Examen de Electrónica 2
20/12/2010

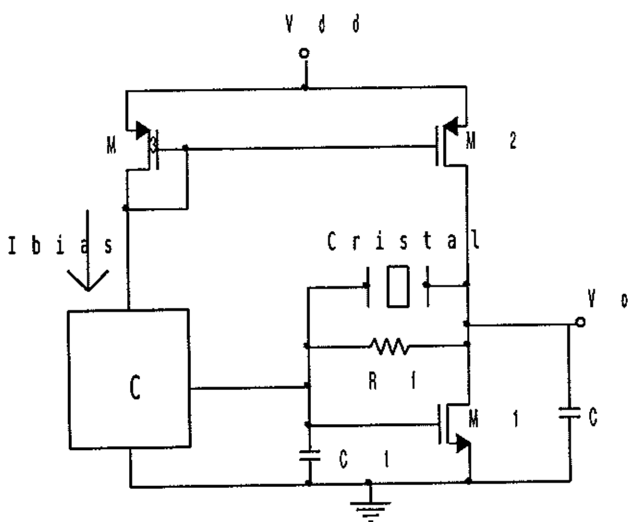
Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es **sin** material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1: (37 puntos)

En el oscilador de la figura, Rf es una resistencia de valor muy alto que permite polarizar el gate de M1 y que se supondrá infinita a los efectos de la señal. Los transistores se supondrán con tensión de Early infinita y la amplitud de la señal tal que el transistor opera en pequeña señal.
El bloque C implementa el control de amplitud del oscilador y se supondrá no toma corriente. El cristal se modela con una impedancia R+jX.
Determinar la frecuencia y condición de oscilación en función de la salida del bloque de control Ibias.
Si el cristal utilizado tiene el siguientes modelo: rserie=100ohm, L=520mHy, Cserie=0.012pF, Cparalelo = 4pF, indicar en que rango de frecuencias se encontrará la frecuencia de oscilación.
El bloque de control C genera una corriente Ibias a su salida igual a:

Ibias = K1*Vgp+K2, siendo Vgp la amplitud de pico de la componente de señal en el gate del transistor.

a) ¿Qué signo debe tener K1 y que condición debe cumplir K2 para que el oscilador arranque y el control de amplitud funcione correctamente? Fundamente.
b) Determine la amplitud de la oscilación V1p que tendrá el oscilador en función del resto de los parámetros del sistema.



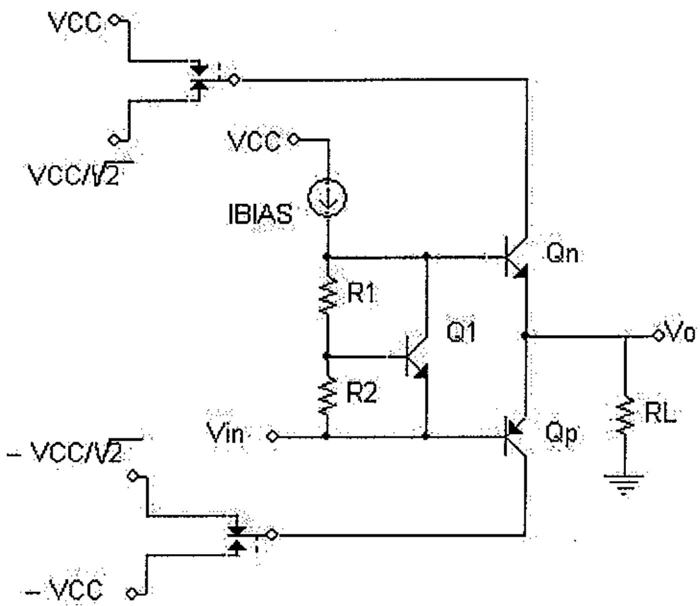
Problema 2: (37 puntos)

El circuito de la figura implementa una etapa de salida clase G, en la misma la alimentación de la etapa cambia en función de la señal a amplificar. Para valores de $|Vin| < VCC/\sqrt{2}$ la alimentación es $VCC/\sqrt{2}$ y $-VCC/\sqrt{2}$, para valores mayores a $VCC/\sqrt{2}$ la alimentación es VCC y -VCC. Para todo el problema se considera una señal de entrada sinusoidal de amplitud VCC.

a) Determine la eficiencia de la etapa de salida
   ¿Como se compara dicha eficiencia respecto a la de una etapa clase AB?
b) Determine la potencia que deben disipar los transistores Q_N y Q_P.
c) Determine cual es la máxima temperatura ambiente (T_{AMB}) a la que puede funcionar el circuito.
d) A cada transistor Q_N y Q_P se le coloca un disipador capaz de disipar 4mW/°C por cada cm^2 de superficie. El disipador se supondrá acoplado a través de una resistencia térmica Θ_{CS}=0.5°C/W. ¿Qué superficie debe tener cada disipador para que el circuito pueda funcionar a una temperatura ambiente máxima T_{AMB}=50°C ?.

