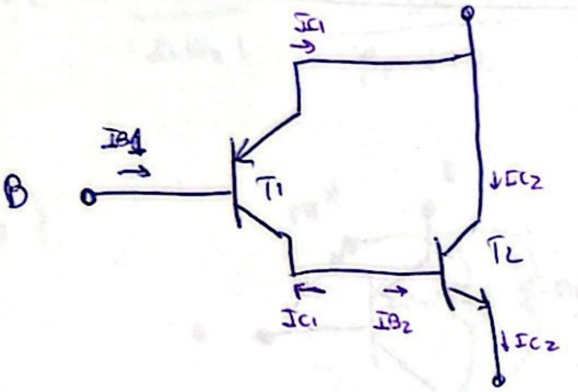
Parcial 22/11/23 (3^{era} fecha)

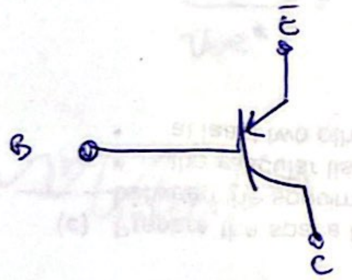
Ejercicio 1) a)

IB del TBJ eq.



como $I_{B1} = I_B^*$ y este es menor a cero $\Rightarrow$ el TBJ equivalente es PNP

Además como $I_{C2} > 0$ si marcáramos el emisor abajo llegaríamos a que $I_C^* \simeq I_{C2} > 0$ cuando $I_C^* < 0$ (TBJ PNP). Por esto el colector es el terminal de abajo con $I_C^* = -I_{C2} < 0$



$$I_C^* = -I_{C2} = -\beta_2 I_{B2} =$$

$$= +\beta_2 \cdot +I_{C1} = \beta_2 \beta_1 I_{B1} =$$

$$= \beta_2 \beta_1 I_B^*$$

$$\beta^* = \beta_1 \beta_2$$

calculamos los parámetros de señal y los relacionamos.

$$g_{m1} = \frac{|I_{CQ1}|}{V_{th}}$$

$$g_{m2} = \frac{|I_{CQ2}|}{V_{th}} = \frac{\beta_2 I_{CQ1}}{V_{th}} = \beta_2 g_{m1}$$

$g_{m2} = \beta_2 g_{m1}$

$$r_{\pi 1} = \frac{\beta_1}{g_{m1}} = \beta_1 r_{\pi 2}$$

$$r_{\pi 2} = \frac{\beta_2}{g_{m2}} = \frac{\beta_2}{\beta_2 \cdot g_{m1}} = \frac{1}{g_{m1}}$$

$r_{\pi 1} = \beta_1 r_{\pi 2}$

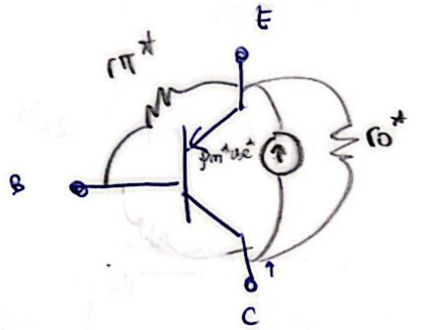
suponemos $V_{A1} = V_{A2} = V_A$

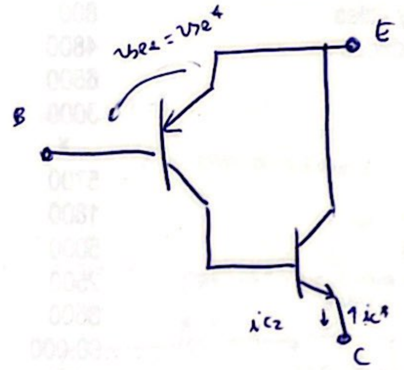
$$r_{o1} = \frac{V_{A1}}{|I_{CQ1}|} = \frac{V_A}{|I_{CQ1}|}$$

$$r_{o2} = \frac{V_{A2}}{|I_{CQ2}|} = \frac{V_A}{\beta_2 \, I_{CQ1}} = \frac{1}{\beta_2} \cdot r_{o1}$$

$$r_{o1} = \beta_2 \, r_{o2}$$

b)





$$i_c^* \simeq g_m^* \, v_{be}^*$$

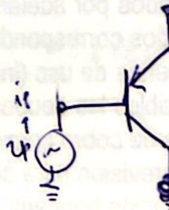
$$g_m^* = \frac{i_c^*}{v_{be}^*} = \frac{-i_{c2}}{v_{be1}} = \cancel{\frac{g_{m2} \, v_{be2}}{v_{be1}}} =$$

$$= \cancel{\frac{g_{m2} \cdot v_{be2}}{i_{b1} \, r_{\pi1}}} = \frac{-\beta_2 \, i_{b2}}{v_{be1}} = \frac{\beta_2 \, i_{c1}}{v_{be1}} = \frac{\beta_2 \, \beta_1 \, i_{b1}}{i_{b1} \, r_{\pi1}} =$$

