CURSO 2000

50700348

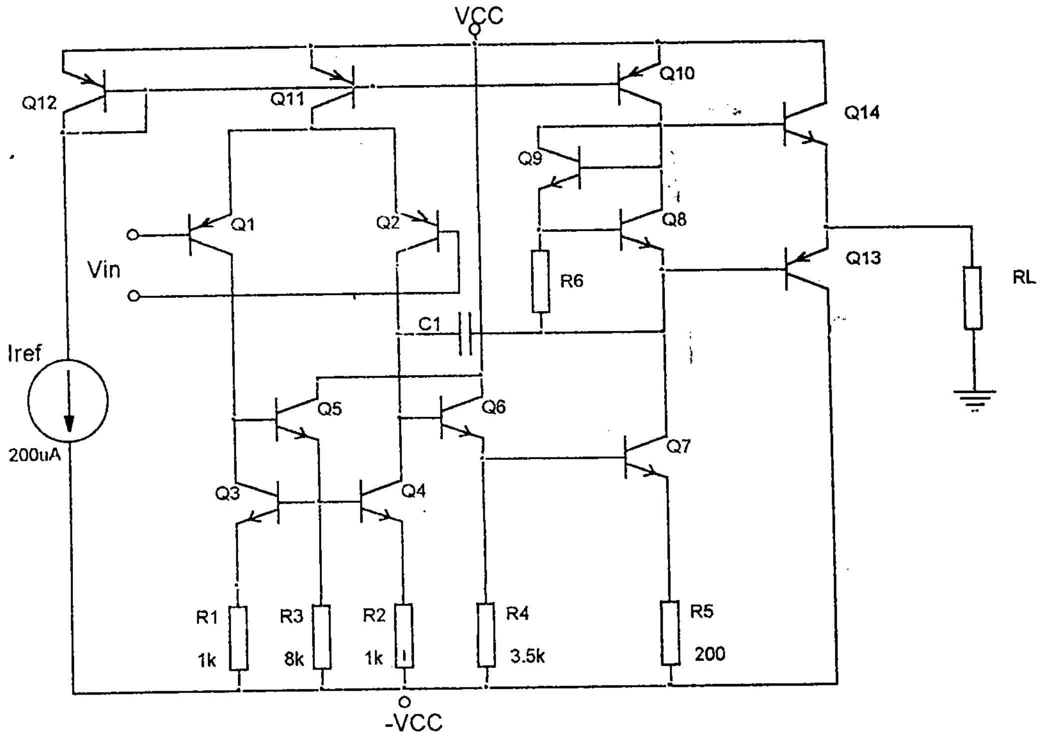
# $2^{do}$ Parcial de Electrónica 2

## 05/03/2001

**Problema 1 (45 puntos):**

El circuito de la figura representa la arquitectura del amplificador operacional TL070. Se supondrá que los transistores T1 a T12 son idénticos con β igual a 100. Los transistores T13 y T14 tiene un área de juntura de emisor igual a 3 veces la de los transistores T1 a T12, es decir: IS13,14 = 3 * IS1.. 12, y β igual a 50. La tensión de Early para todos los transistores se supondrá de 100V y su tensión de saturación 0.3V y VBE 0.7V. La tensión de alimentación es de +/- 15V.
R1 = R2 = 1K, R3 = 8K, R4 = 3.5K, R5= 200 ohms.

a) Determinar R6 para que las corrientes por T9 y T8 sean aproximadamente iguales. Calcular en este caso la corriente total consumida de la fuente de alimentación en reposo por todo el circuito.
b) Calcular la ganancia diferencial a baja frecuencia (A0) del amplificador si la carga es mayor o igual a 2kΩ. Dar la expresión literal y númerica de esta ganancia, si bien para determinar la expresión literal se tendrán en cuenta los valores númericos de los diferentes componentes y variables involucradas.
c) ¿Cuál es la máxima corriente de salida que puede entregar el circuito ?. ¿ Cúal es la máxima potencia que puede entregar sobre una carga de 2kΩ ¿ Y sobre una carga de 1kΩ?.



