

Examen de Electrónica 2
11/12/2006



50711154

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 pts):

- a) Determine la ganancia diferencial a bajas frecuencias del amplificador de la Figura.
- b) Suponga que el valor de C_{μ} en Q3 y Q4 es distinto de cero. Que ventaja aporta la presencia de Q5 y Q6 desde el punto de vista de la respuesta en frecuencia del amplificador. (Puede considerar el resto de los transistores como ideales en su respuesta en frecuencia).
- c) Calcule el valor de C_c para obtener un $f_T=250\text{MHz}$ en el amplificador.
- d) Calcule el S_R del amplificador

Datos:

Transistores: $V_{BE} = |V_{EB}| = 0.7\text{V}$, Tensión de Early: $V_A = 50\text{V}$, $\beta = 200$, excepto Q11 y Q12 con $\beta_{OUT} = 20$

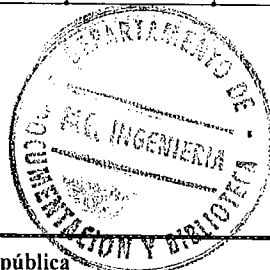
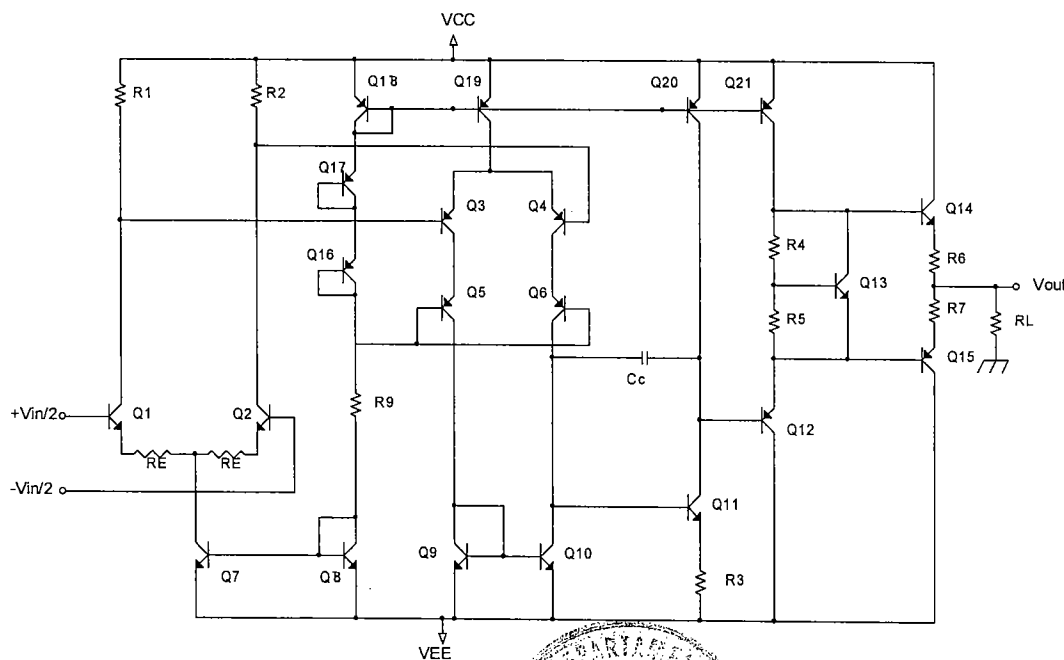
La corriente inversa de saturación de todos los transistores es $I_S = I_{SQ8}$ excepto:

$I_{SQ7} = 10 * I_{SQ8}$, $I_{SQ19} = I_{SQ20} = 3 * I_{SQ8}$, $I_{SQ21} = 10 * I_{SQ8}$, $I_{SQ14} = I_{SQ15} = 2 * I_{SQ8}$

$R1 = R2 = 2\text{k}\Omega$, $R9 = 33\text{k}\Omega$, $R3 = 100\ \Omega$, $R_E = 100$

$R4 = R5 = 2\text{k}\Omega$, $R6 = R7 = 5\ \Omega$, $R_L = 300\ \Omega$.

