

Examen de Electrónica 2
21/12/2009

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.

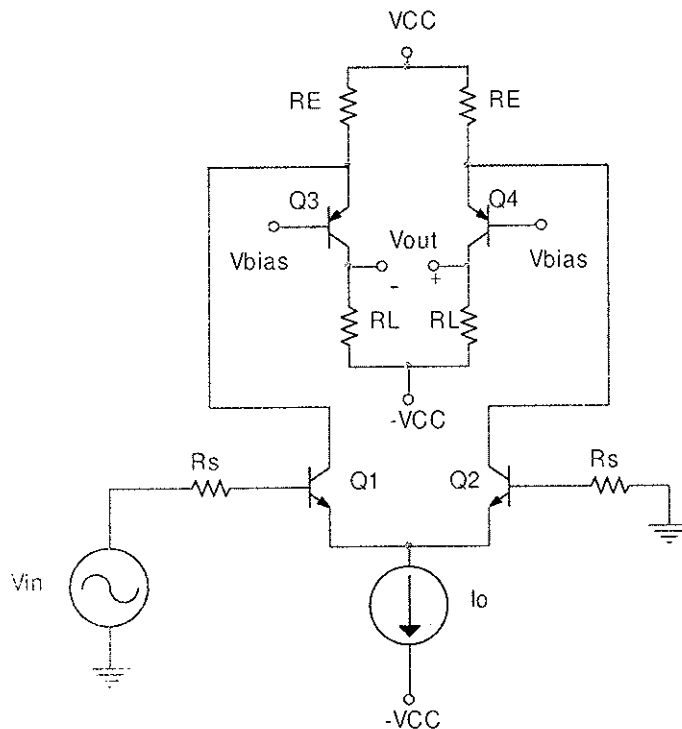
35
Problema 1 (30):

Para el circuito de la figura:

- Calcular la ganancia V_{out}/V_{in} en baja frecuencia.
- Calcular la frecuencia de corte superior.
- Calcular el margen de fase del circuito.

Datos: $I_0 = 10 \text{ mA}$, $R_L = 50 \Omega$, $R_E = 120 \Omega$, $R_s = 100 \Omega$, $V_{CC} = -V_{CC} = 2,5 \text{ V}$, $V_{bias} = 0,8 \text{ V}$.

Q1 a Q4 tienen $f_T = 600 \text{ MHz}$ @ $I_c = 10 \text{ mA}$, $c_{\mu} = 7 \text{ pF}$, $c_{je} = 35 \text{ pF}$, $\beta = 300$,
 $V_{BEN} = V_{EBP} = 0,7 \text{ V}$.



40
Problema 2 (25):

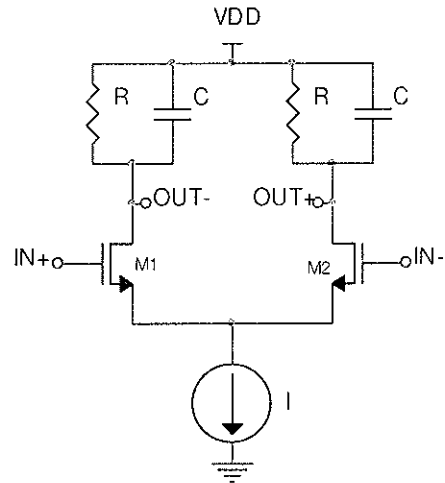
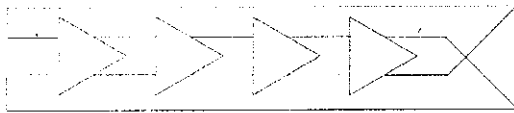
Se tiene el oscilador de anillo (Fig. 1) formado con bloques seguidores como el que se muestra en la Fig.2.

- Obtenga las expresiones para la frecuencia de oscilación y la condición de arranque.
- Dibuje esquemáticamente las señales temporales a la salida de cada seguidor.
- Si para fijar la amplitud del voltaje diferencial de la oscilación (V_{out}) se utilizan fuentes de corriente variables en los seguidores, con la dependencia en el voltaje: $I = I_0 - kV_{out}$, indique:

El mínimo valor de I_0 para asegurar el arranque

V_{out} en función de I_0 , k y los demás parámetros

- d) Si se quisiera obtener del oscilador dos señales en cuadratura (es decir desfazadas 90°), las cuales llamaremos I y Q, de donde tomaría dichas señales.
- e) Si al tomar esas señales se introdujera una carga capacitiva sobre las mismas muestre cualitativamente como cambiarían las señales temporales de la parte (a). ¿Seguirían las señales I y Q en cuadratura?

