

**Examen de Electrónica 2**  
**06/02/2017**

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: ( 38 puntos)**

Para el circuito de la figura se pide:

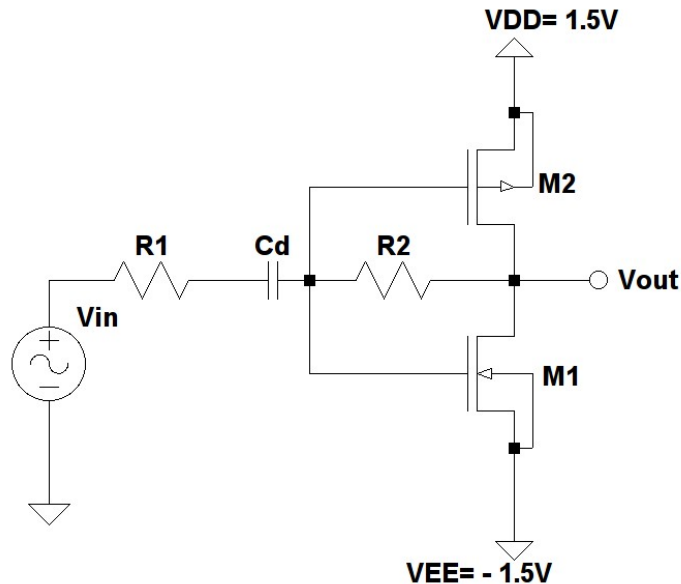
a) Calcular la ganancia  $V_{out}/V_{in}$

b) Calcular la frecuencia de caída de 3dB.

Datos:

Transistores M1 y M2:  $\beta_1 = \beta_2 = 1\text{mA}/\text{V}^2$ ,  $\delta = 0$ ,  $V_A = 20\text{V}$ ,  $|V_t| = 0.5\text{V}$ ,  $W = 100\mu\text{m}$ ,  $L = 2,4\mu\text{m}$ ,  
 $L_{\text{overlap}} = 0,15\mu\text{m}$ ,  $C_{\text{ox}} = 1,75\text{ fF}/\mu\text{m}^2$ .

$R_1 = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{M}\Omega$ ,  $C_d = \infty$ ,  $V_{DD} = -V_{EE} = 1,5$ .



**Problema 2: ( 38 puntos)**

Para el amplificador de la Figura 1 se pide:

1. Dado que no se tienen transistores PNP de buena calidad (tiene  $\beta$  bajo), este tipo de transistores se sustituye por la estructura conformada por Q2 y Q3.
  - a) Deduzca la corriente por Q2 y Q3 en función de IRL cuando Q2 y Q3 están conduciendo.
  - b) Calcule el beta equivalente de la estructura.
2. Dimensione I1 para asegurar que RL no se dañe.
3. Calcule la máxima potencia que deben ser capaces de disipar Q1 y Q2.
4. Indique la función que cumplen D3 y D4. Justifique.
5. Dimensione RE para que la corriente por Q1 y Q2 nunca exceda el valor de 5A.

Datos:

