

1^{er} Parcial de Electrónica 2
02/10/2008

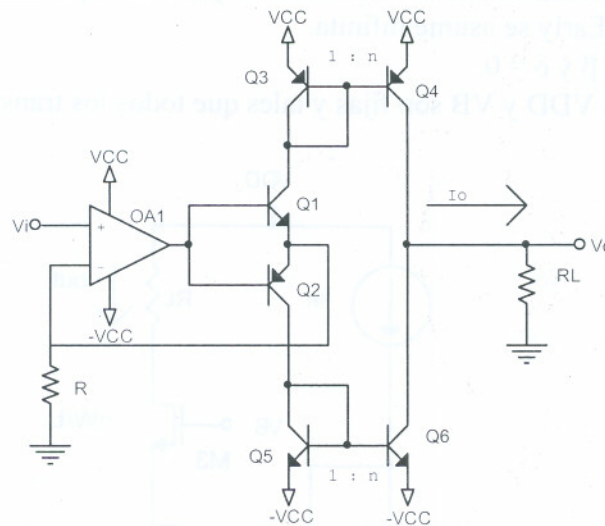
Resolver cada problema en hojas separadas.

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 : (28 puntos)



Para el circuito de la Figura, se pide:

- a) Determinar que condición deben cumplir n y V_{CC} para que se pueda entregar 30 Watts a la carga y la ganancia en tensión de la etapa sea uno.

En lo que sigue se consideran n y V_{CC} mínimo determinados en a).

- b) Calcular la eficiencia de la etapa al entregar los 30 Watts a la carga (se desprecia el consumo del operacional);
- c) Determinar la máxima potencia que deben disipar Q4 y Q6 para cualquier potencia entregada entre 0 y 30 Watts.
- d) Determine cual es la máxima temperatura ambiente (T_{AMB}) a la que puede funcionar el circuito si los transistores operan sin disipador (asuma que la máxima potencia es la disipada por Q4 y Q6).
- e) Para mejorar el resultado obtenido en la parte d), se decide utilizar un disipador cuya resistencia térmica por unidad de área es: $\theta_{SA} = 300 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$. Calcule el tamaño de dicho disipador para que el circuito funcione correctamente a una $T_{AMB} = 50^\circ\text{C}$, si $\theta_{CS} = 1^\circ\text{C}/\text{W}$.

Datos:

Transistores: $V_{BE} = 1\text{V}$; $V_{CESAT} = 0,5\text{V}$; $\beta \gg 2$; $T_{jMAX} = 150^\circ\text{C}$; $\theta_{JC} = 2^\circ\text{C}/\text{W}$; $\theta_{CA} = 20^\circ\text{C}/\text{W}$

$R_L = 16 \text{ } \Omega$; $R = 160 \text{ } \Omega$

En todo el problema se consideran señales de entrada y salida sinusoidales.

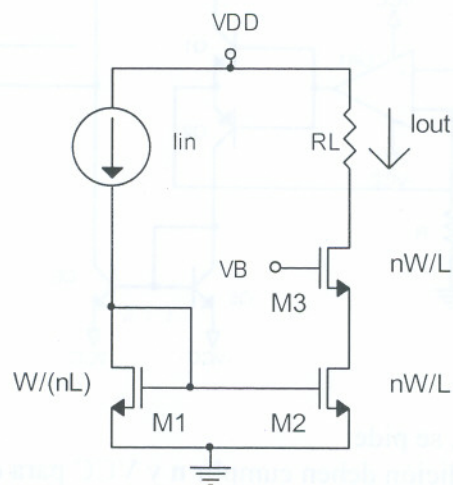
Problema 2 : (24 puntos)

El circuito de la Figura es un espejo de corriente con relación de copia no unitaria. La fuente de corriente I_{in} tiene una componente DC I_{dc} y una componente de señal i_s .

- Determine la razón de copia i_{out}/i_s a baja frecuencia, donde i_{out} es la componente de señal a la salida.
- Determine qué nodo del circuito fija el polo dominante de la transferencia i_{out}/i_s , fundamentándolo y determinar la frecuencia de este polo.

