

Examen de Electrónica 2
26/07/2012

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 : (39 puntos)

- a) Para el oscilador de la Figura 1 calcular frecuencia y condición de oscilación.
- b) Si la relación G_m/g_mQ en función de $x = V_i/V_T$ (V_i = amplitud de la señal sinusoidal en VBE) es la dada en la Tabla 1, ¿cual es el valor de la amplitud de las oscilaciones?
- c) Se desea bajar a la tercera parte la amplitud de las oscilaciones, para lo cual se propone modificar R_{bias} , ¿cuál es el nuevo valor necesario para lograr dicho objetivo?

Datos: Para todos los transistores $\beta = 200$, Voltaje de Early V_A se podrá considerar infinito, $V_{BE} = 0,6V$.

El transformador T1 se puede modelar según la Figura2 con $n=10$.

$V_{CC} = 5V$, $R_{bias} = 4.4k\Omega$, $R_L = 1.8k\Omega$, $C_L = 2.5nF$, $L_1 = 4 \mu H$, $C = inf$.

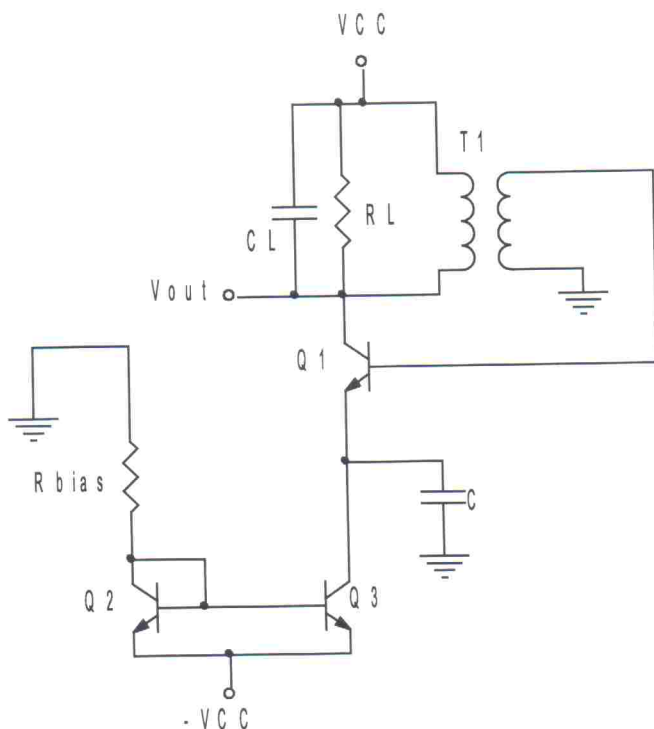
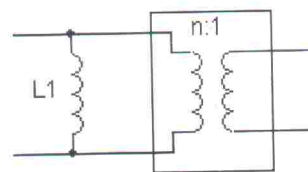


Figura1



Transformador Ideal

Figura2

$$G_m/g_mQ = 2 \cdot 11(X) / (X \cdot 10(X))$$

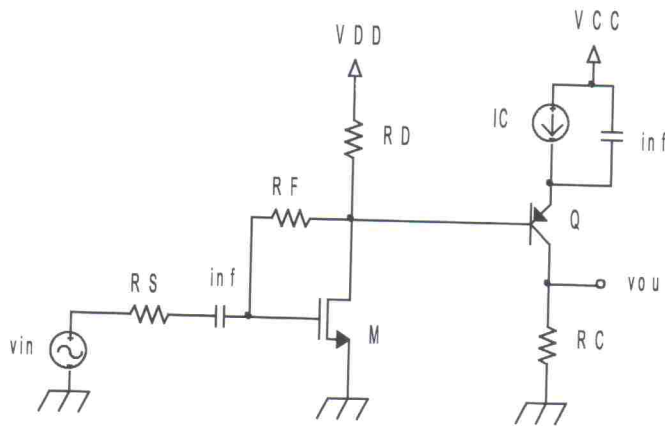
X	Gm/gm	X	Gm/gm
0,5	0.9700	10,5	0.1812
1	0.8928	11	0.1733
1,5	0.7948	11,5	0.1662
2	0.6978	12	0.1596
2,5	0.6120	12,5	0.1535
3	0.5400	13	0.1478
3,5	0.4806	13,5	0.1426
4	0.4318	14	0.1377
4,5	0.3913	14,5	0.1331
5	0.3574	15	0.1288
5,5	0.3287	15,5	0.1248
6	0.3041	16	0.1210
6,5	0.2829	16,5	0.1175
7	0.2644	17	0.1141
7,5	0.2482	17,5	0.1110
8	0.2338	18	0.1080
8,5	0.2210	18,5	0.1051
9	0.2095	19	0.1025
9,5	0.1991	19,5	0.0999
10	0.1897	20	0.0975