## $2^{do}$ Parcial de Electrónica 2
## 05/03/2001

**Problema 2 (35 puntos):**

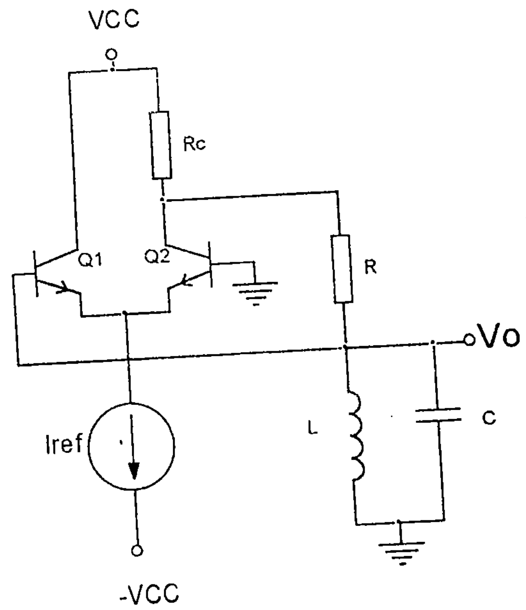
En el oscilador de la figura considerar el $\beta$ del transistor infinito.

a) Determinar la frecuencia, condición de arranque y condición de oscilación.

b) Si las oscilaciones crecen hasta el punto en que el par diferencial opera con uno de sus transistores cortados, calcular la amplitud de la señal de salida suponiendo que la misma es puramente sinusoidal. Se supondrá que la amplitud de las oscilaciones es suficientemente grande como para despreciar la región en que el par diferencial opera linealmente.

c) Determinar la condición que deben cumplir los componentes para que el tercer armónico de la señal de salida tenga una atenuación de 40dB respecto a la fundamental.

Recordar que los coeficientes del desarrollo de Fourier de una onda cuadrada de amplitud A valen: 2 A / ($\pi$ n) para n impar y 0 para n par.



# $2^{do}$ Parcial de Electrónica 2
## 05/03/2001

**Pregunta (20 puntos):**

a) Deducir el rendimiento de una etapa de potencia clase A (polarizada con una fuente de corriente) y una etapa clase B.

b) Si se tienen una etapa clase A y una etapa clase B implementadas con los mismos tipos de transistores, ¿cuál es la potencia disipada por cada transistor en cada una de estas etapas si ambas entregan 10W de potencia a una carga ?.

c) Si los transistores tiene resistencia térmica juntura – case de 3°C/W, determinar la resistencia térmica case – ambiente requerida en cada caso para que en las condiciones de la parte b) la temperatura de juntura no supere los 150°C, para una temperatura ambiente de 40°C.

Parcial ~~Ex.~~ Electrónica ~~I~~ 2

oblema 1.

$$I_{C9} = \frac{V_{BE8}}{R_6}$$

$$I_{C9} + I_{C8} \simeq 200\,\mu A \Rightarrow I_{C9} = I_{C8} = 100\,\mu A$$

$$V_{BE8} = 0{,}7 \Rightarrow R_6 = \frac{V_{BE8}}{I_{C9}} = \frac{0{,}7}{0{,}1\,mA} = 7\,K\Omega$$

