

°1er Parcial de Electrónica 2
07/10/2013

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 1:

- Determinar la frecuencia de oscilación (f_{osc}), condición de oscilación y condición de arranque.
- Determinar que corriente debe circular por el LED para que la amplitud de salida sea 5Vp.
- Determinar R_{LED} para que la amplitud de salida sea la deseada.

Datos:

Los amplificadores operacionales se suponen ideales.

R_4 y C_2 son tales que $1/(2\pi R_4 C_2) \ll f_{osc}$

U_1 es un par resistencia dependiente de la luz (LDR) – LED. La variación de la resistencia en función de la corriente por el LED se indica en la curva indicada como 2 en la figura 2.

La tensión directa del LED son 1.4V.

Se desprecia la tensión directa del diodo D.

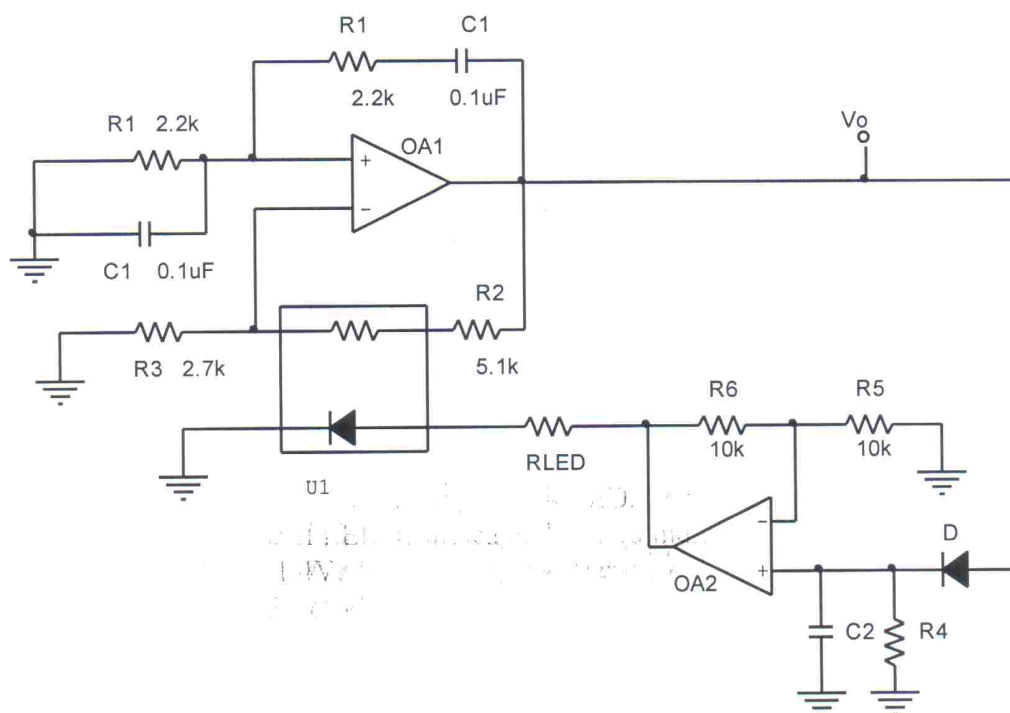


Figura 1

Output Resistance vs. Input Current VTL5C10

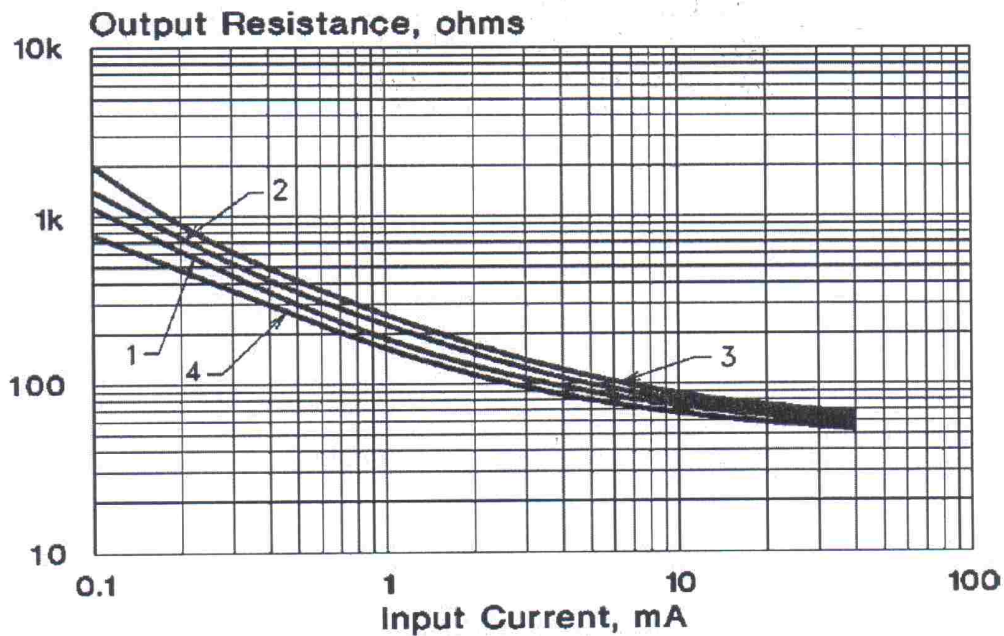


Figura 2

Problema 2: (33 puntos)

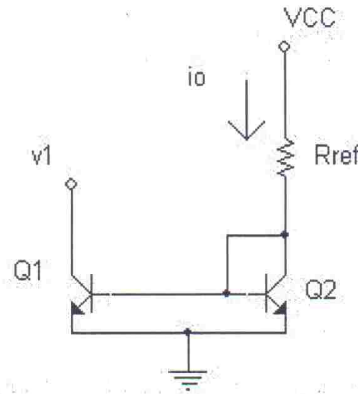
Un ingeniero ha diseñado el espejo de corriente de la Fig. 1. Al probarlo observa que la corriente de referencia i_o presenta una componente i_{cm} que varía de acuerdo a la señal presente en el nodo de salida del espejo v_1 .