$V_{CC} = -V_{EE} = 5\text{V}$



Problema 2 (38 pts):

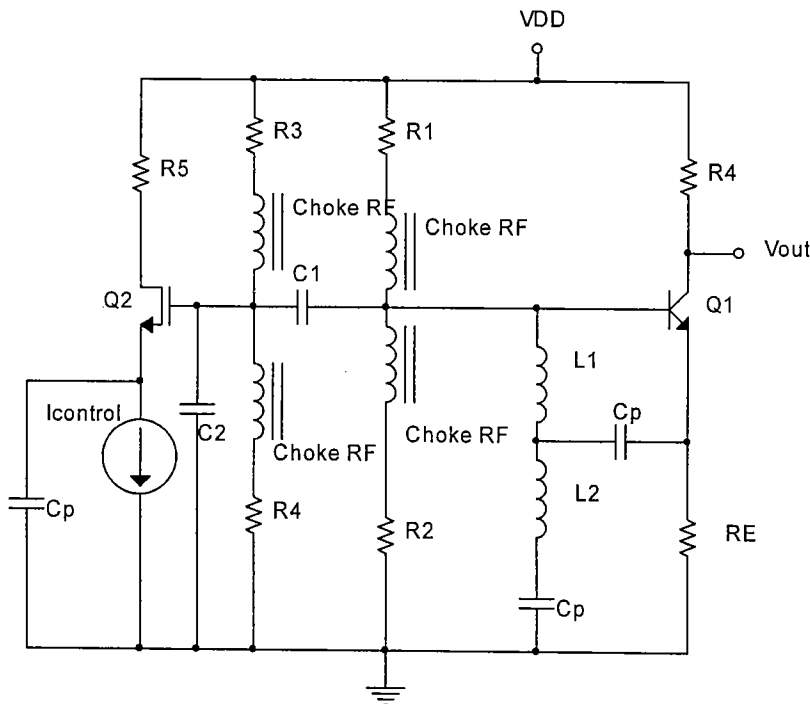
El circuito de la figura es un oscilador del tipo Hartley. En el cual para realizar un ajuste fino en la frecuencia se agrega un condensador variable implementado por Q2.

- Calcular frecuencia y condición de oscilación. Exprese el resultado en forma literal suponiendo que el condensador que agrega Q2 es C_{Q2} .
- Si la polarización de Q2 es tal que el mismo se encuentra en la zona de saturación calcular el valor de la frecuencia de oscilación cuando $I_{control} = 2mA$.
- Calcular el rango de variación de la frecuencia de oscilación si $I_{control}$ varía entre 0.5mA y 3.5mA.

Datos: El β del transistor se podrá considerar muy grande, los condensadores C_p se podrán considerar infinitos. Se supondrá que los inductores Choke RF presentan una impedancia infinita para toda frecuencia > 0 .

Para Q2 : $C_{ox} = 4e-3 \text{ pF}/\mu\text{m}^2$, $\mu_n = 48.4e9 \mu\text{m}^2/\text{V.s}$, $W = 200 \mu\text{m}$, $L = 0.5 \mu\text{m}$, $C_{gs_overlap} = C_{gd_overlap} = 3.0e-4 \text{ pF}/\mu\text{m}$, $R_5 = 2k\Omega$.

$C_1 = 15 \text{ pF}$, $C_2 = 5 \text{ pF}$, $L_1 = L_2 = 50 \mu\text{Hy}$.



Pregunta (24ptos):

En el circuito de la figura, determinar:

- a) Los mínimos valores de IBIAS y VCC para poder entregar 6 Watts a una carga de 8 Ω.

