

**1er Parcial de Electrónica 2**  
**25/09/2012**

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 : (33 puntos)**

a) Para el amplificador de la Figura calcular la ganancia  $V_{out}/V_{in}$  a frecuencias medias.

b) Calcular la frecuencia de corte superior.

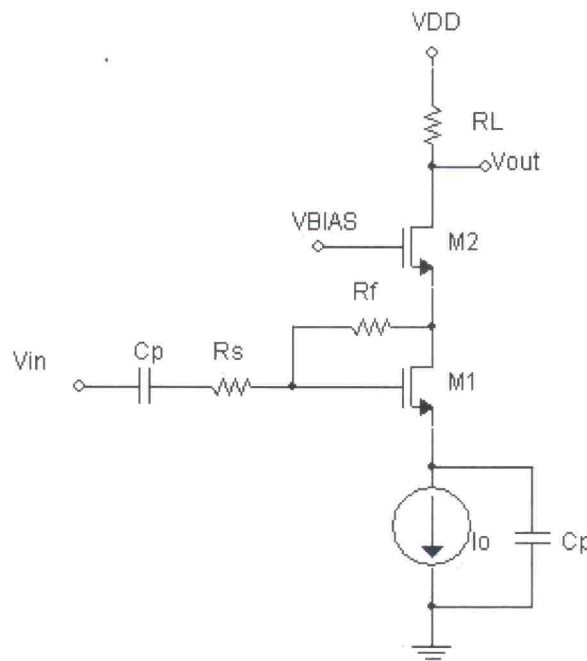
**Datos:**

$R_s = 2K\Omega$ ,  $R_L = 4.7K\Omega$ ,  $R_f = 20M\Omega$ ,  $I_o = 2mA$ .

Los transistores son idénticos con:

$\beta = 5,7 mA/V^2$ ,  $C_{ox} = 1,9 \times 10^{-3} pF/\mu m^2$ ,  $W = 1000 \mu m$ ,  $L = 20 \mu m$ ,  $C_{gs} = C_{gd} = 0,1 \times 10^{-3} pF/\mu m$ .

VDD y VBIAS son tales que los transistores trabajan en saturación, los condensadores de desacople  $C_p$  se considerarán infinitos.



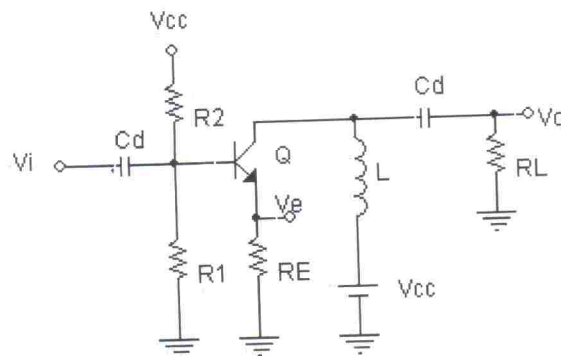
**Problema 2: (39 puntos)**

Un ingeniero ha diseñado el amplificador de la Fig. 1. Al probarlo observa que cuando  $V_i = 0$  el mismo oscila a una frecuencia  $f_{osc}$  de 50 MHz, generando una señal sinusoidal de  $0.26 V_{pico}$  en  $V_e$ . También verifica que la componente continua de la corriente de colector es aproximadamente igual a la que calculó en su polarización. Sospecha que la oscilación se pueda deber a una capacidad parásita debida al impreso y al propio transistor entre colector y emisor del transistor  $C_{ce}$ .