- a) Calcular la transferencia i_{cm}/v_1 .
- b) ¿Cuál es el valor de la amplitud máxima en v_1 para que la variación de la corriente de referencia sea menor a un 5% de su valor en DC para cualquier frecuencia de la señal en v_1 ?
- c) Para atacar este problema, se propone utilizar una configuración Cascode con el transistor Q1. ¿Se elimina completamente la componente i_{cm} debida a v_1 para cualquier frecuencia? Justifique claramente su respuesta.

Datos:

$R_{ref} = 3,3 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 4V$.

Transistores: $V_{BE}=0.7V$, $\beta = 200$, $f_T = 200\text{MHz}$ @ $I_C = 10\text{mA}$, $C_{\mu} = 15\text{pF}$, $C_{je}=30\text{pF}$, Voltaje de Early $V_A = \infty$.



Problema 3: (30 puntos)

El circuito de la Fig.1 es un multiplicador de cuatro cuadrantes en el cual la señal V_{IF} entra por los emisores de Q_1 y Q_2 .

- a) Mostrar cómo se conectan los colectores de $Q_3..Q_6$ para que este circuito cumpla la función deseada.
- b) Si en la salida se coloca una resistencia como se muestra en la Fig.2, hallar V_{OUT} en función de V_{RF} y V_{IF} .
- c) ¿Cuál es el rango lineal de entrada de la señal V_{RF} ? Proponga un circuito que permita aumentarlo justificando su respuesta.

