1[er] Parcial de Electrónica 2
9/10/200

50700353

Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es **sin** material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1 : (30 puntos)

El circuito de la Fig. 1 es el equivalente en señal de un amplificador de dos etapas en emisor común. La fuente de señal vs se considera ideal, con resistencia interna nula, los transistores tienen una corriente de polarización de 1mA, fT = 100MHz @ Ic=1mA y C_μ = 5pF. $\beta = 100$

Recordar que en un esquema de compensación de Miller como el de la Fig. 2, la frecuencia angular de los polos esta dada aproximadamente por:
wp1= 1/(gm.R2.Cf.R1), wp2 = gm.Cf/(C1.C2+ Cf (C1+C2))

Aplicando esto al condensador C_μ de la segunda etapa, determinar los dos polos de la estructura. Se despreciará el efecto de la resistencias $r_{bb'}$ de los transistores y el efecto del condensador C_μ de la primera etapa en el nodo de salida de la primera etapa. Tiene el circuito margen de fase mayor a 45 grados ?. Si no es así determinar el condensador de compensación de Miller que se debe colocar en la segunda etapa, para alcanzar un margen de fase aceptable.

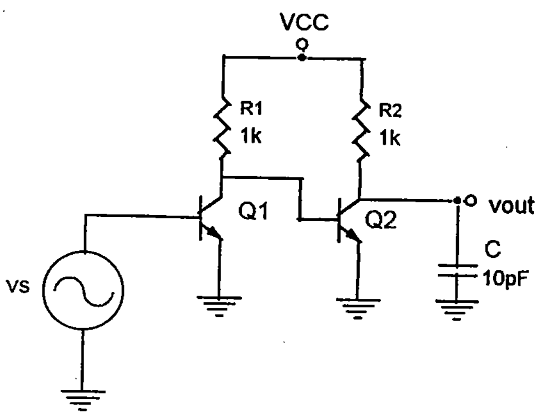


Figura 1

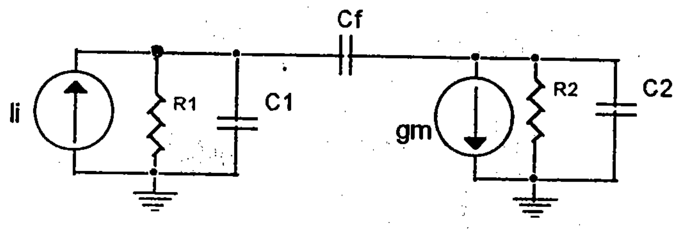