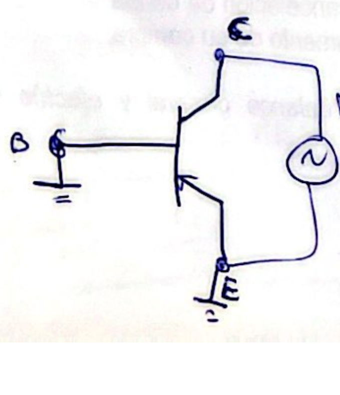
$$i_{b2} = -i_{c1}$$

$$= \frac{\beta_2 \cdot \beta_1}{\beta_1 / g_{m1}} = \beta_2 \cdot g_{m1}$$

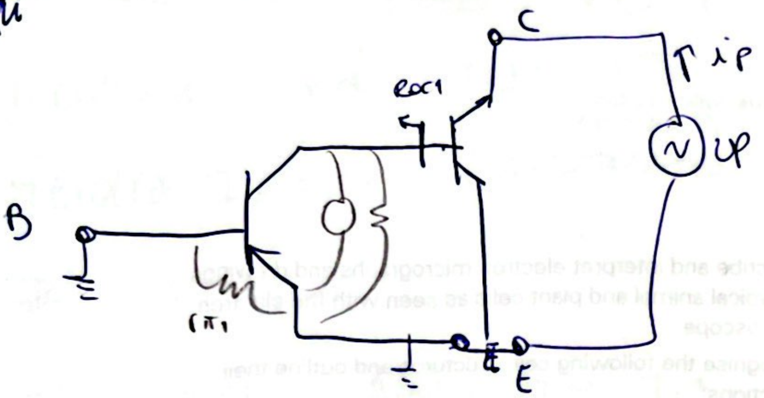
$$\boxed{g_m^* = \beta_2 \cdot g_{m1}}$$



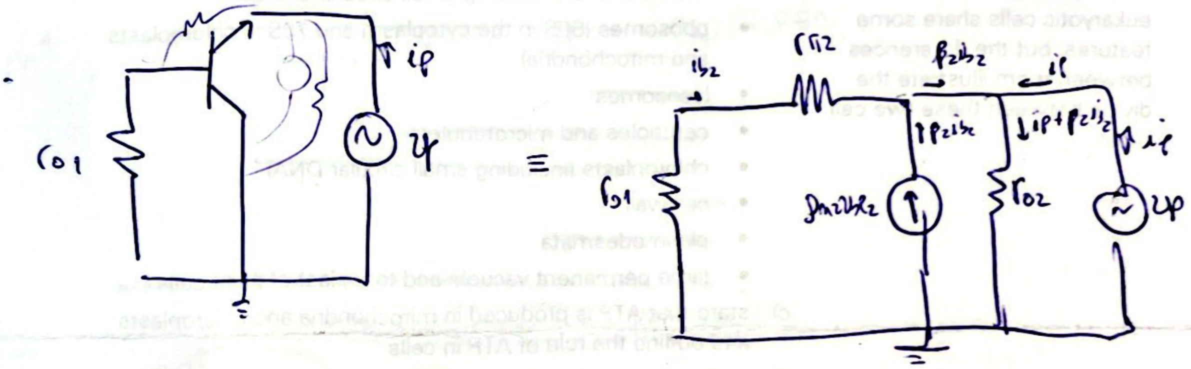
$$\boxed{r_\pi^* = r_{\pi1}} = \frac{v_{be}^*}{i_b^*} = \frac{v_{be1}}{i_{b1}}$$



$$\frac{v_p}{i_p} = r_o^*$$



$R_{oc1} = r_{o1}$ (no se pierde en paralelo



$$r_o^* = \cancel{\frac{v_p}{i_p} = \frac{(i_p + \beta_2 i_{b2}) r_{o2}}{i_p}}$$

$v_p =$

$$v_p = (i_p + \beta_2 i_{b2}) r_{o2} = (i_p + \beta_2 \cdot \frac{-v_p}{r_{o1}}) r_{o2}$$

$$v_p = -i_{b2}(r_{o1} + r_{\pi 2}) \simeq -i_{b2} r_{o1}$$

$$i_{b2} = \frac{-v_p}{r_{o1}}$$

$$v_p + \frac{\beta_2}{r_{o1}} r_{o2} v_p = i_p r_{o2}$$

$= \beta_2 r_{o2}$

$$2 v_p = i_p r_{o2}$$

$$\boxed{\frac{v_p}{i_p} = \frac{r_{o2}}{2} = r_o^*}$$

Si se reemplaza T_1 por un PMOSFET inducido el transistor equivalente tendrá $I_G = 0$ (~~disminuye~~ aumenta con respecto a la I_B^* original)

