

Examen de Electrónica 2
02/08/2005



50708139

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 (37 ptos):

- Determinar la tensión de polarización necesaria en V_{in} para que la tensión de reposo a la salida sea de 0V.
- 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)

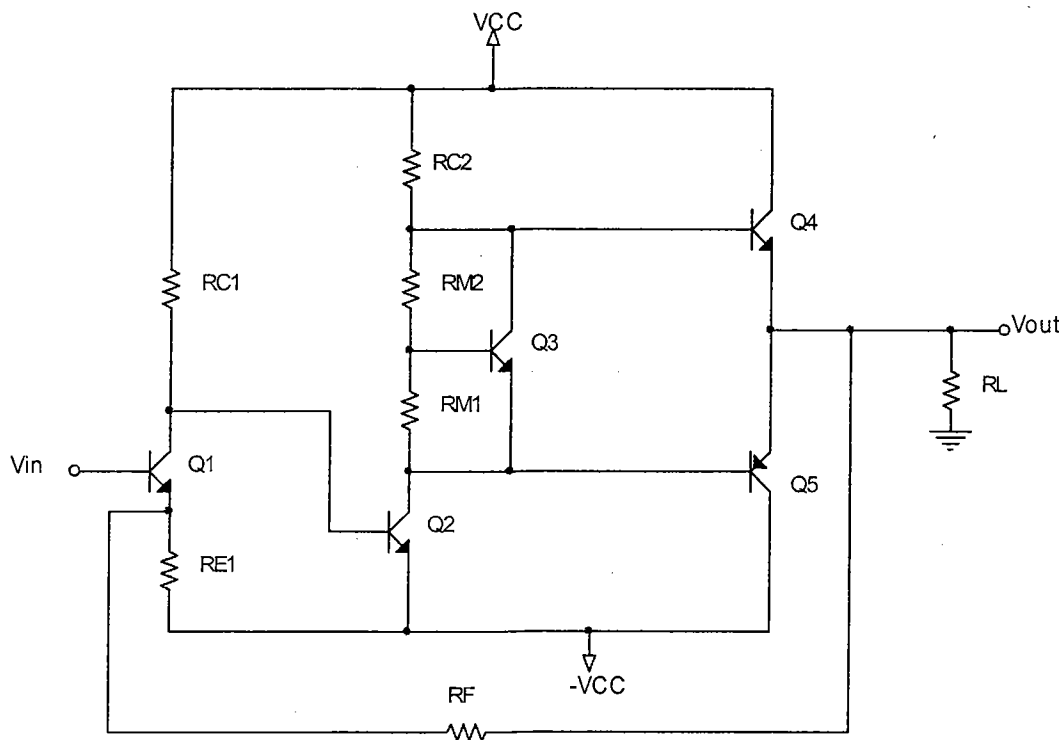
- Determinar la corriente de polarización por Q1 y Q2.
- Se desea representar el amplificador por un diagrama de bloques de sistema realimentado A, β donde la entrada de A es la tensión base-emisor de Q1 y la entrada del sistema realimentado total es V_{in} . Determinar A, β y la ganancia del amplificador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

Datos:

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

Q4, Q5: $\beta_o = 50$.

$R_{E1} = 100\Omega$, $R_F = 640\Omega$, $R_{C1} = 9\text{k}\Omega$, $R_L = 100\Omega$, $R_{C2} = 5\text{k}\Omega$, $V_{CC} = 5\text{V}$

