

# Parciales Circuitos

Página	Nº	Circuito	Componentes principales
2	1	1/16 - 1ra	Source C y Base C
18	2	2/16 - 1ra	Colector C y Base C. (par diferencial)
16	3	1/13 - 2da	Drain C. y Emisor C.
20	4	2/19 - 3ra	Darlington con MOSFET
28	5	1/18 - 1ra	Source C y Base CR.
42	6	1/17 - 1ra	Darlington con JFET
45	7	2/15 - 1ra	Par diferencial
50	8	2/17 - 1ra	Par diferencial
53	9	1/17 - 1ta	Darlington
60	10	1/17 - 2da	Drain CR y Base C.
67	11	2/15 - 3ra	Source C y Base C.
70	12	1/15 - 3ra	Colector C. y Emisor C.
77	13	2/17 - 2da	Emisor CR y Gate CR
81	14	2/14 - 1ra	Source C y Gate CR
88	15	2/18 - 1ra	Darlington con JFET
95	16	1/14 - 1ra	Par diferencial
98	17	1/16 - 3ra	Emisor CR y Colector C.
103	18	1/14 - 2da	Drain C. y Emisor C
110	19	2/18 - 3ra	Emisor CR y Gate CR
118	20	2/17 - 3ra	Drain C y Emisor C.
123	21	2/18 - 4ta	Darlington con JFET
128	22	2/19 - 1ra	Drain C y Base CR
136	23	2/19 - 2da	Emisor CR y Gate CR

NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
		T	N		

1.- Para una etapa quasi-darlington con TBJs de parámetros conocidos:

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta ; V_{A1} = V_{A2} = V_A ; r_{x1} = r_{x2} = 0$$

donde el transistor de entrada  $T_1$  resulta ser un PNP.

a) Justificar cuáles son los terminales C\*, B\* y E\* del transistor equivalente.

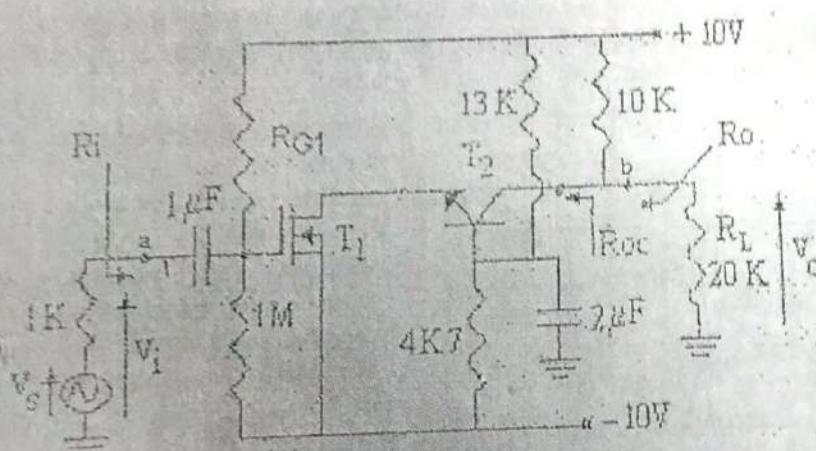
b) Definir y obtener por inspección, justificando el procedimiento, las expresiones de los parámetros de señal del transistor equivalente, en función de  $I_{CQ2}$ :

$$b_1) g_m^* \quad b_2) r_x^* \quad b_3) r_o^*$$

2.-  $k = 1 \text{ mA/V}^2$ ;  $V_T = +2 \text{ V}$ ;  $\lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}$ ;  $\beta = 200$ ;  $V_A \geq 100 \text{ V}$ ;  $r_x \geq 0 \Omega$ .

a) Obtener los puntos de reposo de los transistores, hallando  $R_{G1}$  de modo que la tensión de reposo sobre la carga  $R_L$  sea  $V_{OQ} = 0 \text{ V}$ .

b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo. ¿Qué significa frecuencias medias?. Definir y obtener por inspección los valores de  $R_i$  y  $R_o$ ,  $A_v$  y  $A_{vs}$ . Justificar el considerar o no el efecto de  $r_o$  y  $r_{ds}$ .



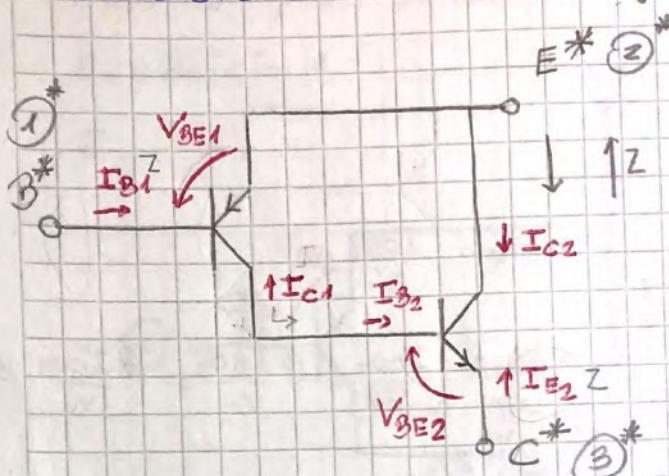
c) Justificar cualitativamente cómo se modifican los puntos de reposo y los parámetros de señal calculados, si se desconecta del circuito el capacitor de  $2\mu\text{F}$ .

d) Se conecta un resistor de  $470\text{K}\Omega$  entre los puntos "a" y "b". Analizar la realimentación, justificando qué se muestrea, qué se suma, si es positiva o negativa y si afectará los valores de reposo y/o de señal.

PARCIAL 13/5/16

FECHA

EJERCICIO 1 Cúasi-Darlington



$$\neg V_{BE_1} \rightarrow \rightarrow \neg I_{C_1} \rightarrow \neg I_{B_2} \rightarrow \neg I_{C_2}$$

$$\rightarrow I_{E_2} \neg \infty,$$

$\Rightarrow$  Eligiendo como arriba, obtengo mi transistor equivalente que resulta un PNP ya que

$$I_B^* \neg \infty \quad y \quad I_C^* \neg \infty$$

OTRA FORMA

Variar la tensión c/ ①, ② puedo controlar la corriente que circula entre ③ y ④

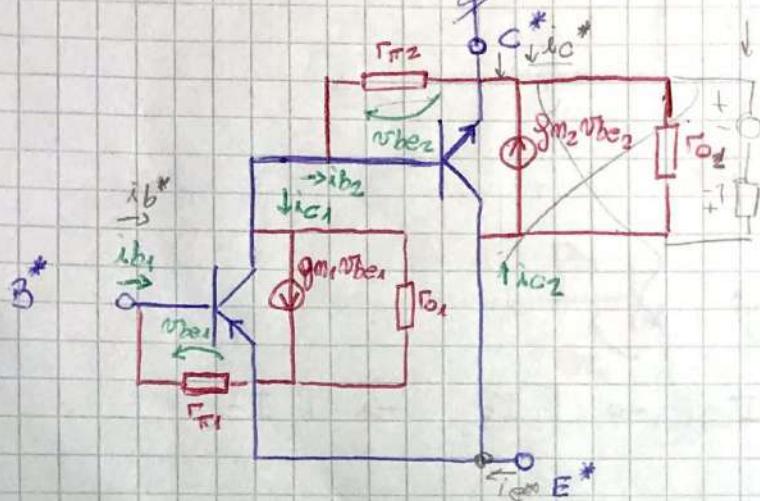
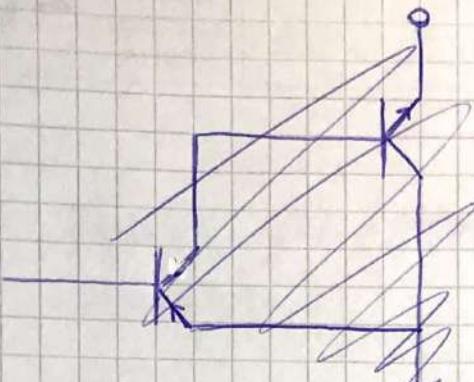
por lo tanto,  $② = E^*$

$$① = B^*$$

$$③ = C^*$$

NOTA

b)



$$\alpha_{gm1} = \frac{I_{CQ1}}{V_T}$$

$$\alpha_{gm2} = \frac{I_{CQ2}}{V_T} = \beta \frac{I_{BQ2}}{V_T} = \beta \frac{I_{CQ1}}{V_T} = \beta \alpha_{gm1}$$

$$\Gamma_{\pi_1} = \beta / \alpha_{gm1} =$$

$$\Gamma_{\pi_2} = \beta / \alpha_{gm2} = \beta / \beta \alpha_{gm1} = \Gamma_{\pi_1} / \beta$$

$$\Gamma_{01} = \frac{V_A}{I_{CQ1}}, \quad \Gamma_{02} = \frac{V_A}{I_{CQ2}} = \frac{V_A}{\beta I_{CQ1}} = \frac{\Gamma_{01}}{\beta}$$

b1)  $\alpha_{gm}^* = \frac{i_c^*}{N_{be}^*} = - \frac{i_{c2}}{N_{be1}} = - \frac{i_{b2} \beta}{N_{be1}} = \frac{i_{c1} \beta}{N_{be1}} = \alpha_{gm1} \beta = \alpha_{gm2}$

$$\boxed{\alpha_{gm}^* = \alpha_{gm2} = \frac{I_{CQ2}}{V_T}}$$

b2)  $\Gamma_{\pi}^* = \frac{N_{be}^*}{i_b} = \frac{N_{be}}{i_{b1}} = \Gamma_{\pi_1} \rightarrow \boxed{\Gamma_{\pi}^* = \Gamma_{\pi_1} = \beta \Gamma_{\pi_2} = \frac{\beta^2}{\alpha_{gm2}} = \frac{\beta^2 V_T}{I_{CQ2}}}$

b3)  $\Gamma_0^* = \frac{N_{ce}^*}{i_c^*} = -$

pongo una fuente de prueba y corrijo circuito ~~mejor~~

$$i_P + \alpha_{gm2} N_{be2} = \frac{N_P}{\Gamma_{01} + \Gamma_{\pi_2}}$$

$$i_P + \alpha_{gm2} \Gamma_{\pi_2} \left( - \frac{N_P}{\Gamma_{01} + \Gamma_{\pi_2}} \right) = \frac{N_P}{\Gamma_{01} + \Gamma_{\pi_2}}$$

$$\frac{N_P}{i_P} = \frac{1 + \beta}{\Gamma_{01} + \Gamma_{\pi_2}} = \frac{1 + \beta}{\Gamma_{02} + \Gamma_{\pi_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{N_P}{i_P} = \frac{\Gamma_{02} + \Gamma_{\pi_2}}{\beta} = \Gamma_{02} + \frac{\Gamma_{\pi_2}}{\beta} \approx \Gamma_{02}$$

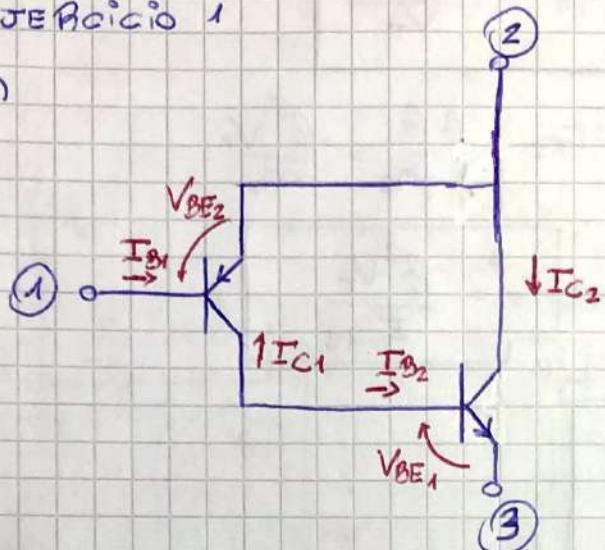
$$\Rightarrow \boxed{\Gamma_0^* = \Gamma_{02} // \Gamma_{02} = \frac{\Gamma_{02}}{2} = \frac{V_A}{I_{CQ2} 2}}$$

NOTA

# PARCIAL 1/16 - Primero - REHECHO PARA PRACTICAR

## EJERCICIO 1

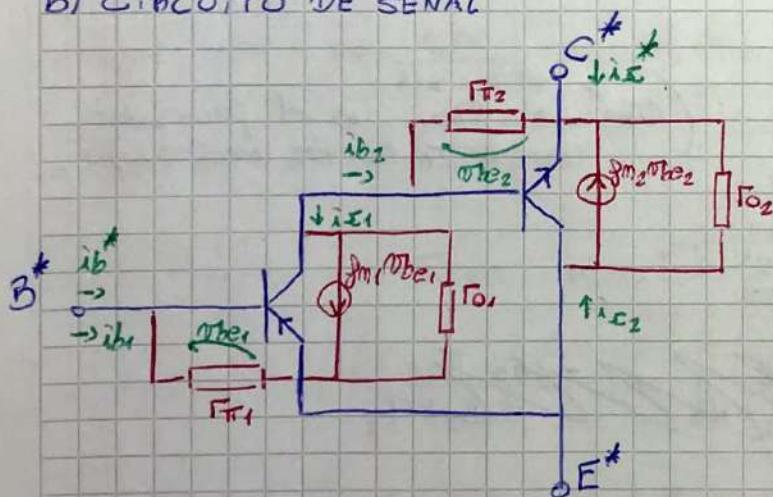
a)



Con la tensión  $V_{12} < 0$  controla  $I_{C1} < 0$  y que es igual a  $-I_{B2}$  y que controla  $I_{C2}$  y lo que sería la corriente entre los terminales de salida  $\Rightarrow \textcircled{1} = B^*$ ,  $\textcircled{2} = E^*$ ,  $\textcircled{3} = C^*$

y como  $I_{B1} < 0$  el transistor equivalente es un PNP

## b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = \frac{|I_{CQ1}|}{V_T} \quad g_{m2} = \frac{|I_{CQ2}|}{V_T} = \frac{|I_{BQ2}\beta|}{V_T} = \frac{|I_{CQ1}|\beta}{V_T} = g_{m1}\beta$$

$$\Gamma_{f1} = \frac{\beta g_{m1}}{g_{m1}} \frac{\beta}{\beta} \quad \Gamma_{f2} = \frac{\beta}{g_{m2}} = \frac{1}{g_{m1}} = \frac{\Gamma_{f1}}{\beta}$$

$$\Gamma_{O1} = \frac{V_A}{|I_{CQ1}|}$$

$$\Gamma_{O2} = \frac{V_A}{\beta |I_{CQ2}|} = \frac{V_A}{\beta |I_{CQ1}|} = \frac{\Gamma_{O1}}{\beta}$$

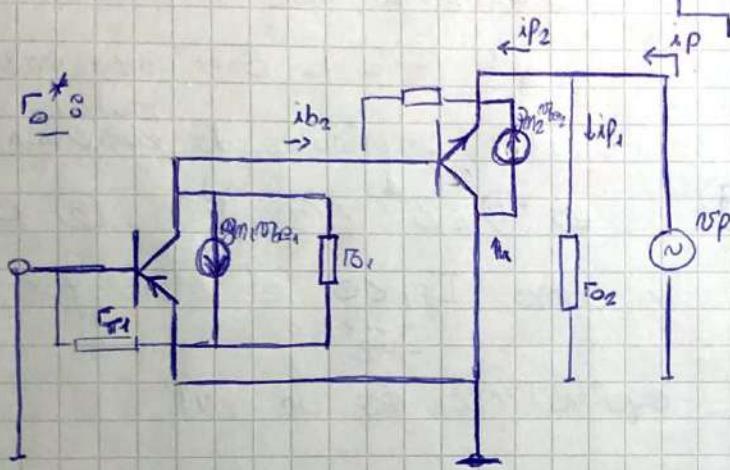
$$\circ g_m^* = \frac{i_c}{V_{be}^*} = -\frac{(ib_2 + i_{ce2})}{V_{be1}} \approx -\frac{i_{ce2}}{V_{be1}} = -\frac{\beta ib_2}{V_{be1}} = \frac{-\beta (-i_{c1})}{V_{be1}} =$$

$$= \beta g_{m1} = g_{m2} \Rightarrow g_m^* = \frac{I_{CQ2}}{V_T}$$

$$\circ \Gamma_\pi^* = \frac{V_{be}^*}{ib^*} = \frac{V_{be1}}{ib_1} = \Gamma_{\pi1} = \beta \Gamma_{\pi2} = \beta \frac{\beta}{g_{m2}} = \frac{\beta^2 V_T}{I_{CQ2}}$$

$$\Rightarrow \Gamma_\pi^* = \frac{\beta^2 V_T}{I_{CQ2}}$$

$$\circ \Gamma_o^*$$



$$\Gamma_o^* = \frac{V_p}{i_p} = R_b \frac{V_p}{i_p} \parallel \frac{V_p}{i_p}$$

$(V_{be}^* = 0 = V_{be1} \text{ de } T_1 \text{ no se enciende})$

$$\therefore \frac{V_p}{i_p} = \Gamma_{o1}$$

~~$$\therefore \frac{V_p}{i_p} = \frac{-ib_2(\Gamma_{\pi2} + \Gamma_{o1})}{-ib_2 - \underbrace{g_{m2}V_{be2}}_{\beta ib_2}}$$~~

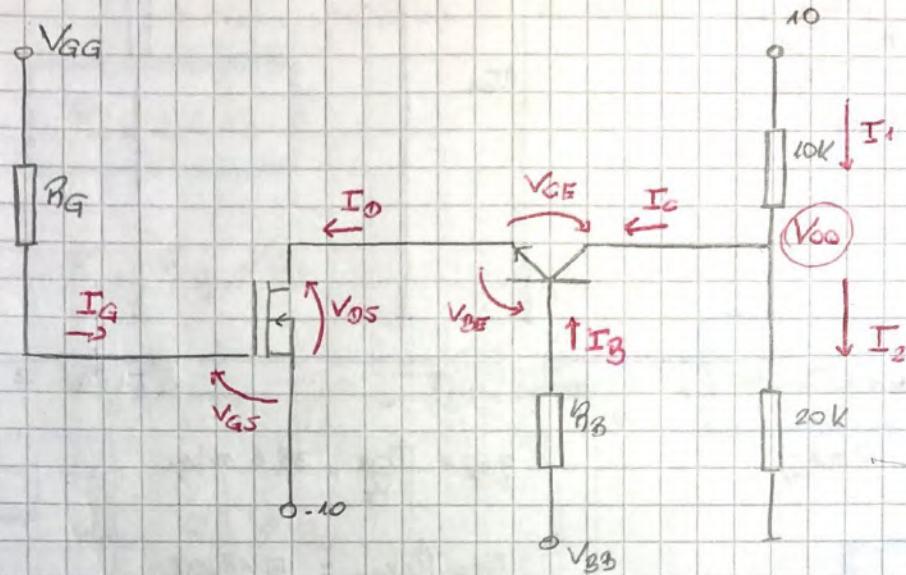
$$\therefore \frac{V_p}{i_p} = \frac{-ib_2(\Gamma_{\pi2} + \Gamma_{o1})}{-ib_2 - \underbrace{g_{m2}V_{be2}}_{\beta ib_2}} \approx \frac{ib_2(\Gamma_{o1})}{ib_2(\beta + 1)} = \frac{\Gamma_{o1}}{\beta} = \Gamma_{o2}$$

$$\Rightarrow \Gamma_o^* = \Gamma_{o2} \parallel \Gamma_{o2} = \frac{\Gamma_{o2}}{2}$$

$$\Rightarrow \Gamma_o^* = \frac{V_A}{2 I_{CQ2}}$$

## EJERCICIO 2

## a) POLARIZACIÓN



$$V_{GG} = -10 + 20 \frac{1M}{R_{G1} + 1M}$$

$$\circ R_G = R_{G_1} \parallel 1M$$

$$V_{BB} = -10 + 20 \frac{4,7k}{13k + 4,7k} = -4,69$$

$$R_B = 4,7k \parallel 13k = 3,45k\Omega$$

$$\text{Si } V_{OQ} = 0 \Rightarrow I_2 = 0 \quad \text{y} \quad I_1 = \frac{10}{10k} = 1\text{mA} = I_{CQ} = I_{DQ}$$

$$1 \text{ mA} = K \left( V_{GSQ} - V_t \right)^2 \rightarrow V_{GSQ} = 3 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{GG} - I_G R_G - V_{GSQ} + 10 = 0 \quad \rightarrow V_{GG} = -7 = -10 + 20 \frac{1M}{R_{GSQ} + 1M}$$

$$0 = V_{CEQ} + V_{BEON} + \frac{I_{CQ}}{B} R_B - (-4,69) = 0 \rightarrow V_{CEQ} = 5,41$$

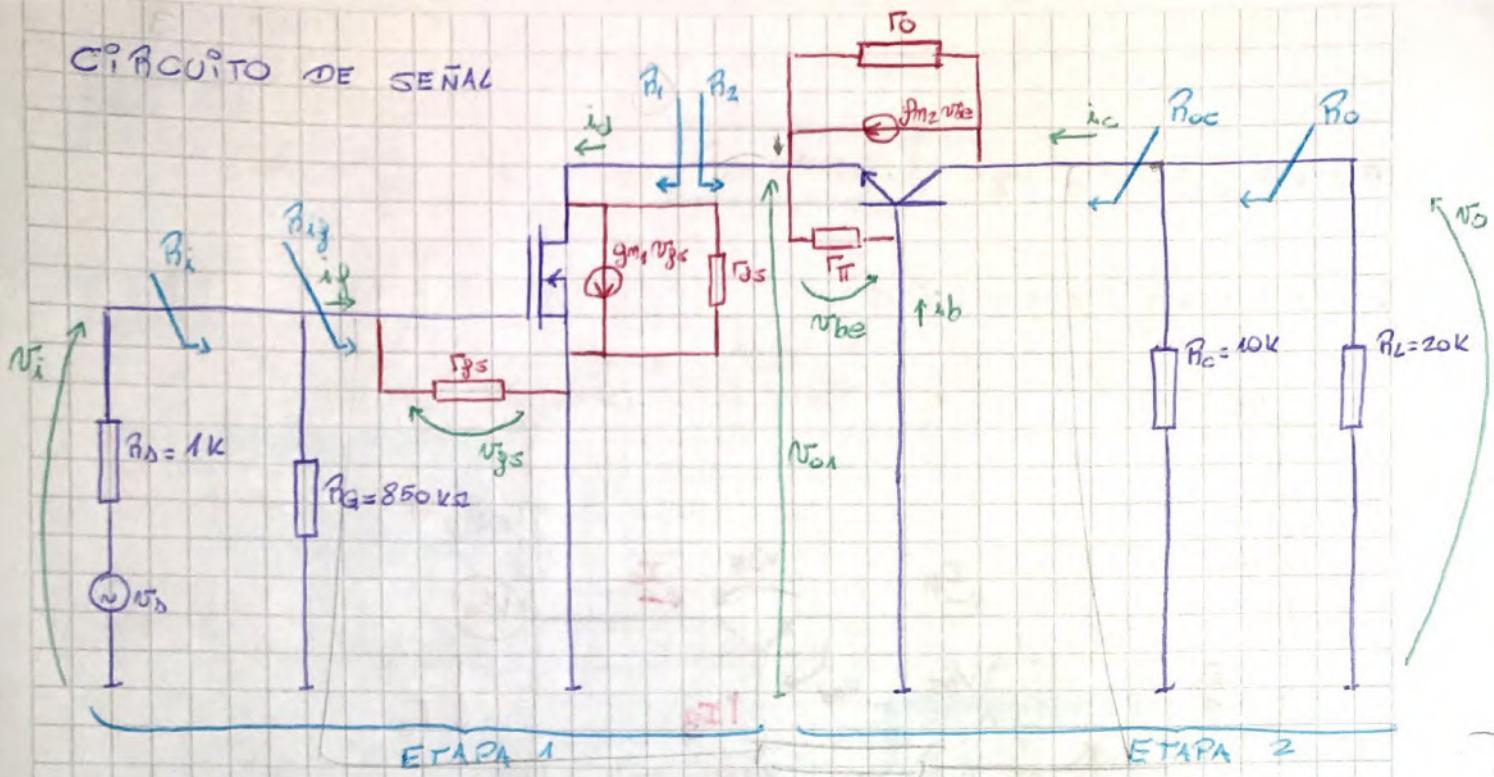
$$-V_{CEQ} - V_{DSQ} + +10 = 0 \rightarrow V_{DSQ} = 4,69$$

$$\text{NOTA } Q_1 = (1 \text{ mA} ; 4,69)$$

$$Q_0 = (1 \text{ mA} : 5.4)$$

$$R_G = 850 \text{ k}\Omega$$

# CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = 2\sqrt{K I_{DQ}} = 2 \text{ mA}/\sqrt{\text{V}}$$

$$r_{gs} \rightarrow \infty$$

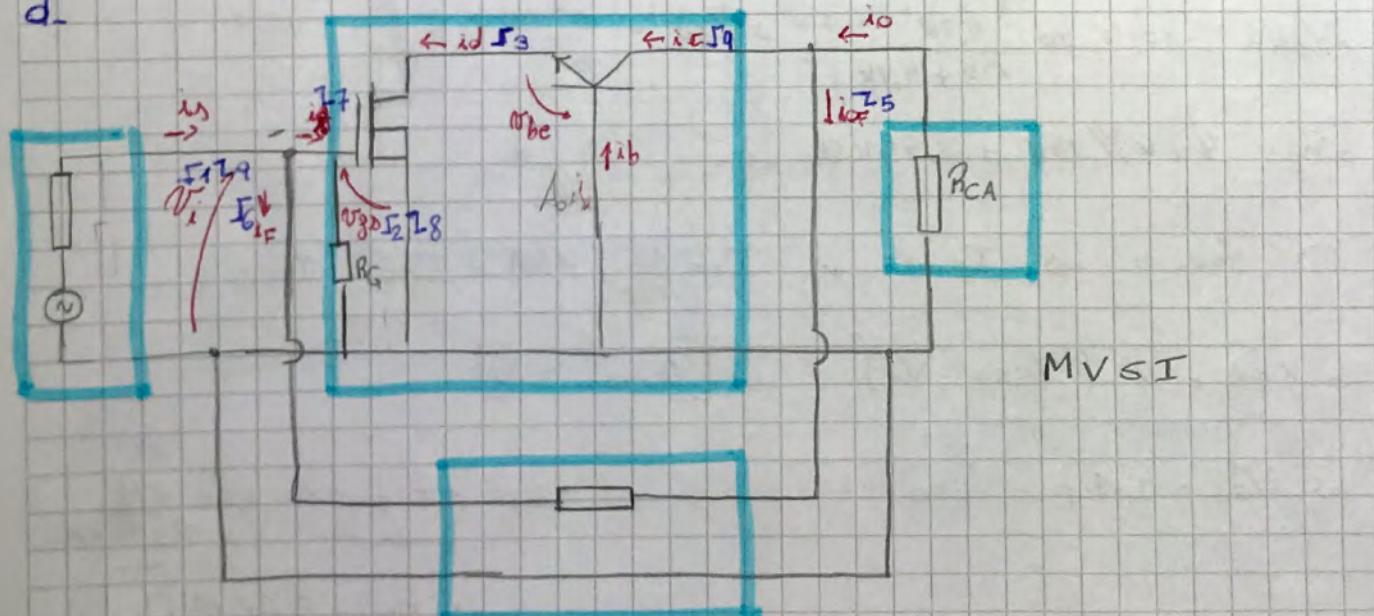
$$r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = 100 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m2} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 38,6 \text{ mA}/\sqrt{\text{V}}$$

$$r_{\pi} = \beta/g_{m2} = 5,18 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_{CQ}} = 100 \text{ k}\Omega$$

d-



Real medida negativo

NOTA

**R<sub>i</sub>**

$$R_i = \frac{V_{D1}}{I_D} = r_{DS} \Rightarrow R_i = 100 \text{ k}\Omega$$

$r_{DS} = 0$

**R<sub>2</sub>**

$$R_2 = \frac{V_{D1}}{-(i_b + i_c)} = \frac{-V_{BE}}{-(i_b + i_c)} = \frac{i_b \Gamma_\pi}{i_b + i_b \beta} = \frac{\Gamma_\pi}{\beta + 1} \approx \frac{\Gamma_\pi}{\beta} = \frac{1}{g_m}$$

$$R_2 = 26 \text{ }\Omega$$

**R<sub>i</sub>**

$$R_i = R_{ig} // R_G$$

$$R_{ig} = \frac{V_i}{I_g} = \frac{V_{GS}}{I_g} = \Gamma_{GS} \rightarrow \infty \Rightarrow R_i = R_g = 850 \text{ k}\Omega$$

**R<sub>o</sub>**

$$R_o = R_{OC} // R_C$$

$$R_{OC} = \Gamma_o \left( 1 + \frac{\beta \Gamma_\pi R_1}{R_1 + \Gamma_\pi} \right) = 19,6 \text{ M}\Omega \Rightarrow R_o = 10 \text{ k}\Omega$$

**A<sub>VR</sub>**

$$A_{VR_2} = \frac{V_o}{V_{D1}} = - \frac{i_o R_{CA}}{-V_{BE}} = + g_{m2} R_{CA} = +257$$

$$A_{VR_1} = \frac{V_o}{V_{D1}} = - \frac{i_o R_2}{-V_{GS}} = - g_{m1} R_2 = -0,052$$

$$A_{VR} = A_{VR_1} A_{VR_2} = -13,4$$

**|A<sub>VI</sub>|**

$$A_{VI} = \frac{V_o}{V_{D1}} = \frac{V_o}{V_i} \frac{V_i}{V_{D1}} = A_{VR} \frac{R_i}{R_i + R_o} \Rightarrow A_{VI} \approx -13,4$$

NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
		T N			

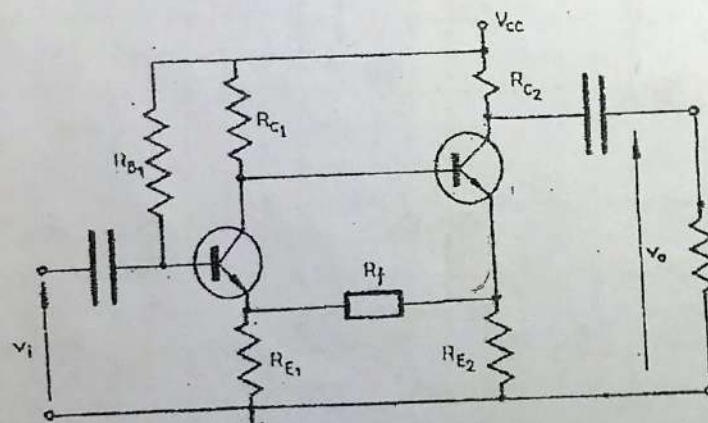
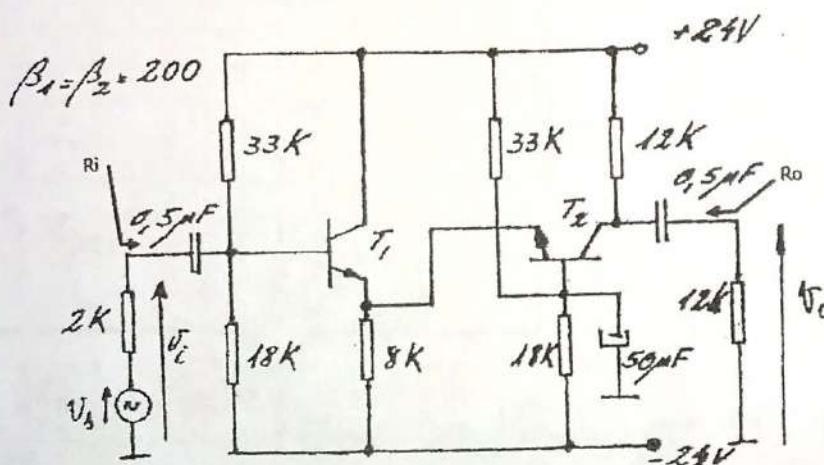
1. a) Dibujar el circuito de continua e indicar en él todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes. Determinar las corrientes de reposo y las tensiones de los terminales contra común.

b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. Definir "frecuencias medias".

Definir y obtener por inspección justificando el procedimiento, los valores de  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_v$  y  $A_{v_s}$ .

c) Obtener el valor de la  $V_o$  máxima sin recorte en ambos semiciclos.

d) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores de reposo y señal si se reemplaza  $T_1$  por un JFET canal N, en igual configuración para la señal que el TBJ.

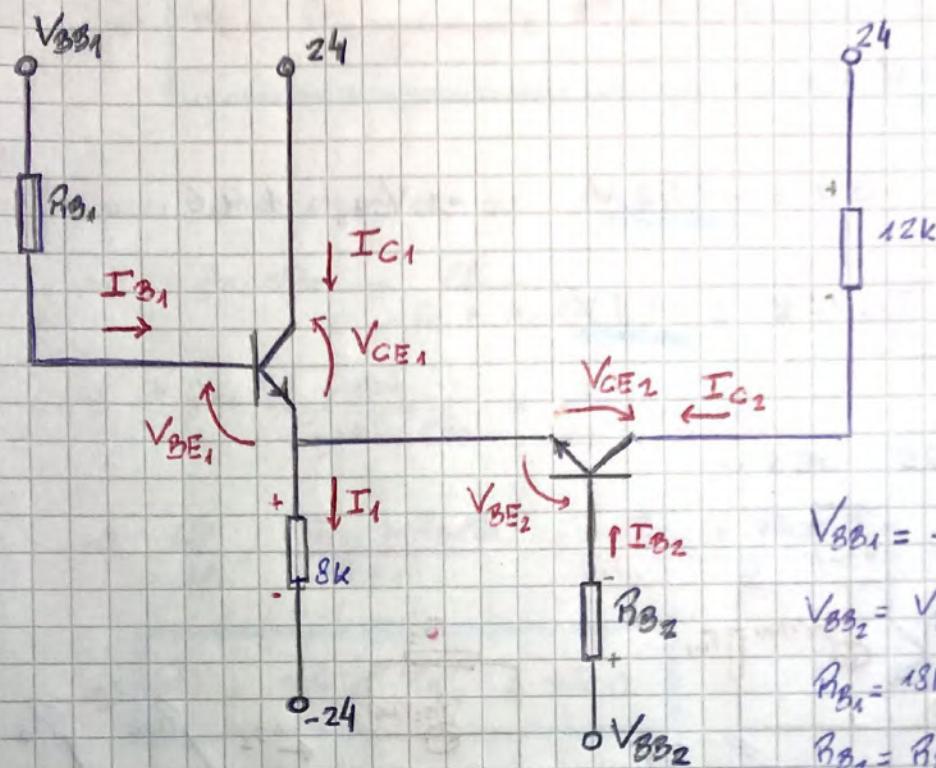


2.- a) Analizar cualitativamente, siguiendo el signo de los incrementos de la señal a través del lazo, el proceso de realimentación que se produce al conectar  $R_f$  en el circuito para la continua, justificando si estabiliza o no el punto de reposo.

b) Identificar los bloques en señal: amplificador, realimentador, generador y carga. Justificar qué muestrea y qué suma y si la realimentación es positiva o negativa.

## EJERCICIO 1

## POLARIZACIÓN



$$V_{BB1} = -24 + 48 \frac{18K}{33K + 18K} = -7,06$$

$$V_{BB2} = V_{BB1}$$

$$R_{B1} = 18K // 33K = 11,6 k\Omega$$

$$R_{B2} = R_{B1}$$

Puedo despreciar  $V_{A_{B2}}$ ?

$$I_{B2_{MAX}} \rightarrow V_{CE2} = 0 \Rightarrow 24 - \overbrace{I_{C2_{MAX}} 12K}^{I_{B2_{MAX}} \beta} + V_{BE2} + I_{B2_{MAX}} R_{B2} - (-7,06) = 0$$

$$\Rightarrow I_{B2_{MAX}} = 13,3 \mu A$$

$$\Rightarrow V_{A_{B2_{MAX}}} = 0,154 V \ll V_{BB2}$$

$$\Rightarrow V_{B2} \approx V_{BB2} \Rightarrow V_{E2} = V_{BB2} - 0,7 \\ = -7,76 V$$

$$\Rightarrow I_t = \frac{-7,76 - (-24)}{8K} = 2,03 mA$$

Para estar bien polarizados  $I_{C1} = I_{C2}$

$$\Rightarrow I_{C1} = \frac{I_t}{2} = 1,02 mA = I_{C2}$$

$$V_{B_1} = -7,06 - I_{B_1} \cdot 11,6K = -7,12V$$

$$V_{E_1} = -7,12 - 0,7 = -7,82V \Rightarrow V_{CE_1} = 31,8V$$

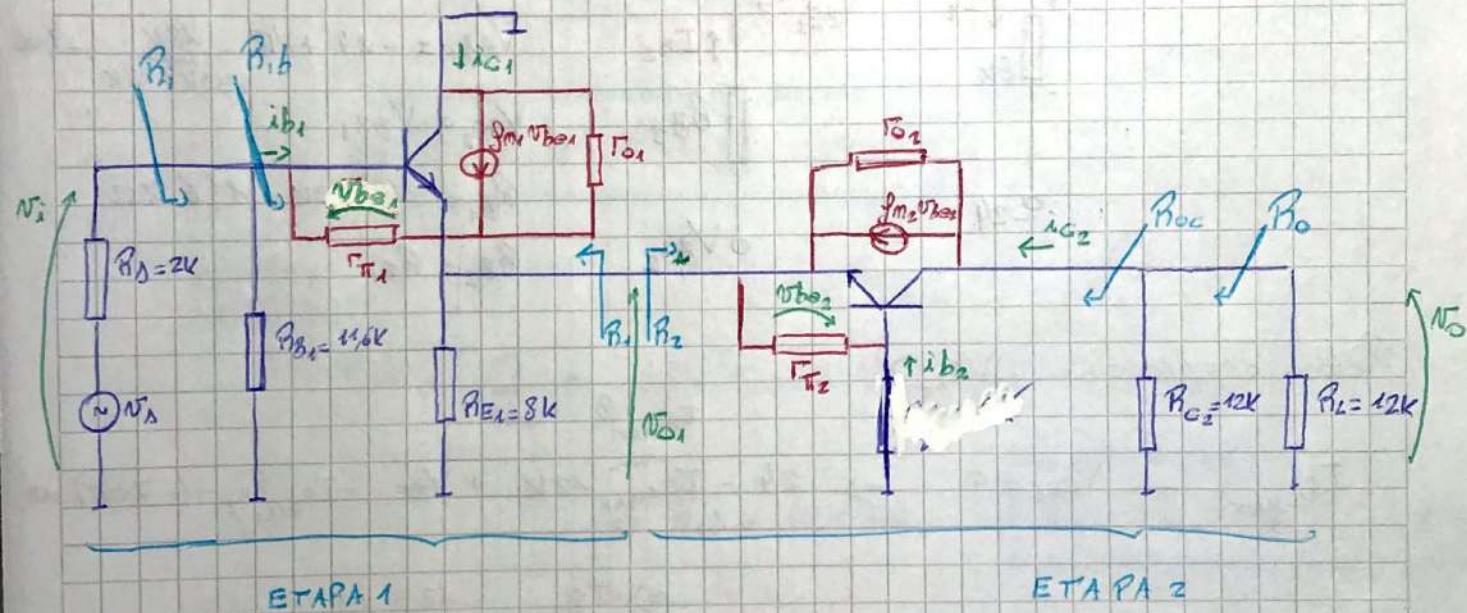
$$V_{C_1} = 24V$$

$$V_{B_2} = -7,06V$$

$$V_{E_2} = -7,06 - 0,7 = -7,82V \Rightarrow V_{CE_2} = 19,6V$$

$$V_{C_2} = 24 - I_{C_2} \cdot 12K = 11,8V$$

### b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = g_{m2} = \frac{I_{CQ}}{\sqrt{T}} = 39,4 \frac{mA}{V}$$

$$\Gamma_{T1} = \Gamma_{T2} = \beta/g_m = 5,08 K\Omega$$

$$\Gamma_{O1} = \Gamma_{O2} \rightarrow \infty$$

NOTA

$$| R_2 | \quad R_2 = \frac{N\beta_1}{(ib_2 + ic_2)} \approx -\frac{(Nbe_2)}{ic_2} = \frac{ib_2 \Gamma_\pi}{\beta ib_2}$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{\Gamma_\pi}{\beta} = 25,4 \Omega \approx 25 \Omega$$

| R<sub>1</sub> |Coloco una fuente de prueba en E<sub>1</sub>

$$i_p + g_{m1} Nbe_1 = \frac{NP}{\Gamma_{\pi_1} + R_{B1} // R_D}$$

$$i_p + g_{m1} \Gamma_{\pi_1} \cdot (-NP) = \frac{NP}{\Gamma_{\pi_1} + R_{B1} // R_D}$$

$$\Rightarrow \frac{NP}{i_p} = \frac{\Gamma_{\pi_1} + R_{B1} // R_D}{\beta + 1} = \frac{\Gamma_{\pi_1} + R_{B1} // R_D}{\beta} = 34 \Omega$$

$$\Rightarrow R_1 = 34 // R_{E1} = 34 \Omega$$

| R<sub>ib</sub> |

$$R_{ib} = \frac{N_i}{ib_1} = \frac{ib_1 \Gamma_\pi + \underbrace{(ib_1 + ic_1)(R_{E1} // R_2)}_{ic_1 \approx R_2}}{ib_1} = \Gamma_\pi + \beta R_2$$

$$\Rightarrow R_{ib} = 10,1 \text{ k}\Omega$$

$$R_i = R_{ib} // R_{B1} = 5,4 \text{ k}\Omega$$

| R<sub>oC</sub> |

$$R_{oC} = \Gamma_{\pi_2} \left( \frac{\beta R_1}{R_1 + \Gamma_{\pi_2}} + 1 \right) \xrightarrow{\Gamma_{\pi_2} \rightarrow \infty} \infty \Rightarrow R_o = R_{oC} // R_{o2} = 12 \text{ k}\Omega$$

| A<sub>o2</sub> |

$$A_{o2} = \frac{N\beta_2}{N\beta_1} = -\frac{ic_2 R_{oA}}{Nbe_2} = g_m R_{oA} = 39,4 \text{ m. } 6 \text{ k} = 236$$

$$A_{o1} = \frac{N\beta_1}{N\beta_2} = \frac{(ib_1 + ic_1)(R_{E1} // R_2)}{(ib_1 + ic_1)(R_{E1} // R_2) + Nbe_1} = \frac{ic_1 R_2}{ic_1 R_2 + \frac{ic_1 \Gamma_\pi}{\beta}} = 0,496$$

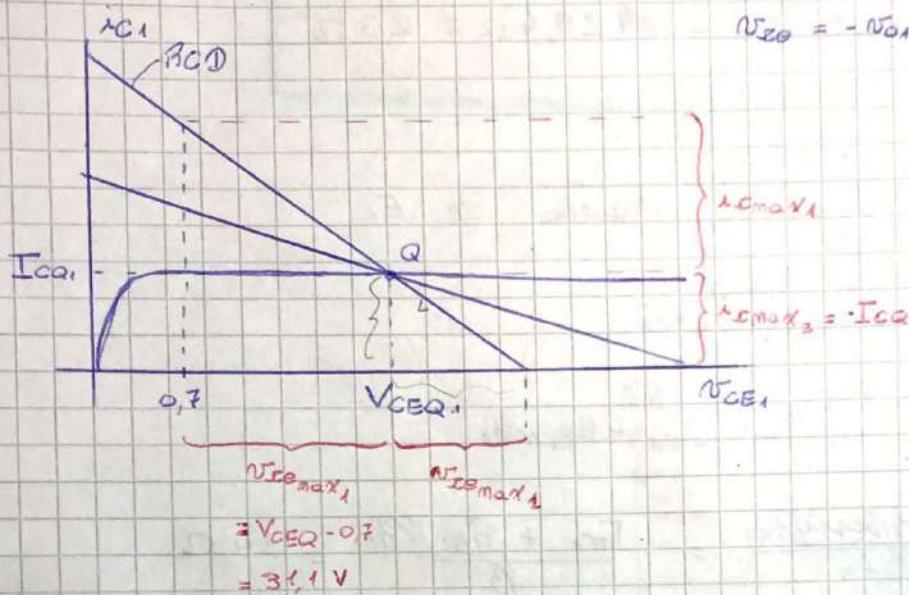
NOTA

$$\Rightarrow A_o = A_{o1} A_{o2} = 117$$

A<sub>VR</sub>

$$A_{VR} = \frac{N_O}{N_A} = \frac{N_O}{\beta_1} \frac{\beta_2}{N_A} = A_{VR} \frac{R_L}{R_L + R_A} \Rightarrow A_{VR} = 85,4$$

c) Para el transistor 1 (recorriendo la malla obtengo)



Busco la pendiente de RCD ( $i_{C1}/N_{ce1}$ )

$$N_{O1} + N_{ce1} = 0$$

$$i_{C1}(R_2 // 8k) + N_{ce1} = 0 \rightarrow \frac{i_{C1}}{N_{ce1}} = -\frac{1}{R_2 // 8k} \approx -\frac{1}{R_2}$$

Por trigonometría

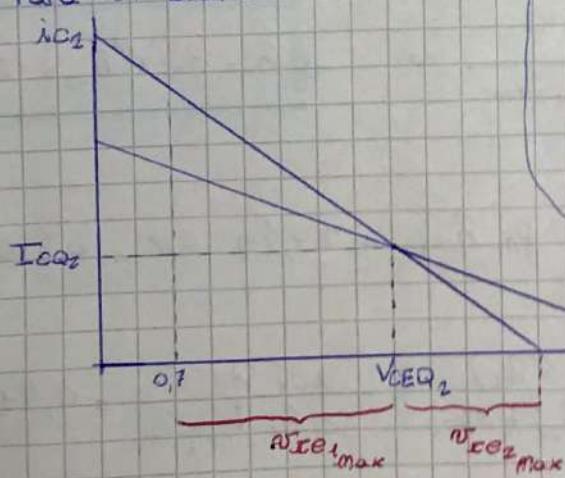
$$\circ N_{ce1max1} = R_2 I_{CQ1} = 24,5 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow N_{Omax} = 24,5 \text{ mV}$$

$$\circ N_{ce1max1} = 3,1 \text{ V}$$

$$\Rightarrow N_{Omax} = A_{V2} N_{ce1max} = 5,78 \text{ V}$$

Para el transisistor 2



del circuito de señal

$$N_O / A_{V2}$$

$$N_O - N_{ce2} - N_{ce1} = 0$$

$$\approx N_O = N_{ce2}$$

$$-i_C(R_C // R_L) = N_{ce2} \Rightarrow \frac{i_C}{N_{ce2}} = -\frac{1}{R_C // R_L}$$

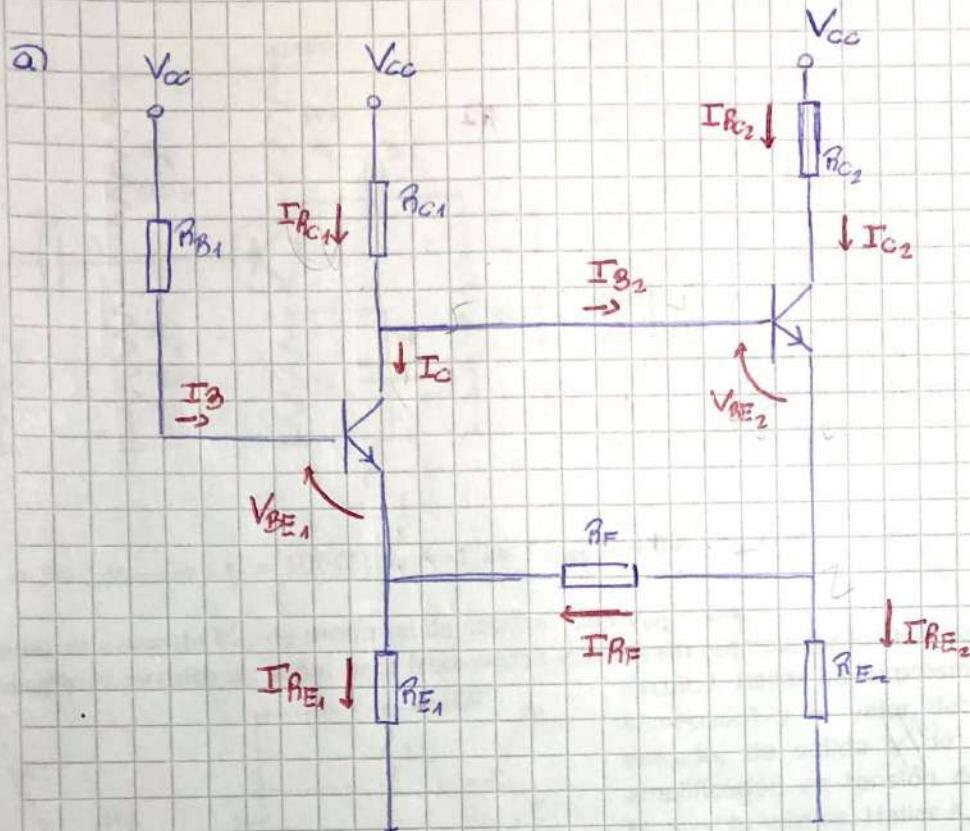
$$\Rightarrow N_{ce2max2} = R_C // R_L I_{CQ2} = 6,12 \text{ V}$$

$$N_{ce2max2} = V_{CEQ2} - 0,7 = 18,9$$

$\Rightarrow N_{Omax} = 6,12$  pero la limitante es la otra por ser menor  $\Rightarrow N_{Omax} = 5,78 \text{ V}$

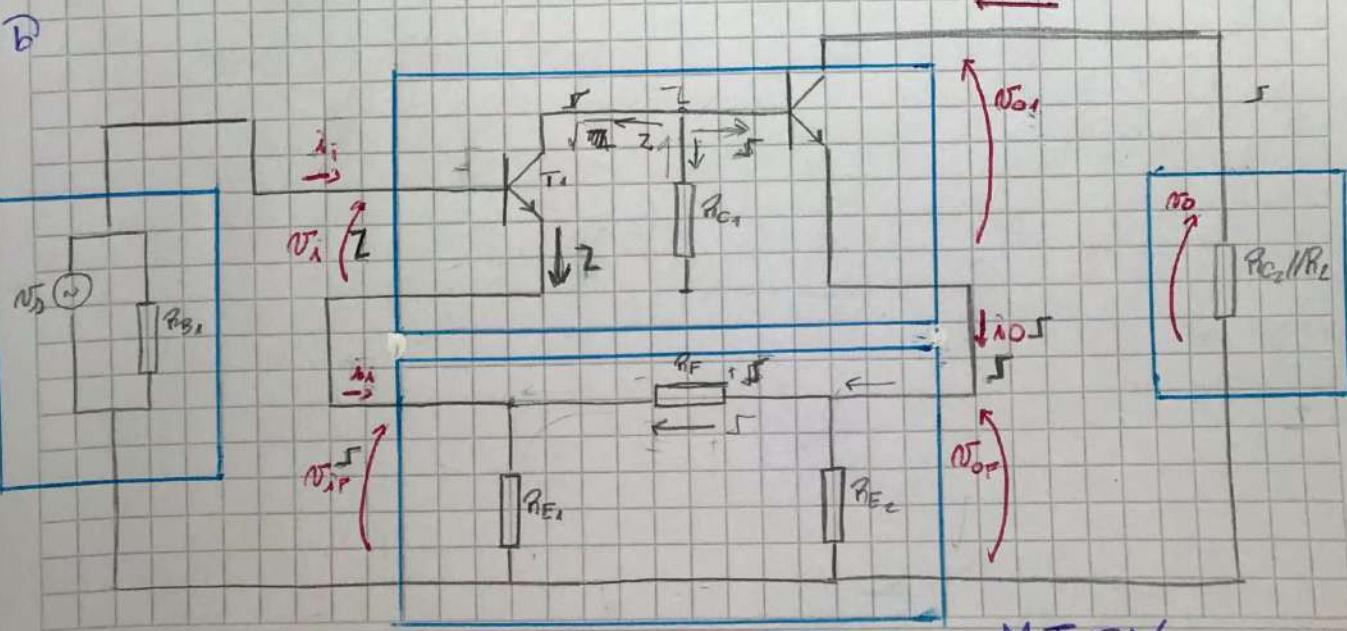
NOTA

## EJERCICIO 2

Supongo  $\uparrow \beta_1$ 

$$\Rightarrow \uparrow I_{C1} \Rightarrow \uparrow I_{Rc1} \Rightarrow \downarrow V_{B2} \Rightarrow \downarrow V_{E2}$$

$$\Rightarrow \downarrow V_{RE2} \Rightarrow \downarrow I_{Rf} \Rightarrow I_{C1} \uparrow$$



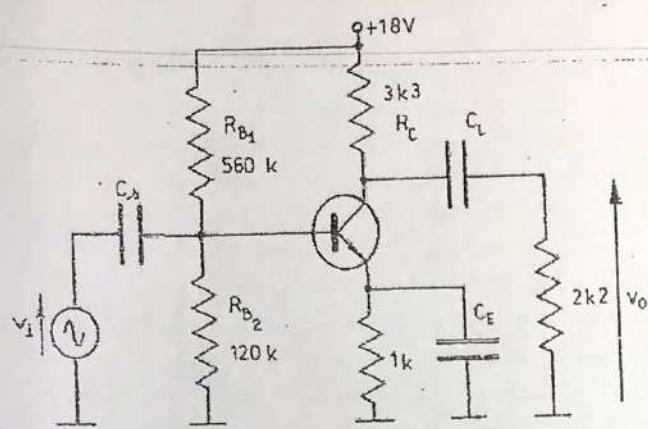
NOTA

MISV

13

## para Fotocopiárs.

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº HOJAS	1	2
M	T	N				



1.- La señal de entrada resulta ser una senoidal de frecuencia tal, que su valor se encuentra en el rango de frecuencias medias. ¿Qué significa?

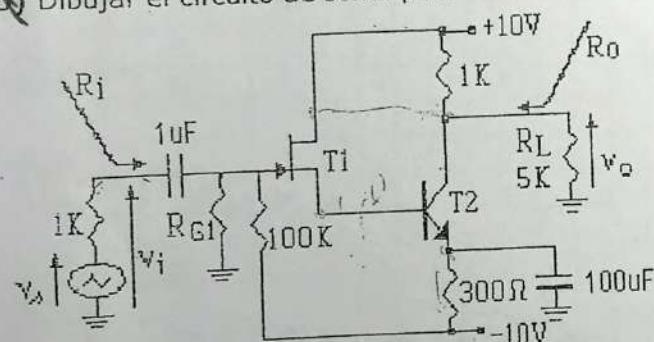
- a) Trazar las RCE y RCD. Calcular el punto de reposo ( $I_{CQ}$ ,  $V_{CEQ}$ ).
- b) Dibujar en forma aproximada las formas de onda que podría observarse en un osciloscopio (indicando los valores extremos *aproximados*) al medir  $v_o$ , para  $\hat{V}_i = 2,5\text{mV}$  y  $\hat{V}_i = 250\text{mV}$ .
- c) Repetir el punto b) si se producen las siguientes modificaciones al circuito, de a una por vez y siempre partiendo del circuito original.
  - c<sub>1</sub>) Se cortocircuita  $C_E$ .
  - c<sub>2</sub>) Se desconecta  $C_E$ .

2.-  $B = 50$ ;  $V_A \rightarrow \infty$ ;  $r_x = 100\Omega$ ;  $V_P = -1,5\text{V}$ ;  $I_{DSS} = 4\text{ mA}$ ;  $r_{gs} \rightarrow \infty$ ;  $\lambda \equiv 0$

a) Hallar el valor de  $R_{G1}$  de modo tal de obtener una  $V_{oQ} = 0\text{ V}$ .

b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuitual. Hallar las expresiones (*justificando por inspección*) y el valor de: las resistencias de entrada, de salida y de carga, así como la amplificación de tensión de cada etapa. Hallar  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_v$  totales. Hallar  $A_{vs} = v_o/v_s$ .