Se cumple ~~Ib~~ que $I_C^* = \beta_2 I_{D1}$

(cambian las relaciones obtenidas anteriormente)

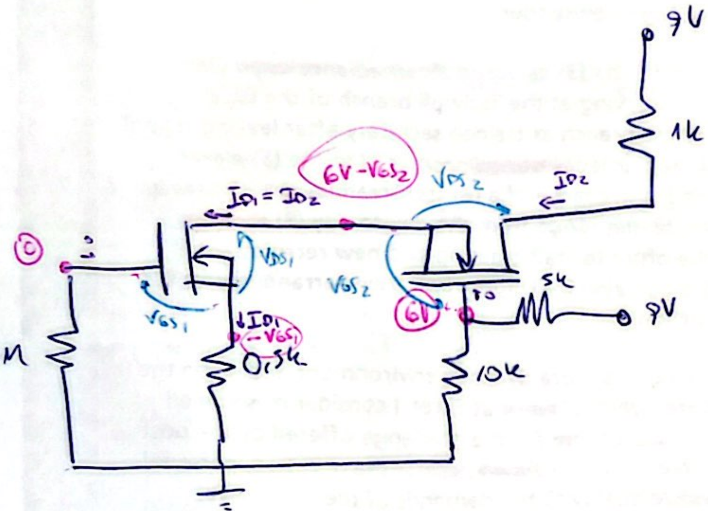
$r_\pi^* = \infty$ (aumenta)

g_m^*, r_o^* cambiarían de expresión

Scanned with CamScanner

Ejercicio 2)

a) Analizamos el circuito en continua:



Ambos: MOSFET canal n

~~suponemos que ... ~~

T1 canal preformado

- T2 canal inducido

Despreciamos EMLC

$I_{D1} = -V_{GS1} / 0{,}5k$

$I_{D1} = k(V_{GS1} - V_T)^2 = -V_{GS1} / 0{,}5k$

suponiendo T1 en SAT

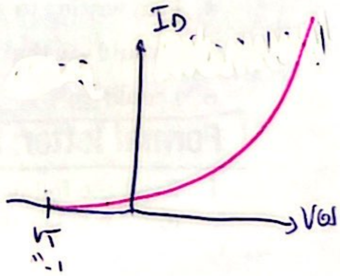
$$\frac{-V_{GS1}}{500} = k\left[V_{GS1}^2 - 2V_{GS1} \cdot V_T + V_T^2\right] \quad \text{como } V_T = -1$$

$$0 = kV_{GS1}^2 - V_{GS1}\left(2kV_T - \frac{1}{500}\right) + kV_T^2$$

$$0 = 4m \cdot V_{GS1}^2 + V_{GS1} \cdot 10m + 4m$$

$\hookrightarrow V_{GS1} = -0{,}5 \rightarrow$ me quedo con este $(V_{GS1} > V_T)$

