

Examen de Electrónica 2
15/02/2016

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)

El circuito de la figura es una amplificador "sintonizado" a ser usado en la etapa de frecuencia intermedia de un receptor de FM. Suponiendo que la frecuencia central y banda pasante del mismo quedan determinados por el circuito resonante a la salida:

a) Calcular el valor de R, L y C si se deben cumplir la siguientes especificaciones:

Frecuencia central 10.7 MHz, Ganancia en la banda pasante = 500, ancho de la banda pasante 200KHz (recordar que en un circuito resonante RLC paralelo el ancho de banda es aproximadamente igual a (frecuencia central/factor de calidad) = $(1/(2 \cdot \pi \cdot R \cdot C))$)

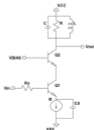
b) Verificar que los polos introducidos por las capacidades de los transistores en la entrada y nodo intermedio (colector de Q1) son mucho mayores que la frecuencia central.

DATOS:

- El condensador C_d se podrá considerar infinito.
- La corriente $I_0 = 10\text{mA}$, $R_s = 250 \text{ Ohm}$.
- VCC, VEE y VBIAS tales que los transistores operan en zona activa.

Los transistores Q1 y Q2 son idénticos y tienen:

- Tensión de early VA infinito.
- Beta = 100
- $C_{je} = 2 \text{ pF}$, $C_{mu} = 1 \text{ pF}$
- $f_T @ I_c = 2\text{mA} = 3 \text{ GHz}$.



Problema 2: (39 puntos)

- a) Determinar la tensión de polarización necesaria en V_{in} para que la tensión de reposo a la salida sea de 0V.
- b) Se desea que la corriente en reposo por Q4 y Q5 sea $I_Q=5\text{mA}$, lo que se corresponde con una caída de 0.5V de tensión base-emisor en Q4 y una caída de 0.5V de tensión emisor-base en Q5. Determinar R_{M1} y R_{M2} si la suma de ambas es $12\text{k}\Omega$.

En lo que sigue se supondrá se verifican las condiciones de las partes a) y b)

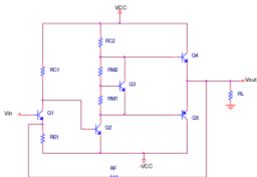
- c) Determinar la corriente de polarización por Q1 y Q2.
- d) Se desea representar el amplificador por un diagrama de bloques de sistema realimentado A, β donde la entrada de A es la tensión base-emisor de Q1 y la entrada del sistema realimentado total es V_{in} . Determinar A, β y la ganancia del amplificador realimentado.

Datos:

Q1, Q2, Q3: $\beta = 200$, $V_{BE} = 0.7\text{V}$, tensión de Early infinita

Q4, Q5: $\beta = 50$, tensión de Early infinita

$R_{E1}=100\Omega$, $R_F=640\Omega$, $R_{C1}=5\text{k}\Omega$, $R_L=100\Omega$, $R_{C2}=5\text{k}\Omega$, $V_{CC}=5\text{V}$



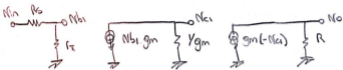
Pregunta (22 ptos):

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_{rms} .

- ¿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 $R = 100\text{K}\Omega$ y $C = 10\text{pF}$? Recuerde que a temperatura ambiente kT vale $4.15 \cdot 10^{-21}\text{V}\cdot\text{C}$.
- 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 $v_{\text{ruido}} = 15\mu\text{V}_{\text{rms}}$, es decir que todo el ruido que aporta el seguidor se puede representar por la fuente de ruido v_{ruido} 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.



② Generasi Banda Pasang $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$



$$G = \frac{N_o}{N_{in}} = \frac{r_{\pi}}{R_s + r_{\pi}} \cdot \frac{g_m}{g_m} \cdot g_m R \Rightarrow R = \frac{G(R_s + r_{\pi})}{\beta}$$

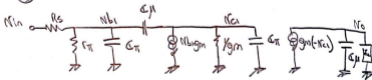
$$r_{\pi} = \frac{\beta V_T}{I_0}$$

$$\Rightarrow R = 2,55 \text{ K}\Omega$$

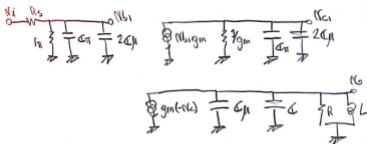
$$BW = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi R \cdot BW} = 312 \text{ pF}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{C(2\pi/f_c)^2} = 709 \text{ nH}$$

①



$$N_{c1}/N_{b1} = -1 \Rightarrow$$



$$f_{P1} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{(R_s/r_n)(C_{\pi} + 2C_{\mu})} = 133 \text{ MHz}$$

$$f_{P2} = \frac{1}{2\pi} \frac{g_m}{(C_{\pi} + 2C_{\mu})} = 6.5 \text{ GHz}$$

$$C_{\mu} = 1 \text{ pF} \ll 312 \text{ pF} = C$$

\Rightarrow logg d.