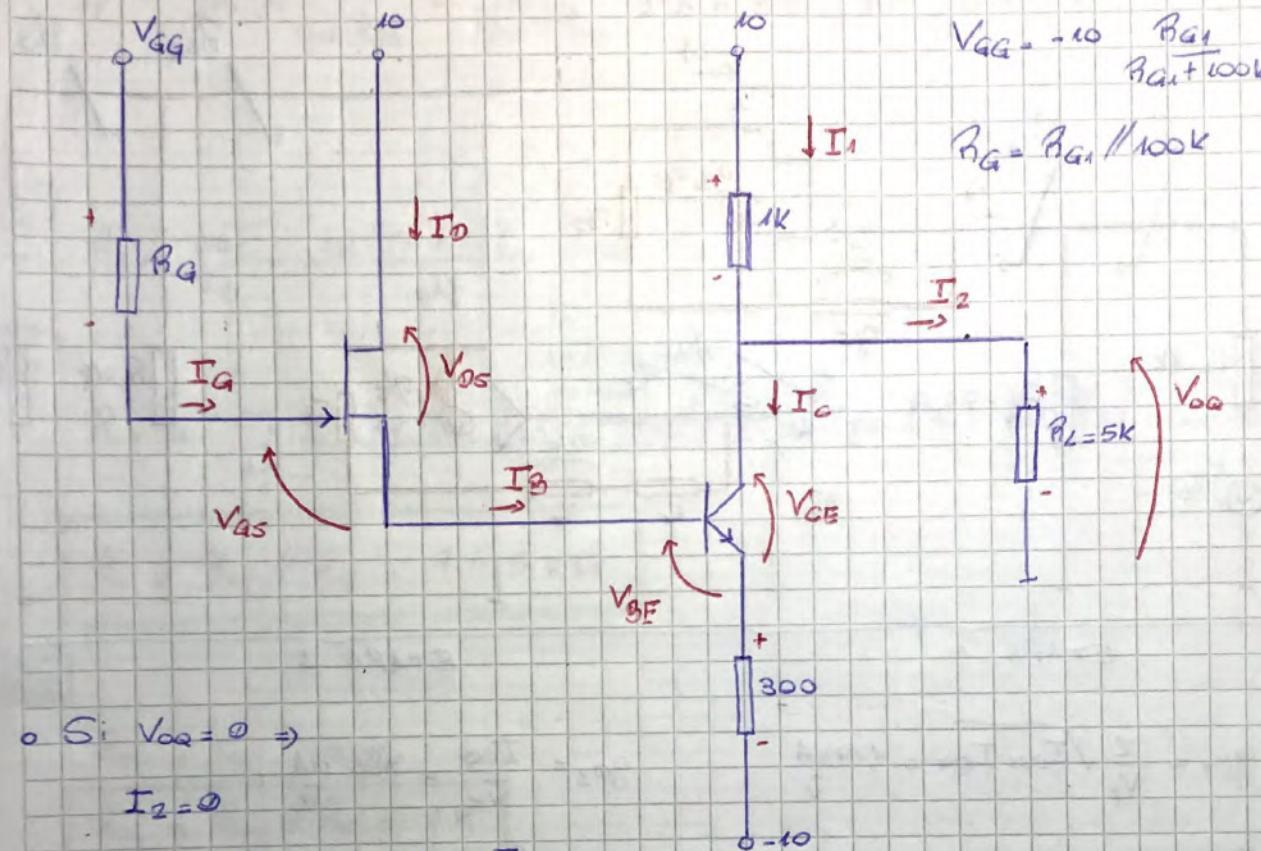
c) Analizar *cuantitativamente* cómo se modifican los valores de reposo y parámetros de señal si se conecta entre source y -10V una resistencia  $R_{S1} = 2\text{K}\Omega$ .



PARCIAL 27/5/13

EJERCICIO 2

POLARIZACIÓN



- Si  $V_{AO} = 0 \Rightarrow$

$$I_2 = 0$$

$$I_1 = \frac{10V}{1k} = 10mA = I_{CQ}$$

#

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 200\mu A = I_{DQ}$$

- Despejo  $V_{GS}$

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \rightarrow \boxed{V_{GSQ} = -1,16V}$$

- Busco  $V_{GG}$

$$V_{GG} - I_G R_G - V_{GSQ} - V_{BE} - 300 I_{CQ} - (-10) = 0$$

$$V_{GG} + 1,16 + 0,7 - 300 \cdot 10m + 10 = 0$$

$$\Rightarrow V_{GG} = -7,46V = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 100k} \Rightarrow \boxed{R_{G1} = 293k\Omega}$$

$$\Rightarrow R_G = 74,5k\Omega$$

NOTA

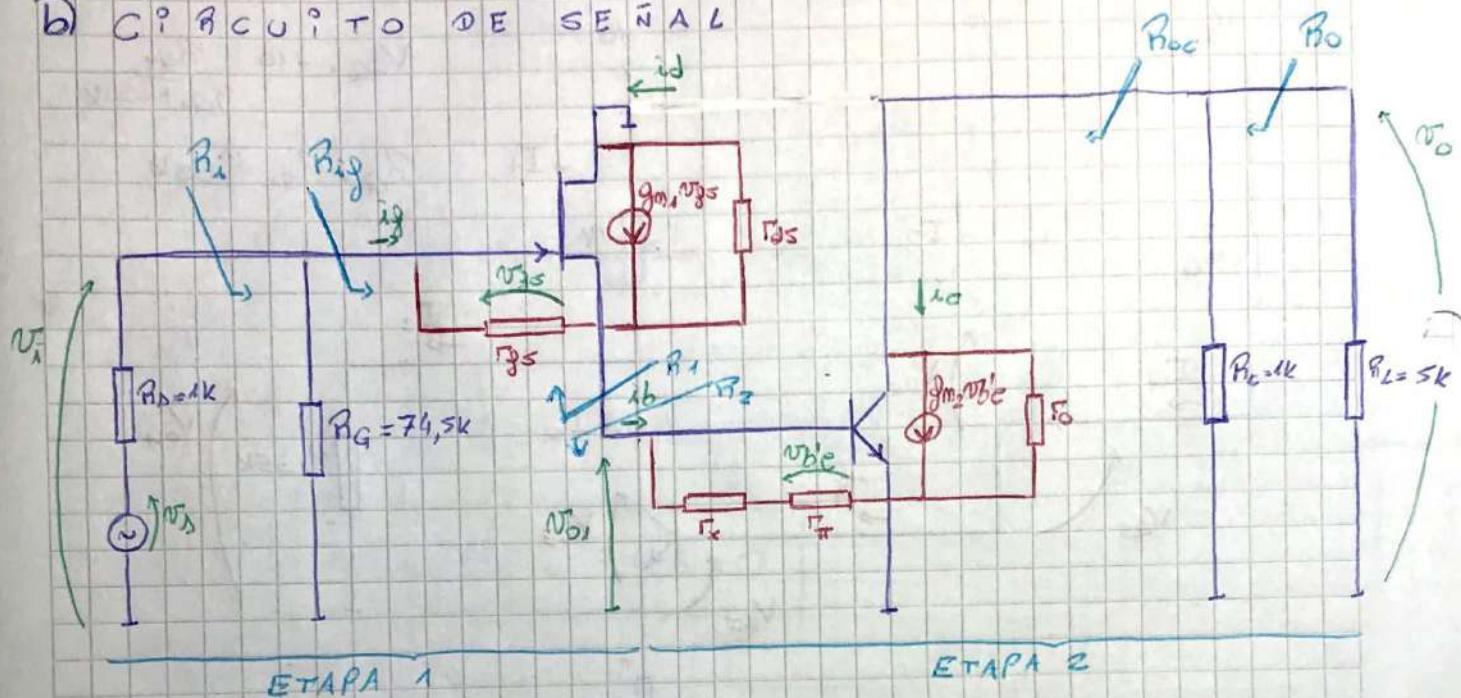
nota

o Busco  $V_{DSQ}$  y  $V_{CEQ}$

$$\hookrightarrow 10 - V_{DSQ} - V_{BE} - I_{CQ} \cdot 300 + 10 = 0 \rightarrow V_{DSQ} = 16,3 \text{ V}$$

$$\hookrightarrow 10 - I_C \cdot 1K - V_{CEQ} - 300 I_{CQ} + 10 = 0 \rightarrow V_{CEQ} = 7 \text{ V}$$

b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m_1} = \frac{2}{V_T} \sqrt{I_{DSQ} I_{CQ}} = 1,12 \text{ mA}$$

$$g_{m_2} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 386 \text{ mA}$$

$$r_{ds} \rightarrow \infty$$

$$r_\pi = \beta/g_{m_2} = 130 \Omega$$

$$r_x \rightarrow \infty$$

$$r_o \rightarrow \infty$$

NOTA

**R<sub>1</sub>**

~~R<sub>1</sub> = 1000~~  
 Pongo una fuente de prueba

$$i_p + g_{m1} v_{gs} - \frac{v_p}{r_{gs} + R_{GA}} = 0$$

$$i_p + g_{m1} r_{gs} \frac{(-v_p)}{r_{gs} + R_{GA}} - \frac{v_p}{r_{gs} + R_{GA}} = 0 \Rightarrow \frac{v_p}{i_p} = \frac{r_{gs} + R_{GA}}{g_{m1} r_{gs} + 1} \approx \frac{1}{g_{m1}} = R_1$$

$$\Rightarrow R_1 = 840 \Omega$$

**R<sub>2</sub>**

$$R_2 = \frac{v_{oi}}{i_b} = \frac{\beta b (\Gamma_\pi + \Gamma_x)}{\beta b} \Rightarrow R_2 = 230 \Omega$$

**R<sub>i</sub>**

$$zid = i_p g_{m1} r_{gs}$$

$$R_{ig} = \frac{v_{oi}}{i_g} = \frac{i_g r_{gs} + (i_g + id) R_2}{i_g} = r_{gs} (1 + g_{m1} R_2) \rightarrow \infty$$

$$R_i = R_{ig} // R_G = 74,5 \text{ k}\Omega$$

**R<sub>o</sub>**

$$R_{oc} = \Gamma_o \rightarrow \infty$$

$$R_o = R_{oc} // R_c = 1 \text{ k}\Omega$$

**A<sub>v2</sub>**

$$A_{v2} = \frac{v_o}{v_{oi}} = - \frac{i_o R_c // R_L}{i_b (\Gamma_\pi + \Gamma_x)} = - \frac{\beta R_c // R_L}{\Gamma_\pi + \Gamma_x} = - 181$$

$$A_{v1} = \frac{v_o}{v_{oi}} = \frac{(i_g + id) R_2}{(i_g + id) R_2 + i_g r_{gs}} = \frac{g_{m1} r_{gs} R_2}{g_{m1} r_{gs} R_2 + r_{gs}} = 0,215$$

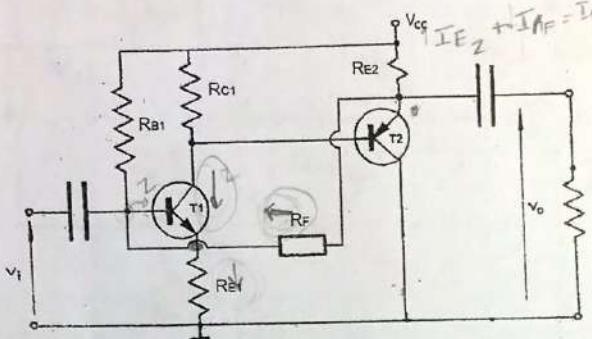
$$A_{vT} = \frac{v_o}{v_{oi}} = \frac{v_o}{v_{oi}} \frac{v_{oi}}{v_{oi}} = A_{v1} A_{v2} = - 38,9$$

$$A_{vD} = \frac{v_o}{v_{os}} = \frac{v_o}{v_{oi}} \frac{v_{oi}}{v_{os}} = A_{vT} \frac{R_i}{R_i + R_D} = - 38,4$$

NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			T	M	

- 1.- a) Analizar, siguiendo los incrementos de los valores de reposo a través del lazo, si el agregado de  $R_F$  ayuda a estabilizar (o no) los puntos de reposo debido a la dispersión en el valor del  $\beta$  al reemplazar uno de los TBJ por otro del mismo tipo.



b) Identificar los bloques del sistema realimentado en señal (a frecuencias medias) por la inclusión de  $R_F$ : amplificador, realimentador, generador y carga. Justificar qué muestrea y qué suma.

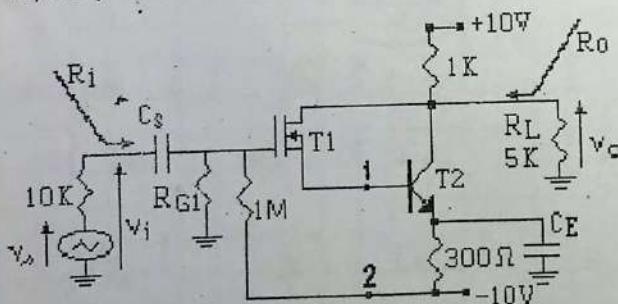
c) Analizar dónde debe conectarse el terminal de  $R_F$  a la entrada para invertir el signo de la realimentación.

- 2.- Dada la siguiente configuración:

$$\begin{aligned} \beta &= 50 ; V_A \rightarrow \infty ; r_x = 100\Omega ; V_T = -1,5V ; k = 1 \text{ mA/V}^2 ; \lambda = 0 \\ C_\mu &= 0,3 \text{ pF} ; f_T = 300 \text{ MHz} ; C_{gs} = 3 \text{ pF} ; C_{gd} = 0,5 \text{ pF} \end{aligned}$$

a) Hallar el valor de  $R_{G1}$  de modo tal de obtener una  $V_{OQ} = +2V$ .

b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuital. Hallar las expresiones (justificando por inspección) y el valor de:  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_v$  totales. Hallar  $A_{v_s}$ .



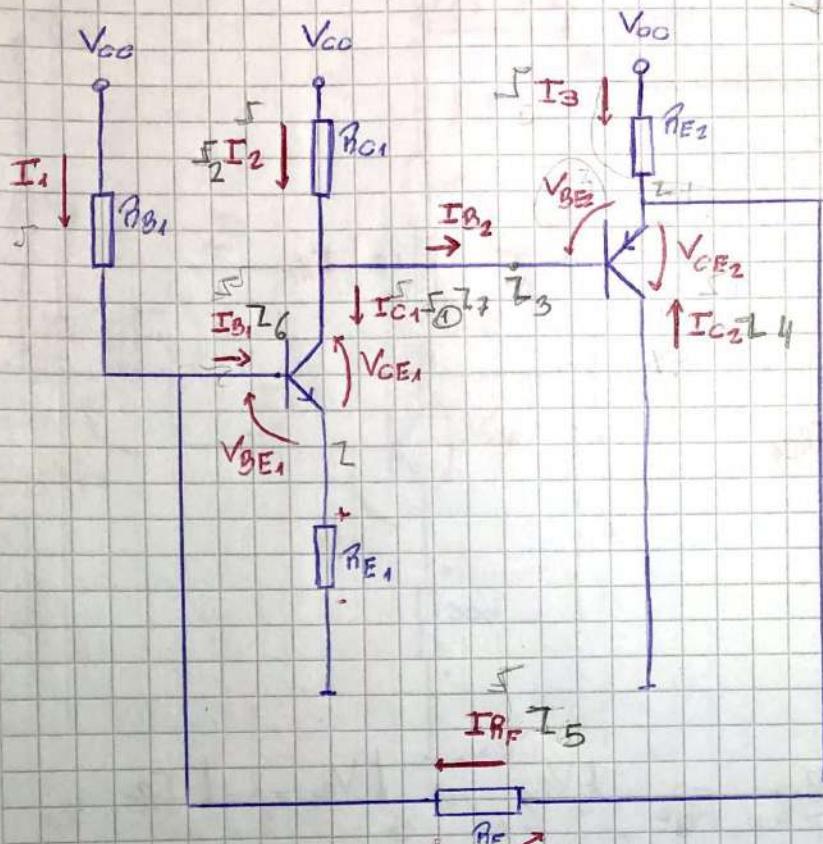
c) Hallar el valor de los capacitores de acople y desacople de señal,  $C_s$  y  $C_e$ , si se quiere garantizar una  $f_l = 200$  Hz y que ambos capacitores posean igual frecuencia ficticia asociada. En este caso, ¿la frecuencia ficticia asociada a cada capacitor coincidirá con la verdadera?. Justificar.

d) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores calculados en los items a), b) y c) si se conecta entre los puntos "1" y "2" un resistor de 10 KΩ.

ítems a), b) y c) si se conecta entre los puntos "1" y "2" un resistor de 10 KΩ.

PARCIAL 22/11/19

EJERCICIO 1



$$V_B - V_E - (V_E - V_B)$$

$$\uparrow I_{E_2} \quad \uparrow V_{P_F} = I_3 + I_R$$

Supongo que  $\beta_1 \uparrow$ 

$$\Rightarrow \uparrow I_{C_1} \Rightarrow \uparrow I_2 \Rightarrow \downarrow V_{B_2} \Rightarrow \downarrow V_{E_2}$$

$$\Rightarrow V_{R_F} \downarrow \Rightarrow I_{R_F} \downarrow \Rightarrow I_{B_1} \downarrow \Rightarrow I_{C_1} \downarrow$$

 $\Rightarrow$  se estabiliza el punto de reposo

OTRA FORMA

Supongo que  $\beta_2 \uparrow$ 

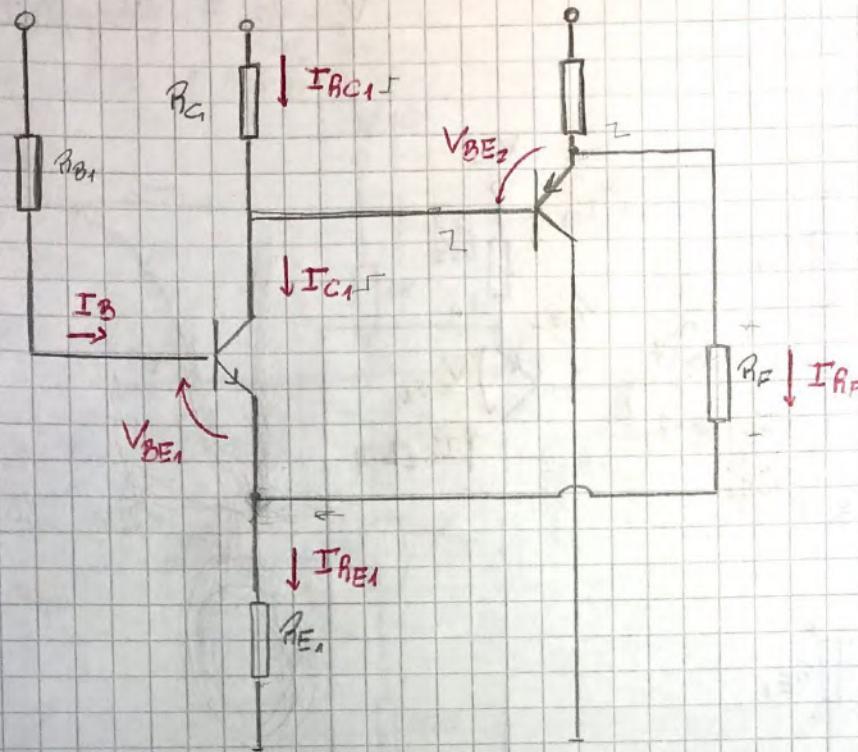
$$\Rightarrow I_{C_2} \downarrow \Rightarrow \uparrow I_{E_2} \Rightarrow I_{R_F} \downarrow \Rightarrow I_{B_1} \downarrow \Rightarrow I_{C_1} \downarrow \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 \downarrow \Rightarrow V_{B_2} \uparrow \Rightarrow V_{E_2} \uparrow \Rightarrow I_3 \downarrow \Rightarrow I_{E_2} \downarrow \Rightarrow I_{C_2} \uparrow$$

NOTA

B)

C)

Supongo  $\beta_1 \uparrow$ 

$$\Rightarrow \uparrow I_{C1} \Rightarrow \uparrow I_{RC1} \Rightarrow \downarrow V_{B2} \Rightarrow \downarrow V_{E2} \Rightarrow \downarrow I_{RF}$$

$$\Rightarrow \text{como } I_{RF} + I_{Q1} = I_{RE1} \Rightarrow I_{C1} \uparrow$$

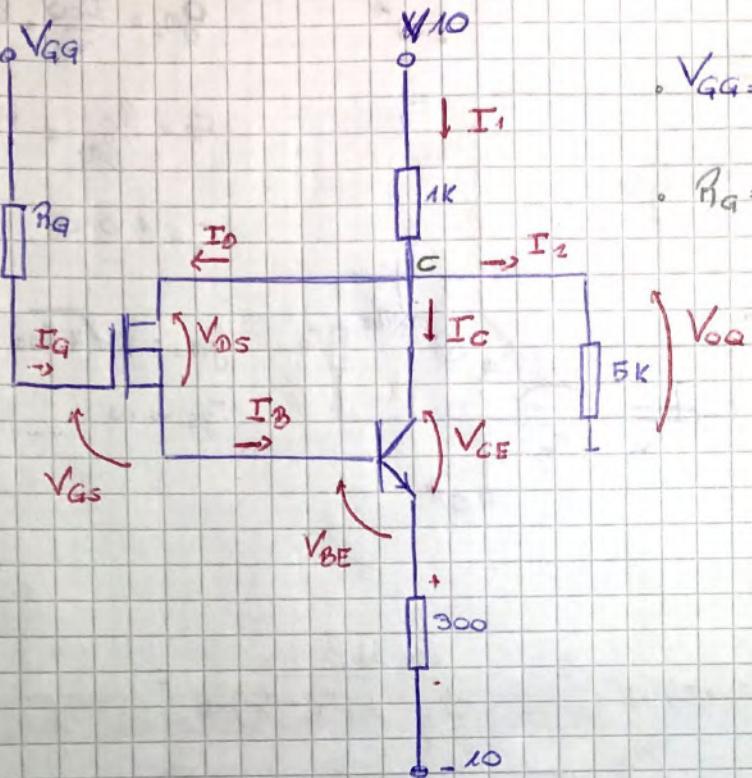
~~$\downarrow V_{E1} \uparrow \Rightarrow V_{BE1} \uparrow$  (poco sentido)  $\Rightarrow I_{C1} \uparrow$~~

$$\Rightarrow \text{como } I_{RF} \downarrow \Rightarrow I_{RE1} \downarrow \Rightarrow V_{E1} \downarrow \Rightarrow V_{BE1} \uparrow \Rightarrow I_{C1} \uparrow$$

NOTA

## EJERCICIO 2

## POLARIZACIÓN



$$V_{GG} = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 1M}$$

$$R_G = R_{G1} // 1M$$

$$\text{Si } V_{OQ} = 2 \Rightarrow I_2 = \frac{2}{5k} = 400 \mu A$$

$$I_A = \frac{10 - 2}{1k} = 8 mA$$

Planteo el nodo C

$$I_A = I_2 + I_C + I_D \stackrel{\downarrow}{=} I_2 + I_C \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$I_D = I_B$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{I_A - I_2}{1 + \frac{1}{\beta}} = 7,44 mA$$

$$\Rightarrow I_D = I_C / \beta = 149 \mu A$$

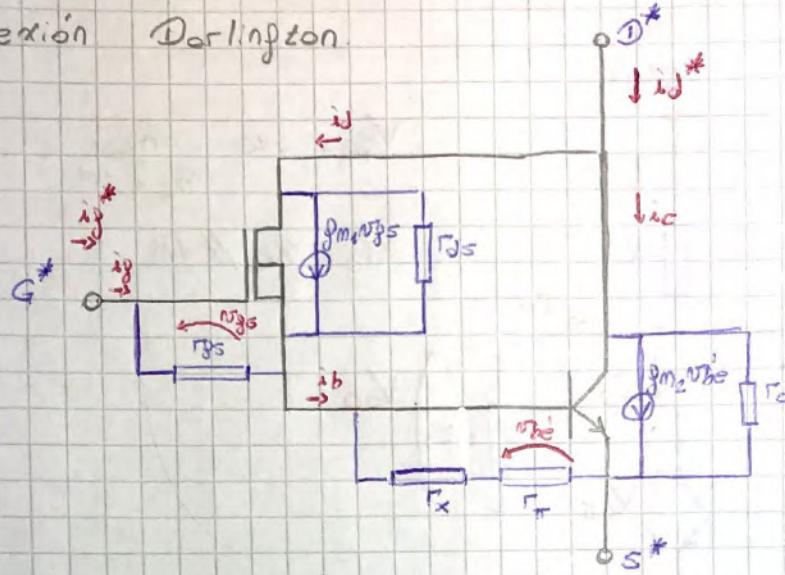
$$I_D = 1m \left( V_{GS} - V_T \right)^2 \rightarrow | V_{GS} = -1,11 V |$$

$$V_{GG} - I_G R_G - V_{GS} - V_{BE} - I_C 300 - (-10) = 0 \rightarrow | V_{GG} = -8,17 |$$

$$\text{NOTA: } V_{GG} = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 1M} \rightarrow | R_{G1} = 4,46 M\Omega |$$

# CIRCUITO DE SEÑAL

Para el circuito de señal busco el equivalente de la conexión Darlington.



$$g_{m2}^* = \frac{I_{CQ}}{\sqrt{V_T}} = 28.7 \text{ mA}$$

$$\Gamma_{\pi} = \frac{\beta}{g_{m1}} = 171$$

$$r_x = 100$$

$$g_{m1} = 2\sqrt{kI_{DQ}} = 0.77 \text{ mA}$$

$$r_{gs} \rightarrow \infty$$

$$\circ g_m^* = \frac{i_d^*}{i g_{gs}^*} = \frac{i_d + i_c}{i g r_{gs} + (\Gamma_{\pi} + r_x) i_b} \approx \frac{i_c / i_b \beta}{\frac{i_b}{g_{m1}} + (\Gamma_{\pi} + r_x) i_b} =$$

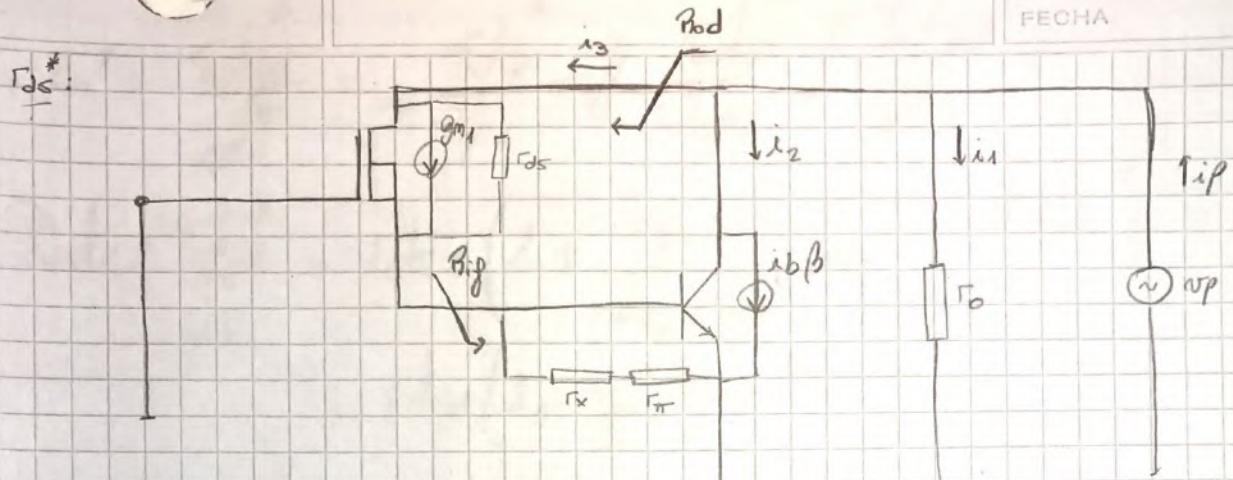
$$\Rightarrow g_m^* = \frac{\beta}{\frac{1}{g_{m1}} + (\Gamma_{\pi} + r_x)} \approx g_{m1} r_{gs}$$

$$\circ \Gamma_{gs}^* = \frac{V_{gs}^*}{i g^*} = \frac{i g r_{gs} + i_b (\Gamma_x + \Gamma_{\pi})}{i g} = \frac{i g r_{gs}}{i g} + \frac{i g (1 + g_{m1} r_{gs}) (\Gamma_x + \Gamma_{\pi})}{i g}$$

$$= i g (1 + g_{m1} r_{gs})$$

$$\Rightarrow \boxed{\Gamma_{gs}^* = \Gamma_{gs} (1 + g_{m1} (\Gamma_x + \Gamma_{\pi}))}$$

NOTA



$$\Gamma_{ds}^* = \frac{Vp}{i_p} = \frac{Vp}{i_1} \parallel \frac{Vp}{i_2} \parallel \frac{Vp}{i_3}$$

•  $\frac{Vp}{i_1} = \Gamma_0$

$$= \Gamma_\pi + \Gamma_x$$

•  $\frac{Vp}{i_3} = R_{od} = \Gamma_{ds} \left( 1 + \frac{gm_1 r_{ds}}{R_{ig} + r_{ds}} \right) =$   
 $= \Gamma_{ds} \left( 1 + \frac{gm_1 r_{ds} (\Gamma_\pi + \Gamma_x)}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + r_{ds}} \right) = \Gamma_{ds} (1 + gm_1 (\Gamma_\pi + \Gamma_x))$

•  $\frac{Vp}{i_2} = \frac{Vp}{ib\beta} = \frac{Vp}{ib\beta} = \frac{\Gamma_{ds}}{\beta} (1 + gm_1 (\Gamma_\pi + \Gamma_x))$

$$ib = id = i_3$$

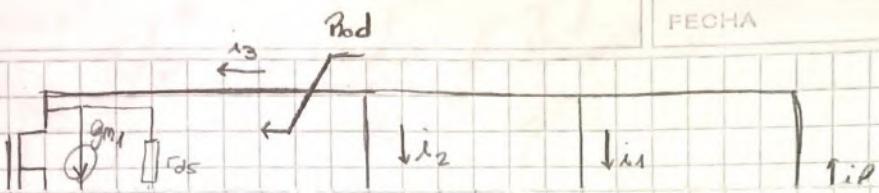
$$\Rightarrow \Gamma_{ds}^* = \cancel{R_{od}} \parallel \Gamma_0 \parallel \frac{\Gamma_{ds}}{\beta} = \Gamma_0 \parallel \Gamma_{ds} (1 + gm_1 (\Gamma_\pi + \Gamma_x))$$

$$\boxed{\Gamma_{ds}^* = \Gamma_0 \parallel \Gamma_{ds} (1 + gm_1 (\Gamma_\pi + \Gamma_x))}$$

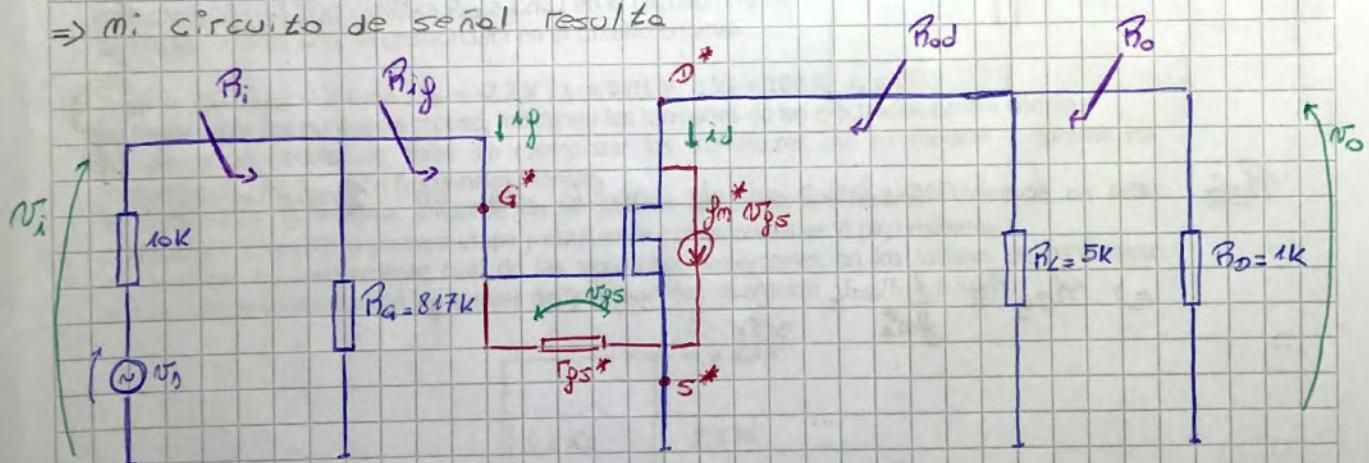
•  $R_{if} = \Gamma_{ds}^* \rightarrow \infty \Rightarrow R_i = R_G = 817 \text{ k}\Omega$

•  $R_{od} \rightarrow \infty \Rightarrow R_o = R_L = 5 \text{ k}\Omega$

NOTA

$\Gamma_{ds}^*$ :

$\Rightarrow$  mi circuito de señal resulta



$$A_{vT} = \frac{V_O}{V_I} = \frac{-i_3 R_{DA}}{i_3 \Gamma_{DS}^*} = \frac{-i_3 R_{DA}}{\frac{i_3}{g_m} \Gamma_{DS}^*} = -g_m^* R_{DA} = -31.8 \text{ m} 833 = -26,5$$

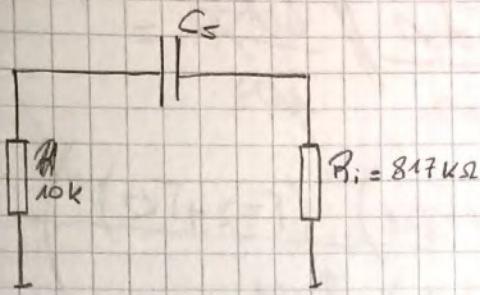
$$\Rightarrow A_{vT} = 26,5$$

$$R_{if} = \Gamma_{DS}^* \rightarrow \infty \Rightarrow R_i = R_G = 817 \text{ k}\Omega$$

$$R_{od} \rightarrow \infty \Rightarrow R_o = R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

NOTA

c) Supongo  $C_S$  mas influente

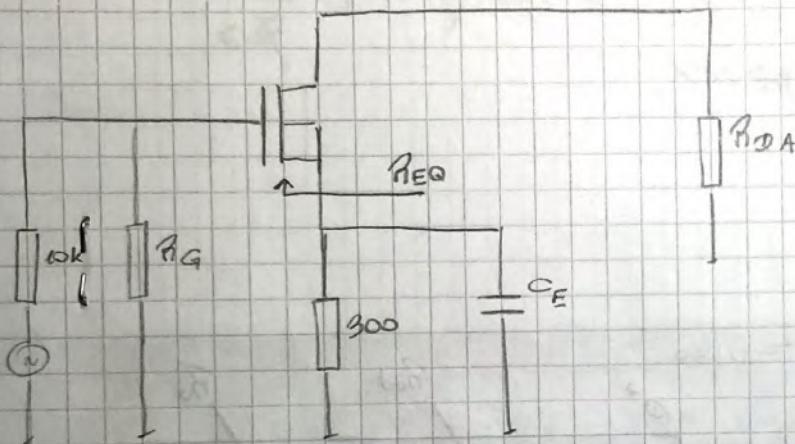


$$Z_{C_S} = C_S (R_i + 10k)$$

$$\Rightarrow f_{C_S} = \frac{1}{2\pi C_S (R_i + 10k)} = 100 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow C_S = 1,92 \text{ nF}$$

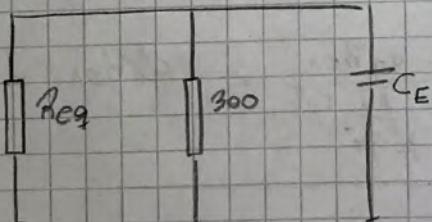
Supongo  $C_E$  mas influente



$R_{EQ}$  es la resistencia de salida de un drain común

$$\Rightarrow R_{EQ} \approx \frac{1}{g_m^*} = \frac{1}{25,8 \text{ mA}} = 31,4 \Omega$$

$\Rightarrow$



$$Z_{C_E} = (300 \parallel 31,4) C_E$$

$$\Rightarrow f_{C_E} = \frac{1}{2\pi Z_{C_E}} = 100 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow C_E = 56, \mu\text{F}$$

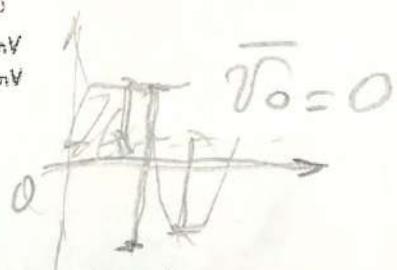
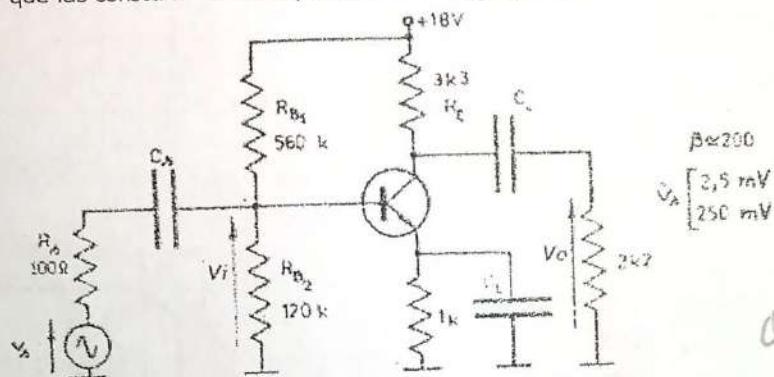
NOTA

66.08 - 86.06

Primer Parcial 1/18- primera fecha - 11/05/18

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T N		

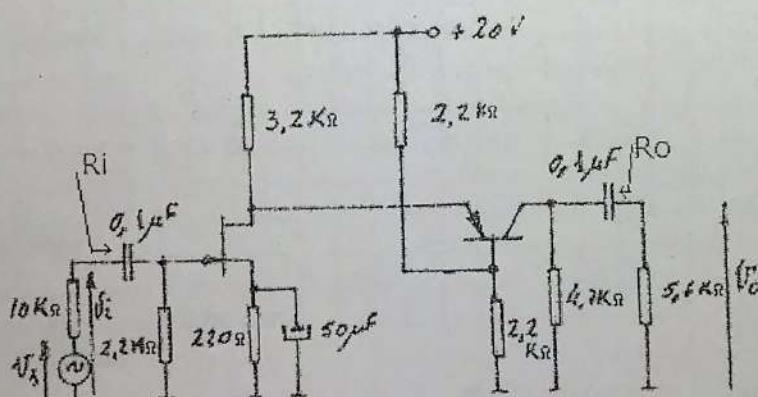
- 1.- Para el circuito de la figura, se trabaja con una frecuencia tal, que el período de la señal es mucho menor que las constantes de tiempo asociadas a  $C_L$ ,  $C_S$  y  $C_E$ .



- a) Hallar las tensiones de los terminales del transistor contra común.
- b) Dibujar las formas de onda de  $V_o$  que podrían observarse en un osciloscopio para los valores de  $v_s$  indicados.
- c) Repetir a) y b) si  $C_E$  se desconecta del circuito original.
- d) Repetir a) y b) si se modifica  $R_{B2}$  a 12KΩ en el circuito original.
- e) Repetir a) y b) si  $C_L$  se cortocircuita en el circuito original.

2.-  $\beta = 150$ ;  $I_{DSS} = 3.4 \text{ mA}$ ;  $V_P = -2.2 \text{ V}$ ;  $\lambda = 0.01 \text{ V}^{-1}$ ;  $V_A = 100 \text{ V}$ ;  $r_x \approx 0\Omega$

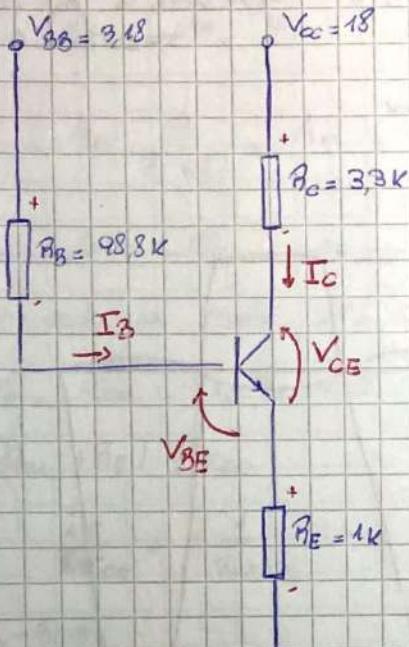
- a) Determinar los puntos de reposo, indicando las tensiones de los electrodos contra común.
- b) Dibujar el circuito de señal sin reemplazar los transistores por su modelo y obtener por inspección  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_{vdc}$  a frecuencias medias.
- c) Determinar la máxima amplitud de la tensión de salida sin recorte. Verificar en estas condiciones si recorta la primera etapa y obtener la correspondiente  $V_i$  pico máxima.
- d) Justificar cualitativamente cuál de las siguientes dispersiones en los valores de parámetros afecta más la estabilidad en los valores de las corrientes de reposo:  $\Delta I_{DSS}/I_{DSS}$  o  $\Delta \beta/\beta$ .



PARCIAL 11/5/18

## EJERCICIO 1

## a) POLARIZACIÓN



$$V_{BB} = 18 \frac{120\text{k}}{560\text{k} + 120\text{k}} = 3.18$$

$$R_B = R_{B1} // R_{B2} = 98.8\text{ k}\Omega$$

$$\text{M} \quad \frac{I_{CO}}{\beta} \\ 3.18 - I_{CO} 98.8\text{ k} - 0.7 - I_{CO} 1\text{k} = 0$$

$$I_{CO} = \frac{3.18 - 0.7}{98.8\text{ k} + 1\text{k}} = 1.66 \text{ mA}$$

$$V_E = 1\text{k} \cdot 1.66 \text{ mA} = 1.66 \text{ V}$$

$$V_B = 2.36 \text{ V}$$

$$V_C = 18 - I_{CO} R_C = 12.55 \Rightarrow V_{CE} = 12.5$$

circuito de emisor (lo hacen con  $C_E$  desconectado)

Necesito la ganancia para ver como son las señales de salida

Estando el capacitor  $C_E$

Es un Emisor común realimentado

$$\Rightarrow A_{vT} = -g_m R_{CA} \frac{1 + g_m R_E}{1 + g_m R_E}$$

b)  $R_{CA} = R_C // R_L$

$R_E = 0$  → desacoplado para señal

$$g_m = \frac{I_{CO}}{V_T} = 64 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$f_T = \frac{1}{2\pi g_m} = 3.13 \text{ kHz} = f_i$$

$$\Rightarrow A_{vT} = -g_m R_{CA} = -84.5$$

$$A_{vT_0} = A_{vT} \frac{R_i}{R_i + R_S} = -81.9$$

NOTA

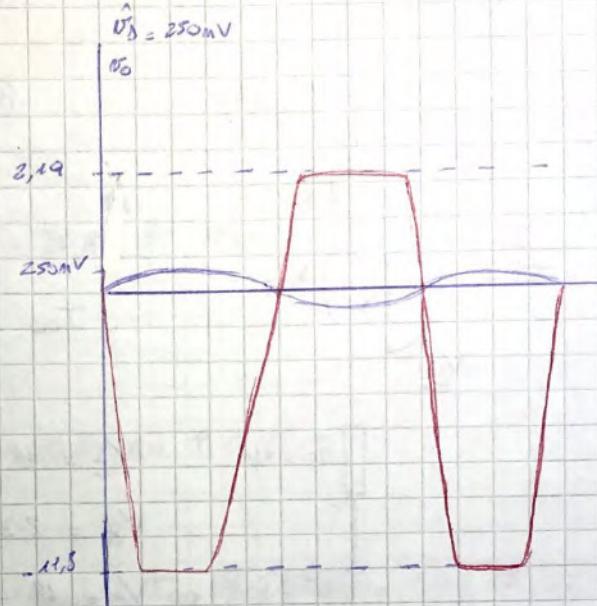
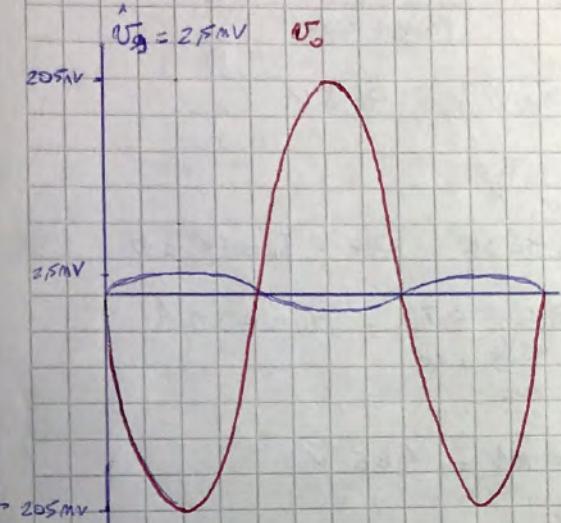
b) Necesito el no pico max

distorsión por corte  $\rightarrow V_{Dmax} = I_{CQ} (R_C // R_L) = 2,19 \text{ V}$

distorsión por sat.  $\rightarrow V_{Dmax} = V_{CEO} - 0,7 = 11,8 \text{ V}$

$\Rightarrow$  para  $V_D = 2,5 \text{ mV}$ ,  $\hat{V}_D = A_{VD} + 2,5 \text{ mV} = 205 \text{ mV}$   $\rightarrow$  no distorsiona

para  $V_D = 250 \text{ mV}$   $\hat{V}_D = A_{VD} \cdot 250 \text{ mV} = 20,5 \text{ V}$   $\rightarrow$  distorsión por corte y saturación



NOTA

Si se desconecta  $C_E$ , la polarización no cambia

$$A_{v0} = -\frac{g_m R_C}{1 + g_m R_E} = -1,3$$

$$R_{ib} = \frac{T_F}{1 + g_m R_E} = \frac{203 \text{ K}}{\frac{1}{6,13 \text{ K}} + \frac{1}{6,9 \text{ m}}} = 1 \text{ K} \quad R_i = R_{ib} // R_B = 67 \text{ K}$$

$$\Rightarrow A_{v0s} = A_{v0} \frac{R_i}{R_i + R_S} \approx A_{v0} = -1,3$$

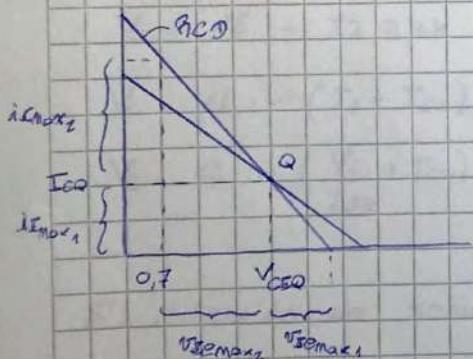
busco los  $V_{Omax} = i_{Cmax} R_C$

recorriendo la malla del circuito de señal

$$V_o - V_{ce} - i_C R_E = 0$$

$$-i_C(R_C + R_E) = V_{ce}$$

$$\Rightarrow \frac{i_C}{V_{ce}} = -\frac{1}{R_C + R_E} \rightarrow \text{pendiente } R_C \text{ D}$$



$$\circ i_{Cmax1} = I_{CQ} \frac{(R_C + R_E) / R_E}{(R_C + R_E) / R_E + 1} = 1,66 \text{ mA} \Rightarrow V_{Omax1} = 2,19$$

$$\circ i_{Cmax2} = \frac{V_{CEQ} - 0,7}{R_C + R_E} = 511 \text{ mA} \rightarrow V_{Omax2} = 16,75 \text{ V}$$

$$\text{con } V_o = 2,5 \text{ mV, } i_C = 1,66 \text{ mA, } V_{ce} = 2,25 \text{ mV}$$

$$\text{con } V_o = 250 \text{ mV, } i_C = 325 \text{ mA}$$

/ distortiones

NOTA

$$d) R_{B_2} = 12k$$

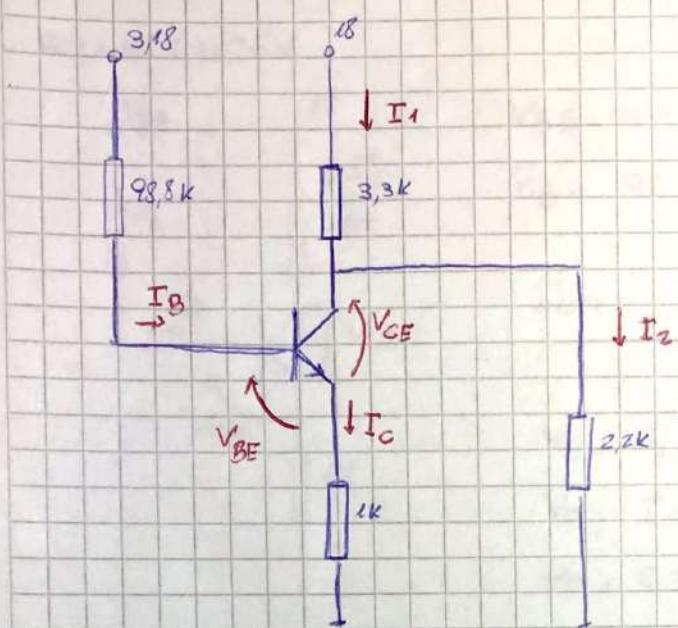
$$\Rightarrow R_B = 11,7k$$

$$\Rightarrow V_{BB} = 0,378 \text{ V}$$

$$\Rightarrow I_{CQ} = \frac{0,378 - 0,7}{\frac{28,3k}{200} + 1k} < 0 \quad ; Ab! \quad \text{no est\u00f3 en MAB}$$

NOTA

## ② POLARIZACIÓN



$I_{CQ}$ ,  $V_E$ ,  $V_B$  no cambian

$$V_C = 18 - I_1 \cdot 3,3k$$

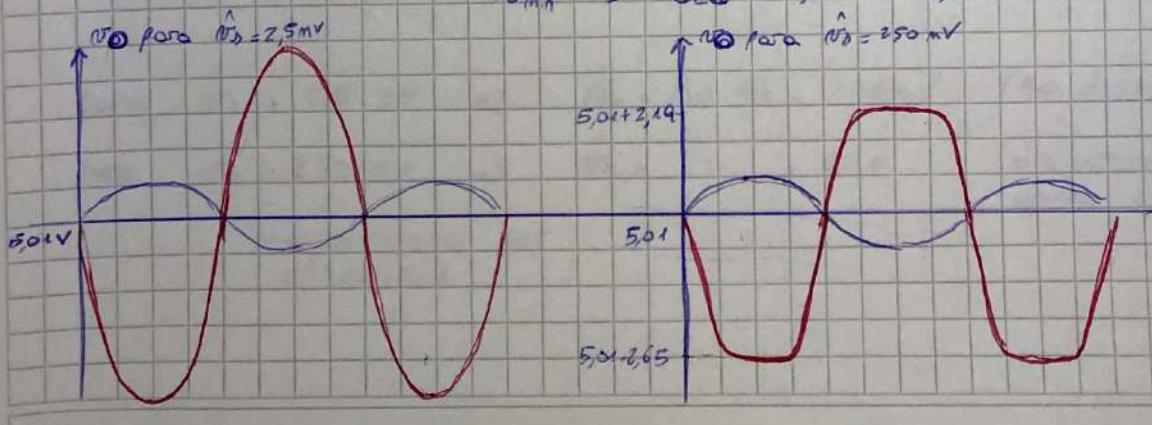
$$V_C = 18 - (I_2 + I_{CO}) \cdot 3,3k$$

$$V_C = 18 - \left( \frac{V_C}{2,2k} + I_{CO} \right) \cdot 3,3k \Rightarrow V_C = 5,01 \Rightarrow V_{CEO} = 5,01 - 1,66 \\ = 3,35 \text{ V}$$

El circuito de señal no cambia y como  $I_{CO}$  tampoco, tampoco la ganancia  $A_{vD} = -81,9$

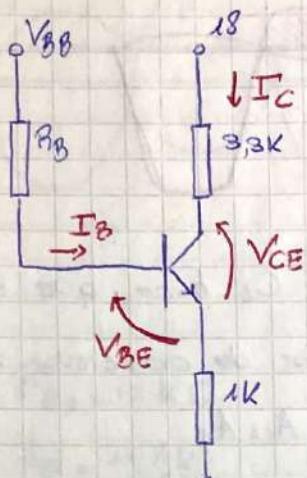
nos pico max  $\rightarrow v_{Dmax} = I_{CO} (\beta_0 / R_D) = 2,19 \text{ V}$

$$\hat{v}_{Dmin} = V_{CEO} - 0,7 = 2,65$$



## EJERCICIO 1 Rehecho para practicar

## POLARIZACIÓN



$$V_{BB} = 3,18 \text{ V}$$

$$R_B = 98,8 \text{ k}\Omega$$

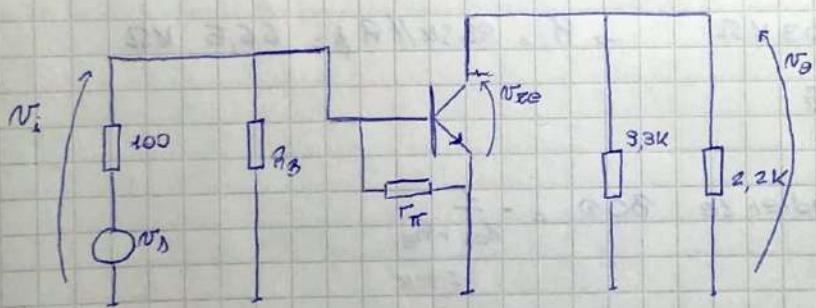
$$I_{CQ} = \frac{V_{BB} - 0,7}{R_B + 1\text{k}} = 1,66 \text{ mA}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_C = 18 - 3,3k \quad I_C = 12,5 \text{ V} \\ V_E = I_{CQ} 1\text{k} = 1,66 \text{ V} \end{array} \right\} V_{CEQ} = 10,8 \text{ V}$$

$$V_B = 2,36 \text{ V}$$

Necesito  $A_{vB}$ ,  $R_i$  y  $\hat{N}_o$  pico máximo

Circuito de señal



$$g_m = 64 \text{ mA/V}$$

$$r_T = 3,313 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = -g_m (3,3k // 2,2k) = -84,5$$

$$R_i = r_T // R_B = 3,03 \text{ k}\Omega$$

$$A_{vB} = A_v \frac{R_i}{R_i + R_B} = -81,9$$

$$\hat{N}_o = \hat{N}_{Oe}$$

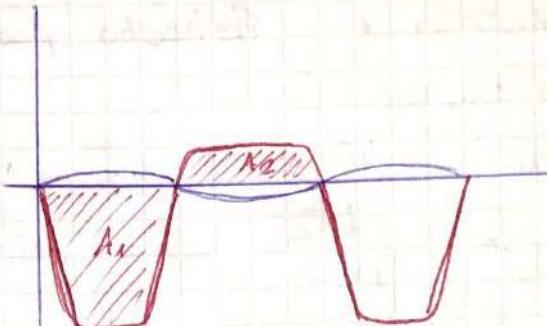
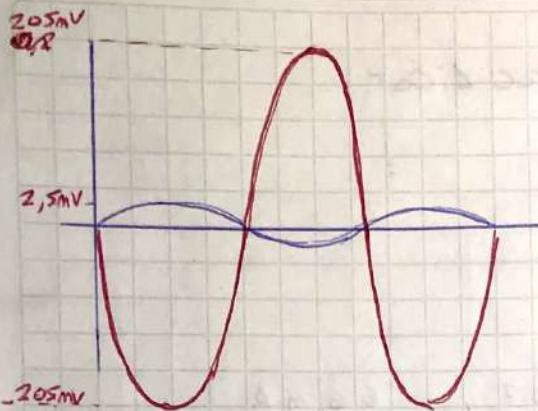
$$\hat{N}_{Oe} \approx \hat{N}_{Oe\max} = \min \{ (V_{CEQ} - 0,7) ; I_{CQ} R_{CA} \}$$

$$= \min \{ 10,1 \text{ V} ; 2,19 \text{ V} \} = 2,19 \text{ V}$$

$$\text{para } \hat{N}_D = 2,5 \text{ mV} \Rightarrow \hat{N}_o = A_{vB} \hat{N}_D = 205 \text{ mV} \quad (\text{no distorsión})$$

$$\text{para } \hat{N}_D = 250 \text{ mV} \Rightarrow \hat{N}_o = " = 20,5 \quad (\text{distorsión por corte y sat})$$

Lí distorsión por  
alinealidad



El capacitor  $C_L$  hace que se ajuste el valor de continua de forma que  $\approx A_1 = A_2$

② Se desconecta  $C_E$  (La polarización no cambia)

En señal obtengo un EMISOR COMÚN REALMENTE

$$A_{vT} = \frac{-g_m R_{CA}}{1 + g_m R_E} = -1,3$$

$$R_{ib} = r_T (1 + g_m R_E) = 203 \text{ k}\Omega \quad \rightarrow R_i = 98,3 \text{ k}\Omega // R_{ib} = 66,5 \text{ k}\Omega$$

$$A_{vD} = A_{vT} \frac{R_i}{R_i + R_D} = -1,3$$

$$\circ \hat{v}_o = -i_C R_{CA} \quad , \quad \text{pendiente } BC \text{O} = -\frac{1}{R_{CA} + R_E} \quad 2,32 \text{ K}$$

$$\Rightarrow \hat{v}_{omax} = \min \left\{ \frac{V_{CEQ} - 0,7}{R_{CA} + R_E} R_{CA} ; I_{CQ} (R_{CA}) \right\}$$

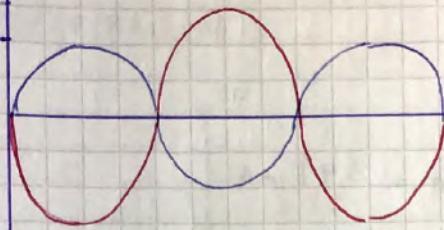
$$= \min \left\{ 5,75 \text{ V} ; 2,19 \text{ V} \right\} = 2,19 \text{ V}$$

$$\text{para } \hat{v}_o = 2,19 \text{ mV} \quad \hat{v}_o = A_{vT} \hat{v}_o = 3,25 \text{ mV} \quad \text{no distorsiona}$$

$$\text{para } \hat{v}_o = 250 \text{ mV} \quad \hat{v}_o = " = 325 \text{ mV}$$

L, distorsion  
por alinealda

3,25mV  
2,5mV



325  
250



→ Se afigura por la alineación

lidad

$$\text{d) } R_{B_2} = 12 \text{ k}\Omega$$

$$\beta_B = 11,7 \text{ K} \quad , \quad V_{BB} = 0,378$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{BB} - 0,7}{\frac{\beta_B}{\beta} + R_E} = \frac{-904 \mu\text{A}}{400} \Rightarrow \text{no estoy en MA} \text{①}$$

para

d'impere  
t'impere  
d'impere

e) Si  $C_L$  se cortocircuita, solo se modifica la tensión del terminal terminal  $V_C$

$$I_{CQ} = 1,66 \text{ mA}$$

$$\begin{cases} I_{BQ} + I_{CQ} = I_{BQ} + I_{R_0} \\ 18 - I_{R_0} 3,3K - I_{R_0} \cdot 2,2K = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{array}{l} I_{BQ} = 3,94 \text{ mA} \\ I_{R_0} = 2,23 \text{ mA} \end{array}$$