$\hookrightarrow V_{GS1} = -2$



como $V_{GS1} = -0{,}5V \Rightarrow I_{D2} = 1mA$

$I_{D2} = I_{D1} = 1mA$

$I_{D2} = k(V_{GS2} - V_T)^2 = 1mA$

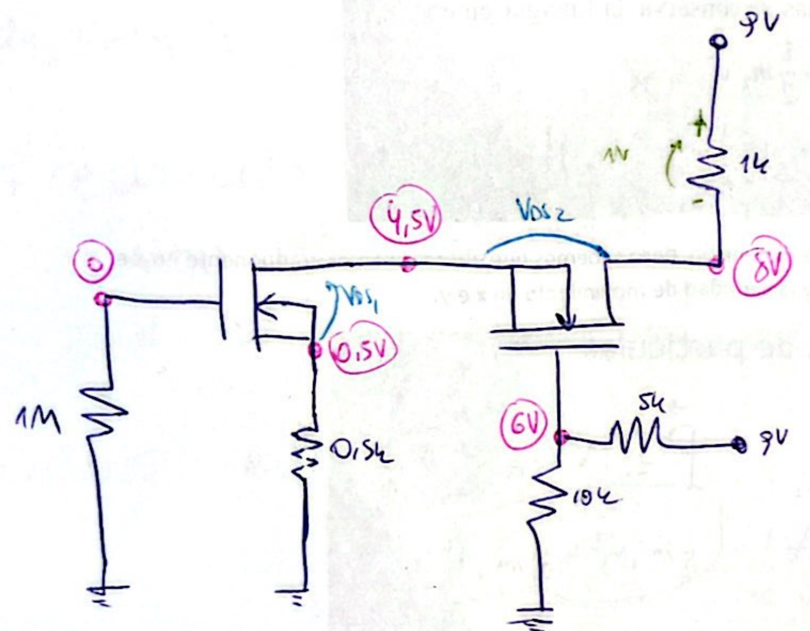
$$\sqrt{\frac{1mA}{K}} = |V_{GS_2} - V_T|$$

$$V_{GS_2} = \sqrt{\frac{1mA}{K}} + V_T \qquad V_{GS_2} = -\sqrt{\frac{1mA}{K}} + V_T$$

con $V_T = 1V$ (canal inducido)

$$V_{GS_2} = 1{,}5V \qquad V_{GS_2} = 0{,}5V$$

me quedo con el q' es mayor a V_T



$$\boxed{\begin{aligned} V_{DS_2} &= 3{,}5V \\ V_{DS_1} &= 4V \end{aligned}}$$

$V_{DS_2} > V_{DS_2(SAT)} = V_{GS_2} - V_{T_2} = 0{,}5V$ ✓

$V_{DS_1} > V_{DS_1(SAT)} = V_{GS_1} - V_{T_1} = 0{,}5V$ ✓

Ambos transistores se encuentran trabajando en MAD

$\lambda V_{DS_1} = 0{,}08 \ll 1$ ✓

$\lambda V_{DS_2} = 0{,}07 \ll 1$ ✓

resulta despreciable el EMLC

b) Calculamos los parámetros de los transistores de señal:

$$g_{m1} = 2k(V_{GS1} - V_{T1}) = 4mA$$

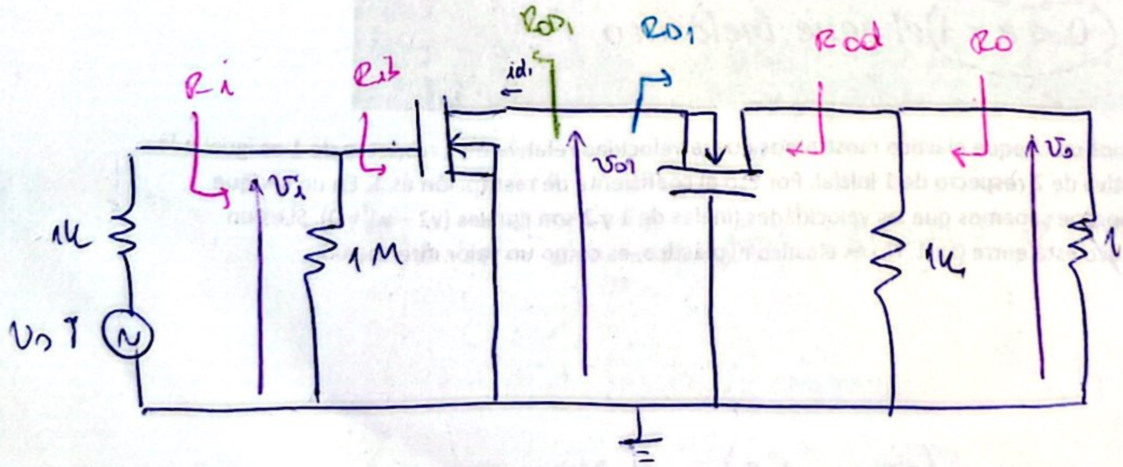
$$r_{ds1} = \frac{1}{\lambda \cdot k_n I_{D1}} = 50k$$

$$g_{m2} = 4mA$$

$$r_{ds2} = 50k$$

Frecuencias medias: rango de frecuencias de trabajo de la señal de entrada mediante el cual los efectos reactivos resultan despreciables.

