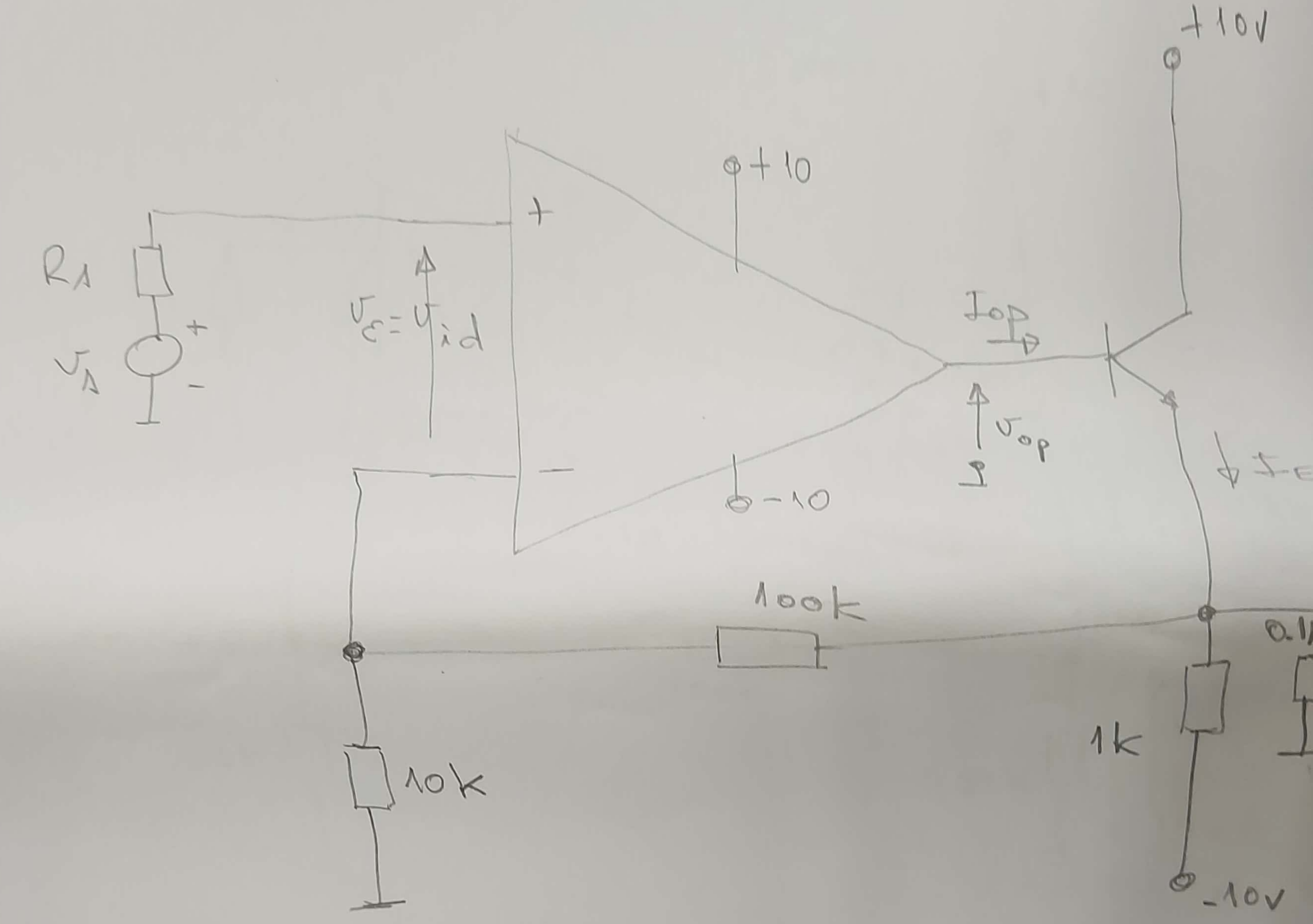
b) Obtener el valor de la corriente de offset I_{off} si existe un desapareamiento $\delta < 5\%$ entre β_1 y β_2.

c) Calcular el rango de tensión de modo común.

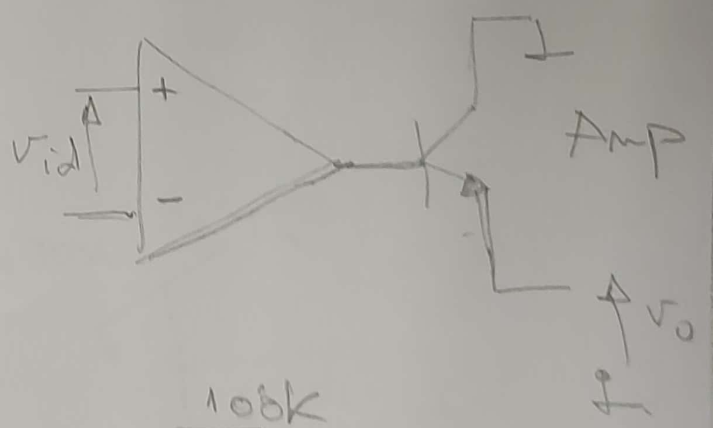
d) Obtener el valor de la constante de tiempo asociada al terminal de salida. Justificar cualitativamente si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de Av_d o debe analizarse otra constante de tiempo potencialmente importante.