Datos:

- $g_{m3} \cdot R_L \ll 2$
- $n \geq 4$
- Los transistores tienen capacidad Gate-Source por unidad de área C_{gs}^* y capacidad de overlap por unidad de ancho Gate-Drain C_{gdov}^* . Se desprecian las capacidades C_{db} y C_{sb} y la tensión de Early se asume infinita.
- $\mu_n \cdot W/L \cdot C_{ox} = \beta$ y $\delta = 0$.
- Las tensiones V_{DD} y V_B son fijas y tales que todos los transistores operan en saturación.



Problema 3 : (28 puntos)

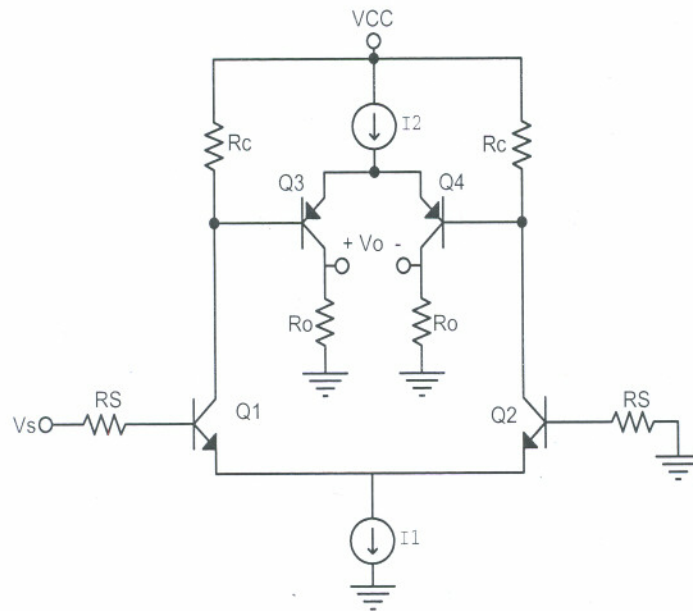
En el circuito de la figura:

- a) Determine para el caso en que $I_1=I_2=1\text{mA}$,
 - i) Ganancia a frecuencias medias
 - ii) Frecuencia de corte superior

Datos:

$R_S=100\Omega$, $R_O=1\text{k}\Omega$, $R_C=5\text{k}\Omega$.

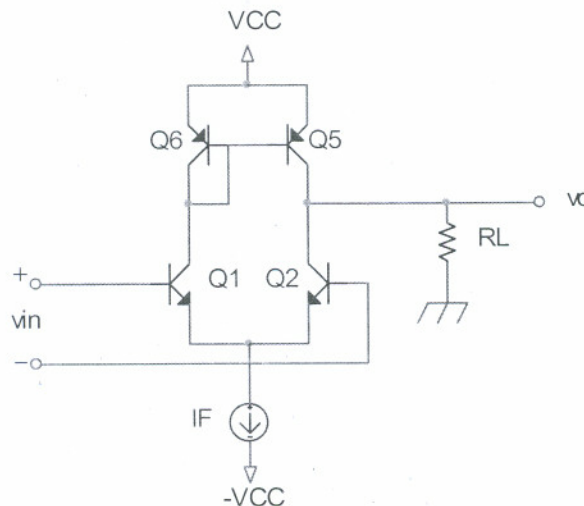
Todos los transistores tienen $\beta=100$, $C_\mu=1\text{pF}$, $C_{je}=20\text{pF}$ y $f_{T@I_C=1\text{mA}}=100\text{MHz}$



Pregunta : (20 puntos)

En el circuito de la Figura la fuente de polarización IF está afectada por una interferencia que hace que $I_F = I_o + i_n \cdot \cos(\omega_n \cdot t)$, siendo $i_n < I_o$.

- a) Determinar como afecta la interferencia a la salida en el caso en que en la entrada se tiene una señal $v_{in} = v_i \cdot \cos(\omega_i \cdot t)$, con $\omega_n \gg \omega_i$ y v_i dentro del rango lineal del par diferencial.
- b) Para eliminar el efecto de la interferencia a la salida, se agrega CL en paralelo con RL. Dimensionar CL para que el efecto de la interferencia a la salida se atenúe al menos 40dB. ¿Qué condición deben cumplir ω_i y ω_n para que el CL determinado anteriormente no afecte a la señal de interés? Justifique



