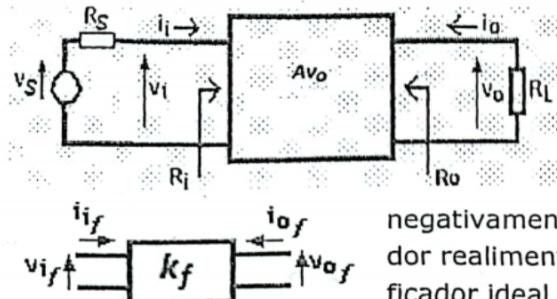


PARA TOLOCOPÍA

66.08 - Circuitos Electrónicos I
86.06 - Circuitos Electrónicos

Primer Parcial 2/15 - 3^{er} fecha 26/11/15

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº HOJAS	1	2
		T	N			



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

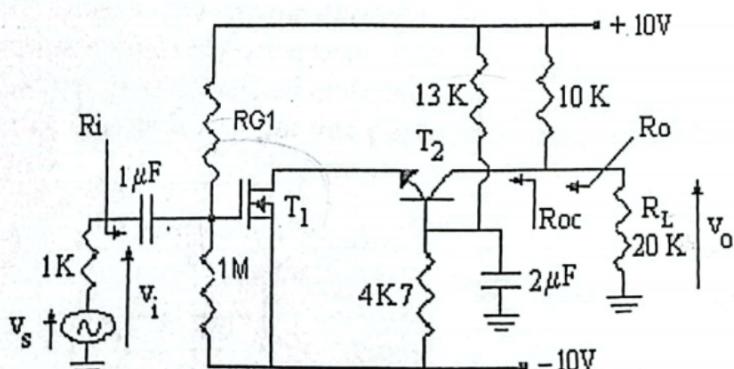
- a) Obtener los puntos de reposo de los transistores, si se ajusta R_{G1} -(hallar su valor)- de modo que la tensión de reposo sobre la carga R_L sea $V_{OQ} = 0V$.

- b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo incremental.

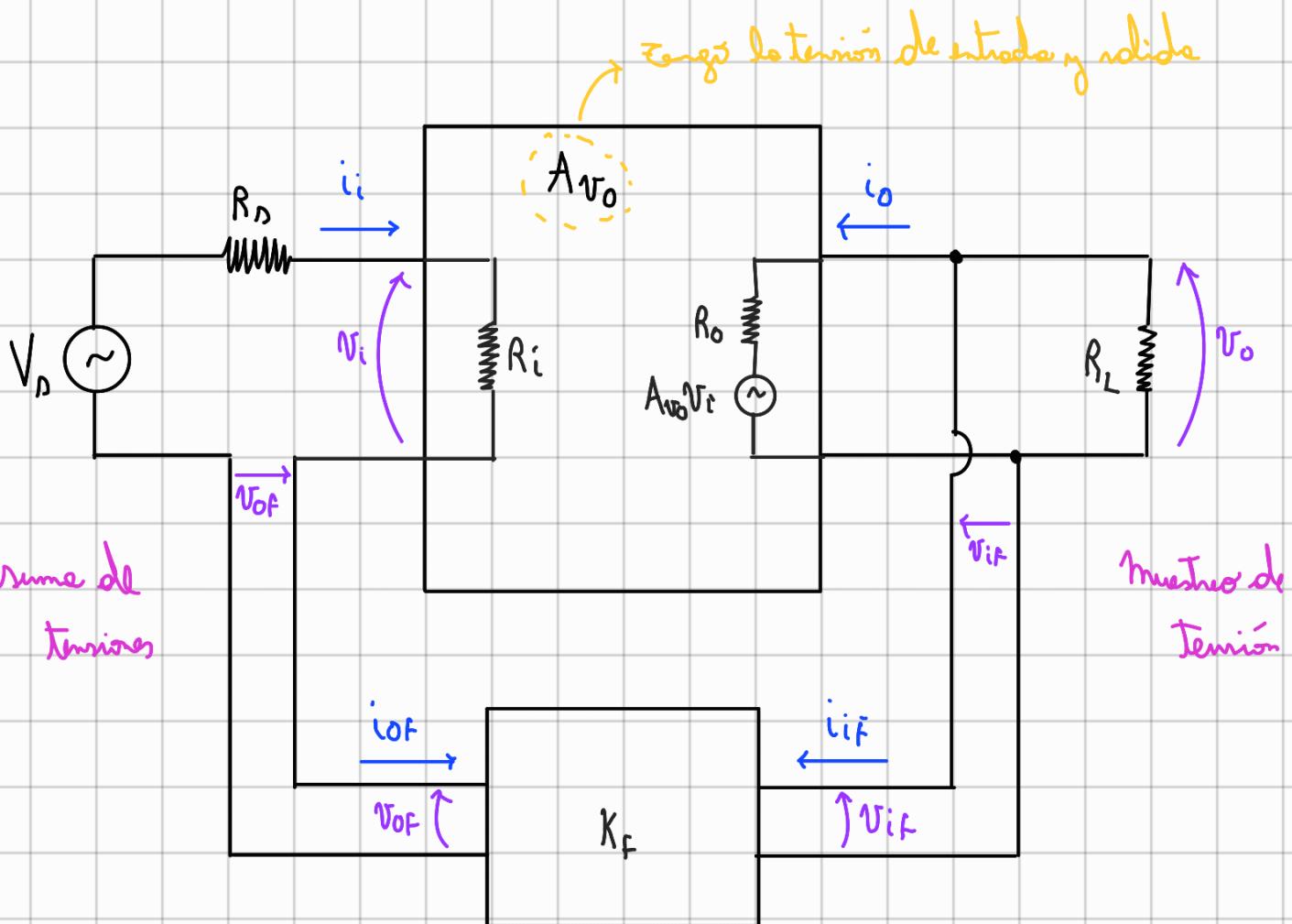
¿Qué significa frecuencias medias? Definir y obtener por inspección los valores de R_i y R_o , A_v total y A_{vs} .

Justificar cualitativamente por qué puede admitirse que R_{oc} resulta del orden de βr_o .

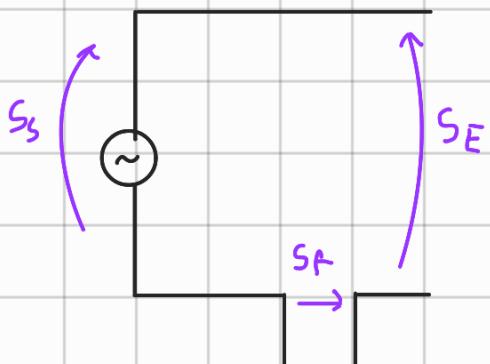
- c) Justificar cualitativamente cómo se modifican los puntos de reposo y los parámetros de señal calculados, si se reemplaza T_2 por un JFET.