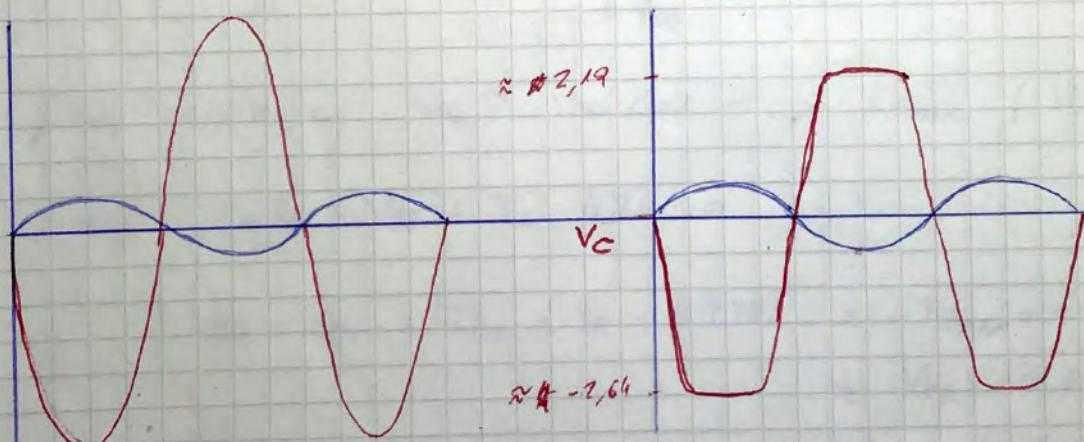
$$\Rightarrow V_C = 28,28 \text{ mA} \cdot 2,2K\Omega = \frac{5V}{7,19K\Omega} \Rightarrow V_{CEQ} = \frac{4,6V}{3,94mA} = 1,17V$$

y entonces se modifica el  $\hat{V}_{max}$  por sat

$$\hat{V}_{max_{sat}} = V_{CEQ} - 0,7 = 1,17V - 0,7V = 0,47V$$

para  $v_D = 2,5 \text{ mV}$  no va a haber distorsión

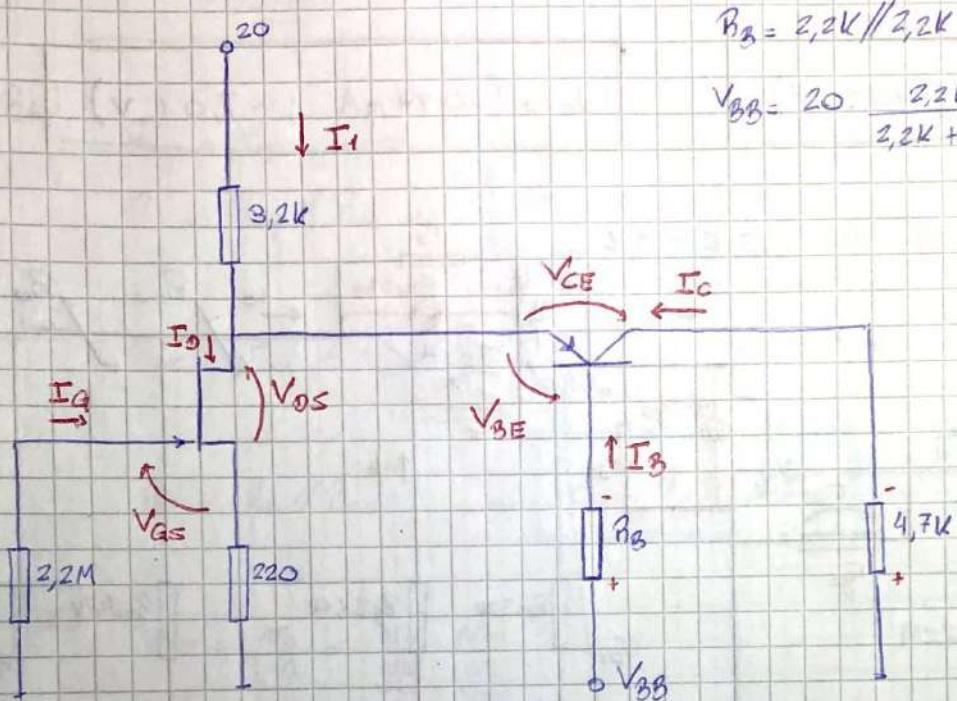
para  $v_D = 250 \text{ mV}$  sí



PARCIAL 11/5/18

## EJERCICIO 2

## POLARIZACIÓN



$$R_B = 2.2k \parallel 2.2k = 1.1k$$

$$V_{BB} = 20 \frac{2.2k}{2.2k + 2.2k} = 10V$$

Puedo despreciar  $V_{BE}$ ? Veo cual es la  $I_{B_{MAX}}$  ( $V_{CE} = 0$ )

$$V_{BB} - I_{B_{MAX}} R_B - V_{BE} + I_{C_{MAX}} 4.7k = 0$$

$$V_{BB} - V_{BE} = I_{B_{MAX}} (R_B - \beta 4.7k) \Rightarrow I_{B_{MAX}} = -15.2 \mu A$$

$$\Rightarrow V_{BE} = -16.7 mV \ll V_{BB}$$

$$\Rightarrow \text{puedo decir } V_{B_2} = V_{BB} \Rightarrow V_{E_2} = V_{BB} - V_{BE,ON} = 10.7$$

$$\Rightarrow I_I = \frac{20 - 10.7}{3.2k} = 2.9 mA$$

$$\times 20 - 3.2k I_I - V_{DS} - I_D 220 = 0 \rightarrow V_{DS} = 10.3$$

$$\times \cancel{V_{GS} = -2.2M I_D} - I_D 2.2M - V_{GS} - 220 I_D = 0 \rightarrow V_{GS} = -220 I_D \quad \times$$

$$\times I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \rightarrow I_D = 2.11 mA \Rightarrow V_{GS} = -0.464 V$$

$$\times I_I + I_C = I_D \rightarrow I_C = -0.79 mA$$

$$\times 20 - I_I 3.2k + V_{CE} + I_C 4.7k = 0 \rightarrow V_{CE} = -7.01 V$$

$$\circ V_D = 10,7 \text{ V}$$

$$\circ V_C = 3,69 \text{ V}$$

$$\circ V_S = 40,464 \text{ V}$$

$$\circ V_E = 10,7 \text{ V}$$

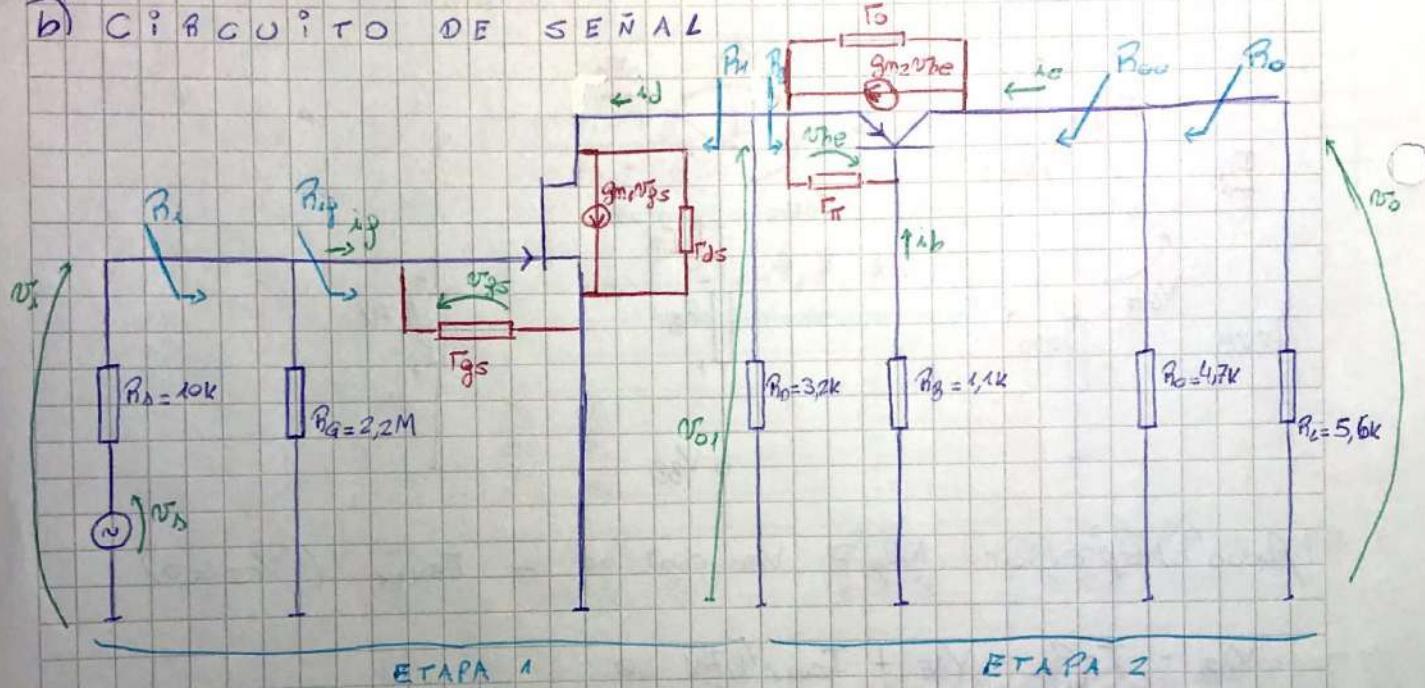
$$\circ V_G = 0 \text{ V}$$

$$\circ V_B = 10 \text{ V}$$

$$Q_1 = (2,11 \text{ mA} ; 10,3 \text{ V})$$

$$Q_2 = (-0,79 \text{ mA} ; -7,01 \text{ V})$$

### b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = \frac{2}{|V_P|} \sqrt{I_{DSS} I_{DSQ}} = 2,43 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$g_{m2} = \frac{I_{CO}}{|V_T|} = 30,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$r_{ds} \rightarrow \infty$$

$$r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_{DSQ}} = 47,4 \text{ k}\Omega$$

$$r_{\pi} = \beta / g_{m2} = 4,92 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = \frac{V_A}{I_{CO}} = 127 \text{ k}\Omega$$

NOTA

**R<sub>1</sub>**

$$R_1 = \Gamma_{DS} \Rightarrow R_1 = 47,4 \text{ k}\Omega$$

**R<sub>2</sub>**

$$R_2 = \frac{V_{DS}}{-i_{oA} - i_{ob}} = \frac{-i_b(\Gamma_\pi + R_B)}{-i_c} = \frac{\Gamma_\pi + R_B}{\beta} \Rightarrow R_2 = 40 \Omega$$

**R<sub>i</sub>**

$$R_{ig} = \Gamma_{GS} \rightarrow \infty$$

$$R_i = R_{ig} // R_G \Rightarrow R_i = 2,2 \text{ M}\Omega$$

**R<sub>o</sub>**

$$R_{oc} = \Gamma_0 \left( 1 + \underbrace{\frac{\beta R_1 // R_D}{\Gamma_\pi + R_B + R_1 // R_D}}_{9k} \right) = 2,4 \text{ M}\Omega$$

$$R_o = R_0 // R_{oc} \Rightarrow R_o = 47 \text{ k}\Omega$$

**A<sub>v1</sub>**

$$A_{v1} = \frac{V_{O1}}{V_{I1}} = \underbrace{\frac{V_O}{V_{O1}}}_{A_{v2}} \underbrace{\frac{V_{O1}}{V_I}}_{A_{v3}}$$

$$A_{v2} = \frac{V_O}{V_{O1}} = \frac{-i_c R_{CA}}{-i_b(\Gamma_\pi + R_B)} = \frac{\beta R_{CA}}{\Gamma_\pi + R_B} = \frac{150 (4,7 \text{ k} // 5,6 \text{ k})}{4,92 \text{ k} + 1,1 \text{ k}} = 63,8$$

$$A_{v3} = \frac{V_{O1}}{V_I} = \frac{-i_d (R_o // R_2)}{V_{GS}} = -g_m (R_o // R_2) = -0,048$$

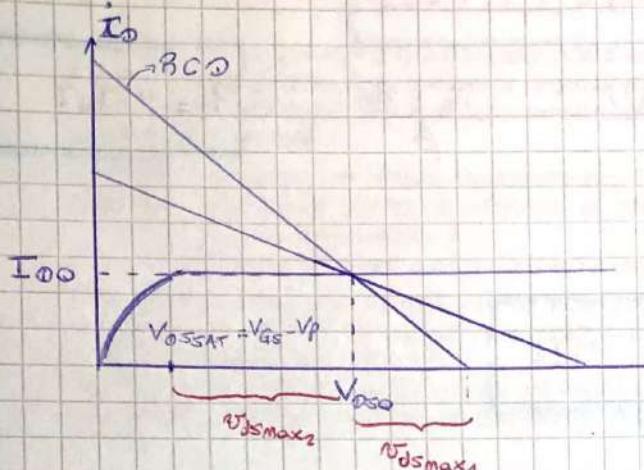
$$\Rightarrow A_{v1} = 63,8 \cdot (-0,048) = -3,06$$

$$A_{v3} = \frac{V_O}{V_I} = A_{v1} \frac{R_i}{R_i + R_o} \Rightarrow A_{v3} = -3,05$$

NOTA

c) Máxima amplitud:

para el  $T_1$



del circuito de señal

$$\hat{V}_{O1} = \hat{V}_{DS}$$

$$-i_D R_1 // R_2 = \hat{V}_{DS} \Rightarrow \frac{i_D}{\hat{V}_{DS}} = -\frac{1}{R_1 // R_2}$$

por triángulo mediría

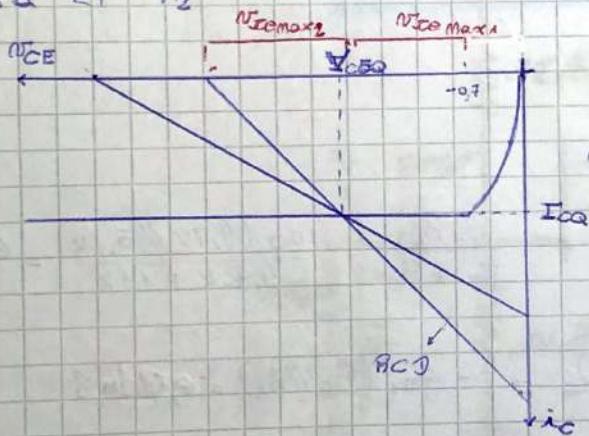
$$\hat{V}_{DSmax1} = I_{0Q} (R_1 // R_2) = 84 \text{ mV}$$

$$\hat{V}_{DSmax2} = V_{DSQ} - (V_{GS} - V_P) = 8,55$$

$$\Rightarrow \hat{V}_{O1max} = 84 \text{ mV}$$

$$\hat{V}_{Omax} = A_{v2} \hat{V}_{O1max} = 5,36$$

para el  $T_2$



del circuito de señal

$$\hat{V}_O - \hat{V}_{CE} - \hat{V}_{O1} = 0$$

$$\hat{V}_O = \hat{V}_{CE}$$

$$-i_C (R_1 // R_L) = \hat{V}_{CE}$$

$$\Rightarrow \frac{i_C}{\hat{V}_{CE}} = -\frac{1}{R_1 // R_L} \quad 2,56 \text{ K}$$

$$\hat{V}_{CEmax1} = |V_{CEQ} - (-0,7)| = 6,31 \text{ V}$$

$$\hat{V}_{CEmax2} = R_L // R_L I_{0Q} = 2,02 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \boxed{\hat{V}_{Omax} = 2,02 \text{ V}}$$

El transistor 2 es el limitante

$\Rightarrow$  con  $\hat{V}_{Omax} = 2,02 \text{ V}$

$$\boxed{\hat{V}_{imax} = \frac{\hat{V}_{Omax}}{A_v} = 66,2 \text{ mV}}$$

NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
		T	N		

1.- Se tiene un amplificador con una transferencia a lazo abierto  $A_o = v_o/v_i > 0$ , y resistencias de entrada y salida  $R_i$  y  $R_o$ , respectivamente. Se lo realimenta negativamente en señal por muestreo y suma de tensión, mediante un realimentador de transferencia  $k$ . El sistema realimentado está cargado con una resistencia  $R_L$ ; y recibe señal de un generador de tensión  $v_s$ .

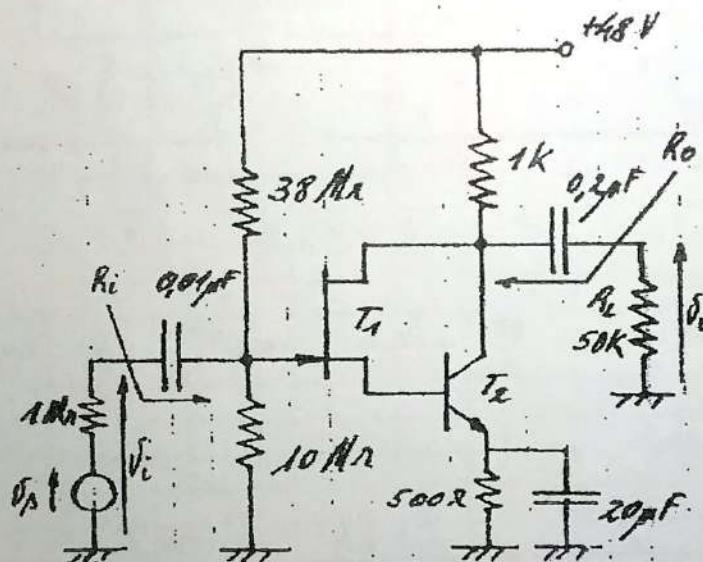
a)- Dibujar el esquema en bloques correspondiente. Definir como cociente de tensiones y/o corrientes, indicando en el diagrama todos los sentidos de referencia necesarios:

- o El factor de realimentación  $k$ .
- o La transferencia a lazo cerrado del sistema realimentado  $A$ .

Indicar sobre el diagrama los signos de los incrementos (o fases de señales alternas) de las distintas tensiones y corrientes para que la realimentación sea negativa, de acuerdo a los sentidos de referencia previamente fijados. Justificar si  $k$  deberá ser  $> 0$  ó  $< 0$ .

b)- Hallar la expresión de  $A = f(A_o, k)$ . ¿A qué valor tiende  $A$  si  $|A_o \cdot k| \gg 1$ ? ¿Por qué se denomina a  $A$  parámetro estabilizado?. Analizar a qué tipo de amplificador ideal tiende este sistema cuando se hace  $A_o \cdot k$  suficientemente grande.

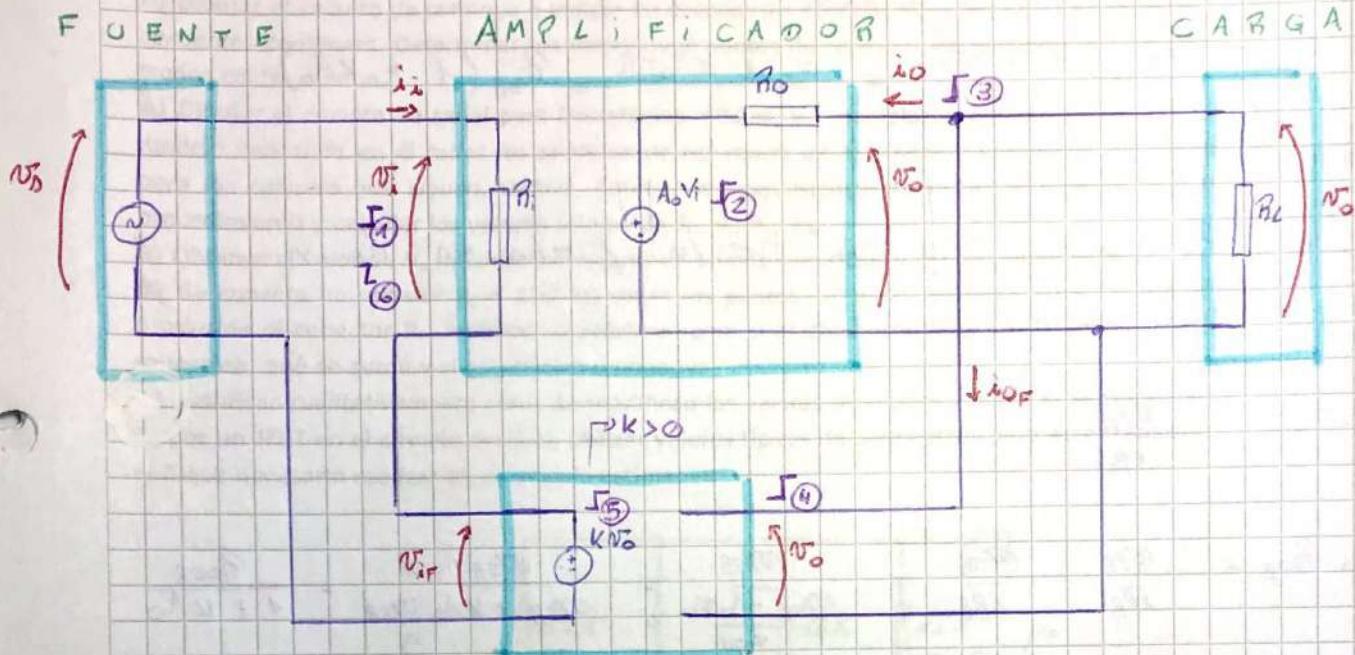
2. En el circuito de la figura se conoce:  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ ;  $V_P = -2 \text{ V}$ ;  $\lambda \approx 0$ ;  $\beta = 50$ ;  $V_A \rightarrow \infty$



- a) Determinar los puntos de reposo, indicando la tensión de los terminales contra común.
- b) Dibujar el circuito de señal, sin reemplazar los transistores por su modelo. Calcular por inspección, justificando el procedimiento  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_{v_g}$ .
- c) Analizar *cuantitativamente* cómo se modificarán los puntos de reposo y parámetros de señal calculados si se conecta entre source y común un resistor de 10 KΩ.

PARCIAL 12/5/17

EJERCICIO 1



REALIMENTACIÓN

$$\circ V_{iF} = K V_o \Rightarrow K = \frac{V_{iF}}{V_o} > 0 \quad \circ A = \frac{V_o}{V_i} \quad A_o = \frac{V_o}{V_{Si}}$$

$$b) A = \frac{V_o}{V_{Si}} = \frac{A_o V_i}{V_i + V_{iF}} = \frac{A_o V_i}{V_i + K V_o} = \frac{A_o}{1 + K A_o}$$

$$\Rightarrow A = \frac{A_o}{1 + K A_o}$$

$$\text{Si } |A_o| \gg 1 \Rightarrow |1 + K A_o| \approx K A_o \Rightarrow A = \frac{A_o}{K A_o} = \frac{1}{K}$$

Se lo denomina parámetro estabilizado ya que la transferencia del amplificador realimentado se hace independiente del amplificador básico o realimentador ( $A_o$ )

NOTA

Analizo como se modifican los resistencias

$$\circ R_{iSR} = \frac{V_i}{i_i}$$

$$\circ R_{iB} = \frac{V_B}{i_i} = V_i + \frac{V_{AF}}{i_i}'' = V_i + \frac{kA_o V_i}{i_i} = R_{iSR} (1 + kA_o)$$

Para  $R_B$  se pone una fuente prueba en  $R_L$  y se cortocircuito  $V_D$

$$\circ R_{oSR} = \frac{V_{PSR}}{i_{PSR}} =$$

$$\circ R_{oB} = \frac{V_{PA}}{i_{PA}} = \frac{V_{PSR}}{i_{PA}} \stackrel{i_{PA}}{\downarrow} = \frac{V_{PSR}}{\frac{V_{PSR} - A_o V_i}{R_{oSR}}} \stackrel{V_{PSR}}{\downarrow} = \frac{V_{PSR} R_{oSR}}{V_{PSR} + kA_o V_i} = \frac{R_{oSR}}{1 + kA_o}$$
$$i_{PA} = \frac{V_{PA} - A_o V_i}{R_{oSR}} \quad V_i = -V_{AP} = -kV_{PSR} \approx 0$$

$\Rightarrow$  para valores de  $A_o k$  suficientemente grandes

$$R_{iSR} \rightarrow \infty \quad y \quad R_{oSR} \rightarrow 0$$

$\Rightarrow$  tiende a un amplificador ideal de tensión

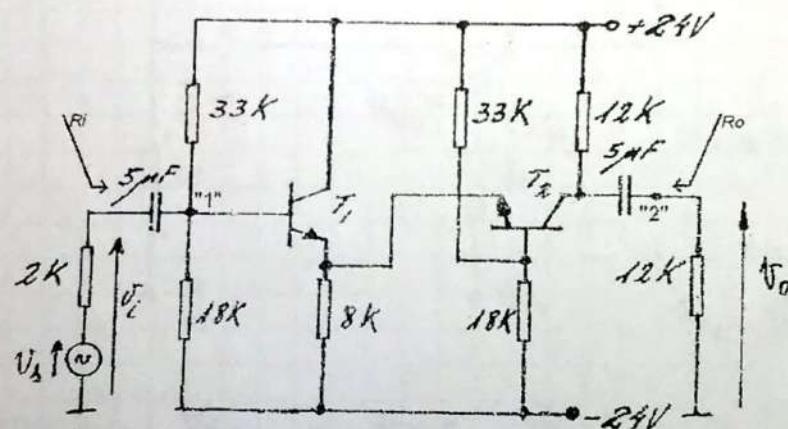
NOTA

Para Fotocopia  
26

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº. de HOJAS	Corrección
		T N			

1.  $\beta = 200$ ;  $r_x \approx 0$ ;  $V_A \rightarrow \infty$

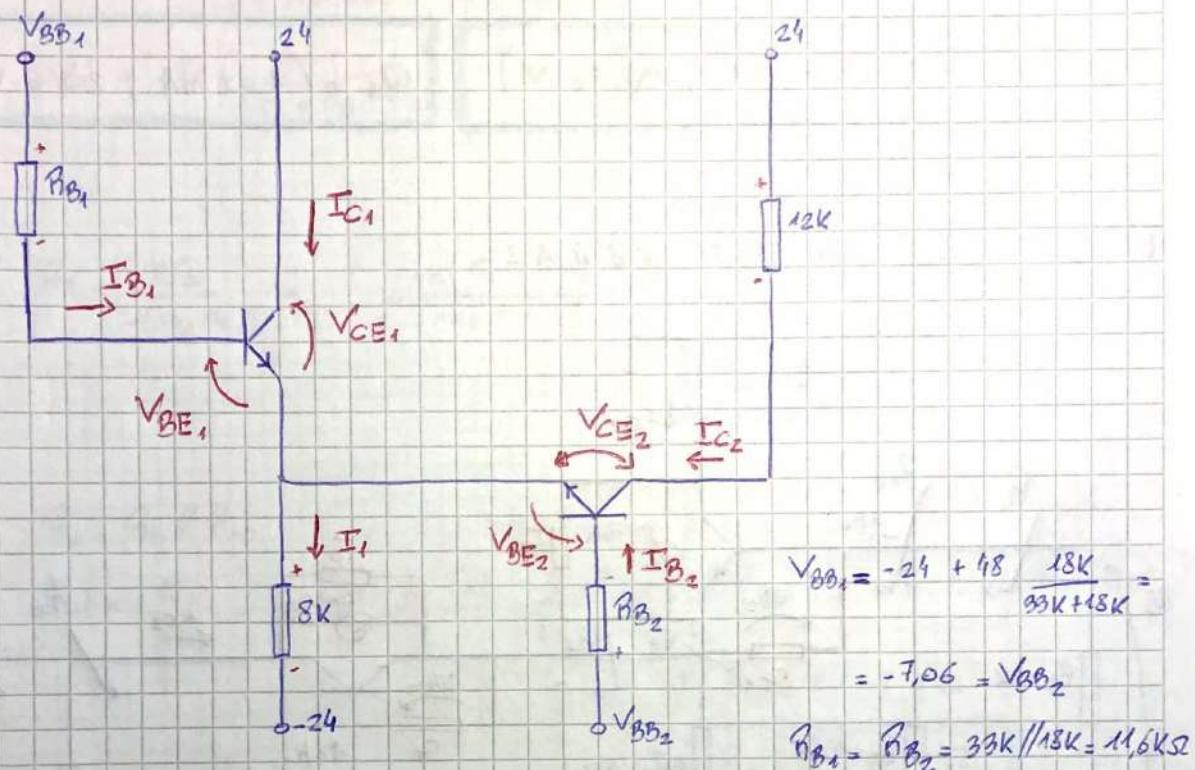
- a) Dibujar el circuito de continua e indicar en él *todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes continuas*. Determinar los respectivos puntos de reposo y las tensiones de los electrodos contra común.
- b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo indicando en él *todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes adoptados para los cálculos que siguen*. Definir, obtener las expresiones por inspección justificando el procedimiento y calcular los valores totales de  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_{vs}$ .
- c) Obtener el valor de  $V_o$  máxima sin recorte en ambos semicílicos y el correspondiente  $V_i$ .
- d) Se conecta un resistor  $R_f = 150 \text{ k}\Omega$  entre los puntos "1" y "2" Analizar la realimentación producida al conectar  $R_f$ . Justificar *cualitativamente* si afecta la continua y/o la señal, qué se muestrea, qué se suma y si es positiva o negativa.
- e) Justificar *cualitativamente* cómo se modifican los valores de reposo y señal si se reemplaza  $T_2$  por un JFET en el circuito original. Utilizar valores típicos de parámetros para este transistor, si fuese necesario realizar algún cálculo estimativo.



PARCIAL 23/10/15

## EJERCICIO 1

## POLARIZACIÓN

Puedo despreciar  $V_{RB_2}$  y decir  $V_{B_2} = V_{BB_2}$ ?

$$I_{C_{2MAX}} \xrightarrow{\text{ocurre}} V_{CE_2} = 0$$

Recorro la malla

$$24 - I_{C_{2MAX}} \cdot 12K + V_{BE_2} + I_{B_{2MAX}} R_{B_2} - V_{BB_2} = 0 \rightarrow I_{B_{MAX}} = 13,3 \mu A$$

$$\Rightarrow V_{RB_2} = 0,154 \ll V_{BB_2}$$

$$\Rightarrow \text{es despreciable}$$

Como estoy en un par diferencial, la cond. para que este bien polarizado es  $I_{C_1} = I_{C_2}$

$$\text{Como } I_{C_1} + I_{C_2} = I_1 \Rightarrow I_{C_1} = I_{C_2} = \frac{I_1}{2} = \frac{(V_{BB} - 0,7) - (-24)}{8K \cdot 2}$$

$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = 1,02 \text{ mA}$$

NOTA

$$V_{C_1} = 24 \text{ V}$$

$$V_{C_2} = 24 - 12K I_C = 12,8 \text{ V}$$

$$V_{E_1} = V_{B_1} - 0,7 = -7,82$$

$$V_{E_2} = 24 - 7,82$$

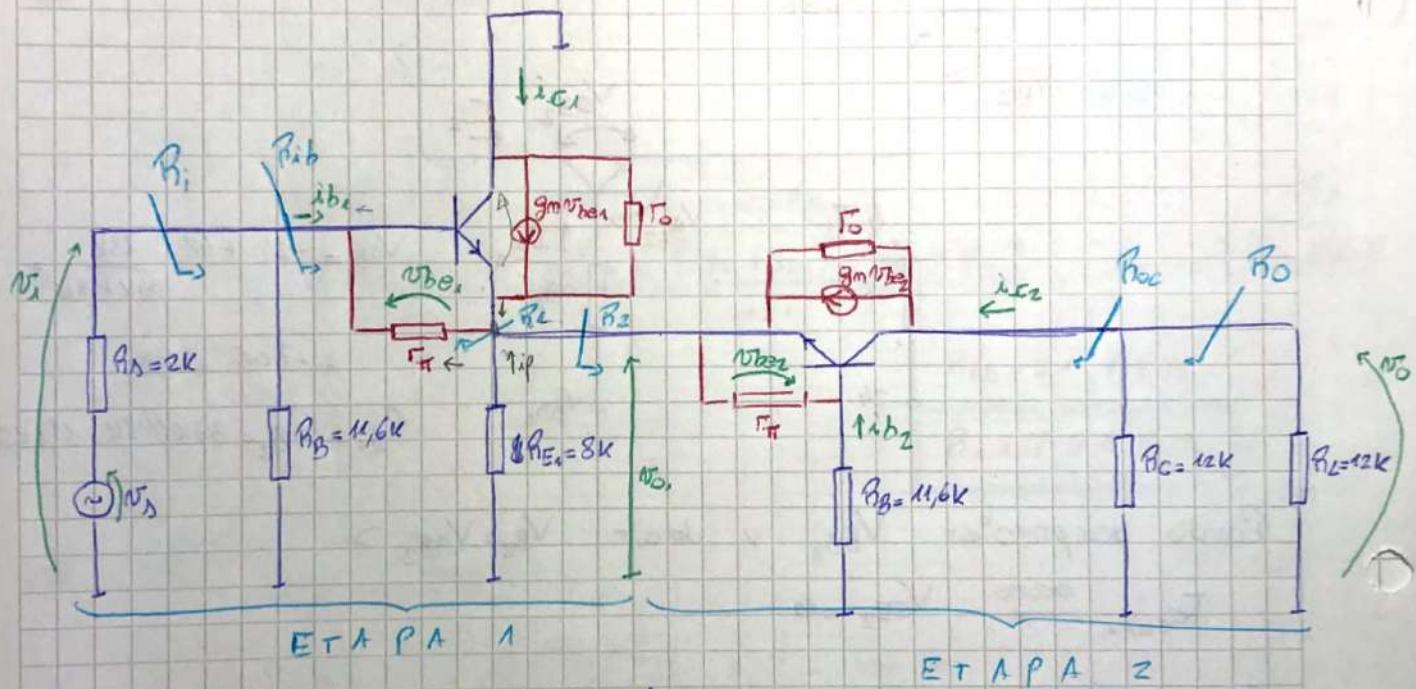
$$V_{B_1} = -7,06 - \frac{I_{C1}}{\beta} R_{B_1} = -7,12$$

$$V_{B_2} \approx -7,12$$

$$\Rightarrow Q_1 = (1,02 \text{ mA}; 31,76 \text{ V})$$

$$Q_2 = (1,02 \text{ mA}; 20,6 \text{ V})$$

## b) Cº ACCUITO DE SEÑAL



$$\alpha f_m = f_{m1} = f_{m2} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 39,1 \text{ mA}$$

$$\alpha \Gamma_\pi = \Gamma_{\pi 1} - \Gamma_{\pi 2} = \beta / f_m = 5,08 \text{ k}\Omega$$

$$\alpha \Gamma_o = \Gamma_{o1} = \Gamma_{o2} \rightarrow \infty$$

NOTA

**R<sub>1</sub>** Pongo una fuente de prueba en E<sub>1</sub>

$$i_P + g_m V_{BE1} = \frac{V_P}{\Gamma_\pi + R_B // R_D}$$

$$i_P + g_m \frac{\Gamma_\pi (-V_P)}{\Gamma_\pi + R_B // R_D} = \frac{V_P}{\Gamma_\pi + R_B // R_D}$$

$$i_P = V_P \left( \frac{\beta + 1}{\Gamma_\pi + R_B // R_D} \right) \Rightarrow \frac{V_P}{i_P} = R_1 = \frac{\Gamma_\pi + R_B // R_D}{\beta} =$$

$$R_1 = 34 \Omega$$

**R<sub>2</sub>**

$$R_2 = \frac{V_{O2}}{-(\lambda b_2 + i_C2)} = \frac{-\lambda b_2 (\Gamma_\pi + R_B)}{-(\lambda b_2 + i_C2)} \approx \frac{i_C2 (\Gamma_\pi + R_B)}{\beta i_C2}$$

$$R_2 = 83 \Omega$$

**R<sub>i</sub>**

$$R_i = R_B // R_{ib}$$

$$\approx i_C1 = \beta i_{b1}$$

$$= R_2$$

$$R_{ib} = \frac{V_i}{i_{b1}} = \frac{i_{b1} \Gamma_\pi + (i_{b1} + i_{C1}) (R_{E1} // R_2)}{i_{b1}} = \Gamma_\pi + \beta \underbrace{(R_{E1} // R_2)}$$

$$R_{ib} = 21,7 \text{ k}\Omega$$

$$R_i = 7,56 \text{ k}\Omega$$

**R<sub>o</sub>**

$$R_o = R_C // R_{OC}$$

$$R_{OC} = \Gamma_0 \left( \frac{\beta (R_{E1} // R_1)}{R_{E1} // R_1 + \Gamma_\pi + R_B} + 1 \right) \rightarrow \infty$$

$$\Rightarrow R_o = 12 \text{ k}\Omega$$

**A<sub>vr</sub>**

$$A_{VR} = \frac{V_O}{V_{i1}} = \frac{V_O}{V_{O1}} \frac{V_{O1}}{V_i}$$

$$\underbrace{A_{V2}}_{A_{VR}} \underbrace{A_{V1}}$$

$$A_{V2} = \frac{V_O}{V_{O1}} = \frac{-i_C2 R_{CA}}{-\lambda b_2 (\Gamma_\pi + R_B)} = \frac{\beta R_{CA}}{\Gamma_\pi + R_B} = 72$$

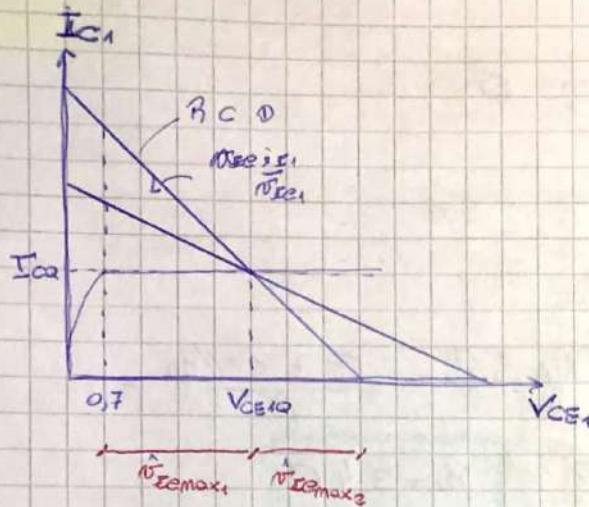
$$A_{V1} = \frac{V_{O1}}{V_i} = \frac{(i_{b1} + i_{C1}) (R_E // R_2)}{(i_{b1} + i_{C1}) (R_E // R_2) + i_{b1} \Gamma_\pi} \approx \frac{i_{C1} R_2}{i_{C1} R_2 + i_{b1} \Gamma_\pi} = \frac{\beta R_2}{\beta R_2 + \Gamma_\pi} = 0,766$$

NOTA

$$\Rightarrow A_{VR} = A_{V1} A_{V2} = 55,2$$

$$A_{VR} = A_{VR} \frac{R_i}{R_i + R_A} = 43,7$$

d) para el T<sub>1</sub>



recorro la malla y obtengo

$$\bar{V}_{O1} = -\bar{V}_{CE} \Rightarrow \bar{V}_{Omax} = \min \{\bar{V}_{CEmax_1}, \bar{V}_{CEmax_2}\}$$

Busco la pendiente de R<sub>C</sub> > 0

$$\bar{V}_{O1} \leq \bar{I}_{C1} R_E / R_2 = -\bar{V}_{CE}$$

$$\Rightarrow \frac{\bar{V}_{CE}}{\bar{V}_{CE1}} = -\frac{1}{R_2}$$

$$\Rightarrow |\bar{V}_{CEmax_1}| = V_{CEQ1} - 0,7 = 3,1 \text{ V}$$

$$|\bar{V}_{CEmax_2}| = R_2 I_{CQ} = 84,7 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow |\bar{V}_{Omax}| = 84,7 \text{ mV}$$

$$|\bar{V}_{Omax}| = A_{O2} |\bar{V}_{Omax}| = 6,1 \text{ V}$$

Para el T<sub>2</sub>

Usando el mismo grafico pq pasa.

recorro la malla y obtengo

$$\bar{V}_O - \bar{V}_{CE2} - \bar{V}_{O1} = 0$$

$$\bar{V}_O - \bar{V}_{CE2} - \frac{\bar{V}_O - \bar{V}_O}{A_{N2}} = 0$$

$$\bar{V}_O \left(1 - \frac{1}{A_{N2}}\right) = \bar{V}_{CE2}$$

$$\bar{V}_O \approx \bar{V}_{CE2}$$

Busco los  $\bar{V}_{CEmax}$

$$\circ \bar{V}_{CEmax_1} = V_{CEQ2} - 0,7 = 19,9 \text{ V}$$

$$\circ \text{pendiente de } R_{C2}: -\frac{1}{R_{C2}}$$

$$\Rightarrow \bar{V}_{CEmax_2} = I_{CQ2} R_{C2} = 6,12 \text{ V} \Rightarrow \bar{V}_{Omax} = 6,12 \text{ V}$$

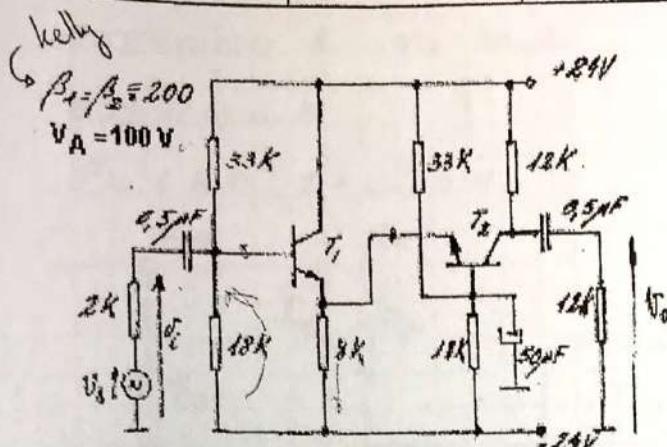
$$\Rightarrow \bar{V}_{Omax} = \min \{6,1 \text{ V}; 6,12 \text{ V}\}$$

$$\Rightarrow \bar{V}_{Omax} = 6,1 \text{ V}$$

$$\bar{V}_{i_{max}} = \frac{\bar{V}_{Omax}}{A_{ir}} = 111 \text{ mV}$$

NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
M	T	N			

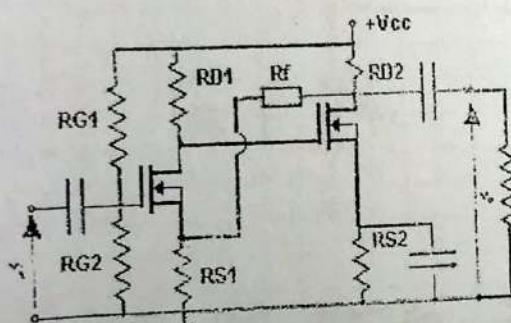


1. a) Dibujar el circuito de continua e indicar en él todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes continuas. Determinar los respectivos puntos de reposo, indicando las tensiones de los electrodos contra común.

b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. Definir, obtener las expresiones por inspección justificando el procedimiento y calcular la resistencia de entrada de cada etapa, la de carga para la señal de cada una, la  $A_v$  de cada una y los valores totales de  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_{vs}$ .

c) Obtener la  $V_o$  pico máxima sin recorte en ambos semicírculos.

d) Justificar cualitativamente la dependencia de  $A_v$  y  $A_{vs}$  con el resistor equivalente de Thévenin  $R_B(T_2)$ , si se desconecta el capacitor de desacople de la base de  $T_2$ .

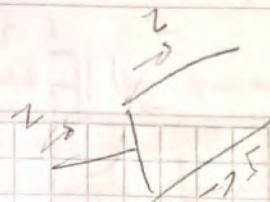


2.-

a) Analizar la realimentación producida al conectar  $R_f$  en el circuito. Indicar cuáles serán los bloques: generador, amplificador, carga y realimentador del circuito realimentado. Justificar cualitativamente qué se muestrea, qué se suma y si estabiliza o no los valores de reposo.

b) Agregar un capacitor al circuito de modo que el efecto de la realimentación producida:  
 b<sub>1</sub>) afecte a la continua pero no a la señal.  
 b<sub>2</sub>) afecte a la señal pero no a la continua.  
 Justificar dónde debería conectarse en cada caso.

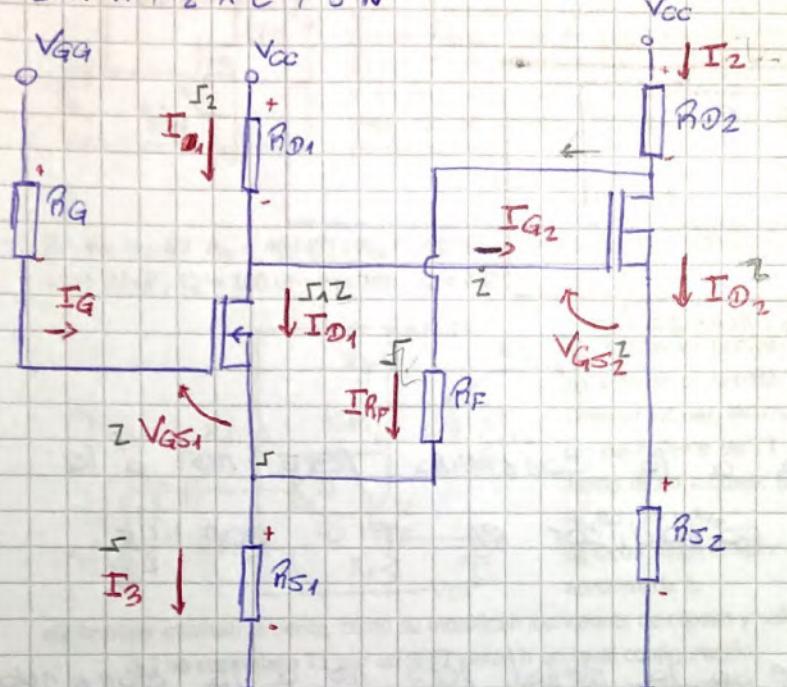
PARCIAL 20/10/17



EJERCICIO 1 ya hecho

EJERCICIO 2

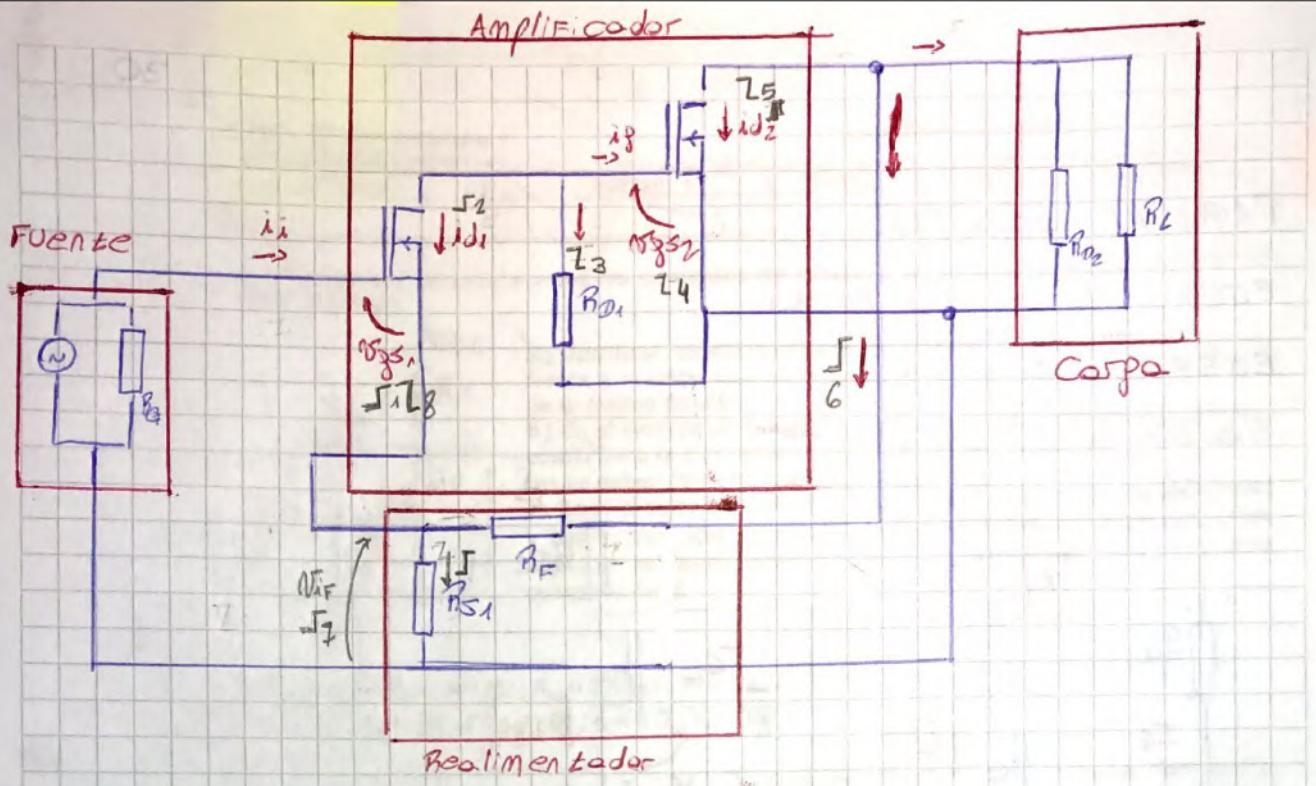
## POLARIZACIÓN

Supongo que aumenta  $I_{D1}$ .

$$\uparrow I_{D1} \Rightarrow \uparrow I_1 \Rightarrow \uparrow V_{R_{D1}} \Rightarrow V_{G_2} \downarrow \Rightarrow V_{G_{S2}} \downarrow$$

$$\Rightarrow I_{D2} \downarrow \Rightarrow I_{R_F} \uparrow \Rightarrow I_3 \uparrow \Rightarrow V_{R_{S1}} \uparrow \Rightarrow V_{G_{S1}} \downarrow$$

$$\Rightarrow I_{D1} \downarrow \Rightarrow \underline{\text{Realimentación negativa}}$$



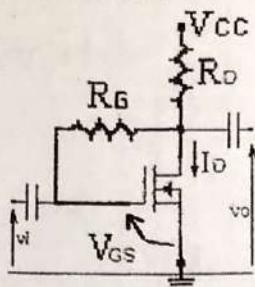
b) Para que afecte a la continua pero no a la señal, pongo un capacitor en serie con  $R_F$

b<sub>2</sub>) Para que afecte a la señal pero no a la continua, conecto un capacitor en paralelo con  $R_S1$  y de esa forma desacoplo  $R_S1$  y  $R_F$  para que ser parte de la carga

NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Corrección
		T	N	

1.- Se suponen conocidos todos los elementos del circuito y las características del MOSFET de canal inducido.



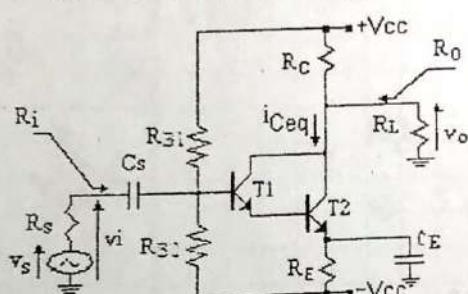
a) Justificar cualitativamente el proceso de estabilización de  $I_{DQ}$  frente a la dispersión en el valor de: a1)  $k$ ; a2)  $V_T$ , en transistores de la misma familia.

b) En el circuito de la figura: ¿Qué componente debería agregarse y cómo, para que la realimentación no afecte a la señal?. ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta al hacerlo?

c) En el circuito de la figura: ¿Qué componentes deberían agregarse y cómo, para que la realimentación en señal sea positiva?. ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para elegir el valor de dichos componentes?

2.-  $V_{CC} = \pm 6V$  ;  $R_{B1} = 400 K\Omega$  ;  $R_{B2} = 200 K\Omega$  ;  $R_E = 250 \Omega$  ;  $R_C = 500 \Omega$  ;  $R_L = 5 K\Omega$  ;  $R_S = 10 K\Omega$  ;

$C_S = 10 \mu F$  ;  $C_E = 100 \mu F$  ;  $\beta = 100$  ;  $r_x \approx 0 \Omega$  ;  $V_A = 100 V$



a) Obtener los puntos de reposo de ambos transistores.

b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias. Obtener los parámetros del modelo de señal del transistor equivalente de T1-T2 ( $g_m^*$ ,  $r_{\pi}^*$ ,  $r_o^*$ ) y hallar, utilizando dicho modelo, las expresiones por inspección de  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_v$  y  $A_{v_s}$ .

c) Determinar el valor de la frecuencia de corte inferior aproximada  $f_i$ .

d) Analizar cualitativamente, cómo se modifican los valores de reposo y señal, si:

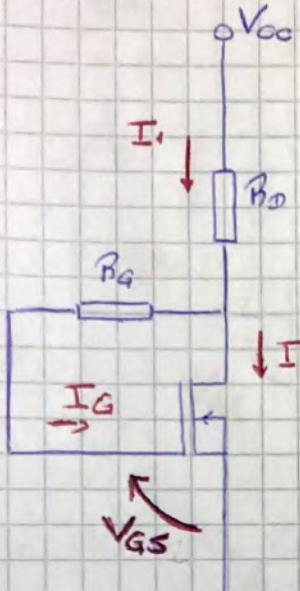
d<sub>1</sub>) se reemplaza T1 por un JFET canal N en igual configuración.

d<sub>2</sub>) se reemplaza T2 por un JFET canal N en igual configuración.