Datos: V_{CC}=10 V, R_L=2

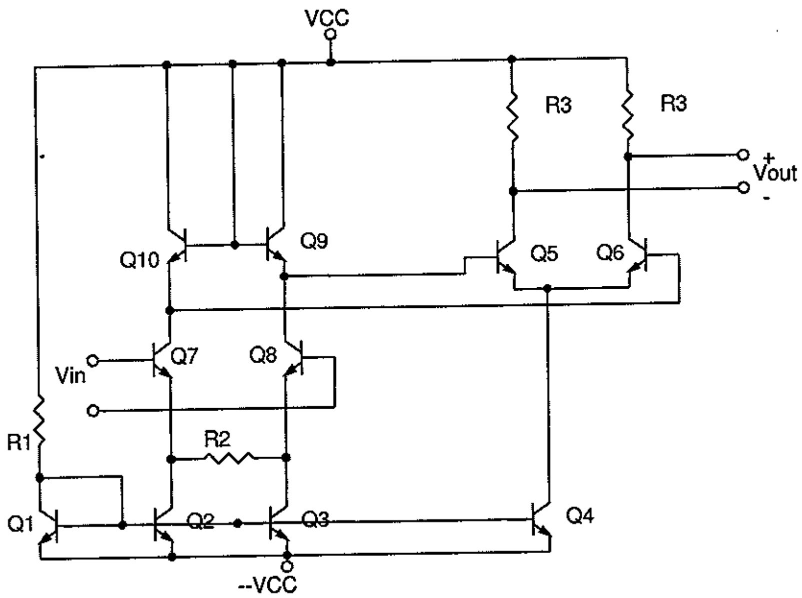
Q_N, Q_P: V_{BE}=0.75V, $\beta_{N,P}$=50, T_{jMAX}=150 °C, Θ_{JC}=2 °C/W, Θ_{CA}=65 °C/W



Pregunta : (26 puntos)

En el circuito de la figura:

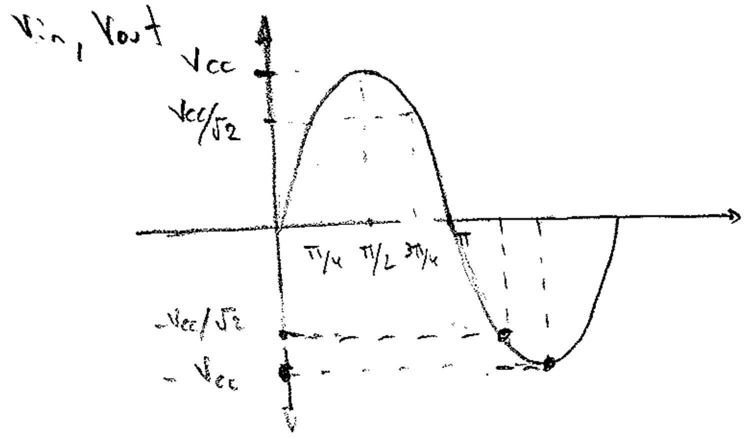
a) ¿Que función cumplen los transistores Q9 y Q10? Fundamentar analíticamente.
b) Determinar la relación entre Vo y Vi.


VCC
R3
R3
+
Vout
-
Q10
Q9
Q5
Q6
Q7
Q8
Vin
R1
R2
Q1
Q2
Q3
Q4
--VCC

Electrónica 2 Ex. 20/12/2010

Problema 2 :

a)



