



50705850

**Examen de Electrónica 2**  
**16/02/2004**



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 (40 puntos):**

Se tiene los bloques básicos (bloque A y bloque B) implementados como se muestra en las Figuras 1 y 2, donde los operacionales se consideran ideales.  
Para diseñar un oscilador se coloca en loop cerrado un número N de bloques A en cascada junto con un bloque B como se aprecia en la Figura 3.

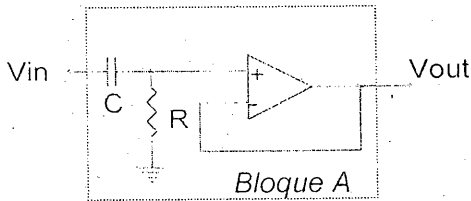


Figura 1

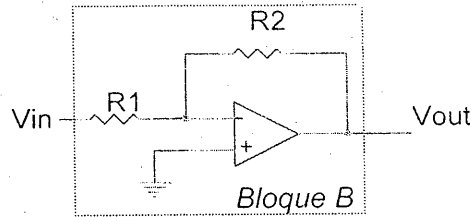


Figura 2

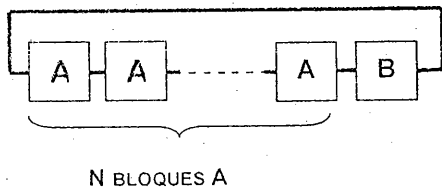


Figura 3

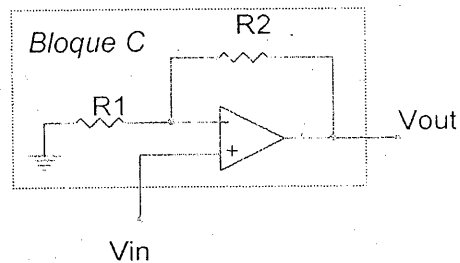
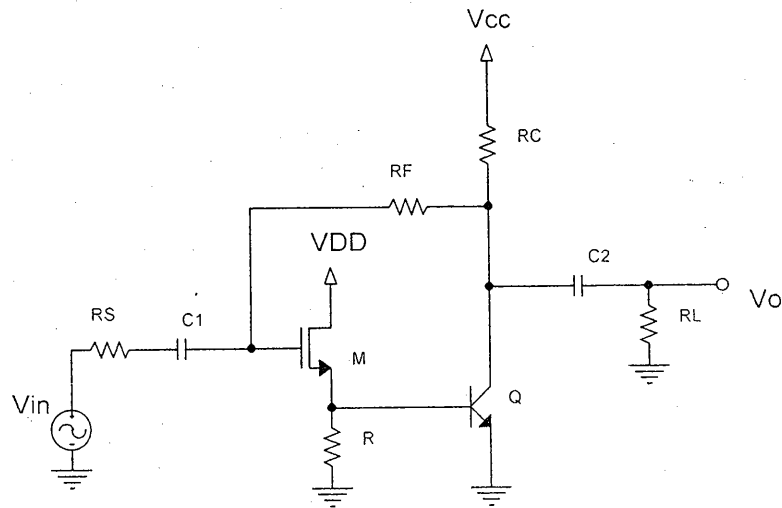


Figura 4

- a) Para  $N=2,3,4$  y  $5$  indicar si el circuito oscila, justificando adecuadamente. En caso afirmativo determinar la frecuencia y condición de oscilación. Recordar que  $\text{fase}(\alpha^n) = n \cdot \text{fase}(\alpha)$ .
- b) ¿Que condición debe cumplir las resistencias  $R1$  y  $R2$  del bloque B para que el circuito arranque, para el (los) valor(es) de  $N$  hallado(s) en la parte anterior?
- c) Se dispone de un elemento cuya resistencia varía con el valor de pico de la tensión sinusoidal aplicada entre sus bornes ( $V_p$ ) según la ley  $R = a - b(V_p)^2$ , donde  $a=20k\Omega$ ,  $b=1k\Omega/V^2$ .
  - i. ¿En cual de las dos resistencias del circuito del bloque B ( $R1$  o  $R2$ ) colocaría este elemento para estabilizar la amplitud del oscilador?
  - ii. Para el mínimo valor de  $N$  en el que el circuito oscila, calcular la amplitud de oscilación si la resistencia que queda fija entre  $R1$  y  $R2$  se toma de  $1k\Omega$ .
- d) Si se sustituye en la figura 3 el bloque B por el bloque C (ver Figura 4), para  $N=2,3,4$  o  $5$ , ¿puede oscilar el circuito? ¿Porque?