$$A_{vd} = \frac{v_{op}}{v_{id}} = 10^4. \qquad \beta = 100$$

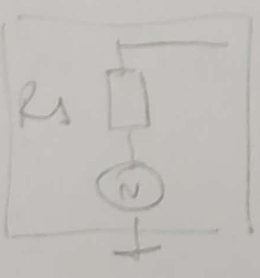
1



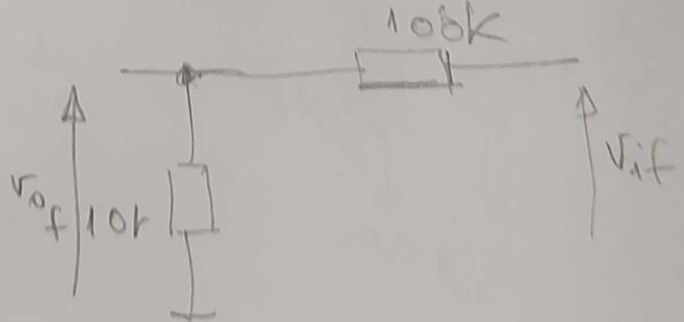
RN   MV | SV



$R_L = 1k \,||\, 0{,}1k$ carga



generador

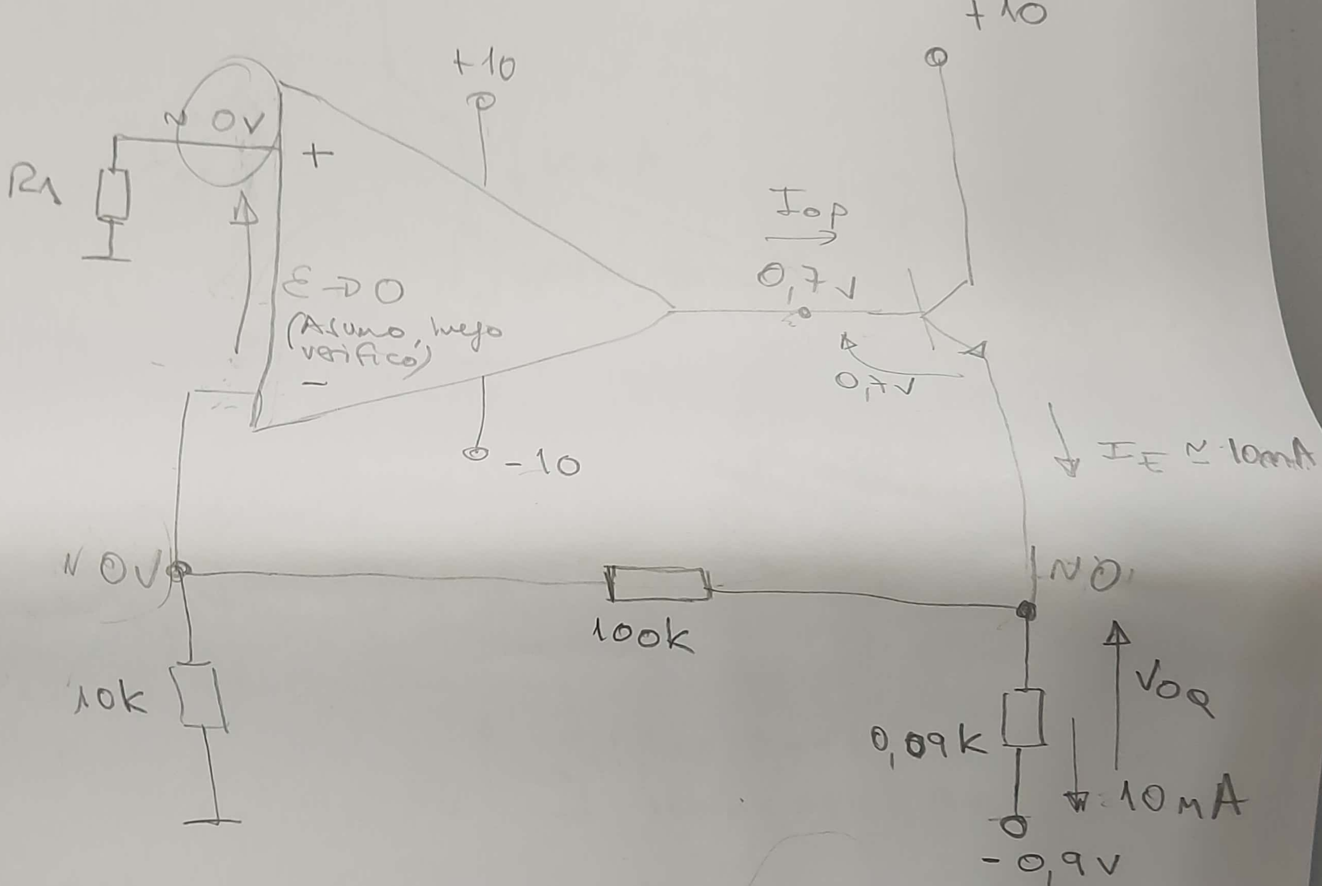


TBJ   Amplifica corriente (posibilita entregar $I_E > I_{op}$)

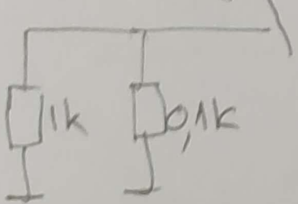
$V_{o\varphi}$?

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

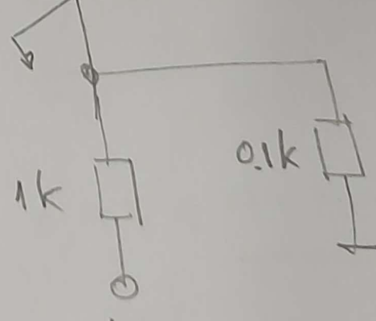
↑10000



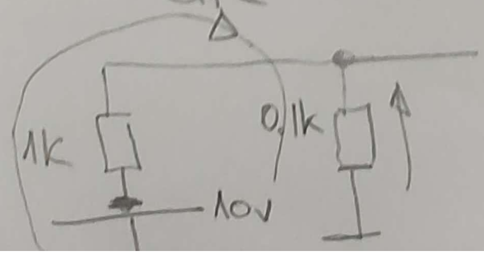
$R_{th} = 1k \parallel 0{,}1k = \frac{0{,}1}{1{,}1} k = \frac{1}{11} k = 0{,}09k = 90\Omega$