PROBLEMA 1

a) * Ganancia: $i_R = \frac{v_i}{R}$

$$\left. \begin{aligned} n i_R = i_o &\Rightarrow i_o = \frac{n v_i}{R} \\ i_o &= \frac{v_o}{R_L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{v_o}{R_L} = n \frac{v_i}{R} \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = n \frac{R_L}{R}$$

para tener ganancia unitaria: $\frac{v_o}{v_i} = 1 \Rightarrow n \frac{R_L}{R} = 1 \Rightarrow \boxed{n = \frac{R}{R_L}} = 10$

* Potencia en la carga:

$$P_L = \frac{1}{2} \frac{\hat{v}_o^2}{R_L} = 30W \Rightarrow \hat{v}_o = \sqrt{60R_L}$$

$$V_{CC} - V_{BE} - \hat{v}_i > V_{CE SAT} \Rightarrow V_{CC} > \sqrt{60R_L} + V_{CE SAT} + V_{BE} \Rightarrow \boxed{V_{CC} = \sqrt{60R_L} + V_{CE SAT} + V_{BE}}$$

||
32,5 V

↑ peor caso: Q1, Q2

b)

- potencia en las fuentes de Q4, Q6: $P_{S1} = P_{S2} = \frac{1}{\pi} \frac{\hat{v}_o}{R_L} V_{CC} \Rightarrow P_{S1} = \frac{2}{\pi} \frac{\hat{v}_o}{R_L} V_{CC}$

- potencia en las fuentes de Q3, Q5: $P_{S1} = P_{S2} = \frac{1}{\pi} \frac{\hat{v}_i}{R} V_{CC} = \frac{1}{\pi} \frac{\hat{v}_o}{n R_L} V_{CC} \Rightarrow P_{S2} = \frac{2}{\pi} \frac{\hat{v}_o}{n R_L} V_{CC}$

$$\Rightarrow P_S = P_{S1} + P_{S2} = \frac{2}{\pi} \frac{\hat{v}_o}{R_L} V_{CC} \left(1 + \frac{1}{n}\right) \Rightarrow \boxed{\eta = \frac{P_L}{P_S} = \frac{30W}{\frac{2}{\pi} \frac{\sqrt{60R_L}}{R_L} V_{CC} \left(1 + \frac{1}{n}\right)} = 68\%}$$

además $P_L = 30W$

c)

- $P_{DQ4, Q6} = \frac{2}{\pi} \frac{\hat{v}_o}{R_L} V_{CC} - \frac{1}{2} \frac{\hat{v}_o^2}{R_L} \Rightarrow P_{DQ4} = \frac{\hat{v}_o}{\pi R_L} V_{CC} - \frac{1}{4} \frac{\hat{v}_o^2}{R_L}$

máxima:

$$\frac{dP_{DQ4}}{d\hat{v}_o} = \frac{V_{CC}}{\pi R_L} - \frac{1}{2} \frac{\hat{v}_o}{R_L} = 0 \Rightarrow \hat{v}_o = \frac{2V_{CC}}{\pi}$$

$$\boxed{P_{DQ4}^{máx} = \frac{2}{\pi} \frac{2V_{CC}}{\pi R_L} - \frac{1}{4} \frac{4V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L}}$$

6.6888W

B9

$$\begin{aligned} d) \underline{T_{\text{am}\acute{x}}} &= T_{\text{jm}\acute{x}} - P_D (\theta_{\text{JA}}) = T_{\text{jm}\acute{x}} - P_D (\theta_{\text{JC}} + \theta_{\text{CA}}) = \\ &= 150^{\circ}\text{C} - 6.6888\text{W} \cdot 22^{\circ}\text{C}/\text{W} = \underline{2,85^{\circ}\text{C}} \end{aligned}$$

e)

$$\frac{T_{\text{jm}\acute{x}} - T_{\text{am}\acute{x}}}{P_D} = \theta_{\text{JA}} = \theta_{\text{JC}} + \theta_{\text{CS}} + \theta_{\text{SA}}$$

$$\theta_{\text{JA}} = \theta_{\text{JC}} + \theta_{\text{CS}} + \theta_{\text{SA}} = 2^{\circ}\text{C}/\text{W} + 1^{\circ}\text{C}/\text{W} + 300^{\circ}\text{C} \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{W}} \cdot \frac{1}{\text{A}}$$

$$\Rightarrow \frac{150^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}}{6.6888\text{W}} = 2^{\circ}\text{C}/\text{W} + 1^{\circ}\text{C}/\text{W} + 300^{\circ}\text{C} \frac{\text{cm}^2}{\text{W}} \cdot \frac{1}{\text{A}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11,95 = \frac{300}{\text{A}} \Rightarrow \boxed{A = 25,10 \text{ cm}^2}$$