2/11

211

**Problema 2 (40 puntos):**

- Determinar la ganancia  $V_o/V_{in}$  del circuito de la figura a frecuencias medias.
- Determinar la frecuencia de corte superior del circuito.

Datos:

$$V_{DD} = V_{CC} = 5V$$

$$C_1 = C_2 = \infty$$

$$R_C = 3k\Omega, R = 6.8k\Omega, R_F = 10M\Omega$$

$$R_L = 1k\Omega, R_S = 1k\Omega$$

Transistor M:

$$V_T = 1V$$

$$\delta = 0$$

$$\mu C_{ox}(W/L) = 2 \text{ mA/V}^2$$

$$C_{gs} = C_{gd} = 1pF$$

Transistor Q:

$$V_{BE} = 0.7V$$

$$\beta = 200$$

$$C_{\mu} = 0.8pF, C_{je} = 5pF$$

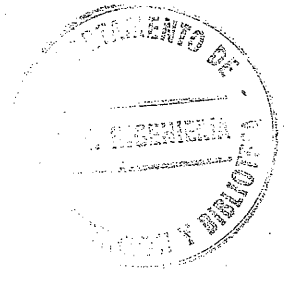
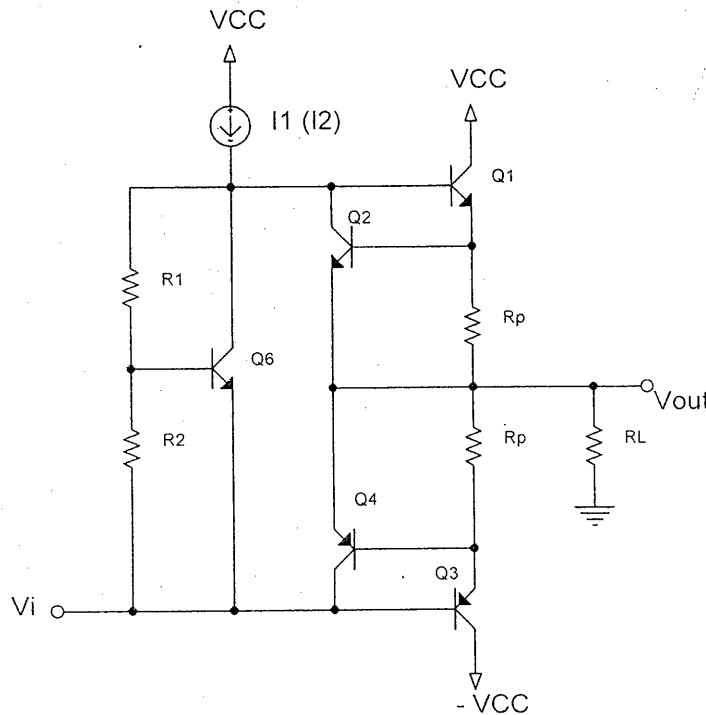
$$f_T = 6 \text{ GHz @ } 10 \text{ mA}$$



**Pregunta (20 puntos):**

En el circuito de la figura, se analizan dos casos, según la fuente de corriente tenga valor  $I_1$  o  $I_2$ .

- a) Si  $R_L=1k\Omega$ . Determine en cada caso (fuente de valor  $I_1$  y fuente de valor  $I_2$ ), para una señal de entrada sinusoidal, la máxima potencia y la máxima corriente que se puede entregar a la carga sin distorsión.
- b) Si  $R_L=100\Omega$  y se tiene la fuente  $I_1$ , indicar cuál es la máxima corriente que se entrega a la carga.



Datos:

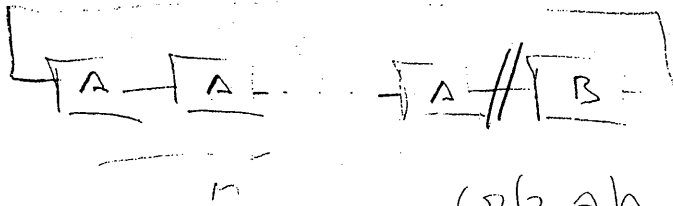
$V_{CC}=12\text{ V}$

$R_p=27\ \Omega$ ,  $R_1 = 68k\Omega$ ,  $R_2 = 100k\Omega$

$I_1=0.8\text{mA}$ ,  $I_2=0.1\text{mA}$

Todos los transistors son iguales con  $\beta=50$ ,  $V_{CEsat} \approx 0\text{ V}$ ,  $V_{BE}=0.7\text{ V}$