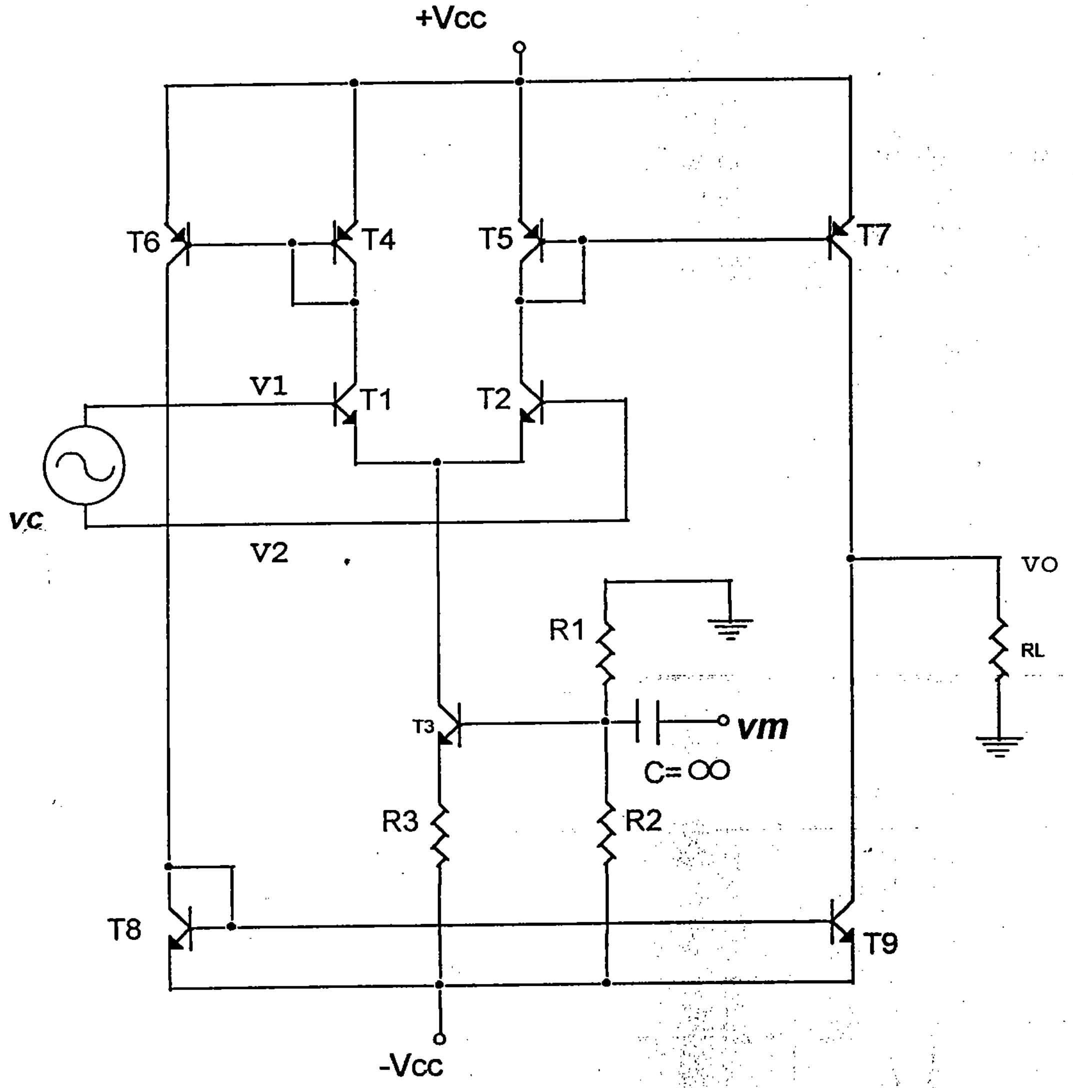


Figura 2

Problema 2:(35 puntos)



- Todos los transistores son idénticos.
- $\beta >> 1$
- Tensión base-emisor en zona activa V_{BE}.

En el circuito de la figura:

a) Determinar la función que relaciona a Vo con Vc y Vm, siendo Vm de amplitud tal que el transistor T3 opera en zona activa y Vc de cualquier amplitud.

b) ¿Cuál puede considerarse como la amplitud de pico máxima en Vc para la cual el circuito opera como un multiplicador?

c) ¿Cómo se puede aumentar el valor de Vc determinado en la parte anterior (rango para el cual el circuito funciona como multiplicador)? Indicar cuál es el nuevo rango para el circuito propuesto.

Problema 3 : (35 puntos)

a) En el circuito de la figura 1 calcular el condensador C para minimizar el efecto del condensador $C\mu$ en la respuesta en frecuencia. Se supondrá que **$gm*RL >> 10$, $C_\Pi \approx 10*C\mu$, $gm*Rs//r_\Pi >> 1$, Q1≡Q2.**

b) Para el circuito de la figura 2 explicar la función de los transistores Q3 y Q4. Calcular la frecuencia de caída 3 dB de la transferencia *vout/vin* si:
$Rs = 3k\Omega$, $C\mu = 5pF$, $f_T = 100MHz$ @ $I_C = 2mA$, $\beta = 200$, $Io = 4mA$, $RL = 1.5k\Omega$, Q1≡Q2≡Q3≡Q4.
¿Cuál sería la frecuencia de caída de 3dB sin Q3 y Q4?