PARCIAL 5/7/16

## EJERCICIO 1

## POLARIZACIÓN

a) Si:  $k \uparrow$ 

$$\Rightarrow I_D \uparrow \Rightarrow I_t \uparrow \Rightarrow V_{R_D} \uparrow \Rightarrow I_G = 0$$

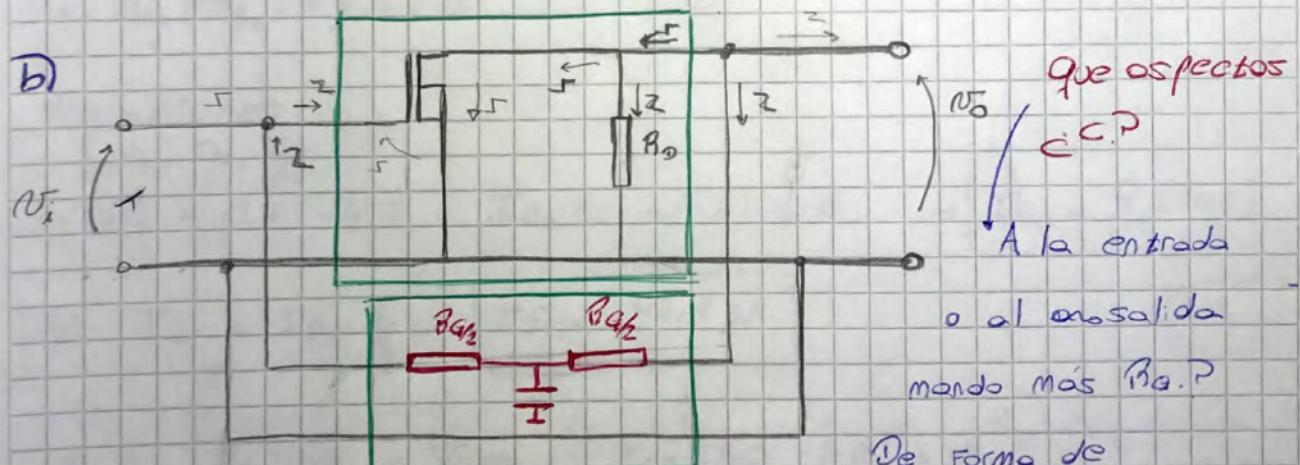
$$\Rightarrow V_G \downarrow \Rightarrow V_{GS} \downarrow \Rightarrow I_D \downarrow$$

Se estabiliza la corriente

b) Si:  $V_T \uparrow$ 

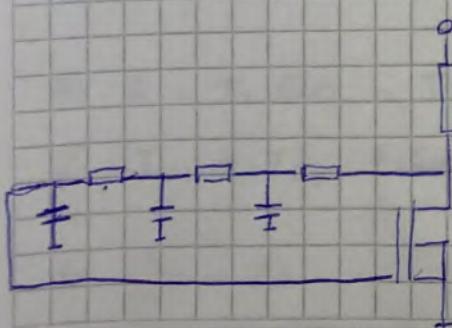
$$\Rightarrow I_D \downarrow \Rightarrow I_t \downarrow \Rightarrow V_{R_D} \downarrow \Rightarrow V_G \uparrow$$

$$\Rightarrow V_{GS} \uparrow \Rightarrow I_D \uparrow$$



a) Se debe armar el oscilador del TL2

mantener la relación que hay entre la  $R$  de entrada y la de salida ( $R_i > R_o$  ó  $R_i < R_o$ )

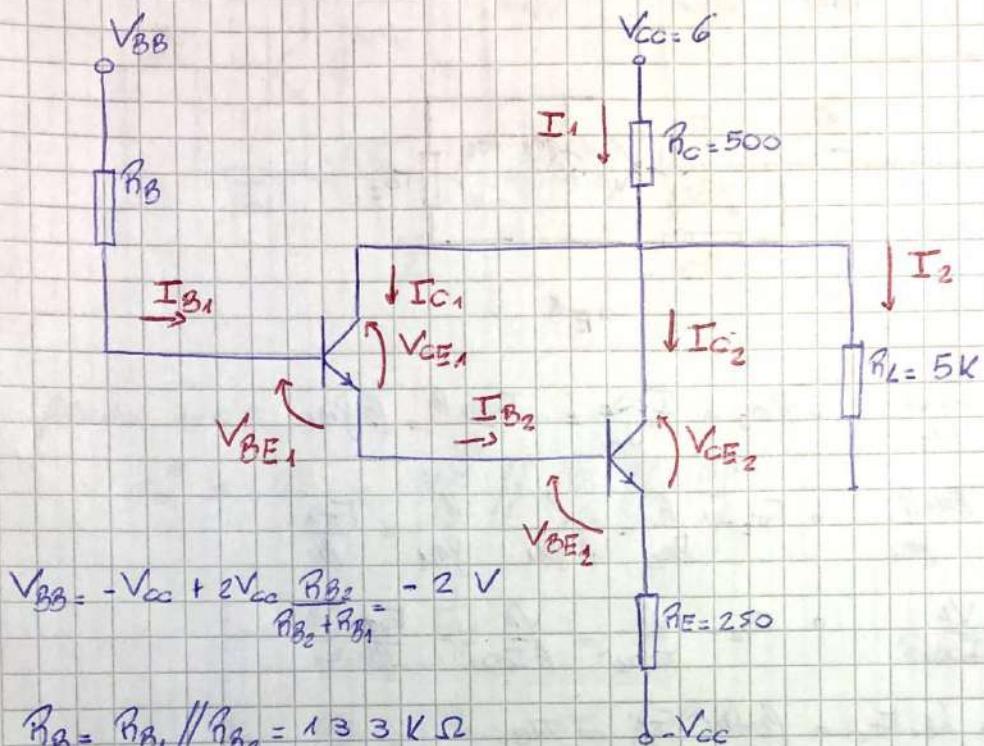


NOTA



## EJERCICIO 2

## a) POLARIZACIÓN



ECUACIONES

$$\text{1)} -2 - I_{B1} R_B - 0,7 - 0,7 - I_{C2} R_E - (-6) = 0 \rightarrow I_{C2} = 9,87 \text{ mA}$$

$$\text{2)} I_{C1} = I_{B2} \frac{\beta}{\beta_0} \Rightarrow I_{C1} = 98,7 \mu\text{A}$$

$$\text{3)} 6 - I_1 500 - V_{CE2} - I_{C2} 250 - (-6) = 0$$

$$\text{4)} 6 - I_1 500 - V_{CE1} - V_{BE2} - I_{C2} 250 - (-6) = 0$$

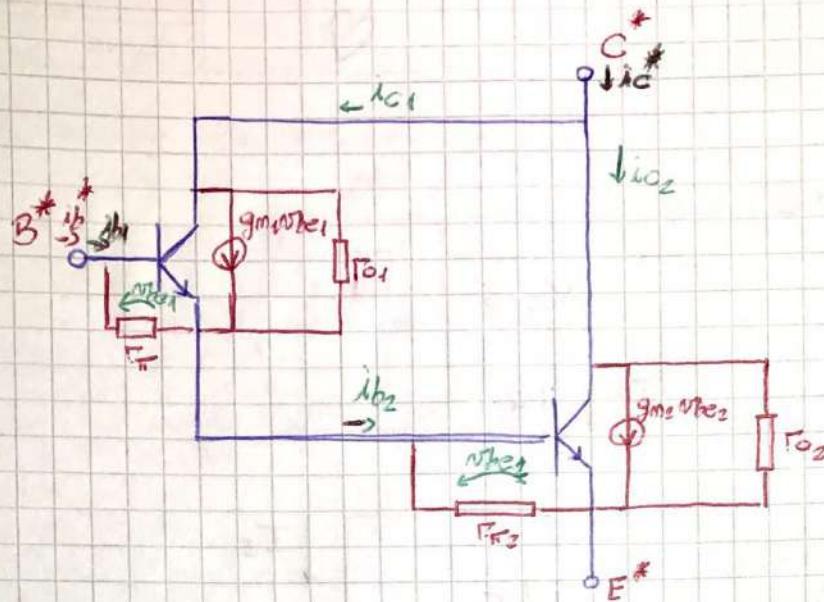
$$\text{5)} 6 - I_1 500 - I_2 5K = 0 \quad \left. \begin{array}{l} I_1 = 10,2 \text{ mA} \\ I_2 = 185 \mu\text{A} \end{array} \right\}$$

$$\text{6)} I_{C1} + I_{C2} + I_2 = I_1 \quad \left. \begin{array}{l} I_1 = 10,2 \text{ mA} \\ I_2 = 185 \mu\text{A} \end{array} \right\}$$

$$\text{de ③ y ④} \quad \left. \begin{array}{l} V_{CE1} = 3,53 \text{ V} \\ V_{CE2} = 4,43 \text{ V} \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \text{NTA } Q_1 = (98,7 \mu\text{A}; 3,53) \quad Q_2 = (9,87 \text{ mA}; 4,43 \text{ V})$$

D ①



$$\circ g_m = \frac{I_{CQ1}}{\sqrt{T}} \quad \circ g_m = \frac{I_{CQ2}}{\sqrt{T}} = \frac{I_{CQ1}\beta}{\sqrt{T}} = \beta g_m$$

$$\circ r_{\pi} = \frac{\beta g_m}{g_m} \quad \circ r_{\pi} = \frac{1}{\beta g_m} = \frac{1}{\beta g_m} = \frac{r_{\pi1}}{\beta}$$

$$\circ r_o = \frac{V_A}{I_{CQ1}} \quad \circ r_o = \frac{V_A}{I_{CQ2}} = \frac{V_A}{\beta I_{CQ1}} = \frac{r_{\pi1}}{\beta}$$

$$\circ r_{be} = i_b r_{\pi1} = \underbrace{\beta i_b}_{i_b = i_b} \frac{r_{\pi1}}{\beta} = r_{be2}$$

$$\circ g_m^* = \frac{i_c}{v_{be}^*} \\ = \frac{(i_{c1} + i_{c2})}{2 v_{be}} = \frac{i_{b2} + i_{c2}}{2 v_{be}} = \frac{i_{c2} (\frac{1}{\beta} + 1)}{2 v_{be}} \approx \frac{g_m}{\beta} = g_m$$

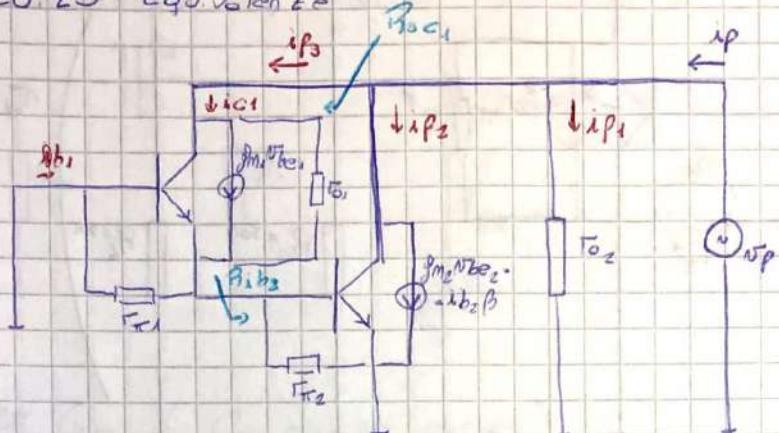
$$g_m^* = 191 \text{ mA/V}$$

$$\circ r_{\pi}^* = \frac{v_{be}^*}{i_b^*} = 2 \frac{v_{be}}{i_b} = 2 r_{\pi1} \Rightarrow r_{\pi}^* = 52,5 \text{ k}\Omega$$

o  $r_o^*$  corto circuito  $v_{be}^*$  y pongo una fuente de prueba de la siguiente forma

NOTA

CIRCUITO EQUIVALENTE



Puedo decir

$$\Gamma_0^* = \frac{V_P}{i_P} = \frac{V_P}{i_{P1}} \parallel \frac{V_P}{i_{P2}} \parallel \frac{V_P}{i_{P3}}$$

$$\hookrightarrow \frac{V_P}{i_{P1}} = \Gamma_{O2}$$

$$\beta_{11}b_2 = \Gamma_{\pi2}$$

$$\hookrightarrow \frac{V_P}{i_{P3}} = \beta_{OC1} = \Gamma_{O1} \left( \frac{\beta \Gamma_{\pi2}}{\Gamma_{\pi1} + \Gamma_{\pi2}} + 1 \right) = \Gamma_{O1} \left( \frac{\beta \Gamma_{\pi2}}{\Gamma_{\pi2} + \Gamma_{\pi1}} + 1 \right)$$

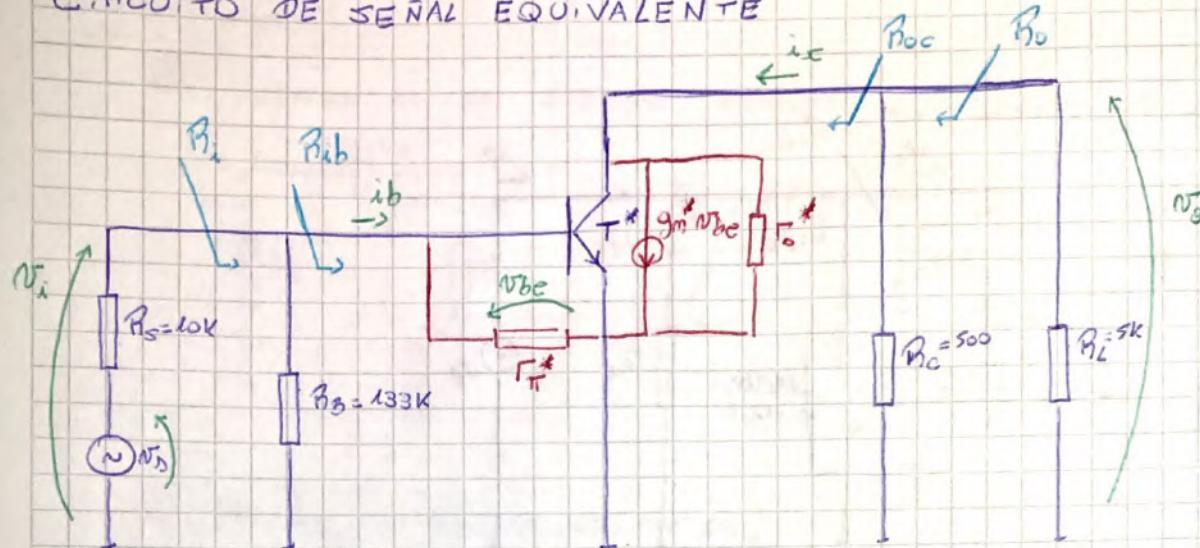
$$\hookrightarrow \frac{V_P}{i_{P2}} = \frac{V_P}{\beta \Gamma_{\pi2}} = \Gamma_{\pi2}$$

$$\frac{\beta \Gamma_{\pi2}}{\Gamma_{\pi1} + \Gamma_{\pi2}} \approx 1$$

$$\Rightarrow \Gamma_0^* = \underbrace{\Gamma_{O2}}_{\text{despreciable}} \parallel \Gamma_{O1} \left( \frac{\beta \Gamma_{\pi2}}{\Gamma_{\pi1} + \Gamma_{\pi2}} + 1 \right) \parallel \underbrace{\frac{\Gamma_{O1}}{\beta} \left( \frac{\beta \Gamma_{\pi2}}{\Gamma_{\pi2} + \Gamma_{\pi1}} + 1 \right)}_{\Gamma_{O2}(2)} = \Gamma_{O2} \parallel \Gamma_{O2}$$

$$\boxed{\Gamma_0^* = \frac{2}{3} \Gamma_{O2} = \frac{2}{3} \frac{V_A}{I_{CO2}} = 6,75 \text{ k}\Omega}$$

CIRCUITO DE SEÑAL EQUIVALENTE



- $R_{ib} = \Gamma_\pi^*$

- $R_i = \Gamma_\pi^* + R_B \Rightarrow R_i = 37,6 \text{ k}\Omega$

- $R_{oc} = \Gamma_0^*$

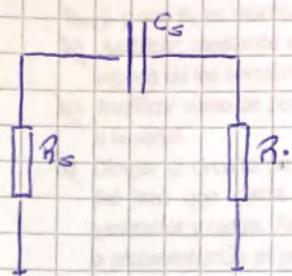
- $R_o = \Gamma_0^* // R_C \Rightarrow R_o = 466 \Omega$

- $A_V = \frac{R_o}{R_i} = -i_c \frac{R_C // R_L}{N_{be}} = -g_m^* R_o // R_L \Rightarrow A_V = -87$

- $A_{V_s} = A_V \frac{R_i}{R_i + R_s} \rightarrow A_{V_s} = -68,7$

NOTA

Q) Constante de tiempo asociada a  $C_S$  ( $C_E$  es un corto)

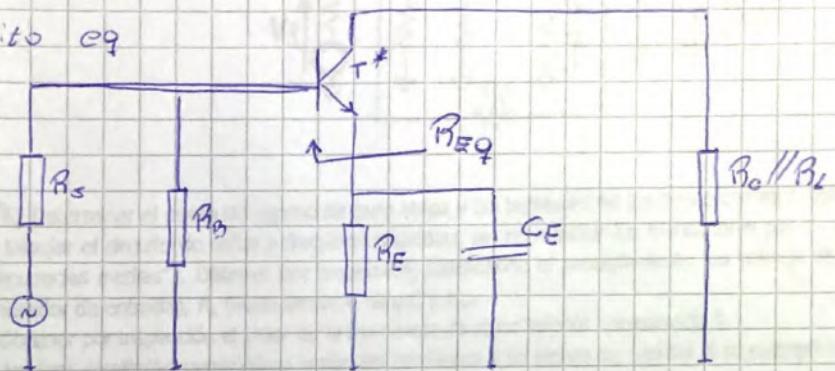


$$T_{CS} = (R_B + R_E) C_S = 47,6 \text{ k}\Omega \cdot 10 \mu\text{F} = 476 \text{ ms}$$

$$f_{CS} = \frac{1}{2\pi T_{CS}} = 0,334 \text{ Hz}$$

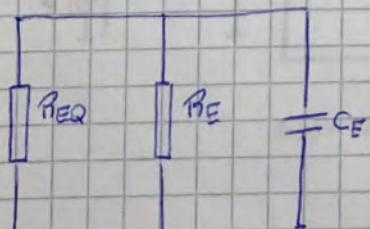
2) OR  $Z_{CE}$  ( $C_S$  es un corto)

Circuito eq



$R_{EQ}$  es como la resistencia de salida de un colector común realimentado

$$\Rightarrow R_{EQ} = r_{\pi}^* + \frac{R_s / R_B}{\beta_1 \beta_2} 6,18 \Omega$$



$$Z_{CE} = (R_E // R_{EQ}) C_E = 17,9 \mu\text{F} 603 \mu\text{s}$$

$$f_{CE} = \frac{1}{2\pi 17,9 \mu\text{s}} = 264 \text{ Hz}$$

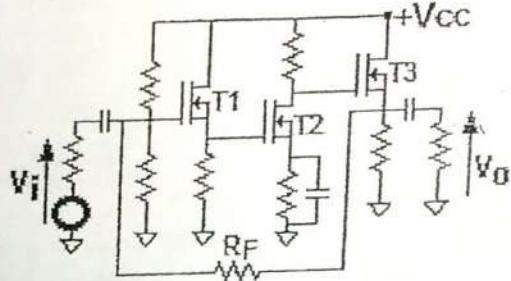
$\Rightarrow f_L$  como  $f_{CE} \gg f_{CS}$

$$f_L = f_{CE} = 264 \text{ Hz}$$

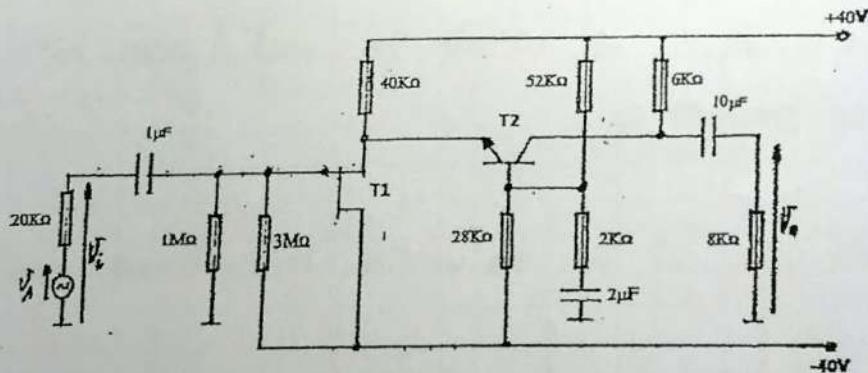
NOTA

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
		T	N		

1. Admitir que todos los MOSFETs de canal inducido están polarizados en la zona activa de trabajo ( $V_{DS} > V_{DSE}$ ), y que  $R_F$  es mucho mayor a cualquiera de los resistores del circuito.
- a) Justificar, mediante un análisis de incrementos, si la realimentación dada por  $R_F$  estabiliza el punto de reposo de los transistores, ante la dispersión del parámetro "k" de T1.
  - b) Justificar cómo se podría modificar el circuito para que la realimentación dada por  $R_F$  afecte solamente a la señal.
  - c) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias, indicar qué muestrea y qué suma la realimentación del lazo que cierra  $R_F$ , definiendo los bloques correspondientes al amplificador, realimentador, generador y carga. Analizar mediante el comportamiento de incrementos de señal a través del lazo, si la realimentación es positiva o negativa.



2. a) Determinar el punto de reposo de cada etapa y las tensiones de los tres electrodos respecto de común.  
 b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. ¿Qué significa "frecuencias medias"? Obtener por inspección, justificando el procedimiento los valores de  $A_v$ ,  $R_f$  (vista desde el generador de entrada),  $R_o$  (vista desde la carga) y  $A_{vs}$ .  
 c) Obtener por inspección el valor de la frecuencia de corte inferior aproximada  $f_i$ .  
 d) Analizar cualitativamente cómo varían las corrientes y tensiones de reposo si se reemplaza el resistor de 40 KΩ por uno de 10 KΩ.



$$|I_{DSS}| = 12 \text{ mA}; |V_P| = 6 \text{ V}; \beta = 300$$

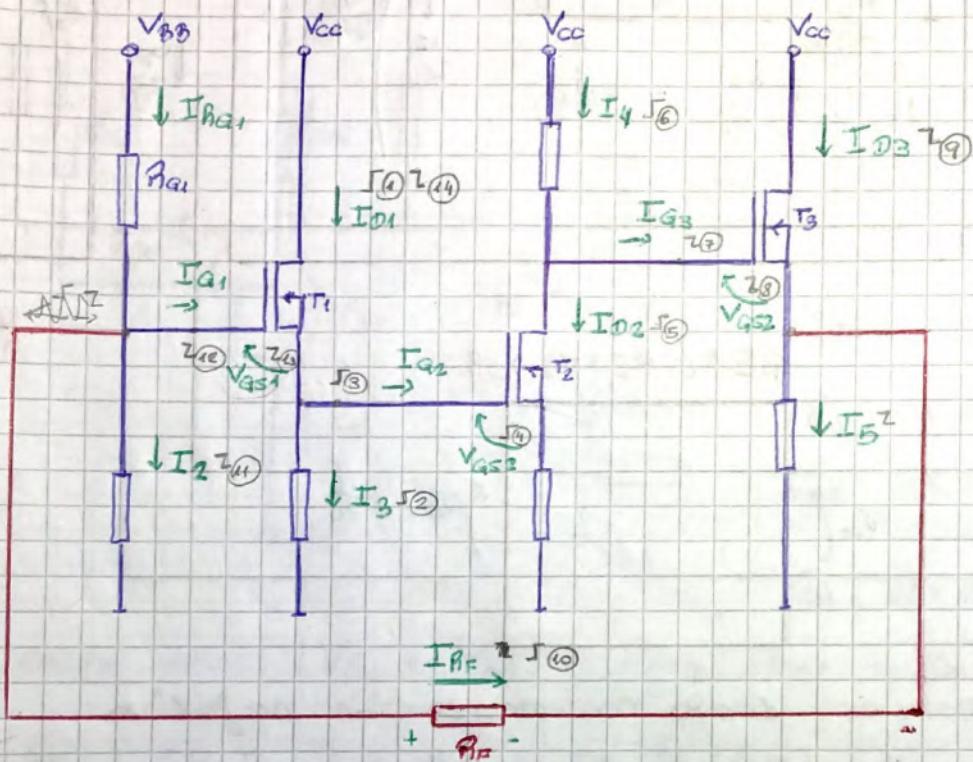
$$V_{GO} = V_G - V_D = (V_G - V_S) - (V_D + V_{BS})$$

$$= V_{GS} - V_{DS}$$

FECHA

PARCIAL 1/17 - Segunda Fecha

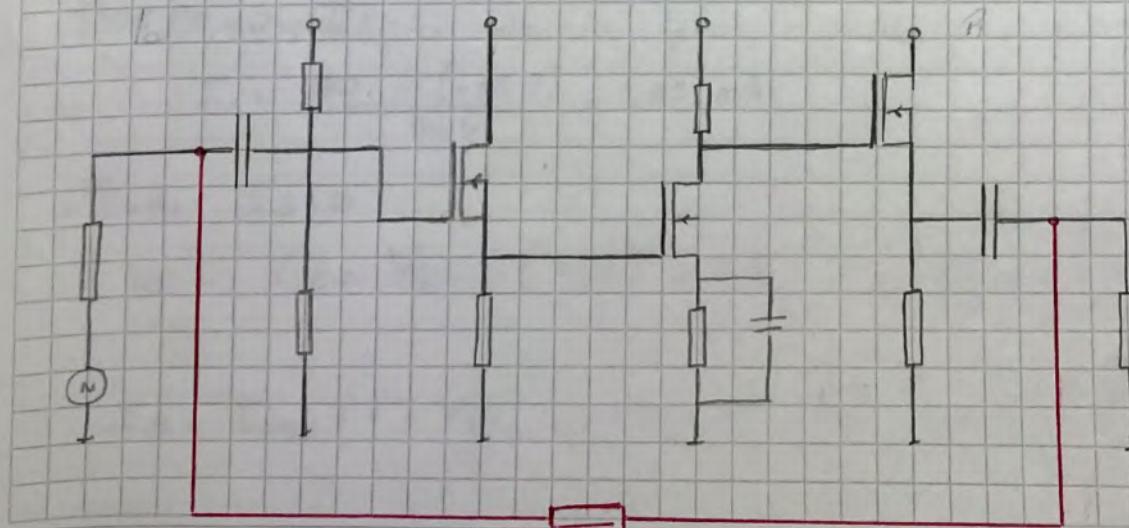
EJERCICIO 1 POLARIZACIÓN



$\Rightarrow$  Se estabiliza el punto de reposo

$\Rightarrow$  realimentación negativa

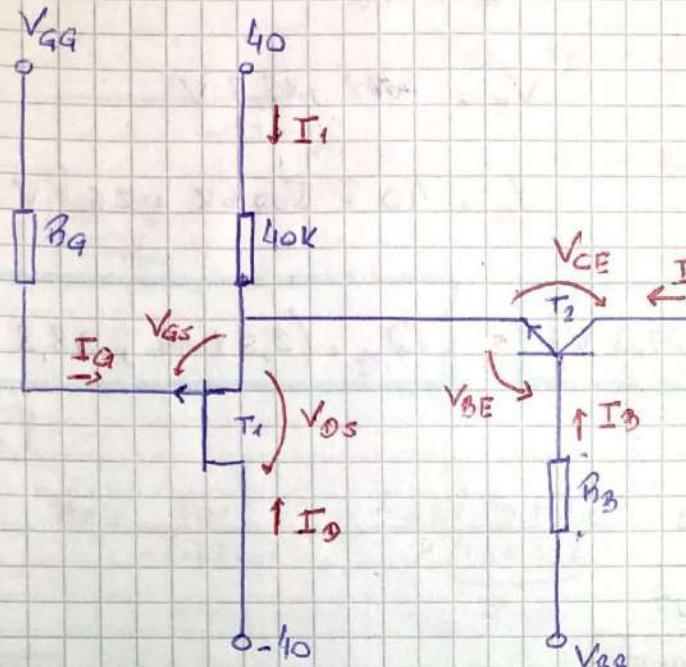
b) Conectando el circuito de la sig forma



NOTA



## EJERCICIO 2



$$V_{GG} = -40 \frac{1\text{M}}{3\text{M} + 1\text{M}} = -10\text{ V}$$

$$R_G = 1\text{M} // 3\text{M} = 750\text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = -40 + 80 \frac{28\text{k}}{52\text{k} + 28\text{k}} = -42\text{ V}$$

$$R_B = 28\text{k} // 52\text{k} = 18,2\text{k}$$

puedo decir  $|V_{RB}| \ll |V_{BB}| \Rightarrow$  Busco  $I_{BMAX} \rightarrow V_{CB} = 0$

$$40 - 6\text{k} I_{GMAX} + V_{BE} + I_{BMAX} R_B - (-12) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{BMAX} = 29,6 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow V_{RB} = 0,539\text{ V} \ll |V_{BB}|$$

$$\Rightarrow \text{aproximo } V_B = V_{BB}$$

$$\Rightarrow V_s = V_{BB} - V_{BEON} = -12,7 \text{ V}$$

Despejo  $I_1$

$$I_1 = \frac{40 - (-12,7)}{40\text{ k}} = 1,32 \text{ mA}$$

Dado  $I_G = 0$

$$\Rightarrow V_{GS} = V_{GG} - (-12,7) = 2,7 \rightarrow \boxed{V_{GSQ} = 2,7}$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 = -12\text{mA} \left(1 - \frac{2,7}{6}\right)^2 \rightarrow \boxed{I_{DQ} = -3,63\text{mA}}$$

NOTA

$$I_1 + I_D + I_C = 0 \Rightarrow |I_{CQ} = 2,31 \text{ mA}|$$

$$V_G = V_{GG} = -10 \text{ V}$$

$$V_B = V_{BB} = -12 \text{ V}$$

$$V_S = V_{GG} - V_{GS} = -12,7 \text{ V}$$

$$V_E = -10,2 - 12,7 \text{ V}$$

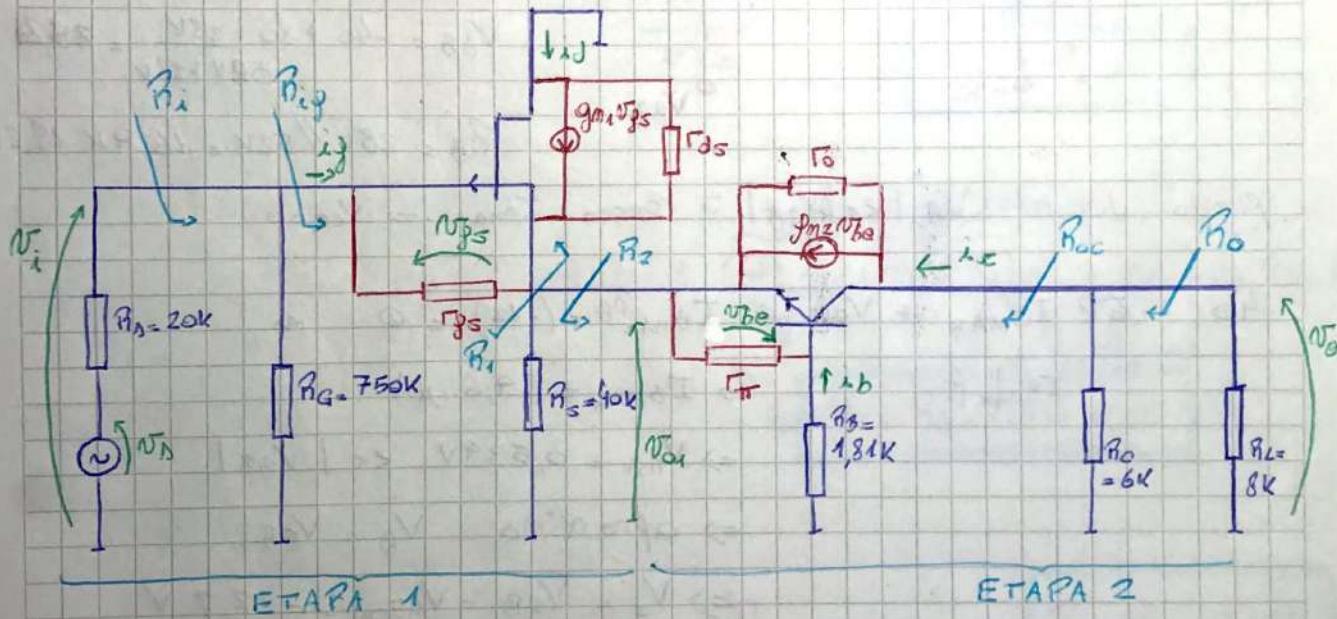
$$V_D = -40 \text{ V}$$

$$V_C = 40 - I_{CQ} 6K = 26,1 \text{ V}$$

$$\text{THQ } Q_{T_1} = (-3,63 \text{ mA}; -27,3 \text{ V})$$

$$Q_{T_2} = (2,31 \text{ mA}; 38,3 \text{ V})$$

### b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = \frac{2}{|V_P|} \sqrt{|I_{DSS}| |I_{CQ}|} = 2,2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$g_{m2} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 89, \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

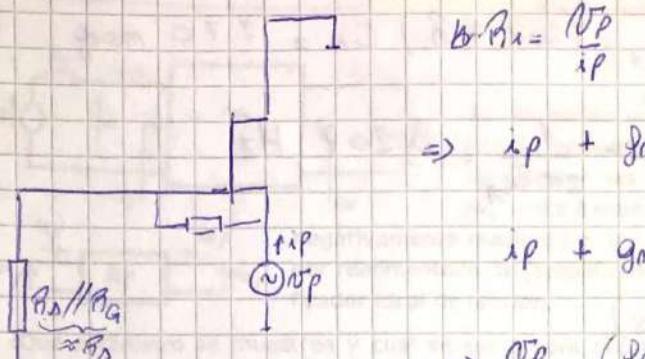
$$r_{ds} \rightarrow \infty$$

$$r_T = \beta / g_{m2} = 3,37 \text{ k}\Omega$$

$$r_{ds} \rightarrow \infty$$

$$r_o \rightarrow \infty$$

NOTA

$R_1$ 

$$\text{b} \cdot R_1 = \frac{N_p}{i_p}$$

$$\Rightarrow i_p + g_m \cdot V_{DS} = \frac{N_p}{R_B + R_{DS}}$$

$$i_p + g_m \cdot R_{DS} (-V_p) = \frac{N_p}{R_{DS} + R_{DS}}$$

$$\Rightarrow \frac{N_p}{i_p} = \left( \frac{g_m \cdot R_{DS}}{R_{DS} + R_{DS}} + 1 \right) \approx \frac{1}{g_m}$$

$$\Rightarrow R_1 = 455 \Omega$$

 $R_2$ 

$$R_2 = \frac{V_{O1}}{- (i_b + i_c)} = \frac{-i_b (R_B + \Gamma_\pi)}{- (i_b + i_c)} = \frac{R_B + \Gamma_\pi}{\beta}$$

$$\Rightarrow R_2 = 17 \Omega$$

 $R_i$ 

$$R_i = R_{ig} // R_g$$

$$R_{ig} = \frac{V_i}{i_g} = \frac{i_g R_{DS} + (i_d + i_g) (R_s // R_2)}{i_g} = R_{DS} + g_m \cdot R_{DS} \cdot R_2$$

$$\Rightarrow R_{ig} \rightarrow \infty$$

$$\Rightarrow R_i = R_g = 750 \text{ k}\Omega$$

 $R_o$ 

$$R_o = R_{oc} // R_C$$

$$R_{oc} = R_o \left( \frac{\beta R_s // R_1}{R_s // R_1 + \Gamma_\pi + R_B} + 1 \right) \xrightarrow{R_o \rightarrow \infty} \Rightarrow R_o = R_C = 6 \text{ k}\Omega$$

 $A_{v2}$ 

$$A_{v2} = \frac{V_o}{V_{o1}} = \frac{i_c R_{CA}}{i_b (\Gamma_\pi + R_B)} = \frac{\beta R_{CA}}{\Gamma_\pi + R_B} = 199$$

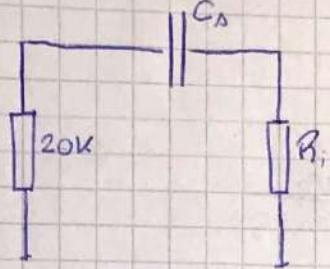
$$A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i} = \frac{i_c R_{CA} (i_d + i_g) (R_s // R_2)}{(i_d + i_g) (R_s // R_2) + i_g R_{DS}} = \frac{i_d R_2}{i_d R_2 + i_d} = 0,036$$

$$A_{v2} = A_{v1} \cdot A_{v2} = 7,17$$

$$A_{vD} = A_{v1} \frac{R_i}{R_i + R_1} = 6,98$$

NOTA

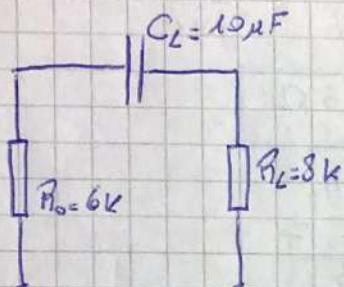
⇒ Constante de tiempo asociada a  $C_S = 1\mu F$  ( $C_B, C_L$  cortos)



$$Z_{C_S} = (20k + R_i) C_S = 770 \text{ mseg}$$

$$f_{C_S} = \frac{1}{2\pi Z_{C_S}} = 0,207 \text{ Hz}$$

⇒  $Z_{C_L}$  ( $C_S, C_B$  cortos)

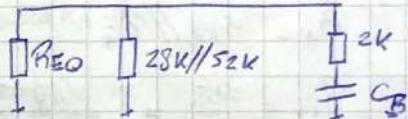
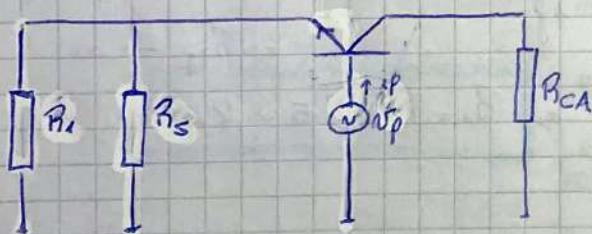


$$Z_{C_L} = (8k + 6k) 10 \mu F = 140 \text{ mseg}$$

$$f_{C_L} = \frac{1}{2\pi Z_{C_L}} = 1,14 \text{ Hz}$$

⇒  $Z_{C_E}$  ( $C_S, C_B$  cortos)

Busco  $R_{EQ}$



$R_{EQ}$  es como la resistencia de entrada de una

config. Emisor común. Realmente por  $R_{EA} = R_E // R_S \approx R_E$

$$\Rightarrow R_{EQ} = r_T (1 + g_m R_{EA}) = 3,37k (1 + 89m455) = 140k \Omega$$

$$\Rightarrow Z_{C_B} = C_B (2k + (140k // 28k // 52k)) = 32,2 \text{ mseg}$$

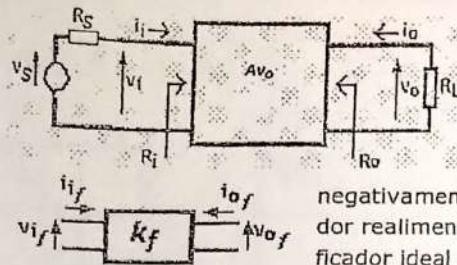
$$\Rightarrow f_{C_B} = \frac{1}{2\pi Z_{C_B}} = 4,94 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \text{elijo } f_L = f_{C_S} + f_{C_B} + f_{C_L} \approx 6 \text{ Hz}$$

NOTA

APELLIDO	
T	N

PADRON	TURNO	Nº HOJAS	1	2



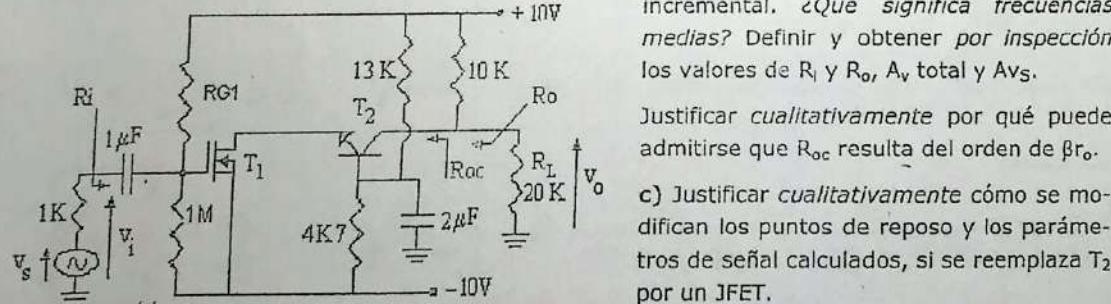
1.- Se posee un amplificador con carga  $R_L$  y excitado con un generador de señal ( $v_s$ ;  $R_s$ ) como se muestra. Se conocen las resistencias  $R_i$  y  $R_o$  y la transferencia  $Av_o > 0$  a frecuencias medias. Se requiere realimentarlo negativamente mediante el bloque " $k_f$ ", de modo tal que el amplificador realimentado  $Av$  (amplificador + realimentador), tienda a un amplificador ideal de tensión.

- a) ¿Qué parámetro se muestrea y cuál se suma para obtener las características descriptas en el amplificador realimentado?
- b) Dibujar el circuito del amplificador realimentado completo, realizando las conexiones de modo que permita cumplir con las necesidades. Definir la transferencia " $k_f$ " del realimentador con la relación de variables necesaria en este caso, indicando qué signo debe tener para que la realimentación sea negativa. Obtener la expresión de  $Av$  en función de  $Av_o$  y  $k_f$ . Justificar qué propiedades es conveniente que posea la red " $k_f$ " para no incidir sobre el comportamiento de la salida del amplificador.
- c) Justificar cualitativamente siguiendo los incrementos a través del lazo, cómo se modifican los valores de las resistencias de entrada y salida en el amplificador realimentado,  $R_{ir}$  y  $R_{or}$  (aumentan, disminuyen o permanecen inalterados) respecto de  $R_i$  y  $R_o$ .

Nota: Respetar los sentidos de referencia indicados en los diagramas

2.-  $k = 1 \text{ mA/V}^2$ ;  $V_T = 1 \text{ V}$ ;  $\lambda \approx 0,01 \text{ V}^{-1}$ ;  $\beta = 200$ ;  $V_A = 150 \text{ V}$ ;  $r_x \approx 0 \Omega$ .

- a) Obtener los puntos de reposo de los transistores, si se ajusta  $R_{G1}$  -(hallar su valor)- de modo que la tensión de reposo sobre la carga  $R_L$  sea  $V_{QQ} = 0V$ .
- b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo incremental. ¿Qué significa frecuencias medias? Definir y obtener por inspección los valores de  $R_i$  y  $R_o$ ,  $A_v$  total y  $A_{vs}$ . Justificar cualitativamente por qué puede admitirse que  $R_{oc}$  resulta del orden de  $\beta r_o$ .



c) Justificar cualitativamente cómo se modifican los puntos de reposo y los parámetros de señal calculados, si se reemplaza  $T_2$  por un JFET.

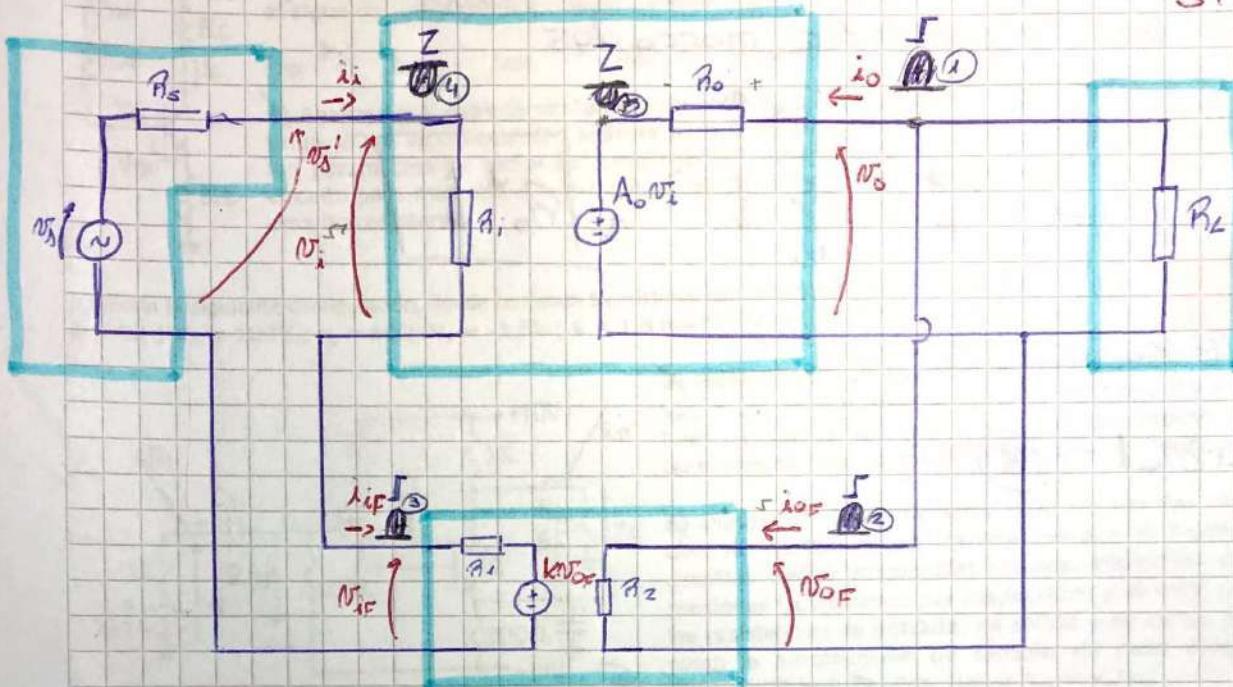
PARCIAL 2/15 - 3ra Fecha

EJERCICIO 1

- Con  $R_i^*$
- Con  $R_o^*$
- Con  $A$

o Cuándo pref  
a que ampli se prende  
cómo se justifica?

o Puedo despreciar  $R_S$ ?  
Si



a) MV ≤ V

$$R_o = \frac{V_p}{i_p} \quad R_o^* = \frac{V_p}{i_p}$$

$$\text{Como } i_p = V_p - A_o V_i$$

b)  $k = \frac{N_{if}}{N_{of}} > 0$  para que la realimentación negativa

$$A_{if} = \frac{N_o}{N_o'} = \frac{N_o}{N_i + N_{if}} = \frac{N_o}{N_i + k N_{of}} = \frac{N_o}{N_i + K N_o} = \frac{A_o}{1 + K A_o}$$

Para que la red  $k_F$  no incida sobre el comportamiento de la salida del amplificador se debe cumplir que  $R_2 \rightarrow \infty$  para que no lo cargue

$$a) R_i = \frac{V_o'}{i_i}, \text{ cuando realimenta } R_i^* = \frac{V_o'}{i_i} - \frac{V_o'}{R_2} \Rightarrow$$

Cuando realimenta  $R_i^* = \frac{V_o'}{i_i}$   
 La  $N_i \downarrow$  y como  $i_i = \frac{N_i}{R_i} \Rightarrow i_i \downarrow$   
 NOTA  $\Rightarrow R_i^* \uparrow$

$$\Rightarrow \frac{N_i}{R_i} = N_i' - \frac{V_o'}{R_2}$$

$$R_0 = \frac{N_p}{i_0}$$

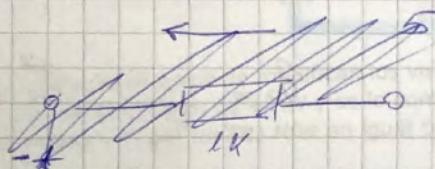
Caso Cuando realmento, ~~se~~ ~~Np - Ap Ni~~  
por los incrementos marcados

$$N_{R_0} \uparrow \Rightarrow i_0 \uparrow$$

$$\Rightarrow R_0^* = \frac{N_p}{i_0} \downarrow \Rightarrow |R_0^* \downarrow|$$

## EJERCICIO 2

### Resumen (8) REPETIDO



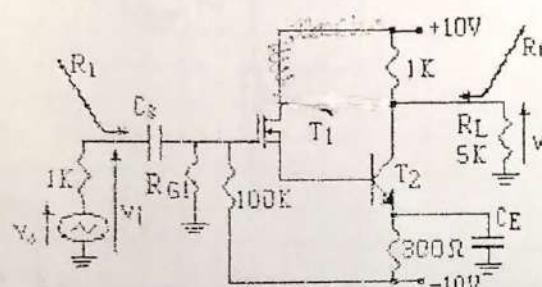
- 1.- Se suponen conocidos todos los elementos del circuito de la figura y las características del TBJ.
- a) Analizar el proceso de estabilización de  $I_{CQ}$  frente a variaciones de  $\beta_F$ . Hacerlo cualitativamente, justificando por qué existe estabilización de  $I_{CQ}$  en base a la observación del circuito. ¿Qué ocurre con  $I_{BQ}$ ?

b) Si se reemplaza al transistor por un ejemplar cuyo  $\beta_{F2}$  es el doble del inicial, colocar el signo que corresponda (mayor, menor o igual) entre los siguientes pares de valores:

$$I_{CQ2} > ? \quad I_{CQ1} \mid I_{BQ2} < ? \quad I_{BQ1} \mid (\Delta I_{CQ}/I_{CQ1}) < ? \quad (\Delta \beta_F/\beta_{F1})$$

c) Analizar cuál debería ser la relación entre  $R_B$  y  $R_E$  para mejorar la estabilidad en continua. ¿Qué inconvenientes acarrea para la polarización del transistor y cómo degrada los parámetros de señal del amplificador? Justificar cómo debería implementarse el circuito para maximizar la estabilidad en continua frente a variaciones de  $\beta_F$ . Dibujar el circuito resultante.

- 2.- Dada la siguiente configuración, donde se tienen transistores con características:  
 $\beta = 50$ ;  $V_A = 100V$ ;  $r_x = 50\Omega$ ;  $V_T = -1,5V$ ;  $k = 1,8 \text{ mA/V}^2$ ;  $\lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}$



a) Hallar el valor de  $R_{G1}$  de modo tal de obtener una  $V_{OQ} = 2V$ . Indicar en el circuito de continua los valores y signos de las corrientes de reposo y tensiones de cada terminal contra común. Justificar.

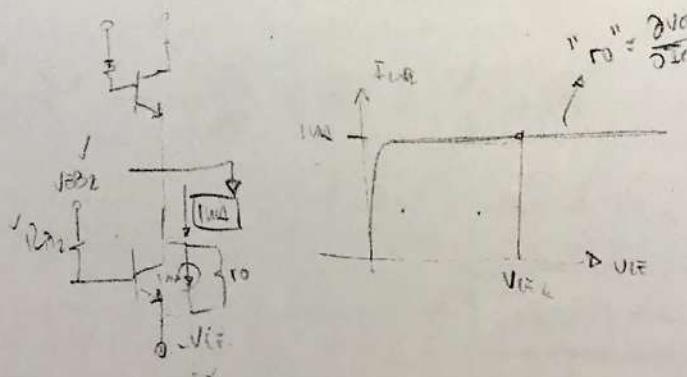
b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuital. Definir frecuencias medias. Hallar las expresiones (justificando por inspección) y el valor de: las resistencias de entrada, de salida y de carga, así como la amplificación de tensión de cada etapa. Hallar  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_v$  totales. Hallar  $A_{vs} = v_o/v_s$ .

- c) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores de reposo y señal si:

- c<sub>1</sub>) se desconecta el drain de +10V y se lo conecta al colector de T<sub>2</sub>.  
 c<sub>2</sub>) se reemplaza T<sub>1</sub> por un TBJ NPN en igual configuración.

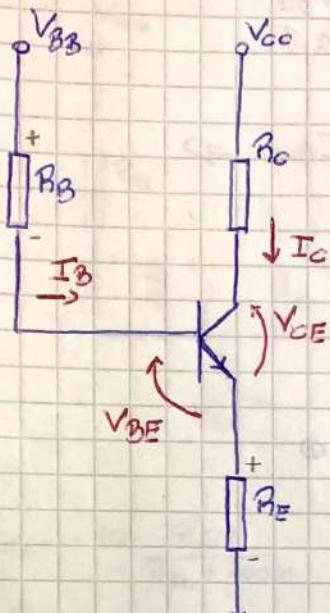
- d) Obtener por inspección el valor de la resistencia vista desde los terminales del capacitor C<sub>E</sub>.