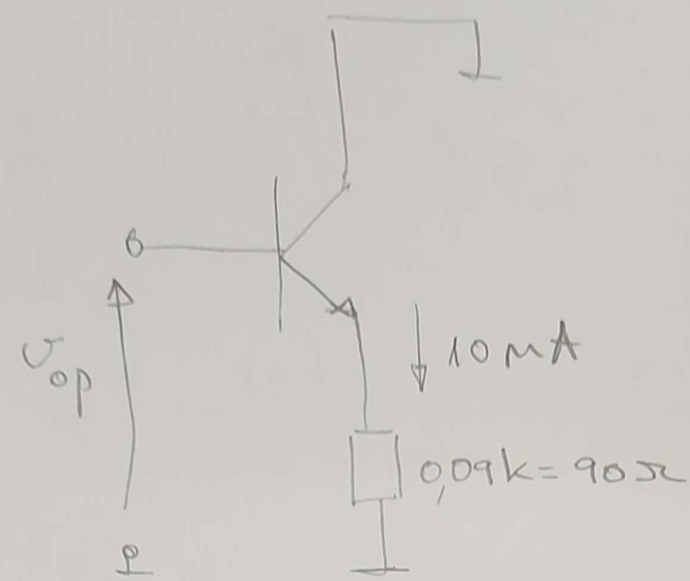
Figuras de análisis

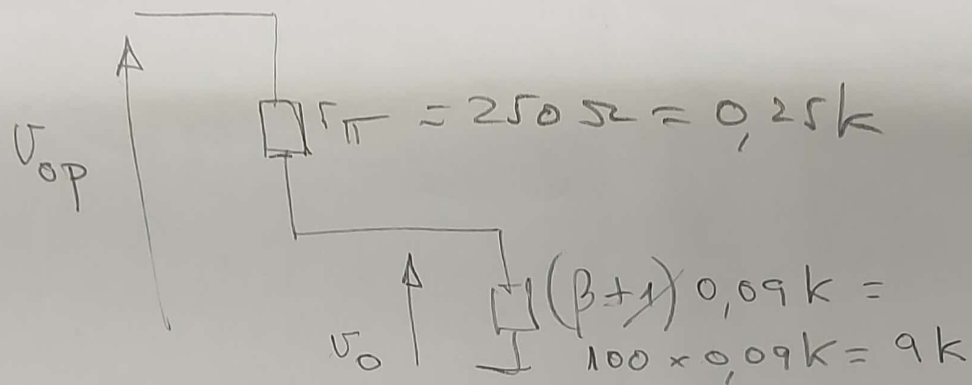


V_{th}



$\frac{(-10V)\,0{,}1k}{1{,}1k} = -\frac{10}{11} = -0{,}9V$





$$g_m = 40\frac{1}{V} \times 10\,mA = 400\,\frac{mA}{V}$$

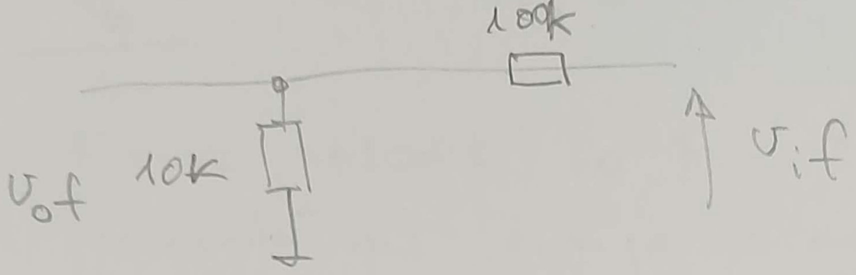
$$r_\pi = \frac{\beta_o}{g_m} = \frac{100}{400} = 0{,}25k = 250\,\Omega$$

$$\underline{A_{v_{TBJ}}} = \frac{9k}{9k + 0{,}25k} = \frac{9}{9{,}25} = \underline{0{,}97}$$

$$\underline{A_{v_{ToTo}}} = A_{vd} \cdot A_{v_{TBJ}} = 10000 \times 0{,}97 = \underline{9700}$$

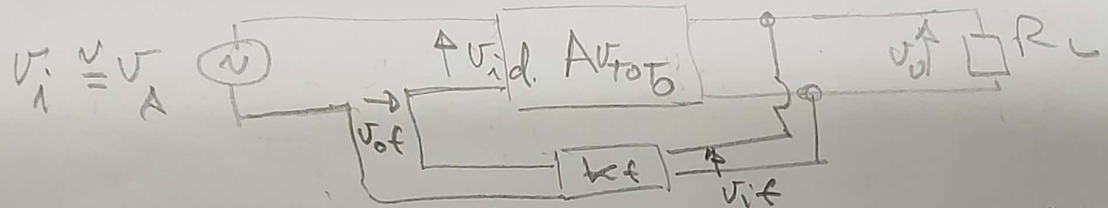
$$A_o k_f = T = 9700 \cdot 0{,}09$$

$$= \underline{97 \times 9 = 873}$$



$$\frac{v_{of}}{v_{if}} = k_f = \frac{10\,k}{10\,k + 100\,k} = \frac{1\cancel{0}\,\cancel{k}}{11\cancel{0}\,\cancel{k}} = 0{,}09$$

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



$$\frac{v_o}{v_i} = A_v = \frac{A_{v_o}}{1 + \underbrace{A_{v_o} k}_{873}} = \frac{1}{k} = \frac{1}{0{,}09} = \frac{100}{9} = 11{,}1$$

(2) a) $V_{CE_4} = V_{CE_3} = V_{BE_3} + V_{BE_5} = 1,4\,V$ $(I_{C1} = I_{C2})$

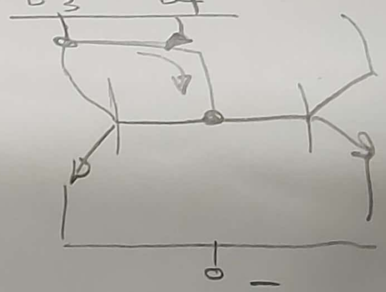
1

- $V_Q = -V_{CC} + V_{CE_4} = -10 + 1.4\,V = -8,6\,V$

- 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

$$\frac{I_{B_3} + I_{B_4}}{\beta} = I_{B5} \Rightarrow I_{B5} << I_{B_3} + I_{B_4}$$



b)

$$I_{OFF} = I_{B_1} - I_{B2}$$

$\beta_2 = 1,05\,\beta_1$

$I_{C_1} = I_{C2} = I_C$

$$= \frac{I_{C1}}{\beta_1} - \frac{I_{B2}}{\beta_2}$$

$$= \frac{I_{C_1}}{\beta_1} - \frac{I_{C2}}{1,05\,\beta_1} = I_C\left(\frac{1}{\beta_1} - \frac{1}{1.05\,\beta_1}\right)$$