En lo que sigue se despreciará la corriente de reposo en los transistores de salida

- b) Determinar el máximo rendimiento de la etapa de salida Q1, Q2.
- c) Determinar la máxima potencia que tiene que disipar Q1 y para que amplitud de salida ocurre.
- d) Este circuito se utilizará en un ambiente a $T_A = 65^\circ\text{C}$. Demuestre que Q1 y Q2 no soportarán estas condiciones ambientales.
- e) Para solucionar el problema mencionado en la parte d) se acoplarán térmicamente Q1 y Q2 a un disipador. Las características del mismo son: $R_{\theta SA} = 5^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$ y $R_{\theta CS} = 1^\circ\text{C}/\text{W}$. Que largo debe tener el disipador?
- f) ¿Es recomendable montar a Q3 y Q4 en el mismo disipador que a Q1 y Q2? Justifique la respuesta.

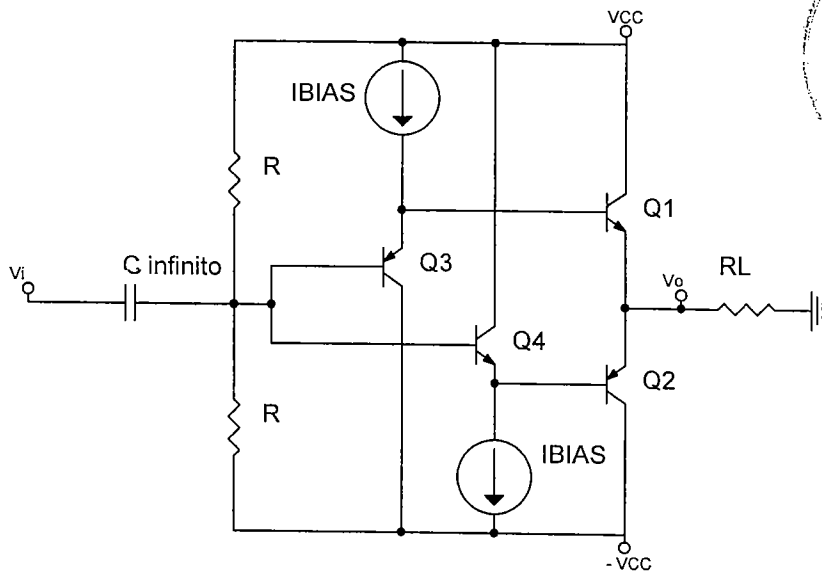
En todo el problema: Q1 idéntico a Q4 y Q3 idéntico a Q2, las fuentes de corriente IBIAS tienen una tensión de saturación de 0.3V, los transistores tienen $V_{BE} = |V_{EB}| = 0.8\text{V}$, $V_{CESAT} = 0.5\text{V}$ y $\beta = 50$.

Para Q1 y Q2:

Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
--	----------------	-------------	------------------

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.92	$^\circ\text{C}/\text{W}$



Problema 1



4/8

$$a) I_{R9} = \frac{V_{CC} - V_{EE} - 4V_{BE}}{R_9} = 218,2 \text{ mA}$$

$$I_{SQ7} = 10I_{SQ8} \Rightarrow I_{Q7} = 2,2 \text{ mA} \parallel I_{Q1} = I_{Q2} = \frac{I_{Q7}}{2} = 1,1 \text{ mA}$$

$$I_{SQ19} = 3I_{SQ8} \Rightarrow I_{Q19} = 654,6 \text{ mA} \parallel I_{Q3} = I_{Q4} = I_{Q5} = I_{Q6} = \frac{I_{Q19}}{2} = 327 \text{ mA}$$

$$I_{Q19} = I_{Q20} = I_{Q11} = 654,6 \text{ mA}$$

1^{er} etapa

$$G_1 = \frac{\beta(R_{11} \parallel V_{\pi 3})}{V_{\pi 1} + (\beta+1)R_E} = 14,3$$

2^a etapa

$$G_2 = g_{m4} \cdot (R_{O2} \parallel R_{i3}) = 298$$

$$R_{O2} = r_{o10} \parallel R_{O6} \text{ y } R_{i3} = V_{\pi 11} + (\beta+1)R_3 = 28 \text{ k}$$