*Reemplazo  
R<sub>E</sub> por una  
fuente de  
corriente  
que funciona bien  
para continua y para  
señal*



PARCIAL 12/6/15

EJERCICIO 1



$\uparrow \beta \Rightarrow \uparrow I_C \Rightarrow \uparrow V_{BE} \Rightarrow \uparrow V_E$   
 $\Rightarrow \uparrow V_B \Rightarrow \downarrow V_{BB} \Rightarrow \downarrow I_B \Rightarrow \downarrow I_C$

Como  $I_C = \beta I_{BQ}$  y  $I_C \propto \alpha$

= Si  $\beta \uparrow \Rightarrow I_B \downarrow$

Si  $\beta \downarrow \Rightarrow I_B \uparrow$

$$b) V_{BB} - I_{BQ} R_B - V_{BE} - I_{CQ_1} R_E = 0$$

$$\Rightarrow I_{CQ_1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta} + R_E}, \quad I_{CQ_2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E}$$

$$\frac{I_{CQ_1}}{I_{CQ_2}} \geq 1 = \frac{\frac{R_B}{\beta} + R_E}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E} \geq 1 \rightarrow \frac{R_B}{\beta} + R_E \geq \frac{R_B}{2\beta} + R_E$$

$$\frac{1}{2} < 1 \Rightarrow \frac{I_{CQ_1}}{I_{CQ_2}} < 1$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{CQ_2} > I_{CQ_1}}$$

Usando  $I_C \propto \beta I_{BQ}$

$I_{CQ_2} \approx I_{CQ_1} \approx \alpha I_{BQ_2}$

$$\begin{aligned} I_{CQ_1} &\geq I_{BQ_2} \\ I_{CQ_1} &\geq I_{CQ_2} \\ \frac{1}{\beta} &\leq \frac{1}{2\beta} \end{aligned}$$

Usando  $I_{CQ} = I_{BQ} \beta$

$$I_{BQ_1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + R_E \beta}$$

$$I_{BQ_2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + R_E^2 \beta}$$

el denominador de  $I_{BQ_2}$  es mayor al de  $I_{BQ_1} \Rightarrow$

$$\boxed{I_{BQ_2} < I_{BQ_1}}$$

$$\frac{\Delta I_{CQ}}{I_{CQ_1}} = \frac{I_{CQ_2} - I_{CQ_1}}{I_{CQ_1}} = \frac{\overbrace{I_{CQ_2}}^{>1} - 1}{I_{CQ_1}} > 0$$

$$\frac{\Delta \beta}{\beta} = \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1} = 2 \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta} = 1$$

$\Rightarrow$  supongo  $\frac{\Delta I_{CQ}}{I_{CQ_1}} > \frac{\Delta \beta}{\beta}$

$$\Rightarrow \frac{I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} - 1 - 1 > 0 \rightarrow \frac{I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} > 2$$

$$\textcircled{2} I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE,ON}}{R_B + R_E}$$

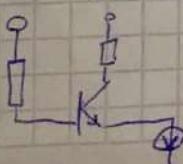
$$\frac{R_B + R_E}{\beta} > 2$$

$\Rightarrow$  debo pedir  $R_B \beta \ll R_E$

pero si  $R_B \downarrow, \uparrow \beta$

pero si  $R_E \uparrow$ , ~~debería~~

pero disminuye  $I_{CQ}$



Colocando una fuente de corriente en lugar de  $R_E$

$$\frac{R_B}{\beta} + R_E > 2 \frac{R_B}{\beta} + 2 R_E$$

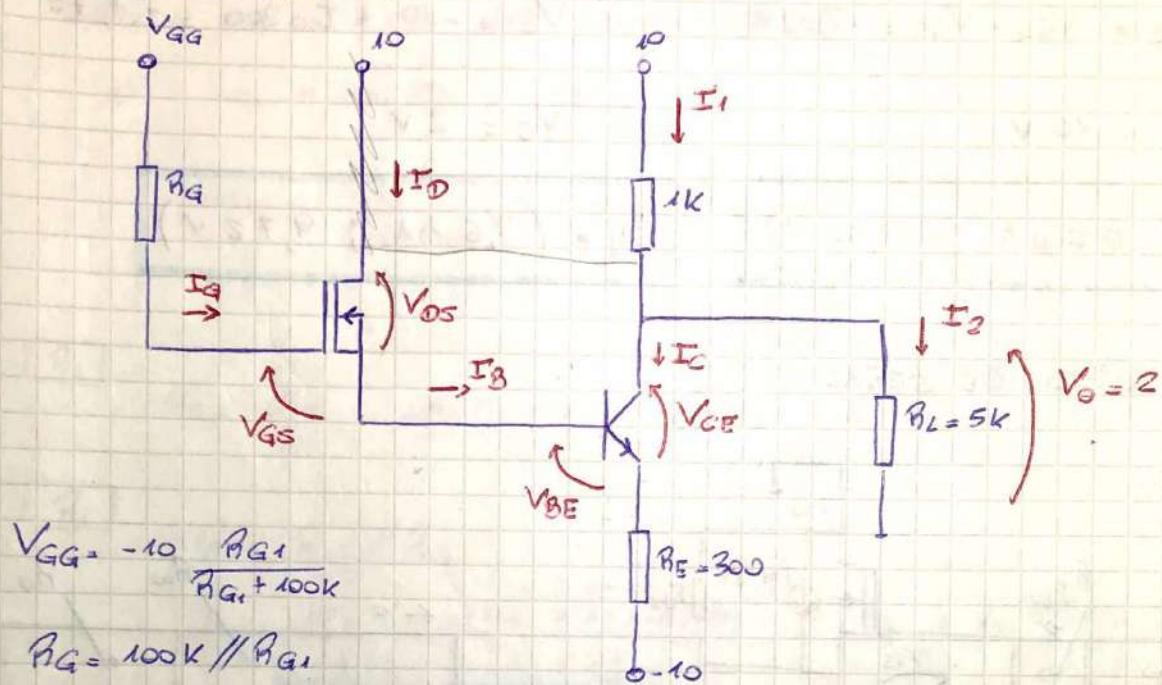
$$\frac{R_B}{\beta} (-3) + R_E > 0$$

$1 > 2$  ; Abs!

$$\frac{\Delta I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} < \frac{\Delta \beta}{\beta}$$

## EJERCICIO 2

### POLARIZACIÓN



$$\text{Si: } V_O = 2 \Rightarrow I_1 = \frac{8}{1K} = 1mA \quad \text{y} \quad I_2 = \frac{2}{5K} = 400 \mu A$$

$$\text{Como } I_1 = I_2 + I_C \Rightarrow I_{CQ} = 7,6 mA$$

$$I_D = I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 152 \mu A$$

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow V_{GSQ} = -1,2 V$$

despl  $\lambda$

$$V_{GG} - V_{GSQ} - V_{BE,ON} - I_C R_E - (-10) = 0$$

$$\therefore V_{GG} = -8,22 = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 100K}$$

$$\therefore R_{G1} = 462 K\Omega$$

$$\therefore R_G = 82,2 K\Omega$$

$$V_G - V_{GG} = 11,02 - 8,22 \text{ V}$$

$$V_B = V_E + 0,7 = -7,02 \text{ V}$$

$$V_S = V_{GG} - V_{GS} = -7,02 \text{ V}$$

$$V_E = -10 + I_{CO} \cdot 300 = -7,72 \text{ V}$$

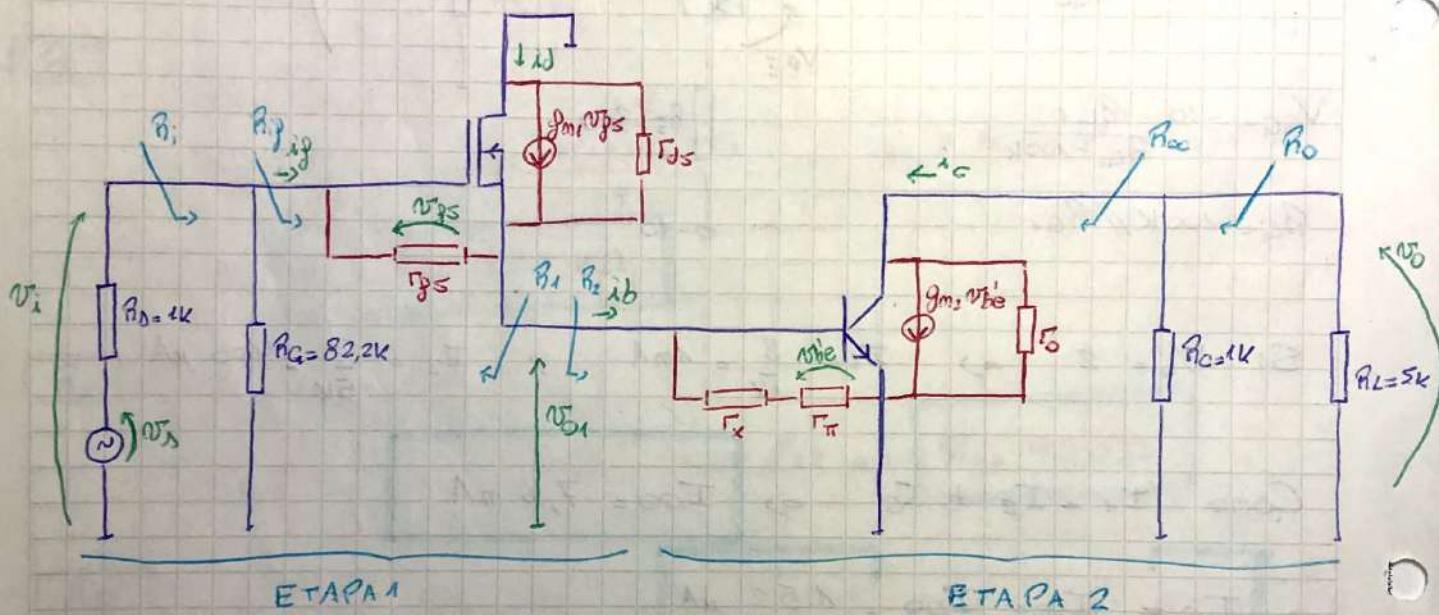
$$V_D = 10 \text{ V}$$

$$V_C = 2 \text{ V}$$

$$Q_1 = (152 \mu\text{A} ; 17,02 \text{ V})$$

$$Q_2 = (7,6 \text{ mA} ; 9,72 \text{ V})$$

### b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = 2 \sqrt{k} I_{DQ} = 1,05 \frac{\text{mA}}{\sqrt{\text{V}}}$$

$$g_{m2} = \frac{I_{CO}}{V_T} = 293 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$r_{ds} \rightarrow \infty$$

$$r_{pi} = \beta/g_{m2} = 171 \Omega$$

$$r_x = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = 658 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = 50$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_{CO}} = 13,2 \text{ k}\Omega$$

R<sub>1</sub>

$R_1$  es la resist. de salida de un ~~o~~or drain común

Coloco una fuente de prueba  $V_{DS}$

$$\Rightarrow i_{DS} + g_{m1} V_{DS} = \frac{V_{DS}}{R_{PS} + R_{GA}}$$

$$i_{DS} = \frac{V_{DS}}{R_{PS} + R_{GA}} \left( 1 + \frac{g_{m1} R_{DS}}{\approx g_{m1} R_{PS}} \right)$$

$$\approx R_{PS} \quad \rightarrow R_1 = \frac{V_{DS}}{i_{DS}} = \frac{R_{PS} + R_{GA} / R_{DS}}{1 / g_{m1}}$$

$$R_1 = 952$$

R<sub>2</sub>

$$R_2 = \frac{V_{DS}}{i_b} = \frac{i_b (\Gamma_x + \Gamma_\pi)}{i_b} \Rightarrow R_2 = 221 \Omega$$

R<sub>i</sub>

$$R_i = R_{IG} // R_G$$

$$R_{IG} = \frac{V_i}{i_g} = \frac{i_g R_{DS} + (i_g + i_d) R_2}{i_g} = R_{DS} + g_{m1} R_{DS} R_2 \rightarrow \infty$$

$$\Rightarrow R_i = R_G = 82,2 \text{ k}\Omega$$

R<sub>o</sub>

$$R_o = R_{OC} // R_O$$

$$R_{OC} = R_O \Rightarrow R_O = 13,2 \text{ k} // 1 \text{ k} \Rightarrow R_o = 930 \Omega$$

A<sub>VR</sub>

$$A_{VR} = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_{DS}} = \frac{V_{DS}}{V_i} = A_{VR1} A_{VR2}$$

$$A_{VR2} = \frac{V_O}{V_{DS}} = - \frac{i_x R_C // R_L}{i_b (\Gamma_x + \Gamma_\pi)} = - \frac{\beta R_O // R_L}{\Gamma_x + \Gamma_\pi} = - 189$$

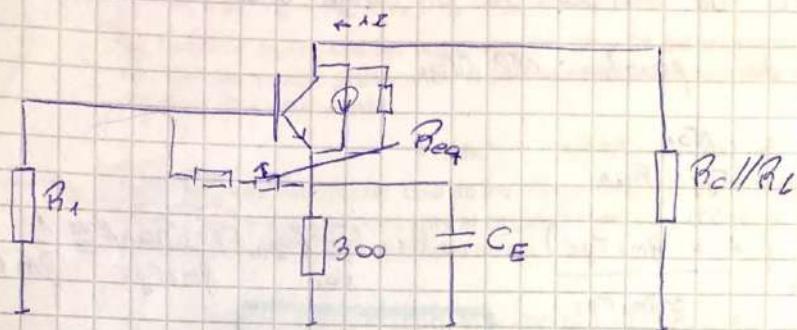
$$A_{VR1} = \frac{V_{DS}}{V_i} = \frac{(i_g + i_d) R_2}{(i_g + i_d) R_2 + i_g R_{DS}} \approx \frac{i_d R_2}{i_d R_2 + \frac{i_g}{g_{m1}}} = 0,188$$

$$\Rightarrow A_{VR} = - 35,5$$

$$A_{VDS} = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_i} \frac{V_i}{V_D} = A_{VR} \frac{R_1}{R_1 + R_A}$$

$$\Rightarrow A_{VDS} = - 35,1$$

d) Circuito equivalente



La resistencia vista desde los terminales del capacitor es  $R_{eq} // 300$

Busco  $R_{eq}$  colocando una fuente de prueba

$$v_p - g_m v_{be} \Gamma_0 + i_x (R_C // R_L + \Gamma_0) = 0$$

$$v_p - g_m \Gamma_0 \frac{(-v_p)}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} + (-i_p - i_b) (R_C // R_L + \Gamma_0) = 0$$

$$v_p + \left( 1 + \frac{\beta \Gamma_0}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} \right) + \frac{R_C // R_L + \Gamma_0}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} = i_p (R_C // R_L + \Gamma_0)$$

$$\approx \frac{\beta \Gamma_0}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1}$$

$$\Rightarrow \frac{v_p}{i_p} = R_{eq} = \frac{(\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1)(R_C // R_L + \Gamma_0)}{\beta \Gamma_0}$$

$$R_{eq} = 245 \Omega$$

$$\Rightarrow R_{eq} // 300 = 23 \Omega$$

1/10 copia

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	dirección
		T	N	

1.- Para una etapa darlington con TBJs de parámetros conocidos:

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta; V_{A1} = V_{A2} = V_A; r_{x1} = r_{x2} = 0$$

a) Justificar cuáles son los terminales C\*, B\* y E\* del transistor equivalente, y definir y obtener por inspección, justificando el procedimiento, las expresiones de los parámetros de señal del transistor equivalente:

$$a_1) g_m^* \quad a_2) r_x^* \quad a_3) r_o^*$$

b) Si se debe reemplazar uno de los transistores por un MOSFET, ¿cuál podría reemplazarse, sin agregar otros componentes al circuito? Justificar. ¿Cómo se modifican en ese caso los parámetros equivalentes calculados en a)?

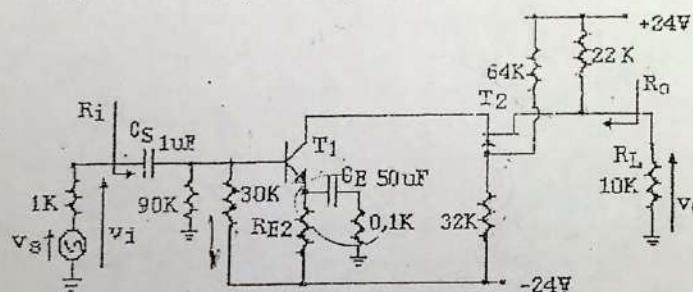
2.-  $\beta = 200$ ;  $V_A \rightarrow \infty$ ;  $r_x = 100\Omega$ ;  $V_p = -3V$ ;  $I_{DSS} = 12mA$ ;  $\lambda \rightarrow 0$

a) Obtener los puntos de reposo de T1 y T2, si se ajusta  $R_{E2}$  de modo que resulte  $V_{OQ} = 0V$  (tensión de reposo sobre  $R_L$ ).

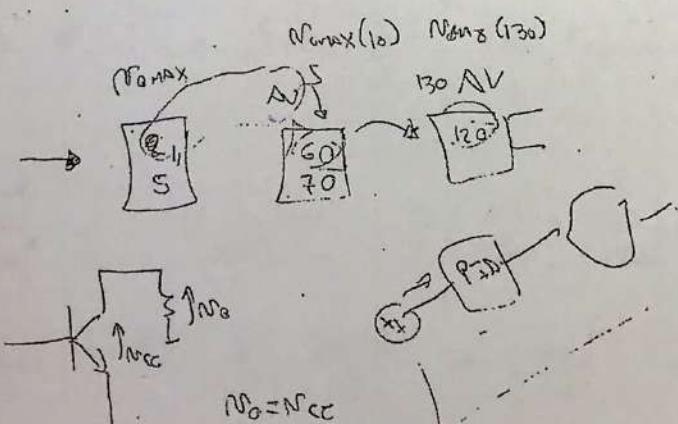
b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuital, indicando en él todos los sentidos de referencia necesarios para los cálculos siguientes. Definir "frecuencias medias". Obtener por inspección y calcular,  $R_i$ ,  $R_o$ , la amplificación de tensión de cada etapa y la total  $Av = v_o/v_i$ . Obtener  $Av_s$ .

c) Obtener el valor aproximado de la frecuencia de corte inferior  $f_l$ . Justificar el procedimiento.

d) Analizar la realimentación producida al conectar un resistor  $R_f = 1M\Omega$  entre la base de T1 y el drain de T2, identificando los bloques generador, amplificador, carga y realimentador. Justificar qué muestrea, qué suma y si la realimentación es positiva o negativa.

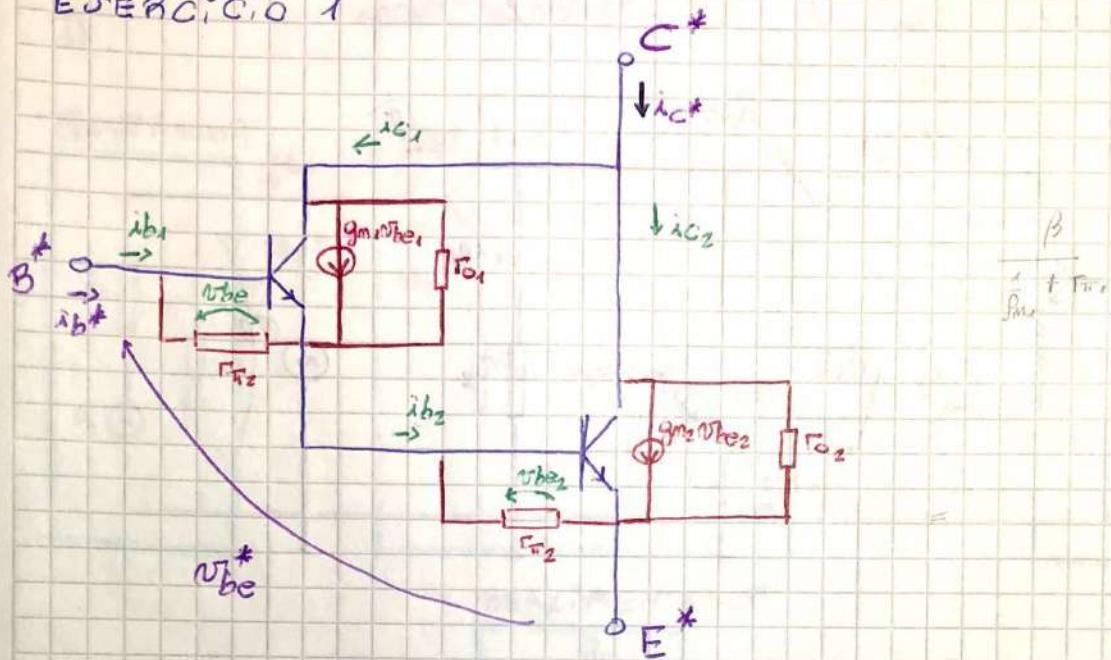


e) Si se conectara en el circuito de la figura un resistor entre +24V y el colector de T1. ¿Cuál sería su valor mínimo para el que ambos transistores permanecen en el modo activo de control de potencia?



PARCIAL 3/11/17

EJERCICIO 1



$$g_{m1} = \frac{I_{CQ1}}{\sqrt{T_r}}$$

$$g_{m2} = \frac{I_{CQ2}}{\sqrt{T_r}} = \beta \frac{I_{CQ1}}{\sqrt{T_r}} = \beta g_{m1}$$

$$r_{\pi1} = \frac{\beta}{g_{m1}}$$

$$r_{\pi2} = \frac{\beta}{g_{m2}} = \frac{\beta}{\beta g_{m1}} = \frac{r_{\pi1}}{\beta}$$

$$r_{o1} = \frac{V_A}{I_{CQ1}}$$

$$r_{o2} = \frac{V_A}{I_{CQ2}} = \frac{V_A}{\beta I_{CQ1}} = \frac{r_{o1}}{\beta}$$

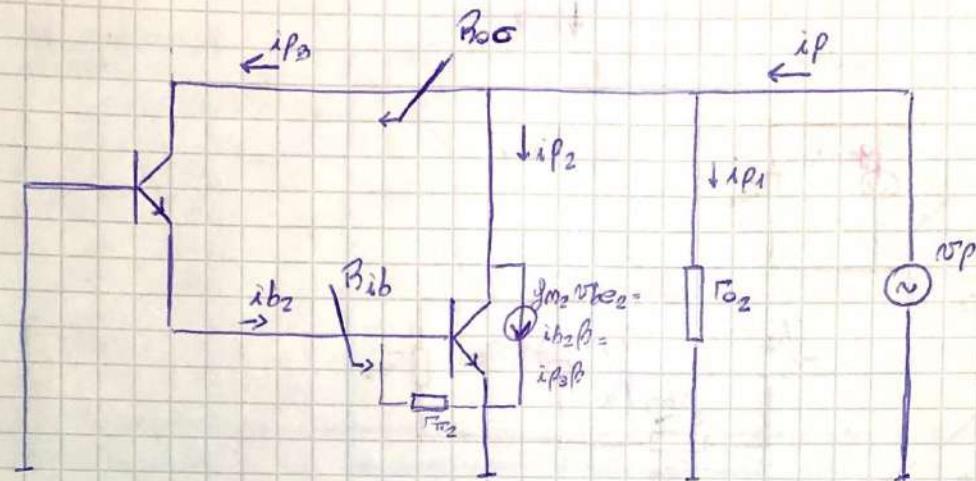
$$v_{be1} = i_{b1} r_{\pi1} = \beta i_{b1} \frac{r_{\pi1}}{\beta} = i_{b2} r_{\pi2} = v_{be2}$$

$$g_m^* \stackrel{\text{def}}{=} \frac{i_C^*}{v_{be}^*} = \frac{i_{C1} + i_{C2}}{2v_{be}^*} = \frac{1}{2} \left( \frac{i_{C1}}{v_{be}} + \frac{i_{C2}}{v_{be}} \right) = \frac{1}{2} (g_{m1} + \overbrace{g_{m2}}) =$$

$$= \frac{1}{2} (g_{m1} (1 + \beta)) \approx \frac{g_{m1} \beta}{2} = \frac{g_{m2}}{2} \Rightarrow g_m^* = \frac{g_{m2}}{2}$$

$$r_\pi^* = \frac{v_{be}^*}{i_b^*} = 2 \frac{v_{be}}{i_{b1}} = 2 r_{\pi1} \Rightarrow r_\pi^* = 2 r_{\pi1}$$

- Para  $\text{I}_o^*$  se coloca una fuente de prueba y se cortocircuitó  $\text{N}_B^*$  de la siguiente forma



$$r_0^* = \frac{np}{\bar{x}p} = \frac{np}{\bar{x}p_1} // \frac{np}{\bar{x}p_2} // \frac{np}{\bar{x}p_3}$$

$$\therefore \frac{NP}{\lambda P_1} = \Gamma_{O_2}$$

$$\hookrightarrow \frac{\eta p}{\eta p_B} = R_{OC} = \Gamma_{O_1} \left( 1 + \frac{\beta \frac{R_{ab}}{\Gamma_{ab} + \Gamma_{\pi_1}}}{\Gamma_{\pi_2}} \right) = \Gamma_{O_1} \left( 1 + \underbrace{\frac{\beta \frac{1}{\Gamma_{\pi_2}}}{\Gamma_{\pi_2} + \Gamma_{\pi_3}}}_{\approx \Gamma_{\pi_1}} \right) = 2 \Gamma_{O_1}$$

$$\therefore \frac{NP}{\bar{p}_2} = \frac{NP}{\bar{p}_1 \bar{p}_3} = \frac{R_{0C}}{\bar{p}} = \frac{2 R_{01}}{\bar{p}} = 2 R_{02}$$

$$\Rightarrow \Gamma_0^* = \Gamma_{02} // 2\Gamma_{02} // \cancel{\Gamma_{01}} = \frac{\Gamma_{02} \cdot 2\Gamma_{02}}{\Gamma_{02} + 2\Gamma_{02}} \Rightarrow \boxed{\Gamma_0^* = \frac{2}{3}\Gamma_{02}}$$

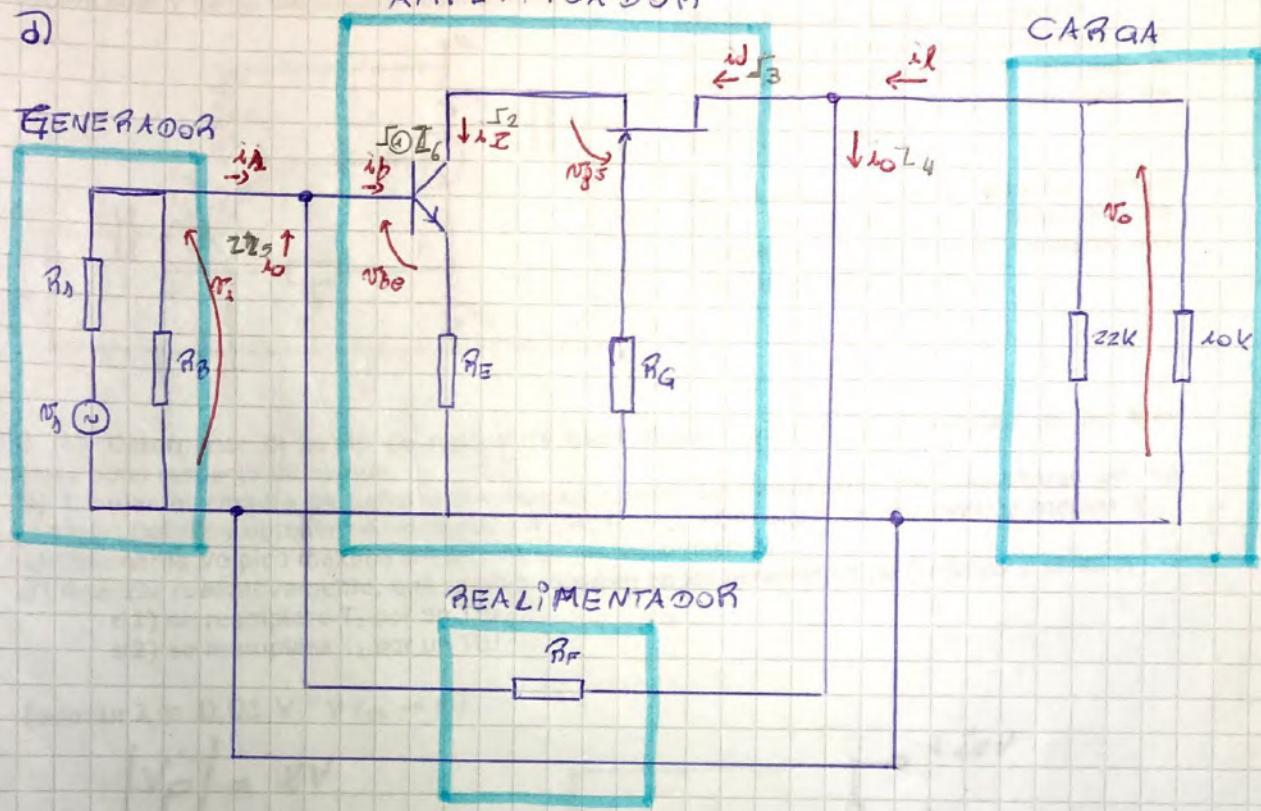
b) ~~Si~~ El segundo transistor no se puede reemplazar por un MOSFET p<sub>n</sub> dado  $I_G = 0$  y  $I_G = I_C \Rightarrow$  haría que no se encienda el ter transistor.

El primero sí puede ser reemplazado

EJERCICIO 2 (Resuelto en parcial ②)

AMPLIFICADOR

d)

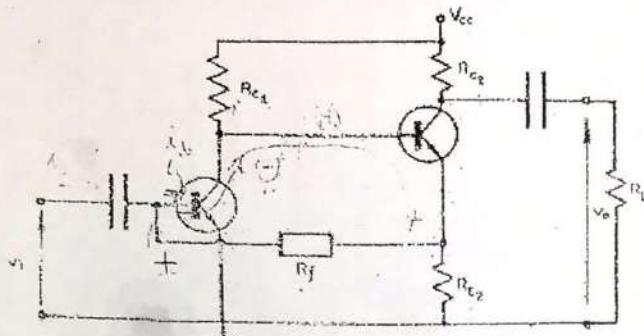


Muestreo Tensión, Suma Corriente (MVISI)

Supongo  $i_b \uparrow \Rightarrow i_C \uparrow \Rightarrow i_D \uparrow \Rightarrow i_o \downarrow \Rightarrow i_b \downarrow$   
 $\Rightarrow$  tengo realimentación negativa.

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corr
M.	T.	N.			

- 1.- a) Analizar la realimentación producida al conectar  $R_f$  en el circuito. Justificar qué se muestrea y qué se suma, indicando cuáles serán los bloques realimentador, generador, amplificador y carga del circuito realimentado.



¿Estabiliza los valores de reposo?

Analizar en base al comportamiento de una variación de tensión o corriente a través del lazo, si la realimentación es positiva o negativa.

- b) Analizar cualitativamente cómo afecta los parámetros de señal  $R_i$  y  $R_o$  (aumentan o disminuyen respecto del circuito sin realimentar).

2. a) Determinar el punto de reposo de cada etapa, indicando las tensiones de los tres electrodos respecto de común.

b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo. Definir y obtener por inspección  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_{vs}$ . ¿Qué significa "frecuencias medias"?

c) Obtener la  $V_o$  pico máxima sin recorte en ambos semicírculos.

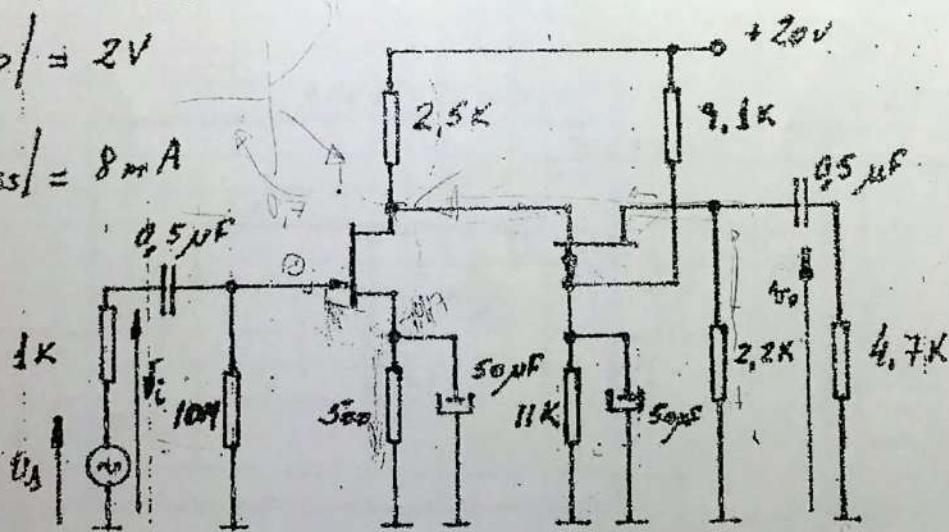
d) Analizar cualitativamente, qué cambios ocurren en los parámetros de continua y señal si

- d1) se reemplaza  $T_2$  por un TBJ.  
d2) se reemplaza  $T_1$  por un TBJ.

(admitir  $\lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}$  y  $r_{gs} \rightarrow \infty$ )

$$|V_P| \approx 2V$$

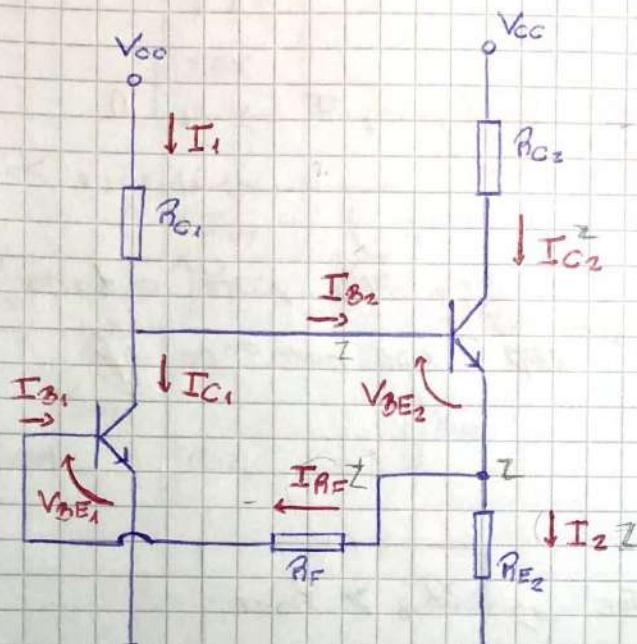
$$|I_{DSS}| = 8 \text{ mA}$$



PARCIAL 20/10/14

## EJERCICIO 1

## POLARIZACIÓN

Si  $\uparrow I_{C1}$ 

$$\Rightarrow I_1 \uparrow \Rightarrow V_{A_{C1}} \uparrow \Rightarrow V_{B_2} \downarrow$$

$$\Rightarrow V_{E_2} \downarrow \Rightarrow I_{R_F} \downarrow \Rightarrow V_{B_{E1}} \downarrow$$

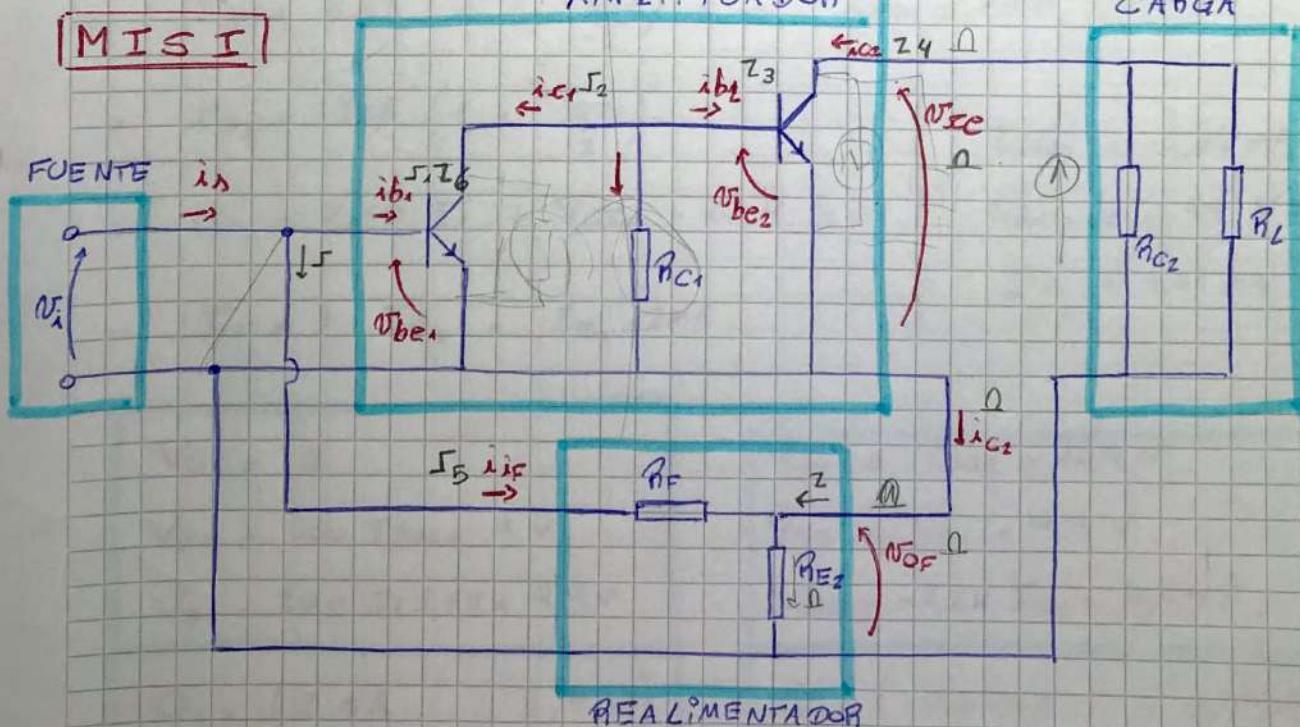
$$\Rightarrow I_{B_1} \downarrow \Rightarrow I_{C_1} \downarrow$$

$\Rightarrow$  Se estabilizan los valores de reposo

## CIRCUITO DE SEÑAL

## AMPLIFICADOR

## CARGA

MISI

## REALIMENTACIÓN NEGATIVA

NOTA

$$b) R_{o_{SR}} = \frac{N_D}{i_S} = \frac{N_D}{i_{b_1}}$$

$$R_{o_B} = \frac{N_D}{i_S} = \frac{N_D}{i_{b_1} + i_F} \Rightarrow R_{o_B} < R_{o_{SR}}$$

que signo tiene  $i_{IF}$ ?

$$\text{si } i_{b_1} \Omega, i_C \Omega, i_{b_2} \Omega, i_{C_2} \Omega \Rightarrow i_{IF} \Omega$$

$$\Rightarrow i_{b_1} + i_{IF} > i_{b_1}$$

Para  $R_o$ , se cortocircuita  $N_D$  y se coloca una fuente de prueba de corriente  $i_P$  con corriente  $i_P$

$$R_{o_{SP}} = \frac{N_P}{i_P} = \frac{N_{CE}}{i_P}$$

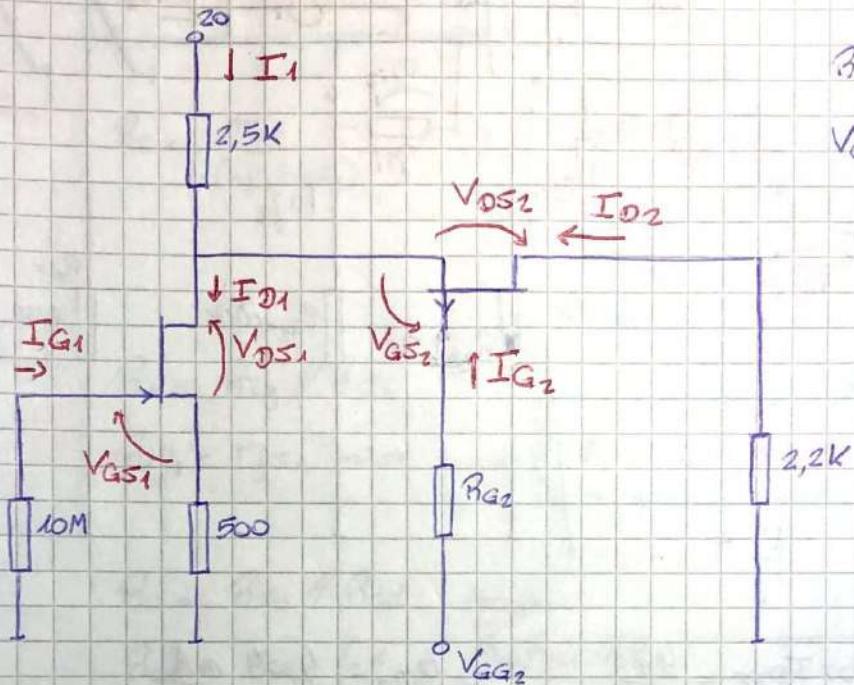
$$R_{o_B} = \frac{N_P}{i_P} = \frac{N_{CE} + N_{OF}}{i_P} \Rightarrow R_{o_B} > R_{o_{SP}}$$

$$\text{con } i_P \Omega \Rightarrow N_{OF} \Omega$$

NOTA

## EJERCICIO 2

## POLARIZACIÓN



$$\beta_{G2} = 11\text{K} // 9,1\text{K} = 4,98\text{K}$$

$$V_{GG2} = 10,9\text{V} \times 10,9\text{V}$$

- $V_{GS1} = -I_1 \cdot 500$
  - $I_{D1} = 8\text{mA} \left( 1 - \frac{V_{GS1}}{-2} \right)$
  - $I_{D2} = -8\text{mA} \left( 1 - \frac{V_{GS2}}{2} \right)^2$
  - $20 - 2,5\text{K} I_1 + V_{GS2} - 10,9 = 0$
  - $I_1 + I_{D2} = I_{D1} = 2\text{mA}$
- $V_{GS1} = -1\text{ V}$   
 $I_{D1} = 2\text{mA}$   
 $I_{D2} = -2,04\text{ mA}$   
 $V_{GS2} = 0,99\text{ V} \approx 1\text{ V}$   
 $I_1 = 4,04\text{ mA}$

$$V_{G1} = 0$$

$$V_{S1} = 500 I_{D1} = 1\text{ V}$$

$$V_{D1} = 20 - I_1 2,5\text{K} = 9,9\text{V}$$

$$Q_1 = (2\text{mA} ; 8,9\text{V})$$

$$V_{G2} = V_{GG2} = 10,9\text{V}$$

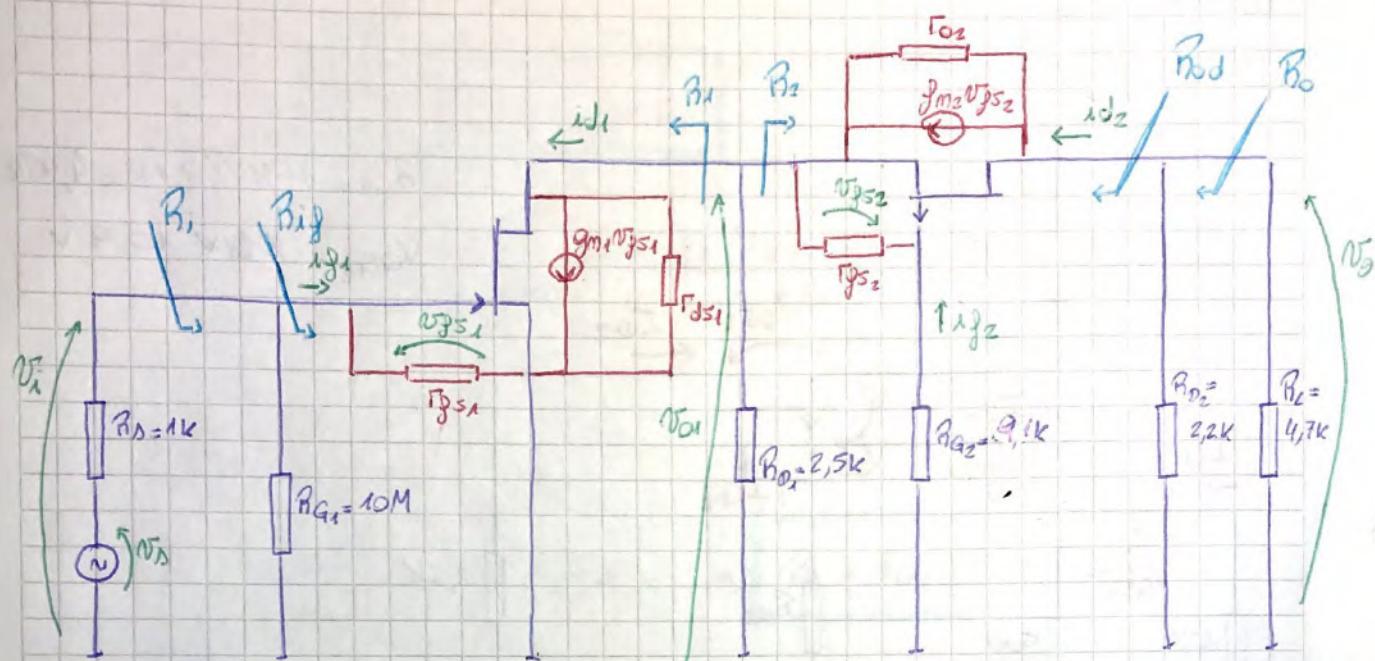
$$V_{S2} = V_{D1} = 9,9\text{V}$$

$$V_{D2} = -2,2\text{K} I_{D2} = 4,49\text{V}$$

$$Q_2 = (-2,04\text{mA} ; -5,41\text{V})$$

NOTA

## CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = \frac{2}{1Vp1} \sqrt{I_{DQ1} I_{DS2}} = 4 \frac{mA}{V} \quad g_{m2} = 4,04 \frac{mA}{V}$$

$$R_{DS1} \rightarrow \infty$$

$$R_{DS} = \frac{1}{\lambda I_{DQ1}} = 50 k\Omega$$

$$R_{DS2} \rightarrow \infty$$

$$R_{DS} = 49 k\Omega$$

NOTA

|  $R_1$  |

$$R_1 = \Gamma_{DS1} = 50 \text{ k}\Omega$$

|  $R_2$  |

$$R_2 = \frac{\bar{N}_{O1}}{-i\dot{g}_2 + i\dot{d}_2} = \frac{-i\dot{g}_2 (\Gamma_{DS2} + R_{G2})}{-i\dot{d}_2} = \frac{\Gamma_{DS2} + R_{G2}}{g_{m2} \Gamma_{DS2}} \approx \frac{1}{f_m2}$$

$$R_2 = 250 \Omega$$

|  $R_i$  |

$$R_i = R_{G2} // R_{G1}$$

$$R_{G2} = \Gamma_{DS1} \rightarrow \infty \Rightarrow R_i = R_{G1} = 1 \text{ M}\Omega$$

|  $R_o$  |

$$R_o = R_{D2} // R_{D1} \quad \text{r}_{DS2} f_{m2}$$

$$R_{D2} = \Gamma_{DS2} \left( 1 + \frac{\frac{\beta_{FET} R_{D1} // R_1}{\Gamma_{DS2} + R_{G2}}}{R_{D1} // R_1 + \Gamma_{DS2} + R_{G2}} \right) = \Gamma_{DS2} \left( 1 + f_{m2} R_{D1} // R_1 \right)$$

$$= 49 \text{ k} (1 + 4,04 \text{ M} \cdot 2,5 \text{ k} // 50 \text{ k})$$

$$= 520 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_o = 2,2 \text{ k}\Omega$$

|  $A_{vT}$  |

$$A_{vT} = \frac{\bar{N}_o}{\bar{N}_i} = \frac{\bar{N}_{O1}}{\bar{N}_{O2}} \frac{\bar{N}_{O1}}{\bar{N}_i}$$

$$A_{vT2} = \frac{\bar{N}_o}{\bar{N}_{O1}} = \frac{-i\dot{d}_2 R_{DA}}{-i\dot{g}_2 (\Gamma_{DS2} + R_{G2})} = \frac{g_{m2} \Gamma_{DS2} R_{DA}}{\Gamma_{DS2}} = 6,05$$

$$A_{vT1} = \frac{\bar{N}_{O1}}{\bar{N}_i} = \frac{-i\dot{d}_1 (R_{D1} // R_2)}{i\dot{g}_1 \Gamma_{DS1}} = -f_{m1} R_{D1} // R_2 = -0,909$$

$$\Rightarrow A_{vT} = -5,5$$

$$A_{vD} = A_{vT} \frac{R_i}{R_i + R_D}$$

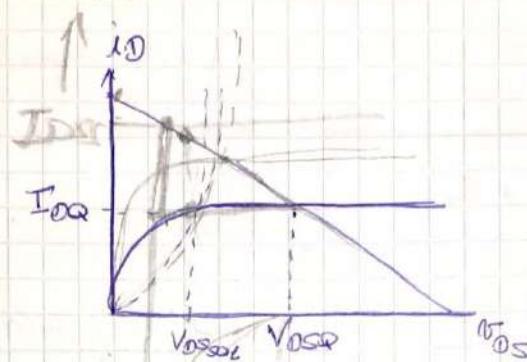
$$\rightarrow A_{vD} = -5,5$$

JFET

a) para el transistor 2

$$N_O \gg N_D \quad \Rightarrow \quad N_O \approx N_{D2N_2}$$

busco los  $\hat{N}_{D2N_2\max}$



$$\hat{N}_{D2N_2\max} = \min \{ |V_{DSQ_2} - V_{DSAT_2}| ; |R_{O1} I_{DQ_2}| \}$$

$$= \min \{ 4,41 \text{ V} ; \frac{3,06}{7,668} \} = 3,06 \text{ V}$$

para el transistor 1

( $I_{DSSS} - I_{DQ}$ ). Para

$$N_{O1} = N_{D1N_1}$$

busco  $\hat{N}_{D1N_1\max}$

$$\hat{N}_{D1N_1\max} = \min \{ |V_{DSQ_1} - V_{DSAT_1}| ; (R_{O1} \parallel R_2) I_{DQ_1} \}$$

$$= \min \{ 7,9 \text{ V} ; 0,455 \text{ V} \} = 0,455 \text{ V}$$

$$\text{con } \hat{N}_{O1} = 0,455 \quad , \quad \hat{N}_O = A_{O1} \hat{N}_{O1} = 2,75 \text{ V}$$

La segunda etapa es la limitante

$$\boxed{\hat{N}_{O\max} = \frac{2,75}{7,668}} \rightarrow \hat{N}_{i\max} = \frac{500 \text{ mV}}{2,75 \times 10^3} = \frac{(V_{GS1} - V_{P1})}{2} = 0,5 \text{ V}$$

$V_S$  es divisor de tensión por estabilidad

$$\Rightarrow \boxed{\hat{N}_{O\max} = (V_{GS1} - V_{P1}) A_{O1} = 2,75 \text{ V}}$$

PELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T	N	

Se diseña un amplificador con una transferencia a lazo abierto  $A_o = i_o/v_i > 0$  y resistencias de entrada y salida  $R_i$  y  $R_o$ , respectivamente. Está cargado con una resistencia  $R_L$ ; y recibe señal de un generador de tensión  $v_s$ . Se lo realimenta negativamente en señal por muestreo de corriente y suma de tensión mediante un realimentador de transferencia  $K$ .

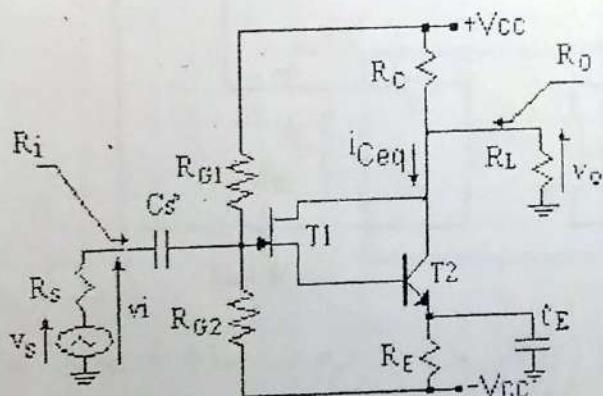
- a)- Dibujar el esquema en bloques correspondiente. Definir como cociente de tensiones y/o corrientes, indicando en el diagrama todos los sentidos de referencia necesarios:

- El factor de realimentación  $K$ .
- La transferencia a lazo cerrado del sistema realimentado  $A$ .

Indicar sobre el diagrama los signos de los incrementos (o fases de señales alternas) de las distintas tensiones y corrientes para que la realimentación sea negativa, de acuerdo a los sentidos de referencia previamente fijados. Justificar si  $K$  deberá ser  $> 0$  ó  $< 0$ .

- b) Hallar la expresión de  $A = f(A_o, K)$ . ¿A qué valor tiende  $A$  si  $|A_o \cdot K| >> 1$ ? ¿Por qué se denomina a  $A$  parámetro estabilizado?. Analizar a qué tipo de amplificador ideal tiende este sistema cuando  $|A_o \cdot K| >> 1$ .

2 -  $V_{CC} = \pm 6V$  ;  $R_{G1} = 5M\Omega$  ;  $R_{G2} = 1M\Omega$  ;  $R_E = 330\Omega$  ;  $R_C = 470\Omega$  ;  $R_L = 4,7K\Omega$  ;  $R_s = 1K\Omega$  ;  $C_S = 10\mu F$  ;  $C_E = 100\mu F$  ;  $I_{DSS} = 8mA$  ;  $V_P = -2V$  ;  $\lambda = 0,01 V^{-1}$  ;  $\beta = 100$  ;  $r_x \approx 0\Omega$  ;  $V_A = 100V$



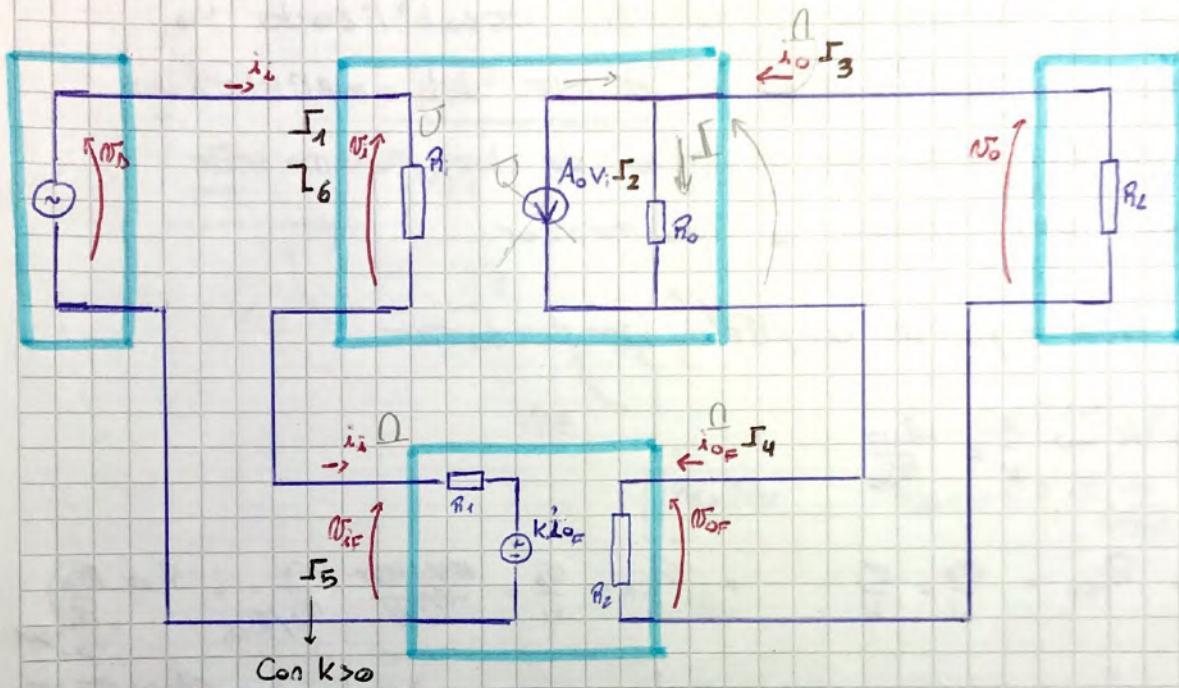
- a) Obtener los puntos de reposo de ambos transistores.  
b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. Definir frecuencias medias. Hallar los valores por inspección de  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_v$  y  $A_{vs}$ .  
c) Obtener la  $V_o$  pico máximo sin recorte en ambos semicírculos.  
d) Analizar cualitativamente, cómo se modifican los valores de reposo y señal, si se conecta un resistor de  $10K\Omega$  entre el source de  $T_1$  y  $-V_{CC}$ .

$\beta$   $\beta$   $\beta_k$

PARCIAL 26/10/18

EJERCICIOS PARCIAL 21

EJERCICIO 1



$$\circ K i_o = V_{IF} \Rightarrow K = \frac{V_{IF}}{i_{OF}}$$

$$\circ A = \frac{i_o}{V_D}$$

$$\circ Si: V_i \uparrow \Rightarrow i_o \uparrow \Rightarrow i_{OF} \uparrow \Rightarrow dada que V_i = V_D - V_{IF}$$

$$V_i = V_D - K i_{OF}$$

para que  $\downarrow V_i$ ,  $K > 0$ ,

b)

$$A = \frac{i_o}{v_{iS}} = \frac{i_o}{v_i + v_{iF}} = \frac{i_o}{v_i + K i_{oF}} = \frac{i_o}{v_i + K i_o} = \frac{A_0}{1 + K A_0}$$

Si  $|A_0 K| \gg 1 \Rightarrow$

$$A \rightarrow \frac{1}{K}$$

Se lo denomina parámetro estabilizado ya que ~~no depende de la transf.~~ del amplificador realimentado no depende de los parámetros del amplificador a realimentar

↳ A que tipo de amplificador tiende?

•  $A \rightarrow \frac{1}{K} = \frac{i_{oF}}{v_{oF}}$

•  $R_{iSR} = \frac{v_{iS}}{i_i} = \frac{v_i}{i_i} \quad , \quad R_{iR} = \frac{v_i}{i_i} = \frac{\text{otra resistencia}}{K} \frac{v_i}{i_i} = R_{iSR} \frac{v_i}{i_i}$

$\Rightarrow R_{iR} > R_{iSR}$

$R_{iR} \frac{v_i + v_{iF}}{i_i}$

•  $R_{oSB} = \frac{v_p}{i_p}$   
pongo una fuente de corriente  $i_p$

~~$R_{oR} = \frac{v_p}{i_p} = \frac{i_R R_{oSB}}{i_p} > R_{oR}$~~

con  $i_p \ll i_R$   
 $i_R > i_p$

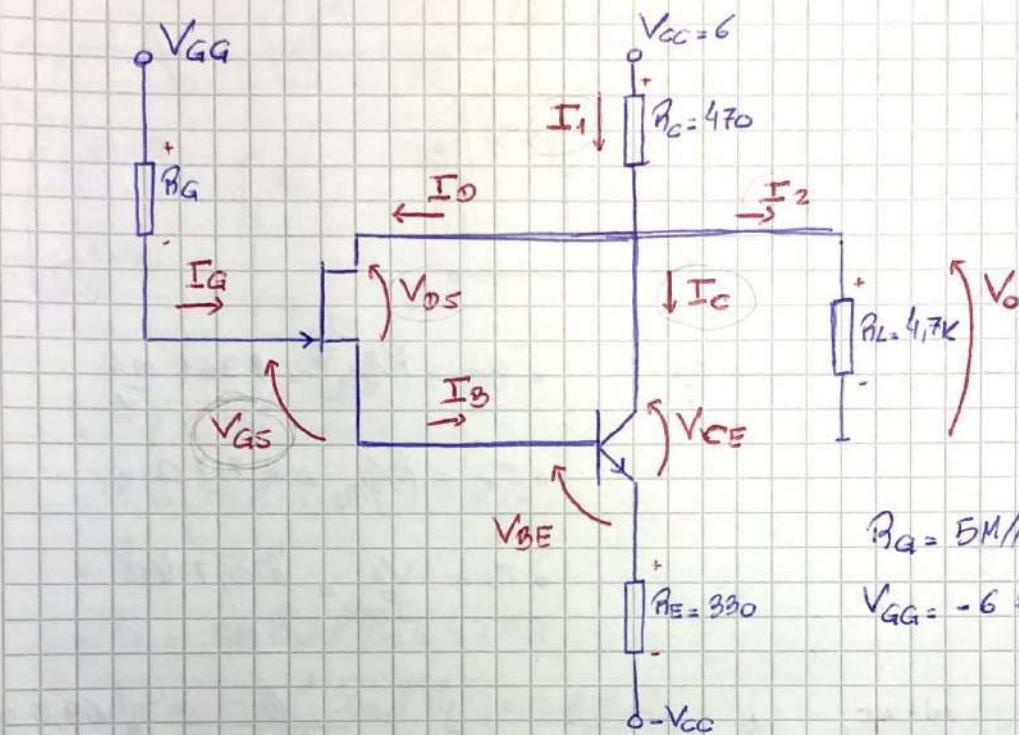
~~$\Rightarrow R_{oR} > R_{oSB}$~~

$$R_{oR} = \frac{v_p}{i_p} = \frac{i_R R_{oSB} + v_{oF}}{i_p} = \left( \frac{i_R}{i_p} \right) R_{oSB} \Rightarrow R_{oR} > R_{oSB}$$

Por los resistencias y A, tiende a un amplificador de transconductancia.