2)



Para cualquier parámetro la realimentación negativa se define como



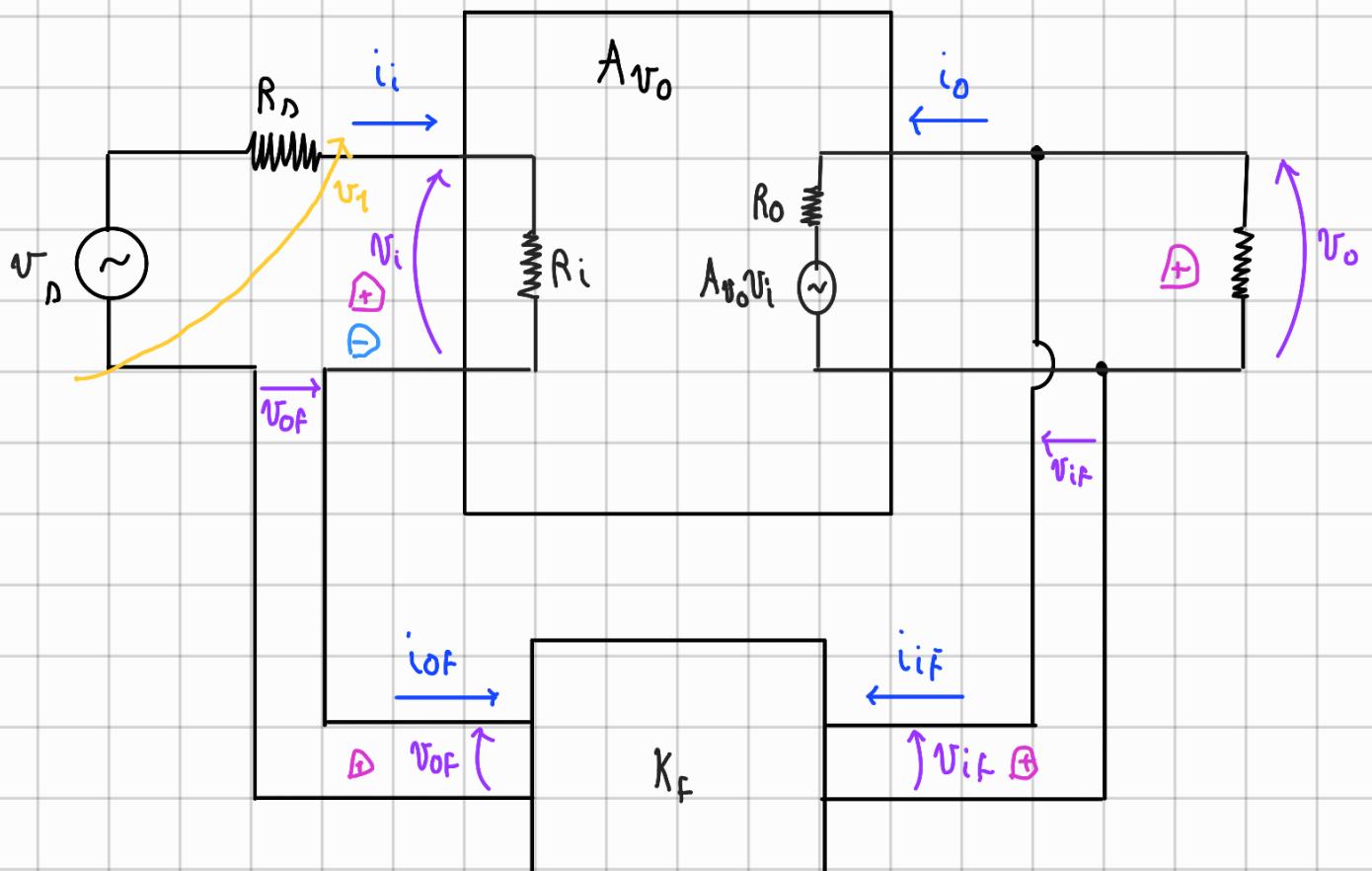
$$S_E = S_s - S_F, \text{ la idea es que } S_E \uparrow,$$

$S_F \uparrow$ de forma tal de conservar su sentido

$$V_o = A_{V_o} V_i$$

b)

Analog si hay un incremento en V_i



$$V_O = A_{V_O} V_i \text{ con } A_{V_O} > 0 , \quad K_f = \frac{V_{of}}{V_{if}} , \quad V_{if} = V_O$$

Para que se cumple la RN y ante un aumento de V_i , V_o disminuya su amplitud

$$V_i = V_o - V_f$$

(+)

(-)

(+)

O como $K_f = \frac{V_{of}}{V_{if}}$ para que la realimentación sea negativa, la transparencia K_f debe ser positiva

$$\Rightarrow K_f = \frac{V_{of}}{V_{if}} > 0$$

O bien tenemos que: $A_{vo} = \frac{V_{of}}{V_{if}}$ $K_f = \frac{V_{of}}{V_{if}}$, definir

$$A_v = \frac{V_o}{V_1} \text{ donde } V_1 = V_{of} + V_i \quad \text{y } V_o = V_{if}$$

$$V_{of} = K_f V_{if}$$

$$V_o = V_{if}$$

$$V_1: V_{of} + V_i = K_f V_{if} + \frac{V_o}{A_{vo}} = K_f V_o + \frac{V_o}{A_{vo}} = V_o \left(\frac{K_f A_{vo} + 1}{A_{vo}} \right)$$

$$V_i = \frac{V_o}{A_{vo}}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_1} = \frac{V_o}{V_o \left(\frac{K_f A_{vo} + 1}{A_{vo}} \right)}$$

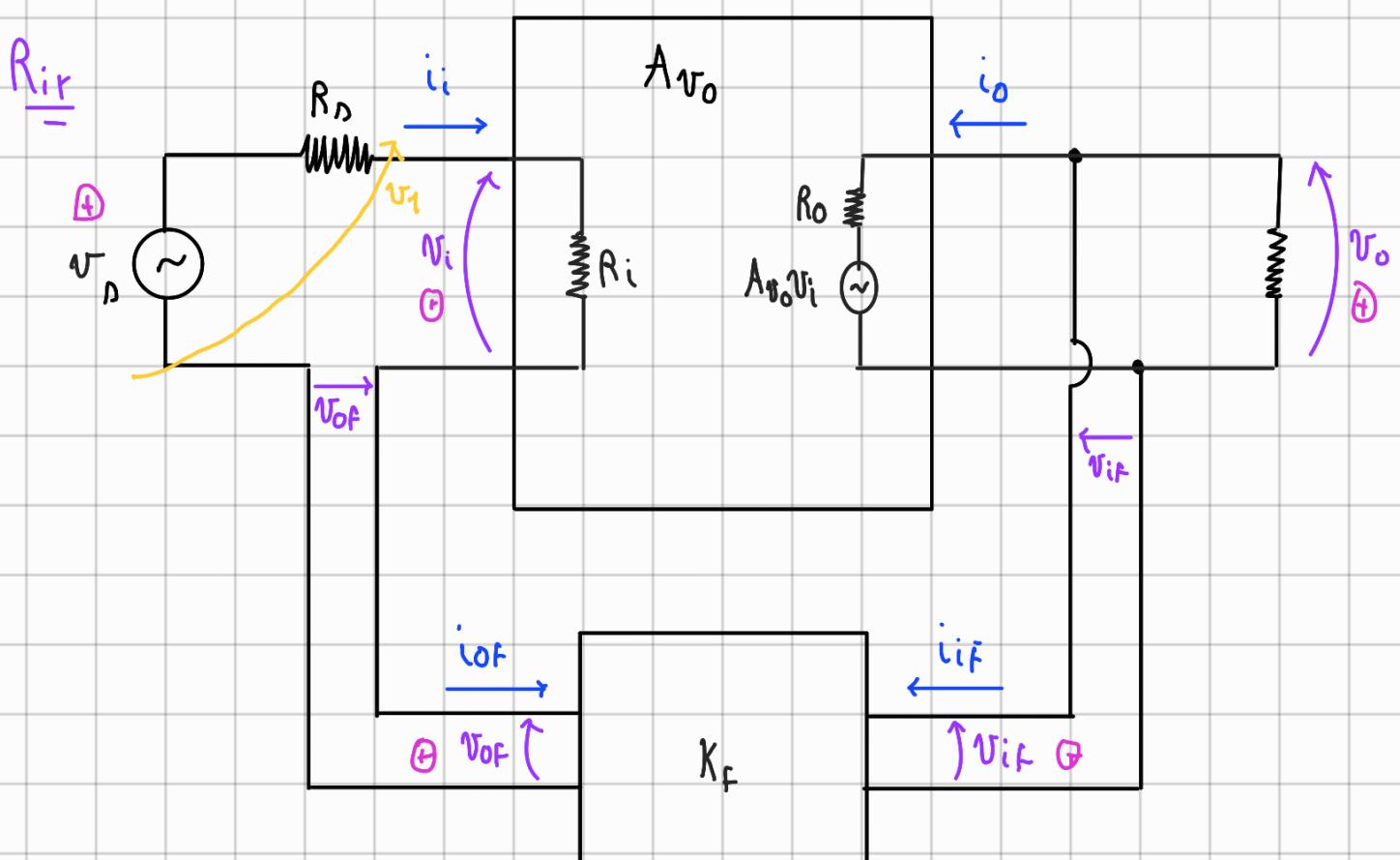
$$\Rightarrow A_v = \frac{A_{vo}}{1 + K_f A_{vo}}$$