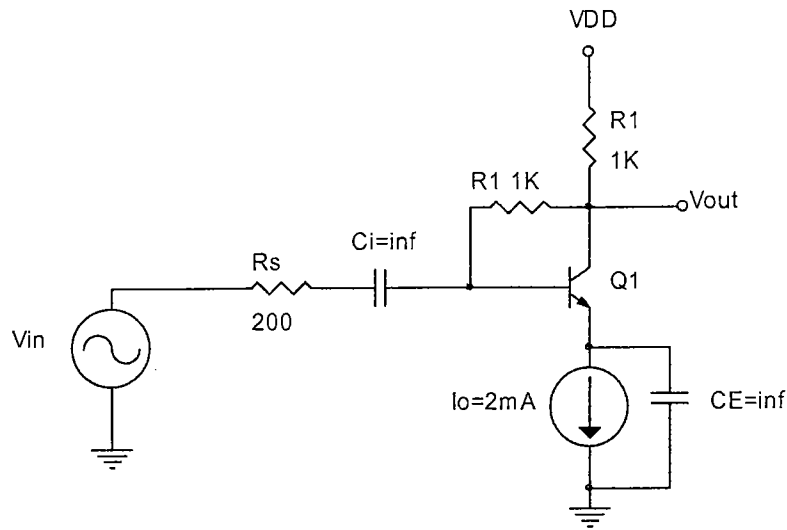


Problema 2 (37 ptos):

Para el circuito de la figura:

- a) Calcular la ganancia V_{out}/V_{in} a frecuencias medias.
- b) Determinar la frecuencia de corte superior.

Datos: el transistor tiene $\beta = 150$, $V_{BE} = 0.7V$, $C_{je} = 16pF$, $C_{\mu} = 4 pF$, $f_T = 30 MHz @ I_c = 10mA$, $r_{bb'} = 0$.



Pregunta (26 ptos):

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 amplificador.
- 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 C2 a la frecuencia de oscilación es mucho menor que la resistencia vista en paralelo con C2 hacia el emisor de Q1 y RE.
- c) Explicar como funciona el control de amplitud considerando que G_m / g_{mQ} están relacionados con $x = E_x / V_T$ como se muestra en la Figura 2.

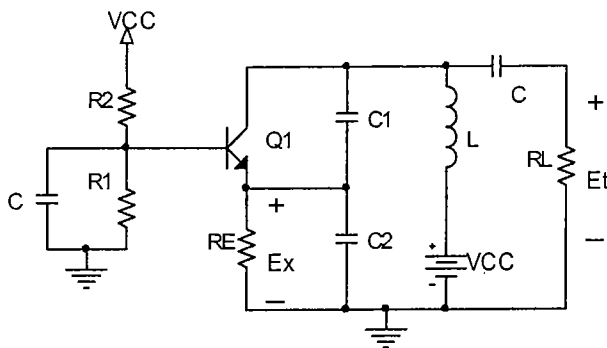


Figura 1

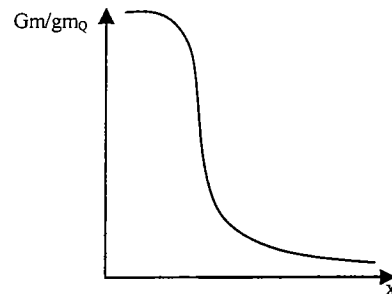


Figura 2

PROBLEMA 1

(2)

$$V_{BE1} = V_{BE1} - V_{BE1}$$

$$I_{E1} = \frac{2V_{CC} - V_{BE2}}{R_{E1}} = 1,03 \text{ mA}$$

$$I_{E1} = \frac{V_{BE1} - (-V_{CC})}{R_{E1}} + \frac{V_{BE1} - V_{OUT}}{R_F} \approx I_{C1}$$

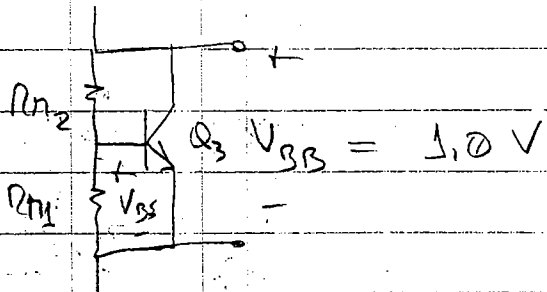
(sup. $I_{B2} \ll I_{C1}$)

$$\Rightarrow \frac{V_{BE1}}{R_{E1} \parallel R_F} + \frac{V_{CC}}{R_{E1}} = I_{E1}$$

$$V_{BE1} = R_{E1} \parallel R_F (I_{E1} - V_{CC}/R_{E1}) \approx -4,29 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{IN} = -3,54 \text{ V}}$$