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

$$P_L = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L} \quad @\ \hat{V}_o = V_{cc} \quad = \frac{V_{cc}^2}{2R_L}$$

$$P_S^+ = P_S^- = \frac{1}{2\pi}\left(\int_0^{\pi/4} \frac{V_{cc}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{cc}}{R_L} \operatorname{sen}\theta\, d\theta + \int_{\pi/4}^{3\pi/4} V_{cc} \cdot \frac{V_{cc}}{R_L} \operatorname{sen}\theta\, d\theta + \int_{3\pi/4}^{\pi} \frac{V_{cc}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{cc}}{R_L} \operatorname{sen}\theta\, d\theta\right)$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left(\frac{V_{cc}^2}{\sqrt{2}R_L}\left(-\cos\theta\Big|_0^{\pi/4} - \cos\theta\Big|_{3\pi/4}^{\pi}\right) + \frac{V_{cc}^2}{R_L}\left(-\cos\theta\Big|_{\pi/4}^{3\pi/4}\right)\right)$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left(\frac{V_{cc}^2}{\sqrt{2}R_L}\left(\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}+1\right) + \left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right) + \frac{V_{cc}^2}{R_L}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right) =$$

$$= \frac{V_{cc}^2}{2\pi \cdot \sqrt{2}R_L}(4-\sqrt{2})$$

$$\eta_G = \frac{\cancel{V_{cc}^2}}{\cancel{2R_L}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{2} \cdot R_L}{2 \cdot V_{cc}^2 (4-\sqrt{2})} = \frac{\pi}{\sqrt{2}(4-\sqrt{2})} = 86\ \%$$

$$\eta_{AB} = \frac{\pi}{4} = 78{,}5\%$$

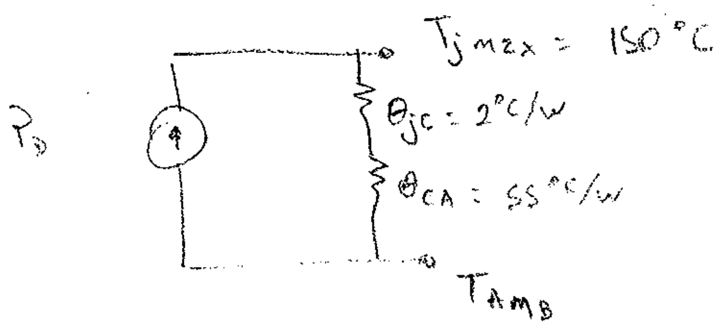
$$\eta_G > \eta_{AB}$$

b) $$P_D = P_S - P_L = \frac{\sqrt{2}\cdot V_{CC}^2}{2\pi \cdot R_L}(4-\sqrt{2}) - \frac{V_{CC}^2}{2R_L} =$$

$$= \frac{V_{CC}^2}{2R_L}\left(\frac{\sqrt{2}}{\pi}(4-\sqrt{2}) - 1\right) = 4{,}1\,W$$

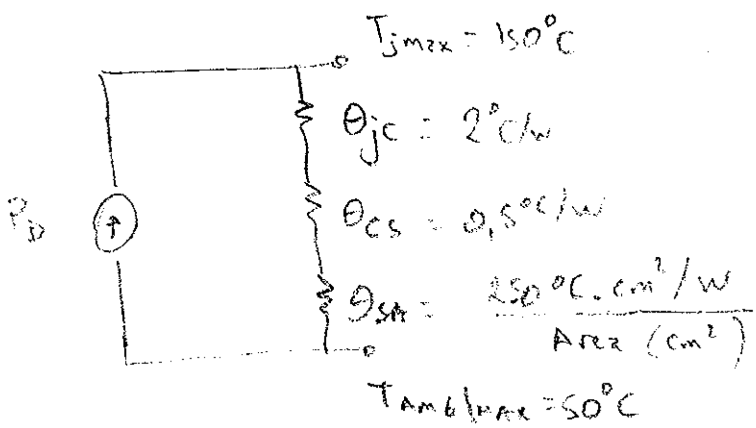
$$P_{DQN} = P_{DQP} = P_D/2 = 2{,}05\,W$$

c)



$$\Rightarrow T_{AMB_{MAX}} = T_{jMAX} - (\theta_{jc} + \theta_{CA})P_D = 12{,}6\ °C$$

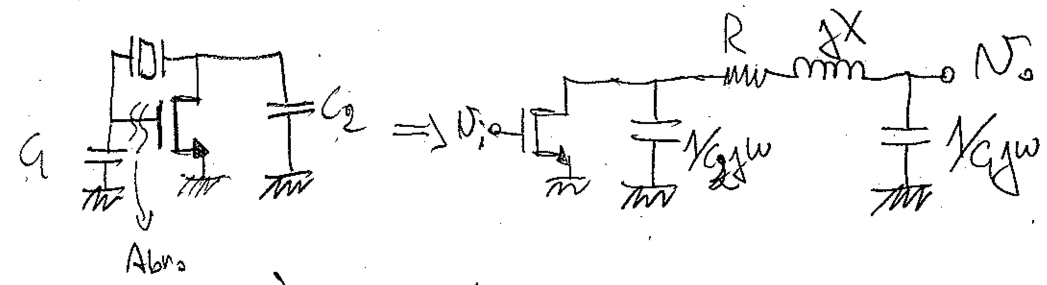
d)