3^{er} etapa

$$G_3 = \frac{\beta_{out} \beta^2 R_L}{V_{\pi 11} + (\beta+1)R_3} = 28,5$$

$$\Rightarrow G = G_1 G_2 G_3 \Rightarrow \boxed{G = 121,5 \times 10^3}$$

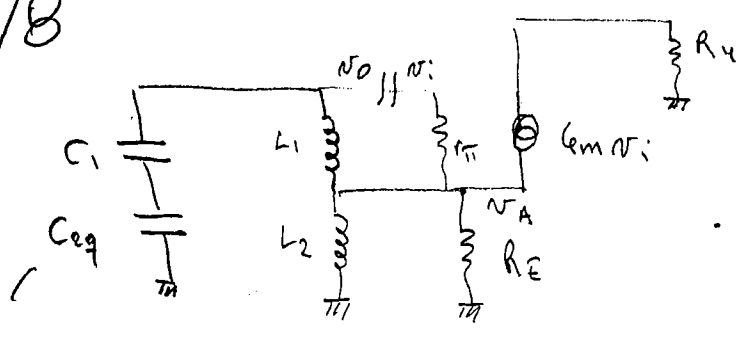
1) Como es una configuración Cascode el efecto Miller se ve disminuido ya que la ganancia entre base y colector de Q_3 y Q_4 es -1 .

$$2) G_m = g_{m4} G_1 = 0,18 \Rightarrow C_c = \frac{G_m}{2\pi f_T} = \boxed{114,5 \text{ pF}}$$

$$1) SR = \frac{I_{Q19}}{C_c} = \boxed{5,7 \times 10^6 \text{ V/\Delta}}$$

problema 2:

5/8



$f = C_2 + C_{Q_2}$

$$g_m V_i = \frac{N_A}{R_E} + \frac{N_A}{L_2 s} + \frac{N_A - N_0}{L_1 s}$$

$$\frac{N_A - N_0}{L_1 s} = \frac{N_0 \cdot C_1 \cdot C_{eq} s}{(C_1 + C_{eq})}$$

$$C_{tot} = \frac{C_1 \cdot C_{eq}}{C_1 + C_{eq}}$$

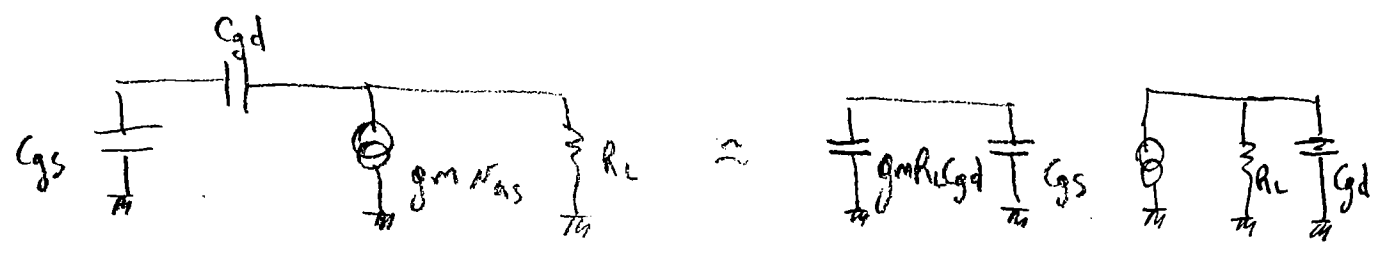
$$\frac{N_0}{N_i} = \frac{g_m R_E L_1 L_2 s}{L_1^2 L_2 C_{tot} s^3 + R_E L_1^2 C_{tot} s^2 + L_1 L_2 R_E (C_{tot} s^2 + 1) + R_E L_1}$$

$$I_m = 0 \Rightarrow R_E L_1 ((L_1 + L_2) C_{tot} s^2 + 1) = 0$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{(L_1 + L_2) C_{tot}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{(L_1 + L_2) C_{tot}}}$$

$$\frac{g_m R_E L_1 L_2}{L_1^2 L_2 C_{tot} \omega^2 + L_1 L_2} = 1 \Rightarrow g_m R_E = \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

b)



$$C_{gs} = \frac{2}{3} \omega \cdot L \cdot C_{ox} + C_{gs,av} \cdot \omega = 0,33 \text{ pF}$$