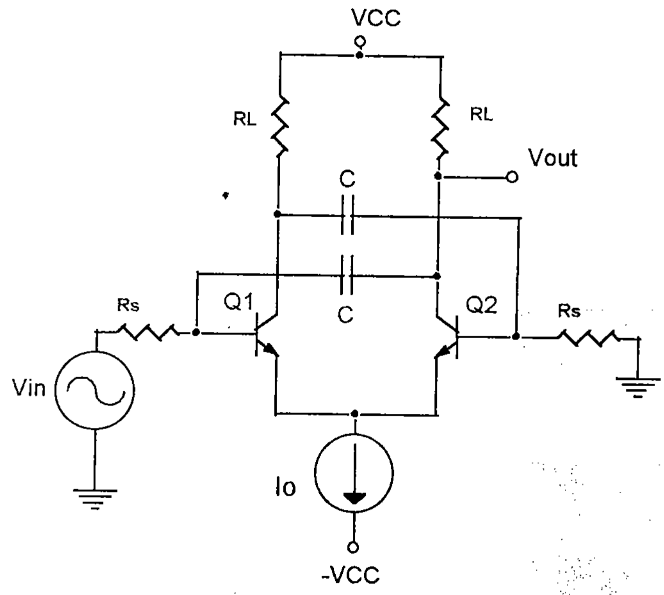


Figura 1

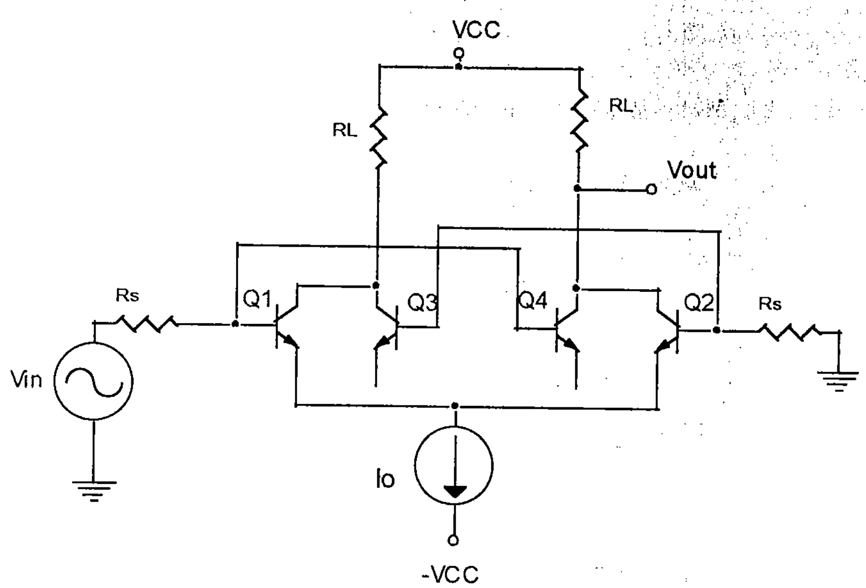
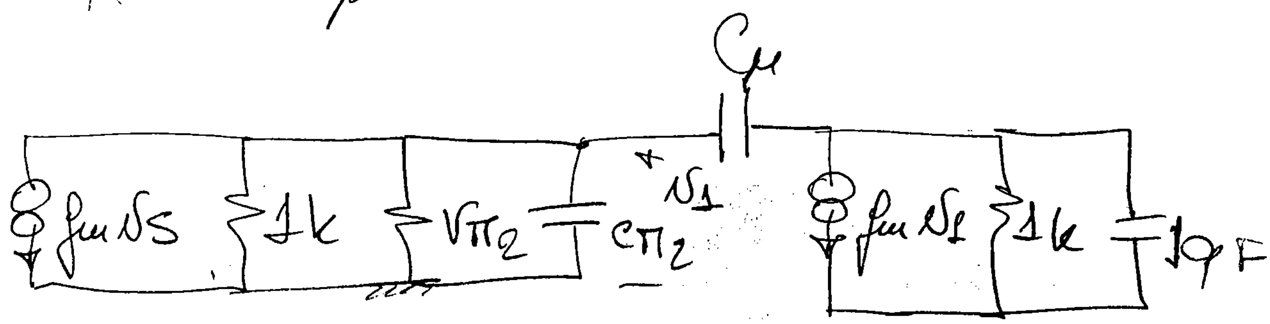


