

**Examen de Electrónica 2**  
**02/08/2006**

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 (39 pts):**

Dado el oscilador de la figura.

a) Calcular la frecuencia y condición de oscilación.

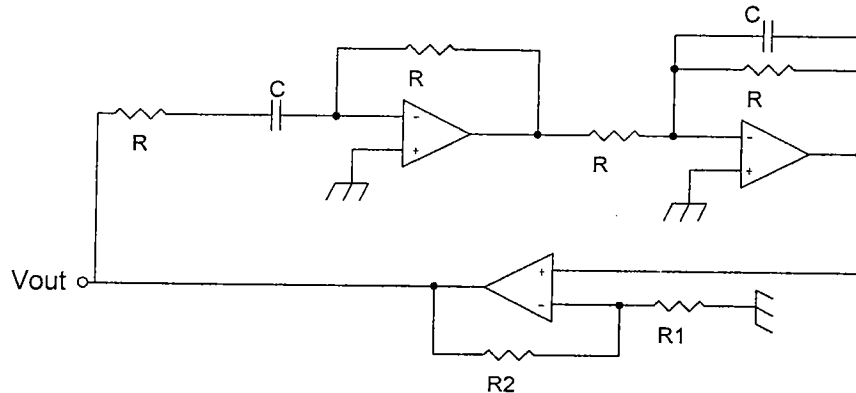
b) Se dispone de un elemento, cuya resistencia varía con la potencia  $P$  disipada en él como

$$R = (4700) \cdot e^{-65 \cdot P}$$

con  $R$  en  $\Omega$ s y  $P$  en Watts.

- i) Determinar dónde colocar este elemento, en  $R_1$  o en  $R_2$ , de modo de que el oscilador opere correctamente y este elemento fije la amplitud de las oscilaciones. Fundamentar claramente.
- ii) Calcular el valor de la resistencia que queda fija (aquella entre  $R_1$  y  $R_2$  en que no se colocó el elemento variable con la potencia disipada) para que en el arranque la ganancia de loop abierto sea 10.
- iii) Calcular la amplitud de pico de las oscilaciones en  $V_{out}$ .

Los amplificadores operacionales son ideales.



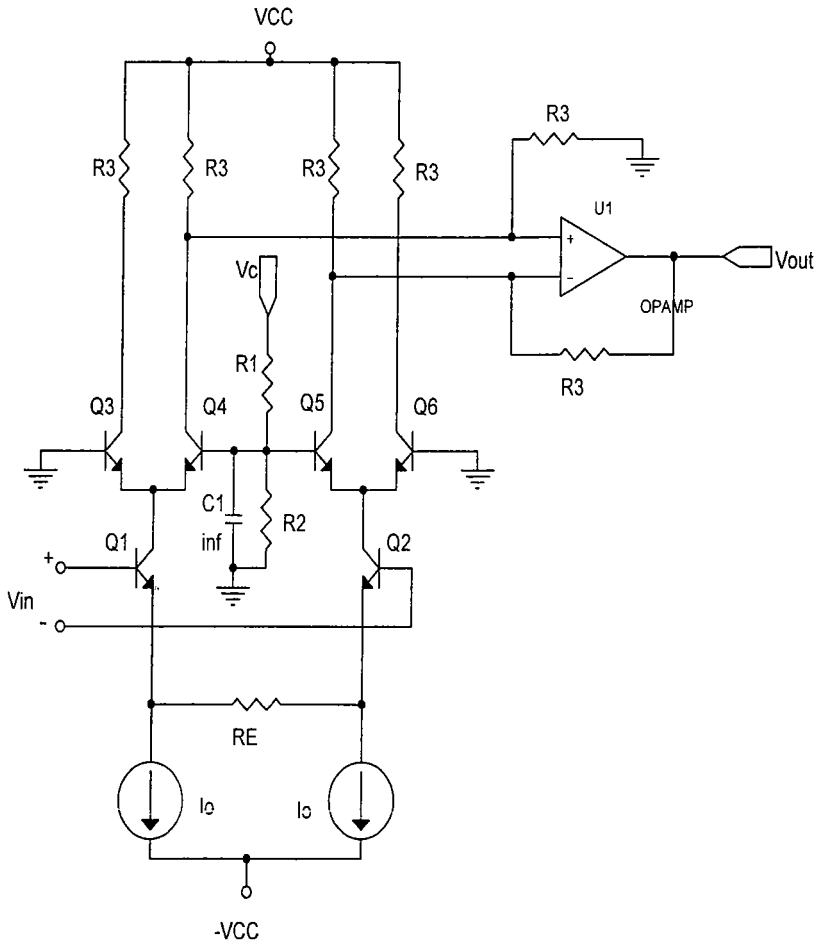
**Problema 2 (39 pts):**

El circuito de la figura es un amplificador cuya ganancia es controlada por tensión.

a) Estimar el máximo  $V_{in}$  de pico para el cual el par diferencial formado por  $Q_1$  y  $Q_2$  funciona linealmente si se cumple que  $(I_0/V_T) \cdot R_E \gg 2$ .

b) Para  $V_{in}$  en el rango calculado en la parte a) calcular la ganancia  $V_{out}/V_{in}$  en función de  $V_c$  para cualquier valor del mismo.

