

Examen de Electrónica Avanzada 2
10/08/2020

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas.

La prueba es sin material.

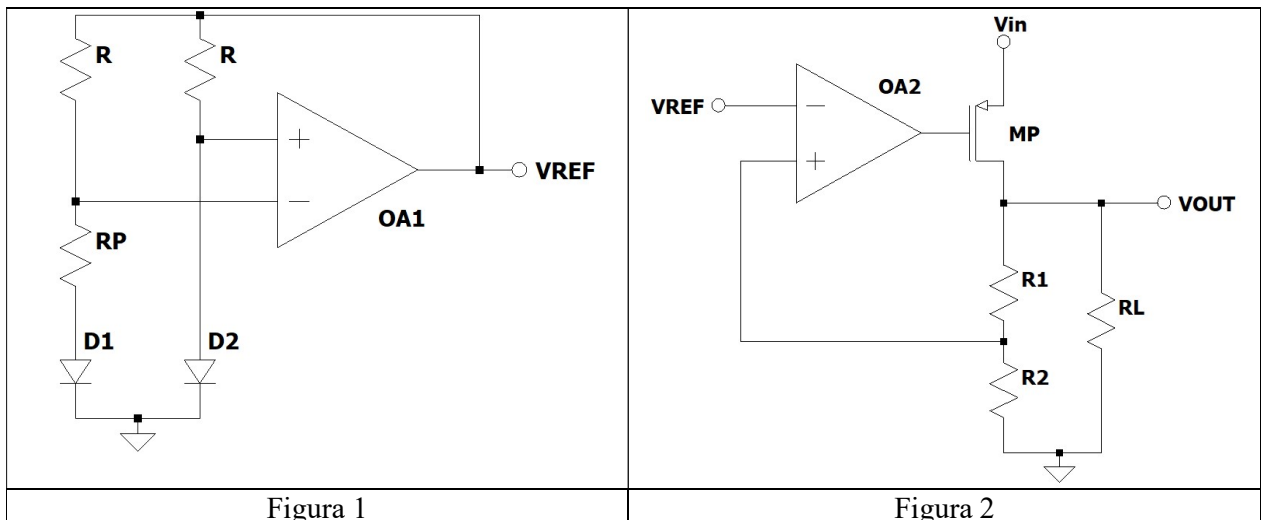
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1: (37 puntos)

- En el circuito de la Figura 1 obtenga una expresión analítica para la corriente por los diodos D1 y D2. ¿Cuál es la dependencia con la temperatura? Considerar despreciable la dependencia con la temperatura de las resistencias.
- Dimensione R y RP para que la corriente por los dos diodos D1 y D2 sea igual a $50 \mu\text{A}$ @ 300 K y la tensión VREF sea independiente de la temperatura. ¿Cuánto vale VREF?
- En el regulador lineal de la Figura 2 se utiliza la tensión VREF del circuito de la Figura 1 como se indica. Determine la tensión de salida VOUT y la corriente máxima que puede entregar el regulador a la carga si la tensión de Dropout es 200 mV.
- Calcule la regulación de línea del circuito si $R_L=100 \Omega$ y el amplificador operacional tiene una ganancia DC $A_0=300 \text{ V/V}$. ¿Cuánto varía entonces VOUT si VIN pasa de 5 V a 10 V?

Datos:

- D1, D2: $I_{S1}=8I_{S2}$, $V_\gamma=1.21 \text{ V} - \alpha T$ tal que $\alpha=2.2 \text{ mV/K}$
- $R_1=200 \text{ k}\Omega$, $R_2=120 \text{ k}\Omega$
- MP: $V_t=0.9 \text{ V}$, $n=1.3$, $\mu_{Cox}=150 \mu\text{A/V}^2$, $W=3000 \mu\text{m}$, $L=0.45 \mu\text{m}$, V_A infinito.