Figura 2

[illegible]

Cálculo de los polos:



$$r_{\pi_2} = \frac{h_{fe} V_T}{I_C} = 2.6k$$

$$\Rightarrow R_1 = 2.6k \| 1k = 722\Omega.$$

$$R_2 = 1k$$

$$g_{m2} = g_{m1} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1}{26}$$

$$C_1 = C_{\pi 2}, (C_\pi + C_\mu) = \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{1}{26 \cdot 2\pi \cdot 100e6} = 61pF$$

$$\Rightarrow C_\pi = 56pF = C_1$$

$$\Rightarrow \text{polos: } f_{P1} = \frac{1}{(g_{m2} R_2 C_\mu \cdot R_1) 2\pi} = 1.14\ MHz.$$

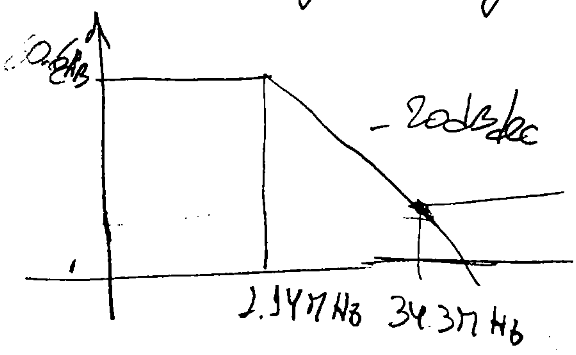
$$f_{P2} = \frac{g_{m2} C_\mu}{2\pi (C_1 C_2 + C_\mu (C_1 + C_2))} =$$

$$= 34.3\ MHz$$

$$f_{-3dB} = f_{P1} = 1.14\ MHz.$$

Margen de fase: Diagrama de Bode:

$$A_0 = g_{m1} \cdot R_1 \cdot g_{m2} R_2 = 1068 = 60.6dB$$



$$G \cong 35.5 \Rightarrow f_{P2} < f_T \Rightarrow PM < 45°$$

Para margen de fase aceptable:

$$f_{P2} = 2.2 f_{1T} \cong 2.2 A_0 \cdot f_{P1}$$

$$\frac{g_{m2} C_f}{(C_1C_2 + C_f(C_1+C_2))2\pi} \qquad g_{m1}R_1 g_{m2}R_2 \qquad \frac{1}{g_{m2}R_2 C_f R_1 2\pi}$$

$$\Rightarrow \frac{g_{m2}R_2 g_{m2}R_1}{\underbrace{g_{m1}}_{\cancel{A_0}}} C_f^2 = 2.2 \cancel{A_0}\left(C_1C_2 + C_f(C_1+C_2)\right)$$

$$\Rightarrow C_f^2 - 2.2(C_1+C_2)C_f - 2.2C_1C_2 = 0$$

$$\Rightarrow C_f = 153 pF$$

$$\Rightarrow C_{compensación} = C_f - C_{\mu} = \underline{\underline{148 pF}}$$