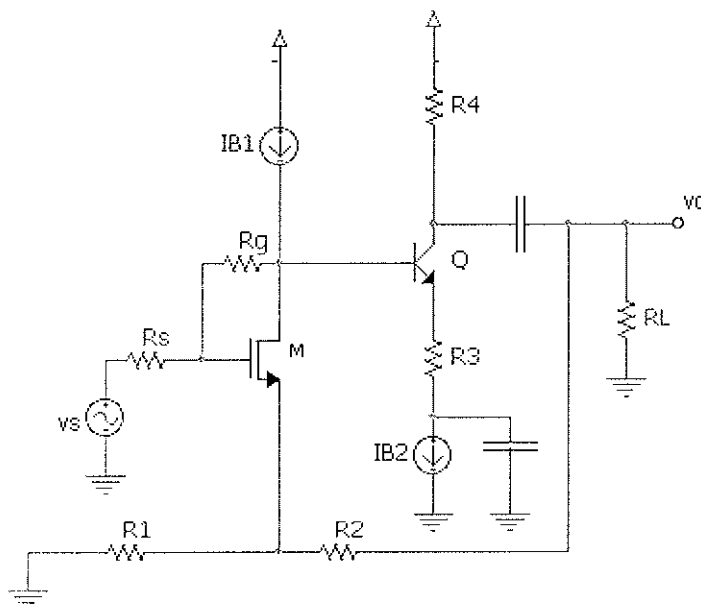


Pregunta (25):

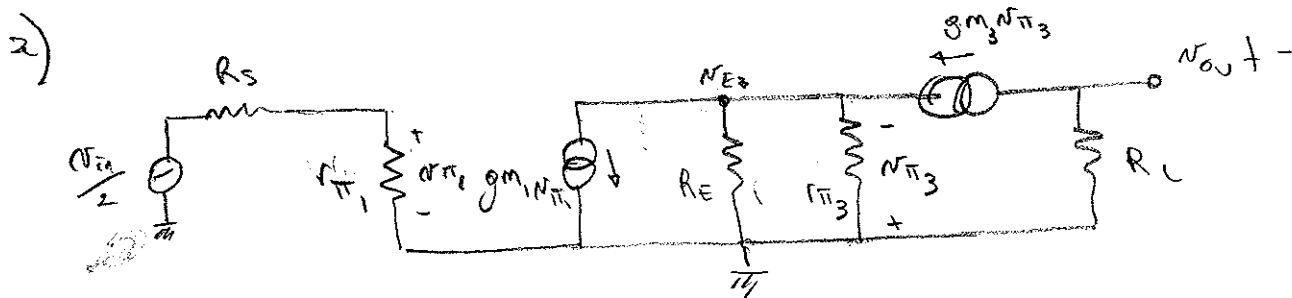
Para el amplificador de la Figura:

- a) Determine en función de los componentes y los 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.
- b) Determinar las resistencias vistas de entrada y salida del amplificador realimentado.

Considerar: $R_g \gg R_s$, Capacitores infinitos, Tensión de Early infinita



Problema 1 :



$$I_0 = 10 \text{ mA} \Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = 5 \text{ mA} \Rightarrow g_{m1} = g_{m2} = \frac{5 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,19 \text{ } \Omega^{-1}$$

$$r_{\pi 1} = r_{\pi 2} = \frac{\beta}{g_{m1,2}} = 1500 \text{ } \Omega$$

$$V_{E_{3,4}} = V_{B_{2,5}} + 0,7 = 9 \text{ V} \Rightarrow I_{RE} = \frac{V_{CC} - (V_{B_{2,5}} + V_{E_{3,4}})}{R_E} = \frac{2,5 - (0,8 + 0,7)}{R_E}$$

$$= \frac{1}{120 \text{ } \Omega} = 8,33 \text{ mA}$$

$$I_{C1} + I_{C3} = I_{RE} \Rightarrow I_{C3} = I_{RE} - I_{C1} = 8,33 \text{ mA} - 5 \text{ mA} = 3,33 \text{ mA}$$

$$g_{m3} = \frac{3,33 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,13 \text{ } \Omega^{-1}, \quad r_{\pi 3} = \frac{\beta}{g_{m3}} = 2340 \text{ } \Omega$$

$$v_{E3} = -g_{m1} v_{\pi 1} \cdot \left(R_E \parallel r_{\pi 3} \parallel \frac{1}{g_{m3}} \right) \approx -g_{m1} v_{\pi 1} \cdot \frac{1}{g_{m3}} = -\frac{g_{m1}}{g_{m3}} v_{\pi 1} = -1,5 v_{\pi 1}$$

$$v_{\pi 1} = \frac{v_{in}}{2} \cdot \frac{r_{\pi 1}}{R_S + r_{\pi 1}} \approx \frac{v_{in}}{2} \cdot 0,94 \Rightarrow v_{E3} = -\frac{g_{m1}}{g_{m3}} \cdot \frac{v_{in}}{2} \cdot 0,94$$