PROBLEMA 2:

$$a) V_{E1} = V_{in} - V_{BE1} \Rightarrow V_{in} = V_{E1} + V_{BE1}$$

\oplus $I_{B2} \ll I_{E1}$, se verifica en c)

$$I_{E1} \cong I_{C1} = \frac{V_{CC} - (-V_{CC} + V_{BE2})}{R_{C1}} = 1 \mu A$$

$\hookrightarrow \beta \gg 1$

$$V_{E1} = R_{E1} \left(I_{E1} - \left(\frac{V_{E1} - V_{out}}{R_F} \right) \right) - V_{CC} = 0$$

$$\Rightarrow V_{E1} \left(1 + \frac{R_{E1}}{R_F} \right) = R_{E1} \cdot I_{E1} - V_{CC}$$

$$\Rightarrow V_{E1} = \frac{R_{E1} \cdot R_F}{R_{E1} + R_F} \cdot I_{E1} - \frac{V_{CC} \cdot R_F}{R_{E1} + R_F} = -4.24V$$

$$\Rightarrow V_{in} = -4.24V + 0.7V = -3.54V$$

$$b) V_{BE4} + V_{BE5} = 1V = \frac{R_{T1} + R_{T2}}{R_{T1}} \cdot V_{BE3}$$

$$\Rightarrow R_{T1} = \frac{(R_{T1} + R_{T2}) \cdot V_{BE3}}{(V_{BE4} + V_{BE5})} = 8.4k$$

$R_{T1} = 0.7$

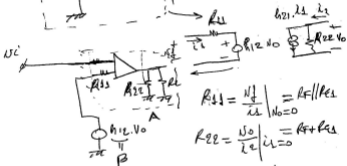
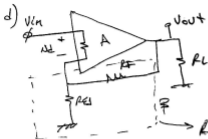
$$\Rightarrow R_{T2} = 12k - 8.4k = 3.6k$$

$$c) I_{C1} = 1 \mu A \text{ (vea parte a)}$$

$$I_{R_{C2}} = \frac{V_{CC} - V_{BE4} - V_{out}}{R_{C2}} = 0.9 \mu A = I_{C2}$$

Se verifica que $I_{B2} \ll I_{E1}$ y que $I_{B4} < I_{C1}$.

Prob. 2)



$$h_{12} = \left. \frac{v_i}{v_o} \right|_{i_i=0} = \frac{R_{11}}{R_f + R_{11}} = \beta = 0.135$$

Block A:



$$A_3 \approx 1 \Leftrightarrow \underbrace{\beta_{med,5} \cdot (R_L \parallel R_{E2})}_{\substack{\text{SMA} \\ \text{I}_R}} \gg 1$$

$$R_L \parallel R_{E2} = 88 \Omega \quad \left. \begin{array}{l} \text{SMA} \\ \text{I}_R \end{array} \right\} \Rightarrow 16 \Omega \gg 1 \checkmark$$

para caso $\beta_{med,5} = \frac{I_R}{V_T}$

$$R_{UC2} = \begin{cases} R_{TWLT} + R_{E2} \parallel \beta_{415} (R_L \parallel R_{E2}) & (Q_4 \text{ condice}) \\ (R_{TWLT} + R_{E2}) \parallel \beta_{415} (R_L \parallel R_{E2}) & (Q_5 \text{ condice}) \end{cases}$$

$$R_{TWLT} = \frac{R_{T12} + R_{T11} \parallel R_{T13}}{1 + \beta_{415} (R_{T11} \parallel R_{T13})} =$$