O para mantener tensiones, la impedancia de entrada de la red K_f se pone en paralelo

con la redida del amplificador, por ende, se requiere una alta impedancia a la entrada de K_f para no afectar al comportamiento del amplificador. Luego, como sume

Tensiones, la red de la red K_f está en serie con la entrada del amplificador y, por ende, debe tener una alta impedancia de entrada.

c)



$$\text{Sin redimentación: } R_i = \frac{V_i}{i_i}$$

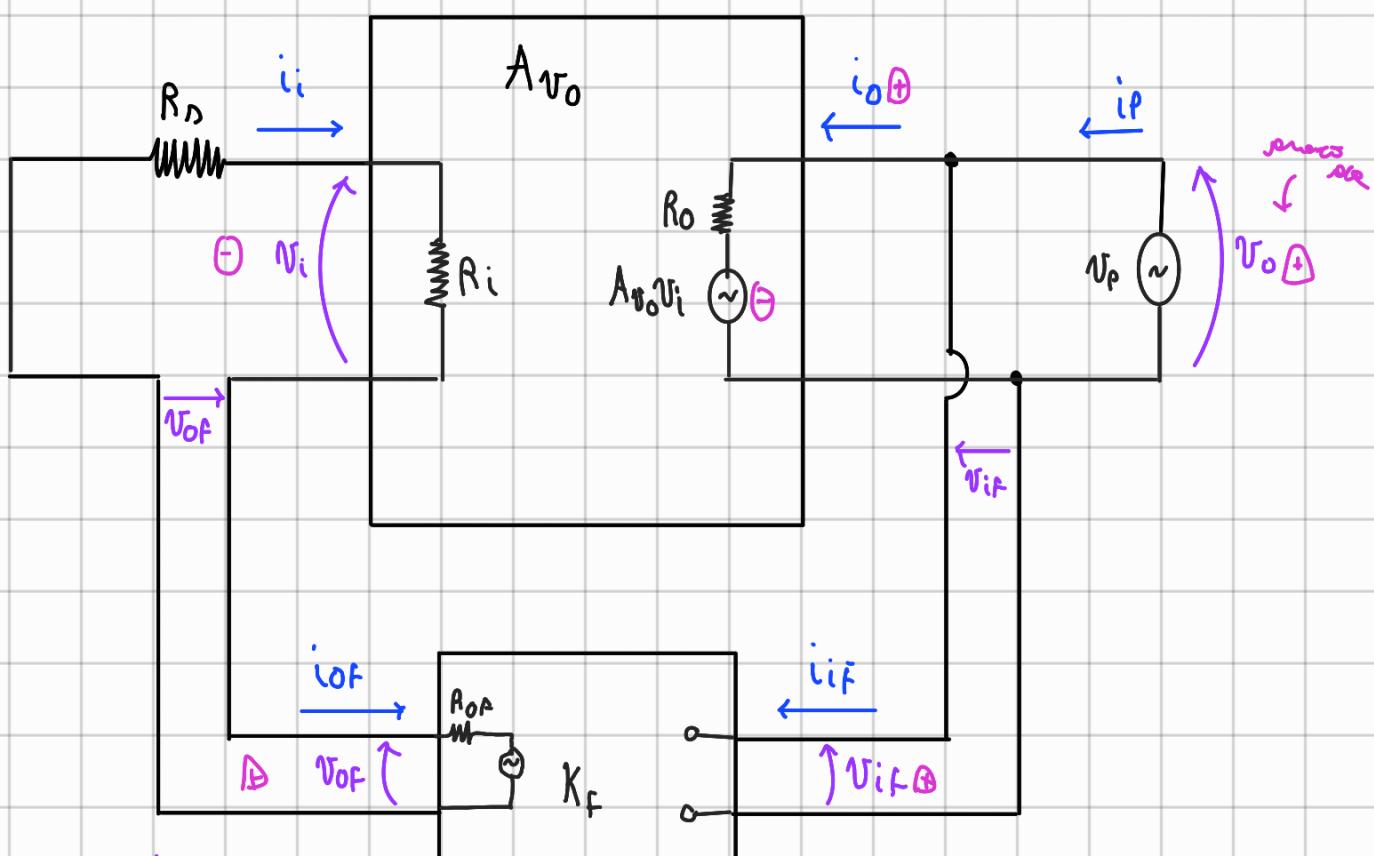
$$\text{Con redimentación: } R_{ir} = \frac{V_i}{i_i} = \frac{V_i + V_{of}}{i_i} > \frac{V_i}{i_i}$$

$V_{of} = V_i + V_{if}$

⇒ $R_{ir} > R_i$

$$R_{ir} = \frac{V_1}{i_i} = \frac{V_1}{\frac{V_i}{R_i}} = R_i \frac{V_1}{\frac{V_0}{A_{v0}}} = R_i A_0 \frac{V_1}{\frac{V_0}{1}} = R_i (1 + K_F A_{v0})$$

R_{or}



sin K_F se enciende
el generador

$$R_o = \frac{V_o}{i_o}$$

$$R_{or} = \frac{V_o}{i_{or}}$$

$$R_{or} = \frac{V_o}{i_{or}} < R_o$$

$$R_{or} < R_o$$

$$V_i = -V_{OF} =$$

$$R_{OR} = \frac{V_0}{i_{OR}}$$

$$i_{OR} = \frac{V_P - A_{v0} V_i}{R_0} = V_P + K_A V_0$$

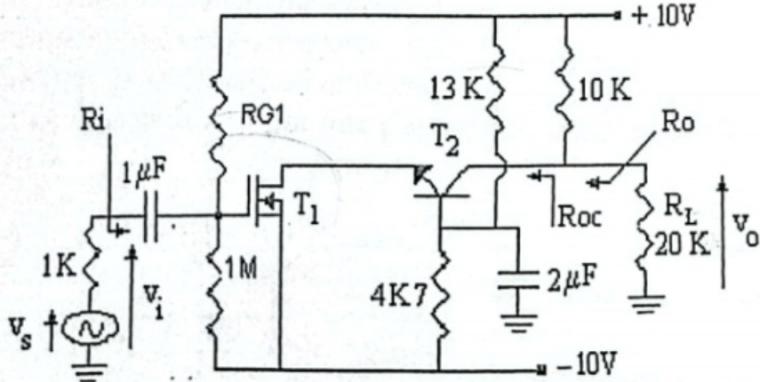
$$2.- k = 1 \text{ mA/V}^2 ; V_T = 1 \text{ V} ; \lambda \approx 0,01 \text{ V}^{-1} ; \beta = 200 ; V_A = 150 \text{ V} ; r_x \approx 0 \Omega.$$

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 $V_{OQ} = 0\text{V}$.