$$I_{total} = I_{E12} + I_{E(13)} + I_{E10} + I_{C14} + I_{C5} + I_{C6}$$

$I_{E11}$

$$I_{E12} = I_{E(13)} = I_{E10} = 200\,\mu A$$

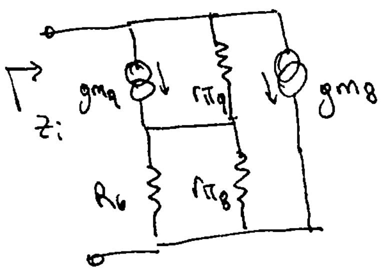
$$V_{E13,14} = \frac{V_{CE8}}{2} = \frac{\cancel{2}\,V_{BE8}\big|_{100\,\mu A}}{\cancel{2}} \Rightarrow I_{C14} = I_{C13} = \frac{I_{S13,14}}{I_{S8}} \cdot I_{C8} = 3\,I_{C8} = 300\,\mu A$$

$$I_{C5} = \frac{V_{BE4} + I_{C4}.R_2}{R_3} = \frac{0{,}7\,V + 0{,}1\,mA.1\,k\Omega}{8\,K\Omega} = \frac{0{,}8\,V}{8\,K\Omega} = 0{,}1\,mA$$

$$I_{C6} = \frac{V_{BE7} + I_{C7}.R_5}{R_4} = \frac{0{,}7\,V + 0{,}2\,mA.220\,\Omega}{3{,}5\,K\Omega} = 212\,\mu A$$

$$I_{total} = 1{,}2\,mA$$

b)




$$i_i = g_{m9}\,v_{b'e9} + g_{m8}.v_{b'e8} = g_m\,(v_{b'e8} + V_i - v_{b'e8}) = g_m V_i$$

$$V_i = v_{b'e8} + v_{b'e9} \Rightarrow v_{b'e9} = V_i - v_{b'e8}$$

$$\Rightarrow Z_i = \frac{1}{g_{m8,9}} = 260\,\Omega$$

$$r_{o10} = \frac{V_A}{I_{C10}} = \frac{100}{0{,}2\,mA} = 500\,k\Omega$$

$$Z_{VC7} = \underset{500k}{r_{o10}} \,\|\, \underset{100k.}{\beta R_L} \,\|\, \underbrace{r_{o7}(1+g_m R_S \| r_{\pi 7})}_{1{,}25\,M\Omega} = 78\,k\Omega$$

$$\frac{v_{out}}{v_{base\,Q7}} = \frac{\beta \cdot Z_{VC7}}{r_{\pi 7} + \beta R_S} = 236$$

$$v_{base}\ Q_7 = v_{base}\ Q_6.$$

$$v_{base}\ Q_6 = g_m V_i \left(r_{o2} \| Z_{VC4} \| Z_{VB6}\right)$$

$$Z_{VC4} = r_{o4}(1+g_m R_2 \| r_\pi)$$

$$Z_{VB6} = r_{\pi 6} + \beta_6 \overbrace{\left(\underset{3k5}{R_4} \| (\underset{13k}{r_{\pi 7}} + \underbrace{\beta_7 R_S}_{20K})\right)}^{316\,K} = 330\,K$$

$$g_m = \frac{0{,}1}{26} = 3{,}84 \times 10^{-3}\,\Omega^{-1}$$

$$\frac{v_{base\,Q6}}{v_i} = g_m\ \underset{1M}{r_{o2}} \| \underset{4{,}8M}{Z_{VC4}} \| \underset{330K}{Z_{VC6}} = 906$$

$$\frac{v_{out}}{v_i} = \frac{v_{out}}{v_{base\,Q7}} \cdot \frac{v_{base\,Q6}}{v_i} = 213{,}8 \times 10^3$$

c) Limite de Exc $\quad \hat{V} < V_{CC} - V_{BE14} - V_{CEsat\,10} \Rightarrow I_{max} < \frac{14}{R_L}$ $\quad \frac{14}{1k} = 14$ $\quad \frac{14}{2k} = 7mA$

-Limite de Corriente $\quad I_{bias} = I_{ref} \Rightarrow I_{max} \leq \beta_{13,14} \cdot I_{ref} = 10\,mA$