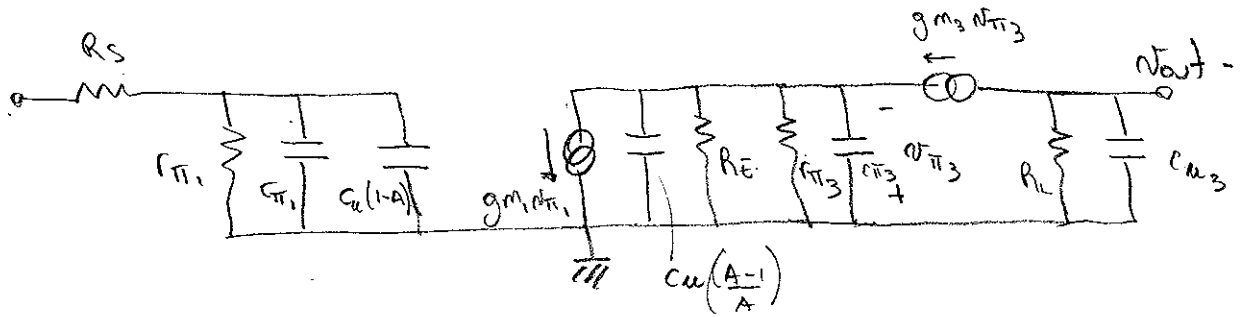
$$v_{out}^- = -g_{m3} v_{\pi 3} \cdot R_L = -g_{m3} \cdot (-v_{E3}) \cdot R_L = -\cancel{g_{m3}} \cdot \frac{g_{m1}}{\cancel{g_{m3}}} R_L \cdot v_{\pi 1} =$$

$$= -g_{m1} R_L \cdot \frac{v_{in}}{2} \cdot 0,94 \approx 4,5 v_{in} \Rightarrow \frac{v_{out}^-}{v_{in}} = -4,5$$

Por simetria. $v_{out}^+ = 4,5 v_{in} \Rightarrow v_{out} = v_{out}^+ - v_{out}^- = 9 v_{in}$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_{out}}{v_{in}} = 9}$$

b)



$$A = -1,5$$

$$f_T = \frac{g_m}{2 \cdot \pi \cdot (C_{\pi} + C_u)} \Rightarrow C_{\pi} + C_u = \frac{g_m}{2 \cdot \pi \cdot f_T} = \frac{10 \text{ mA}}{2 \cdot \pi \cdot 600 \times 10^6} = 102 \text{ pF}$$

$$C_{\pi} = 95 \text{ pF} = 35 \text{ pF} + K \cdot 10 \text{ mA} \Rightarrow K = 6 \text{ pF/mA}$$

$$C_{\pi_1} = C_{\pi} @ 5 \text{ mA} = 35 \text{ pF} + K \cdot 5 \text{ mA} = 65 \text{ pF}$$

$$C_{\pi_3} = C_{\pi} @ 3,3 \text{ mA} = 35 \text{ pF} + K \cdot 3,3 \text{ mA} = 55 \text{ pF}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_s \parallel R_{\pi_1} \cdot (C_{\pi_1} + (1 + 0,73) C_u)} = 19,3 \text{ MHz}$$

$$f_{p2} = \frac{g_{m3}}{2 \cdot \pi \cdot (C_{\pi_3} + \frac{1 + 1,5}{1,5} \cdot C_u)} = 310,4 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_L \cdot C_{u3}} = 454 \text{ MHz}$$

c)