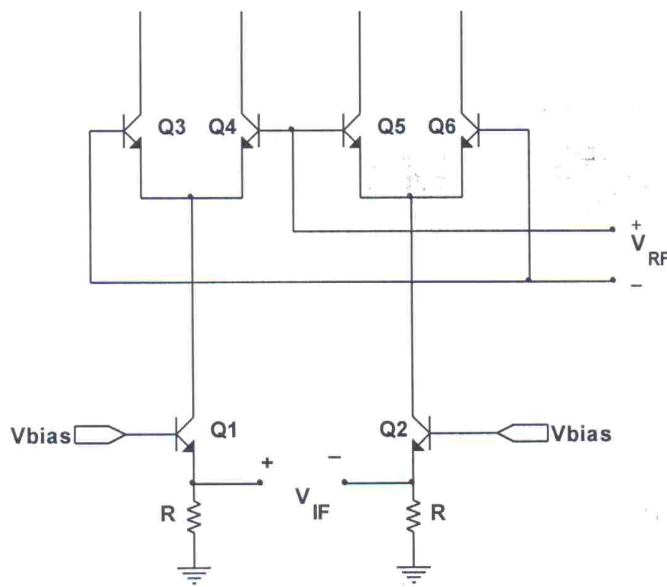


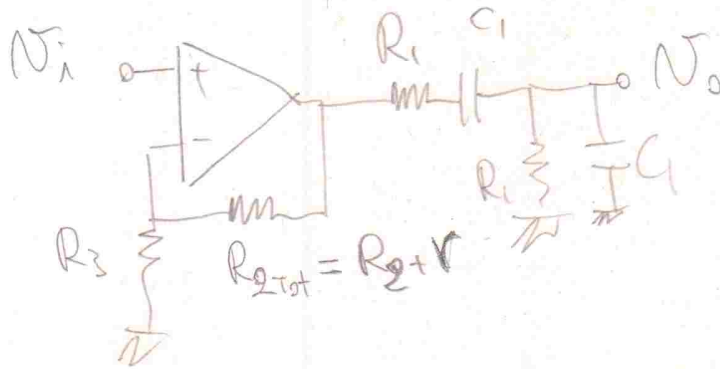
Fig.1



Fig.2

Problema

2) Abro el lazo en la pata + del amplificador porque tiene resistencia de entrada infinita.



$$\frac{N_o}{N_i} = \left(1 + \frac{R_{2\text{tot}}}{R_3}\right) \left(\frac{R_1 / (1 + j\omega C_1 R_1)}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} + R_1 / (1 + j\omega C_1 R_1)}\right) = \left(1 + \frac{R_{2\text{tot}}}{R_3}\right) \frac{\frac{R_1}{R_1 C_1 \omega + 1}}{\frac{R_1 C_1 \omega + 1}{C_1 \omega} + \frac{R_1}{R_1 C_1 \omega + 1}}$$
$$= \left(1 + \frac{R_{2\text{tot}}}{R_3}\right) \frac{\frac{R_1}{R_1 C_1 \omega + 1}}{(R_1 C_1 \omega + 1)(R_1 C_1 \omega + 1) + R_1 C_1 \omega} =$$

$$= \left(1 + \frac{R_{2\text{tot}}}{R_3}\right) \frac{R_1 C_1 \omega}{(R_1 C_1 \omega)^2 + 2R_1 C_1 \omega + 1 + R_1 C_1 \omega}$$

$$= \left(1 + \frac{R_{2\text{tot}}}{R_3}\right) \frac{R_1 C_1 \omega}{(R_1 C_1 \omega)^2 + 3R_1 C_1 \omega + 1} = A\beta(\omega)$$

$$\Rightarrow A\beta(j\omega_0) = \left(1 + \frac{R_{2\text{tot}}}{R_3}\right) \frac{R_1 C_1 j\omega_0}{1 - R_1^2 C_1^2 \omega_0^2 + 3R_1 C_1 j\omega_0} = 1$$

$$\Rightarrow 1 - R_1^2 C_1^2 \omega_0^2 = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{R_1 C_1}$$

Problema

a) $\Rightarrow A\beta(j\omega_0) = \left(1 + \frac{R_{2\text{Tot}}}{R_3}\right) \frac{R_1 C_1}{3R_1 C_1}$