## EJERCICIO 2

### POLARIZACIÓN



$$\textcircled{1} \quad V_{GG} - V_{GS} - V_{BE} - I_C 330 - (-6) = 0$$

$$-4 - V_{GS} - 0,7 - I_C 330 + 6 = 0$$

$$\textcircled{2} \quad 6 - I_1 R_C - I_2 R_L = 0$$

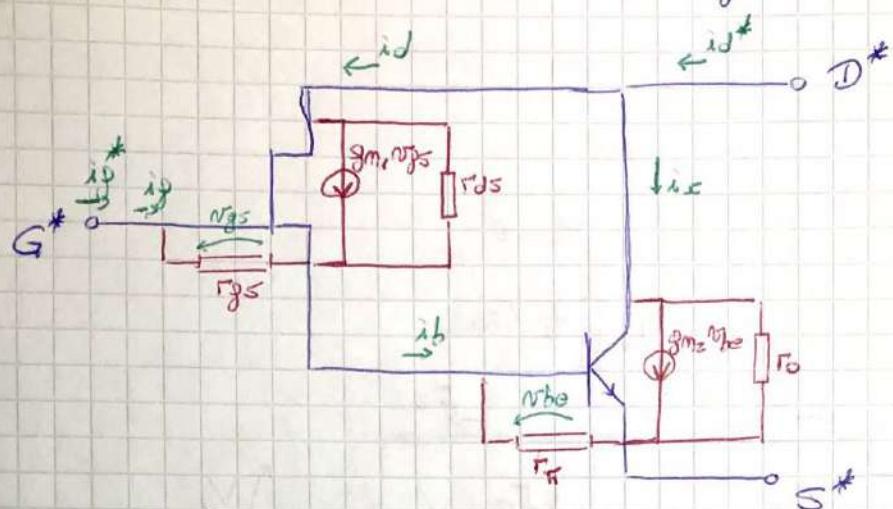
$$\textcircled{3} \quad I_D = I_B = 8 \text{ mA} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{\sqrt{1}-2} \right)^2 = \frac{I_C}{\beta} \rightarrow \frac{I_C}{100} = 8 \text{ mA} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{\sqrt{1}-2} \right)^2$$

$$\textcircled{4} \quad I_1 = I_D + I_2 + I_C = I_C \left( \underbrace{\frac{1}{\beta} + 1}_{\approx 1} \right) + I_2 \rightarrow I_1 = I_C + I_2$$

$I_1 = 9,66 \text{ mA}$	$V_{GS} = -1,78$	$V_C = I_2 R_L = 1,4$	$V_G = -4$
$I_2 = 311 \mu\text{A}$	$I_C = 9,34 \text{ mA}$	$V_E = -6 + R_E I_C = -2,92$	$V_S = -2,22$
		$V_B = -2,22$	$V_O = 1,4$

$$Q_1 = (9,34 \mu\text{A}; 3,62 \text{ V}) \quad Q_2 = (9,34 \text{ mA}; 4,32 \text{ V})$$

b) Busco el equivalente de Darlington



$$g_{m1}^* = \frac{2}{V_{P1}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} = 0,86 \text{ mA}$$

$$g_{m2}^* = \frac{I_{DQ}}{V_{P1}} = 1361 \text{ mA}$$

$$r_{gs} \rightarrow \infty$$

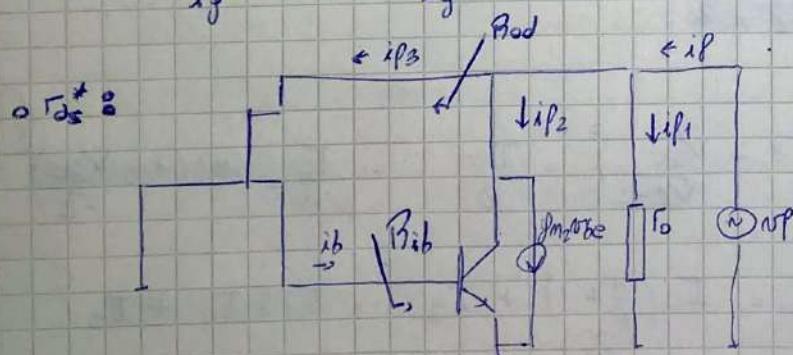
$$r_\pi = \beta/g_{m2} = 277 \Omega$$

$$r_{ds} = 1,07 \text{ M}\Omega$$

$$R_o = \frac{V_A}{I_{DQ}} = 10,7 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m1}^* = \frac{id^*}{r_{gs}^*} = \frac{id + i_c}{ig r_{gs} + ib r_\pi} \approx \frac{i_c}{ig r_{gs} + \frac{ib}{\beta} r_\pi} = \frac{\frac{\beta}{\beta+1} i_c}{\frac{1}{g_{m1}} + \frac{1}{r_\pi}} = \frac{\beta}{\beta+1} \frac{i_c}{g_{m1}} = 69,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$r_{gs}^* = \frac{r_{gs}}{g_{m1}^*} = \frac{ig r_{gs} + ib r_\pi}{ig} = r_{gs} \left( 1 + g_{m1} r_\pi \right) \xrightarrow{r_{gs} \rightarrow \infty}$$



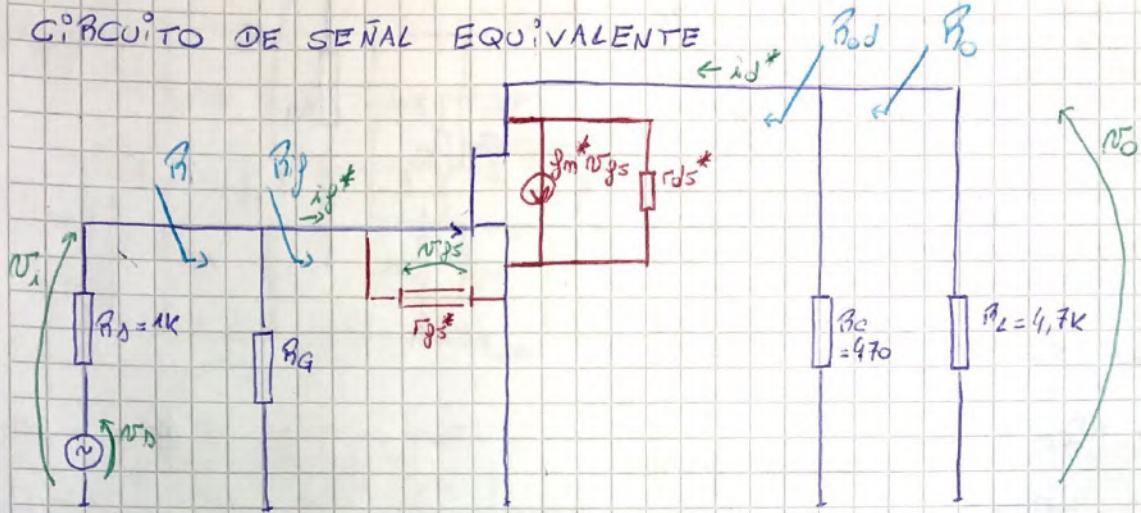
$$r_{ds}^* = \frac{NP}{ip_1} = \frac{NP}{ip_1} \parallel \frac{NP}{ip_2} \parallel \frac{NP}{ip_3}$$

$$\frac{NP}{ip_1} = R_o$$

$$\frac{NP}{ip_3} = R_{OD} = r_{ds} \left( 1 + \frac{g_{m1} r_{gs} r_\pi}{r_\pi + r_{gs}} \right) \xrightarrow{r_{gs} \rightarrow \infty} r_{ds} \left( 1 + g_{m1} r_\pi \right) = 1,32 \text{ M}\Omega$$

$$\frac{NP}{ip_2} = \frac{NP}{ip_3 \beta} = \frac{R_{OD}}{\beta} \Rightarrow r_{ds}^* = \frac{R_{OD}}{\beta} \parallel R_{OD} \parallel R_o = \frac{R_{OD}}{\beta} \parallel R_o \Rightarrow \boxed{r_{ds}^* = 5,91 \text{ k}\Omega}$$

CIRCUITO DE SEÑAL EQUIVALENTE

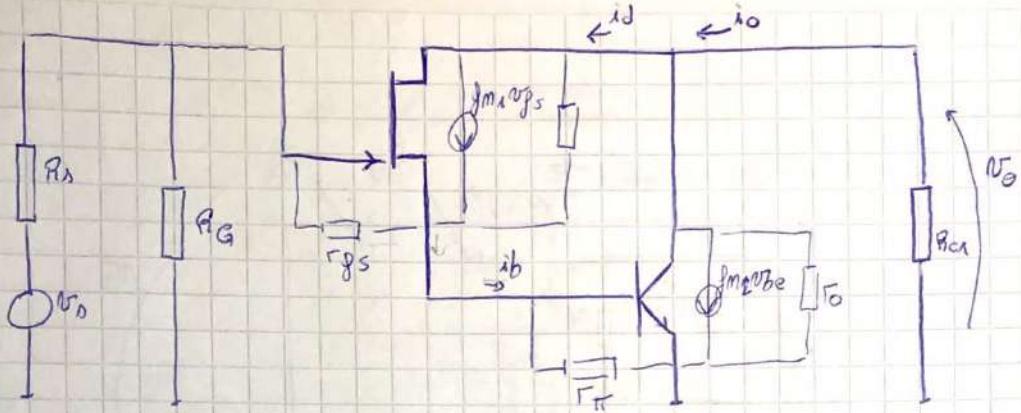


- $R_{if} = r_{gs}^* \rightarrow \infty$
- $R_i = R_D // R_{if} = 833 \text{ k}\Omega$
- $R_{od} = r_{ds}^*$
- $R_o = r_{ds} R_{od} // R_C = 43.5\Omega$
- $A_{vD} = -g_m^* R_C // R_L = -29,7$
- $A_{vD} = A_v \frac{R_i}{R_i + R_D} \approx A_v = -29,7$

c) V<sub>o</sub> pico máximo

$$+ V_o = V_{dd}$$

$$\hat{V}_{ce_{max}} = \min \{ V_{ceq} -$$



Para el T<sub>2</sub>

$$V_O = V_{CE} - 0,7$$

Busco  $V_{CEmax}$

$$V_{CEmax} = \min \{ V_{CEQ} - 0,7 ; I_{CO} R_{CA} \}$$

$$= \min \{ 3,62 \text{ V} ; 3,99 \text{ V} \} = 3,62 \text{ V}$$

Para el T<sub>1</sub>

$$V_O = V_{DD} + V_{BE} =$$

$$= V_{DD} + (i_D + i_g) R_\pi =$$

$$V_O = V_{DD} + i_D R_\pi$$

$$i_D + i_g \approx i_D = \frac{i_D}{R_{CA}}$$

$$i_D R_{CA} = V_{DD} + i_D R_\pi$$

$$\frac{i_D}{V_{DD}} = \frac{1}{\beta R_{CA} + R_\pi} \approx -\frac{1}{\beta R_{CA}}$$

$$\circ V_{DDmax} = I_{CO} R_{CA} = 3,99 \text{ V}$$

$$i_{Dmin} = -I_{CO}$$

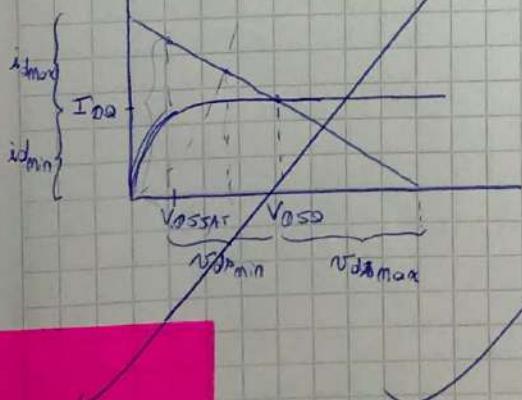
$$\Rightarrow V_{O1max} = V_{DDmax} + i_{Dmin} R_\pi = 3,96$$

$$\circ V_{DDmin} = -(V_{SS} - V_{SSAT}) = -3,4 \text{ V}$$

$$\circ i_{Dmax} = \beta R_{CA} (V_{SS} - V_{SSAT}) = 79 \mu A$$

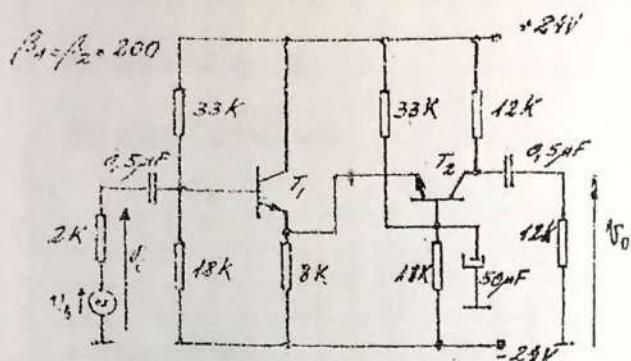
$$\Rightarrow V_{O2max} = V_{DDmin} + 79 \mu A R_\pi = -3,38 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{Omax} \approx 3,38$$

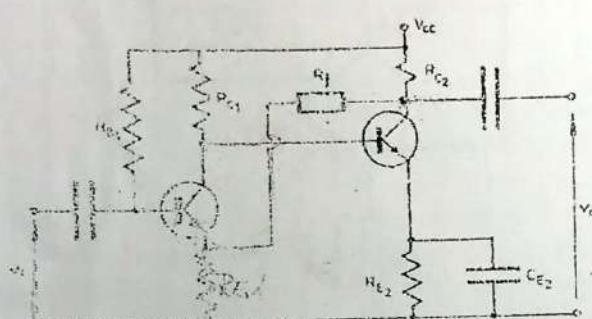


APPELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
M	T	N			

1. a) Dibujar el circuito de continua e indicar en él todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes continuas. Determinar los respectivos puntos de reposo, indicando las tensiones de los electrodos contra común.



- b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. Definir, obtener las expresiones por inspección justificando el procedimiento y calcular la resistencia de entrada de cada etapa, la de carga para la señal de cada una, la  $A_v$  de cada una y los valores totales de  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_{vs}$ .
- c) Si se desconecta el capacitor de desacople de la base de  $T_2$ , justificar cualitativamente la dependencia de  $A_v$  y  $A_{vs}$  con el resistor equivalente de Thévenin  $R_B(T_2)$ .

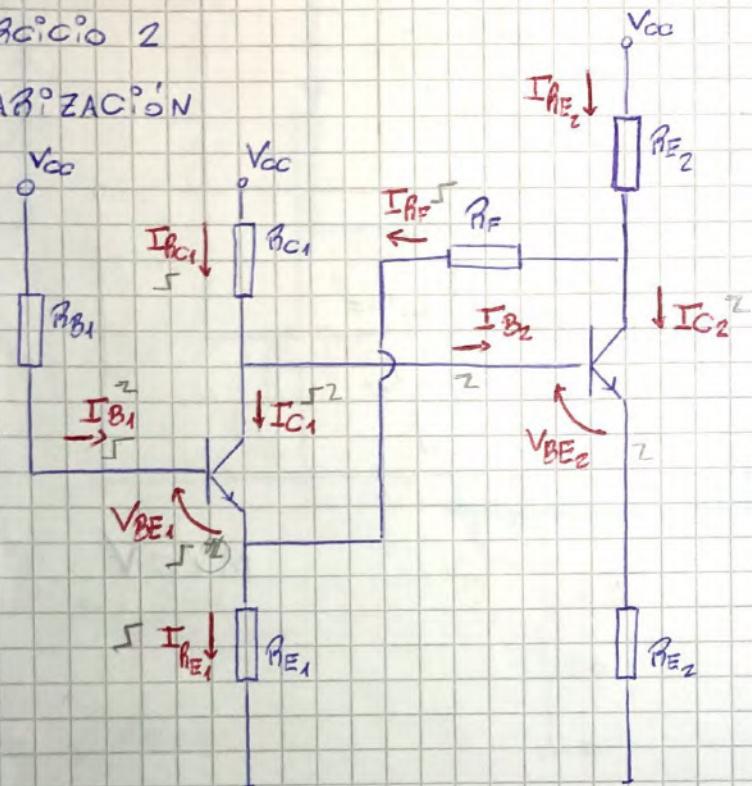


- 2.-
- a) Analizar la realimentación producida al conectar  $R_f$  en el circuito. Justificar cualitativamente qué se muestrea, qué se suma y si es positiva o negativa.
- b) ¿Afecta los valores de reposo?. ¿Los estabiliza? Justificar.
- c) ¿Afecta los valores de señal?. Justificar. Indicar cuáles serán los bloques: generador, amplificador, carga y realimentador del circuito realimentado.

PARCIAL 1/14 - 1ra

EJERCICIO 2

POLARIZACIÓN

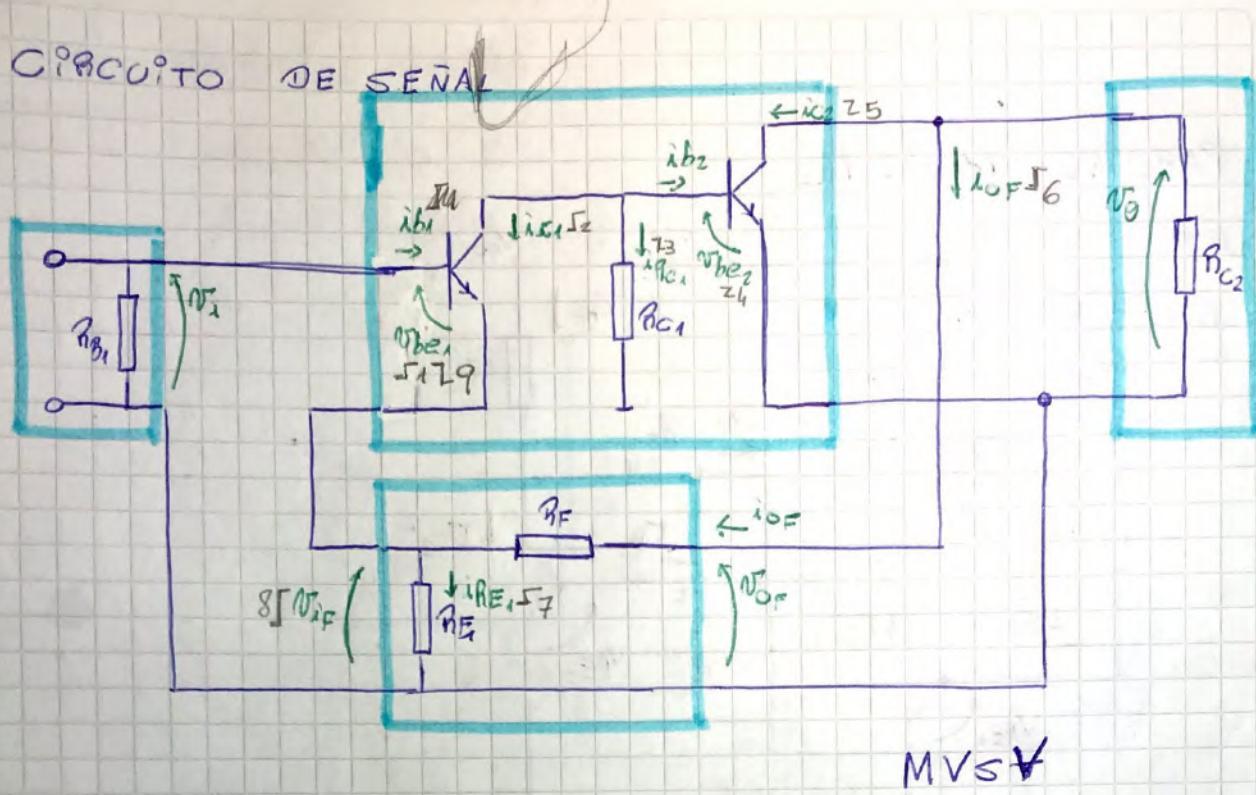


Si  $I_{C1} \uparrow \Rightarrow I_{A_{C1}} \uparrow \Rightarrow V_{B2} \downarrow \Rightarrow V_{BE_2} \downarrow \Rightarrow I_{C2} \downarrow$

~~$\Rightarrow V_{BE_2} I_{R_F} \uparrow \Rightarrow I_{R_E_1} \uparrow \Rightarrow V_{B1} V_{E_1} \uparrow \Rightarrow V_{BE_1} \downarrow \Rightarrow I_{C_1} \downarrow$~~

Se estabiliza el punto de reposo

CIRCUITO DE SEÑAL



P/Fotocopiar

66.08 - 86.06

Primer Parcial 1/16- 3era fecha - 10/06/16

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T N		

1.- Se tiene un amplificador con una transferencia a lazo abierto  $A_{vo} = v_o / v_i < 0$ , resistencias de entrada y salida  $R_i$  y  $R_o$ , respectivamente y cargado con una resistencia  $R_L$ . Se lo realimenta negativamente en señal, mediante un bloque realimentador de transferencia  $k$  con el fin de tender a un amplificador ideal de tensión.

a) Dibujar el esquema en bloques correspondiente, indicando en el diagrama todos los sentidos de referencia necesarios. Definir como cociente de las variables que correspondan:

\* La transferencia del realimentador:  $k$ .

\* La transferencia a lazo cerrado del amplificador realimentado:  $A_v$ .

Indicar sobre el diagrama los signos de los incrementos (o fases de señales alternas) de la distintas tensiones y corrientes haciendo un análisis que justifique que la realimentación es negativa. Justificar si  $k$  deberá ser  $> 0$  o  $< 0$  y qué resistencia deberá presentar idealmente dicho bloque a la salida del amplificador para no cargarlo.

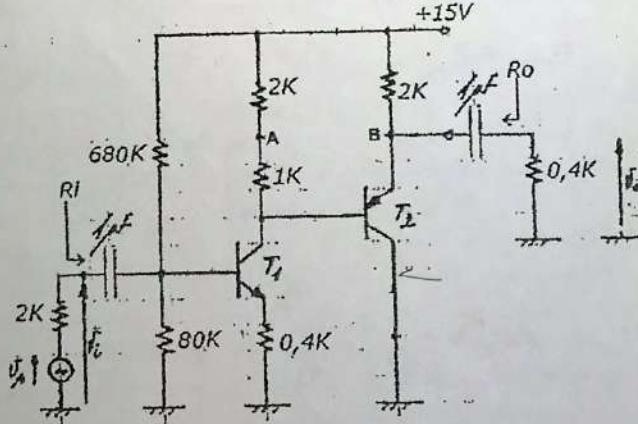
b) Justificar, siguiendo los incrementos a través del lazo de realimentación, cómo varían las resistencias de entrada y salida del amplificador  $A_v$  respecto de las de  $A_{vo}$ . *Como se hace?*

*REHACER*

*hace?*

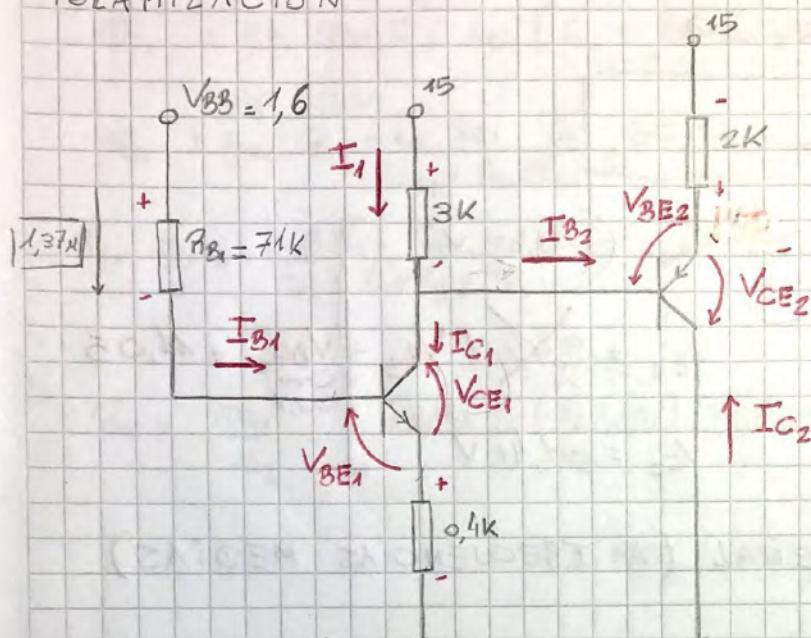
2.-  $\beta = 400$ ;  $r_x = 0$  y  $V_A \rightarrow \infty$ :

- a) Hallar la tensión de reposo de c/u de los terminales de los transistores contra común y los valores por inspección de  $R_i$ ,  $R_o$ ,  $A_v$  y  $A_{vs}$  a frecuencias medias.
- b) Obtener el valor de la frecuencia de corte inferior aproximada para  $A_{vs}$ .
- c) Analizar cualitativamente cómo se modificarán los valores de reposo y señal si se conecta un capacitor de  $10\mu F$  entre los puntos A y B.
- d) Idem c), si se reemplaza  $T_1$  por un JFET en igual configuración.



EJERCICIO 2

POLARIZACIÓN



$$1,6 - \frac{R_{B1}}{\beta} I_{C1} - V_{BE1} - 0,4K I_{C1} = 0$$

$$\Rightarrow I_{C1} = \frac{1,6 - V_{BE1\text{ON}}}{R_{B1} + 0,4K} = 1,55 \text{ mA} \Rightarrow I_{B1} = 1,37 \mu\text{A}$$

$I_1 \approx I_{C1}$ ?

$$I_{B2\text{MAX}} = \frac{I_{C2\text{MAX}}}{\beta} = \frac{-15}{2K} = -18 \mu\text{A} = -0,018 \text{ mA} \ll I_{C1}$$

$V_{CE2} = 0$

$$\Rightarrow \text{aproximado } I_1 = I_{C1}$$

~~$$15 - I_{C1} 3K - V_{BE2} - I_{C2} 2K - 15 = 0$$~~

$$\Rightarrow I_{C2} = - \frac{I_{C1} 3K + 0,7}{2K} = -1,97 \text{ mA}$$

NOTA

$$15 - I_{C1} \cdot 3K - V_{CE1} - I_{C1} \cdot 0,4K = 0$$

$$\Rightarrow V_{CEQ_1} = 9,73 \text{ V}$$

$$V_{GE} = V_C - V_E$$

$$15 + 2K I_{CQ_2} + V_{CE2} = 0$$

$$\Rightarrow V_{CEQ_2} = -11,06$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$V_{B1} = 1,6 - I_{B1} R_B = 1,32 \text{ V}$$

$$V_{B2} = 10,35 \text{ V}$$

$$V_{E1} = 0,62$$

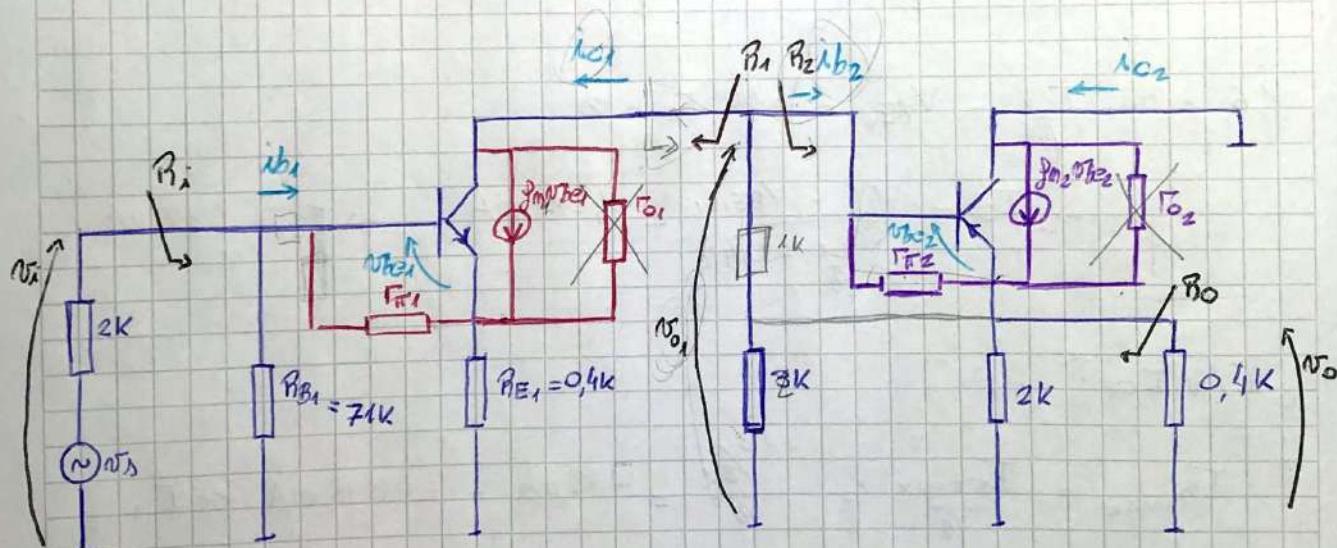
$$V_{E2} = 9,65 \text{ V}$$

$$V_{B2} - \underbrace{V_{BE2}}_{-0,7} = 11,05$$

$$V_{C1} = 10,35 \text{ V}$$

$$V_{C2} = -1,41 \text{ V}$$

### CIRCUITO DE SEÑAL (A FRECUENCIAS MEDIAS)



$$R_{\pi 1} = \frac{R_B}{g_{m1}} = 6,7 \text{ k}\Omega \quad R_{\pi 2} = 5,3 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m1} = 59 \text{ mS}$$

$$g_{m2} = 76 \text{ mS}$$

NOTA

$$\frac{R_1 \cdot 10\%}{R(1+10)} = \frac{10 R}{11} = 0,9 R$$

HOJA N°

FECHA

$\rightarrow R_{1,0}$

$$V_{O_1} + g_{m_1} V_{be_1} \tilde{I}_0 - i_C \left( \tilde{R}_{E1} \parallel \left( \tilde{r}_{T1} + R_D \parallel R_{B1} \right) \right) = 0$$

$$V_{O_1} + g_{m_1} \tilde{r}_{T1} - i_C \frac{\tilde{R}_{E1} \tilde{I}_0}{\tilde{r}_{T1} + R_D \parallel R_{B1} + \tilde{R}_{E1}} - i_C \tilde{r}_{o_1} = 0$$

$$R_1 = \frac{V_{O_1}}{i_C} = \frac{\beta \tilde{R}_{E1} \tilde{I}_0}{\tilde{r}_{T1} + R_D \parallel R_B + \tilde{R}_{E1}} + \tilde{r}_{o_1} \quad \tilde{r}_{o_1} \rightarrow \infty$$

$$\rightarrow R_2 = \frac{V_{O_1}}{i_{b_2}} = \frac{\tilde{r}_{T2} i_{b_2} + (i_{b_2} + i_{C2}) (2k \parallel 0,4k)}{i_{b_2}} = \tilde{r}_{T2} + (2k \parallel 0,4k) \beta$$

$$R_2 = 5,3k + 400 (0,4k \parallel 2k) = \\ \boxed{R_2 = 139 k\Omega}$$

$$\rightarrow R_{ib} = \frac{V_i}{i_{b_1}} = \frac{i_{b_1} \tilde{r}_{T1} + \tilde{R}_{E1} (i_{C1} + i_{b_1})}{i_{b_1}} = \tilde{r}_{T1} + \tilde{R}_{E1} \beta \\ = 6,7k + 400 \cdot 0,4k$$

$$\boxed{R_{ib} = 167 k\Omega}$$

$$\boxed{R_i = R_B \parallel R_{ib} = 50k}$$

$\rightarrow R_o$ :

Roe: pongo una fuente de prueba

$$i_P + g_{m_2} V_{be_2} = \frac{V_P}{\tilde{r}_{T2} + 3k \parallel R_A}$$

$$i_P + g_{m_2} \tilde{r}_{T2} (-V_P) = \frac{V_P}{\tilde{r}_{T2} + 3k} \Rightarrow i_P = V_P \left( \frac{\beta + 1}{\tilde{r}_{T2} + 3k} \right)$$

$$\Rightarrow Roe = \frac{\tilde{r}_{T2} + 3k}{\beta} = 20 \Omega \\ \boxed{R_o = Roe \parallel 2k = 21 \Omega}$$

NOTA

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_C C}$$

$$\rightarrow A_{V_2} = \frac{V_{O_2}}{V_{S_1}} = \frac{i_{C_2} (2K//0,4K)}{i_{C_2} (2K//0,4K) + i_{b_2} R_{E2}} = \frac{0,33K}{0,33K + \frac{1}{8m_2}}$$

$\downarrow \frac{i_{C_2}}{P}$

$$\boxed{A_{V_2} = 0,96}$$

$$\rightarrow A_{V_1} = \frac{V_{O_1}}{V_i} = \frac{-i_{C_1} (3K//R_2)}{i_{b_1} R_{E1} + (i_{b_1} + i_{C_1}) R_{E1}} = \frac{-3K}{\frac{1}{8m_1} + R_{E1}}$$

$\approx i_{C_1}$

$$\Rightarrow \boxed{A_{V_1} = -7,2}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_{V_T} = A_{V_1} A_{V_2} = -7,2 \cdot 0,96 = -6,9}$$

$$\boxed{A_{V_D} = A_{V_T} \frac{R_i}{R_i + R_D} = -6,63}$$

b) Busco f<sub>low</sub> por el metodo de las constantes de tiempo

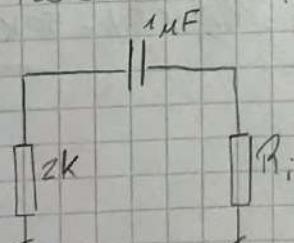
Tengo dos capacitores  $\Rightarrow$  2 polos

$f_{p_1} \ll f_{p_2}$  y supongo que la freq de los ceros sea menor a de una de los polos

Supongo que el polo dominante es debido a  $C_1$ , busco

la resistencia que ve  $C_1$

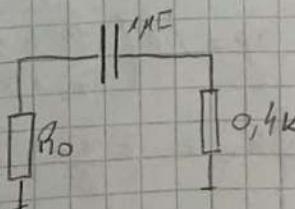
$$\Rightarrow f_{C_1} \gg f_{C_2}$$



$$\Rightarrow T_{C_1} = 1\mu F (2K + R_i) = 52ms$$

$$\Rightarrow f_{C_1} = \frac{1}{2\pi T_{C_1}} = 3 Hz$$

Para  $C_2 \Rightarrow f_{C_2} \gg f_{C_1}$



$$\Rightarrow T_{C_2} = 1\mu F (0,4K + R_o) = 421μs$$

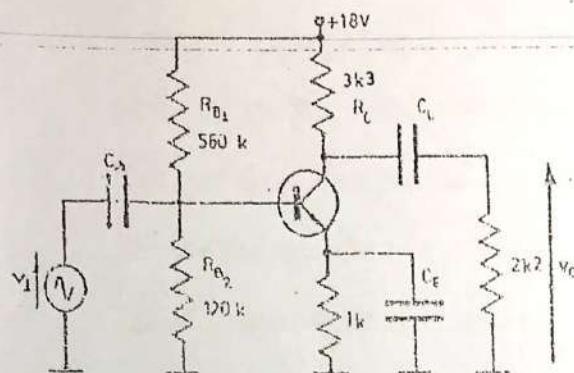
$$\Rightarrow f_{C_2} = \frac{1}{2\pi T_{C_2}} = 378 Hz$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{low} = f_{C_2} = 378 Hz}$$

NOTA

*No fotocopiar.*

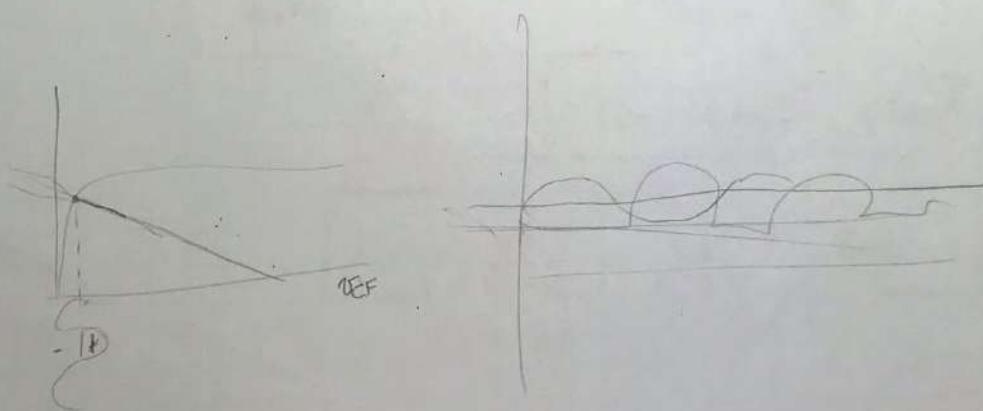
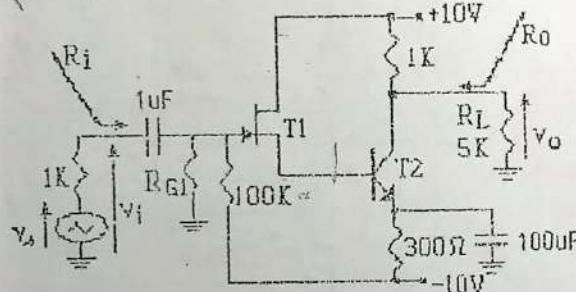
APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO			N° HOJAS	1.	2.
			M	T	N			



- 1.- La señal de entrada resulta ser una senoidal de frecuencia tal, que su valor se encuentra en el rango de frecuencias medianas. ¿Qué significa?
- a) Trazar las RCE y RCD. Calcular el punto de reposo ( $I_{CQ}$ ,  $V_{CEQ}$ ).
- b) Dibujar en forma aproximada las formas de onda que podría observarse en un osciloscopio (indicando los valores extremos *aproximados*) al medir  $v_o$ , para  $\hat{V}_i = 10 \text{ mV}$  y  $\hat{V}_i = 100 \text{ mV}$ .
- c) Repetir el punto b) si se cortocircuita  $C_E$ .
- B = 400

2.- B = 50 ;  $V_A \rightarrow \infty$  ;  $r_x = 150\Omega$  ;  $V_P = -1,5V$  ;  $I_{ESS} = 4 \text{ mA}$  ;  $r_{gs} \rightarrow \infty$  ;  $\lambda \approx 0$

- a) Hallar el valor de  $R_{C1}$  de modo tal de obtener una  $V_{OQ} = 0 \text{ V}$ .
- b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medianas sin reemplazar los transistores por su modelo circuital.
- c) Hallar el valor (justificando por inspección) de: las resistencias de entrada, de salida y de carga, así como la amplificación de tensión de cada etapa. Hallar  $R_I$ ,  $R_o$  y  $A_v$  totales. Hallar  $A_{vs} = v_o/v_s$ .
- d) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores de reposo y parámetros de señal si se conecta entre source y -10V una resistencia  $R_{S1} = 2\text{K}\Omega$ .



### EJERCICIO 1

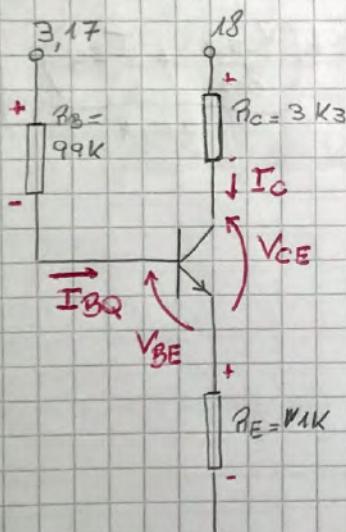
Frecuencias medios

↳ es el rango de frecuencias a los que el voltaje fornecido del circuito se mantiene constante.

En este rango los condensadores extremos presentan reactancia mucho menor a las resistencias  $\Rightarrow$  se modelan como cortos. Los condensadores internos presentan reactancia alta frente a los resist.  $\Rightarrow$  se modelan como abiertos.

#### a) POLARIZACIÓN

sobreño MAD



$$\hookrightarrow 3,17 - \frac{I_{CQ}}{99k} - 0,7 - 1k I_{CQ} = 0$$

$$\Rightarrow I_{CQ} = \frac{3,17 - 0,7}{99k + 1k} = 1,98mA$$

$$\hookrightarrow 18 - R_C I_{CQ} - V_{CEQ} - R_E I_{CQ} = 0$$

$$\Rightarrow V_{CEQ} = 18 - I_{CQ}(R_E + R_C)$$

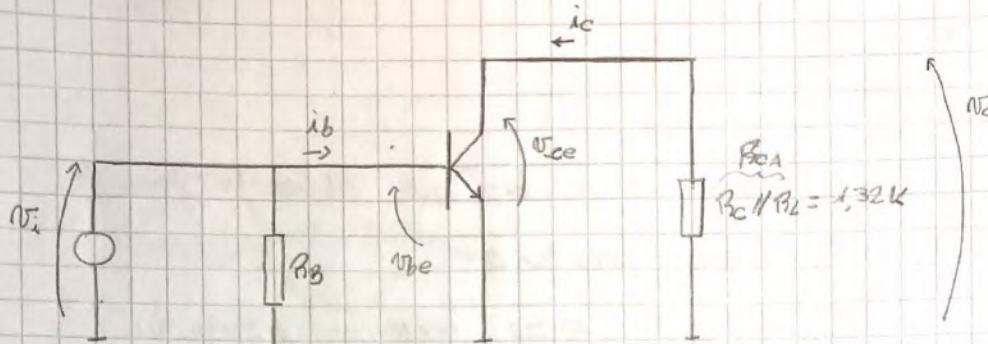
$$V_{CEQ} = 9,49 V$$

$$\Rightarrow \boxed{(I_{CQ}, V_{CEQ}) = (1,98mA; 9,49V)}$$

$$\boxed{I_C = \frac{18}{R_C + R_E} - \frac{V_{CE}}{R_C + R_E} R_{CE}}$$

NOTA

## CIRCUITO DE SEÑAL



$$N_o = \frac{V_{CEQ}}{R_{CA}}$$

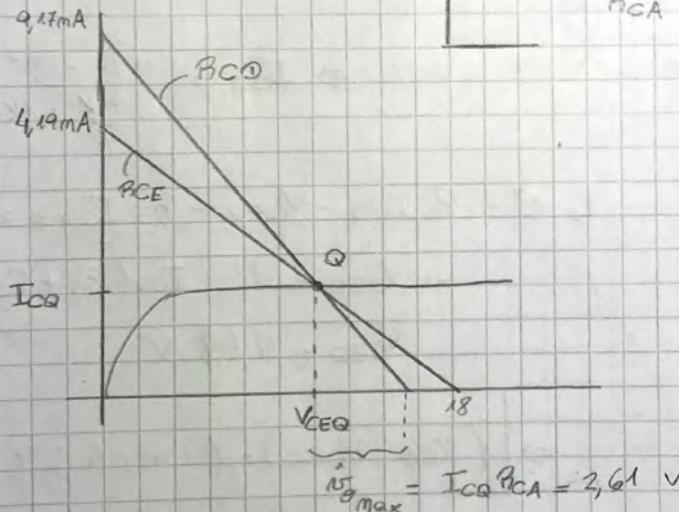
Busco la RCD

$$N_o = -i_C R_{CA}$$

$$N_{CE} = -i_C R_{CA} \rightarrow +V_{CE} - V_{CEQ} = -(i_C - I_{CQ}) R_{CA}$$

$$\Rightarrow i_C = +\frac{V_{CE}}{R_{CA}} + \left( \frac{V_{CEQ}}{R_{CA}} + I_{CQ} \right)$$

RCD



$$N_{o_{max}} = I_{CQ} R_{CA} = 2,61 \text{ V}$$

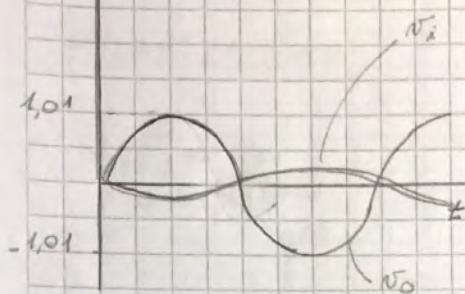
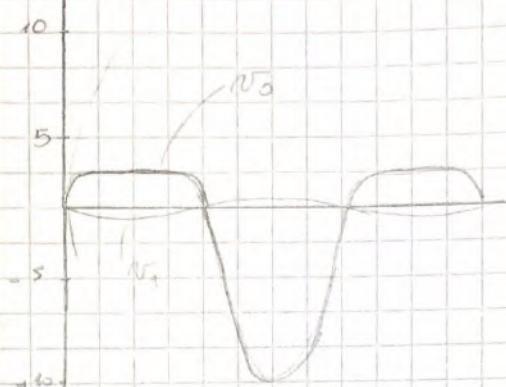
b) Busco A\_v

$$A_v = \frac{N_o}{V_i} = -\frac{i_C R_{CA}}{V_{BE}} = -g_m R_{CA} = -\frac{I_{CQ}}{V_T} 1,32 \text{ k} = -101$$

$$\Rightarrow \text{Si } \hat{V_i} = 10 \text{ mV} \Rightarrow N_o = -101 \cdot 10 \text{ mV} = 1,01 \text{ V} < N_{o_{max}}$$

$$\text{Si } \hat{V_i} = 100 \text{ mV} \Rightarrow N_o = -101 \cdot 100 \text{ mV} = -10,1 \text{ V} > N_{o_{max}} \Rightarrow \text{La señal se vera recortada por corze}$$

NOTA

$N_o$  con  $N_i = 10mV$  [Punto] $N_o$  con  $N_i = 100mV$ 

c) Si se cortocircuita  $C_E$  cambia la polarización

$$\text{ahora } I_{CQ} = \frac{3,17 - 0,7}{99K\ \Omega} = 9,98mA$$

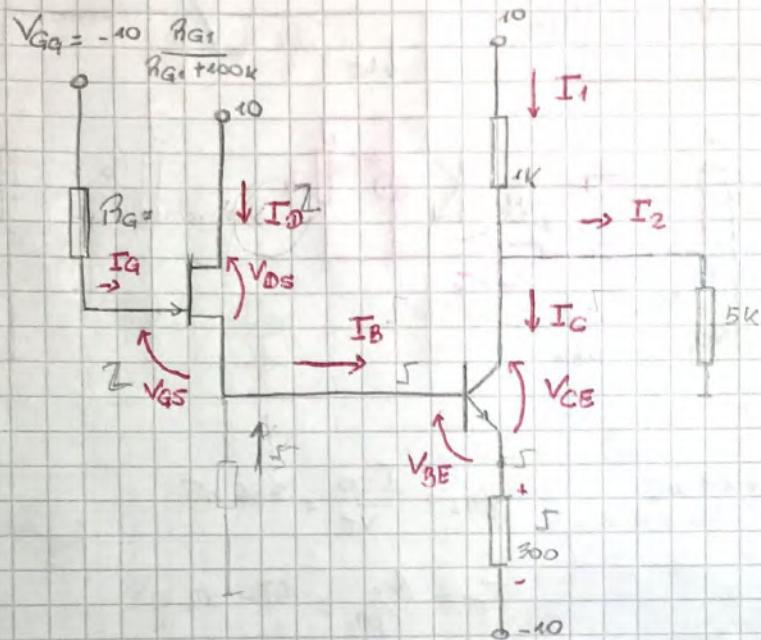
Que gráfico?  
Lo dejo así

$$V_{CEQ} = 18 - I_{CQ} R_C = -14,9 \text{ V ; Abs! } \rightarrow \text{no amp}$$

Planteo  $V_{CEQ} = 0 \text{ V } \Rightarrow I_{CQ} = \text{SIMULAR}$

## EJERCICIO 2

## POLARIZACIÓN



$$\text{Si } V_{DS} = 0 = V_{CE} \Rightarrow I_2 = 0 \quad \text{y} \quad I_1 = \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 10 \text{ mA} = I_{CQ}$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 200 \mu\text{A} = I_{DQ}$$

Busco  $V_{GSQ}$ 

$$\Rightarrow 200 \mu\text{A} = 4 \text{ mA} \left(1 - \frac{V_{GS}}{1.5}\right)^2$$

$$\Rightarrow V_{CEQ} = 10 - I_{CQ}(1 \text{ k} + 300) - (-10)$$

$$V_{CEQ} = 7 \checkmark$$

$$\begin{aligned} V_{GSQ} &= -1.84 \\ |V_{GSQ} &= -1.16 \end{aligned}$$

Planteo la malla control

$$V_{GG} - V_{GSQ} - V_{BE} - 300 I_{CQ} + 10 = 0$$

$$\Rightarrow V_{GG} = -7.46 = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 300}$$

$$\Rightarrow R_G = R_{G1} // R_{G2} = 74.6 \text{ k}\Omega$$

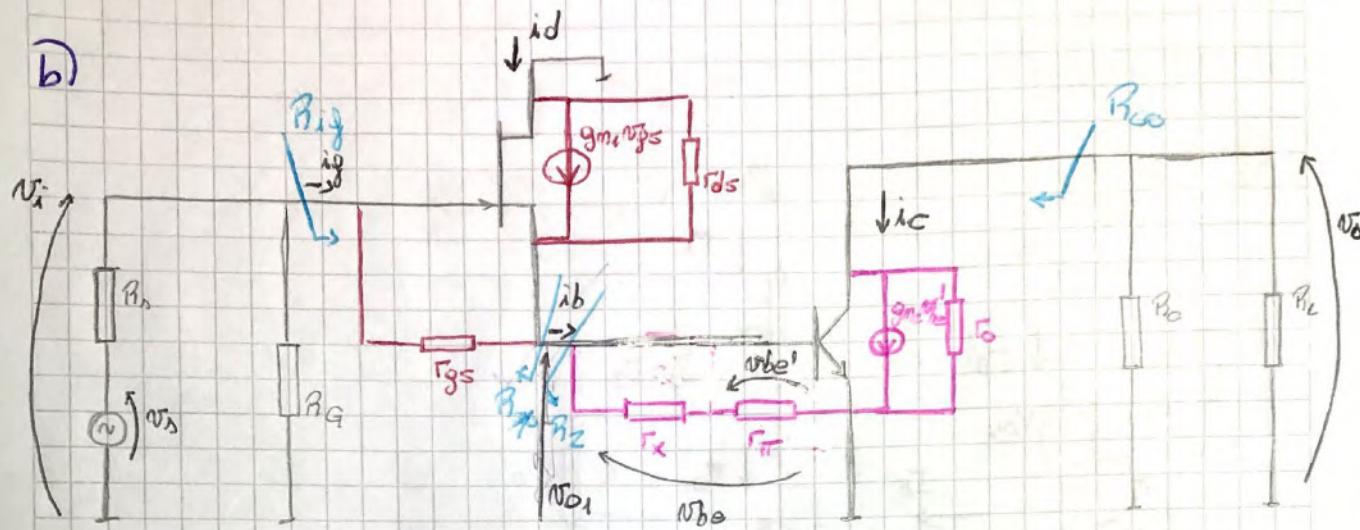
NOTA

$$\Rightarrow R_{G1} = 294 \text{ k}\Omega$$

Malla de salida

$$10 - V_{BE} - I_{CO} \cdot 300 - (-10) = \boxed{V_{OSQ} = 16,3 \checkmark}$$

b)



$$g_{m_1} = \frac{2}{V_P} \sqrt{I_{DS} I_{DQ}} = 1,19 \text{ mS}$$

$$g_{m_2} = \frac{I_{CO}}{V_T} = 386 \text{ mS}$$

$$r_{GS} \rightarrow \infty$$

$$r_{pi} = \frac{V_T}{g_{m_2}} = 130 \Omega$$

$$r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} \rightarrow \infty$$

$$r_o = N_A / I_{CO} \rightarrow \infty$$

$$r_x = 150$$

NOTA

R<sub>1</sub>: planteo el nodo en el source

$$i_P + i_g + g_{m_1} V_{DS} = 0$$

$$i_P + \frac{g_{m_1} (-V_P)}{R_S + R_G // R_D} V_{DS} = 0 \Rightarrow R_L = \frac{V_P}{i_P} = \frac{1}{g_{m_1}} = 840 \Omega$$

R<sub>2</sub>:

$$R_2 = \frac{V_{D1}}{i_B} = \frac{V_{BE}}{i_B} = \frac{i_B (\tau_x + \tau_T)}{i_B} = R_2 = \tau_T + \tau_x = 280 \Omega$$

R<sub>dg</sub>:

$$R_{DG} = \frac{V_{D2}}{i_D} = \frac{i_D \tau_S}{i_D} + \frac{(i_D + i_D) R_2}{i_D} = \tau_S (1 + g_{m_1} R_2) \Rightarrow R_{DG} \rightarrow \infty$$

$$R_i = R_{DG} // R_G = R_G = 74,6 k\Omega$$

R<sub>OC</sub>:

$$R_{OC} = \tau_o \quad (\text{el generador controlado no se enciende})$$

$$R_O = \tau_o // R_C \stackrel{\tau_o \rightarrow \infty}{=} R_C = 1 k\Omega$$

$$A_{V2} = \frac{V_{O2}}{V_{D1}} = \frac{-i_C (R_C // R_L)}{V_{BE}} = \frac{-i_C (R_C // R_L)}{i_C (\tau_T + \tau_x)} = -\frac{\beta (R_C // R_L)}{\tau_T + \tau_x} = -149$$

$$A_{V1} = \frac{V_{O1}}{V_i} = \frac{-V_{A2}}{V_{DS} + V_{B2}} = \frac{(i_{DT} + i_D) R_2}{(i_{DT} + i_D) R_2 + i_D \tau_S} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{i_D}{g_{m_1} \tau_S}} = 0,25$$

$$\text{NOTA} \Rightarrow A_{V1} = -145 \cdot 0,25 = -36,3$$

$$A_{V3} = A_{V1} \frac{R_i}{R_i + R_S} = 35,8$$

para fotocof.2

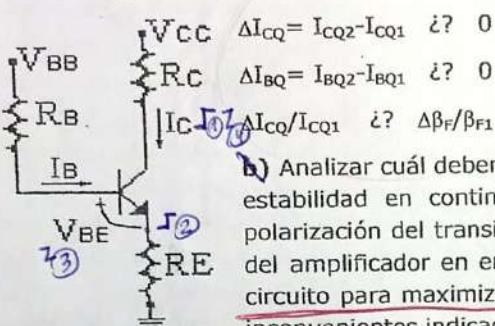
66.08 - 86.06

Primer Parcial 2018/2 - tercera fecha - 23/11/18

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			T	N	

1.- Se suponen conocidos todos los elementos del circuito de la figura y las características del TBJ.

a) Analizar el proceso de estabilización de  $I_{CQ}$  frente a la dispersión en el valor de  $\beta_F$ . Hacerlo cualitativamente, justificando por qué existe estabilización de  $I_{CQ}$  en base a la observación del circuito. Si se reemplaza al transistor por un ejemplar cuyo  $\beta_{F2}$  es el doble del transistor original, colocar el signo que corresponda (mayor, menor o igual) entre los siguientes pares de valores:



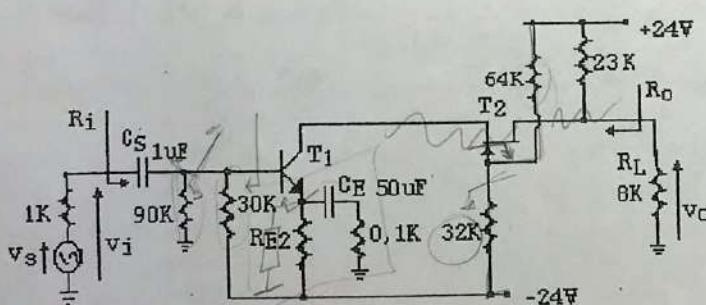
b) Analizar cuál debería ser la relación entre  $R_B$  y  $R_E$  para mejorar la estabilidad en continua. ¿Qué inconvenientes trae esto para la polarización del transistor y cómo degrada los parámetros de señal del amplificador en emisor común?. ¿Cómo se debería modificar el circuito para maximizar la estabilidad en continua de acuerdo a los inconvenientes indicados?

Colocando una Fuente de corriente Rss en Re hacia abajo.

2.-  $\beta = 200$ ;  $V_A \rightarrow \infty$ ;  $r_x = 0\Omega$ ;  $V_p = -3V$ ;  $I_{DSS} = 12mA$ ;  $r_{ds} = r_{gs} \rightarrow \infty$ ;  $f_T = 200MHz$ ;  $C_\mu = 1pF$ ;  $C_{gs} = 5pF$ ;  $C_{gd} = 2pF$

a) Obtener los puntos de reposo de los transistores, si se ajusta  $R_{E2}$  de modo que resulte  $V_{OQ} = -1V$  (tensión de reposo sobre  $R_L$ ).

b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuital, indicando en él todos los sentidos de referencia necesarios para las definiciones siguientes. Definir, obtener por inspección y calcular, las resistencias de entrada y de carga de cada etapa, la amplificación de tensión de cada una y la amplificación de tensión total  $A_v = v_o/v_i$ . Obtener  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_{v_s}$ .

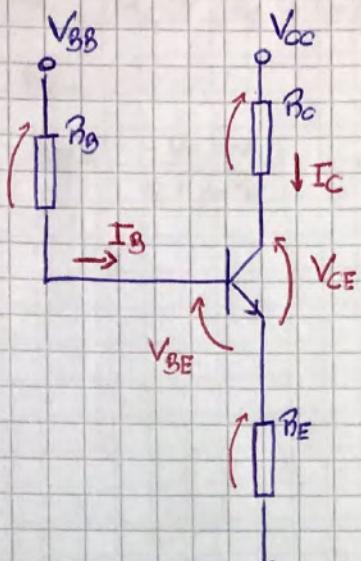


c) Obtener la frecuencia de corte inferior aproximada  $f_l$ , mediante el método de las constantes de tiempo.

d) Obtener el valor de la  $V_o$  pico máxima sin recorte en ambos semicírculos. Obtener la  $V_i$  pico correspondiente.

e) Justificar cualitativamente cómo se modificarán los valores de continua y señal calculados, si se construye esta etapa colocando primero el FET y luego el TBJ.

## EJERCICIO 1



MALLAS

$$V_{CC} - I_C(R_C + R_E) - V_{CE} = 0$$

$$V_{BB} - R_B I_B - V_{BE} - I_C R_E = 0$$

$$\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + R_E} = I_C$$

Mediante incremento

Si  $\uparrow \beta \Rightarrow \uparrow I_C \Rightarrow \uparrow V_{RE} = V_E \Rightarrow \downarrow V_{BE} \Rightarrow \downarrow I_C$

Se corrige el aumento que sufrió  $I_C$  debido al aumento de  $\beta$

Si no estuviera  $R_E$ , no se corregiría este incremento.