- ¿Cuál sería la expresión analítica de la frecuencia y condición de oscilación si el ingeniero está en lo cierto? Se sugiere considerar que a los efectos de la deducción de estas expresiones, así como en el resto del problema, la resistencia vista hacia el emisor del transistor en paralelo con  $R_E$  es suficientemente alta como para que no intervenga en las expresiones pedidas.
- ¿Cuál debiera ser el valor de la capacidad  $C_{ce}$  para que el circuito se comporte como se midió?
- ¿Cuál será la amplitud de pico de la oscilación en  $V_o$ ?
- Indicar con que impedancia compararía la resistencia vista hacia el emisor del transistor en paralelo con  $R_E$  para verificar que la misma puede despreciarse, como se ha considerado y verificar que, con los datos numéricos del problema, es efectivamente despreciable.
- Si se deseara modificar  $R_L$  para evitar la oscilación, ¿que condición debiera cumplir el nuevo valor de  $R_L$  para asegurar que la oscilación no arranque?

**Datos:**

Condensadores  $C_{des}$  se consideran un cortocircuito a la frecuencia  $f_{osc}$ ,  $R_1 = 180K\Omega$ ,  $R_2 = 1200K\Omega$ ,  $R_L = 68K\Omega$ ,  $R_E = 33K\Omega$ ,  $L = 2.8\mu H$ ,  $V_{CC} = 9V$ .  
 Transistor:  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $\beta = 200$ ,  $f_T = 20MHz$  @  $I_C = 1mA$ ,  $C_\mu = 3pF$ ,  $C_{je} = 1pF$ .

**Problema 3: (28 puntos)**

El circuito de la Figura 1 implementa un amplificador con entrada  $V_{in}$  y salida  $V_o$ .  $V_{cont}$  es una tensión DC que junto a  $Q_2$  y  $R_{E2}$  polarizan el amplificador. El condensador  $C$  introduce un polo tal que se puede considerar un cortocircuito en todo el espectro de la señal  $V_{in}$ .

- Calcular la ganancia del circuito de la Figura 1.
- Por problemas de diseño en la fuente de alimentación, la tensión  $V_{cont}$  tiene superpuesto ruido introducido por la red eléctrica de amplitud  $V_{noise}$  y frecuencia  $f_{red}$  igual a la de la red. Calcule como queda la salida en función de la tensión de entrada y esta señal de ruido. Dado que la frecuencia de la red es mucho menor que el espectro de la señal de entrada, para la señal de ruido el condensador  $C$  se puede considerar un circuito abierto.

- c) Para independizar la salida del ruido se propone agregar una resistencia en el emisor de Q1 como se muestra en la Figura 2. ¿Esta medida logrará independizar la salida del ruido? En caso de responder afirmativo, ¿que condición debe cumplir RE1 para lograr dicho objetivo? Justifique claramente todas sus respuestas.

Asuma que en todo momento los transistores trabajan en zona activa.