Tabla 1

Problema 2: (38 puntos)

En el amplificador de la Figura determinar:

- Ganancia a frecuencias medias
- Frecuencia de corte superior



Datos:

$V_{CC}=V_{DD}=3V$ $I_C=0.1mA$
 $R_C=6.8k$ $R_D=6.8k$ $R_F=10M$ $R_S=1k$
 $M: V_t=1V$ $\delta=0$ $\mu_{Cox}(W/L)=10 mA/V^2$ $C_{gs}=C_{gd}=1pF$
 $Q: V_{EB}=0.7V$ $\beta=200$ $C_{\mu}=0.8pF$ $C_{je}=5pF$ $f_T@10mA=6GHz$

Problema 3: (23 puntos)

En el circuito R-C de la Fig. 1, debido al ruido térmico, se tiene una tensión rms de ruido a la salida de valor v_{onrms} .

- ¿Cuál es el valor de la tensión de ruido rms a la salida si se duplica el valor de la resistencia, manteniendo el valor de la capacidad? ¿Y si se duplica el valor de la capacidad manteniendo el valor de la resistencia?
- ¿Cuánto vale la tensión rms de ruido a la salida si $R = 100k\Omega$ y $C = 10pF$? Recordar que a temperatura ambiente kT vale $4.15 \cdot 10^{-21} V.C$.
- El circuito RC de la parte b) se conecta a la entrada de un seguidor como se muestra en la Fig. 2.. El ruido rms equivalente de entrada del seguidor está dado por $v_{insegrms} = 15\mu V_{rms}$, es decir que todo el ruido que aporta el seguidor se puede representar por la fuente de ruido $v_{onsegrms}$ como se muestra en la Fig. 2. Indicar en este caso cuánto vale el ruido rms total a la salida del seguidor, teniendo en cuenta las contribuciones del circuito RC y del seguidor.

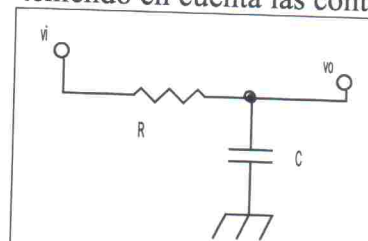


Fig. 1

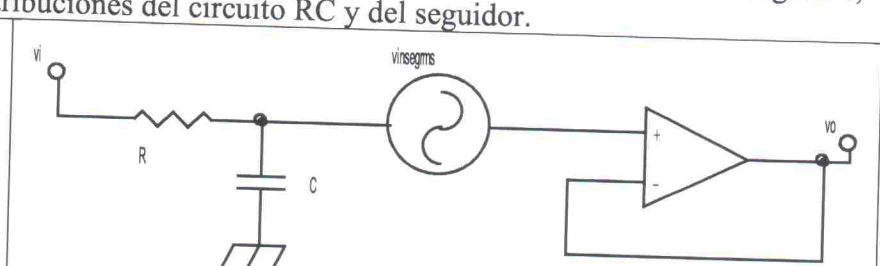
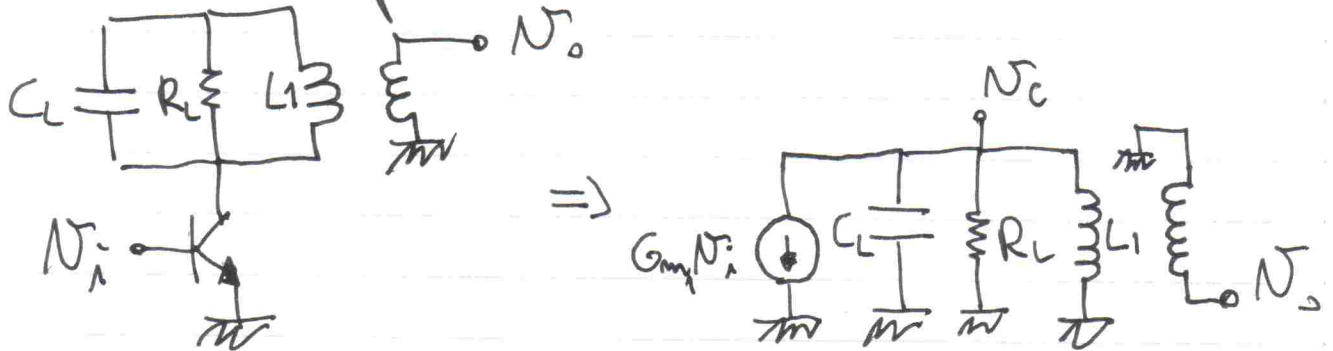