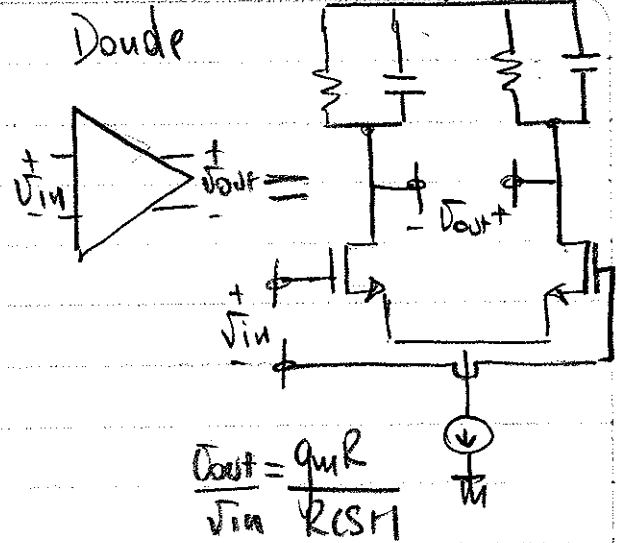
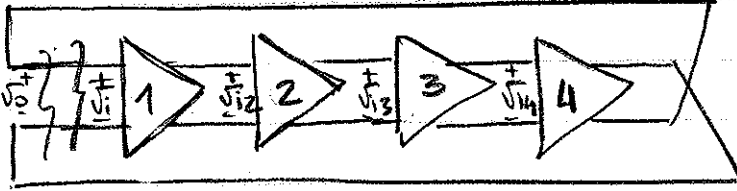
$$f_T = G_{Bw} = 9 \cdot 22 \text{ MHz} = 175,7 \text{ MHz}$$

$$MF = 180 - 90 - \tan^{-1} \left(\frac{f_T}{f_{p2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{f_T}{f_{p3}} \right) =$$

$$= 90 - 29,2 - 20,9 = 39,9^\circ$$

Problema 2

(a)



Abro el lazo

$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{(g_m R)^4}{(RCs + 1)^4} = A\beta(s)$$

$$A\beta(j\omega) = \frac{-(g_m R)^4}{(-\omega^2 RC)^2 + 2RCj\omega + 1}^2$$

$$\rightarrow \text{Im}(A\beta(j\omega)) = 0 \Leftrightarrow \boxed{\omega = \omega_0 = 1/RC}$$

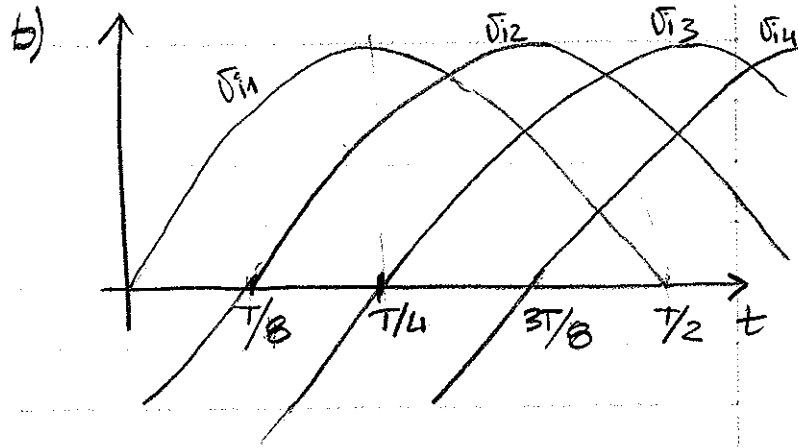
$$|A\beta(j\omega_0)| = 1 \Leftrightarrow \frac{(g_m R)^4}{4} = 1 \Leftrightarrow \boxed{g_m = \frac{\sqrt{2}}{R}}$$

condición de arranque

$$\boxed{g_m > \frac{\sqrt{2}}{R}}$$

transferencia de cada seguidor (en régimen)

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{\sqrt{2}}{1+j}$$



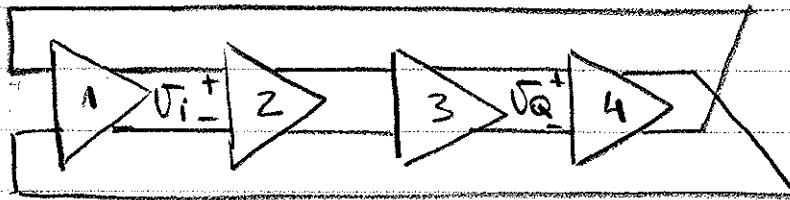
(1) Arranque $g_m > \frac{\sqrt{2}}{R}$ @ $v_{out} = 0$

$$g_m = \sqrt{\frac{\beta I_0}{1+s}} \Big|_{v_{out}=0} = \sqrt{\frac{\beta I_0}{1+s}} > \frac{\sqrt{2}}{R} \rightarrow \boxed{I_0 > \frac{2(1+s)}{\beta R^2}}$$