Q1, Q2 :  $V_{BE} = 0.7V$ ;  $\beta_{12} = 50$

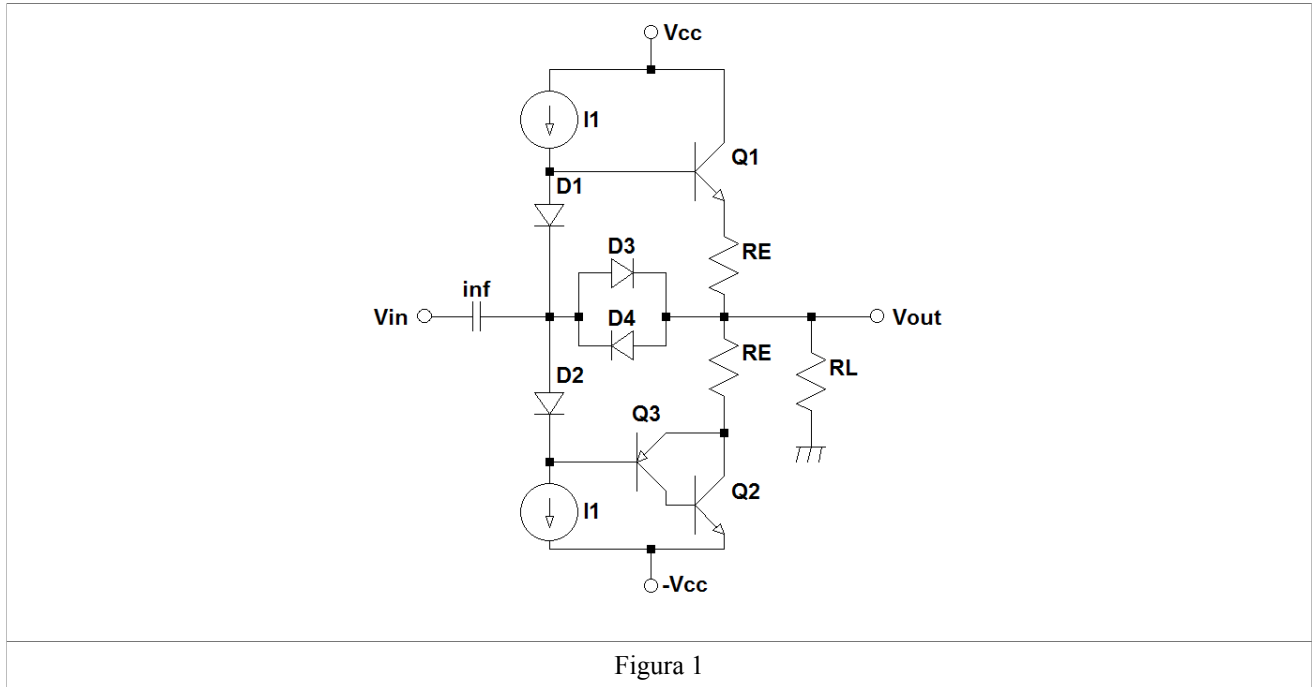
Q3 :  $V_{EB} = 0.7V$ ;  $\beta_3 = 20$

D1, D2 :  $V_D = 0.7V$

D3, D4 :  $V_D = 0.7V$

$R_L = 8 \text{ Ohm}$ ,  $P_{max} = 10W$

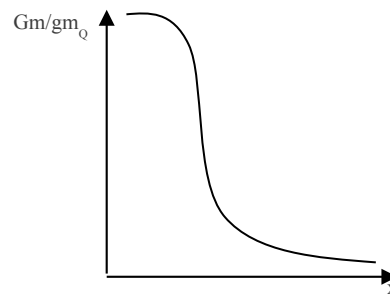
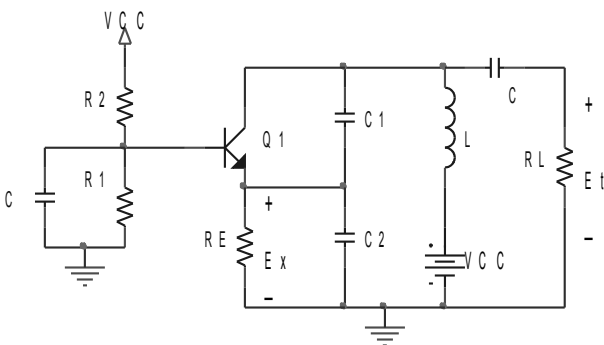
$V_{cc} = 15V$

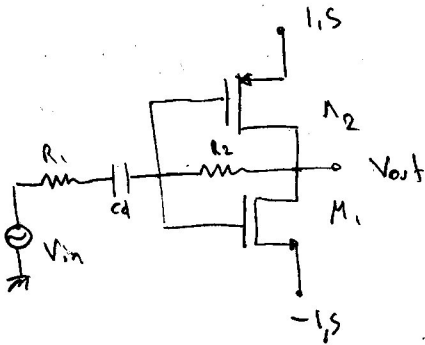


**Pregunta : (24 puntos)**

Para el oscilador clase C de la Figura 1:

- a) Definir la transconductancia  $G_m$  que se utiliza para modelar el transistor y analizar el oscilador.
- b) Obtener la condición y la frecuencia de oscilación considerando que los condensadores indicados como C son condensadores de desacople y que la impedancia de  $C_2$  a la frecuencia de oscilación es mucho menor que la resistencia vista en paralelo con  $C_2$  hacia el emisor de  $Q_1$  y  $R_E$ .
- c) Explicar como funciona el control de amplitud considerando que  $G_m / g_{m_Q}$  están relacionados con  $x = E_x / V_T$  como se muestra en la Figura 2.
- d) Basándose en la Figura 2, ¿qué ocurre con la amplitud de salida si aumenta la corriente de polarización? Justifique claramente.





$$I_{B1} = I_{B2} = \frac{\beta}{2} (V_{BQ1} - V_T)^2 = \frac{\beta}{2} (V_{BQ2} - V_T)^2$$

$$V_{BQ1} = V_{out} - (-1,5)$$

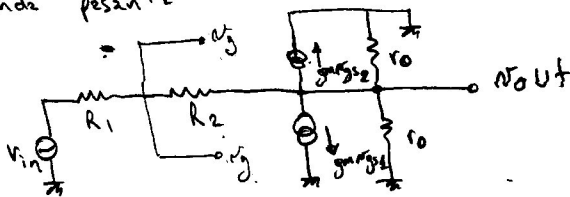
$$V_{BQ2} = 1,5 - V_{out}$$

$$(V_{out} + 1,5 - 1)^2 = (1,5 - V_{out} - 1)^2 \Rightarrow (V_{out} + 0,5)^2 = (0,5 - V_{out})^2$$

$$v_{out}^2 + v_{out} + 0,25 = v_{out}^2 - v_{out} + 0,25 \Rightarrow v_{out} = 0$$

$$I_{D1} = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ mA} \cdot \sqrt{2} (1,5 - 1)^2 = 0,125 \text{ mA}$$

En la banda pesante

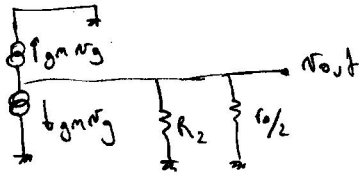
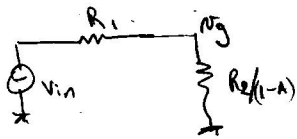


$$A = \frac{v_{out}}{v_{gs}} \quad \therefore |A| \gg 1 \quad \Rightarrow \frac{A}{A-1} R_2 \approx R_2$$

$$A = -2 g_m \frac{r_o}{2} \parallel R_2 = -2 \sqrt{\frac{2 \text{ mA}}{V_T}} \cdot 0,125 \text{ mA} \cdot \left( \frac{20 \text{ V}}{0,125 \text{ mA} \cdot 2} \parallel 1 \text{ k} \Omega \right)$$

$$= -74,1 \Rightarrow |A| \gg 1 \quad \checkmark$$

P250  $R_2$  por Miller

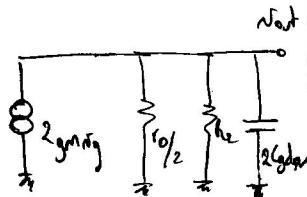
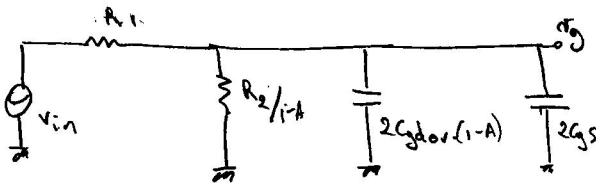


$$v_{gs} = \frac{v_{in} R_2/(1-A)}{R_1 + R_2/(1-A)} = \frac{v_{in} \frac{10k}{75.1}}{100k + \frac{10k}{75.1}} = 0.118$$

$$v_{out} = v_{gs} - 2g_m C_0/2 \parallel R = -74.1 \cdot v_{gs} = -8.7 v_{in}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -8.7 \quad v/v$$

En alta frecuencia:



$L = 2.4 \mu m, W = 100 \mu m, L_{ov} = 0.15 \mu m, C_{ox} = 1.75 fF/\mu m^2$

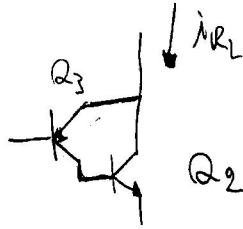
$$C_{gs0v} = C_{gdov} = L_{ov} \cdot W \cdot C_{ox} = 26 fF$$

$$C_{gs} = 2/3 W \cdot L \cdot C_{ox} + C_{gs0v} = 306 fF$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 100k \parallel \frac{R_2}{1-A} (2C_{gdov}(1-A) + 2C_{gs})} = 3 \text{ MHz}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_0/2 \parallel R_2 \cdot 2C_{gdov}} = 41.3 \text{ MHz}$$

1)



2)

$$i_{C3} = i_{B2} \quad \left| \quad i_{RL} = i_{E3} + i_{C2} = \frac{(\beta_3 + 1) i_{C3} + i_{C2}}{\beta_3}$$

$$i_{B2} = \frac{i_{C2}}{\beta_2}$$

$$i_{RL} = \left( \frac{\beta_3 + 1}{\beta_3} \right) i_{C3} + \beta_2 i_{C3}$$

$$i_{C3} = \frac{i_{C2}}{\beta_2}$$

$$i_{RL} = \frac{(\beta_3 + 1 + \beta_2 \beta_3) i_{C3}}{\beta_3} \approx \beta_2 i_{C3}$$

$$i_{RL} = \beta_2 i_{C3} \Rightarrow i_{RL} = \beta_2 \frac{i_{C2}}{\beta_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\begin{aligned} i_{C3} &\approx \frac{i_{RL}}{\beta_2} \\ i_{C2} &\approx i_{RL} \end{aligned}}$$

$$b) \beta_{eq} = \frac{i_{RL}}{i_{B3}} = \frac{i_{RL}}{i_{C3}/\beta_3} = \beta_3 \frac{i_{RL}}{i_{C3}} = \beta_3 \frac{i_{RL}}{(i_{RL}/\beta_2)}$$

$$\Rightarrow \boxed{\beta_{eq} \approx \beta_2 \beta_3}$$

$$2) P_{MAX} = 10W$$

$$P_{MAX} = \frac{R_L i_{RLMAX}^2}{2} \Rightarrow i_{RLMAX} = \sqrt{\frac{2 P_{MAX}}{R_L}}$$

$$i_{RLMAX} = I_1 \beta_{12} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{\beta} \sqrt{\frac{2 P_{MAX}}{R_L}}$$

$$I_1 = 31,6 \text{ mA}$$

3)

$$\bar{V}_0 = \frac{2V_{CC}}{\pi} = 9,55 \text{ V}$$

$$V_{0MAX} = R_L i_{RLMAX} = 12,65 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{0MAX} > \frac{2V_{CC}}{\pi}$$

$$\Rightarrow P_{D_{MAX}}^{tot} = \frac{2V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = 5,7 \text{ W}$$

$$\text{Assumo } P_{D3} \ll P_{D2} \Rightarrow$$

$$P_{D_{MAX}}^{Q1} = P_{D_{MAX}}^{Q2} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L}$$

$$P_{D_{MAX}}^{Q1} = P_{D_{MAX}}^{Q2} = 2,85 \text{ W}$$

4)  $D_3, D_4$  y las  $R_E$  conforman un circuito de protección contra cortos circuitos.

Normalmente  $V_{RE} \ll V_D \Rightarrow$  como  $V_{D_1} + V_{D_2} = V_{BE_1} + V_{RE}$

$$\times V_{D_1} = V_{BE_1} = V_D \Rightarrow V_{D_2} = V_{RE} \Rightarrow V_{D_2} \ll V_D \Rightarrow$$

$D_3$  apagado.

Si  $\beta_{E_1} \uparrow \Rightarrow$  Se llega a un punto en que  $V_{RE} = V_D$

$\Rightarrow V_{D_2}$  se prende  $\Rightarrow D_1$  y  $D_3$  le sacan corriente de base a  $Q_1$  por lo que la corriente de salida quede limitada.

5)  $R_E \beta_{\text{MAX}} = V_D \Rightarrow$   $R_E = \frac{V_D}{\beta_{\text{MAX}}}$

$R_E = 140 \text{ m}\Omega$