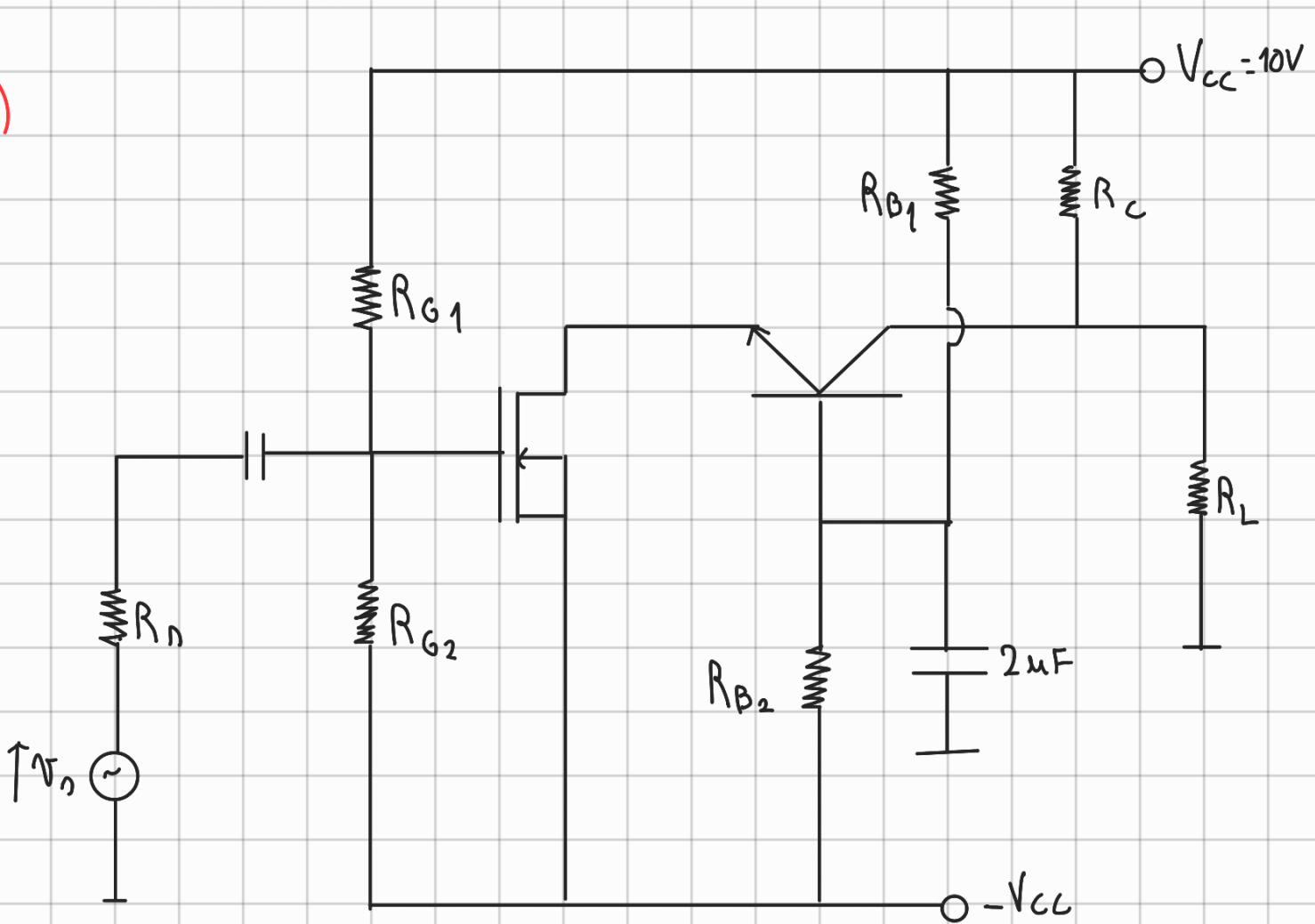
b) Dibujar el circuito de señal a frecuencias medias sin reemplazar los transistores por su modelo incremental. ¿Qué significa *frecuencias medias*? Definir y obtener por inspección los valores de R_i y R_o , A_v total y A_{VS} .

Justificar *cualitativamente* por qué puede admitirse que R_{oc} resulta del orden de βr_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.



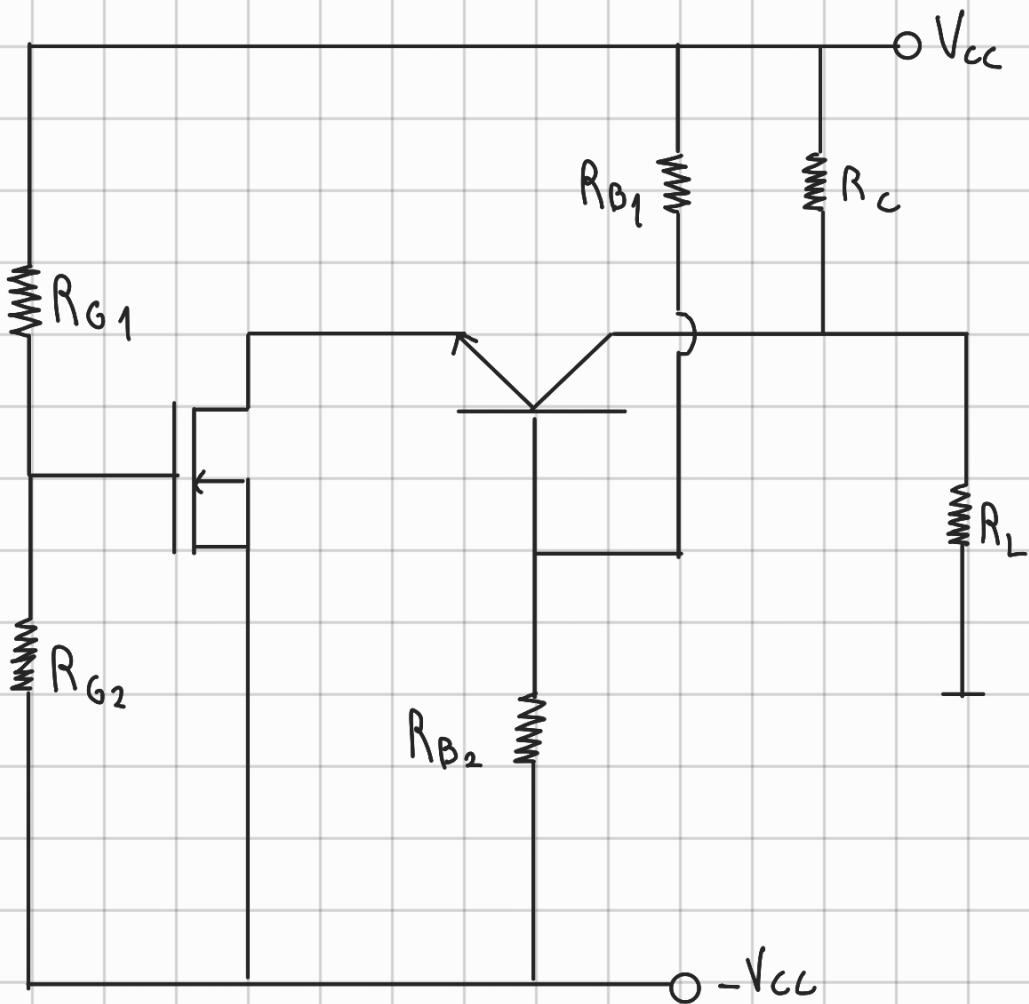
2)



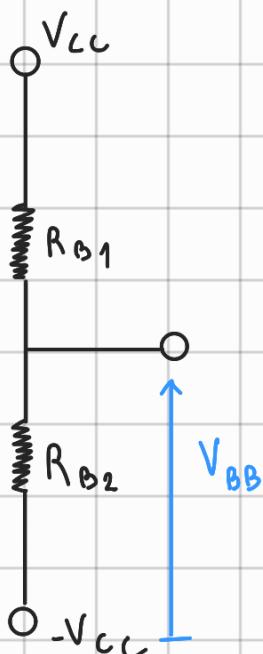
$$K = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} ; V_T = 1 \text{ V} ; \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1} , \beta = 200 , V_A = 150 \text{ V} , r_x \approx 0 \Omega$$

$$R_c = 10\text{K} , R_{B1} = 13\text{K} , R_{B2} = 4,7\text{K} , R_{G2} = 1\text{M} , R_D = 1\text{K}$$