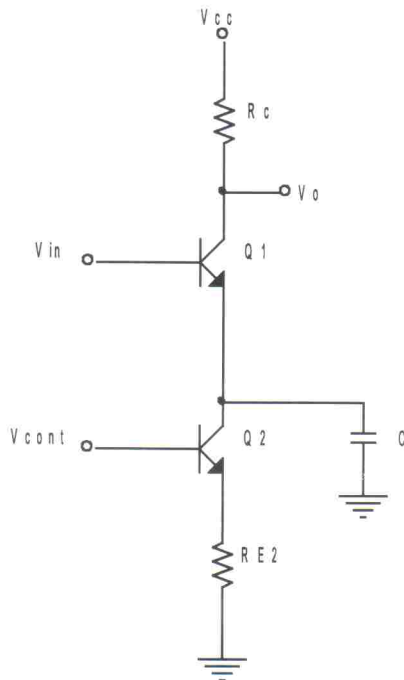


Figura 1

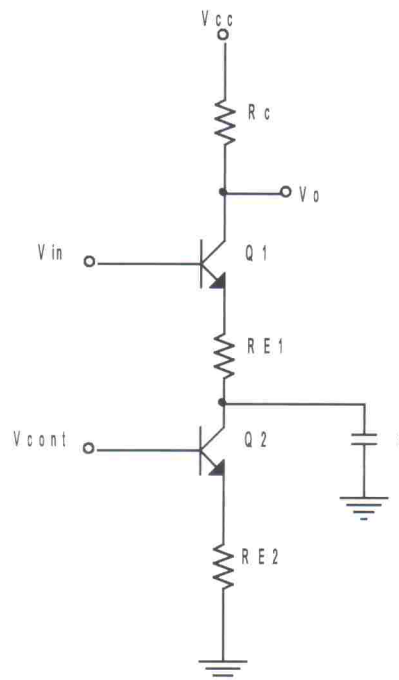


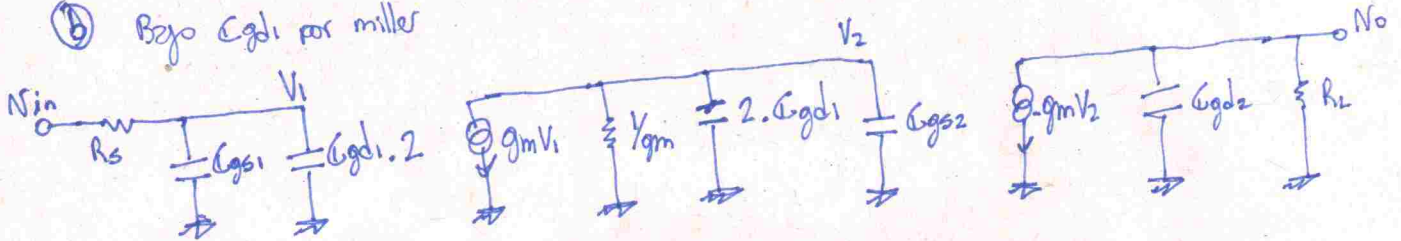
Figura 2

# Ejercicio

②  $I_{O1} = I_{O2} = I_O$  }  $\Rightarrow g_{m1} = g_{m2} = \sqrt{2\beta I_O} = 4,77 \text{ mA/V}$   
 transistores idénticos

$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -g_m R_L$   $\Rightarrow -4,77 \cdot 10^{-3} \cdot 4,7 \cdot 10^3 = -22,4 \text{ V/V}$   
 ( $R_L \gg \frac{1}{g_m}, R_S$ )

③ Bajo  $C_{gd1}$  por miller



$f_{P1} = \frac{1}{2\pi (R_S (C_{gd1} \cdot 2 + C_{gs1}))} = 3,1 \text{ MHz}$

$f_{P2} = \frac{1}{2\pi \frac{1}{g_m} (2C_{gd1} + C_{gs2})} = 29,7 \text{ MHz}$

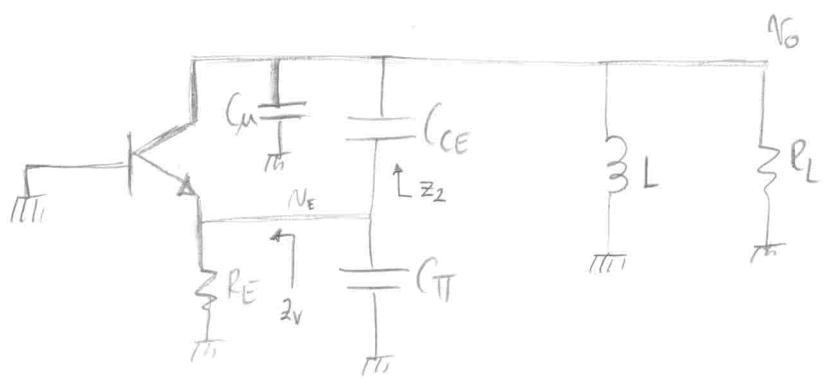
$f_{P3} = \frac{1}{2\pi R_L C_{gd2}} = 338,6 \text{ MHz}$

$C_{gd1-2} = W \cdot C_{gdov} = 0,1 \text{ pF}$   
 $C_{gs1-2} = \frac{2}{3} W \cdot L \cdot C_{ox} + W \cdot C_{gsov} \approx 25,4 \text{ pF}$