Condición de oscilación

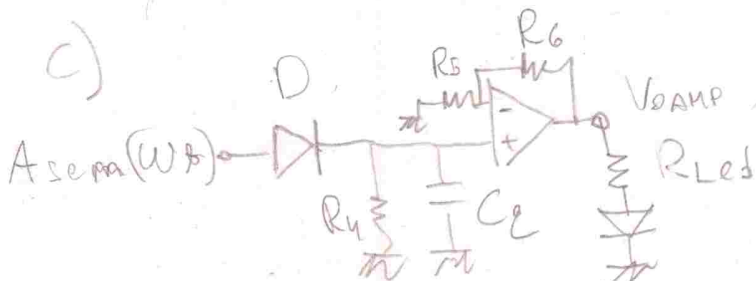
$$\Rightarrow \left(1 + \frac{R_{2\text{Tot}}}{R_3}\right) \frac{1}{3} = 1$$

Condición de arranque

$$\left(1 + \frac{R_{2\text{Tot}}}{R_3}\right) \frac{1}{3} > 1$$

b) $1 + \frac{R_2 + R_{\text{Led}}}{R_3} = 3 \Rightarrow R_{\text{Led}} = 2R_3 - R_2$

$\Rightarrow R_{\text{Led}} = 300\Omega$ $\xrightarrow{\text{De la gráfica}} \nabla$ $I_{\text{Led}} = 0,5 \text{ mA}$



D, R_4 y C_2 forman un rectificador de media onda \Rightarrow

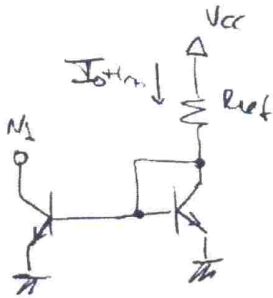
$$e^+ = A \Rightarrow V_{\text{AMP}} = A \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) \Rightarrow V_{\text{AMP}} = 5 \cdot 2 = 10 \text{ V}$$

$$\Rightarrow I_{R_{\text{Led}}} = \frac{V_{\text{AMP}} - V_{\text{Led}}}{R_{\text{LED}}} \Rightarrow R_{\text{LED}} = 17,2 \text{ k}\Omega$$

ELECTRÓNICA 2 - 1ª PRÁCTICA - OCT/2013

2

(e)



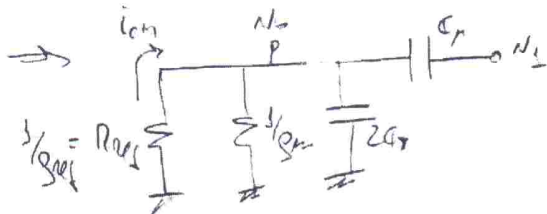
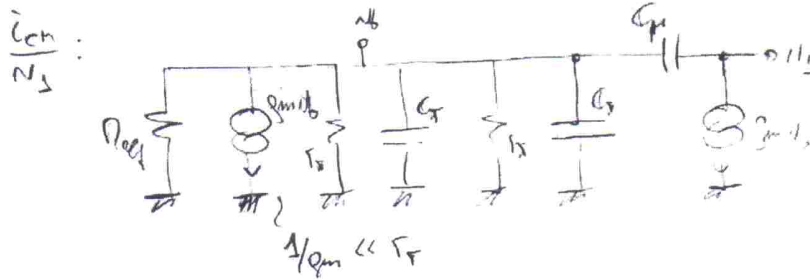
$$I_0 = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_{ref}} = 1 \text{ mA}$$

$$f_{T_{IC=10\text{mA}}} = \frac{g_m}{2\pi(C_p + C_n)} = 200 \text{ MHz}$$

$$\Rightarrow C_p |_{10\text{mA}} = \frac{I_C}{2\pi V_T f_T} - C_n = 292,2 \text{ pF}$$

$$C_T = C_{te} + k I_C \Rightarrow k = 26,2 \text{ pF/mA}$$

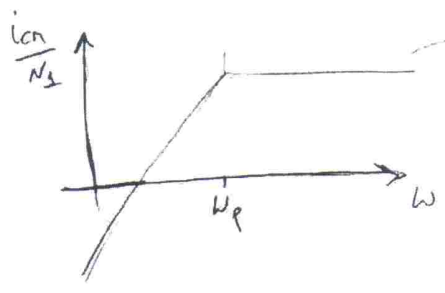
$$\Rightarrow C_p |_{1\text{mA}} = 56,2 \text{ pF}$$



$$\begin{cases} (g_m + g_{ref} + 2C_p s) N_2 = (N_1 - N_2) C_p s \\ i_{in} = -g_{ref} N_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{i_{in}}{N_1} = \frac{g_{ref} C_p s}{(g_m + g_{ref}) + (2C_p + C_p) s} \Rightarrow \frac{i_{in}}{N_1} = \frac{(g_{ref}/(g_m + g_{ref})) C_p s}{1 + s/\omega_p} \quad | \quad \omega_p = \frac{g_m + g_{ref}}{2C_p + C_p}$$