Circuitos de continua

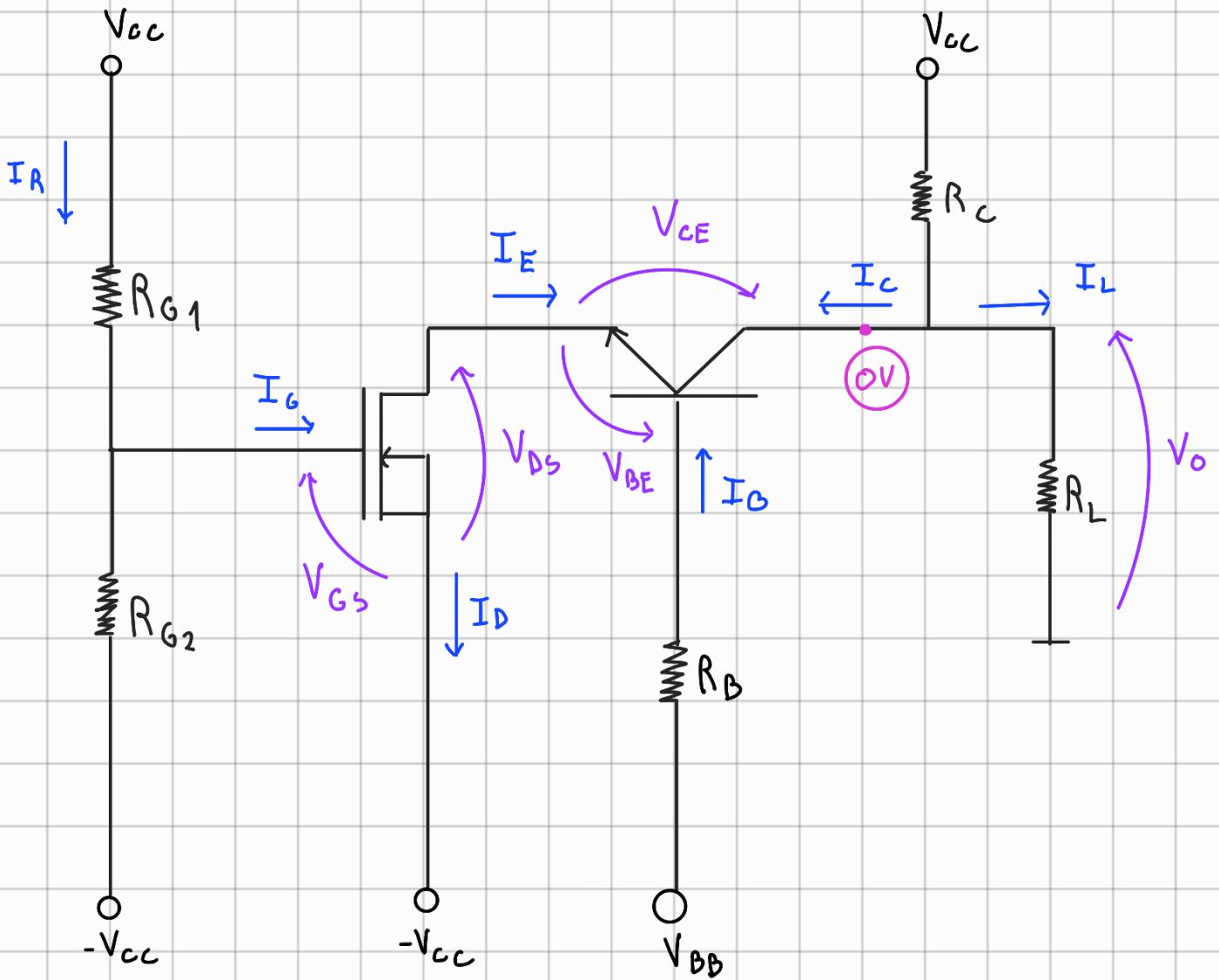


Hago un Thévenin en la base del TBJ



$$V_{BB} = \frac{2V_{cc}}{R_{B2} + R_{B1}} + (-V_{cc}) = -4,7V$$

$$R_B = R_{B1} // R_{B2} = 3,45 K\Omega$$



o P or enunciado $V_o = 0V$ $\rightarrow V_c = 0$
 $\rightarrow I_L = 0$

Assumir que:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_C = \beta I_B \\ V_{BE} = V_{BE(on)} = 0,7V \\ I_E \sim -I_C \end{array} \right.$$

TBJ está en MAD

MOSFET se encuentra en retroalimentación y por condensador del punto de corte

$$\left\{ \begin{array}{l} I_D = K (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \\ V_{DS(\text{sat})} = V_{GS} - V_T \\ I_G = 0 \end{array} \right.$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - 0}{R_C} = \frac{10V}{10k\Omega} = 1mA \approx -I_E = I_D$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1mA}{200} = 5\mu A \quad \rightarrow \quad V_B = V_{BB} - I_B \cdot R_B \approx -4,72V$$

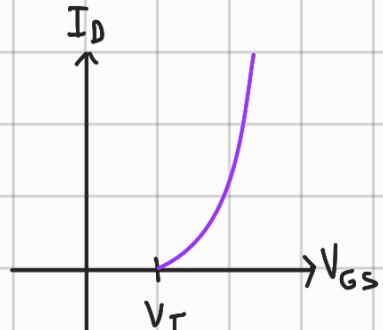
$$V_E = V_B - V_{BE} = -5,42V = V_D$$

$$V_S = -V_{CC} \rightarrow V_{DS} = V_D - V_S = V_D + V_{CC} = 4,58V$$

$$I_D = K (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{con} \quad I_D = 1mA; \lambda = 0,01V^{-1}$$

$$V_T = 1V; K = 1 \frac{mA}{V^2}$$

$$(V_{GS} - 1V)^2 = \frac{5000}{5229} \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{GS} = 1,98V \\ V_{GS} = -0,40V \ll V_T \end{array} \right.$$



○ $I_G = 0 \rightarrow I_R$ einde für R_{G_1} und R_{G_2}

$$I_R = \frac{V_{GS}}{R_{G_2}} = \frac{1,98V}{1M} = 1,98 \mu A$$

$$V_{R_{G_1}} = V_{CC} - (V_{GS} - V_{CC}) = 18,02 V$$

$$\rightarrow R_{G_1} = \frac{V_{R_{G_1}}}{I_R} = \frac{18,02V}{1,98 \mu A} \approx 9 M\Omega$$

$$\Rightarrow R_{G_1} = 9 M\Omega$$

$$r_{ds}: \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = 100 K\Omega$$

$$g_{m_{TBV}} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 40 \frac{mA}{V}$$