$f_c = 3,1 \text{ MHz}$

a) El circuito es un oscilador colpitts donde la capacidad equivalente  $C_{eq}$  que ve la bobina  $L$  a la frecuencia de oscilación es  $C_{eq} = C_{\mu} \parallel \left( \frac{1}{C_{CE}} + \frac{1}{C_{\pi}} \right)^{-1}$

En señal:



DEL TEÓRICO:

frecuencia de osc:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{L C_{eq}}$$

donde  $C_{eq} = C_{\mu} \parallel \left( \frac{C_{CE} C_{\pi}}{C_{CE} + C_{\pi}} \right)$

Condición de osc:

$$G_m = \frac{N}{R_L}$$

donde  $N = \frac{C_{\pi} + C_{CE}}{C_{CE}}$

Estas expresiones valen en tanto  $Z_V = R_E \parallel \frac{1}{g_m} \gg \left| \frac{1}{C_{\pi} s} \parallel Z_2 \right|_{\omega=\omega_0}$  }  $\Rightarrow R_E \parallel \frac{1}{g_m} \gg \frac{1}{C_{\pi} \omega_0}$

$$\left| \frac{1}{C_{\pi} s} \parallel Z_2 \right|_{\omega=\omega_0} < \left| \frac{1}{C_{\pi} s} \right|_{\omega=\omega_0} = \frac{1}{C_{\pi} \omega_0}$$

$$g_m @ 1mA = \frac{1mA}{V_T}$$

Cálculo  $C_{\pi}$ :  $f_T @ 1mA = \frac{g_m @ 1mA}{2\pi (C_{\mu} + C_{\pi} @ 1mA)}$

$\Rightarrow C_{\pi} @ 1mA = 303 pF$  }  $\Rightarrow C_{de} @ 1mA = 302 pF$  }  $\Rightarrow$

$C_{\pi} @ 1mA = C_{je} + C_{de} @ 1mA$

$I_{CQ} = \left( \frac{R_1}{R_2 + R_1} V_{CC} - V_{BE} \right) / R_E = 14,4 \mu A \Rightarrow g_m @ I_{CQ} = 0,55 m\Omega^{-1}$

$\Rightarrow C_{\pi} = C_{\pi} @ I_{CQ} = C_{je} + C_{de} @ I_{CQ} = 5,3 pF \Rightarrow C_{\pi} = 5,3 pF$

$$b) \omega_0^2 = \frac{1}{L C_{ef}} \Rightarrow C_{ef} = \frac{1}{L \omega_0^2}$$

$$C_{ef} = C_{\mu} + \left( \frac{1}{C_{CE}} + \frac{1}{C_{\pi}} \right)^{-1} \Rightarrow \frac{1}{C_{ef} - C_{\mu}} = \frac{1}{C_{CE}} + \frac{1}{C_{\pi}}$$

$$\Rightarrow C_{CE} = \left( \frac{1}{\frac{1}{L \omega_0^2} - C_{\mu}} - \frac{1}{C_{\pi}} \right)^{-1} \Rightarrow \boxed{C_{CE} = 0,7 \text{ pF}}$$

$$c) N = \frac{C_{\pi} + C_{CE}}{C_{CE}} = 8,63 \Rightarrow \boxed{N = 8,63}$$

$$N = \frac{V_o}{V_e}, \quad V_e = 0,26 \text{ Vp}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_o = 2,24 \text{ V}}$$

$$e) \text{ Para que arranque a oscilar } g_{mQ} > \frac{N}{R_L} \Leftrightarrow 0,55 \text{ mS} > 0,13 \text{ S}^{-1}$$

se verifica que cumple

$$\text{Para que no arranque: } g_{mQ} < \frac{N}{R_L} \Rightarrow R_L < \frac{N}{g_{mQ}} = 15,6 \text{ k}\Omega \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{R_L < 15,6 \text{ k}\Omega}$$