Circuito en señal:



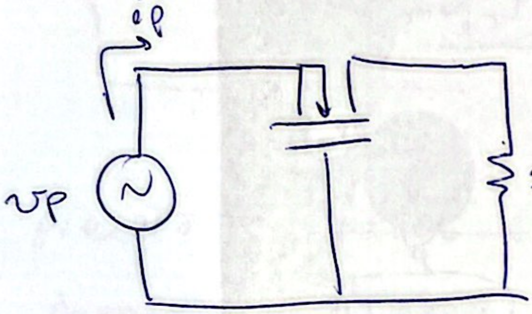
Etapa 1: source común, etapa 2: gate común

$$A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_i} = \frac{-i_{d1} R_{D1}}{v_{gs1}} \approx \frac{-g_{m1} v_{gs1} R_{D1}}{v_{gs1}} = -g_{m1} R_{D1}$$

despreció r_{ds1}

calculamos R_{D1}:

colocamos una fuente de prueba en el Source de T_2:



$$R_{D1} = \frac{v_p}{i_p} = \frac{v_{gs_2}}{-i_{d_2}} = \frac{-1\, v_{gs_2}}{+i_{d_2}} \simeq \frac{v_{gs_2}}{g_{m_2} v_{gs_2}} = \frac{1}{g_{m_2}}$$

despreció r_{ds_2}

$$A_{v_1} = \frac{-g_{m_1}}{g_{m_2}} = -1 \quad (g_{m_1} = g_{m_2})$$

$$A_{v_2} = \frac{v_o}{v_{o1}} = \frac{-i_{d_2}\,(1k \,//\, 1k)}{+v_{gs_2}} \simeq g_{m_2} 500\Omega$$

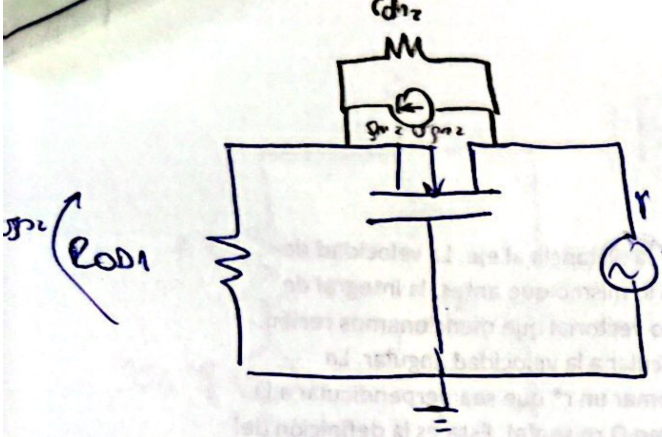
desprecio r_{ds_2}

$$A_v = A_{v_1} \cdot A_{v_2} = -\frac{g_{m_1}}{\cancel{g_{m_2}}} \cdot \cancel{g_{m_2}} \cdot 500\Omega = -g_{m_1} \cdot 500\Omega =$$

$= -2$

$$R_i = 1M \,//\, R_{ib} = 1M \quad (R_{ib} \to \infty)$$

R_{od}? colocamos una fuente de prueba en el drain de T_2:



si despreciamos $r_{ds2} \Rightarrow R_{od} \to \infty$

En caso contrario, la resistencia permite q' la señal tenga un camino para llegar a R_{OD1} y que se pierda la fuente controlada.

Al poner la fuente de prueba, i_p circula por r_{ds2} y cae tensión en R_{OD1} $\cancel{v_{s2}}\uparrow \Rightarrow v_{s2}\uparrow$ pero $\Rightarrow v_{gs2}\downarrow$. Se genera un incremento de corriente en sentido contrario a la del generador controlado y en sentido contrario a i_p. Como $i_p\downarrow \Rightarrow$ $\Rightarrow R_{od}\uparrow$. ~~Esto~~ Este incremento es respecto del circuito sin R_{OD1} donde $v_{gs2}=0$ y