(b)



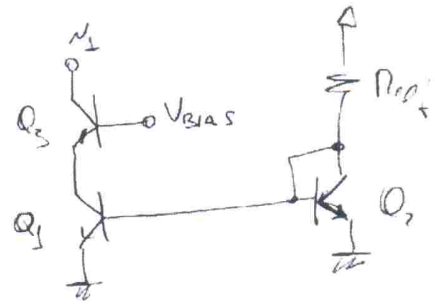
$$\frac{i_{in}}{N_1} \xrightarrow{\omega \gg \omega_p} \omega_p \frac{g_{ref}}{g_m + g_{ref}} C_p = \frac{g_{ref} C_p}{2C_p + C_p}$$

$$\frac{i_{in}}{N_1} \xrightarrow{\omega \gg \omega_p} 25,6 \mu\text{A/V}$$

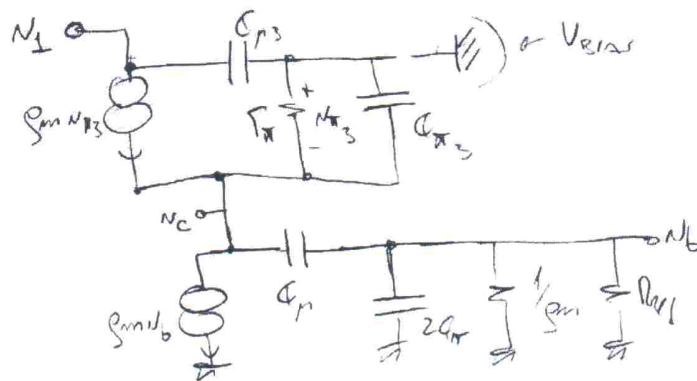
$$\Rightarrow i_{in} < 50 \mu\text{A} \Leftrightarrow N_2 < 1,4 \text{ V}$$

ELECTRÓNICA 2 - 5ª parcial - oct / 2013

② (c) la frecuencia casode



El cascode SI elimina el problema de la ubicación entre i_{in} y N_1 (asumiendo $V_A \rightarrow \infty$), ya que como se ve, el acople capacitivo que antes había a través de C_{gs} , ahora se encuentra bloqueado por V_{bias} que es una frecuencia fija.



Nodo N_c :

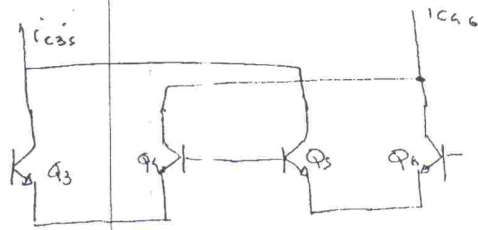
$$\left(g_{mN_1} + \frac{1}{r_{\pi 3}} + C_{gs} s \right) (0 - N_c) = g_{mM_3} + (N_c - N_b) C_{gs}$$

$\Rightarrow N_c$ ya no depende de N_1

(en las potencias $(a) \rightarrow (b)$ igual $\rightarrow N_1$)

Problema 3

a)



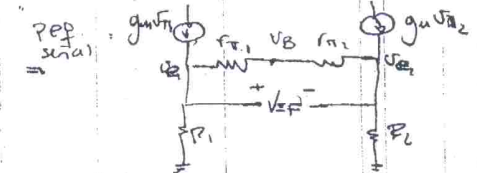
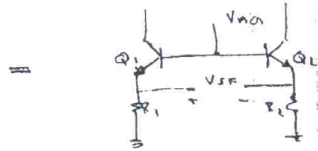
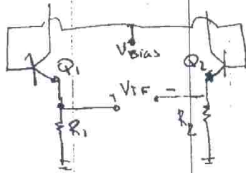
$$i_{c35} = i_{c3} + i_{c5}$$

$$i_{c46} = i_{c4} - i_{c6}$$

$$V_{out} = (i_{c35} - i_{c46}) R_d$$

b)