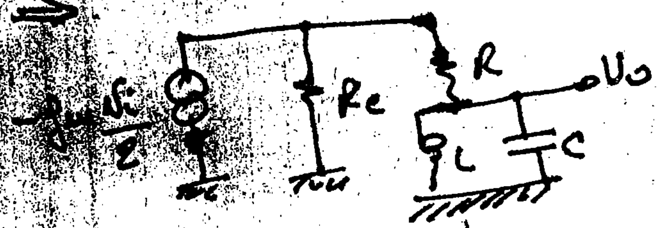
$$\Rightarrow \text{Con } R_L = 2k \qquad P_{max} = \frac{14^2}{2R_L} = 49\,mW$$

$$\text{Con } R_L = 1k \qquad P_{max} = \frac{(10mA \cdot R_L)^2}{2R_L} = 50\,mW$$

a) $\beta = \infty \Rightarrow R_i$ por diferencial $= \infty$

$\Rightarrow$ abriendo el loop en base de $Q_1$

$\Rightarrow$




$\frac{V_o}{V_i}$ real cuando $L$ resuena con $C$

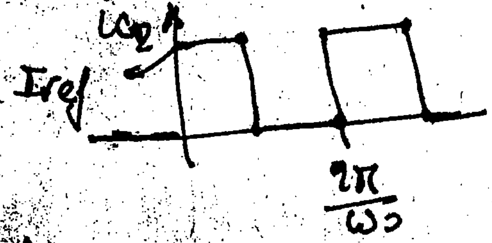
$\Rightarrow \omega_{osc} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\frac{V_o}{V_i}(\omega_{osc}) = \frac{g_m \cdot R_c}{2}$

$\Rightarrow$ Condición de arranque: $\frac{g_m R_c}{2} > 1$

Condición de oscilación: $\frac{g_m R_c}{2} = 1$

b) $i_{c2}$ onda cuadrada de amplitud $I_{ref}$ y frecuencia $\frac{\omega_0}{2\pi}$




$\Rightarrow \underbrace{\hat{V}_o = \frac{2 I_{ref}}{\pi} \cdot R_c}$

c) a frecuencia $\frac{3\omega_0}{2\pi}$:

Amplitud 3er armónico de $i_{c2}$: $\frac{2 I_{ref}}{3\pi}$

Impedancia vista por $i_{c2}$ a frecuencia $\frac{3\omega_0}{2\pi}$

# Prob. 2

$$Z = \frac{R_c\, L/C}{(R_c+R)\left(j\omega L - j\frac{1}{\omega C}\right) + L/C}$$

$$\Rightarrow |Z|\Big|_{\omega=\frac{3}{\sqrt{LC}}} = \frac{R_c\, L/C}{\sqrt{(R_c+R)^2\left(3\sqrt{\frac{L}{C}} - \frac{1}{3}\sqrt{\frac{L}{C}}\right)^2 + \frac{L^2}{C^2}}}$$

$$= \frac{R_c\sqrt{L/C}}{\sqrt{(R_c+R)^2\frac{64}{9} + \frac{L}{C}}}$$

Atenuación 40dB

$$\Rightarrow \frac{\cancel{2 I_{ref}}}{3\cancel{I}}\,\frac{\cancel{R_c}\sqrt{L/C}}{\sqrt{(R_c+R)^2\frac{64}{9} + L/C}} = \frac{1}{100}$$

$$\Rightarrow \frac{L/C}{(R_c+R)^2\frac{64}{9} + L/C} = \frac{9}{10.000}$$

$$\Rightarrow L/C\,\Big(\overbrace{\frac{9991}{10000}}^{\simeq 1}\Big) = (R_c+R)^2\,\frac{64}{10000}$$

$$\Rightarrow \boxed{\sqrt{\frac{L}{C}} = (R_c+R)\frac{8}{100}}$$

$$\Rightarrow \boxed{(R_c+R) = \frac{100}{8}\cdot \omega_0 L}$$