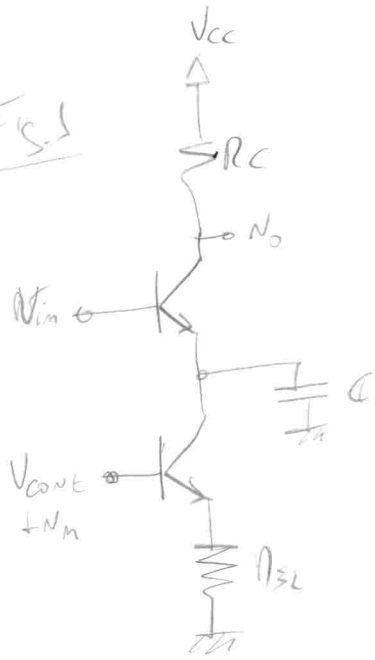
$$d) \text{ Como fue visto en a) se debe cumplir que } R_E \parallel \frac{1}{g_m} \gg \frac{1}{C_{\pi} \omega_0}$$

$$R_E \parallel \frac{1}{g_m} \gg \frac{1}{C_{\pi} \omega_0} \Leftrightarrow R_E \parallel \frac{R_L}{N} \gg \frac{1}{C_{\pi} \omega_0} \Leftrightarrow 6361 \gg 596 \quad \checkmark$$

se cumple

J

Fig. 1



$$(a) \quad g_{m1} = \frac{I_{DC1}}{V_T} \quad / \quad I_{DC1} = \frac{V_{ceT} - V_{BE}}{R_{32}}$$

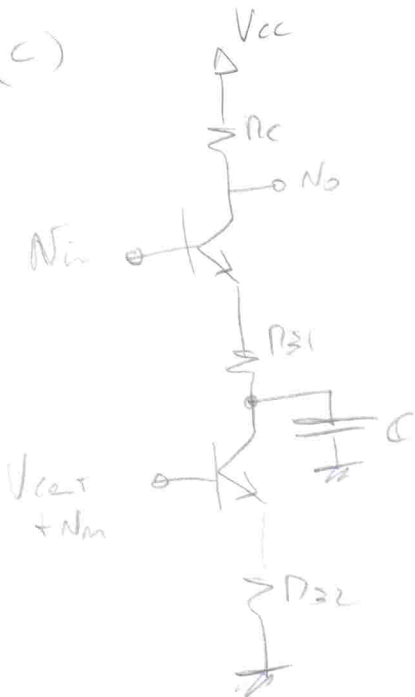
$$\Rightarrow \left| \frac{N_o}{N_{in}} = -g_{m1} R_c \right|$$

(b)  $N_n = V_{noise} \text{ de } (T \text{ en } f_{res} t)$

$$\Rightarrow I_1 = I_{DC1} + i_{m1} \quad / \quad i_{m1} = \frac{N_n}{R_{32}}$$

$$g_{m1} = \frac{I_1}{V_T} \Rightarrow \left| N_o = - \left( \frac{V_{ceT} - V_{BE}}{V_T} \right) \frac{R_c}{R_{32}} N_{in} - \frac{R_c}{R_{32}} \frac{N_n N_{in}}{V_T} \right|$$

(c)



$$N_o = - \frac{g_{m1} R_c}{1 + g_{m1} R_{31}} N_{in} \quad / \quad g_{m1} = \frac{I_{DC1} + i_{m1}}{V_T}$$

si  $g_{m1} R_{31} \gg 1 \Rightarrow \left| N_o = - \frac{R_c}{R_{31}} N_{in} \right|$

$$\frac{I_{DC1} + i_{m1}}{V_T} R_{31} \gg 1$$

$$\Rightarrow \left( \frac{V_{ceT} - V_{BE} + N_n}{V_T} \right) \frac{R_{31}}{R_{32}} \gg 1$$

$$N_n / N_n = -V_{noise}$$

$$\Rightarrow \left| \left( \frac{V_{ceT} - V_{BE} - V_{noise}}{V_T} \right) \frac{R_{31}}{R_{32}} \gg 1 \right|$$