L, si ahora  $\beta_Q \beta = 2\beta_F$

$$\Rightarrow I_{CQ2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E}$$

$$\Rightarrow \frac{I_{CQ2}}{I_{CQ1}} = \frac{\frac{R_B}{\beta} + R_E}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E} < 1 \rightarrow \frac{\frac{R_B}{\beta} + R_E}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E} < \frac{\frac{R_B}{\beta} + R_E}{\frac{R_B}{2\beta}}$$

z < 1 ! Abs!

$$\Rightarrow I_{CQ2} > I_{CQ1}$$

$$\Rightarrow I_{BQ2} = I_{CQ2}/2\beta$$

$$I_{BQ1} = I_{CQ1}/\beta$$

$$\Rightarrow \frac{I_{BQ2}}{I_{BQ1}} = \frac{I_{CQ2}}{I_{CQ1} \cdot 2} = \frac{\frac{R_B}{\beta} + R_E \beta}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E \beta} \cdot \frac{2}{2} = \frac{\frac{R_B}{\beta} + R_E \beta}{\frac{R_B}{2\beta} + R_E \beta} < 1$$

supongo

$$\frac{R_B}{\beta} + R_E \beta < \frac{R_B}{2\beta} + R_E 2\beta \quad 1 < 2 \checkmark$$

$$\Rightarrow \frac{I_{BQ2}}{I_{BQ1}} < 1 \Rightarrow I_{BQ2} < I_{BQ1}$$

NOTA

$$\Rightarrow \boxed{\Delta_{ICQ} > 0}$$

$$\boxed{\Delta_{IBQ} < 0}$$

$$\frac{\Delta \beta_F}{\beta_{F_1}} = \frac{2\beta - \beta}{\beta} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta I_{CQ}}{I_{CQ_1}} - \frac{\Delta \beta_F}{\beta} \leq 0$$

$$\frac{I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} - 1 - 1 \leq 2$$

$$\frac{I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} \leq 2$$

Supongo  $\frac{I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} < 2$   $\Leftrightarrow$   $\frac{R_B}{\beta} + R_E < 2 \left( \frac{R_B}{\beta} + R_E \right)$

$$R_E < 2 R_E$$

$$1 < 2 \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow \frac{I_{CQ_2}}{I_{CQ_1}} < 2$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta I_{CQ}}{I_{CQ_1}} < \frac{\Delta \beta_F}{\beta}}$$

b) Para mejorar la estabilidad debo pedir

$$\frac{R_B}{\beta} \ll R_E \quad \text{por ejemplo} \quad \boxed{\frac{R_B}{\beta} < 0,1 R_E}$$

Para esto habrá que disminuir  $R_B$  y eso produce

una  $R_i$  menor y/o aumentar  $R_E$  produciendo una disminución de la corriente  $I_{CQ}$

# CIRCUITOS PARCIALES

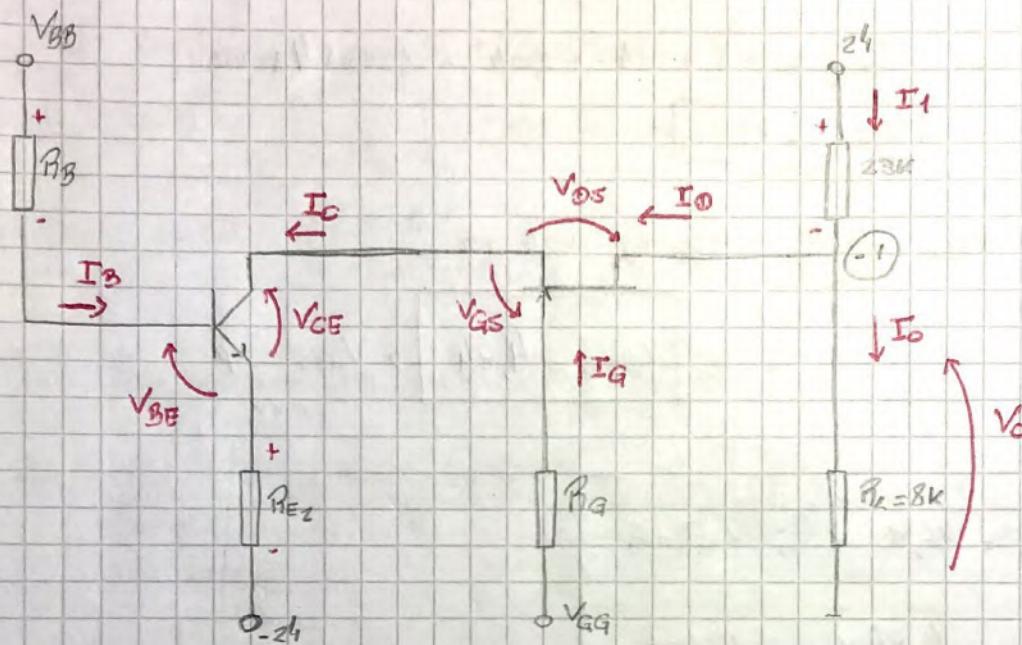
HOJA N°

FECHA

PARCIAL 23/11/18 - Tercera Fecha

EJERCICIO 2

POLARIZACIÓN



$$R_B = 30k \parallel 90k = 22,5k\Omega$$

$$V_{BB} = -24 \frac{90k}{30k+90k} = -18V$$

$$R_G = 32k \parallel 64k = 21,3k\Omega$$

$$V_{GG} = -24 + 18 \frac{32k}{32k+64k} = -8$$

$$\text{Si } V_o = -1 \Rightarrow I_o = \frac{V_o}{R_L} = \frac{-1}{8k} = -125 \mu A$$

$$\Rightarrow I_t = \frac{24 - V_o}{23k} = \frac{25}{23k} = 1,09 mA$$

$$\Rightarrow I_{DQ} + I_o = I_t \Rightarrow I_{DQ} = 1,22 mA = I_{CQ} = \frac{I_{CQ}\beta}{P}$$

Re corro lo mallo

$$V_{BB} - \frac{I_{CQ} R_B}{\beta} - V_{BE} - I_{CQ} R_{E2} + 24 = 0$$

$$\Rightarrow R_{E2} = \frac{-18 - 0,7 + 24 - \frac{I_{CQ} R_B}{\beta}}{I_{CQ}} = 4,23 k\Omega$$

Despejo  $V_{GSQ}$

$$1,22 \text{ mA} = 12 \text{ mA} \left( 1 - \frac{V_{GSQ}}{-3} \right)^2 \rightarrow V_{GSQ} = -2,04 \text{ V}$$

$$\hookrightarrow V_{GG} - I_Q R_G - V_{GSQ} - V_{CEQ} - I_{CQ} R_{E2} + 24 = 0$$

$$\Rightarrow V_{CEQ} = -8 + 24 + 2,04 - 1,22 \text{ mA} \cdot 4,83 \text{ k}\Omega$$

$$\boxed{V_{CEQ} = 12,9 \text{ V}}$$

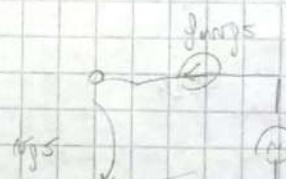
$$\hookrightarrow -1 - V_{DSQ} - V_{CEQ} - I_{CQ} R_{E2} + 24 = 0$$

$$\Rightarrow V_{DSQ} = 4,94 > V_{GSQ} - V_p$$

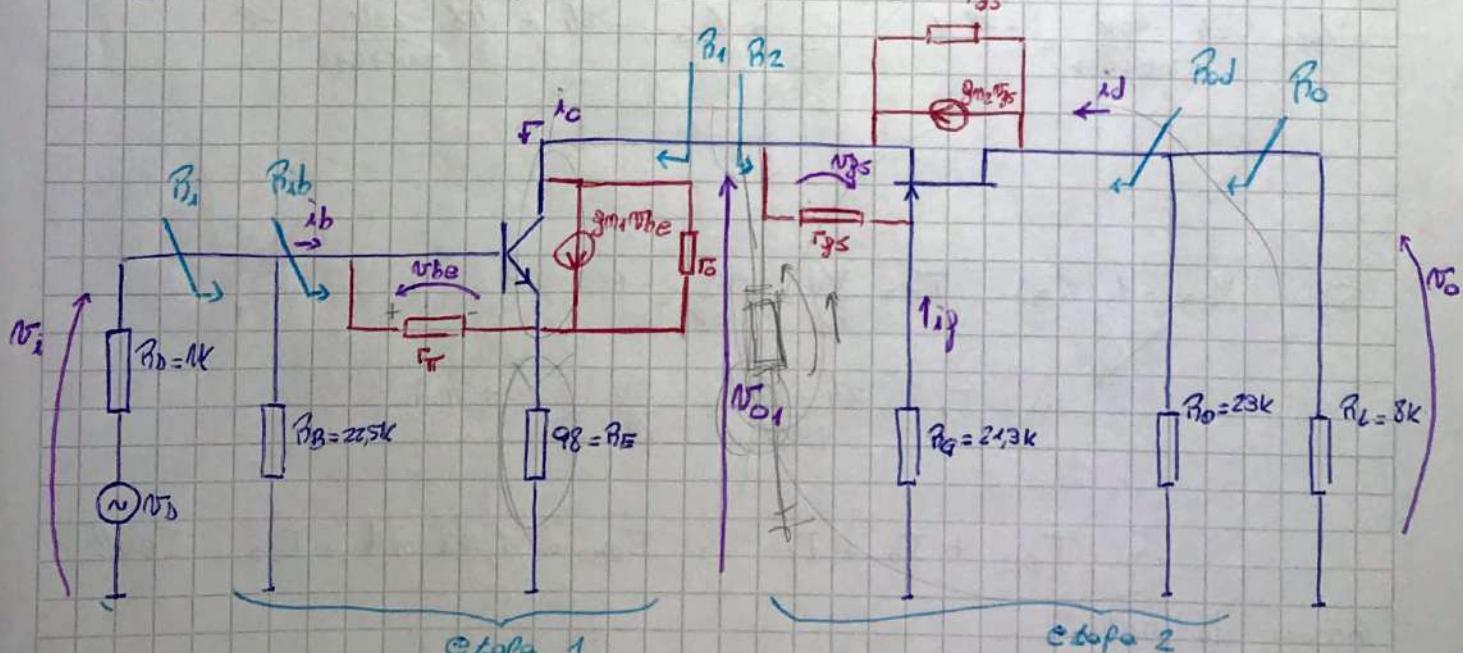
$\approx 1 \text{ V}$

$$\Rightarrow \boxed{Q_1 = 12,9 \text{ V ; } 1,22 \text{ mA}}$$

$$\boxed{Q_2 = 4,94 \text{ V ; } 1,22 \text{ mA}}$$



### b. CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 47 \text{ mS}$$

$$r_F = \frac{\beta}{g_{m1}} = 4,26 \text{ k}\Omega$$

$$\text{NO } r_o \rightarrow \infty$$

$$g_{m2} = \frac{2}{IV_P} \sqrt{I_{CQ} I_{DSQ}} = 2,55 \text{ mS}$$

$$r_{DS} = r_{DS} \rightarrow \infty$$

↳  $R_{1o}$ : Resistencia de entrada de la etapa 2

$$R_1 = \frac{V_{O1}}{i_C}$$

$-i_B R_T$

$\approx r_o$

$\approx R_E = 98$

$$V_{O1} - g_m V_{BE} r_o - i_C (r_o + (\beta_D / (R_B + R_T)) / R_E) = 0$$

$$V_{O1} - g_m r_o (-i_C) \frac{R_E R_T}{r_T + R_D / R_B + R_E} - i_C r_o = 0$$

$$R_1 = \frac{V_{O1}}{i_C} = r_o \left( 1 + \frac{g_m R_E R_T / R_T}{r_T + R_D / R_B + R_E} \right)$$

$r_o \rightarrow \infty$

$\rightarrow \infty$

↳  $R_{2o}$ : Resistencia de carga de la etapa 1

$$R_2 = \frac{V_{O1}}{(i_D + i_G)} = \frac{-(V_{DS} + i_D R_G)}{-i_D} = \frac{i_D r_{DS} + i_D R_G}{g_m r_{DS} i_D} = \frac{1 + \frac{R_G / r_{DS}}{g_m}}{g_m} = \frac{1}{g_m} \quad \text{if } r_{DS} \gg g_m$$

$r_{DS} \gg g_m$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{1}{g_m} = 392 \Omega$$

↳  $R_{1i}$ : Reemplazando la etapa 2 por  $R_2$

$$R_{1ib} = \frac{V_{bi}}{i_B} = \frac{i_B R_T + (i_B + i_C) R_E}{i_B} = R_T + \beta R_E = 1,26 K + 200 \cdot 98 =$$

$\downarrow r_o \rightarrow \infty$

$$\Rightarrow R_{1ib} = 23,9 K\Omega$$

$$R_{1i} = R_{1ib} // R_B = 11,6 K\Omega$$

↳  $R_o = R_{od} // R_{oi}$

$$R_{od}: V_P + g_m r_{DS} r_{ds} - i_P (r_{ds} + R_i / (r_{ds} + R_G)) = 0$$

$$V_P + g_m r_{ds} (-i_P) \frac{R_i}{R_i + r_{ds} + R_G} r_{DS} - i_P (r_{ds} + r_{DS} + R_G) = 0$$

$$R_{od} = \frac{V_P}{i_P} = r_{DS} \left( \frac{g_m r_{DS} R_i}{R_i + r_{DS} + R_G} + 1 \right) + (r_{DS} + R_G) \rightarrow \infty$$

$$\Rightarrow R_o = R_{oi} = 23 K\Omega$$

$$A_{V_0} = \frac{V_0}{V_i} = A_{V_1} A_{V_2}$$

$$\hookrightarrow A_{V_1} = \frac{V_0}{V_i} = \frac{-i_C R_2}{i_b \Gamma_\pi + (\underbrace{i_b + i_C}_{\approx i_C}) R_E} = \frac{-R_2}{\frac{1}{g_m} + R_E} = \frac{-R_2 g_m}{1 + g_m R_E}$$

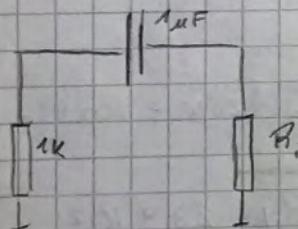
$$\Rightarrow A_{V_1} = -3,3$$

$$\hookrightarrow A_{V_2} = \frac{V_0}{V_{i_1}} = \frac{-i_D R_{DA}}{-i_g (\Gamma_S + R_G)} = \frac{i_D R_{DA}}{\frac{i_D}{g_m} (\Gamma_S + R_G)} = \frac{g_m R_{DA}}{1 + R_G / \Gamma_S}$$

$$\Rightarrow A_V = -3,3 \cdot 15,1 = -49,8$$

$$A_{V_{D2}} = \frac{V_0}{V_D} = \frac{V_0}{R_i} \frac{V_D}{R_D} = A_{V_1} \frac{R_i}{R_i + R_D} = -45,8$$

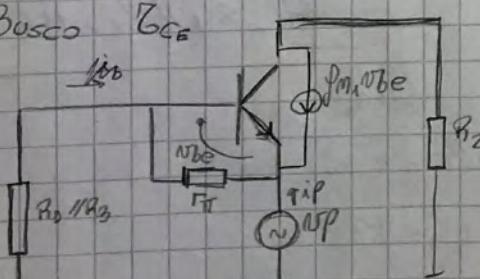
c) Busco  $Z_{CS}$ , para eso busco la  $f_{req}$  entre los terminales de  $C_S$



$$\Rightarrow Z_{CS} = 1 \mu F (1k + R_i) = 12,6 \text{ mS} \Rightarrow f_{CS} = \frac{1}{2\pi Z_{CS}}$$

$$\Rightarrow f_{CS} = 12,6 \text{ Hz}$$

Busco  $Z_{CE}$

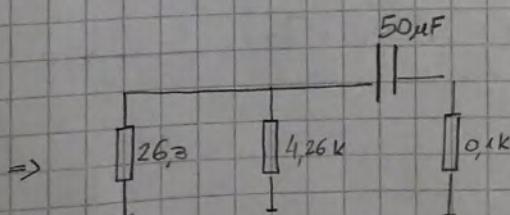


$$f_{m, VBE} + i_P = \frac{10P}{\Gamma_\pi + R_S // R_B}$$

$$- f_{m, VBE} \frac{10P \Gamma_\pi}{\Gamma_\pi + R_S // R_B} + i_P = \frac{10P}{\Gamma_\pi + R_S // R_B}$$

$$\Rightarrow \frac{10P}{i_P} = \frac{\Gamma_\pi + R_S // R_B}{\beta + 1} \approx \Gamma_\pi + \frac{R_S // R_B}{\beta} = 26,3 \Omega$$

$$\Rightarrow Z_{CE} = 50 \mu F (0,1k + 26,3 // 4,26k) = 6,32 \text{ mS}$$

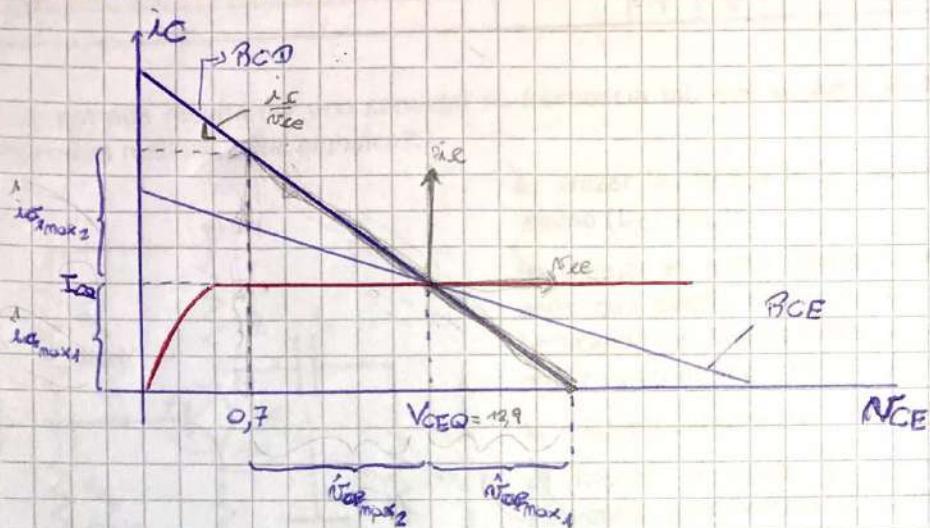


$$\Rightarrow f_{CE} = \frac{1}{2\pi Z_{CE}} = 25,2 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow f_{low} \leq f_{CE} + f_{CS} = 37,8 \text{ Hz} \approx 38 \text{ Hz}$$

NOTA

$\hat{N}_o$  sin recorte



$$\hat{N}_o = -i_C R_2 \Rightarrow \hat{N}_{o1max} = \min \{ i_{Cmax1} R_2; i_{Cmax2} R_2 \}$$

Busco la pendiente de  $BCE$

$$i_C R_E + V_{CE} + i_C R_2 = 0 \Rightarrow \frac{i_C}{V_{CE}} = -\frac{1}{R_E + R_2}$$

$\Rightarrow$  por trigonometría

$$\bullet \quad i_{Cmax1} = -I_{CQ} \Rightarrow \hat{N}_{o1max} = R_2 I_{CQ} = 0,18 \text{ V}$$

$$\bullet \quad \frac{1}{R_E + R_2} = \frac{i_{Cmax2}}{V_{CEmax2}} \Rightarrow i_{Cmax2} = \frac{12,2}{R_E + R_2} = 25 \text{ mA} \Rightarrow \hat{N}_{o2max} = 9,8 \text{ V}$$

$$V_{CEQ} - 0,7 = 12,2$$

$$\Rightarrow \hat{N}_{o2max} = 0,48 \text{ V}$$

$$\text{con } \hat{N}_o = \hat{N}_{o1max} \Rightarrow \boxed{\hat{N}_o = A_{v2} \hat{N}_{o1} = 7,25 \text{ V}}$$

Para el transistor 2

Del circuito de señal

$$\hat{N}_o - \hat{N}_{dd} - \hat{N}_{o1} = 0$$

$$\hat{N}_o - \frac{\hat{N}_o}{A_v} = \hat{N}_{dd}$$

$$\underbrace{\hat{N}_o}_{\approx \hat{N}_D} = \hat{N}_{dd}$$

$$-i_D R_{DA} = \hat{N}_{dd}$$

$$\left[ i_D = \frac{\hat{N}_{ds}}{R_{DA}} \right]$$

NOTA

$\Rightarrow$  A partir del gráfico de arriba

$$\bullet \quad \hat{N}_{ddmax} = R_{DA} I_{DQ} = 7,24 = \hat{N}_{max}$$

$$\bullet \quad \hat{N}_{ddmax2} \approx V_{DSQ} - V_{DSsat} = 3,98 \text{ V} = \hat{N}_{max2}$$

$$\Rightarrow \hat{N}_{max} = 3,98 \text{ V} < A_{v2} \hat{N}_{o1max}$$

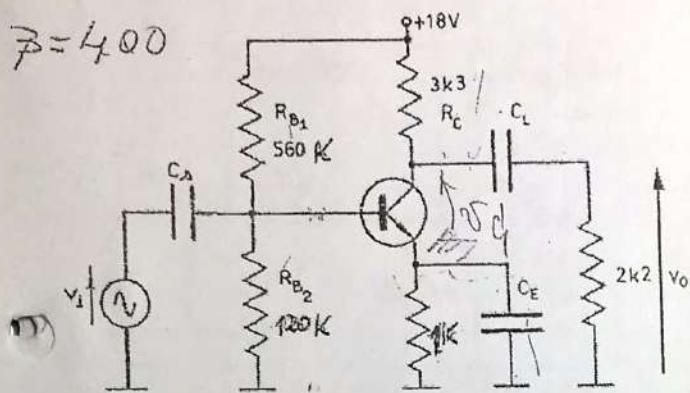
$$\Rightarrow \boxed{\hat{N}_{max} = 3,98 \text{ V} \text{ sin recorte}}$$

$$\hat{V}_{i_{max}} = \frac{\hat{N}_{max}}{A_v} = 87 \text{ mV}$$

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº HOJAS	1	2
		T	N			

1.- La señal de entrada resulta ser una senoidal de frecuencia tal, que su valor se encuentra en el rango de frecuencias medias. ¿Qué significa?

$$\beta = 400$$



a) Trazar las RCE y RCD. Calcular el punto de reposo ( $I_{CQ}$ ,  $V_{CEQ}$ ).

b) Dibujar en forma aproximada las formas de onda que podría observarse en un osciloscopio (indicando los valores extremos *aproximados*) al medir  $v_o$  (continua + señal), para:

$$V_i = 2,5 \text{ mV} \cdot \text{sen}(\omega t) \text{ y } V_i = 250 \text{ mV} \cdot \text{sen}(\omega t)$$

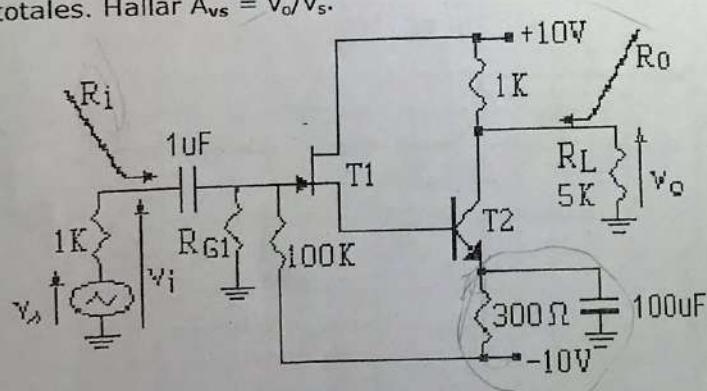
c) Repetir el punto b) si se producen las siguientes modificaciones al circuito, de a una por vez y siempre partiendo del circuito original.

c<sub>1</sub>) Se cortocircuita  $C_E$ . c<sub>2</sub>) Se desconecta  $C_E$ .

2.-  $\beta = 100$ ;  $V_A = 100V$ ;  $r_x = 100\Omega$ ;  $V_p = -1,5 \text{ V}$ ;  $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ ;  $r_{gs} \rightarrow \infty$ ;  $\lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}$

a) Hallar el valor de  $R_{G1}$  de modo tal de obtener una  $V_{OQ} = 0 \text{ V}$ .

b) Dibujar el circuito de señal para frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuital. Hallar las expresiones (*justificando por inspección*) y el valor de: las resistencias de entrada, de salida y de carga, así como la amplificación de tensión de cada etapa. Hallar  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_v$  totales. Hallar  $A_{vs} = V_o/V_s$ .

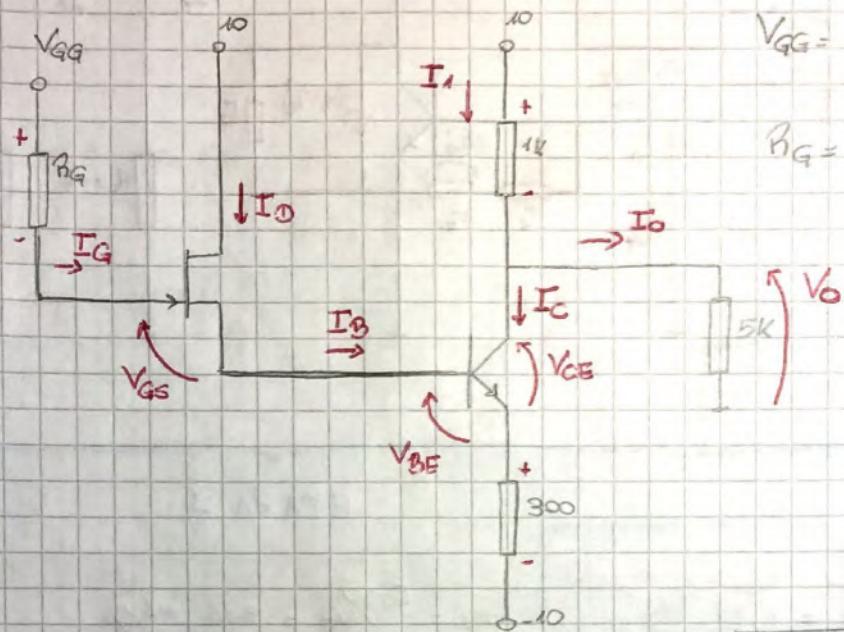


c) Obtener el valor aproximado de la frecuencia de corte inferior para  $A_{vs}$ . Justificar el procedimiento.

d) Analizar *cuantitativamente* cómo se modifican los valores de reposo y parámetros de señal si se conecta entre source y -10V una resistencia  $R_{S1} = 2\text{K}\Omega$ .

## EJERCICIO 2

## POLARIZACIÓN



$$V_{GG} = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 100k}$$

$$R_G = R_{G1} // 100k$$

a) Si  $V_o = 0 \Rightarrow I_o = 0 \Rightarrow I_c = I_{cQ} = \frac{10V}{1k} = 10mA$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{I_{cQ}}{\beta} = 100\mu A = I_{DQ}$$

$$\Rightarrow I_{DQ} = 100\mu A$$

Con  $I_{DQ}$ , busco  $V_{GSQ}$

$$100\mu A = 8mA \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow V_{GSQ} = -1,33$$

Re corro la malla de control

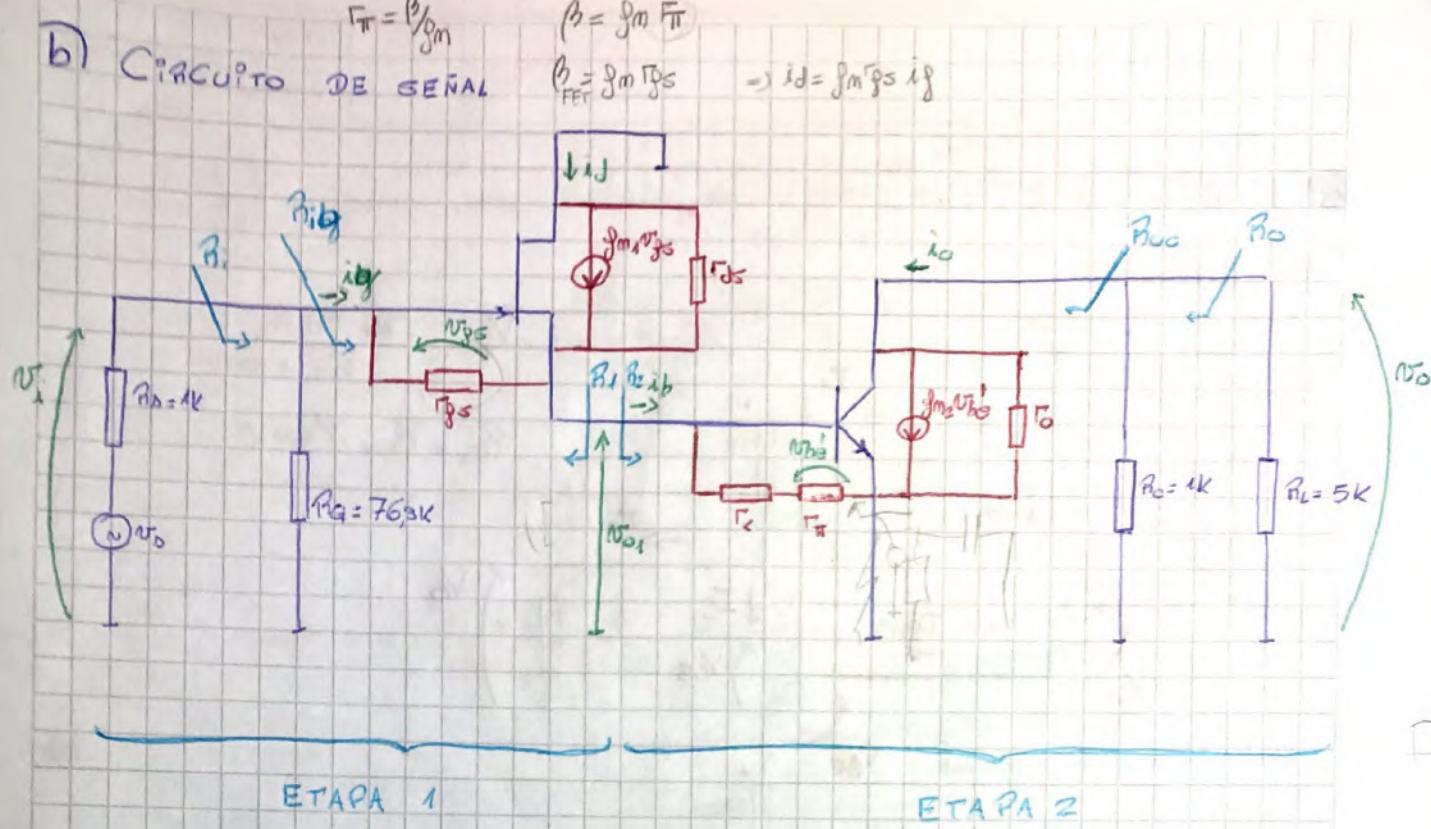
$$V_{GG} - R_G I_g - V_{GSQ} - V_{BE,ON} - 300 I_{cQ} + 10 = 0$$

$$\Rightarrow V_{GG} = -7,63V = -10 \frac{R_{G1}}{R_{G1} + 100k} \rightarrow R_{G1} = 322k\Omega$$

$$\Rightarrow R_G = 322k\Omega // 100k\Omega = 76,3k\Omega$$

NOTA

b) CIRCUITO DE SEÑAL



ETAPA 1

$$g_{m1} = \frac{2}{1Vpt} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} = 1,19 \frac{mA}{\sqrt{V}}$$

$$r_{ds} \rightarrow \infty$$

$$r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = 1 M\Omega$$

$$g_{m2} = \frac{I_{DQ}}{V_T} = 386 \frac{mA}{V}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_{m2}} = 259$$

$$r_x = 100$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_{DQ}} = 10 k\Omega$$

NOTA

(R<sub>1</sub>)

pongo una fuente de prueba <sup>en source</sup> y planteo el nodo

$$i_p + g_{m1} \frac{V_{gs}}{r_{ds} + R_d // R_G} = \frac{V_p}{r_{ds}} + \frac{V_p}{r_{ds}}$$

$\approx r_{ds}$

$$i_p + g_{m1} \frac{(-V_p)}{r_{ds} + R_d // R_G} = \frac{V_p}{r_{ds}} + \frac{V_p}{r_{ds}}$$

$= r_{ds}$

$$i_p = V_p \left( \frac{1}{r_{ds}} + \frac{1}{r_{ds}} + g_{m1} \right) \Rightarrow R_1 = \left( \frac{1}{r_{ds}} + g_{m1} \right)^{-1}$$

$$R_1 = 840 \Omega$$

(R<sub>2</sub>)

$$R_2 = \frac{V_{o1}}{i_b} = \frac{i_b (r_x + r_T)}{i_b} \Rightarrow R_2 = 359 \Omega$$

• (R<sub>i</sub>) Reemplazo la etapa 2 por  $\approx id$

$$R_{ib} = \frac{V_i}{i_g} = i_g r_{ds} + (i_p + i_d) R_2 = \frac{r_{ds} + g_{m1} r_{ds} R_2}{i_g} \Rightarrow R_{ib} \rightarrow \infty$$

$i_d = g_{m1} r_{ds} i_g$

$$R_i = R_{ib} // R_G \Rightarrow R_i = 76,3 k\Omega$$

(R<sub>o</sub>)

Calculo R<sub>oc</sub> poniendo una fuente de prueba en el colector

como  $V_{be} = 0 \Rightarrow V_{be}' = 0 \Rightarrow$  no se prende en generador

$$\Rightarrow R_{oc} = r_o \Rightarrow R_o = R_{oc} // R_C = 10k // 1k$$

$$R_o = 909 \Omega$$

NOTA

A<sub>V</sub>

$$A_{V2} = \frac{V_o}{V_{B1}} = -\frac{\beta R_C / R_L}{i_B (\Gamma_x + \Gamma_\pi)} = -\frac{\beta (R_C / R_L)}{\Gamma_x + \Gamma_\pi} = -232$$

$$A_{V1} = \frac{V_o}{V_B} = \frac{(i_d + i_g) R_2}{i_g \Gamma_{PS} + (i_d + i_g) R_2} \stackrel{i_d \ll i_g}{\approx} \frac{i_d R_2}{i_g \Gamma_{PS} + i_d R_2} = \frac{R_2}{\frac{i_g \Gamma_{PS}}{i_d} + R_2} \stackrel{\frac{i_g \Gamma_{PS}}{i_d} \ll 1}{\approx} 0,3$$

$$\Rightarrow A_{V1} = A_{V2}, A_{V1} = -69,6$$

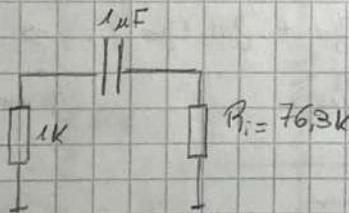
A<sub>VS</sub>

$$A_{VS} = \frac{V_o}{V_S} = \frac{V_o}{V_{B1}} \frac{V_{B1}}{V_S} = A_{V1} \frac{R_1}{R_1 + R_S} \Rightarrow A_{VS} = -68,7$$

c) Para el metodo de los ceros de tiempo supongo

- Cada polo esta asociado a un capacitor
- Las frecuencias de los polos al menos un polo es menor a los ceros
- Hay un polo predominante

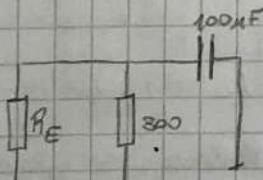
$Z_{C_D}$



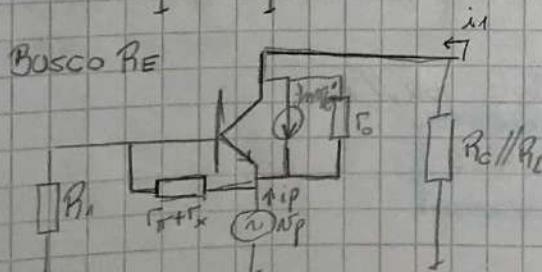
$$Z_{C_D} = 1 \mu F (76.3 k + 1 k) = 77.3 \text{ mS}$$

$$\Rightarrow f_{C_D} = \frac{1}{2\pi Z_{C_D}} = 2.06 \text{ Hz}$$

$Z_{C_E}$



$\lambda_{PAB}$



$$Np - g_m V_{BE} \Gamma_0 + i_A (\Gamma_0 + R_C / R_L) = 0$$

$$Np - g_m V_{BE} \frac{(-Np)}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} + \left( \frac{Np}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} - i_p \right) (\Gamma_0 + R_C / R_L) = 0$$

$$Np \left( 1 + \frac{\beta \Gamma_0}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} + \frac{\Gamma_0 + R_C / R_L}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1} \right) = i_p (\Gamma_0 + R_C / R_L)$$

$$\Rightarrow Z_{C_E} = 100 \mu F (300 // 12) = 1.2 \text{ mS}$$

$$f_{CE} = 133 \text{ Hz}$$

NOTA  $\Rightarrow f_{LOW} \leq 135 \text{ Hz}$

$$\Rightarrow \frac{Np}{i_p} = \frac{\Gamma_0 + R_C / R_L}{1 + \frac{\beta \Gamma_0 + \Gamma_0 + R_C / R_L}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1}} = \frac{(\Gamma_0 + R_C / R_L)(\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1)}{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1 + \beta \Gamma_0 + R_C / R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{\Gamma_\pi + \Gamma_x + R_1}{\beta} = 12 \Omega$$

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T N		

1.- Se tiene un amplificador con una transferencia a lazo abierto  $A_o = i_o / i_i > 0$ , resistencias de entrada y salida  $R_i$  y  $R_o$ , respectivamente y cargado con una resistencia  $R_L$ . Se lo realimenta negativamente en señal, mediante un bloque realimentador de transferencia  $k$  con el fin de tender a un amplificador ideal de corriente.

a) Dibujar el esquema en bloques correspondiente, indicando en el diagrama *todos los sentidos de referencia necesarios*. Definir como cociente de las variables que correspondan:

\* La transferencia del realimentador:  $k$ .

\* La transferencia a lazo cerrado del amplificador realimentado:  $A$ .

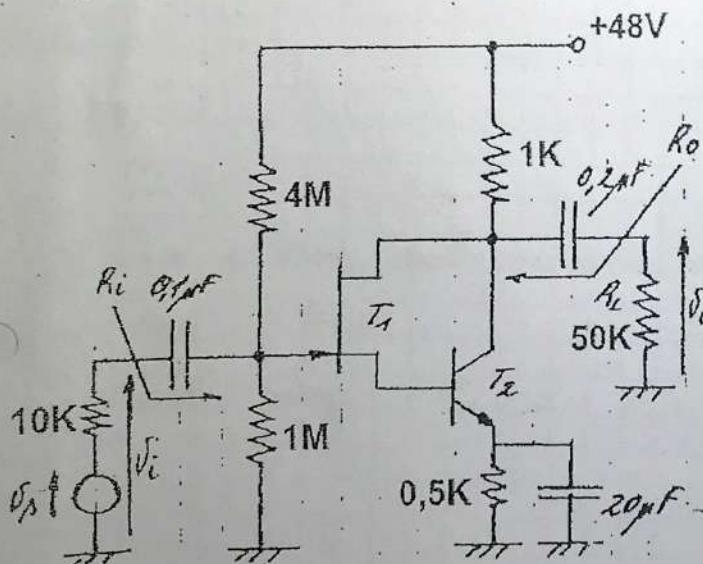
Indicar sobre el diagrama los signos de los incrementos (o fases de señales alternas) de la distintas tensiones y corrientes haciendo un análisis que justifique que la realimentación es negativa. Justificar si  $k$  deberá ser  $> 0$  ó  $< 0$  y qué resistencia deberá presentar idealmente dicho bloque a la salida del amplificador para no cargarlo.

b) Justificar cualitativamente, siguiendo los incrementos a través del lazo de realimentación, cómo varían las resistencias de entrada y salida del amplificador  $A$ , respecto de las de  $A_o$ .

2. En el circuito de la figura se conoce:  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ ;  $V_P = -2 \text{ V}$ ;  $\lambda \approx 0$

$$\beta = 50; V_A \rightarrow \infty; r_x \approx 0$$

$$f_T = 300 \text{ MHz}, C_{\mu} = 2 \text{ pF}, C_{gs} = 5 \text{ pF}; C_{gd} = 2 \text{ pF}$$



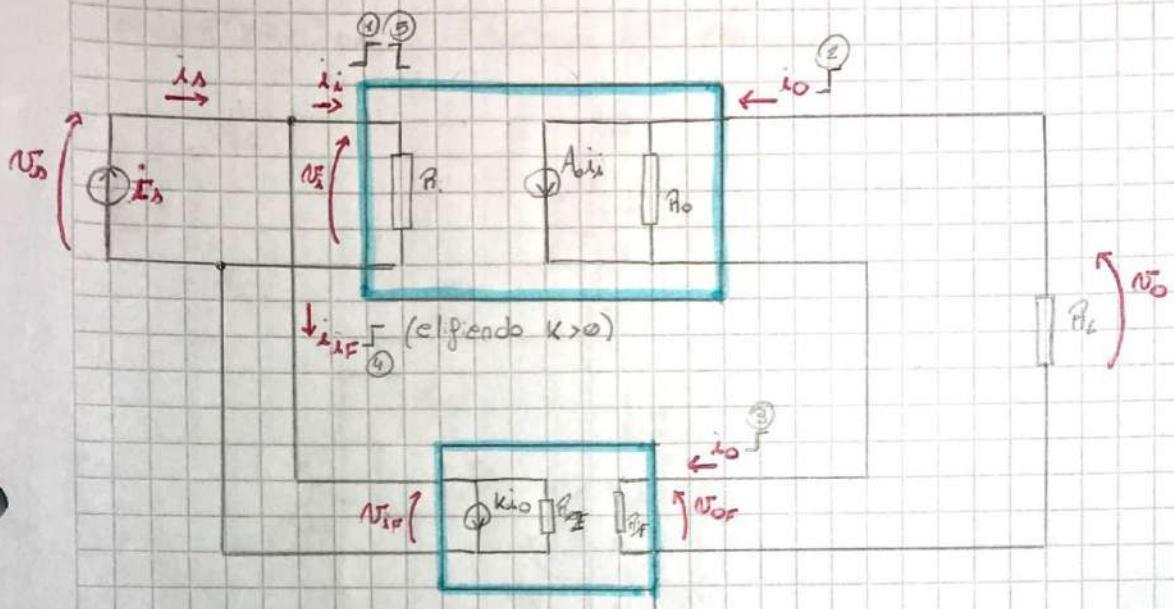
a) Determinar los puntos de reposo, indicando las tensiones de los terminales contra común.

b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. Calcular por inspección los valores de,  $A_v$ ,  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_{vs}$ .

c) Obtener el valor de la frecuencia de corte inferior aproximada,  $f_l$ , explicando el procedimiento.

d) Analizar cualitativamente cómo se modificarán los puntos de reposo y parámetros de señal calculados si se reemplaza  $T_1$  por un MOSFET de canal inducido.

EJERCICIO 1



$$K = \frac{i_{iF}}{i_o}$$

$$A_o = \frac{i_o}{i_i} > 0$$

$$A = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_o}{i_i + i_{iF}}$$

$$= \frac{i_o}{K i_o + i_i}$$

$$= \frac{i_o}{\frac{i_o}{K A_o + 1} + i_i} = \frac{A_o}{K A_o + 1}$$

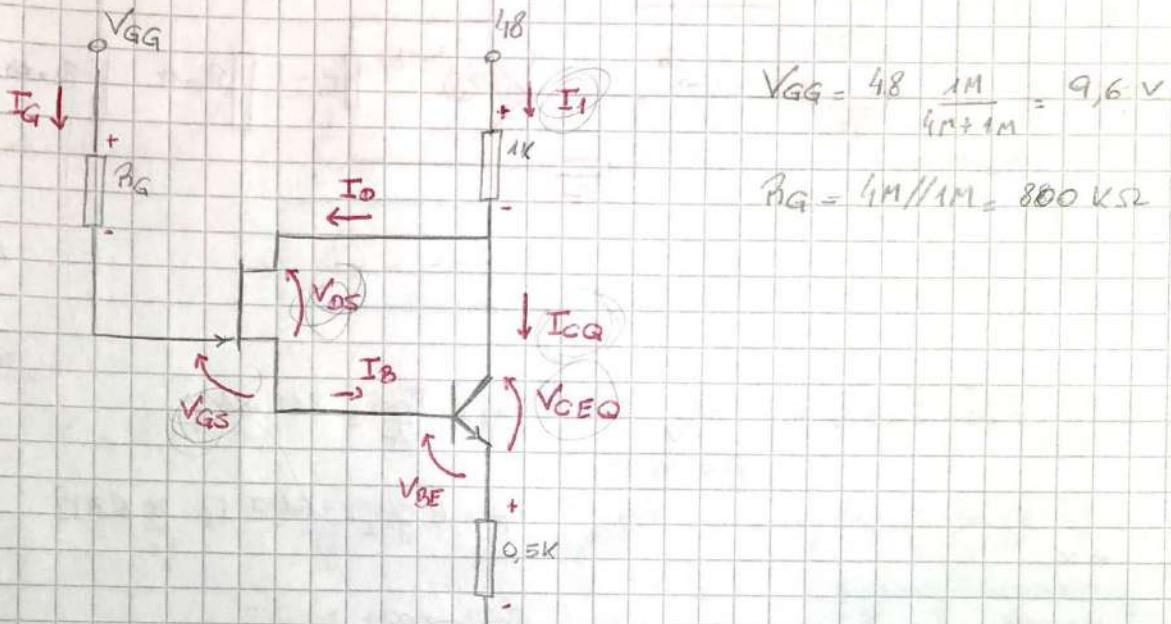
Para obtener realimentación negativa debo

elejir  $K > 0$

Debo elejir  $R_o \approx 0$  para no corarlo

## EJERCICIO 2

POLARIZACIÓN (haciendo los thevenin correspondientes)



## ECUACIONES

$$\text{1) } 9,6 - V_{GSQ} - V_{BE,ON} - ICQ \cdot 0,5K = 0$$

$$9,6 - V_{GSQ} - 0,7 - ICQ \cdot 0,5K = 0$$

$$\text{2) } 48 - I_1 \cdot 1K - V_{CEQ} - ICQ \cdot 0,5K = 0$$

$$\text{3) } I_{DQ} = 10 \text{ mA} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{-2} \right)^2 = I_{BQ} = \frac{ICQ}{\beta}$$

$$9,6 - 0,7 - V_{GSQ} - ICQ \cdot 0,5K = 0$$

$$48 - ICQ \cdot (1,5K) - V_{CEQ} = 0$$

$$\frac{ICQ}{\beta} = 10 \text{ mA} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{-2} \right)^2$$

$$48 - 0,7 - V_{GSQ} - ICQ \cdot 1,5K = 0$$

$$\text{4) } I_1 = I_{DQ} + ICQ = \frac{ICQ}{\beta} + ICQ \Rightarrow I_1 \approx ICQ$$

$$\text{5) } 48 - I_1 \cdot 1K - V_{DSQ} - 0,7 - 0,5K ICQ = 0$$

$$ICQ = 21 \text{ mA}$$

$$V_E = ICQ \cdot 0,5K = 10,5V$$

$$V_S = 11,2V$$

$$V_{CEQ} = 16,5V$$

$$V_B = 11,2V$$

$$V_G = 9,61$$

$$V_{DSQ} = 15,8V$$

$$V_{CR} = 27V$$

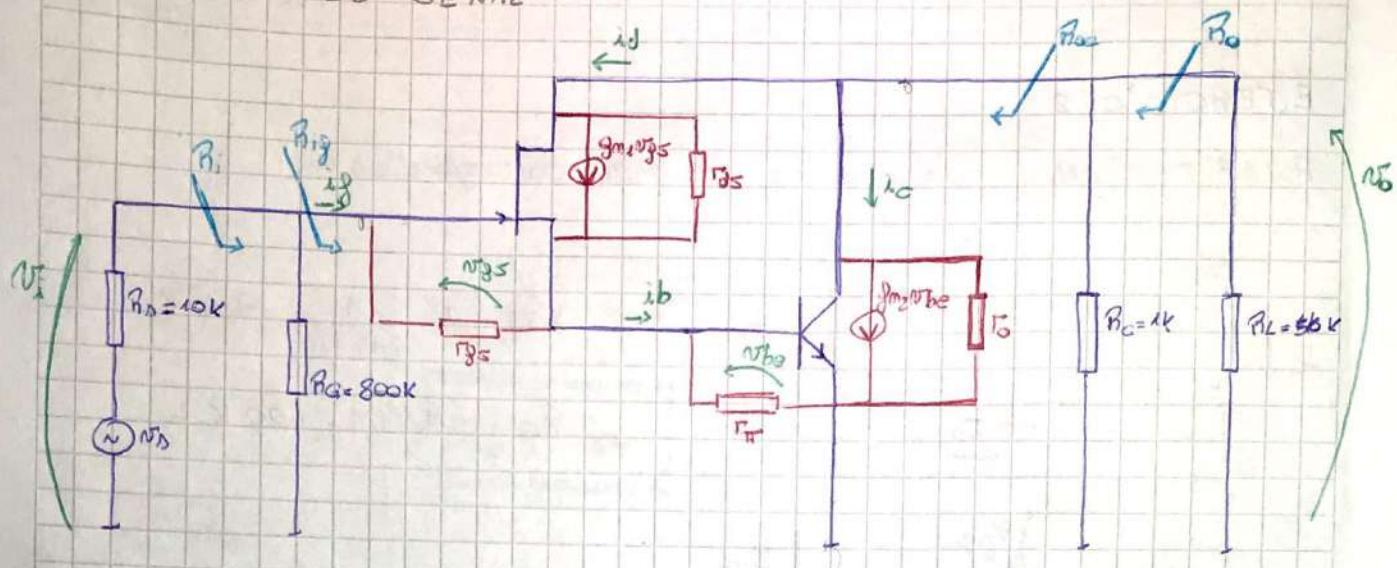
$$V_O = 27$$

$$V_{GSQ} = -1,59V$$

$$I_{DQ} = 420 \mu A$$

NOTA

CIRCUITO DE SEÑAL



$$gm_1 = \frac{2}{IVP_1} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} = 2,05 \text{ mA/V}$$

$r_{ds}$

$r_{ds} \rightarrow \infty$

$$gm_2 = \frac{I_{CQ}}{\sqrt{V_T}} = 811 \text{ mA/V}$$

$$r_{\pi} = \beta/gm_2 = 61,7 \Omega \approx 62 \Omega$$

$r_o \rightarrow \infty$

NOTA

hay

$$\Gamma_{\pi} = \frac{\beta}{\beta_m}$$

$$\beta_m \approx \infty \Rightarrow \beta_m \approx id$$

HOJA N°

FECHA

cien?

A<sub>nr</sub>

$$A_{nr} = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{(id + i_c) R_b // R_C}{r_{ps} + r_{be}} = - \frac{(id + i_c) R_C}{r_p r_{ps} + i_b \Gamma_{\pi}}$$

$$= - \frac{(ib + ic) R_{CA}}{id r_{ps} + ib \Gamma_{\pi}} = - \frac{ic R_{CA}}{id + ib \Gamma_{\pi}} \downarrow \begin{matrix} ic = ib \beta \\ id = id + ib \approx id \end{matrix} = - \frac{\beta R_{CA}}{1 + \Gamma_{\pi}}$$

$$\Rightarrow A_{nr} = -89$$

B.

$$R_i = R_{ig} // R_G$$

$$R_{ig} = \frac{V_i}{I_g} = \frac{r_{ps} + r_{be}}{I_g} = \frac{id r_{ps} + ib \Gamma_{\pi}}{I_g} = id r_{ps} + \frac{\beta_m r_{ps} id}{I_g} \Gamma_{\pi}$$

$$= r_{ps} (1 + \beta_m \Gamma_{\pi}) \xrightarrow[r_{ps} \rightarrow \infty]{} \Rightarrow R_i = R_G = 800 \text{ k}\Omega$$

B<sub>o</sub>

$$R_o = R_{oc} // R_C$$

$$R_{oc} = \frac{V_o}{I_p} = \begin{matrix} \text{SIN TERMINAR} \\ \text{HECHO ANTES} \end{matrix}$$

NOTA

APELITIVO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de examen	Entrega
		T	N		

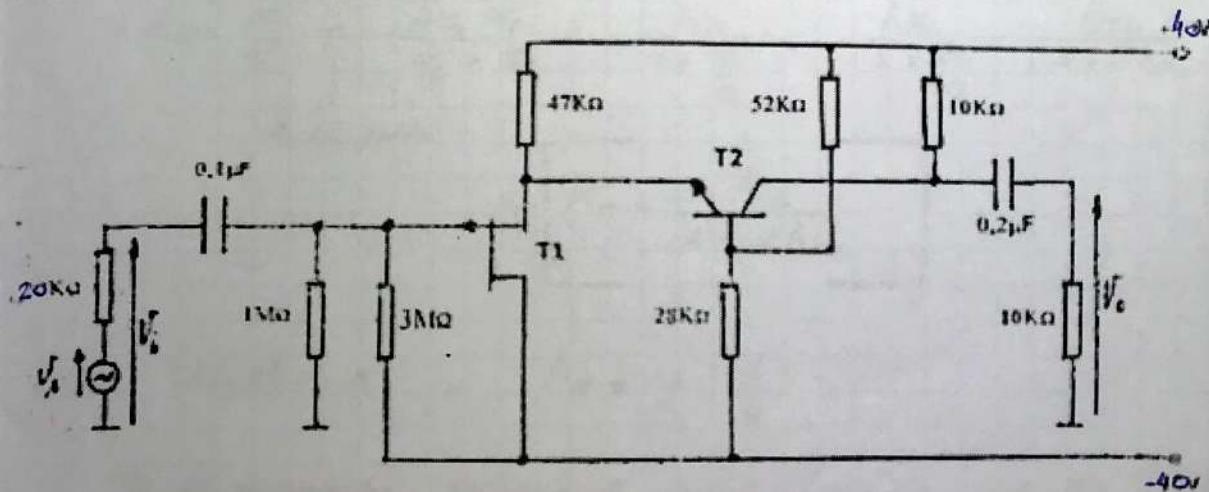
1. Se tiene un amplificador con una transferencia a lazo abierto  $A_o = v_o/v_i > 0$ , y resistencias de entrada y salida  $R_i$  y  $R_o$ , respectivamente. Se lo realimenta negativamente en señal por muestreo y suma de tensión, mediante un realimentador de transferencia  $k$ . El sistema realimentado está cargado con una resistencia  $R_L$  y recibe señal de un generador de tensión  $v_i$ .

- a) Dibujar el esquema en bloques correspondiente. Definir como cociente de tensiones y/o corrientes, indicando en el diagrama todos los sentidos de referencia necesarios:
- El factor de realimentación  $k$ .
  - La transferencia a lazo cerrado del sistema realimentado  $A$ .

Indicar sobre el diagrama los signos de los incrementos (o fases de señales alternas) de las distintas tensiones y corrientes para que la realimentación sea negativa, de acuerdo a los sentidos de referencia previamente fijados. Justificar si  $k$  deberá ser  $> 0$  ó  $< 0$ .

b) Hallar la expresión de  $A=f(A_o, k)$ . ¿A qué valor tiende  $A$  si  $|A_o \cdot k| \gg 1$ ? ¿Por qué se denomina a  $A$  parámetro estabilizado? Analizar a qué tipo de amplificador ideal tiende este sistema cuando  $|A_o \cdot k| \gg 1$ .