BS

Problema 2:

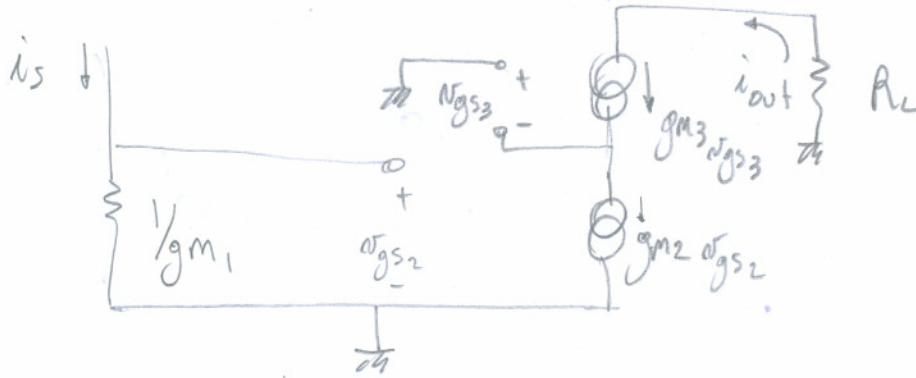
a)

$$I_{D1} = \frac{\beta_1}{2} (V_{as1} - V_T)^2$$

$$I_{D2} = \frac{\beta_2}{2} (V_{as2} - V_T)^2$$

$$\Rightarrow \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = \frac{\beta_2}{\beta_1} \frac{\mu_{Cox} nW/L}{\mu_{Cox} W/nL} = n^2$$

$$V_{as1} = V_{as2}$$



$$v_{gs1} = v_{gs2} = i_s \cdot \frac{1}{g_{m1}}$$

$$i_{out} = i_{d3} = i_{d4} = g_{m2} v_{gs2} = g_{m2} \cdot \frac{i_s}{g_{m1}}$$

$$\Rightarrow \frac{i_{out}}{i_s} = \frac{g_{m2}}{g_{m1}} = \sqrt{\frac{2\beta_2 \cdot I_{D2}}{2\beta_1 \cdot I_{D1}}} = \sqrt{n^2 \cdot n^2} = n^2$$

b)