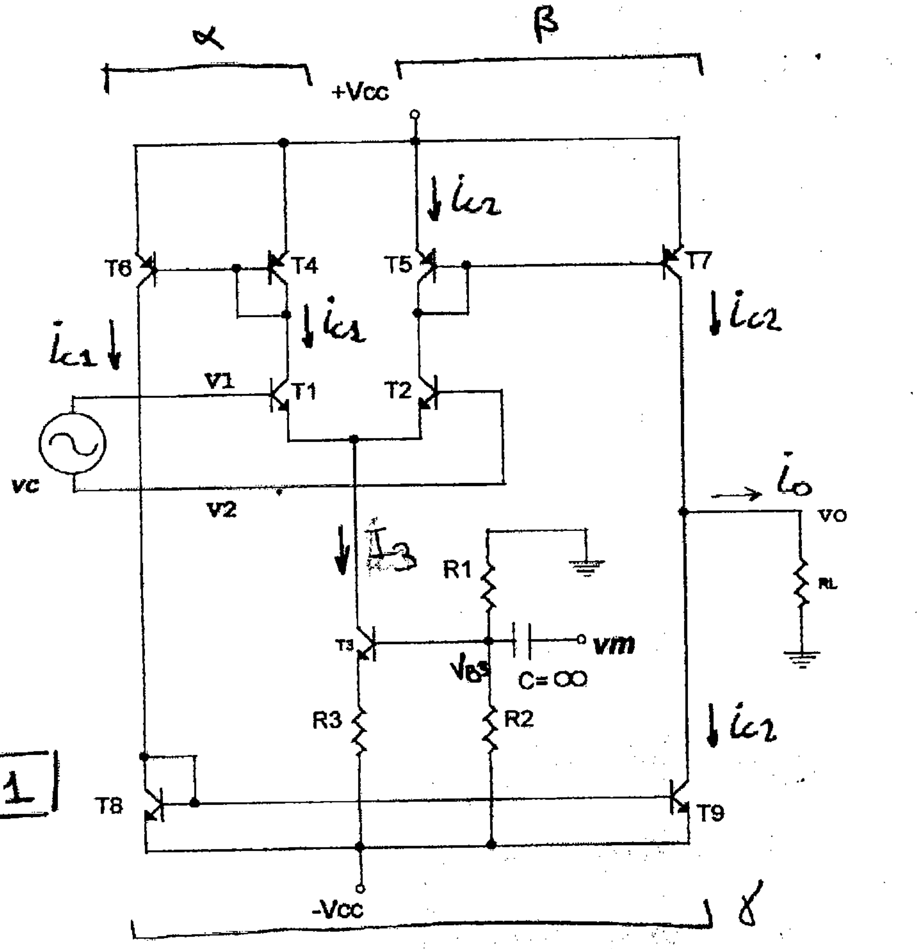
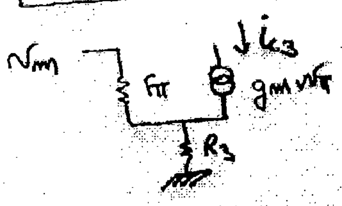


Fig 1

$$V_{B3} = \frac{R_1}{R_1+R_2}(-V_{cc}) \Rightarrow \Delta V_{R3} = \frac{R_1}{R_1+R_2}(-V_{cc}) - V_{BE} + V_{cc} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V_{R3} = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V_{cc} - V_{BE} \Rightarrow \boxed{I_{C_3} = \left[\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V_{cc} - V_{BE}\right]\frac{1}{R_3}} \quad (\mathrm{I})$$

$$\boxed{g_{m_3} = \frac{1}{R_3 V_T}\left[\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V_{cc} - V_{BE}\right]} \quad (\mathrm{II})$$



$$\boxed{i_{c3} = \frac{v_m}{\frac{1}{g_{m_3}} + R_3}} \quad (\mathrm{III})$$

Parcial Electrónica 2 09/10/2000

$$\boxed{I_3 = I_{c3} + i_{c3} = \underbrace{\left[\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V_{cc} - V_{BE}\right]\frac{1}{R_3 V_T}}_{I_{oc3}} + \frac{\sqrt{m}}{\frac{1}{g_{m3}} + R_3}} \quad (IV)$$

$$i_{c1} = \frac{I_3}{1+e^{-\frac{V_c}{V_T}}}$$

$$i_{c2} = \frac{I_3}{1+e^{+\frac{V_c}{V_T}}}$$

A la salida ambas se copian por los espejos α, β y γ (ver fig 1)

$$\Rightarrow i_o = \frac{I_3}{1+e^{-\frac{V_c}{V_T}}} - \frac{I_3}{1+e^{+\frac{V_c}{V_T}}} \overset{\text{cuentas}}{=} \circ\circ\circ \Rightarrow$$

$$i_o = I_3 \tanh\left(\frac{V_c}{2V_T}\right) \Rightarrow V_o = i_o \cdot R_L \Rightarrow$$

$$V_o = \left(I_{oc3} + \frac{\sqrt{m}}{\frac{1}{g_m} + R_3}\right)\tanh\left(\frac{V_c}{2V_T}\right)R_L \Rightarrow$$