$$C_{gd} = C_{gd,ov} \times \omega = 0,06 \text{ pF}$$

$$g_m R_L = \sqrt{2 \mu_n \cdot C_{ox} \cdot \frac{W}{L} \cdot I_D} \cdot R_L \approx 30$$

$$g_m R_L \cdot C_{gd} = 0,03 \text{ pF} \cdot 36 = 1,08 \text{ pF}$$

6/8

$$C_{MOS} = 1,08 + 0,33 = 1,42 \text{ pF}$$

$$C_{eq} = 5 \text{ pF} + 1,42 = 6,42 \text{ pF}$$

$$C_{TOT} = 4,50 \text{ pF}$$

$$f = 47,1 \text{ MHz}$$



c)

$$I_D = 0,5 \text{ mA} \Rightarrow g_m R_L = 17,6$$

$$\Rightarrow C_{MOS} = 0,88 \Rightarrow C_{eq} = 5,88 \text{ pF} \Rightarrow C_{TOT} = 4,5 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow f = 48,7 \text{ MHz}$$

$$I_D = 3,5 \text{ mA} \Rightarrow g_m R_L = 46,6$$

$$\Rightarrow C_{MOS} = 1,73 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow C_{eq} = 6,73 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow C_{TOT} = 4,65 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow f = 46,2 \text{ MHz}$$

pregunta :

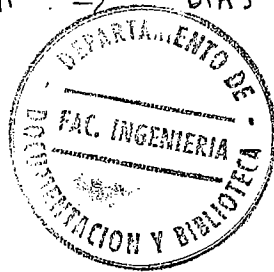
718

$$P = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L} \Rightarrow \hat{V}_o = 9,8V$$

$$V_{outmax} = V_{CC} - V_{CESAT} - V_{BEQ1} = 9,8 \Rightarrow V_{CC} = 10,9V$$

$$\hat{I}_o = \frac{\hat{V}_o}{R_L} = \frac{9,8V}{8\Omega} = 1,225A$$

$$\Rightarrow \hat{I}_{BQ1} = 24,5mA \Rightarrow I_{BIAS} \geq 24,5mA$$



$$\eta = \frac{P_L}{P_S}$$

$$P_L = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}$$

$$P_{S_{VCC}} = P_{S_{-VCC}} = V_{CC} \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \hat{I}_o \cdot \sin \theta d\theta = V_{CC} \cdot \frac{\hat{V}_o}{R_L} \cdot \frac{1}{\pi}$$

$$\eta = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L \cdot 2 \cdot V_{CC} \cdot \frac{\hat{V}_o}{R_L}} = \frac{\hat{V}_o}{V_{CC}} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{V_{CC} - V_{CESAT} - V_{BEQ1}}{V_{CC}} \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow P_D = \frac{2}{\pi} \frac{\hat{V}_o}{R_L} \cdot V_{CC} - \frac{1}{2} \frac{\hat{V}_o^2}{R_L}$$

$$\hat{V}_o |_{P_{Dmax}} = \frac{2}{\pi} \cdot V_{CC} \Rightarrow P_D = \frac{2 V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = 1,5W$$

d)

$$P_{D_{MAX}} = \frac{T_{jmax} - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{150 - 65}{62,5} = 1,36W < 1,5W \text{ parte c)}$$

e)

8/8

$$R_{\theta JA} = R_{\theta JC} + R_{\theta CS} + R_{\theta SA} / L$$

Para poder disipar 1,5 W $R_{\theta JA} = \frac{150 - 65}{1,5} = 56,7 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

$$R_{\theta JA} = 1,92 \text{ } ^\circ\text{C/W} + 1 \text{ } ^\circ\text{C/W} + 5 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m/W} / L = 56,7 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$\frac{5 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m/W}}{L} = 53,78 \Rightarrow L = 9,2 \text{ cm}$$

f) Si de forma de que $V_{BB} = V_{EB3} + V_{BE1}$ varíen de igual forma respecto a T que $V_{BE1} + V_{BE2}$ evitando así una corrida térmica.