$$A_{rez M1} = W \cdot nL$$

$$A_{rez M2} = nW \cdot L$$

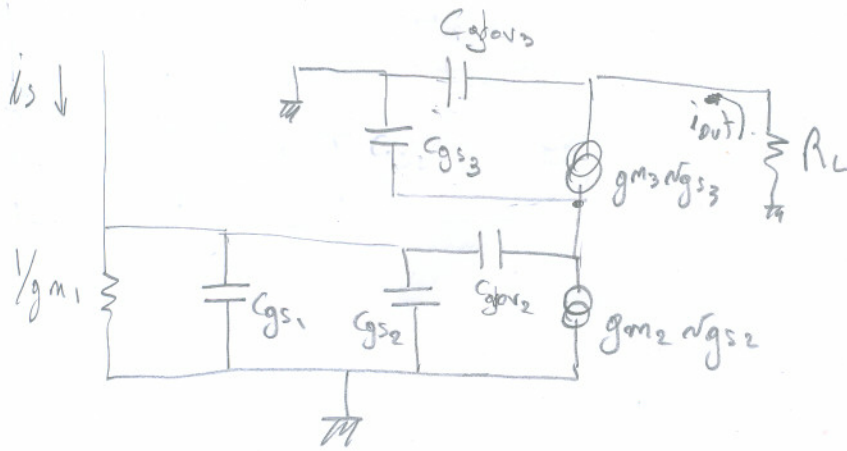
$$A_{rez M3} = nW \cdot L$$

$$\Rightarrow C_{gs1} = C_{gs2} = C_{gs3}$$

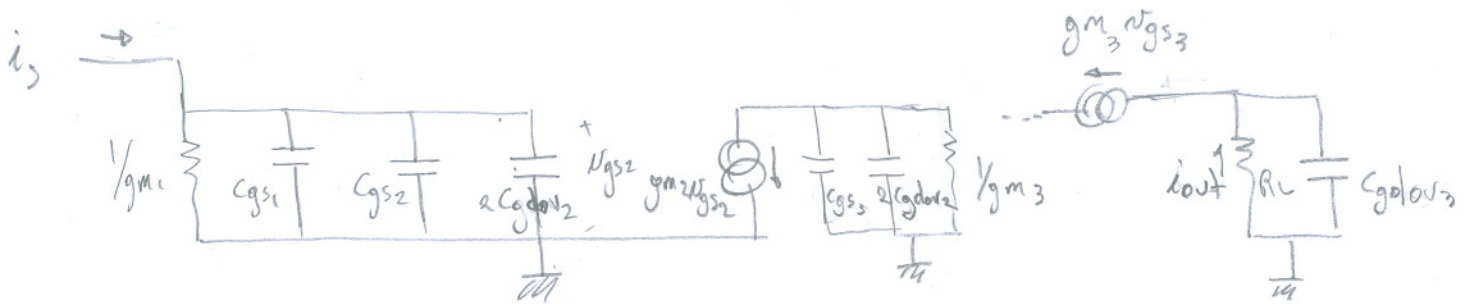
$$C_{gdov1} = W \cdot C_{gdov}^*$$

$$C_{gdov2} = C_{gdov3} = nW \cdot C_{gdov}^*$$

b)



A baja frecuencia $\frac{v_{s3}}{v_{gs2}} = -1$
 \uparrow
 $gm_2 = gm_3$



$$\omega_{p1} = \frac{1}{\frac{1}{2} g_{m1} (C_{gs1} + C_{gs2} + 2 C_{gdov2})}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{\frac{1}{2} g_{m3} (C_{gs3} + 2 C_{gdov3})}$$

$$\omega_{p3} = \frac{1}{R_L C_{gdov3}}$$

$$g_{m3} R_L \ll 2 \Rightarrow R_L \ll \frac{2}{g_{m3}} \Rightarrow R_L C_{gdov3} \ll \frac{2}{g_{m3}}$$

$$R_L C_{gdov3} \ll \frac{2}{g_{m3}} C_{gdov2} \ll \frac{2}{g_{m1}} C_{gdov2} \Rightarrow \omega_{p3} \gg \omega_{p2}$$

$$C_{gdov3} = C_{gdov2} \quad \uparrow \quad g_{m1} = \frac{g_{m3}}{n_2} \ll g_{m3} \quad \Rightarrow \omega_{p3} \gg \omega_{p1}$$

b)

$$\omega_{p1} = \frac{g_{m3}}{n^2 (2C_{gs} + 2C_{gdov2})}$$

$$\omega_{p2} = \frac{g_{m3}}{(C_{gs} + 2C_{gdov2})}$$

$$\frac{\omega_{p2}}{\omega_{p1}} = \frac{n^2 (2C_{gs} + 2C_{gdov2})}{C_{gs} + 2C_{gdov2}} > n^2 \gg 1$$

$\Rightarrow \omega_{p1}$ polo dominante



LINDA REYES.

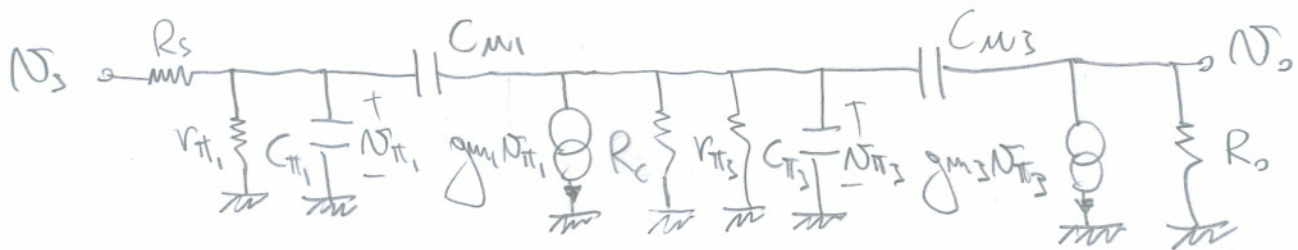
Problema 3

Polarización $I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = 0,5 \text{ mA}$