Problema 2: (37 puntos)

Para el circuito de la Figura 1 calcule:

- Frecuencia y condición de oscilación, condición de arranque. Dar las expresiones literales y su valor numérico.
- Si $V_{DD} = 5V$ calcule la amplitud de las oscilaciones. Indique claramente que curvas y valores de la gráfica de la Figura 2 fueron usados.
- Si se modifican los valores de las inductancias $L1$ y $L2$ a $L1 = 1 \mu H$ y $L2 = 33,5 \mu H$, ¿cuál es la nueva amplitud de las oscilaciones?

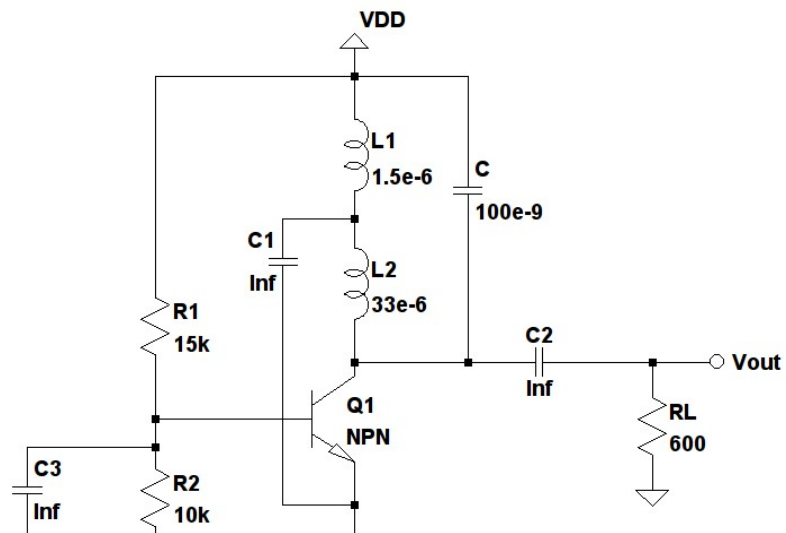


Figura 1

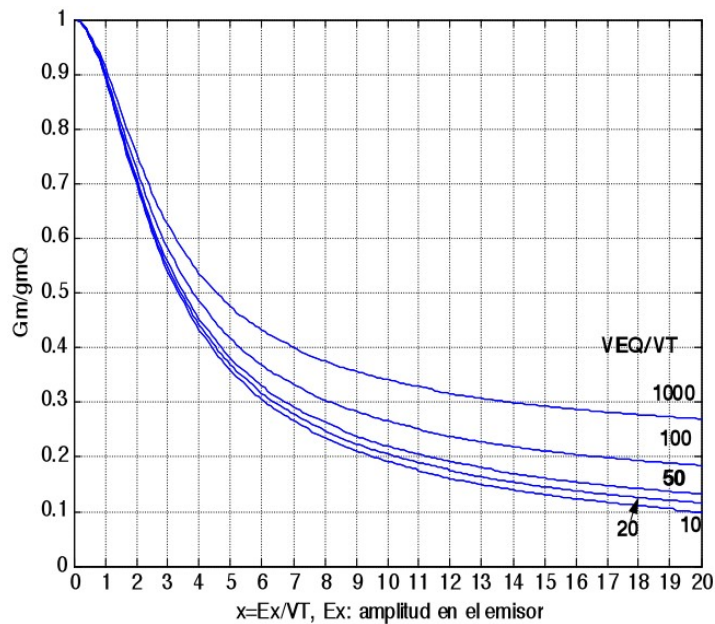


Figura 2

Pregunta : (26 puntos)

Para el amplificador de la Figura 1:

- Determine en función de los componentes y parámetros de pequeña señal de M (g_{mM}) y Q (g_{mQ} , r_{π}) los valores de A y β que permiten representar al amplificador en un diagrama de bloques de sistema realimentado.
- Determinar las resistencias vistas de entrada y salida del amplificador realimentado.

Considerar: R_g arbitrariamente grande, capacitores infinitos y tensión de Early infinita.