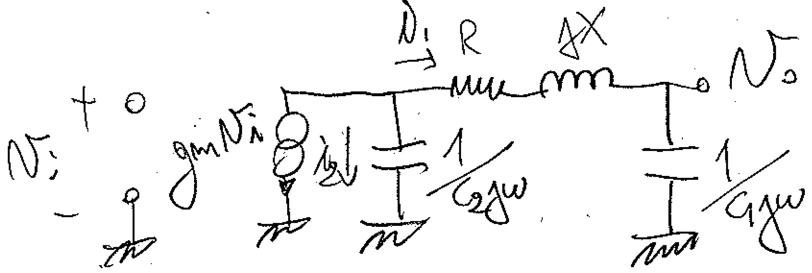


$$T_{jmax} - T_{AMB}|_{max} = \left(\theta_{jc} + \theta_{CS} + \frac{\theta_{SA}}{Area}\right)P_D$$

$$\Rightarrow Area = \frac{\theta_{SA}}{\frac{T_j - T_A}{P_D} - \theta_{jc} - \theta_{CS}} \Rightarrow \boxed{Area = 5{,}4\ cm^2}$$

a)





$$v_o = \frac{v_1}{C_1 j\omega}$$

$$v_1 = -g_m v_i \frac{\frac{1}{C_2 j\omega}}{R + jX + \frac{1}{C_1 j\omega} + \frac{1}{C_2 j\omega}} = \frac{-g_m v_i}{C_2 R j\omega - C_2 X\omega + \frac{C_2}{C_1} + 1}$$

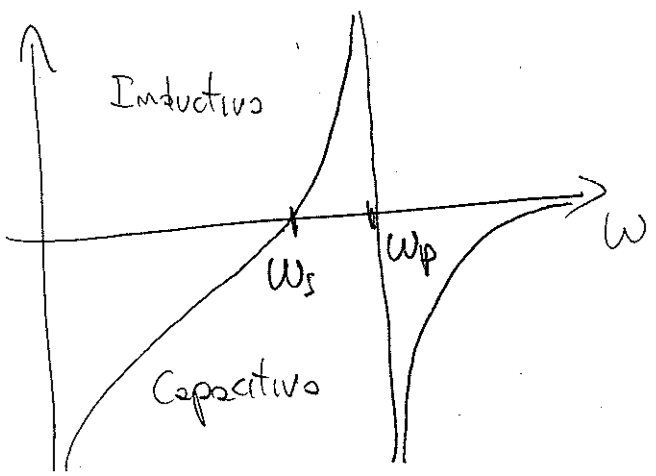
$$\Rightarrow v_o = \frac{-g_m v_i}{C_1 j\omega \left(C_2 R j\omega + 1 + \frac{C_2}{C_1} - C_2 X\omega\right)}$$

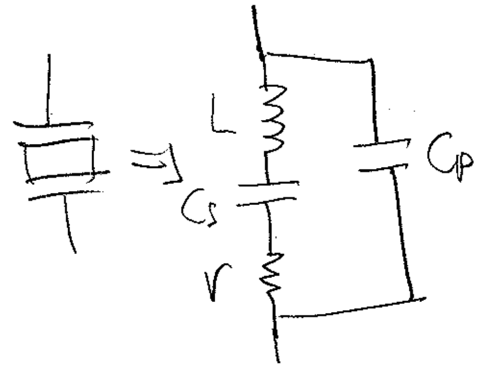
$$\Rightarrow 1 + \frac{C_2}{C_1} - C_2 X\omega = 0 \Rightarrow C_2 X \omega = \frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega_{osc} = \frac{1}{X\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}} \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m}{C_1 C_2 R \omega_{osc}^2}$$

$$g_m = \sqrt{2\beta I_{bias}} \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \frac{\sqrt{2\beta I_{bias}}}{\cancel{C_1 C_2} R \frac{1}{X^2\left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}\right)^2}} = \boxed{\frac{\sqrt{2\beta I_{bias}}\, X^2 C_1 C_2}{R\,(C_1 + C_2)^2} = 1}$$

b)





Para que el circuito oscile X debe ser positivo (inductivo).