(b)



$$I_{Rn1} = \frac{V_{BE}}{R_{n1}}$$

• sup. $I_{Rn1} \Rightarrow I_{B3}$

$$\Rightarrow V_{BB} = I_{Rn1} \times (R_{n1} + R_{n2})$$

$$\Rightarrow V_{BB} = V_{BE} \left(1 + \frac{R_{n2}}{R_{n1}} \right)$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{R_{n2}}{R_{n1}} = \frac{1,0}{0,7} \approx 1,43 \text{ V}$$

$$\Rightarrow R_{n2} = 0,43 R_{n1} \Rightarrow \begin{cases} R_{n1} = 8,4 \text{ k}\Omega \\ R_{n2} = 3,6 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

(c) Q_1 : parte (a) $I_{E1} = 1,03 \text{ mA}$

Q_2 : $V_{BE} = V_{out} + V_{BE1} = 0,5 \text{ V}$

$$\Rightarrow I_{R2} = \frac{V_{CC} - 0,5 \text{ V}}{R_{C2}}$$

$$\Rightarrow I_{R2} = 99 \text{ mA}$$

$$I_{RC2} = I_{BQ4} + I_{CQ3} + I_{Rn2} = I_{EQ3} + I_{Rn1}$$

$$I_{CQ3} = \frac{I_{EQ3}}{\beta + 1} = \frac{I_{EQ4}}{\beta + 1} = I_{BQ4}$$

$$\Rightarrow I_{RC2} = I_{E2} \approx I_{C2} = 99 \text{ mA}$$

$\Rightarrow I_{B2} \ll I_{E1} \checkmark$ (Vn1 (res sup) sig $\approx \infty$)
parte (a)

(c) (sigue)

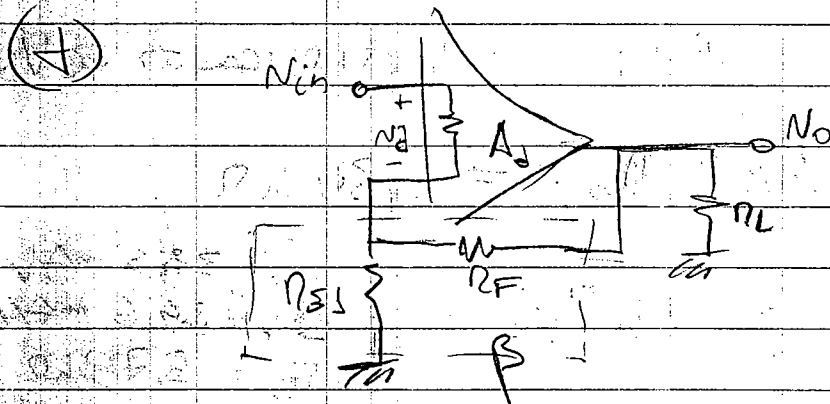
$$I_{EQ} = I_{B4} + I_{C3} + I_{Q2}$$

$$I_{B4} = \frac{I_Q}{\beta} = 0,12 \text{ mA}$$

$$I_{Q2} \approx \frac{V_{BE}}{R_{B1} + R_{B2}} = 83 \mu\text{A}$$

$$\rightarrow I_{C3} = 0,72 \text{ mA}$$

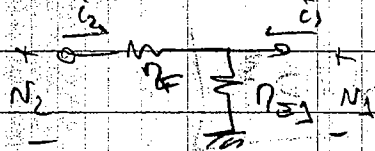
$$\rightarrow I_{B3} = 3,6 \mu\text{A} \ll 83 \mu\text{A} = I_{Q2} \quad \checkmark \text{ válido para } \text{cups}$$