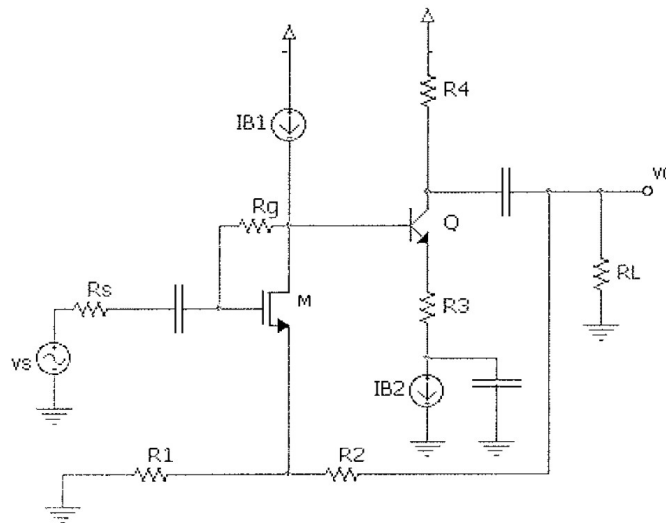


Figura 1

Examen Electrónica Avanzada 2 - 10/08/2020

Problema 1

$$a) \left. \begin{aligned} V_{AK1} - V_{AK2} &= V_T \ln\left(\frac{I_{D1}}{8I_{D2}}\right) = V_T \ln\left(\frac{1}{8}\right) \\ V_{AK2} - V_{AK1} &= R_P I_{D1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \boxed{I_{D1} = \frac{V_T}{R_P} \ln(8)}$$

La corriente depende linealmente de la temperatura.

$$b) \left. \begin{aligned} (R+R_P) I_{D1} &= V_{ref} - 1,21V + \alpha T \\ I_{D1} &= \frac{V_T}{R_P} \ln(8) = \frac{kT}{q} \ln(8) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{(R+R_P) kT}{R_P q} \ln(8) = V_{ref} - 1,21V + \alpha T$$

V_{ref} independiente de T , si $\frac{kT}{q} \ln(8) = \frac{R_P}{R+R_P} \alpha T \Rightarrow$

$$\Rightarrow 1 + \frac{R}{R_P} = \frac{2,2mV/K \cdot 300K}{26mV \cdot \ln(8)} \Rightarrow \frac{R}{R_P} = 11,2 \Rightarrow \boxed{V_{ref} = 1,21V}$$

$$I_{D1} = \frac{V_{ref} - V_{AK1}}{R+R_P} = \frac{V_{ref} - 1,21V + \alpha T}{R+R_P}$$

$$I_{D1}(300K) = 50\mu A = \frac{2,2mV/K \cdot 300K}{R+R_P} \Rightarrow \boxed{R+R_P = 13,2k\Omega}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_P = 1,1k\Omega} \quad \left\{ \quad \boxed{R = 12k\Omega} \right.$$

c) $V_{DO} = R_{on} I_L^{max}$

$$R_{on} = \frac{1}{\mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{in}^{min} - |V_{t1}|)}$$

$$\Rightarrow I_L^{max} = V_{DD} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{in}^{min} - |V_{t1}|)$$

$$V_{in}^{min} = 0,95 V_{out} + V_{DO}$$

$$V_{out} = \frac{V_{ref}}{\beta}, \text{ siendo } \beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_{out} = \frac{V_{ref}}{0,375} = 3,23V$$

$$= 0,375 \frac{V}{V}$$

$$\Rightarrow V_{in}^{min} = 3,27V$$

$$\Rightarrow \boxed{I_L^{max} = 44 \mu A}$$

d) $\frac{V_{out}}{V_{in}} \approx \frac{1}{A_{of}} = 0,00889 \frac{V}{V}$ ← regulación de línea

$$\Delta V_{in} = 5V \Rightarrow \Delta V_{out} = 5V \cdot 0,00889 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta V_{out} = 44 mV}$$

si $\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)_{ol} \gg 1$

$$\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)_{ol} = g_m A_{of} \beta, \text{ donde } r_{out} = (R_1 + R_2) || R_L, \beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