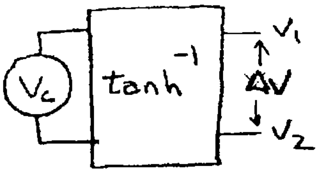
$$\rightarrow \boxed{V_o = \left(I_{oc3} + K\sqrt{m}\right)\tanh\left(\frac{V_c}{2V_T}\right)R_L} \quad (V)$$

Para $\frac{V_c}{2V_T} \ll 1 \Rightarrow i_{c1} - i_{c2} \cong \frac{I_3 V_c}{2V_T} \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{V_o = \left(I_{oc3} + K\sqrt{m}\right)\frac{V_c}{2V_T}R_L} \Rightarrow \boxed{V_c \ll 2V_T}$$

(VI)

Debo agregar algo que compense la no linealidad:



$$\tanh^{-1} = \frac{1}{2} L\left(\frac{1+K}{1-K}\right)$$

uso:

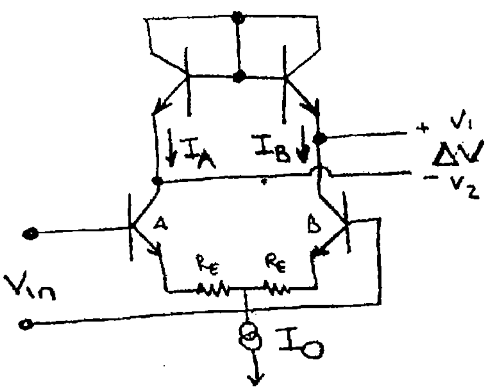


Fig. 2

$$\left.\begin{aligned} I_A &= I_0 + C\,V_{in} \\ I_B &= I_0 - C\,V_{in} \\ C &\cong \frac{1}{2R_e} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad (\#)$$

$$\Rightarrow \quad \Delta V = V_T\,L\left(\frac{I_0 + C V_{in}}{I_s}\right) - V_T\,L\left(\frac{I_0 - C V_{in}}{I_s}\right) =$$

$$= V_T\,L\left(\frac{I_0 + C V_{in}}{I_0 - C V_{in}}\right) \Rightarrow \underbrace{\boxed{\Delta V = 2V_T \tanh^{-1}\left(\frac{C V_{in}}{I_0}\right)}}_{\text{VI}}$$

$\Rightarrow$ Para todo el circuito: (junto V y VII)

$$V_0 = \left(I_{DC3} + K\sqrt{m}\right)\frac{C\,V_{in}}{I_0}R_L \Rightarrow$$

$$\boxed{V_0 = C'\left(I_{DC3} + K\sqrt{m}\right)V_{in}R_L}$$

El rango es el dado por el circuito de la Figura. 2 $\Rightarrow$

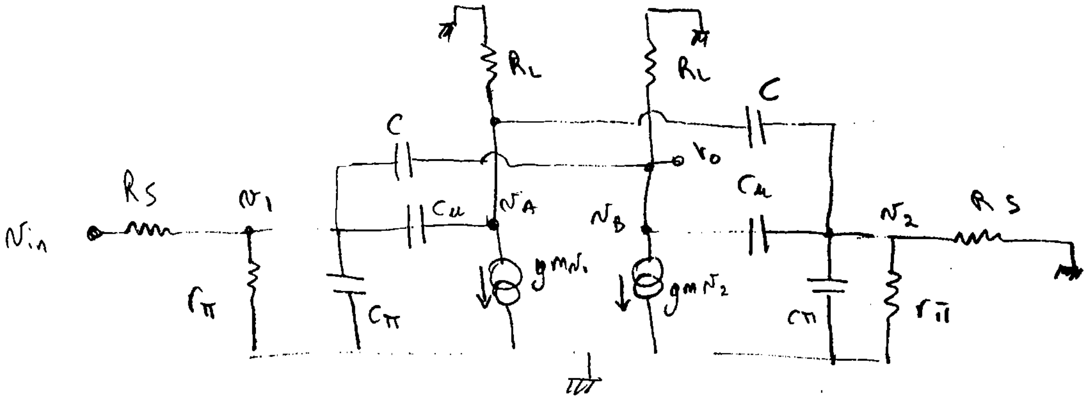
Obtengo rango:

De (#) I_A e I_B deben ser > 0 $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{|V_{in}| < I_0 \cdot 2R_E}$$

1/10/2000

Problema 3.