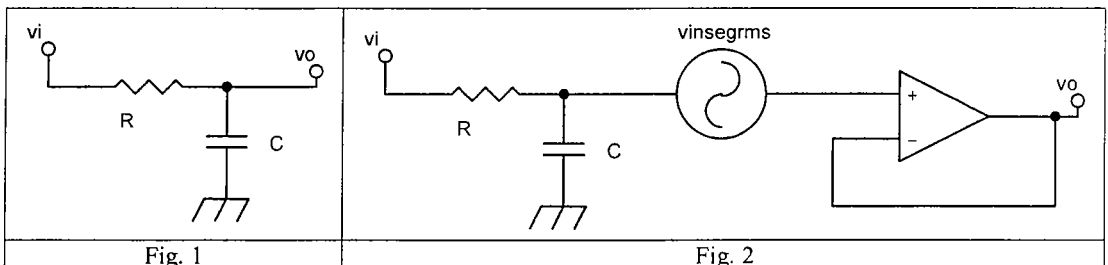


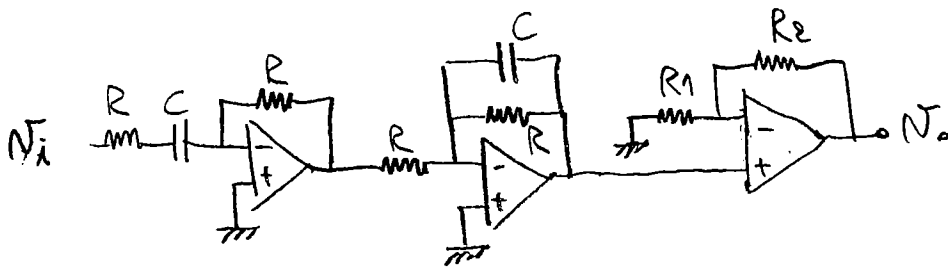


**Pregunta (22 ptos):**

En el circuito R-C de la Fig. 1, debido al ruido térmico, se tiene una tensión rms de ruido a la salida de valor  $v_{onrms}$ .

- ¿Cuál es el valor de la tensión de ruido rms a la salida si se duplica el valor de la resistencia, manteniendo el valor de la capacidad?. ¿Y si se duplica el valor de la capacidad manteniendo el valor de la resistencia?
- ¿Cuánto vale la tensión rms de ruido a la salida si  $R = 100K\Omega$  y  $C = 10pF$ ? Recordar que a temperatura ambiente  $kT$  vale  $4.15 \cdot 10^{-21} V.C$ .
- El circuito RC de la parte b) se conecta a la entrada de un seguidor como se muestra en la Fig. 2.. El ruido rms equivalente de entrada del seguidor está dado por  $v_{inseg rms} = 15\mu V_{rms}$ , es decir que todo el ruido que aporta el seguidor se puede representar por la fuente de ruido  $v_{onseg rms}$  como se muestra en la Fig. 2. Indicar en este caso cuánto vale el ruido rms total a la salida del seguidor, teniendo en cuenta las contribuciones del circuito RC y del seguidor.





a)

$$A\beta = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{(RCs+1)(RCs+1)} \cdot \frac{RCs}{(RCs+1)} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{RCs}{(RCs)^2 + 2RCs + 1}$$

$$A\beta(j\omega) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{j\omega RC}{1 - (RC\omega)^2 + 2RCj\omega} \Rightarrow 1 - (RC\omega)^2 = 0 \Rightarrow \boxed{\omega_0 = \frac{1}{RC}}$$

$$A\beta(j\omega_0) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{2} = 1 \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = 1}$$

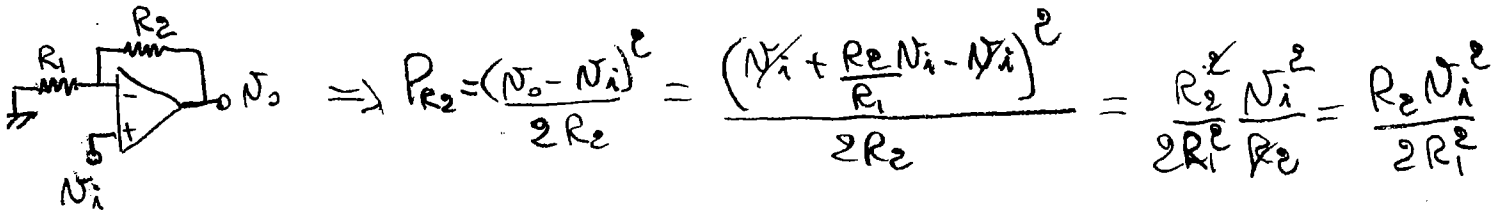
b) i)  $R = 4700 e^{-65P} \Rightarrow$  si  $P \uparrow \Rightarrow R \downarrow \Rightarrow$  para que en el arranque la ganancia sea mayor que 1 y luego disminuya hasta la unidad debe poner  $R$  en  $R_2$ :