$$g_{m_{mos}} = \sqrt{4K \cdot I_{DQ}} = 2 \frac{mA}{V}$$

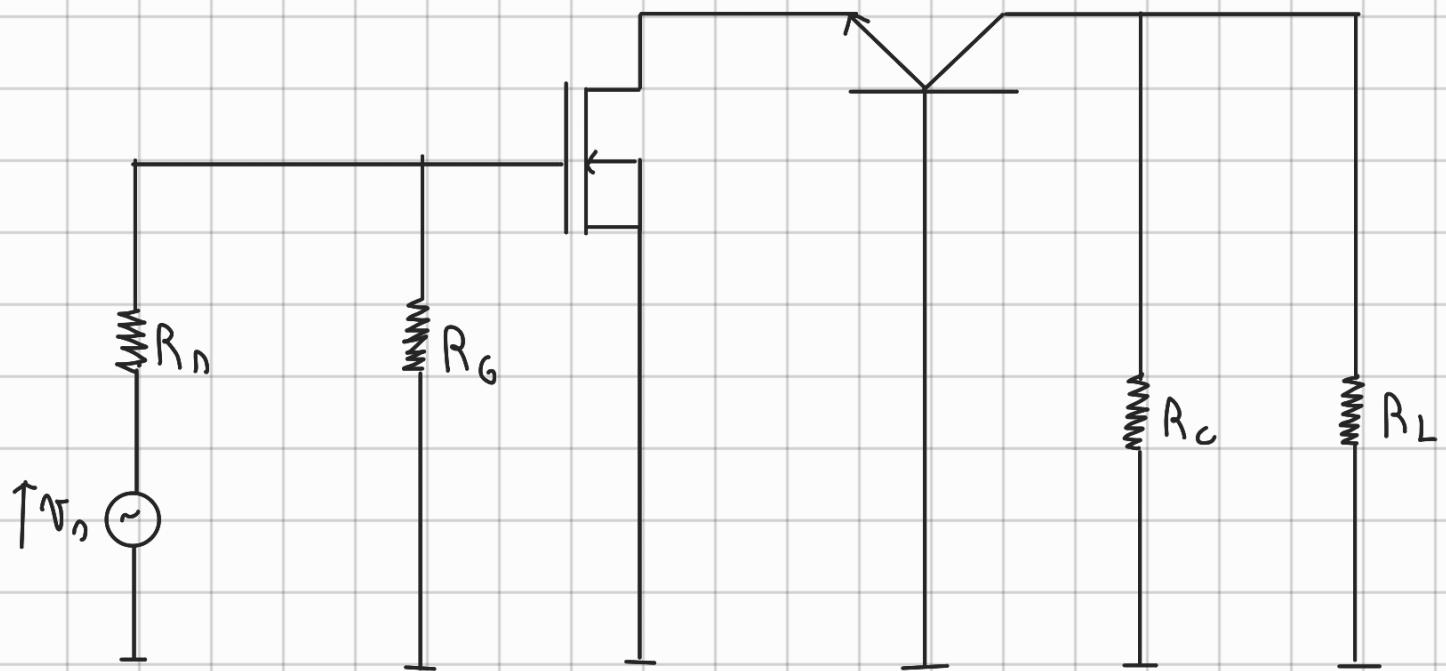
$$r_o = \frac{V_A}{I_{CQ}} = 150 K\Omega$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_{m_{TBV}}} = 5K$$

b)

$$R_G = 9M \Omega / 1M \Omega = 0,9 M \Omega$$

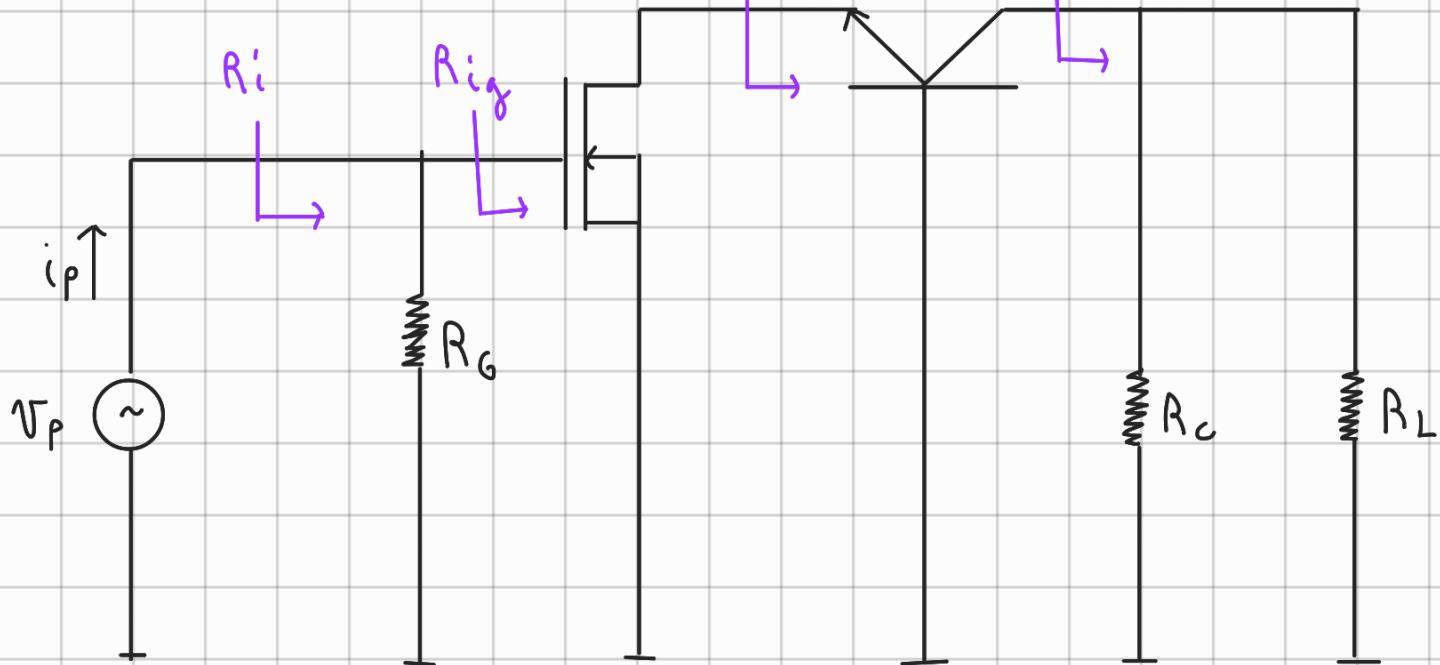
Circuitos de señal



R_i

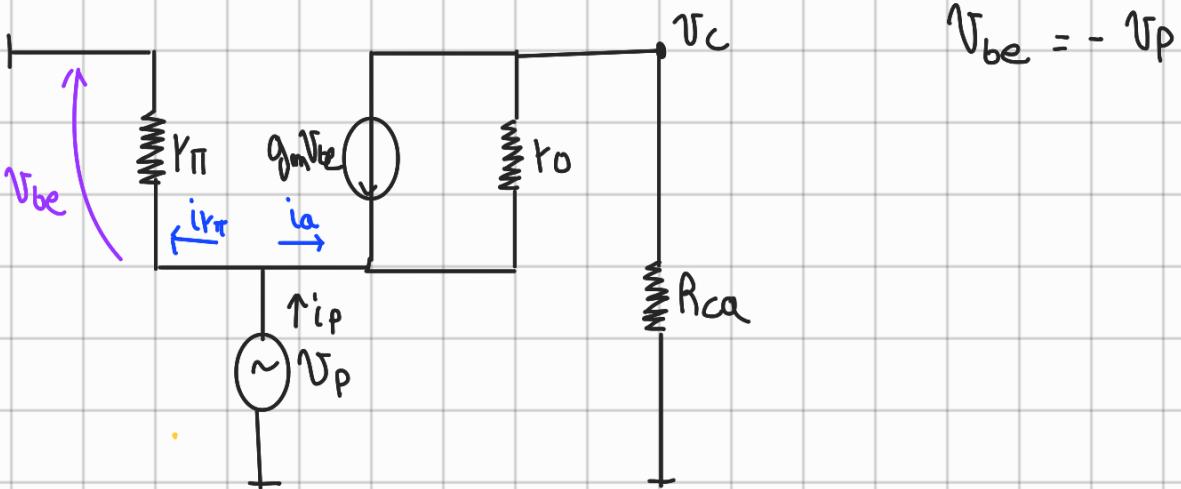
$$R_{ie} = \frac{r_\pi}{\beta}$$

$$R_{ca} = R_C // R_L$$



$$R_{ca} = R_c // R_L = 10\text{ k}\Omega // 20\text{ k}\Omega = 6,67\text{ k}\Omega$$