↳ R vista en bornes del multijugador de V_{BE}

$$I_{C3} = I_{R_{E2}} - \frac{I_{Q4}}{\beta_4} - \frac{V_{BE4} + V_{BE5}}{R_{T12} + R_{T11}} = 0.71 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{B3} &< I_{R_{E2}} \\ \parallel & \parallel \\ 3.6 \mu\text{A} & \quad 83 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow R_{TWLT} = 69 \Omega < \begin{cases} R_{E2} = 5 \text{ k}\Omega \\ R_{E2} \parallel \beta_{415} (R_L \parallel R_{E2}) = 2.34 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_{UC2} \approx 2.34 \text{ k}\Omega \Rightarrow$$

$$\frac{V_o}{V_{T1}} = \beta_{med} \cdot (R_{E1} \parallel R_{T12}) \cdot \beta_{med} \cdot R_{UC2}$$

$$\therefore V_{T1} = V_{CC} - R_{S1} (1 + \beta) \frac{V_{T1}}{\beta_{T1}} \Rightarrow V_{T1} = \frac{V_{T1}}{\beta_{T1} + (\beta + 1) R_{S1}} \cdot V_{CC}$$

$$A_3 \approx 1 \Leftrightarrow \underbrace{f_{med,5} \cdot (R_L \parallel R_{E2})}_{\substack{\text{SMA} \\ \text{I}_R}} \gg 1$$

$$R_L \parallel R_{E2} = 88 \Omega \quad \left. \begin{array}{l} \text{SMA} \\ \text{I}_R \end{array} \right\} \Rightarrow 16 \Omega \gg 1 \checkmark$$

para caso $f_{med,5} = \frac{I_R}{V_T}$

$$R_{UC2} = \begin{cases} R_{TWLT} + R_{E2} \parallel \beta_{415} (R_L \parallel R_{E2}) & (Q_4 \text{ condice}) \\ (R_{TWLT} + R_{E2}) \parallel \beta_{415} (R_L \parallel R_{E2}) & (Q_5 \text{ condice}) \end{cases}$$

$$R_{TWLT} = \frac{R_{T12} + R_{T11} \parallel R_{T13}}{1 + f_{m3} (R_{T11} \parallel R_{T13})} =$$

↳ R vista en bornes del multijugador de V_{BE}

$$I_{C3} = I_{R_{E2}} - \frac{I_{Q4}}{\beta_4} - \frac{V_{BE4} + V_{BE5}}{R_{T12} + R_{T11}} = 0.71 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{B3} &< I_{R_{E2}} \\ \parallel & \parallel \\ 3.6 \mu\text{A} & \quad 83 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow R_{TWLT} = 69 \Omega < \begin{cases} R_{E2} = 5 \text{ k}\Omega \\ R_{E2} \parallel \beta_{415} (R_L \parallel R_{E2}) = 2.34 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_{UC2} \approx 2.34 \text{ k}\Omega \Rightarrow$$

$$\frac{V_o}{V_{T1}} = f_{med} \cdot (R_{E1} \parallel R_{T12}) \cdot f_{med} \cdot R_{UC2}$$

$$\therefore V_{T1} = V_{L1} - R_{S1} (1 + \beta) \frac{V_{T1}}{R_{T1}} \Rightarrow V_{T1} = \frac{R_{T1}}{R_{T1} + (\beta + 1) R_{S1}} \cdot V_{L1}$$

$$\Rightarrow A = \frac{r_{11}}{r_{11} + (\beta + 1)r_{11}} \cdot f_{in}(R_{e1} || r_{\pi 2}) \text{ for } R_{in}$$

$$= 2545$$

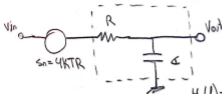
$$A_{cl} = \frac{A}{1 + \beta B} \approx \frac{1}{\beta} = 7.4$$

" 343

[Signature]
 FERNANDO SILVEIRA

Preguntz.

(2)



$$H(f) = \frac{1}{1 + j 4 \cdot 2\pi R C}$$

$$N_{\text{out rms}} = \sqrt{\int_0^{\infty} S_n \cdot |H(f)|^2 df} = \sqrt{\frac{4kTR}{S_n} \cdot \frac{1}{4RC}} = \sqrt{\frac{kT}{C}}$$

• $N_{\text{out rms}}$ si $R \times 2 \Rightarrow S_{\text{out}} \text{ no canvia}$

• $N_{\text{out rms}}$ si $C \times 2 \Rightarrow N_{\text{out rms}}^{\text{new}} = \underbrace{\sqrt{\frac{kT}{C}}}_{\text{Normal}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$

\Rightarrow se reduce per $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

(b)

$$N_{\text{out rms}} = \sqrt{\frac{kT}{C}} = 20,4 \mu\text{V}$$

(c)

$$N_{\text{out rms}} = \sqrt{(20,4 \mu\text{V})^2 + (15 \mu\text{V})^2} = 25,3 \mu\text{V}$$