(2)



with n blocks  
of block B

$$G = A^n B = -\frac{R_2}{R_1} \left( \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC} \right)^n$$

find the oscillate  $G \gg 1$

$$\Rightarrow \begin{cases} |G| \gg 1 \\ \text{phase}(G) = 2k\pi \quad (k=0,1,2,\dots) \end{cases}$$

$$\text{phase}(G) = \text{phase}(A^n) + \text{phase}(B) = n \text{phase}(A) + \pi = 2\pi$$

$$\begin{aligned} \text{phase}(A) &= \text{phase}(j\omega RC) - \text{phase}(1+j\omega RC) \\ &= \pi/2 - \text{phase}(1+j\omega RC) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow n(\pi/2 - \text{phase}(1+j\omega RC)) = \pi$$

$$\Rightarrow \text{phase}(1+j\omega RC) = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n} = \begin{cases} 0 & n=2 \\ \pi/6 & n=3 \\ \pi/4 & n=4 \\ \frac{3}{10}\pi & n=5 \end{cases}$$

5/11

214

m = 2

$$\text{fase}(1+j\omega RC) = 0 \iff \omega RC = 0$$

NO se puede x'q si  $\omega RC = 0 \rightarrow G = 0$

~~W~~

m = 3, 4, 5

$$\text{fase}(1+j\omega RC) = \arctan(\omega RC)$$

$\Rightarrow \omega RC = \tan(\text{fase}) =$	}	0,58	m = 3
		1	m = 4
		1,38	m = 5

$$\omega_{osc} = \frac{\tan(\text{fase})}{RC}$$

Cond. de oscilación:  $|G| = \frac{R_2}{R_1} \frac{(\omega RC)^n}{(\sqrt{1+(\omega RC)^2})^m} = 1$

}	$\frac{R_2}{R_1} \geq \frac{(\sqrt{1+(\omega RC)^2})^m}{(\omega RC)^n} =$	8	m = 3
		4	m = 4
		2,88	m = 5

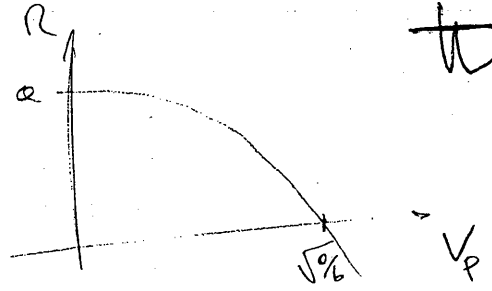


(c)

$$R = a - bV_p^2$$

$$a = 20 \text{ k}\Omega$$

$$b = 3 \text{ k}\Omega/\text{V}^2$$



(i) En  $R_2$  porque así cuando

$V_p = 0$  se cumple la

condición de ARRANQUE

y a medida q' aumenta  $V_p$

$R_2$  disminuye hasta q' se

cumple  $G = 1$

(ii)  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

$$m = 3$$

$$V_p / \frac{R_2 (1/4) (\omega RC)^3}{R_1 (\sqrt{1 + \omega RC^2})^3} = 1$$

$$\Rightarrow R_2 = 8 \times R_1 = 8 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow V_p = \sqrt{\frac{a - R_2}{b}} \Rightarrow \boxed{V_p = 3.46 \text{ V}}$$

(A) NO OSCILA PARA NINGUN  $\omega$

$$G = \Delta^n C = (\Delta + \frac{R_2}{R_1}) \Delta^n$$

$$\text{fase}(G) = \text{fase}(C) + \text{fase}(\Delta^n) = 2n\pi$$

$$\text{fase}(C) = 0$$

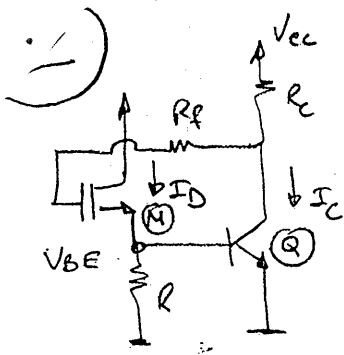
$$n \text{ fase}(\Delta) \begin{cases} > 0 \\ < \pi/2 \end{cases} \quad \forall n, R \neq 0$$

(ya vimos q' no puede ser  $R=0$ )

$$\Rightarrow 0 < \text{fase}(G) < \pi/2$$

$$\text{NUNCA } \text{fase}(G) = 2n\pi$$





$$I_D = \frac{1}{2\lambda} k \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$I_D = \frac{V_{BE}}{R} = 0,1 \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_G}{R_C} = 1 \text{ mA}$$