$$\Rightarrow \omega_s < \omega_{osc} < \omega_p$$

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_s}} = 2{,}0148\ \text{MHz}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C_sC_p}{C_s+C_p}}} = 2{,}0178\ \text{MHz}$$

$$\Rightarrow \boxed{2{,}0148\ \text{MHz} < f_{osc} < 2{,}0178\ \text{MHz}}$$

c)

i) $$A\beta(j\omega_{osc}) = \frac{\sqrt{2\beta I_{bias}}\, X^2 C_1C_2}{R(C_1+C_2)^2} = \frac{\sqrt{2\beta(K_1V_{gp}+K_2)}\, X^2C_1C_2}{R(C_1+C_2)^2} = 1$$

En el arranque $V_{gp} = \emptyset \Rightarrow$

$$A\beta(j\omega_{osc}) = \frac{\sqrt{2\beta K_2}\, X^2C_1C_2}{R(C_1+C_2)^2} > 1 \Rightarrow \boxed{K_2 > \frac{R^2(C_1+C_2)^4}{2\beta X^4(C_1C_2)^2}}$$

A medida que crece la amplitud (luego del arranque) $A\beta$ debe ir disminuyendo hasta que $A\beta = 1 \Rightarrow \boxed{K_1 < 0}$

c) iii) $A\beta(j\omega_{osc}) = \dfrac{\sqrt{2\beta(K_2 - K V_{gp})}\, X^2 C_1 C_2}{R(C_1+C_2)^2} = 1$

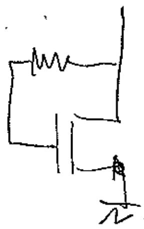
$$\Rightarrow \sqrt{2\beta(K_2 - K_1 V_{gp})} = \frac{R(C_1+C_2)^2}{X^2 C_1 C_2} \Rightarrow 2\beta(K_2 - K_1 V_{gp}) = \frac{(C_1+C_2)^4 R}{X^4 (C_1 C_2)^2}$$

$$K_2 - K_1 V_{gp} = \frac{(C_1+C_2)^4 R}{2\beta X^4 (C_1 C_2)^2}$$

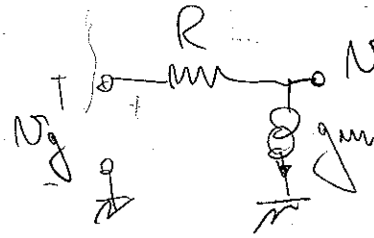
$$V_{gp} = \frac{1}{K_1}\left[K_2 - \frac{(C_1+C_2)^4 R}{2\beta X^4 (C_1 C_2)^2}\right]$$

Para obtener la amplitud a la salida debo multiplicar V_{gp} por la ganancia entre gate y drain.

Dado que a la frecuencia de resonancia el circuito tanque tiene impedancia infinita $\Rightarrow$



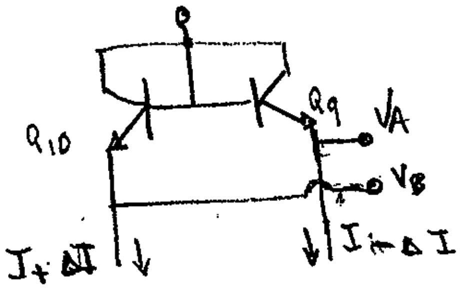
$\Rightarrow$



$\Rightarrow v_g - v_d = R\, g_m v_g$

$$\Rightarrow \frac{v_d}{v_g} = (1 - R g_m) \Rightarrow \boxed{V_{1p} = (1 - R \cdot g_m) V_{gp}}$$

a) Cumplen la función de predistorsionar la señal proveniente de Q_7 y Q_8 antes de aplicarlo al par diferencial formado por Q_5 y Q_6



$$\Delta I = \frac{v_{in}}{R_2}$$

$$I_{E9} = I_{C9} = I_S\, e^{\frac{V_{BE9}}{V_T}} = I - \Delta I \Rightarrow V_{BE9} = V_T \ln\left(\frac{I-\Delta I}{I_S}\right)$$

Idem $- V_{BE10} = V_T \ln\left(\frac{I+\Delta I}{I_S}\right)$

$$V_A - V_B = (V_{cc} - V_{BE9}) - (V_{cc} - V_{BE10}) = V_{BE10} - V_{BE9}$$

$$V_A - V_B = V_T \ln\left(\frac{I+\Delta I}{I-\Delta I}\right) = \boxed{2V_T \tanh^{-1}\left(\frac{v_{in}}{IR_2}\right)}$$

b)

$$V_{out} = R_3\, I \tanh \frac{V_A - V_B}{2V_T} = \boxed{\frac{R_3}{R_2} v_{in}}$$