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

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

$$= 200\,nA$$

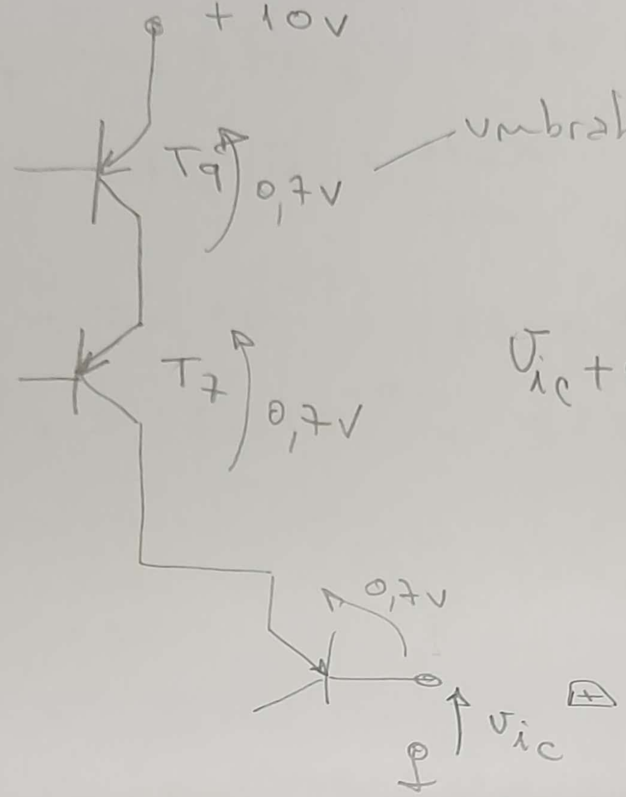
2)

2

$$I_r = \frac{10V - 1.4V}{10k} = \frac{8,6V}{10k} = 0,86\,mA = 860\mu A$$

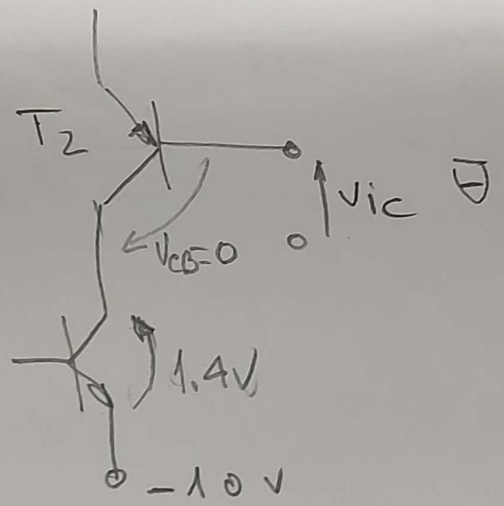
$$I_{C_1} = I_{C_2} = \frac{I_r}{2} = 430\mu A$$

Rango modo común



$$V_{ic} + 0,7V + 0,7V + 0,7 - 10V = 0$$

$$V_{ic} = 10 - 2,1V = 7,9V$$



$$V_{ic} + \overset{(SI)\ =0}{\cancel{V_{cb}}} - 1.4V + 10V = 0$$

$$V_{ic} = -10V + 1.4V = -8,6$$

$$-8,6 \le V_{ic} \le 7,9V$$

d) $C_{out} = C_{\mu 1} + C_{\mu 2} = 2\,pf$

$r_o = \frac{100\,V}{0{,}43\,mA} = 232k$

$R_{out} = r_{o1} \| r_{o2} = 116k$

$\tau_{out} = 2 \times 10^{-12} \times 116 \times 10^{3} =$

$= 232 \times 10^{-9} = 232\,ns$

$w = \frac{1}{\tau_{out}} = \frac{10^9}{232} \frac{1}{seg} = 4{,}31 \times 10^{6}$

$f = 686\,khz$

[redacted] - 8606 Evaluación integradora – 1/23 [redacted] – [redacted] fecha 17/7/23 [redacted]

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO		Nº de HOJAS	Corrección	
			T	N			

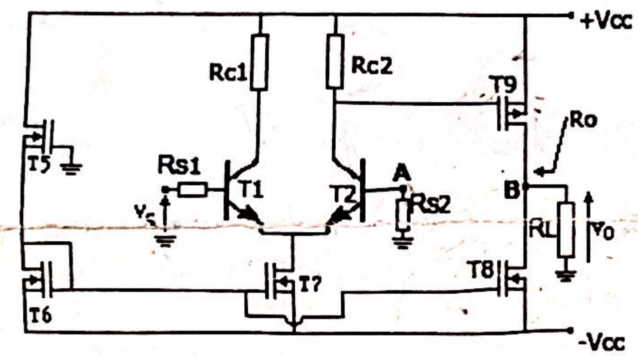
1.- $V_{CC} = 6V$; $R_{c1} = R_{c2} = 30\ K\Omega$; $R_{s1} = R_{s2} = 500\ \Omega$; $R_L = 10\ K\Omega$

TBJs:
$\beta = 400$; $r_x \cong 0$; $V_A = 100V$; $f_T = 300\ MHz$; $C_\mu = 2\ pF$

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

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 Ro del circuito y la RRMC en dB. Justificar que $Av_s = v_o/v_s \approx Av_{ds}$.