(2): en régimen

$$g_m = \sqrt{\frac{\beta(I_0 + kV_0)}{1+s}} = \frac{\sqrt{2}}{R} \rightarrow \boxed{V_0 = \frac{I_0 - 2(1+s)/\beta R^2}{k}}$$

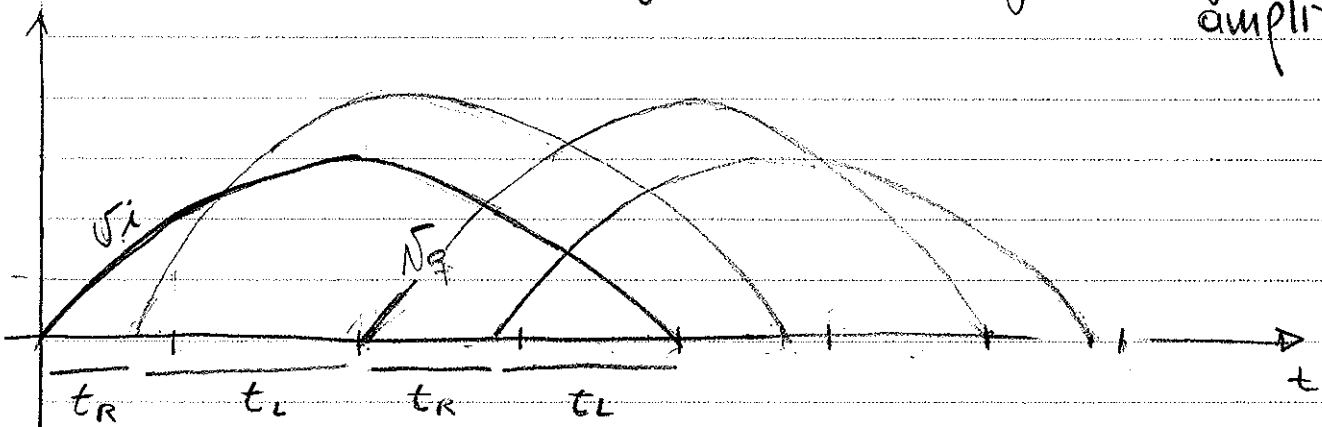
d)



las señales v_i y v_q están en cuadratura

e)

Al medir las señales v_i y v_q agrego una Capacidad a las salidas de estos seguidores introduciendo mayores retardos y disminuyendo la amplitud



Salidas de seguidores con carga extra retardadas t_L
Salidas de seguidores sin carga extra retardadas t_r

$$\Rightarrow \boxed{t_L > t_r}$$

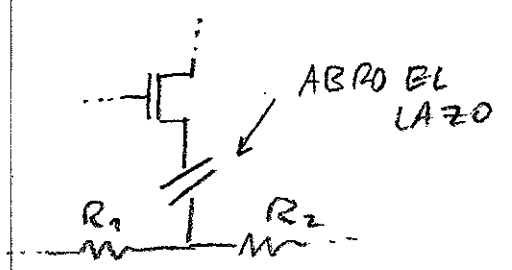
$$2t_r + 2t_L = T' = 1/f'$$

finalmente, v_i y v_q siguen en cuadratura

gjm

PREGUNTA

BLOQUE A



a) 1^{ra} ETAPA

$$\frac{V_1}{V_s} = \frac{-g_{mM} \cdot V_2}{1 + g_{mM}(R_1 // R_2)}$$

$$V_2 = V_{\pi} \cdot g_{mQ} \cdot \left(\frac{1}{g_{mQ}} + R_3 \right)$$

2^{da} ETAPA

$$\frac{V_2}{V_1} = - \frac{R_4 // R_L // (R_2 + R_1)}{\frac{1}{g_{mQ}} + R_3}$$

SUPONGO $R_3 \gg \frac{1}{g_{mQ}}$

$$A = \frac{g_{mM} \cdot V_{\pi} \cdot g_{mQ} \cdot R_3 \cdot (R_4 // R_L // (R_2 + R_1))}{(1 + g_{mM}(R_1 // R_2)) \cdot R_3}$$

BLOQUE B

$$B = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

b)

$$R_{o\frac{1}{2}} = \frac{R_o}{1 + AB} = \frac{R_L // (R_2 + R_1) // R_4}{1 + AB}$$

$$R_{i\frac{1}{2}} = R_i \cdot (1 + AB) = \infty$$

↓
 ∞

Ba