$$A_d = \frac{V_o}{V_i}$$

Bloque B

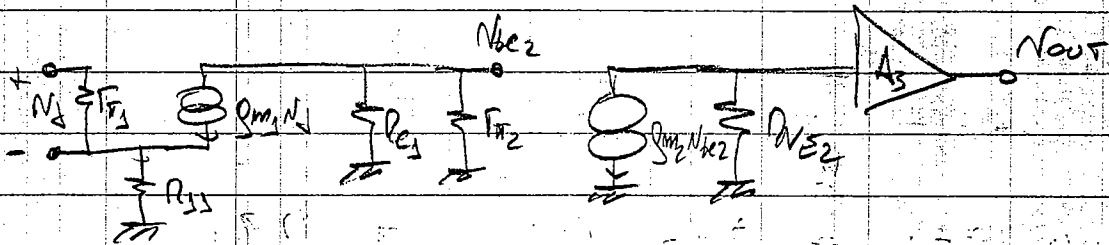
$$R_{22} = \frac{N_2}{i_2} \Big|_{i_1=0} = R_F + R_{B1} = 740 \Omega$$



$$R_{21} = \frac{N_1}{i_1} \Big|_{N_2=0} = R_F \parallel R_{B1} = 86,5 \Omega$$

$$\beta = \frac{N_2}{N_1} \Big|_{i_1=0} = \frac{R_{B1}}{R_F + R_{B1}} = 0,135$$

Bloque A



$$A_3 = 1 \Leftrightarrow g_{m3} (R_L \parallel R_{22}) \gg 1$$

$$\bullet R_L \parallel R_{22} \approx 88 \Omega$$

$$\Rightarrow \frac{I_Q (R_L \parallel R_{22})}{V_T} = 16,9 \gg 1$$

• por A forma en per caso

$$I_{m3} g_{m3} = \frac{I_Q}{V_T}$$

Parámetro

$R_{V_{E2}}$: EN funcionamiento los supuestos q' solo Q_4 o solo Q_5 esta encendido

$$\Rightarrow R_{V_{E2}} = \begin{cases} R_{MULT} + R_{C2} // \beta_0 (R_{L1} // R_{E2}) \\ (R_{MULT} + R_{C2}) // \beta_0 (R_{L1} // R_{E2}) \end{cases}$$

tanq' $R_{MULT} = \frac{R_{E2} + R_{L1} // \Gamma_{E3}}{1 + g_{m5} (R_{E2} // \Gamma_{E3})} = 63 \Omega$

o la resistencia vista del multiplicador de V_{E2}

$$\Rightarrow R_{V_{E2}} = R_{C2} // \beta_0 (R_{L1} // R_{E2}) = 2,34 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow A_f = g_{m1} (R_{C1} // \Gamma_{E2}) g_{m2} R_{V_{E2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} g_{m1} = 38,5 \text{ mA/V} \\ g_{m2} = 34,6 \text{ mA/V} \\ \Gamma_{E2} = 5,78 \text{ k}\Omega \\ \Gamma_{E1} = 52 \text{ k}\Omega \end{array} \right.$$

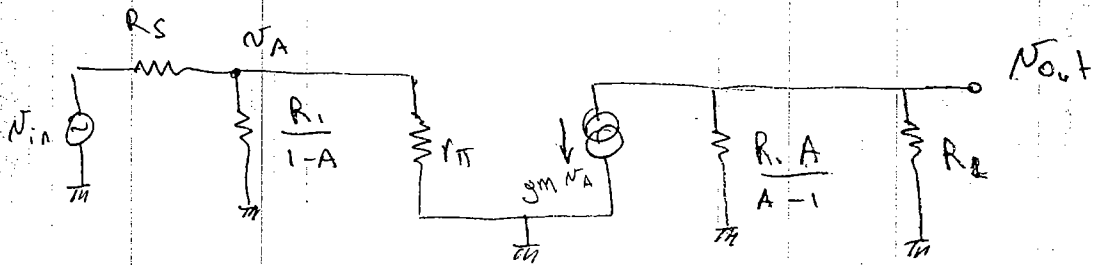
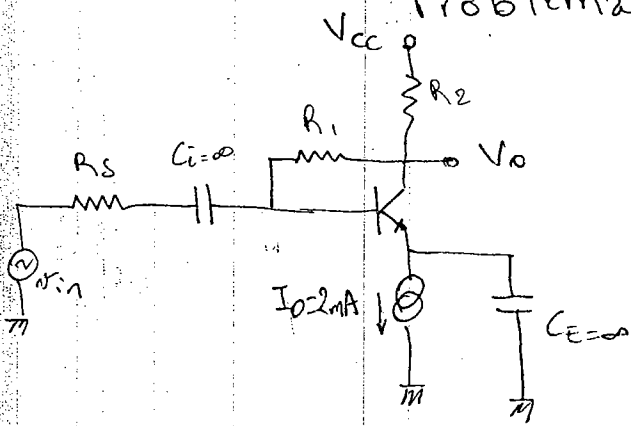
$$\frac{N_{db}}{N_{in}} = \frac{\Gamma_{E3}}{\Gamma_{E3} + \beta_0 R_{E1}} = 0,23$$