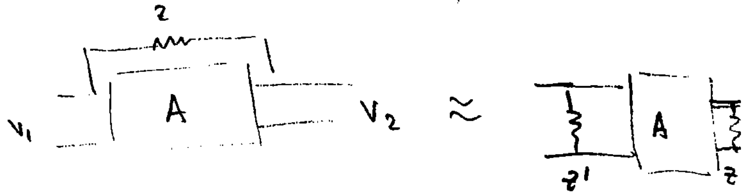


En baja frec.:

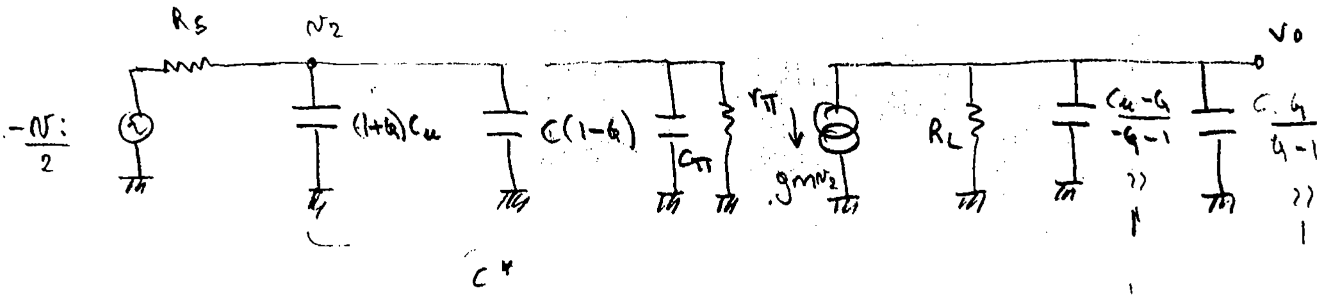
$$\frac{v_A}{v_1} = \frac{v_B}{v_2} = -\frac{v_B}{v_1} = -\frac{v_A}{v_2} = -g_m R_L = -G$$

$$z' = \frac{z}{1-A}$$

$$z'' = \frac{A}{A-1}\, z$$



Por simetría y aplicando Miller el circuito equivalente es:



$$C^* = C_\pi + C_\mu + C + G(C_\mu - C)$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{r_\pi // R_S \, . \, C^*}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_L . (C_\mu + C)}$$

Como $G \gg 10 \Rightarrow$ para minimizar el efecto de C_μ elijo $C_\mu = C$

$$\omega_{p1} \cong \frac{1}{r_\pi // R_s \cdot C_\pi} < \omega_{p2} = \frac{1}{R_L \cdot 2 C_\mu}$$

$r_\pi // R_s$ del orden de R_L

$C_\pi >> C_\mu$.

Q_3 y Q_4 aportan el $C = C_\mu$. dado que son idénticos a Q_1 y Q_2 y tiene la misma tensión colector base aplicada.

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi \cdot (C_\pi + C_\mu)} \Rightarrow C_\pi = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_\mu = 117 pF$$

$$g_m = \frac{2}{26} = \frac{1}{13} = 0{,}077$$

$$r_\pi = \frac{200}{0{,}077} = 2600 \ \Omega$$

$$r_\pi // R_s = 1393 \ \Omega$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{r_\pi // R_s \, (C_\pi + 2 C_\mu)} = 5{,}65 \, MHz$$

$$f_{p1} = 1{,}7 \ MHz$$

Sin Q_3 y Q_4

$$\omega_{p1} = \frac{1}{r_\pi // R_s \cdot (C_\pi + 116{,}5 \cdot C_\mu)} = 1{,}12 MHz \Rightarrow f_{p1} = 179 \, kH$$

$$g_m \cdot R_L = 115{,}5$$