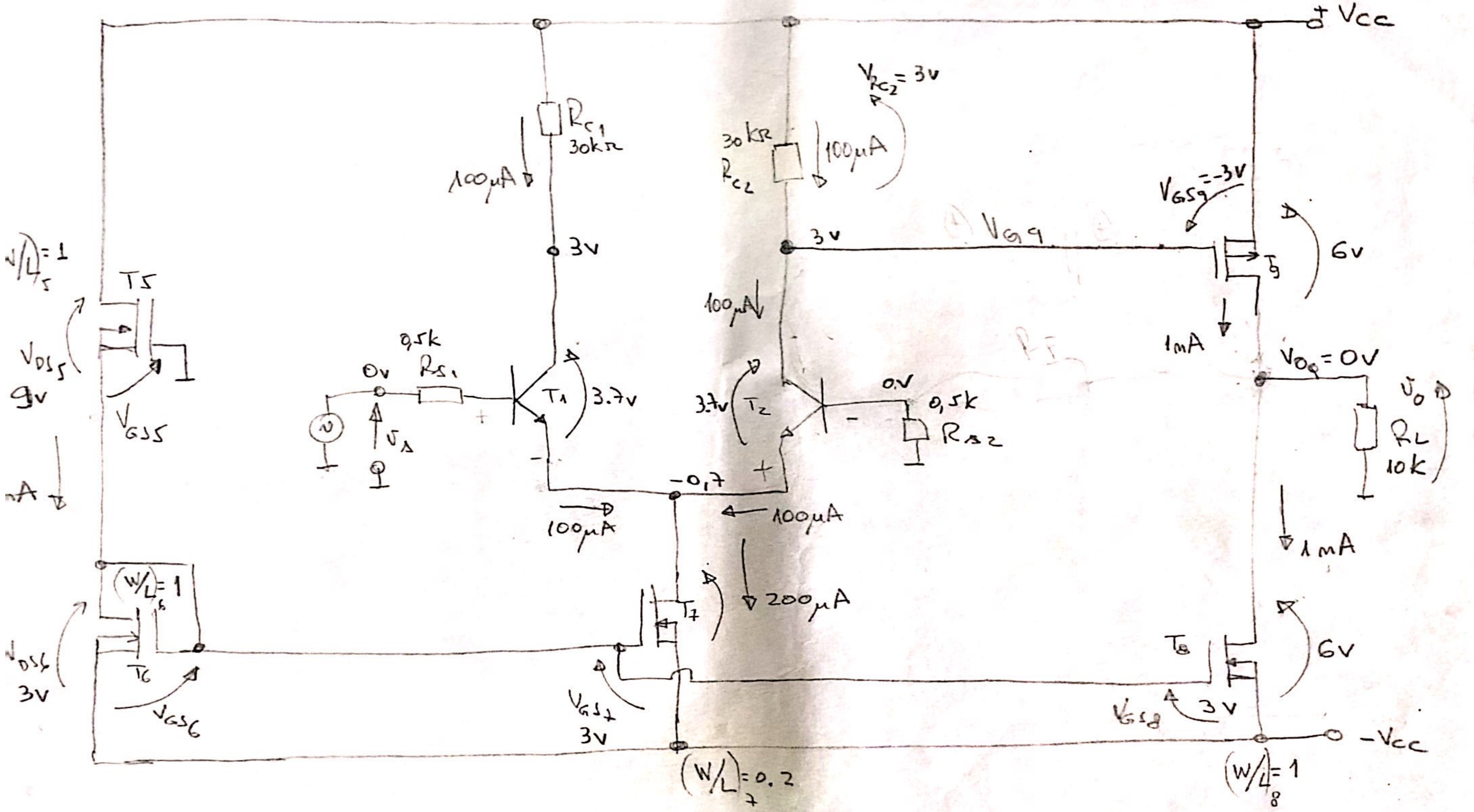


c) Calcular el valor de la frecuencia de corte superior aproximada, f_h, para Av_{ds}. Trazar el respectivo diagrama de Bode de módulo y argumento.

d) Se conecta entre A y B una $R_f = 1M\Omega$. 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 Rs1 y Rs2 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: $\beta = 100$; $V_A = 50V$).



$\beta = 400$ $\quad r_x \simeq 0$ $\quad V_A = 100V$ $\quad f_T = 300\,Mhz$ $\quad C_{gs} = 5pf$ $\quad C_{gd} = 2pf$ $\quad V_{cc} = 6V$

$C_\mu = 2pf$

N|T

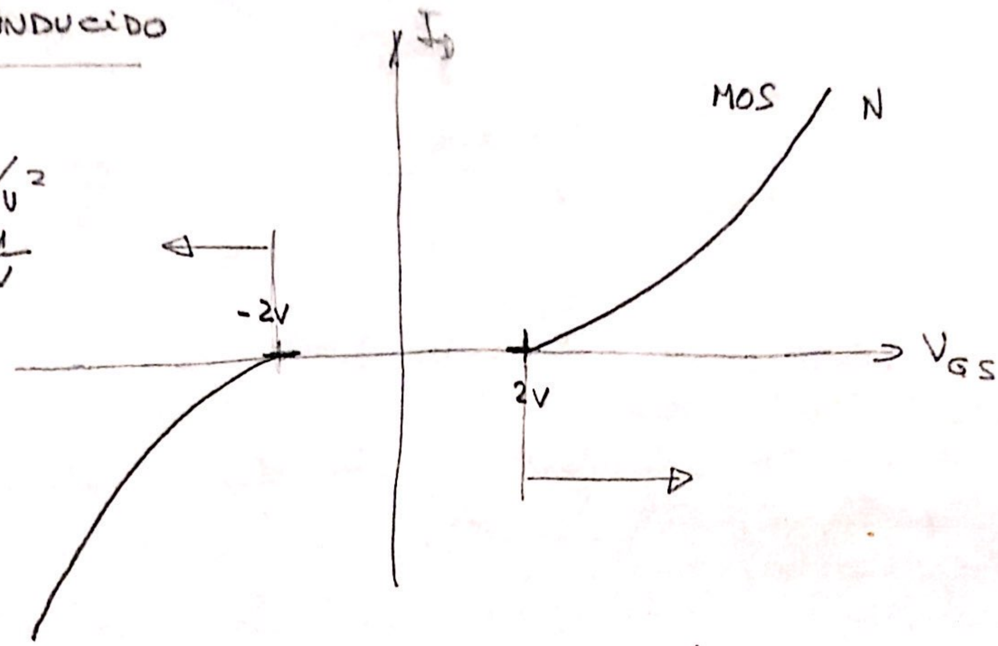
MOSFET INDUCIDO

$V_T = \pm 2V$

$k' = 1 mA/V^2$

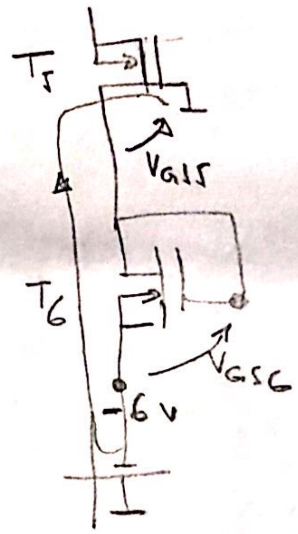
$\lambda = 0{,}01 \frac{1}{V}$

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



MOS P

a) $\left(W/L\right)_9$? para $V_{o_p} = 0V$



$I_{D5} = I_{D6}$

$k_5 = k_6$

$V_{T5} = V_{T6}$

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

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

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

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

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

$V_{GS5} = V_{GS6} = V_{GS7} = V_{GS8}$ $\qquad \left(W/L\right)_8 = 1 \Rightarrow \boxed{I_{D8} = I_{6,7} = 1mA.}$