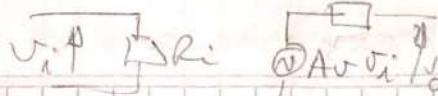
2. a) Determinar el punto de reposo de cada etapa y las tensiones de sus tres terminales respecto de común.
- b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias, sin reemplazar los transistores por su modelo. ¿Qué significa "frecuencias medias"? Obtener por inspección, justificando el procedimiento los valores de  $A_v$ ,  $R_i$  (vista desde el generador de entrada),  $R_o$  (vista desde la carga) y  $A_{vs}$ .
- c) Obtener el valor de la  $V_o$  pico máxima sin recorte en ambos semiciclos.
- d) Analizar cualitativamente cómo varían las corrientes y tensiones de reposo si se conecta al circuito el resistor de  $47\text{ k}\Omega$ .



$$|I_{OSS1}| = 15 \text{ mA} ; |V_P| = 5 \text{ V} ; \beta = 200$$

real  $v$ 

ideal



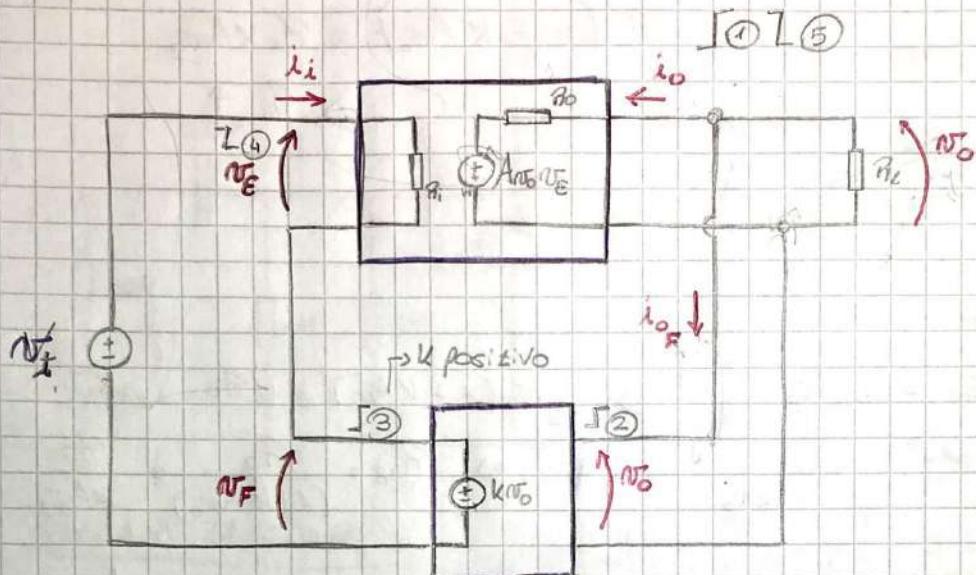
HOJA N°

FECHA

 $v_o = A_{vo} v_i$ 

## PROBLEMA 1

a. Esquema en bloques



$$\bullet v_F = K v_o \Rightarrow K = \frac{v_F}{v_o}$$

$$\bullet A_{vo} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_{vo} v_E}{v_E + v_F} = \frac{A_{vo}}{1 + \frac{v_F}{v_E}} = \frac{A_{vo}}{1 + K \frac{v_o}{v_E}} = \frac{A_{vo}}{1 + K A_{vo}}$$

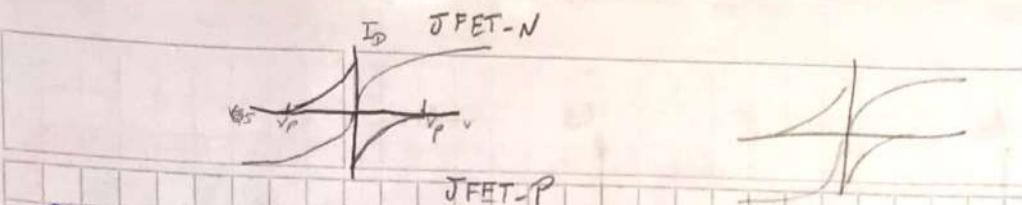
$\downarrow$   
R\_L muy grande

$$\Rightarrow A_{vo} = \frac{A_{vo}}{1 + K A_{vo}}$$

$$\hookrightarrow \text{Si } |A_{vo} K| \gg 1 \quad \Rightarrow \quad A_{vo} \approx \frac{1}{K}$$

Se lo denomina parámetro estabilizado ya que no depende de los parámetros del transistor amplificador

NOTA

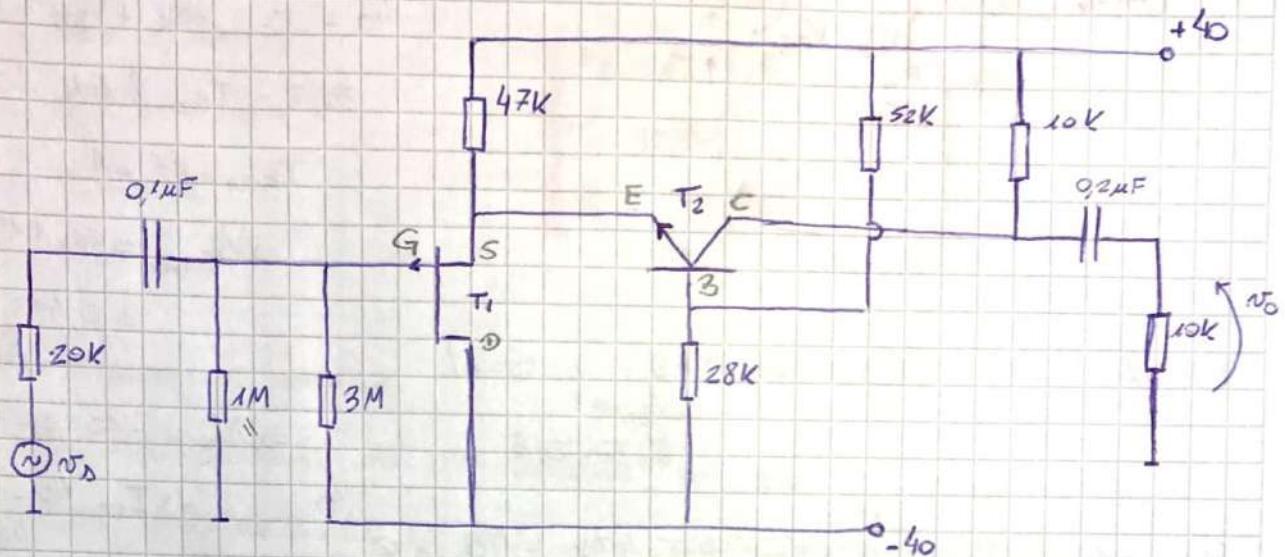
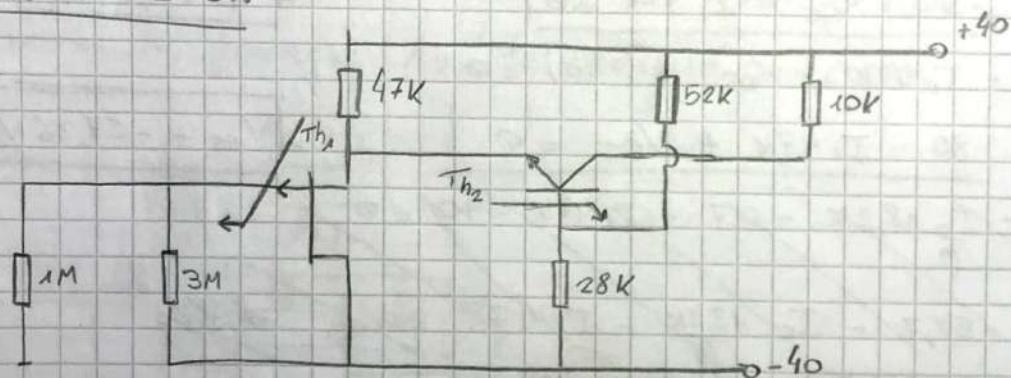


HOJA N°

FECHA

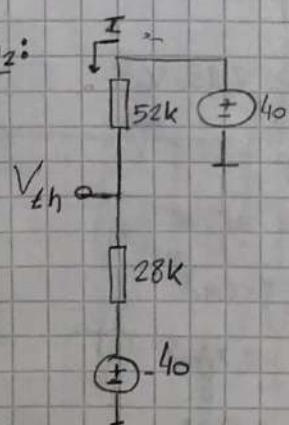
## PROBLEMA 2

$$|I_{DSS}| = 15 \text{ mA} \quad |V_P| = 5 \quad \beta = 200$$

POLARIZACIÓN $T_{h1}$ :

$$\circ R_{th1} = 3M \parallel 1M = 750 \text{ k}\Omega$$

$$\circ V_{th1} = -40 \frac{1M}{3M + 1M} = -10 \text{ V}$$

 $T_{h2}$ :

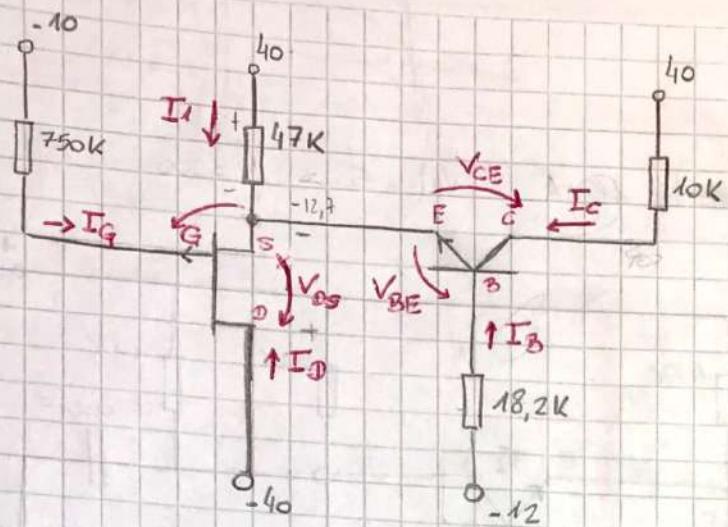
$$\circ V_{th2} = -40 + V_{R_{28k}}$$

$$= -40 + 80 \frac{28k}{28k + 52k}$$

$$= -40 + 28 = -12$$

$$\circ R_{th2} = 52k \parallel 28k = 18.2 \text{ k}\Omega$$

NOTA



Con  $V_{CE} = 0$  tenfo  $I_{C\text{max}} \Rightarrow I_{B\text{MAX}}$

$$40 - I_{C\text{MAX}} 10k + V_{BE} - I_{B\text{MAX}} 18,2k + 12 = 0$$

$$52,7 - I_{B\text{MAX}} \beta 10k - I_{B\text{MAX}} 18,2k = 0$$

$$I_{B\text{MAX}} = 26 \mu A$$

$$\Rightarrow V_{R_{B\text{MAX}}} = 26 \mu A \cdot 18,2k =$$

$$= 0,473 \rightarrow \text{despreciable}$$

ECUACIONES (suponiendo MAO y Sat)

$$\rightarrow V_{BE} = 0,7$$

$$\rightarrow I_C = I_B \beta$$

$$\textcircled{1} \quad -10 - I_G \frac{1}{750k} - V_{GS} + I_1 \frac{1}{47k} - 40 = 0$$

$$\underline{-50 - V_{GS} + I_1 \frac{1}{47k} = 0} \quad \rightarrow \boxed{V_{GS} = 2,64 V}$$

$$\textcircled{2} \quad 40 - I_1 \frac{1}{47k} + V_{DS} - (-40) = 0$$

$$\underline{80 - I_1 \frac{1}{47k} + V_{DS} = 0} \quad \rightarrow \boxed{V_{DS} = -27,36 V}$$

$$\textcircled{3} \quad -12 - \frac{I_0}{\beta} \frac{1}{18,2k} - 0,7 + I_1 \frac{1}{47k} - 40 = 0$$

$$\underline{52,7 - I_0 \frac{1}{\beta} \frac{1}{18,2k} + I_1 \frac{1}{47k} = 0} \quad \cancel{\text{cancelado}}$$

$$\textcircled{4} \quad 40 - I_0 \frac{1}{10k} - V_{CE} + I_1 \frac{1}{47k} - 40 = 0$$

$$\underline{-I_0 \frac{1}{10k} - V_{CE} + I_1 \frac{1}{47k} = 0} \quad \rightarrow \boxed{V_{CE} = 30,44 V}$$

$$\textcircled{5} \quad \underline{I_A + I_D + I_C = 0} \quad \rightarrow \boxed{I_C = 2,22 mA}$$

$$\textcircled{6} \quad I_D = -15mA \left(1 - \frac{\sqrt{V_{GS}}}{5}\right)^2$$

$$\downarrow \quad \underline{I_D = -3,34mA}$$

$$\sqrt{V_{GS}} = 2,85 V$$

$$V_{DS} = -27,1 V$$

$$V_{CE} = 36,36 V$$

$$I_A = 1,12 mA$$

$$I_D = -2,77 mA$$

$$I_C = 1,64 mA$$

NOTA

$$Q_{T_1} = (-27,36 \text{ V}; -3,34 \text{ mA})$$

$$Q_{T_2} = (30,44 \text{ V}; 2,22 \text{ mA})$$

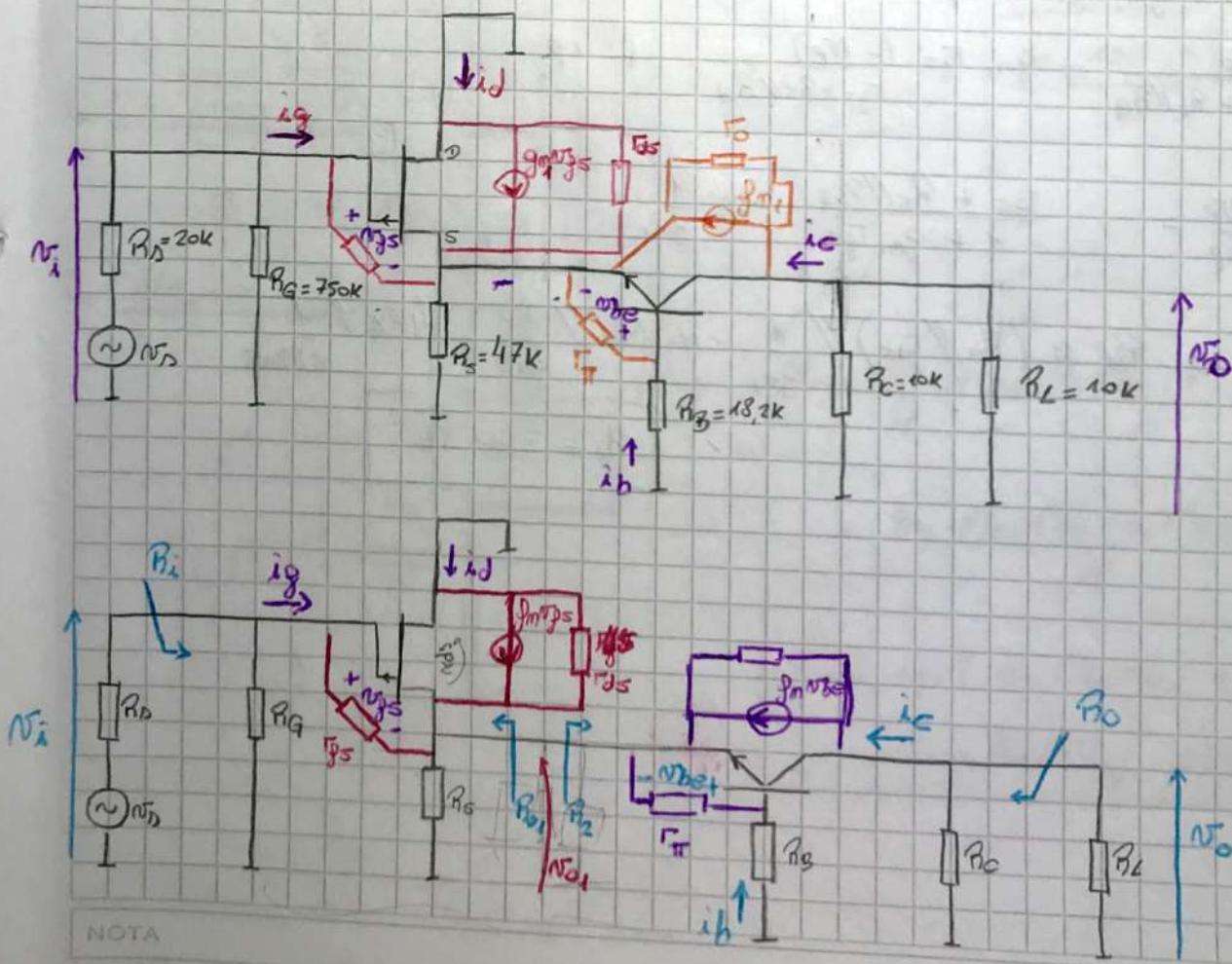
$$\begin{cases} V_D = -40 \text{ V} \\ V_S = -12,64 \text{ V} \\ V_G = -12 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_B = -12 \text{ V} \\ V_C = 17,8 \text{ V} \\ V_E = -12,017 \text{ V} \end{cases}$$

### b) Frecuencias medias

Es el intervalo de Frecuencias las que los reactancias son despreciables, es decir, los capacitores externos se modelan como cortocircuitos y los internos como abiertos — por ser mucho menor que los resistencias —  
 Además, la ganancia Ans se mantiene constante.

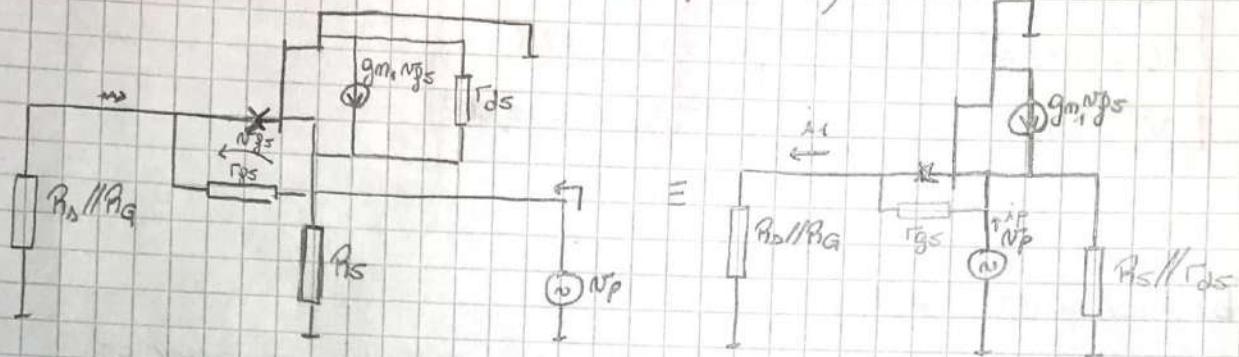
por ser mucho mayor que los resistencias



## PARAMETROS PEQUEÑA SEÑAL

$$\begin{cases} g_{m1} = 2 \frac{I_{DSS}}{V_P} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) = 2,83 \text{ mS} \\ g_{m2} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 85 \text{ mS} \\ \Gamma_{\pi} = \beta/g_{m2} = 2,35 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

CALculo  $R_1$  (pongo una fuente prueba)



$$\Rightarrow R_1 = (R_S \parallel R_{DS}) \parallel \frac{N_P}{i_P}$$

planteo el nodo

$$i_1 = g_{m1} N_P + i_P$$

$$\frac{N_P}{R_{GS} + R_S \parallel R_G} = g_{m1} R_{GS} \left( -\frac{N_P}{R_{GS} + R_S \parallel R_G} \right) + i_P$$

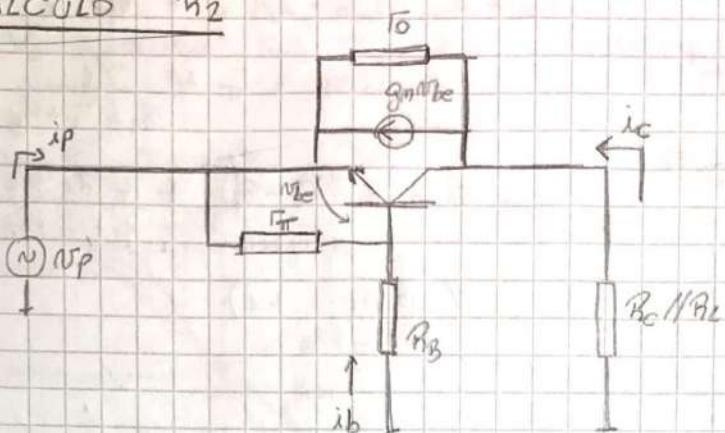
$$\Rightarrow \frac{N_P}{i_P} = \frac{R_{GS} + R_S \parallel R_G}{1 + g_{m1} R_{GS}} \approx \frac{1}{g_{m1}}$$

$$\Rightarrow R_1 \approx (R_S \parallel R_{DS}) \parallel \frac{1}{g_{m1}} \approx R_S \parallel \frac{1}{g_{m1}} = 47k \parallel \frac{1}{2,83 \text{ mS}}$$

$$\boxed{R_1 = 350 \Omega}$$

NOTA

→ CALCULO  $R_2$



$$\text{despre } i_p = -i_c - i_b$$

$$V_o \downarrow i_p = -(\beta i_b + i_b)$$

$$i_p = (\beta + 1) \frac{V_p}{R_f + R_B} \Rightarrow \frac{V_p}{i_p} = \frac{R_f + R_B}{\beta + 1} \approx \frac{R_f}{\beta}$$

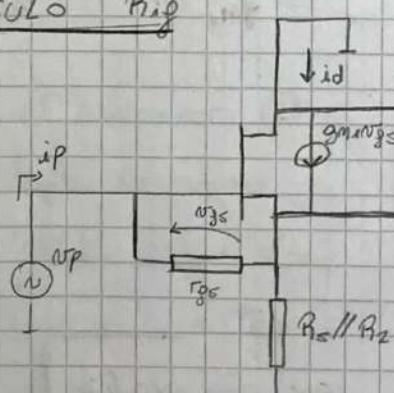
$$\Rightarrow R_2 = \frac{2,35K + 18,2K}{200} = 102 \Omega$$

$$\boxed{R_2 = 102 \Omega}$$

→ CALCULO  $R_i$

$$R_i = R_G \parallel R_{ig}$$

→ CALCULO  $R_{ig}$



$$R_{ig} = \frac{V_p - (i_p + i_d)(R_s \parallel R_2)}{i_p} + i_p R_{gs}$$

$$= g_m i_p R_{gs} (R_s \parallel R_2) + i_p R_s + i_p (R_s \parallel R_2)$$

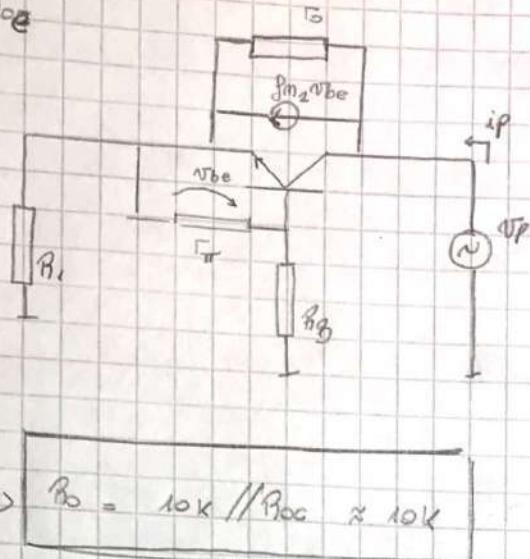
$$R_{ig} = R_{gs} (g_m (R_s \parallel R_2) + 1) + (R_s \parallel R_2)$$

$$R_i = R_G \parallel R_{ig} \quad \text{et} \quad R_G = 750K$$

NOTA

## CALCULO $R_o$

$R_{o2}$



$$V_p + g_m2 \cdot v_{be} \cdot r_0 - i_p (r_0 + R_1 // (R_\pi + R_B)) = 0$$

$$\rightarrow v_{be} = -\frac{V_p}{r_0 + R_1 // (R_\pi + R_B)} \cdot g_m2$$

$$\frac{V_p}{i_p} = r_0 + \underbrace{R_1 // (R_\pi + R_B)}_{R_B \gg R_1} + \frac{R_\pi \cdot R_1 \cdot g_m2 \cdot r_0}{R_1 + R_\pi + R_B}$$

$$R_{o2} = r_0 \left( \frac{\beta \cdot R_1}{\beta \cdot R_1 + R_\pi + R_B} + 1 \right)$$

$$\Rightarrow R_o = 10k // R_{o2} \approx 10k$$

## Calculo de $A_v$

$$A_{v2} = \frac{V_{o2}}{V_i} = \frac{V_{o2}}{V_{o1}} \cdot \frac{V_{o1}}{V_i}$$

$$\underbrace{\quad}_{A_{v2}}$$

$$\underbrace{\quad}_{A_{v1}}$$

$$A_{v2} = \frac{V_{o2}}{V_{o1}} = \frac{i_C (R_C // R_L)}{-i_B R_B - i_B R_\pi} = \frac{\beta (R_C // R_L)}{R_B + R_\pi} = \frac{200 \cdot 5k}{18,2k + 2,35k} \approx 48$$

$$A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i} = \frac{(i_g + i_d) (R_S // R_2)}{(i_g + i_d) R_S + i_g R_{gs}} = \frac{(R_S // R_2)}{R_S + \frac{1}{g_m1}} = \frac{47k // 102}{102 + \frac{1}{2,83m}} = 0,224$$

$$\underbrace{\quad}_{i_g + i_d}$$

$$\underbrace{\quad}_{i_d}$$

$$\underbrace{\quad}_{R_{gs} / g_m1}$$

$$\Rightarrow A_v = 0,224 \cdot 48 = 10,75$$

$$A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i} = A_v \frac{V_i}{V_{o1}} = A_v \frac{R_i}{R_i + R_D} = 10,75 \frac{250k}{750k + 20k} = 10,47$$

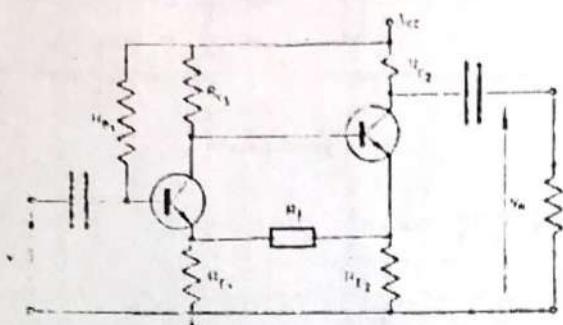
NOTA

66.08 - 86.06

Punto Parcial 2019/2 - segunda fecha 8/11/19

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HORAS	Orientación
Sobrino	Culto	Q17M	(1) n	4	M. M.

- 1.- a) Analizar, siguiendo los incrementos de los valores de reposo a través del lazo, si el agregado de  $R_L$  ayuda a estabilizar (o no) los puntos de reposo debido a la dispersión en el valor del  $\beta$  al reemplazar uno de los TBJ por otro del mismo tipo

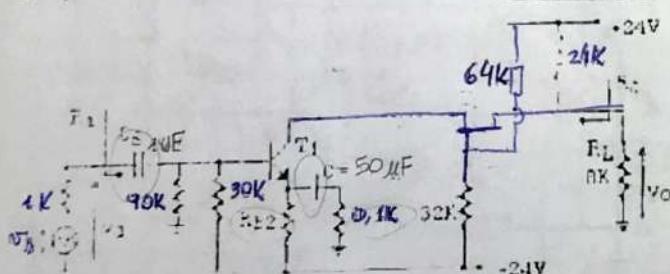


b) Identificar los bloques del sistema realimentado en señal (a frecuencias medias) por la inclusión de  $R_L$ : amplificador, realimentador, generador y carga. Justificar qué muestrea y qué suma. Analizar de qué forma puede eliminarse la realimentación para la señal, pero no para la continua, utilizando un solo componente reactivo.

$$2. \quad \beta = 400; V_T = 100 \text{ V}; V_P = -3 \text{ V}; I_{SS} = 12 \text{ mA}; \alpha = 0.01 \text{ V}^{-1}$$

a) Obtener los puntos de reposo de los transistores, si se ajusta  $R_C2$  de modo que resulte  $V_{CE2} = 0 \text{ V}$  (tensión de reposo sobre  $R_L$ ).

b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo circuital, indicando en él todos los sentidos de referencia necesarios para las definiciones siguientes. Definir, obtener por inspección y calcular, las resistencias de entrada y de carga de cada etapa, la amplificación de tensión de cada una y la amplificación de tensión total  $A_v = v_o/v_i$ . Obtener  $R_i$ ,  $R_o$  y  $A_v$ .

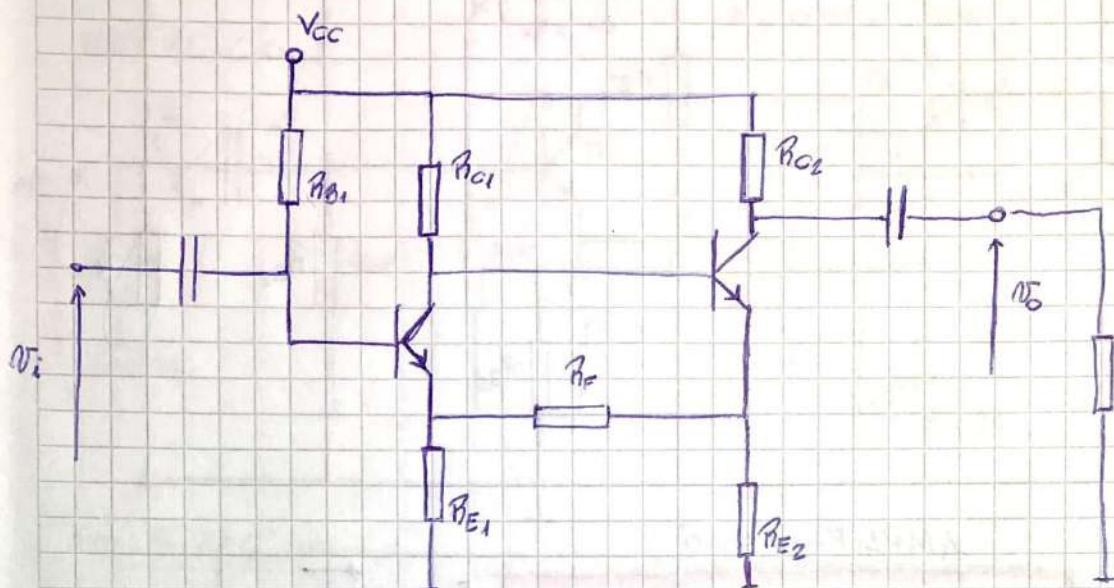


c) Obtener la frecuencia de corte inferior aproximada  $f_c$ , mediante el método de las constantes de tiempo.

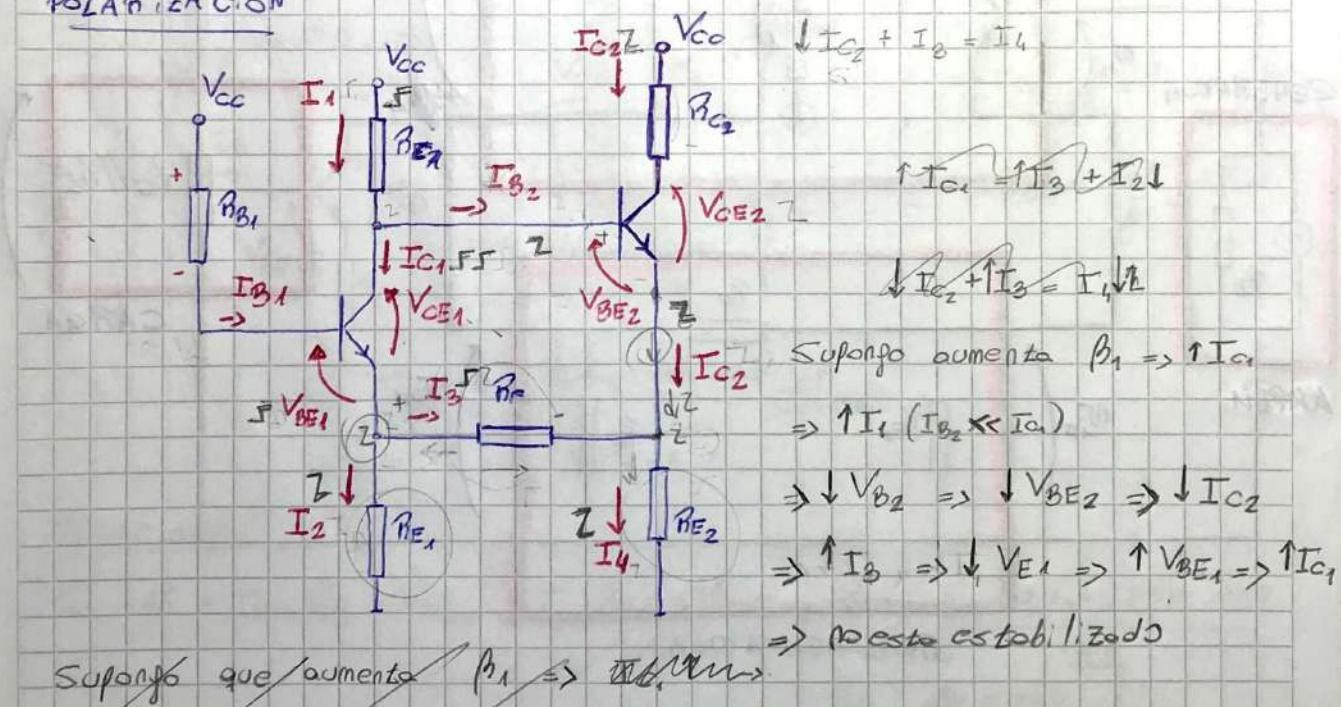
d) Obtener el valor de la  $\frac{V_o}{V_i}$  pico máxima sin recorte en ambos semicírculos. Obtener la  $V_i$  pico correspondiente.

e) Justificar cualitativamente cómo se modificarán los valores de continua y señal calculados, si se construye esta etapa colocando primero el FET y luego el TBJ.

## EJERCICIO 1

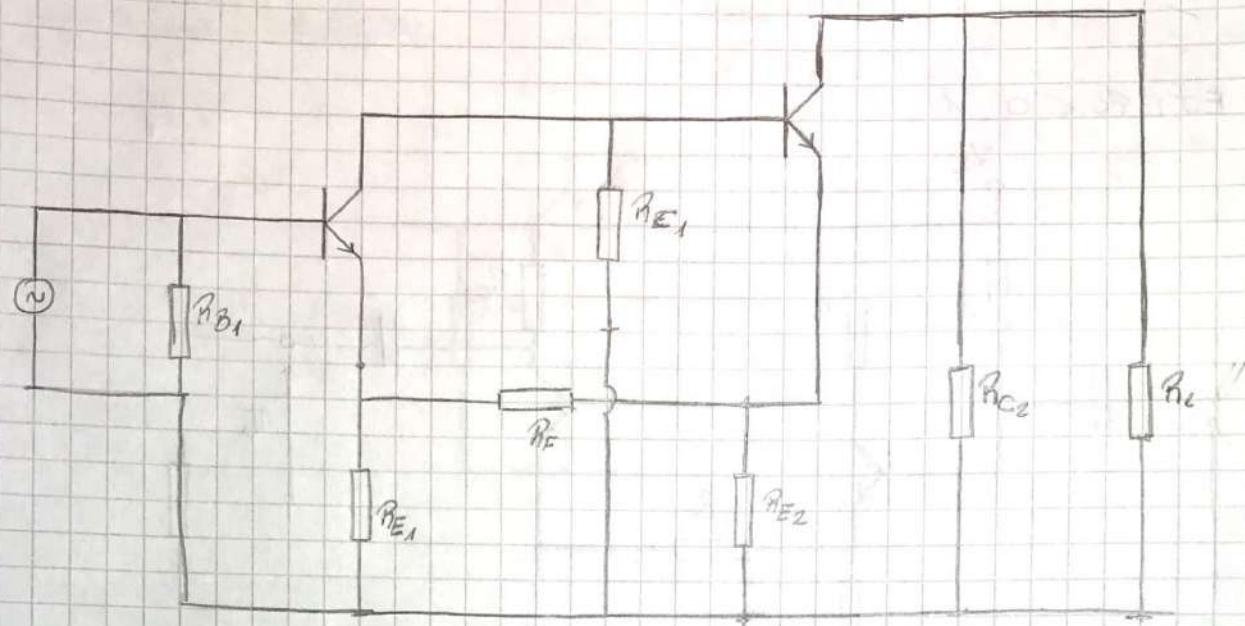


## POLARIZACIÓN

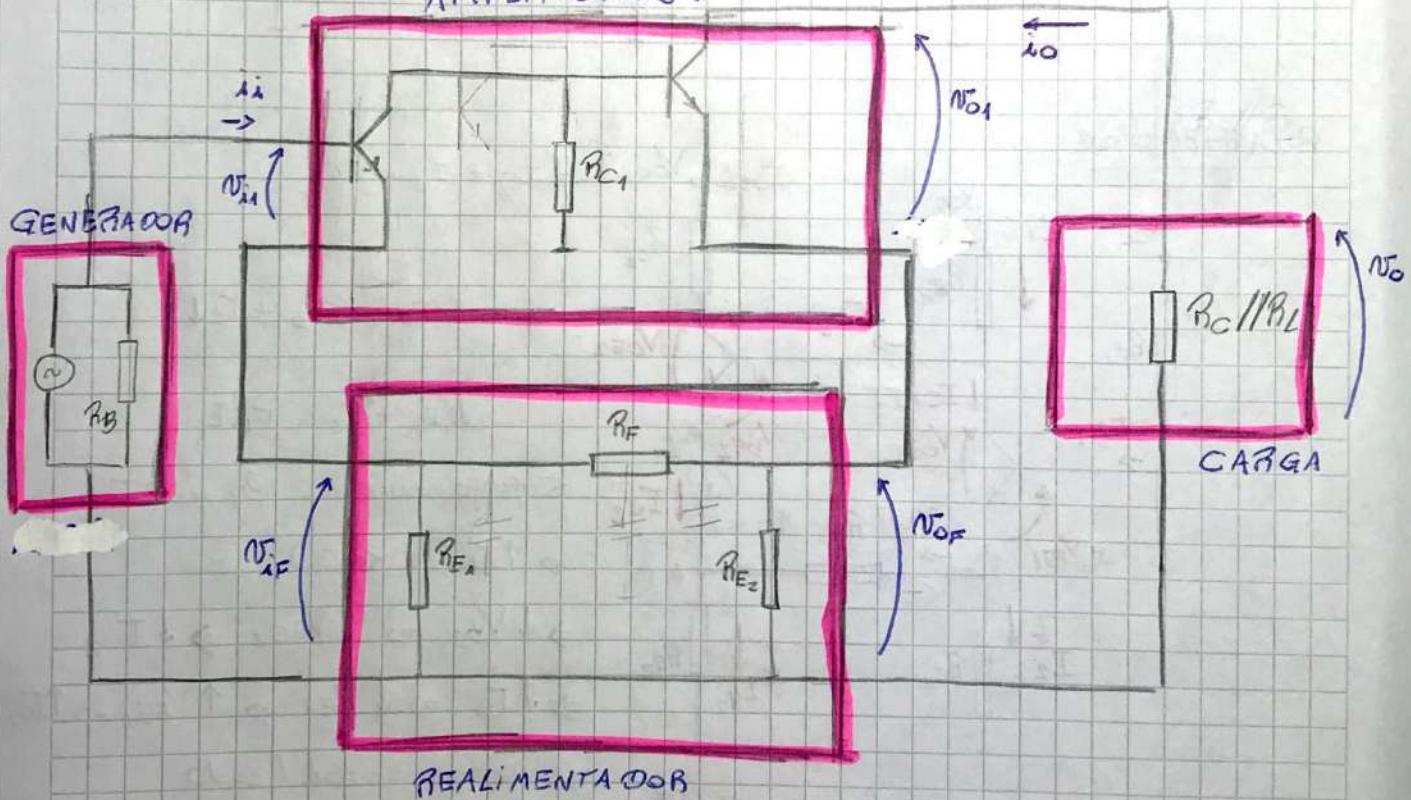


$\Rightarrow$  Puedo decir que tengo realimentación positiva

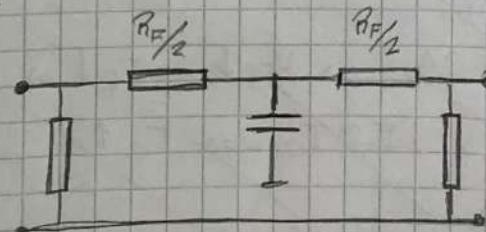
b)



AMPLIFICADOR



Para eliminar la realimentación de señal puedo hacer lo siguiente



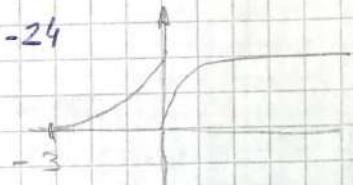
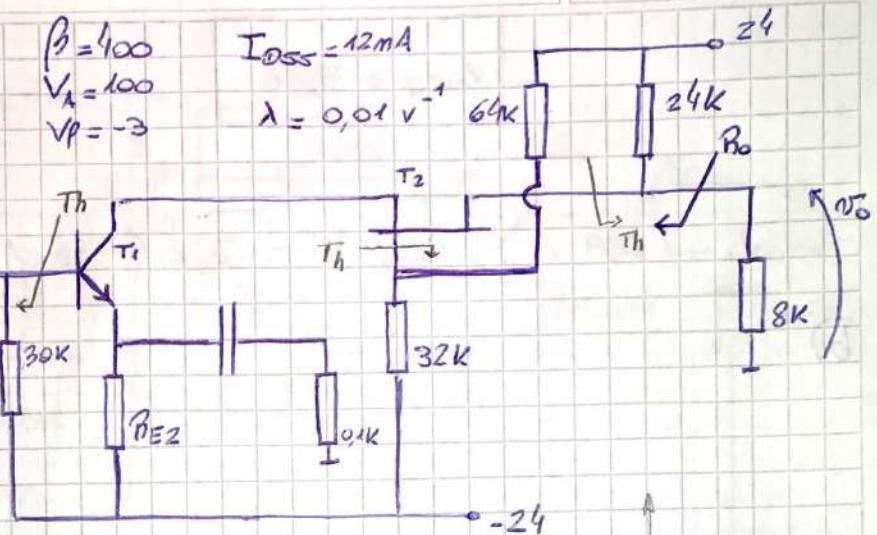
NOTA

PARCIAL 8/11/19  
EJERCICIO 2

$$\begin{aligned}\beta &= 100 \\ V_A &= 100 \\ V_P &= -3\end{aligned}$$

$$I_{DSS} = 12 \text{ mA}$$

$$\lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}$$



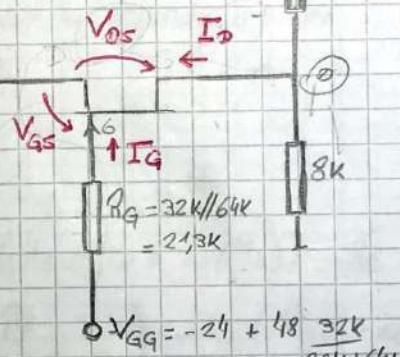
### POLARIZACIÓN

$$V_{BB} = -24 \frac{90k}{30k+90k} = -18$$

$$R_B = 30V / 90k = 22.5k$$

$$I_B = I_C = I_D$$

$$\begin{aligned}V_{BE} &= V_{CE} \\ R_E2 &\parallel R_E2\end{aligned}$$



$$\text{Como } V_{DS} = 0$$

$$\Rightarrow I_D = \frac{-24}{24k} = 1 \text{ mA} = I_{CO}$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{1 \text{ mA}}{\beta} = 2.5 \mu\text{A}$$

### ECUACIONES

$$\textcircled{1} \quad -18 - I_{BQ} R_B - V_{BEON} - I_{CO} R_{E2} + 24 = 0 \Rightarrow R_{E2} = \frac{6 - 2.5 \mu\text{A} 22.5k - 0.7}{1 \text{ mA}}$$

$$\boxed{R_{E2} = 115.24k}$$

$$\textcircled{2} \quad I_D = 12 \text{ mA} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{-3}\right)^2 \rightarrow \boxed{V_{GSQ} = -2.13 \text{ V}}$$

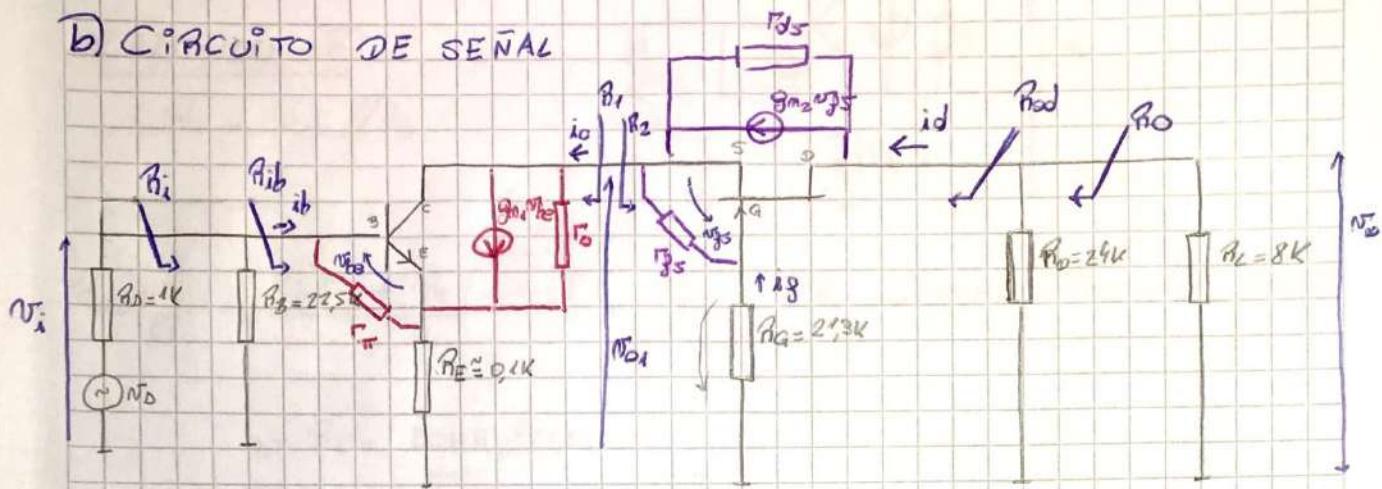
$$\textcircled{3} \quad -8 - V_{GSQ} - V_{CEQ} - I_{CO} R_{E2} + 24 = 0$$

$$V_{CEQ} = 16 + 2.13 - 1 \text{ mA} 5.24k \Omega$$

$$\boxed{V_{CEQ} = 12.9 \text{ V}}$$

NOTA

## b) CIRCUITO DE SEÑAL



$$g_{m1} = I_{DQ} / V_T = 38,6 \text{ mS} \quad g_{m2} = 2 \frac{I_{DSS}}{V_T} \left( 1 - \frac{V_{GSQ}}{V_T} \right) = 2,32 \text{ mS}$$

$$\Gamma_T = \beta / g_{m1} = 10,3 \text{ k}\Omega \quad \Gamma_{DS} = \frac{1}{I_{DSS}} = 400 \text{ k}\Omega$$

$$\Gamma_0 = \frac{\sqrt{A}}{I_{DQ}} = 100 \text{ k}\Omega \quad \Gamma_{PS} \rightarrow \infty$$

CALCULO R<sub>1</sub> (desconectando la segunda etapa)

$$R_1 = \frac{N_{o1}}{i_D} =$$

Recorro la malla

$\approx R_E$

$$N_{o1} + g_{m1} N_{be} \Gamma_0 - i_C (R_E \parallel (\Gamma_T + R_B \parallel R_D)) - i_D \Gamma_0 = 0$$

$$N_{o1} + g_{m1} \Gamma_0 \left( -i_C \frac{R_E}{R_B \parallel R_D + \Gamma_T + R_E} \right) - i_C (R_E) - i_C \Gamma_0 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{N_{o1}}{I_C} \approx \left( \frac{\beta R_E}{R_B \parallel R_D + \Gamma_T + R_E} + 1 \right) \Gamma_0 \approx 4,5 \Gamma_0 \Rightarrow R_1 = 450 \text{ k}\Omega$$

CALCULO R<sub>2</sub> (desconectando la primera etapa)

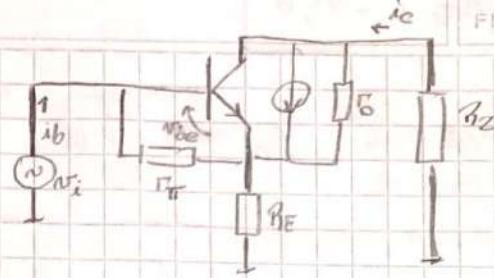
$$R_2 = \frac{N_{o1}}{-(i_D + i_S)} \approx \frac{N_{o1}}{-i_D} = -\frac{(V_{DSS} + i_S R_G)}{g_{m2} V_{DSS}} = \frac{i_S \Gamma_{PS} + i_S R_G}{g_{m2} i_S \Gamma_{PS}} = \frac{1 + \frac{R_G / \Gamma_{PS}}{g_{m2}}}{g_{m2}} \approx \frac{1}{g_{m2}}$$

$$\Rightarrow R_2 = 131 \text{ }\Omega$$

NOTA

CALCULO  $R_i$ 

$$\hookrightarrow R_i = R_{ib} \parallel R_B$$



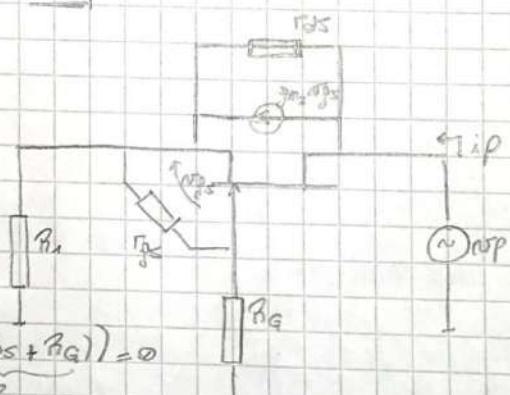
$$R_{ib} = \frac{Vi}{ib} = \frac{\frac{1}{ib} \Gamma_T + R_E (ib + ic)}{ib} = \Gamma_T + \beta R_E = 10,3 \text{ k} + 400 \cdot 0,1 \text{ k} = 50 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_i = 50 \text{ k}\Omega \parallel 22,5 \text{ k} =$$

$$\boxed{R_i = 15,5 \text{ k}\Omega}$$

CALCULO  $R_o$ 

$$R_o = R_{od} \parallel R_L$$



$$Vop + g_{m2} Vgs \Gamma_{ds} - ip (r_{ds} + R_i \parallel (r_{gs} + R_G)) = 0$$

$$Vop + g_{m2} \Gamma_{ds} (-ip) \frac{R_1}{r_{gs} + R_G + R_i} \Gamma_{ds} - ip (\Gamma_{ds} + R_i) = 0$$

$$\frac{Vop}{ip} = g_{m2} \Gamma_{ds} R_1 + \Gamma_{ds} + R_i = \Gamma_{ds} (g_{m2} R_1 + 1 + R_i) \approx \Gamma_{ds} R_1$$

$$\boxed{R_{od} = 45 \text{ G}\Omega} \quad \Rightarrow \boxed{R_o \approx R_L = 8 \text{ k}\Omega}$$

GANANCIAIS

$$\hookrightarrow A_{v2} = \frac{V_o}{V_{o1}} = \frac{-id (R_D \parallel R_L)}{- (ip R_G + ip r_{gs})} = \frac{g_{m2} \Gamma_{ds} R_{DA}}{R_G + \Gamma_{ds}} \underset{\Gamma_{ds} \gg 0}{\approx} g_{m2} R_{DA} = 2,32 \text{ ms} (24 \text{ k} \parallel 8 \text{ k})$$

$$\hookrightarrow A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i} = \frac{-ic R_2}{ib \Gamma_T + (ib + ic) R_E} = \frac{-R_2}{\frac{1}{g_{m1}} + R_E} = \frac{-431 \text{ }\mu\text{A}}{38,6 \text{ ms} + 100 \text{ }\mu\text{A}}$$

$$\Rightarrow A_{v2} = 13,9$$

$$\boxed{A_{v1} = -3,42}$$

= 21

$$\Rightarrow \boxed{A_{V_2} = A_{V_1}, A_{V_2} = -47,6}$$

$$A_{V_3} = \frac{V_0}{V_3} = \frac{V_0}{V_1} \cdot \frac{V_1}{V_3} = A_{V_1} \cdot \frac{V_0}{\frac{R_1 + R_2}{R_3}} = -47,6 \cdot \frac{15,5k}{15,5k + 1k} =$$

$$\boxed{A_{V_3} = -43,27}$$

c) Frecuencia de corte inferior aproximada

Que tanta  
justificación?

Método de los cortes de tiempo

↳ supongo que la frecuencia de los polos es menor a la de los zeros ( $f_p > f_z$ )

↳ voy a tener un polo por cada capacitor externo

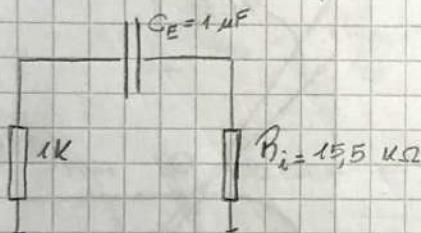
↳ supongo que un polo es el mas influente

$\Rightarrow$  hago el circuito de serie con ese capacitor y los otros

como cortos

• Supongo que es debido a  $C_E$ :

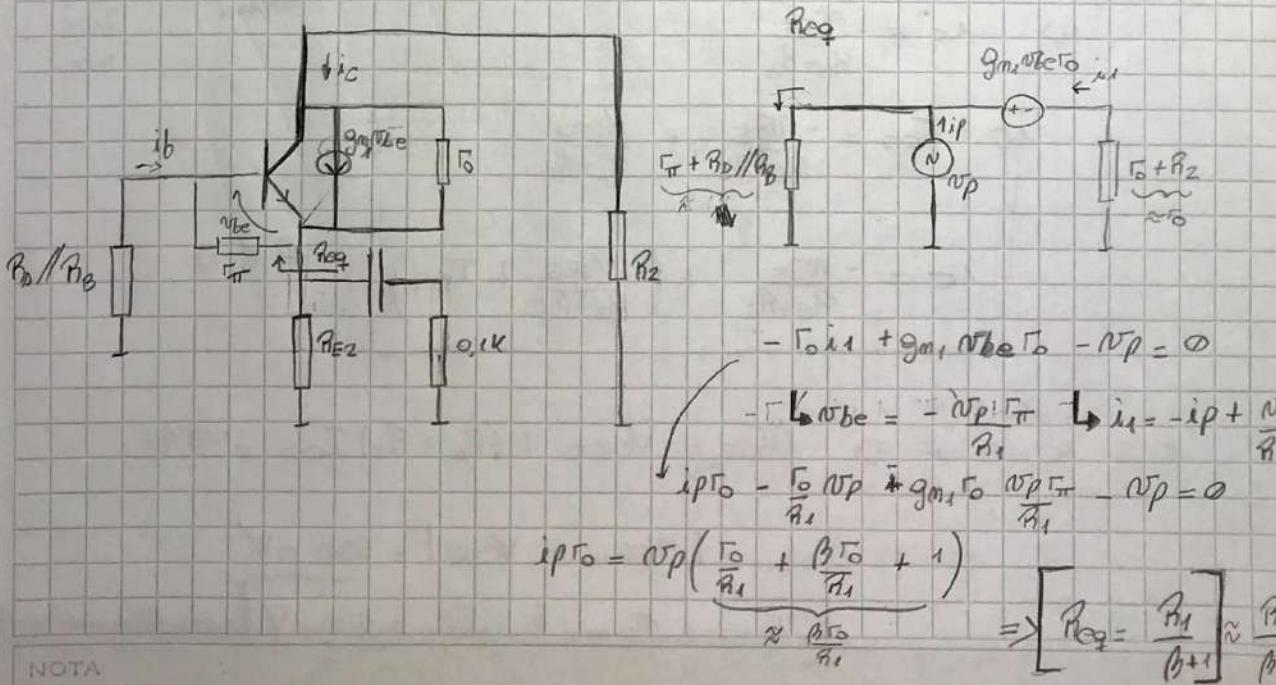
Busco la resistencia que ve  $C_E$



$$\Rightarrow T_{C_E} = 16,5 \text{ ms} \quad 1 \mu\text{F} = 16,5 \text{ ms}$$

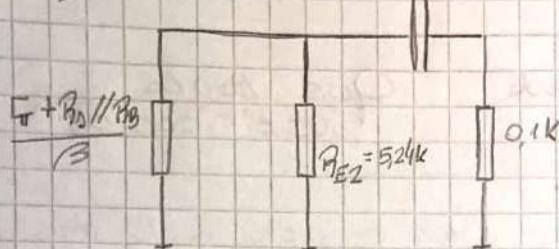
$$\Rightarrow f_{C_E} = \frac{1}{2\pi \cdot 16,5 \text{ ms}} = 9,64 \text{ Hz}$$

• Supongo que es debido  $C_2 = 50 \mu\text{F}$



NOTA

=>



$$\Rightarrow R_{\text{eq}} = 0,1k + R_{\text{E2}} \parallel (r_{\text{pi}} + r_{\text{o}} \parallel R_{\text{L}}) \approx 141,52 \Omega$$

= constante

$$\Rightarrow T_{C_2} = 141,52 \cdot 50 \mu\text{F} = 7,05 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow f_{C_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 7,05 \text{ ms}} = 22 \text{ Hz}$$

=> La frecuencia de corte a partir de las constantes es la suma

$$f_{\text{low}} = 22 \text{ Hz} + 10 \text{ Hz} = 32 \text{ Hz}$$

d) V<sub>o</sub> pico sin recorte y V<sub>i</sub> pico correspondiente

Busco la recta de carga dinámica

$$\left\{ V_{CE} = A_{VCE} + V_{CEQ} \right.$$

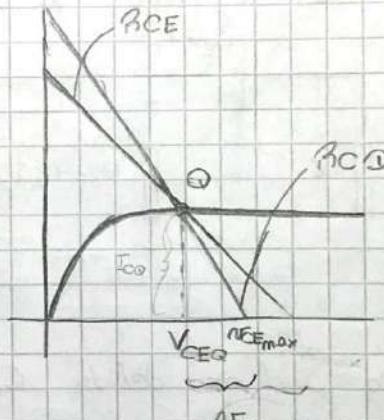
$$\left. i_C = i_c + I_{CQ} \right.$$

$$\underbrace{(i_b + i_c)}_{\approx i_c} R_E + V_{CE} + i_C R_L = 0$$

$$\Rightarrow i_C = - \frac{V_{CE}}{R_E + R_L}$$

$$i_C - I_{CQ} = - \frac{V_{CE}}{R_E + R_L} + \frac{V_{CEQ}}{R_L + R_E}$$

$$i_C = - \frac{V_{CE}}{R_E + R_L} + \left( \frac{V_{CEQ}}{R_L + R_E} + I_{CQ} \right)$$



$$\frac{V_{CEQ}}{V_{CEmax}} = \frac{I_{CQ}}{I_{Cmax}}$$

$$\text{Si } i_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CEQ} + (R_E + R_L) I_{CQ} = 13,43$$

$$\Rightarrow V_{CEmax} = |A_{VCEmax} - V_{CEQ}| = 530 \text{ mV}$$

$$\boxed{V_{Cmax} = V_{CEmax} + i_C R_E = 530 \text{ mV}} \rightarrow V_{Cmax} = A_{VCE} V_{Cmax} = 7,36 \text{ V}$$

NOTA

Ahora para el zdo transistazor

$$-i_D R_{DA} - V_{DS} + V_{GS} + i_G R_G = 0$$

$$-i_D R_{DA} - V_{DS} + i_G (\underline{r_{GS}} + R_G) = 0$$

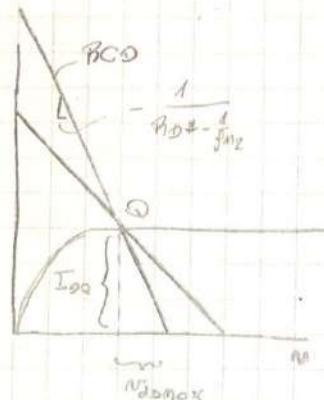
$$i_D \left( \frac{r_{GS}}{g_m r_{GS}} - R_{DN} \right) = V_{DS}$$

$$\Rightarrow i_D = \frac{V_{DS}}{R_{DA} - \frac{1}{g_m}}$$

⇒ por trigonométrie

$$\hat{V}_{DS_{max}} = I_{DQ} \left( R_{DA} - \frac{1}{g_m} \right)$$

$$\hat{V}_{DS_{max}} = V_{max} = 5,56 \text{ V}$$



$$\Rightarrow \boxed{\hat{V}_{DS_{max}} = 5,56 \text{ V} \rightarrow \text{elijo el mínimo}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\hat{V}_{i_{max}} = \frac{\hat{V}_{DS_{max}}}{A_{vz}} = \frac{5,56}{47,6} = 116 \text{ mV}}$$

?) Que pasa si coloco el FET primero y despues el TBJ