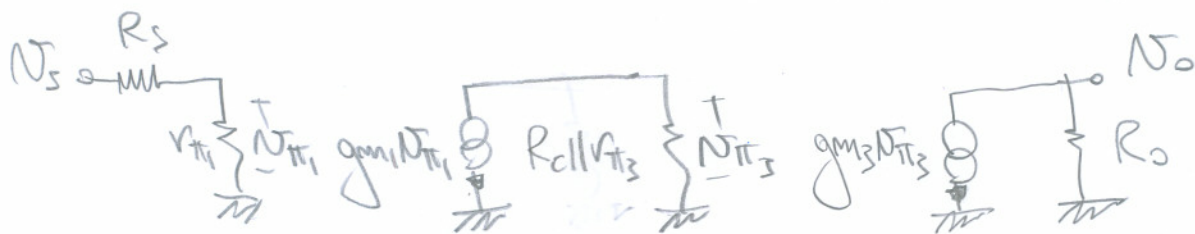
$$g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_{m4} = 2 \times 10^{-2}$$

$$V_{\pi 1} = V_{\pi 2} = V_{\pi 3} = V_{\pi 4} = 5 \text{ V}$$

Modelo en pequeña señal (medio circuito) (**)



2) A frecuencias medias el circuito queda:



$$\frac{N_o}{N_s} = \frac{N_{\pi 1}}{N_s} \frac{N_{\pi 3}}{N_{\pi 1}} \frac{N_o}{N_{\pi 3}}$$

$$G_1 = \frac{N_{\pi 1}}{N_s} = \frac{V_{\pi 3}}{V_{\pi 3} + R_s} = 0,98$$

$$G_2 = \frac{N_{\pi 3}}{N_{\pi 1}} = -g_{m1}(R_c \parallel V_{\pi 3}) = -50$$

$$G_3 = \frac{N_o}{N_{\pi 3}} = -g_{m3} R_o = -20$$

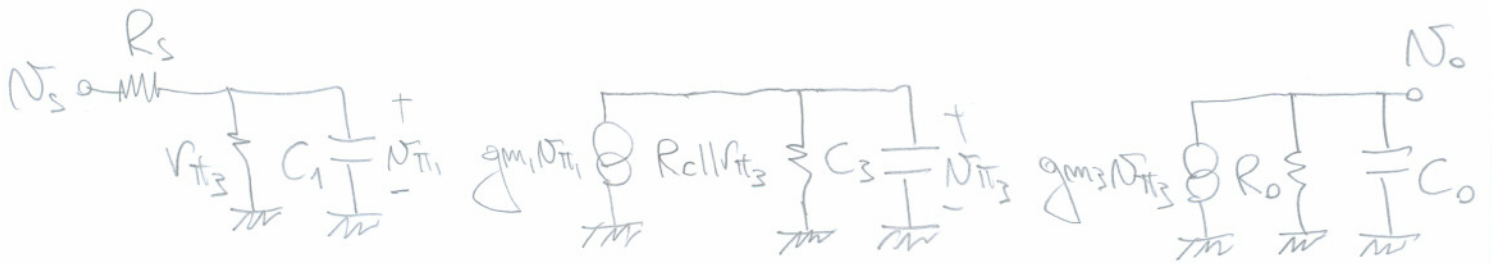
$$\Rightarrow G = G_1 G_2 G_3 = 980 \Rightarrow$$

$$G = 980$$

(**) Puedo partir en dos porque asumo que el circuito tiene un alto CMRR \Rightarrow la salida solo responde a la señal diferencial.