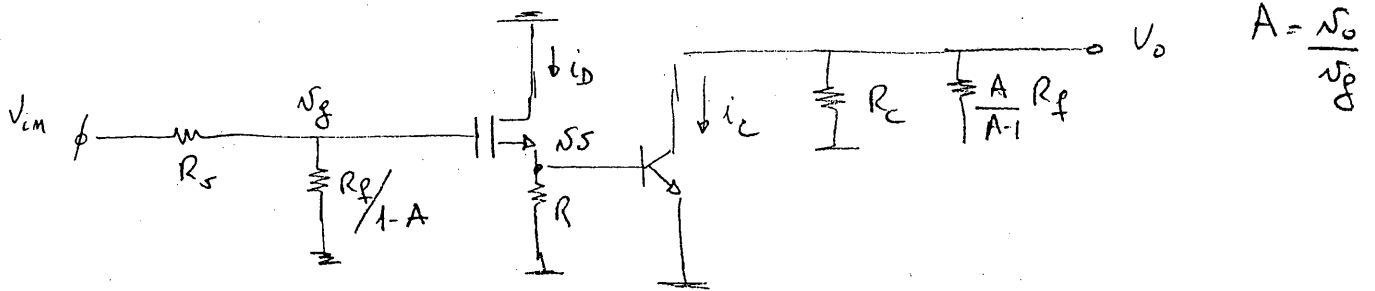
$$(I_B = \frac{I_C}{\beta} \ll I_D \checkmark)$$

$$\Rightarrow V_G = \sqrt{\frac{2V_{BE}}{R k W/L}} + V_{BE} + V_T$$

$$\underline{V_G = 2 \text{ V}}$$

$$g_{mM} = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_T} \Rightarrow g_{mM} = 0,67 \text{ mA/V}$$

$$g_{mQ} = \frac{I_C}{V_T} \Rightarrow g_{mQ} = 38,46 \text{ mA/V}, \quad r_{\pi} = \frac{\beta}{g_{mQ}} = 5200 \Omega$$



$$A = \frac{v_o}{v_{i_g}}$$

$$i_D = g_{mM} (v_g - v_s) \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow i_D = \frac{g_{mM}}{1 + (R \parallel r_{\pi}) g_{mM}} v_g \rightarrow i_D = 0,23 \times 10^{-3} v_g \\ v_s = i_D (R \parallel r_{\pi}) \end{array} \right.$$

$$v_s = \beta \frac{v_s}{r_{\pi}} = g_{mQ} v_s \rightarrow i_C = g_{mQ} \cdot 0,23 \times 10^{-3} v_g \cdot \underbrace{(R \parallel r_{\pi})}_{2947}$$

$$v_o = -i_C \left( R_C \parallel \frac{A}{A-1} R_f \parallel R_L \right) = -23,53 \times 10^{-3} \left( R_C \parallel \frac{A R_f}{A-1} \parallel R_L \right) v_g$$

$$A = \frac{v_o}{v_g} = -0,0385 \left( R_C \parallel \frac{A R_f}{A-1} \parallel R_L \right)$$

" 750 Ω "  $\rightarrow$  assume  $A \gg 1$

$$\Rightarrow \boxed{A = -19,75 \text{ V/V}}$$

(v\_o/v\_g)