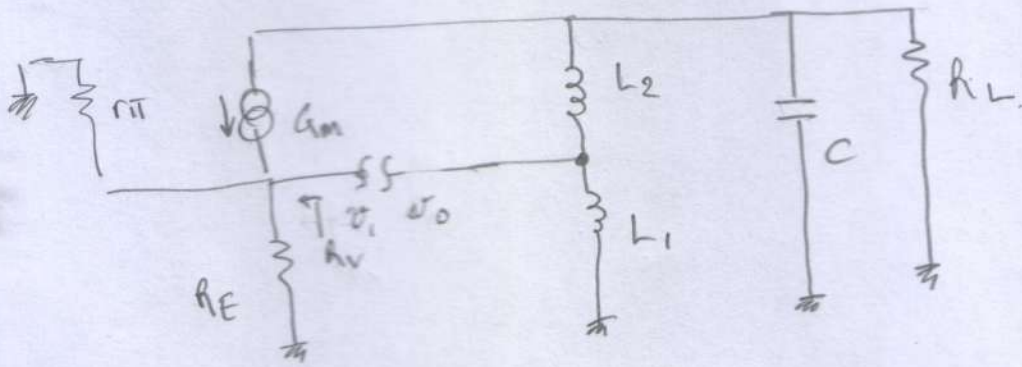
$$g_m = \sqrt{2 \mu C_{ox} \frac{W}{L} \frac{I_D}{n}} \Rightarrow g_m = 223 mS \Rightarrow \left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)_{ol} = 2509 \frac{V}{V} \gg 1$$

$$I_D = I_{R_1, R_2} + I_L \Rightarrow I_D = 323 \mu A$$

$$I_{R_1, R_2} = \frac{V_{out}}{R_1 + R_2} = 10 \mu A$$

$$I_L = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{3,23V}{100\Omega} = 32,3 \mu A$$

verifica hipótesis



Sop. \$R_E \gg L_1 \omega_{osc}\$

$$v_o = g_m v_i \left((L_1 + L_2) s \parallel \frac{1}{C} \parallel R_L \right) \cdot \frac{L_1 s}{(L_1 + L_2) s}$$

$$= g_m v_i \frac{L_1 s}{(L_1 + L_2) s} \cdot \frac{1}{\frac{1}{(L_1 + L_2) s} + C s + \frac{1}{R_L}} =$$

$$= g_m v_i \frac{L_1 s}{(L_1 + L_2) s} \frac{R_L (L_1 + L_2) s}{R_L + R_L (L_1 + L_2) C s^2 + (L_1 + L_2) s} =$$

$$G_{ol} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m R_L L_1 s}{R_L (L_1 + L_2) C s^2 + (L_1 + L_2) s + R_L}$$

$$s = j\omega \quad \omega_{osc} \neq \text{Im}(G_{ol}) = 0 \Rightarrow -R_L (L_1 + L_2) C \omega_{osc}^2 + R_L = 0$$

$$\Rightarrow \omega_{osc} = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C}} \Rightarrow f_{osc} = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_1 + L_2) C}} = 85 \text{ kHz}$$

$$\text{Cond OSC} \quad \text{Re}(G_{ol}) = 1 \Rightarrow \frac{g_m R_L L_1}{L_1 + L_2} = 1$$

$$\Rightarrow g_m = \frac{(L_1 + L_2)}{L_1 R_L}$$

$$\text{Cond} \text{ } \omega_{range} \quad g_m > \frac{(L_1 + L_2)}{L_1 R_L}$$

$$b) I_{CQ} = \frac{V_{EQ}}{R_E} = \frac{\left(\frac{V_{DD} \cdot R_L}{R_1 + R_2} - 0,7 \right)}{R_E} = 3,3 \text{ mA} \quad , \quad \frac{V_{EQ}}{V_T} = \frac{1,3 \text{ V}}{V_T} = 50$$