Problema 3

b) Bajando C_{M1} y C_{M3} por Miller nos queda:



Donde: $C_1 = C_{\pi 1} + C_{M1}(1 - G_2) = C_{\pi 1} + 51C_{M1}$

$C_3 = C_{\pi 3} + C_{M1} + C_{M3}(1 - G_5) = C_{\pi 3} + C_{M1} + 21C_{M3}$

$C_0 = C_{M3}$

$f_{P1} = \frac{1}{2\pi(R_s || R_{\pi 3})C_1}$; $f_{P2} = \frac{1}{2\pi(R_c || R_{t3})C_3}$; $f_{P3} = \frac{1}{2\pi R_o C_0}$

Para hallar $C_{\pi 1}$ y $C_{\pi 3}$:

$f_{T@1mA} = \frac{g_{m@1mA}}{2\pi(C_{T@1mA} + C_M)}$

$C_{T@1mA} = \frac{g_{m@1mA}}{2\pi f_{T@1mA}} - C_M = 62,7 \text{ pF} = KI + C_{je}$

$K = \frac{62,7 - C_{je}}{I} = \frac{62,7 - 20}{1} = 42,7 \Rightarrow C_{T@0,5mA} = 42,7 \cdot 0,5 + 20 = 41,3 \text{ pF}$

$C_{\pi 1} = C_{\pi 3} = 41,3 \text{ pF}$

\Rightarrow Sustituyendo los valores: $C_1 = 92,3 \text{ pF}$; $C_2 = 63,3 \text{ pF}$; $C_0 = 1 \text{ pF}$

$\Rightarrow f_{P1} = 17,6 \text{ MHz}$; $f_{P2} = 1,01 \text{ MHz}$; $f_{P3} = 159 \text{ MHz}$

$\Rightarrow f_{P2}$ polo dominante $\Rightarrow f_{-3dB} \approx f_{P2} \Rightarrow f_{-3dB} = 1 \text{ MHz}$

Pablo Castro



PREGUNTA

1er parcial octubre 2008
Electrónica 2

$$\begin{aligned}
 a) \quad i_{c1} &= \frac{I_F}{2} + g_m \frac{v_{in}}{2} \\
 i_{c2} &= \frac{I_F}{2} - g_m \frac{v_{in}}{2} \\
 i_o &= i_{c1} - i_{c2}
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow i_o = g_m v_{in}$$

$$g_m = \frac{I_o + i_n \cos(\omega_n t)}{2V_T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_o = \frac{I_o + i_n \cos(\omega_n t)}{2V_T} \cdot v_{in}, \quad v_o = R_L i_o \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_o = R_L \cdot \frac{I_o + i_n \cos(\omega_n t)}{2V_T} \cdot v_{in} \Rightarrow \boxed{v_o = \frac{R_L I_o}{2V_T} v_{in} + \frac{R_L i_n \cos(\omega_n t)}{2V_T} v_{in}}$$

La interferencia aparece en la salida multiplicada con la entrada.

b) $v_{in} = v_i \cos(\omega_i t)$

$\omega_n \gg \omega_i$

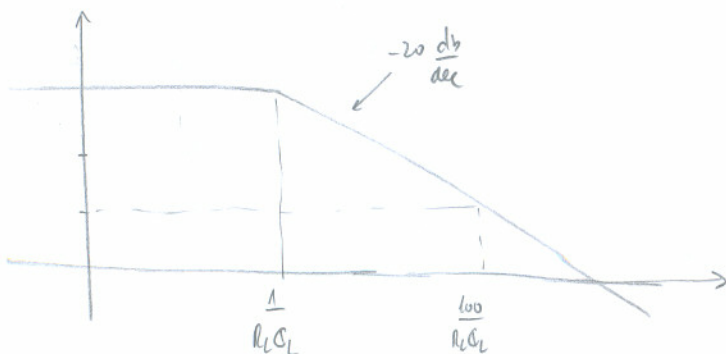


La interferencia genera una componente en $\omega_n - \omega_i$ y otra en $\omega_n + \omega_i$

Con $R_L \parallel R_C$ tenemos un filtro pasabajos de 1er orden con polo en $\frac{1}{R_L C_L}$ y pendiente = $-20 \frac{db}{dec} \Rightarrow$

\Rightarrow para atenuar 40 db necesitamos 2 décadas: $\frac{100}{R_L C_L} < \omega_n - \omega_i$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \omega_n \gg \omega_i \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{C_L > \frac{100}{R_L \omega_n}}$$



\Rightarrow Para que C_L no afecte las señales de interés debemos imponer que $\omega_i \ll \frac{1}{R_L C_L}$ o equivalentemente que $\omega_i \ll \frac{\omega_n}{100}$

J.