Volta calcular la ganancia completa

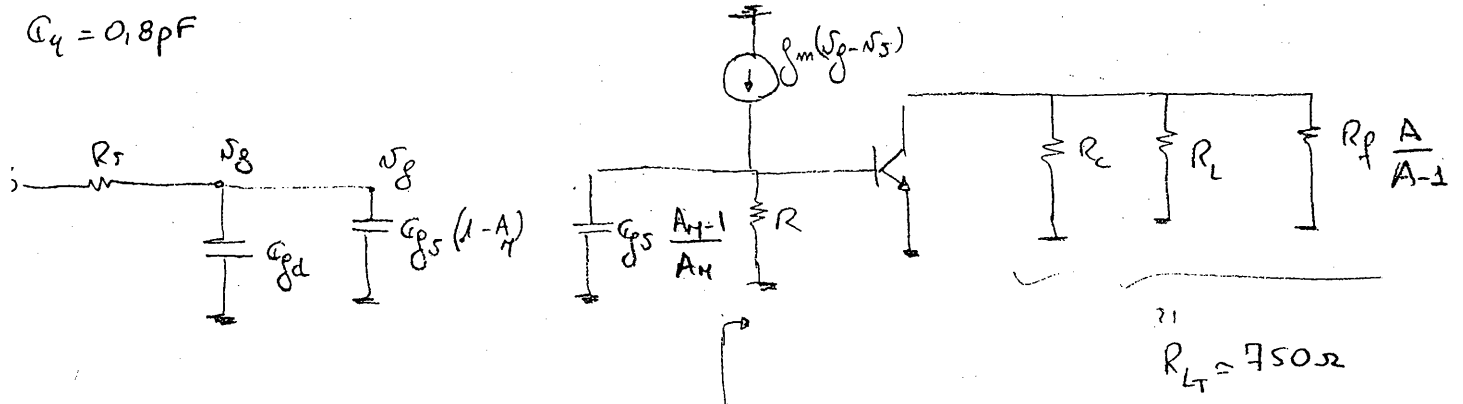


$$= g_m A \frac{R_f}{1-A} \frac{1}{R_s + \frac{R_f}{1-A}} \xrightarrow{21H} \boxed{G = -18 \text{ V/V}}$$

21  
0,93

) polo de HF

$$C_u = 0,8 \text{ pF}$$



$$A_H = \frac{v_s}{v_g} = 0,23 \times 10^{-3} (R_{||} r_{\pi})$$

$$\approx 0,68 \text{ V/V}$$

yo esto estudiado

$$R_{LT} = 750 \Omega$$

$$\omega_1 = \frac{1}{(R_{||} r_{\pi}) (C_{\pi} + C_u g_m R_{LT} - 0,47 C_{gs})} \quad (\text{falto calcular } C_{\pi})$$

$$\omega_2 = \frac{1}{R_{LT} C_u} \Rightarrow \underline{\underline{f_2 \approx 265,267 \text{ Hz}}}$$

$$\omega_3 = \frac{1}{R_s (C_{gd} + C_{gs} 0,32)} \Rightarrow \underline{\underline{f_3 = 120,6 \text{ MHz}}}$$

$$f_T @ 10 \text{ mA} = 6 \text{ GHz}$$

$$2\pi f_T = \frac{g_m}{C_{\pi} + C_u} \Rightarrow g_m @ 10 \text{ mA} = 0,385 \text{ mA/V}$$

$$\rightarrow C_{\pi} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_u = 9,41 \text{ pF}$$

quejo  $C_{\pi} = C_{je} + \alpha I$   $\Rightarrow \alpha = 0,441 \text{ pF/mA}$   $\Rightarrow C_{\pi} = 5,14 \text{ pF}$   
 para  $I_c = 1 \text{ mA}$

Con estos valores

$$\boxed{f_1 = 2,0611 \text{ Hz}} \leftarrow f_{P_{11H}}$$

*Antonio Barbero*



EXAMEN ELECTRONICA 202/2004Preguntas

(2)

$$R_L = 1k\Omega$$

En el punto de testeo  $I_L = \beta I_{B(2)}$

$\Rightarrow I_{Lmax} = \beta I_{B(2)}$  A menos q' la señal sature

saturamos cuando  $V_o = I_L R_L = V_{CC}$   $\left\{ \begin{array}{l} (R_p \ll R_L) \\ (V_{CEsat} \approx 0) \end{array} \right.$

$\Rightarrow I_{Lmax}$  por saturación =  $\frac{V_{CC}}{R_L} = 12mA$

$$I_{B1} = 0,8mA \Rightarrow \beta I_{B1} = 40mA \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{caso } I_{B1}: \\ I_{Lmax} = 12mA \end{array} \right.$$

$$I_{B2} = 0,15mA \Rightarrow \beta I_{B2} = 5mA \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{caso } I_{B2}: \\ I_{Lmax} = 5mA \end{array} \right.$$

En ninguno de los casos se activa la

protección ya que  $R_p I_{Lmax} = \left\{ \begin{array}{l} 0,324 \\ 0,135 \end{array} \right\} < V_{BE}$

La potencia máxima entregada a la carga es:

$$P_{or} = I_{eff}^2 R_L = \left( \frac{I_{Lmax}}{\sqrt{2}} \right)^2 R_L = \left\{ \begin{array}{l} 72,2mW \text{ (caso } I_{B1}) \\ 12,5mW \text{ (caso } I_{B2}) \end{array} \right.$$

10/11

21 A

(b)

$$R_L = 100$$

solo caso  $I_3$

$$I_{L \max} \text{ por saturación} = 120 \text{ mA} > 40 \text{ mA} = \beta I_1$$

La protección de activa  $\hookrightarrow I_{RP} I_L = V_{BS}$

$$\Rightarrow I_{L \max} \text{ por protección} = \frac{V_{BS}}{R_P} = 26 \text{ mA} < 40 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{L \max} = 26 \text{ mA}}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{DT} = 33,8 \text{ mW}}$$

~~Handwritten signature~~