$$g_{mQ} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 128 \text{ mS}$$

$$G_m = \frac{L_1 + L_2}{L_1 \cdot R_L} = 38,3 \text{ mS}$$

$$\Rightarrow \frac{G_m}{g_{mQ}} = 0,3$$

DE CURVA PARA $\frac{V_{EQ}}{V_T} = 50$ PARA $\frac{G_m}{g_{mQ}} = 0,3 \Rightarrow X = 6,8$

$$\Rightarrow E_x = V_T \cdot 6,8 = 177 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow E_T = \frac{L_1 + L_2}{L_1} E_x$$

$$\Rightarrow E_T = 4 \text{ V}$$

c)

$$L_1 = 1 \text{ nH}$$

$$L_2 = 33,5 \text{ nH}$$

$$\Rightarrow G_m = 57,5 \text{ mS}$$

$$\frac{G_m}{g_{mQ}} = 0,45 \quad \text{DE CURVA PARA } \frac{V_{EQ}}{V_T} = 50$$

PARA $\frac{G_m}{g_{mQ}} = 0,45 \Rightarrow X = 4$

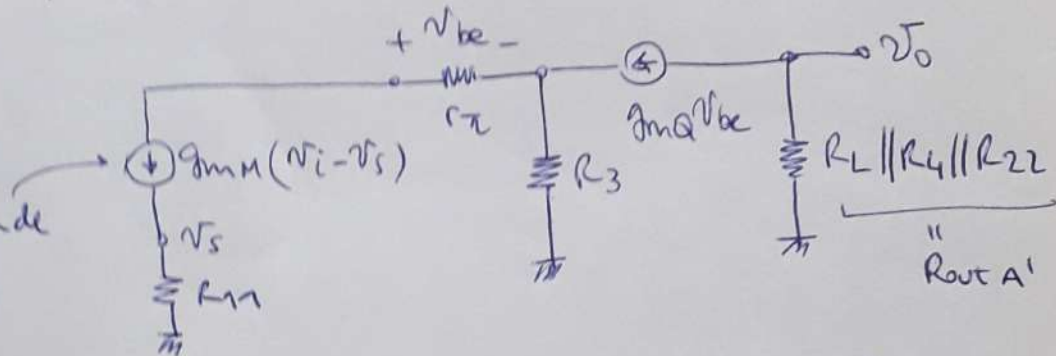
$$\Rightarrow E_x = V_T \cdot 4 = 104 \text{ mV} \quad \Rightarrow E_T = E_x \cdot \frac{L_1 + L_2}{L_1} = 3,6 \text{ V}$$

Pregunta

a) BLOQUE β : $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$; $R_{11} = R_1 \parallel R_2$; $R_{22} = R_1 + R_2$

BLOQUE A':

R_g arbitrariamente grande
($v_i = v_g$).



$$v_o = -g_m v_{be} (R_L \parallel R_4 \parallel R_{22})$$

$$v_{be} = -r_{\pi} g_m (v_i - v_s) \Rightarrow \frac{v_{be}}{r_{\pi}} = -g_m (v_i - v_s)$$

$$v_s = R_{11} g_m (v_i - v_s) \Rightarrow v_s = \frac{R_{11} g_m v_i}{1 + R_{11} g_m}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{be}}{r_{\pi}} = \frac{-g_m v_i}{1 + R_{11} g_m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{v_o}{v_i} \right)_{A'} = \frac{g_m g_m r_{\pi} (R_L \parallel R_4 \parallel R_{22})}{1 + R_{11} g_m}$$

b) $R_{in} = R_g$ arbitrariamente grande

$$R_{out} = \frac{R_{out A'}}{1 + A' \beta}, \text{ donde } A' = \left(\frac{v_o}{v_i} \right)_{A'}, \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ y } R_{out A'} = R_L \parallel R_4 \parallel R_{22}$$