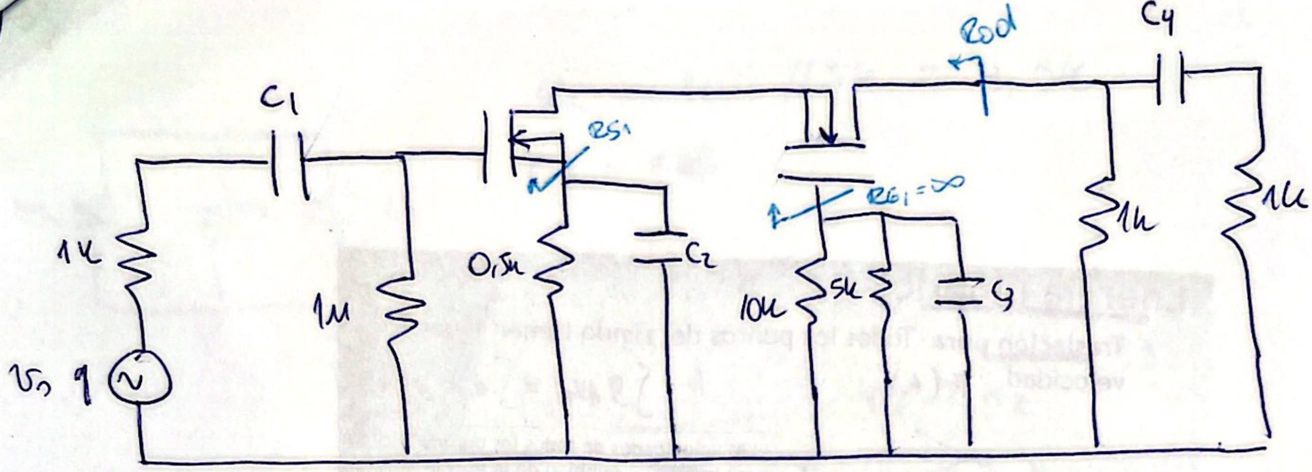
$$\frac{v_p}{i_p} = r_{ds2}$$

Por lo que $R_{od} > r_{ds2}$ al poner una resistencia R_{OD1}. Sabiendo que $R_{OD1} > 50k\Omega$:

$$R_o = R_{od} // 1k \simeq 1k$$

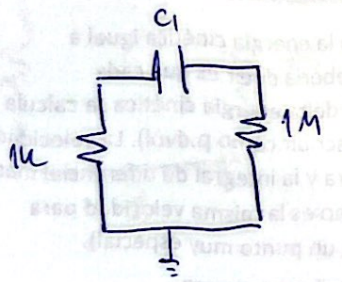
$$A_{vo} = A_v \cdot \frac{R_i}{R_i + R_o} = -2 \cdot \frac{1M}{1M+1k} = -1{,}998$$

Scanned with CamScanner



Calculamos fL usando el método de constantes de tiempo. Calculamos τ asociada a cada capacitor, cortocircuitando los restantes:

C1/



$R_1 = 1k + 1M = 1M$

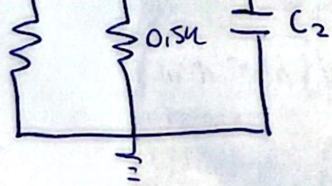
$C_1 = 1\mu F$

$\tau_1 = 1s$

$f_1 = \frac{1}{2\pi \tau_1} = 0.159\ Hz$

C2/

$\frac{1}{g_{m1}} = R_{S1}$
$\parallel$
250



$R_2 = 250\Omega \parallel 500\Omega = 166.7\Omega$

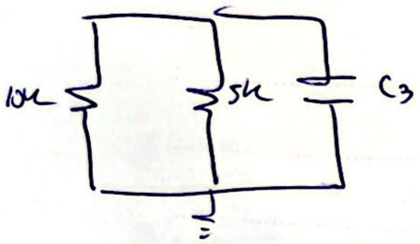
$C_2 = 1\mu F$

$\tau_2 = 166.7\ \mu s$

$f_2 = \frac{1}{2\pi \tau_2} = 954,7\ Hz$

Scanned with CamScanner

C3/



$R_3 = 10k \parallel 5k = 3,3k$

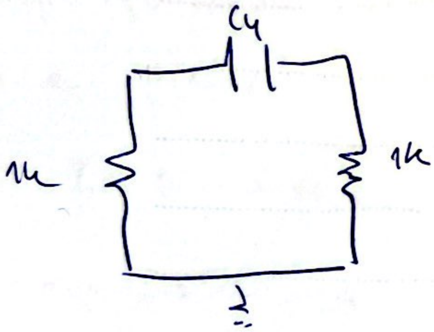
$C_3 = 1\mu F$

$\tau_3 = 3,3 ms$

$f_3 = \frac{1}{2\pi \tau_3} = 48,2 Hz$

C4/ ~~puedo tomar Rod = rds2 (1+gm Rod)~~

considerando $Rod \parallel 1k \simeq 1k$:



$R_4 = 2k\Omega$

$C_4 = 1\mu F$

$\tau_4 = 2ms$

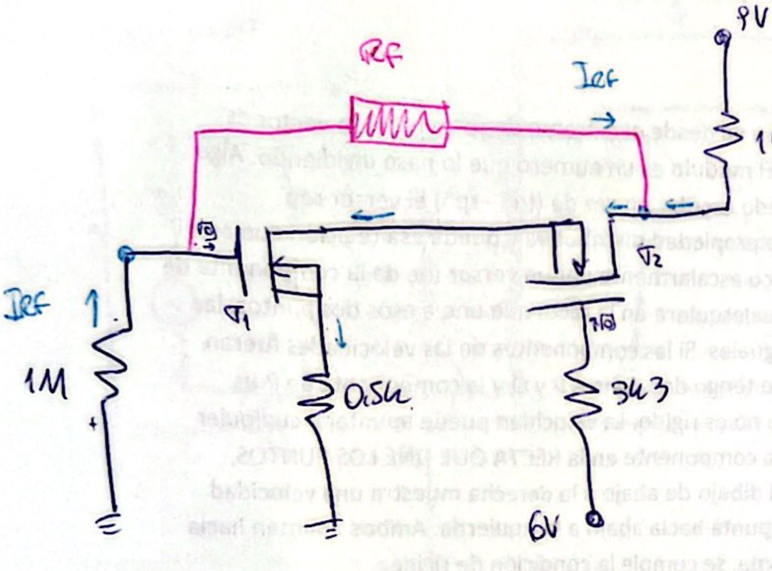
$f_4 = \frac{1}{2\pi \tau_4} = 79,6 Hz$

$F_L = 954,7 Hz$ $(= F_2)$

↓

tomo la frecuencia más grande

En continua:



Supongamos que reemplazo T_1 por un MOSFET con un k mayor. En un principio: $I_{D1} \uparrow \Rightarrow I_{D2} \uparrow \Rightarrow$

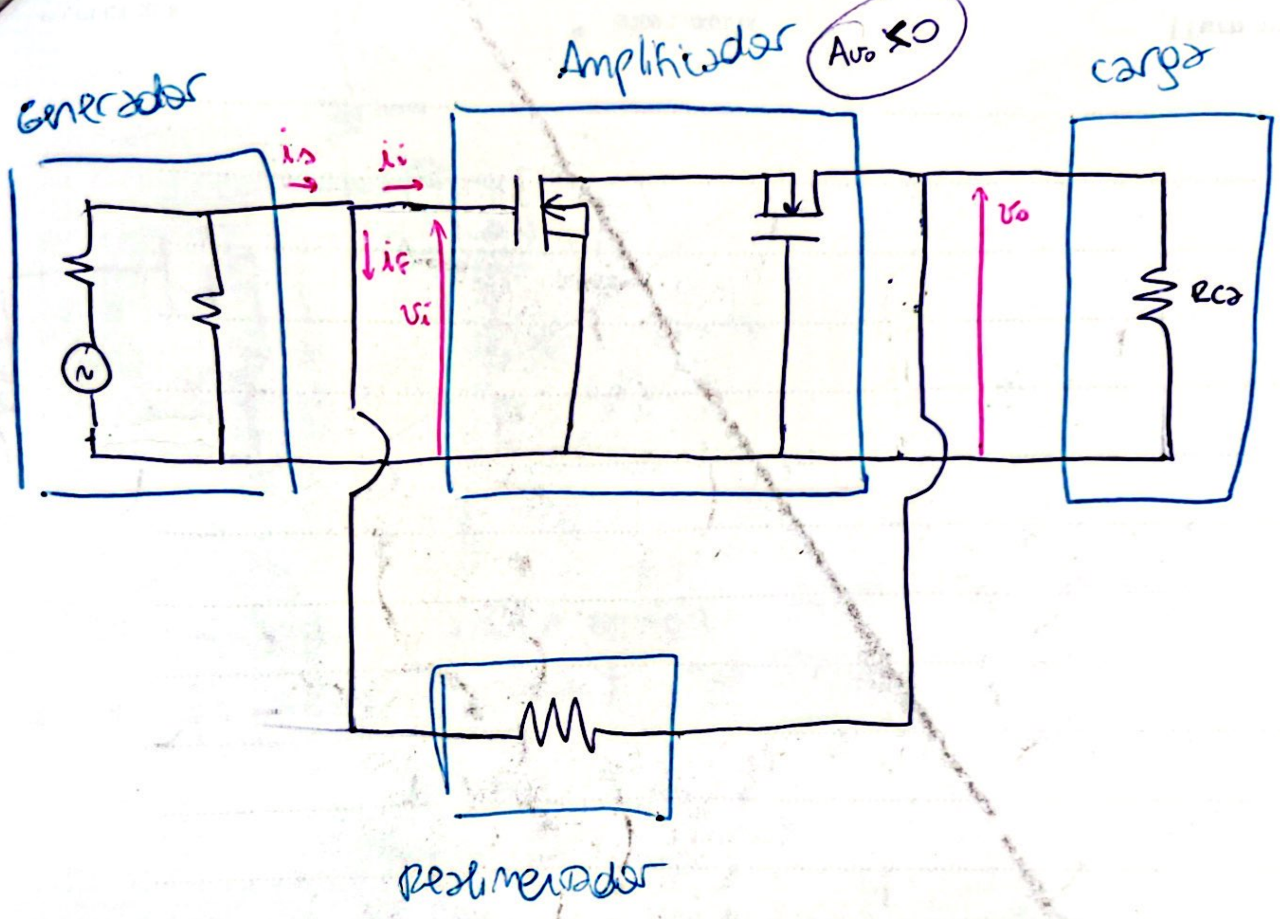
$\Rightarrow I_{RF} \uparrow \Rightarrow V_G \downarrow \Rightarrow V_{GS} \downarrow \Rightarrow I_{D1} \downarrow$