Rie



$$V_{be} = -V_p$$

$$R_{ie} = \frac{V_p}{i_p} = \frac{V_p}{\frac{V_p}{r_{\pi}} + \frac{V_c}{R_{ca}}}$$

$$V_c = i_a R_{ca}$$

$$i_a = g_m V_p + i_{r_o} = g_m V_p + \frac{V_p - V_c}{r_o}$$

$$V_c = R_{ca} \left(g_m V_p + \frac{V_p}{r_o} - \frac{V_c}{r_o} \right)$$

$$V_c \left(1 + \frac{R_{ca}}{r_o} \right) = R_{ca} \left(g_m V_p + \frac{V_p}{r_o} \right)$$

$$V_c = \frac{R_{ca} \cdot r_o}{r_o + R_{ca}} \left(g_m V_p + \frac{V_p}{r_o} \right)$$

$\underbrace{R_{ca} // r_o}_{R_{ca} // r_o}$

$$R_{ie} = \frac{V_p}{\frac{V_p}{r_\pi} + \frac{1}{R_{ca}} \left(R_{ca} // r_0 \right) \left(g_m V_p + \frac{V_p}{r_0} \right)}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{r_\pi} + \frac{1}{R_{ca}} \left(R_{ca} // r_0 \right) \left(\frac{r_0 g_m + 1}{r_0} \right)}$$

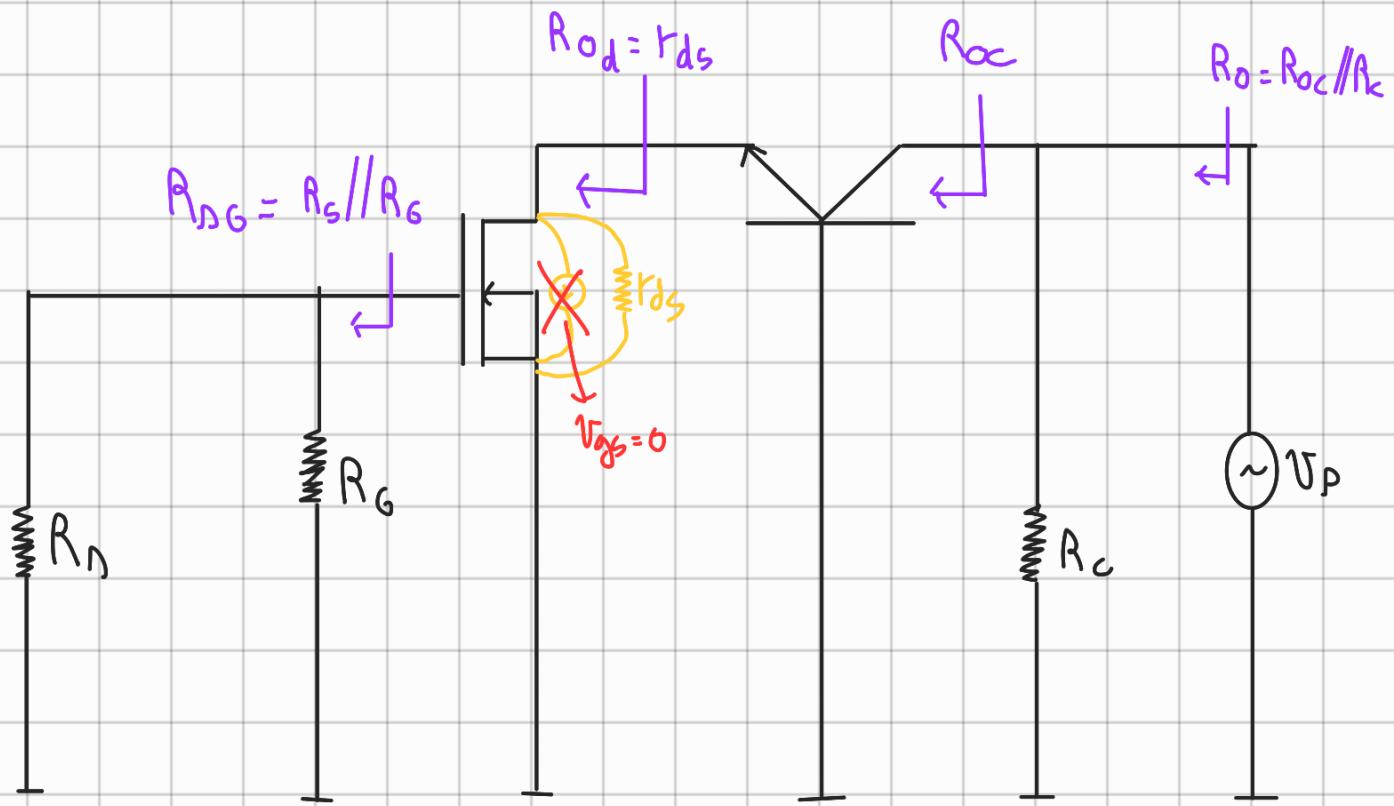
Optimizing $R_{ie} = \frac{r_\pi}{\beta}$

○ $R_{ig} \rightarrow \infty$ because $r_{gs} \rightarrow \infty$ so that it's the resistance of an open circuit

○ As $R_{ig} \rightarrow \infty \longrightarrow R_i = R_G = 0,9 M$

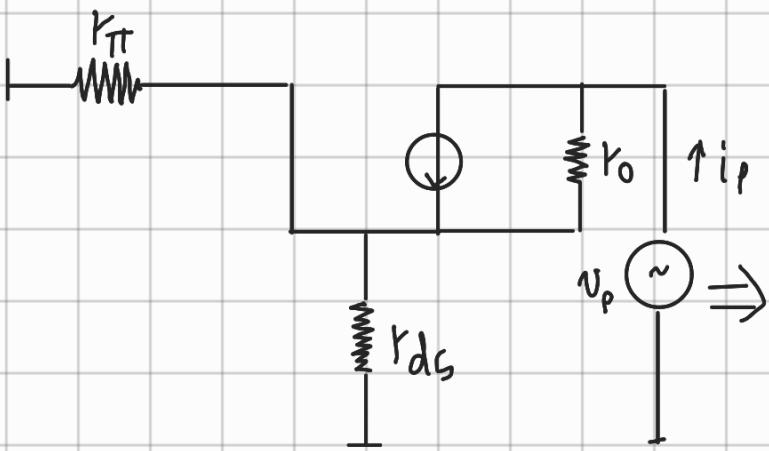
$$\Rightarrow \boxed{R_i = 0,9 M}$$

R_o

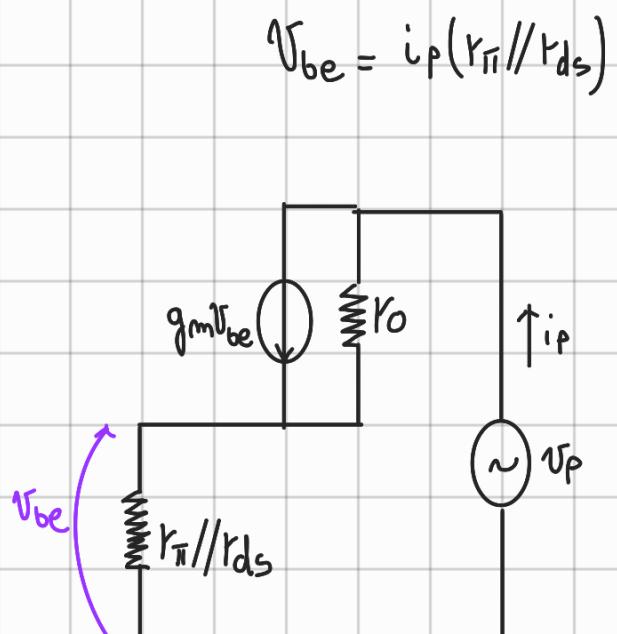


$$R_{od} = r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} = \frac{1}{0,01V^{-1} \cdot 1mA} = 100k\Omega$$