(1)

$$\left.I_{D9}\right|_{V_{o_9}=0V} = 1mA = K' \cdot \left(\frac{W}{L}\right)_9 \left(V_{GS} - V_T\right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{1mA}{k'\left(V_{GS} - V_T\right)^2} = \left(\frac{W}{L}\right)_9}$$

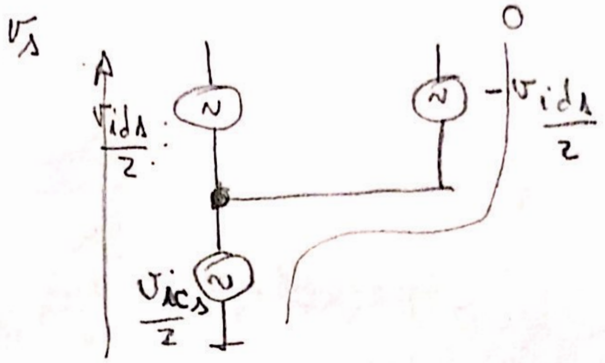
$$\boxed{I_{D7}} = K' \cdot \left(\frac{W}{L}\right)_7 \left(V_{GS7} - V_T\right)^2 = \frac{1mA}{V^2} \cdot 0{,}2 \cdot (1V)^2 = 0{,}2mA = \boxed{200\mu A}$$

$\boxed{\begin{matrix} I_{D9} = 1mA \\ V_{GS9} = -3V \end{matrix}} \Rightarrow$ De (1) $\dfrac{1mA}{1\frac{mA}{V^2}\left(-1V\right)^2} = \boxed{\left(\frac{W}{L}\right)_9 = 1}$ PARA $V_{o_p} = 0V$

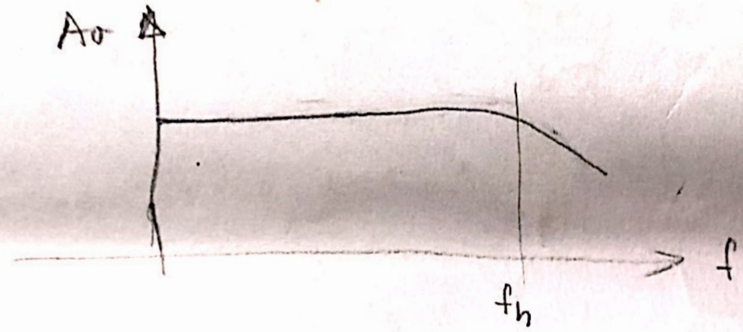
b)

$v_{id_1} = v_s$

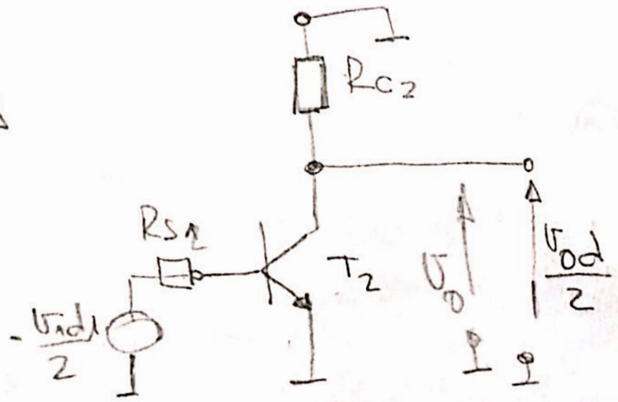
$v_{ic_1} = \frac{v_s}{2}$



Amplificador desde c.c. No existen elementos reactivos externos a los transistores que actúen en bajas frecuencias, solo hay f_h



A_{vd_1}



$\Longrightarrow$ En nuestro caso es single ended.

$$A_{vd} = \frac{v_o}{v_{id}} = \frac{120}{2} = 60$$

$R_{ib_2} >> R_{s1}$

$$g_{m2} = \frac{I_{CQ2}}{V_T} = 0{,}1\,mA \cdot 40\,\frac{1}{V} = 4\,\frac{mA}{V}$$

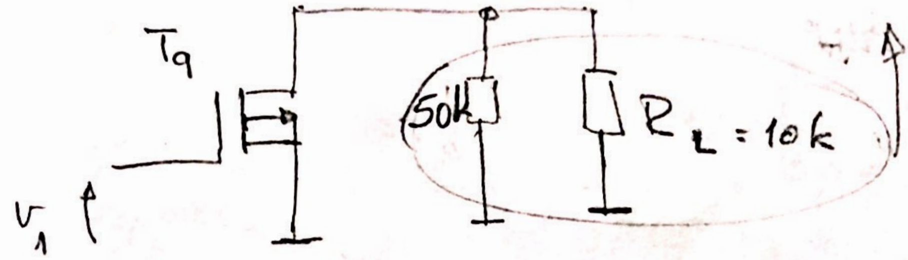
$R_{iq} \rightarrow \infty$ $\qquad R_{oc2} = \frac{V_A}{I_{CQ2}} >> 30k$

$$\frac{\frac{v_{od}}{2}}{-\frac{v_{id}}{2}} = A_{vdd} = -g_m R_{C2} = -4\,\frac{mA}{V} \cdot 30k = -120$$

$$A_{vdd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = +120$$

$$\boxed{A_{vd} = \frac{v_o}{v_{id}} = 60}$$

T_9 <u>SC</u> (−)



$$R_{od8} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = r_{ds8} = \frac{100V}{1mA} = 100k = R_{od9} \qquad R_{od8} \| R_{od9} = = 50k = R_{od8,9}$$

$$R_{od8,9} \| R_L = 50k \| 10k = \frac{500}{60} k = 8{,}33k\Omega$$

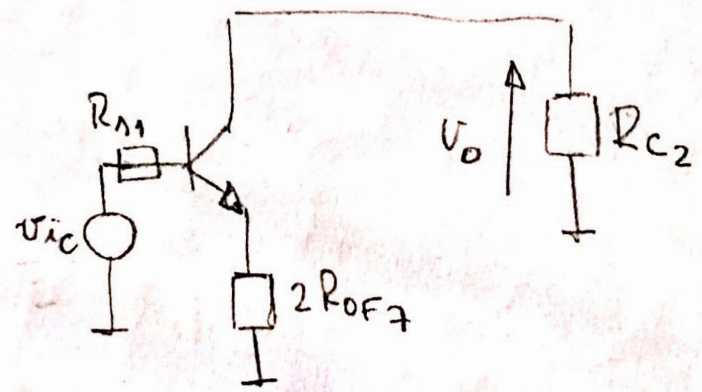
$$g_{m9} = 2k(V_{GS} - V_T) = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2 \frac{mA}{V}$$