~~supongamos q~~ reemplazando T_2 por un MOSFET con un k mayor:

$I_{D2} \uparrow \Rightarrow I_{RF} \uparrow \Rightarrow V_G \downarrow \Rightarrow I_{D1} \downarrow \Rightarrow I_{D2} \downarrow$

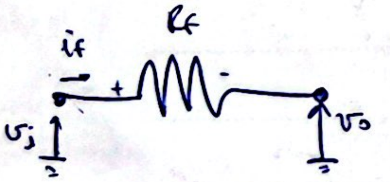
El agregado de RF contribuye a estabilizar los valores de reposo.

La realimentación entonces será negativa



Muestrea tensión y suma corriente

Δ



$i_f = (v_i - v_o)/R_f \Rightarrow i_f \,\Delta$

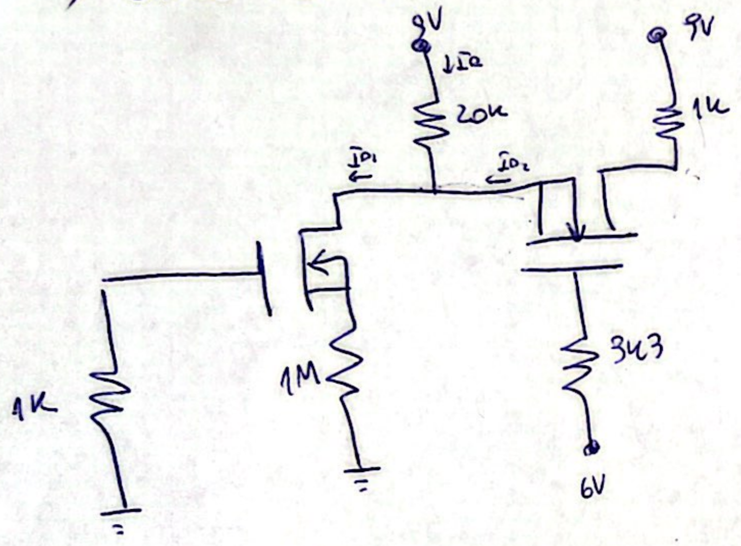
si $v_i \,\Delta$

$v_o \,\nabla$

$\Rightarrow k < 0$ $\quad$ v_o e i_f están en contrafase

siendo $k = \dfrac{i_f}{v_o}$

e) Circuito en continua)



I_{D1} se mantiene, V_{GS1} también. Ahora $I_{D1} = I_e + I_{D2}$

y como $I_e > 0$ $(\underbrace{V_{D1} > 1})$ $\Rightarrow I_{D2} \downarrow$

para que se mantenga T1 en SAT

$\Rightarrow V_{D2} \uparrow$, V_{G2} se mantiene, $V_{GS2} \downarrow$, $V_{S2} \uparrow$

$V_{DS1} \uparrow$, V_{DS2} no varía mucho

~~suponemos~~ a ~~suponemos~~

suponemos que se mantiene en SAT

Parámetros de señal:

g_{m1} e r_{ds1} se mantienen

$g_{m2} \downarrow$, $r_{ds2} \uparrow$ para A_{v1} $R_{D1} = 20k \,//\, 1/g_{m2} \simeq 1/g_{m2}$ y como $g_{m2}\downarrow$ $R_{D1} \uparrow$

$A_{v1} \uparrow$, $A_{v2} \downarrow$ y A_v no varía

Ri se mantiene y Ro también