1) Estudio del bloque "IF"



$$\rightarrow i_{b1} = -i_{b2} \Rightarrow i_{c1} = -i_{c2} \Rightarrow g_{m1}(v_B - v_{e1}) = -g_{m2}(v_B - v_{e2})$$

$$g_{m1} = g_{m2} = \frac{I_0}{V_T} = \frac{V_{bias} - V_{BE}}{R \cdot V_T} \Rightarrow v_B = 0 \Rightarrow \begin{cases} i_{c1} = -g_{m1} \frac{v_{IF}}{2} \\ i_{c2} = g_{m1} \frac{v_{IF}}{2} \end{cases}$$

$$v_{e1} = \frac{v_{IF}}{2}$$

$$v_{e2} = -\frac{v_{IF}}{2}$$

$$\rightarrow i_{c1} = I_{c1} \quad i_{c2} = I_0 - g_{m1} \frac{v_{IF}}{2}$$

$$i_{c2} = I_0 + g_{m1} \frac{v_{IF}}{2}$$

2) Bloque "RF"

$$i_{c3} = \frac{i_{c1}}{2} = g_{m3} \frac{v_{RF}}{2} = \frac{i_{c1}}{2} \left(1 - \frac{v_{RF}}{2V_T} \right) = \left(\frac{I_0}{2} - g_{m1} \frac{v_{IF}}{4} \right) \left(1 - \frac{v_{RF}}{2V_T} \right)$$

$$i_{c4} = \frac{i_{c2}}{2} + g_{m3} \frac{v_{RF}}{2} = \left(\frac{I_0}{2} + g_{m1} \frac{v_{IF}}{4} \right) \left(1 + \frac{v_{RF}}{2V_T} \right)$$

Problem 3

$$i_{cs} = \frac{i_{c2}}{2} + g_{m5} \cdot \frac{v_{RF}}{2} = \frac{i_{c2}}{2} \left(1 + \frac{v_{RF}}{2V_T} \right) = \left(\frac{I_0}{2} + g_{m1} \cdot \frac{v_{IF}}{4} \right) \left(1 + \frac{v_{RF}}{2V_T} \right)$$

$$i_{cb} = \frac{i_{c2}}{2} - g_{m5} \cdot \frac{v_{RF}}{2} = \left(\frac{I_0}{2} + g_{m1} \cdot \frac{v_{IF}}{4} \right) \left(1 - \frac{v_{RF}}{2V_T} \right)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow i_{c35} &= \frac{I_0}{2} - \frac{I_0}{2} \cdot \frac{v_{RF}}{2V_T} - \cancel{g_{m1} \cdot \frac{v_{IF}}{4}} + g_{m1} \cdot \frac{v_{IF} v_{RF}}{8V_T} \\ &+ \frac{I_0}{2} + \frac{I_0}{2} \cdot \frac{v_{RF}}{2V_T} + \cancel{g_{m1} \cdot \frac{v_{IF}}{4}} + g_{m1} \cdot \frac{v_{IF} v_{RF}}{8V_T} \\ &= I_0 + g_{m1} \cdot \frac{v_{IF} v_{RF}}{4V_T} \end{aligned}$$

$$i_{c46} = I_0 - g_{m1} \cdot \frac{v_{IF} v_{RF}}{4V_T}$$

$$\Rightarrow \Delta i = i_{c35} - i_{c46} = g_{m1} \cdot \frac{v_{IF} v_{RF}}{2V_T}$$

$$\Rightarrow v_{out} = \frac{R_L}{2R} \cdot \left(\frac{v_{bias} - v_{BE}}{V_T} \right) \cdot \frac{v_{IF} v_{RF}}{V_T}$$