ii) en el arranque  $P = 0 \Rightarrow R_2 = 4700 \Omega \Rightarrow \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{2} = 10$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 19 \Rightarrow R_1 = \frac{R_2}{19} = \frac{4700}{19} = 247 \Omega \Rightarrow \boxed{R_1 = 247 \Omega}$$

iii) en régimen  $R_2 = R_1 \Rightarrow 4700 e^{-65P} = 247 \Rightarrow e^{-65P} = 0,0526$

$$\Rightarrow -65P = -2,945 \Rightarrow P = 0,0453 W$$



$$N_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) N_i$$

$$\Rightarrow \frac{R_2 V_{ip}^2}{2R_1^2} = 0,0453 \Rightarrow V_{ip} = \sqrt{\frac{2R_1^2 \cdot 0,0453}{R_2}} = \sqrt{2R_1 \cdot 0,0453} = 4,73 V$$

$$\Rightarrow V_{op} = 2V_{ip} \Rightarrow \boxed{V_{op} = 9,46 V}$$

Problema 2 :

$$a) \frac{I_0 \cdot R_E}{V_T} \gg 2 \Rightarrow V_{in} \approx V_{E1} - V_{E2}$$

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_E} + I_0$$

$$I_2 = I_0 - \frac{V_{in}}{R_E}$$

$$I_1, I_2 > 0 \Rightarrow \boxed{-R_E I_0 < V_{in} < R_E I_0}$$

$$b) V_{B4} = V_{B5} = \frac{V_C \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i) I_{C3} + I_{C4} = I_0 + \Delta i$$

$$ii) I_{C5} + I_{C6} = I_0 - \Delta i$$

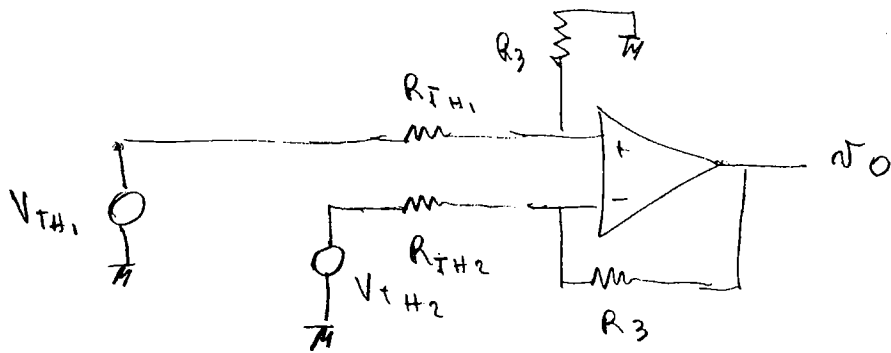
$$\frac{I_{C3}}{I_{C4}} = \frac{I_{C6}}{I_{C5}} = e^{\frac{V_{BE3} - V_{BE4}}{V_T}} = \underbrace{e^{-V_{E4}/V_T}}_K$$

$$I_{C3} = K I_{C4} \Rightarrow I_{C4} (1+K) = I_0 + \Delta i$$

$$I_{C6} = K I_{C5} \Rightarrow I_{C5} (1+K) = I_0 - \Delta i$$

$$I_{C4} = \frac{I_0 + \Delta i}{1+K}$$

$$I_{C5} = \frac{I_0 - \Delta i}{1+K}$$



$$V_{TH1} = V_{CC} - R_3 I_{C4} \quad , \quad R_{TH1} = R_3$$

$$V_{TH2} = V_{CC} - R_3 I_{C5} \quad , \quad R_{TH2} = R_3$$

Aplicando Superposición

$$v_o = \left(1 + \frac{R_3}{R_3}\right) \left(\frac{V_{CC} - R_3 I_{C4}}{2}\right) - \frac{R_3}{R_3} (V_{CC} - R_3 I_{C5})$$

$$v_o = R_3 (I_{C5} - I_{C4}) = \frac{R_3 (-2 \Delta i)}{1 + K}$$

$$\frac{-2 R_3 v_{in}}{R_E (1 + e^{-V_{BE4}/V_T})} = \frac{-2 R_3 \cdot v_{in}}{R_E} \cdot \frac{1}{1 + e^{-\frac{V_C \cdot R_2}{V_T \cdot (R_1 + R_2)}}$$

$$\boxed{\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{-2 R_3}{R_E} \cdot \frac{1}{1 + e^{-\frac{V_C \cdot R_2}{V_T \cdot (R_1 + R_2)}}$$