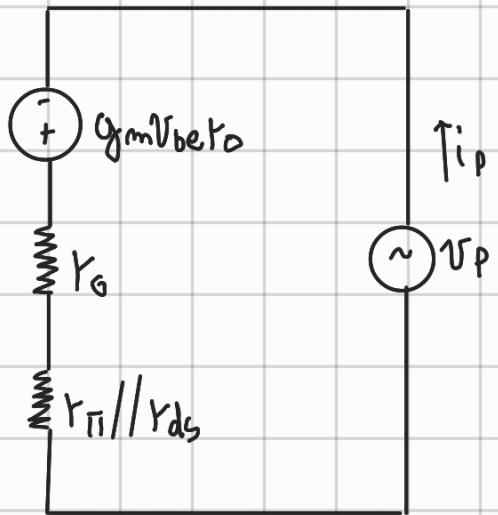
R_{oc}



$$R_{oc} = \frac{v_p}{i_p}$$



$$v_{be} = i_p (r_\pi // r_{ds})$$



$$V_p = g_m V_{be} R_o + i_p R_o + i_p R_\pi // R_{ds}$$

$$= g_m R_o i_p (R_\pi // R_{ds}) + i_p R_o + i_p R_\pi // R_{ds}$$

$$R_{oc} = \frac{V_p}{i_p} = \frac{g_m R_o i_p (R_\pi // R_{ds}) + i_p R_o + i_p (R_\pi // R_{ds})}{i_p}$$

$$= g_m R_o (R_\pi // R_{ds}) + R_o + R_\pi // R_{ds}$$

$$= R_o (1 + g_m (R_\pi // R_{ds})) + R_\pi // R_{ds}$$

$$R_{oc} = 30 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_{oc} // R_c \approx 7,5 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_o = 7,5 \text{ k}\Omega$$

Luego, diré que

$$R_{OC} = r_0 \left(1 + g_m \underbrace{\left(r_\pi // r_{ds} \right)}_{\sim K} \right) + \underbrace{r_\pi // r_{ds}}_{\ll r_0}$$

≈ 1

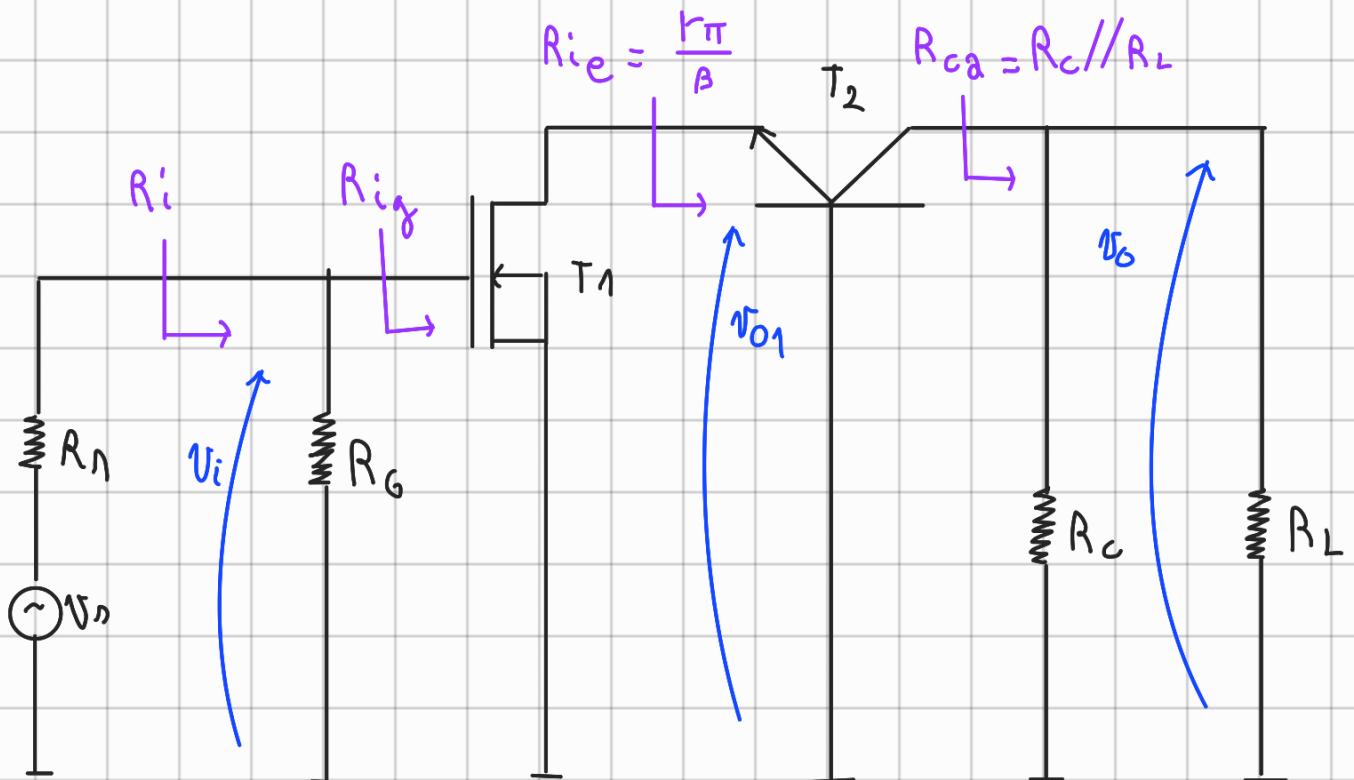
$$\approx r_0 \left(1 + g_m \left(r_\pi // r_{ds} \right) \right) = r_0 \left(1 + \frac{\beta}{r_\pi} \frac{r_\pi \cdot r_{ds}}{r_\pi + r_{ds}} \right)$$

$g_m = \frac{\beta}{r_\pi}$

$$= r_0 \left(1 + \beta \frac{r_{ds}}{r_\pi + r_{ds}} \right) \approx r_0 (1 + \beta) \approx r_0 \beta$$

$\underbrace{r_\pi + r_{ds}}_{\ll r_{ds}} \rightarrow 1$

A_V



$$A_{V1} = \frac{V_{O1}}{V_i} = \frac{-g_m V_{GS} \cdot R_{ie}}{V_{GS}} = -g_m R_{ie} \approx -g_m \frac{R_{ie}}{\beta} = -0,05$$

$$A_{V2} = \frac{V_o}{V_{O1}} \approx \frac{-g_{m_{TBJ}} V_{BE} \cdot R_{CA}}{-V_{BE}} = g_{m_{TBJ}} \cdot R_{CA} = 266,8$$

$$A_V = A_{V1} \cdot A_{V2} = -13,34 \Rightarrow A_V = -13,34$$

$$A_{V_D} = \frac{V_o}{V_D} = A_V \bar{T}_i = A_V \frac{R_i}{R_i + R_N} = -13,34 \frac{900K}{900K + 1K} \approx -13,34$$

$$\Rightarrow A_{V_D} = -13,34$$

c)

Si reemplazamos el T_2 con un MOSFET, si mantenemos que $V_o = 0$, como

$I_{G2} = 0$, la corriente I_{D2} me da igual a la corriente I_C que tiene entre

los que va a combinar es V_{DS2Q} ya que se debe despejar V_{GS2} de la ecuación

$$I_{D2} = K_2 (V_{GS} - V_T)^2, \text{ si } V_T > 0,7V \rightarrow V_{GS} \geq 0,7V \rightarrow V_{DS2Q} > V_{CEQ}$$