$$\Rightarrow A = \frac{N_{db}}{N_{in}} A_f \Rightarrow \boxed{A = 2,53 \times 10^3}$$

$$\boxed{A_{CL} = \frac{A}{1 + A\beta} \approx \frac{1}{\beta} = 7,4 \text{ V/V}} \quad (A\beta = 392 \gg 1)$$

Problema 2.

$$g_m = \frac{2 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 77 \text{ mS}$$



$$\frac{v_{out}}{v_A} = -g_m R_1 \parallel R_2 = -g_m \frac{R_1}{2} = 38,5$$

s: $A \gg 1$

$$\frac{v_A}{v_{in}} = \frac{r_{\pi} \parallel \frac{R_1}{1-A} \approx \frac{2}{g_m}}{R_s + r_{\pi} \parallel \frac{R_1}{g_m R_1/2} \approx \frac{2}{g_m}}$$

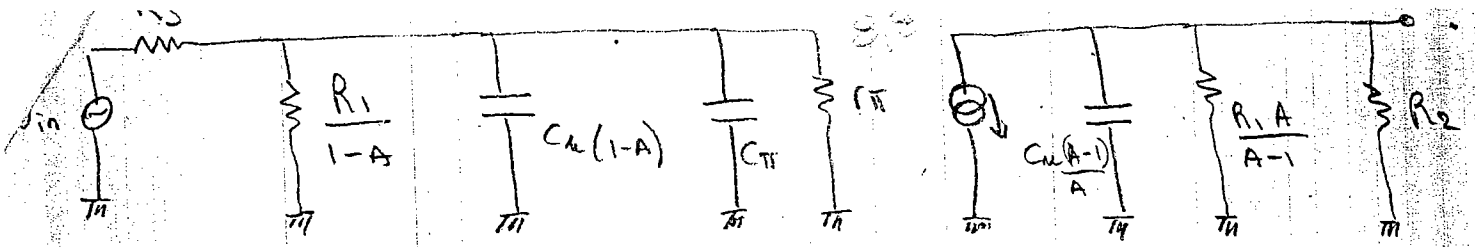
$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{v_{out}}{v_A} \cdot \frac{v_A}{v_{in}} = -g_m \frac{R_1}{2} \cdot \frac{2/g_m}{R_s + 2/g_m} = \boxed{-\frac{R_1}{R_s + 2/g_m}}$$

En AF

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_{\pi} + C_u)} \Rightarrow C_{\pi} + C_u = \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{10 \text{ mA} / 26 \text{ mV}}{2 \cdot \pi \cdot 30 \times 10^6} \approx 204 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow C_{\pi} |_{10 \text{ mA}} = 2036 \text{ pF} = C_{je} + K \cdot I \Rightarrow K = \frac{(2036 - 16) \text{ pF}}{10 \text{ mA}} = 202 \text{ pF/mA}$$

$$C_{\pi} |_{2 \text{ mA}} = 404 \text{ pF} + 16 \text{ pF} = 420 \text{ pF}$$



$$\omega_{p1} = \frac{1}{(R_s \parallel \frac{R_1}{1-A} \parallel r_{\pi}) (C_{\pi} + C_u(1-A))}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{(R_1 \frac{A}{A-1} \parallel R_2) (C_u (\frac{A-1}{A}))}$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{(R_s \parallel \frac{2}{g_m}) (C_{\pi} + \frac{g_m R_1}{2} C_u)} \Rightarrow \boxed{f_{p1} = 12 \text{ MHz}}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{\frac{R_1}{2} C_u} \Rightarrow f_{p2} = 80 \text{ MHz}$$