$$A_{v9} = -2\frac{mA}{V} \cdot 8{,}33k = -16{,}7.$$

$$A_{vd\,TOT} = T_i\, A_{vd}\, A_{v9} = 60 \cdot (-16{,}7) = -1000.$$

$T_i \sim 1 \quad R_i \gg 0{,}5k.$

<u>A_{vc1}</u>

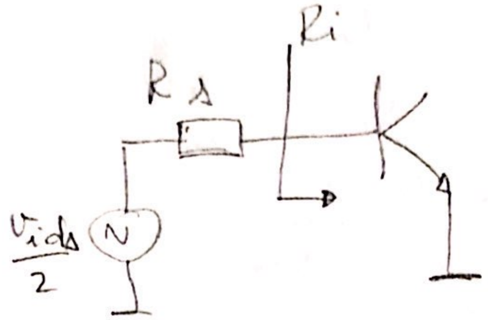


$R_i \gg R_{s1}$

$$\frac{v_o}{v_{ic}} = -\frac{R_{C2}}{2R_{oF7}} = -\frac{30k}{2R_{oF7}} = -\frac{30k}{2 \cdot 500k} = -\frac{3}{100} = -0{,}03$$

$$R_{oF7} = \frac{1}{\lambda I_{D7}} = \frac{100V}{200\mu A} = 0{,}5M = 500k$$

Rid



$R_i >> R_1$

$$R_i = \frac{v_{id}}{2} \Big/ i_p = r_\pi \Rightarrow \frac{400}{4\frac{mA}{V}} = 100k$$

$$R_{id} = 2.100k = 200k$$

$$\underline{A_{vc_{TOT}}} = \overset{\sim 1}{T_i} \cdot A_{vc} \cdot A_{v9} = -0{,}03 \cdot (-16{,}7) \overset{V}{=} +0{,}5$$

$=$

$\underline{R_o}$

$$R_o = r_{d19} \,||\, r_{d18} = 100k \,||\, 100k = \underline{50k}$$

RRMC

$$RRMC = 20 \log \frac{|A_{vd}|}{|A_{vc}|} = 20 \log 2000 = 66 dB$$

$$A_{v1} = \frac{v_o}{v_1} \simeq A_{vd1}$$

$$v_o = A_{vd1} \cdot v_{id1} + A_{vc1} \cdot v_{ic1}$$

$v_{id1} = v_1$

$v_{ic1} = \frac{v_1}{2}$

$$v_o = A_{vd1} \cdot v_1 + A_{vc1} \frac{v_1}{2}$$

$$A_{vc1} \cdot \frac{v_1}{2} << A_{vd1} \cdot v_1$$

$\Rightarrow$

$$\omega_T \approx \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu} \qquad C_\pi + C_\mu = \frac{g_m}{\omega_T}$$

$$C_\pi = \frac{g_m}{\omega_T} - C_\mu.$$

$$C_\pi = \frac{0{,}004\,\frac{A}{V}}{2\pi\, 300\,\text{Mhz}} - 2\,\text{pf}.$$

$$= \frac{0{,}004}{6{,}28 \cdot 300 \times 10^6} - 2\,\text{pf}$$

$$= \frac{0{,}004}{1884 \cdot 10^6} - 2\,\text{pf}$$

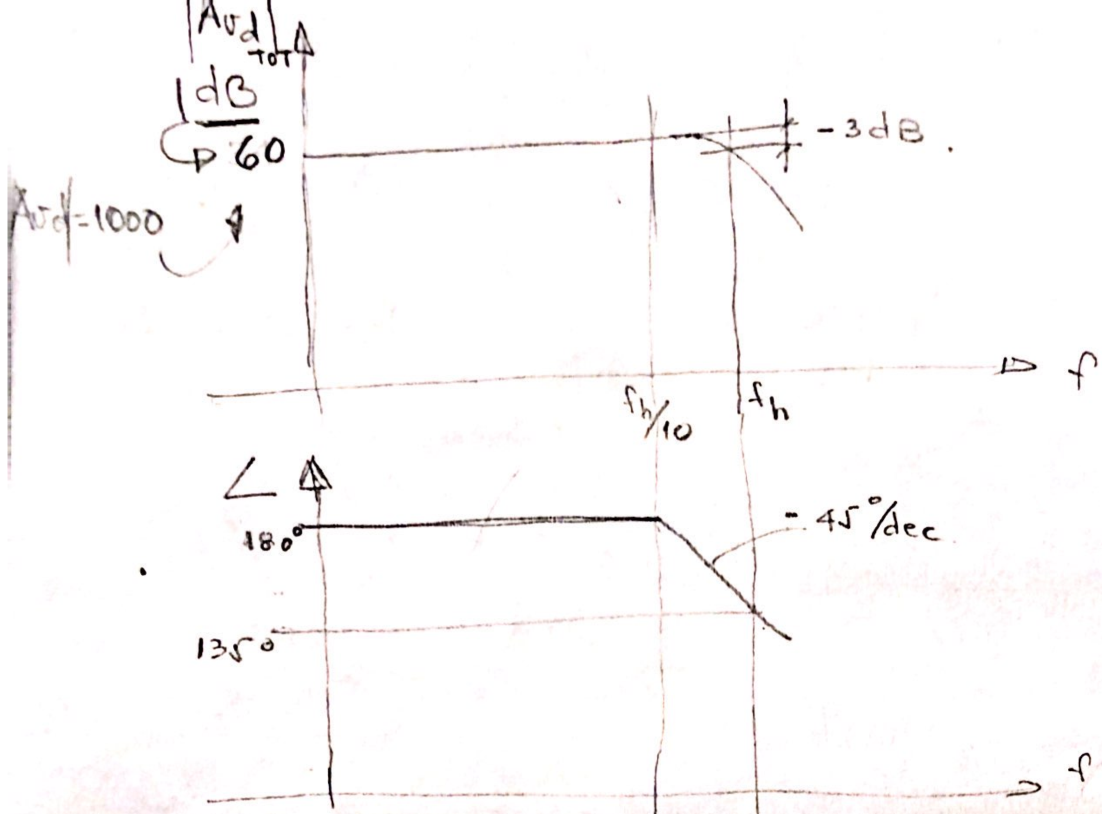
$$= \left(2{,}12 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}\right) - 2\,\text{pf}$$