Fig. 2

Problema 1

2) Abro el loop en la base de $Q_1 \Rightarrow$



$$\Rightarrow N_c = - \frac{G_m N_i}{C_L s + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{L_1 s}} \quad \Rightarrow \quad \frac{N_o}{N_i} = \frac{(G_m/m)}{C_L s + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{L_1 s}} = A\beta(s)$$

$$N_o = - \frac{N_c}{m}$$

$$\Rightarrow A\beta(j\omega) = \frac{G_m/m}{C_L j\omega + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{j\omega L_1}} \Rightarrow$$

$$f_{osc}: C_L \omega_{osc} - j \frac{1}{\omega_{osc} L_1} = 0 \Rightarrow$$

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_L}}$$

Condición de oscilación:

$$\frac{G_m R_L}{m} = 1$$

Problema 1

$$b) \quad G_{m1} = \frac{M}{R_L} = 5,6 \text{ mA/V}$$

$$g_{m2} = \frac{I_{C1}}{V_T}$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = \frac{V_{CC} - V_{BE3}}{R_{bias}} = 1 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow g_{m2} = 385 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$\Rightarrow G_{m1}/g_{m2} = 0,144$$

De la tabla considero el punto más cercano que es

$$G_{m1}/g_{m2} = 0,1426 \Rightarrow X = 13,5$$

$$V_{basepico} = X \cdot V_T = 351 \text{ mV}$$

$$V_{opico} = G_{m1} \cdot R_L \cdot V_{basepico} = 3,5 \text{ V} \Rightarrow \boxed{V_{opico} = 3,5 \text{ V}}$$

c) Como $V_{opico} = G_{m1} R_L V_{basepico} \Rightarrow$ tengo que

$$\text{lograr que } V_{basepico}^* = V_{basepico}/3 \Rightarrow X^* = X/3 = 4,5$$

$$\Rightarrow \text{de la tabla } G_{m1}/g_{m2}^* = 0,139 \Rightarrow g_{m2}^* = G_{m1}/0,139$$

$$g_{m2}^* = \frac{I_C^*}{V_T} = \frac{V_{CC} - V_{BE3}}{R_{bias}^* V_T} \Rightarrow R_{bias}^* = \frac{V_{CC} - V_{BE3}}{g_{m2}^* V_T} = 11,88 \text{ k}\Omega$$

$$\boxed{R_{bias}^* = 11,88 \text{ k}\Omega}$$

Problema 2



a) Ganancia a frecuencias medias

DC:

$$I_{CQ} = I_C = 0.1 \text{ mA} \rightarrow \begin{cases} g_{mQ} = \frac{I_C}{V_T} = 3.8 \text{ mS} \\ r_{\pi} = 52 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$I_{Dn} = I_D = 0.5 \text{ k} \cdot (V_Q - V_T)^2 \quad |1| \quad V_S = 0, \quad k = \mu C_{ox} \frac{W}{L}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_Q}{R_D} \rightarrow V_Q = V_{DD} - I_D R_D \quad |2|$$

$$\text{De } |1| \text{ y } |2|: \quad 0.5 \text{ k} \cdot R_D^2 I_D^2 - (1 + k(V_{DD} - V_T) \cdot R_D) \cdot I_D + 0.5 \text{ k} \cdot (V_{DD} - V_T)^2 = 0$$

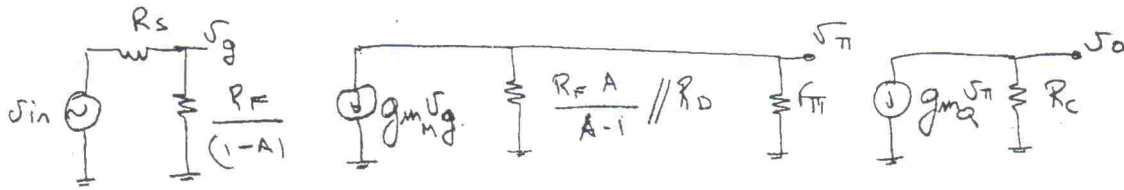
Hay 2 soluciones: $I_{D1} = 0.33 \text{ mA}$
 $I_{D2} = 0.26 \text{ mA}$

$V_Q = V_S$ porque por R_F no circula corriente en dc \rightarrow necesariamente el transistor debe estar a saturación. $\rightarrow V_{Q2} > V_T$