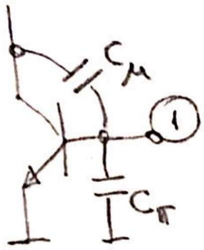
$$2.12\,\text{pf} - 2\,\text{pf} = 0{,}12\,\text{pf}$$

$$v_o = A_{vd_1} \cdot v_{id_1} + A_{vc_1} \cdot v_{ic_1},$$

$$v_o = A_{vd_1} \cdot v_1 + A_{vc_1} \cdot \frac{v_1}{2} \qquad A_{vc_1}\frac{v_1}{2} << A_{vd}\, v_1.$$

$$A_{v_1} = \frac{v_o}{v_1} \cong A_{vd_1}.$$



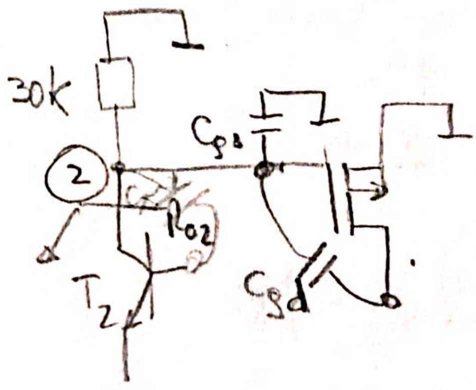


$\tau_1 = C_1 R_1$

$C_{\mu_1}^* = C_\mu (1 - A_v) = 2pf(1+120$
$= 240pf$

$C_\pi = 0{,}12\,pf \qquad C_1 \cong 240pf.$

$\tau_1 = 240pf \cdot 0{,}5k = 240 \cdot \frac{5}{10} \cdot 10^{-12} \cdot 10^3 =$
$= 120 \cdot 10^{-9} = 120\,ns$



$\tau_2 = C_2 \cdot R_2 = \overbrace{42pF}^{2pF+5pF+35pF} \cdot 30k =$
$= 1260\,ns$

$C_2 = C_{gA} + C_{gd}^* \cong 20\,pf + C_{\mu 2}$

$C_{gd}^* \cong 2pf\,(17) \cong 35pF.$

Nodo R_L

$\overset{\sim 32ns}{\tau_3} \ll \tau_1$

$\tau_3 \ll \tau_2$

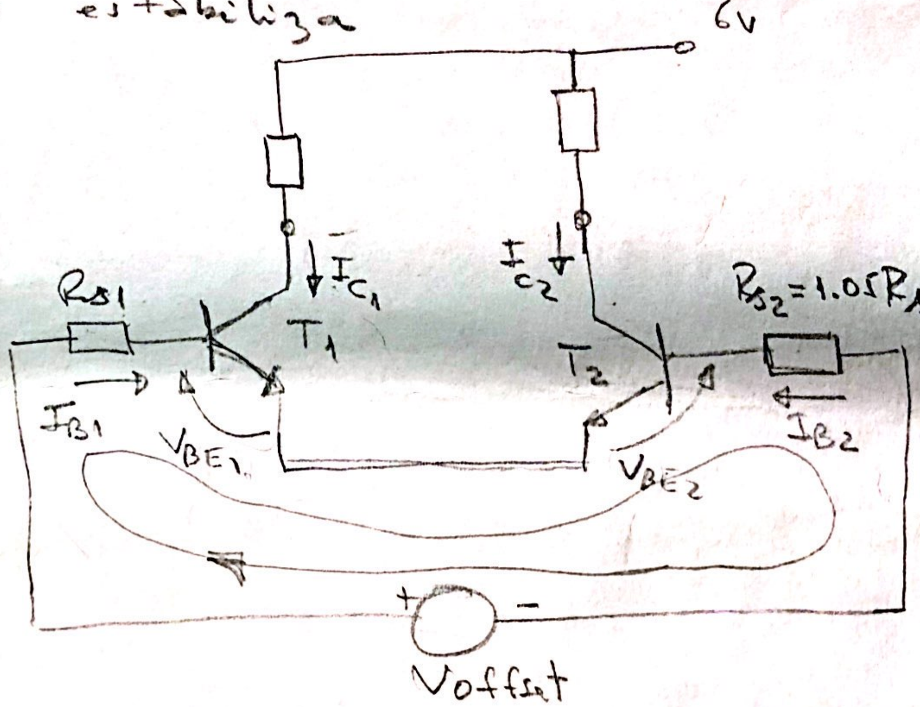
$\tau_1 + \tau_2 = 1380 \mu s$

$\omega_h = 753 \, rad/s$

$f_h = 120 \, KHz$

d) RP no estabiliza
$\left(\frac{J}{T}\right)$

e)



$$I_{C_1} = I_S \, e^{V_{BE1}/V_T}$$

$$V_{BE_1} = V_T \cdot \ln \frac{I_{C1}}{I_S}$$

$$V_{BE_2} = V_T \cdot \ln \frac{I_{C2}}{I_\Lambda}$$

$$V_{offset} - I_{B_1} R_{A1} - V_{BE_1} + V_{BE_2} + I_{B_2} \cdot \overbrace{1.05 R_{A1}}^{R_{DN}} = 0$$

$$V_{offset} - \frac{I_{C1}}{\beta} R_{A1} - V_{BE_1} + V_{BE_2} + \frac{I_{C2}}{\beta} \cdot 1.05 R_{A1} = 0$$

$$V_{offset} = \frac{I_C}{\beta}\left(R_{A1} - 1.05 R_{S1}\right) = -0{,}05 R_{S1} \frac{I_C}{\beta} =$$

$$= -0{,}05 \cdot 0{,}5k \frac{0{,}1 mA}{400} = -\frac{25}{1000} k \cdot \frac{0{,}1 mA}{400} \; 6{,}25 \mu$$