Para $I_{D1} \rightarrow V_{Q1} = V_{DD} - I_{D1} R_D = 0.75 \text{ V} < V_T \quad \times$
 Para $I_{D2} \rightarrow V_{Q2} = 1.2 \text{ V} > V_T \quad \checkmark \quad \leftarrow \quad \underline{I_D = 0.26 \text{ mA}}$

5/13

A frecuencias medias:

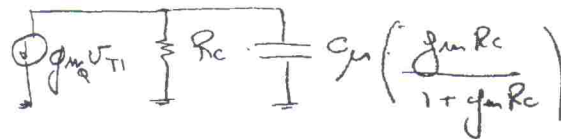
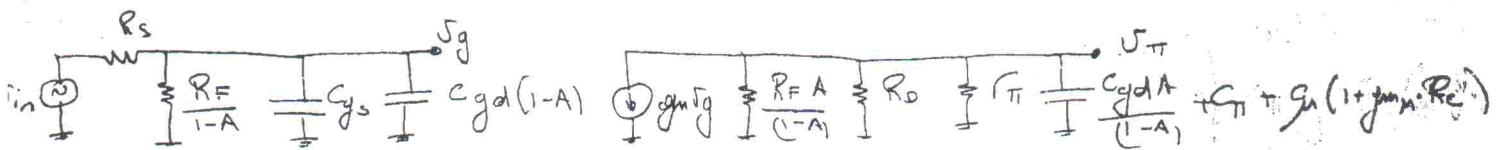


$$A = \frac{v_{\pi}}{v_g}$$

$$v_{\pi} \approx \underset{\substack{\text{supongo} \\ A \gg 1}}{g_{mM}} \cdot r_{\pi} \parallel R_F \parallel R_D v_g \approx g_{mM} r_{\pi} \parallel R_D v_g \Rightarrow A = -13.$$

$$A_{Tot} = \frac{v_o}{v_g} = A \cdot \overbrace{(-g_{mQ} R_C)}^{v_o/v_{\pi} = 26} = \underline{338 \text{ V/V}}$$

b) Frecuencia de corte superior: Aplico Millera a C_{gd} y C_{μ}



$$f_1 \approx \frac{1}{2\pi \cdot R_s \cdot (C_{gs} + C_{gd} \cdot \frac{(1-A)}{14})} = 10,6 \text{ MHz}$$

$$f_2 \approx \frac{1}{2\pi \cdot R_D \parallel r_{\pi} \cdot (C_{gd} + C_{\pi} + C_{\mu} \cdot (1 + g_{mR_C}))} = \boxed{0,95 \text{ MHz} = f_{-3dB}}$$

$$f_3 = \frac{1}{2\pi R_C C_{\mu}} = 29 \text{ MHz}$$



Cálculo de C_{π} :

$$f_{\pi @ 10\mu A} = \frac{g_{m @ 10\mu A}}{2\pi(C_{\pi} + C_{\mu})}$$

$$g_{m @ 10\mu A} = 0,38 \text{ S.}$$

$$2\pi(C_{\pi} + C_{\mu}) = \frac{g_{m @ 10\mu A}}{f_{re @ 10\mu A}} = 64 \times 10^{-12} \rightarrow C_{\pi @ 10\mu A} = \frac{64 \times 10^{-12}}{2\pi} - C_{\mu} = 9,4 \times 10^{-12}$$

$$C_{\pi @ 10\mu A} = C_{je} + \alpha \frac{I_C}{10\mu A} \Rightarrow \alpha = 0,44 \times 10^{-9} \rightarrow C_{\pi @ 10\mu A} = C_{je} + \alpha \cdot 1\mu A = \underline{5,499}$$

R. Parelli

Problema 3

a) En un pasabajas RC $N_{\text{rms}}^{\text{noise}} = \sqrt{\frac{8T}{C}}$

\Rightarrow Si se duplica la R \Rightarrow no pasa nada desde el punto de vista del ruido.

\Rightarrow Si se duplica C $\Rightarrow N_{\text{rms}}^{\text{noise}} = \frac{N_{\text{rms}}^{\text{noise}}}{\sqrt{2}}$

b)
$$N_{\text{rms}}^{\text{noise}} = \sqrt{\frac{4,15 \times 10^{-21}}{10 \times 10^{-12}}} = 20,3 \mu\text{V}$$

c)
$$N_{\text{rms}}^{\text{tot}2} = N_{\text{rms}}^{\text{noise}2} + N_{\text{rms}}^{\text{inseg}2}$$

$\Rightarrow N_{\text{rms}}^{\text{tot}} = \sqrt{(20,3 \times 10^{-6})^2 + (15 \times 10^{-6})^2} = 25,3 \times 10^{-6}$

$\Rightarrow N_{\text{rms}}^{\text{tot}} = 25,3 \mu\text{V}$