1^er^ Parcial de Electrónica 2
29/09/2014

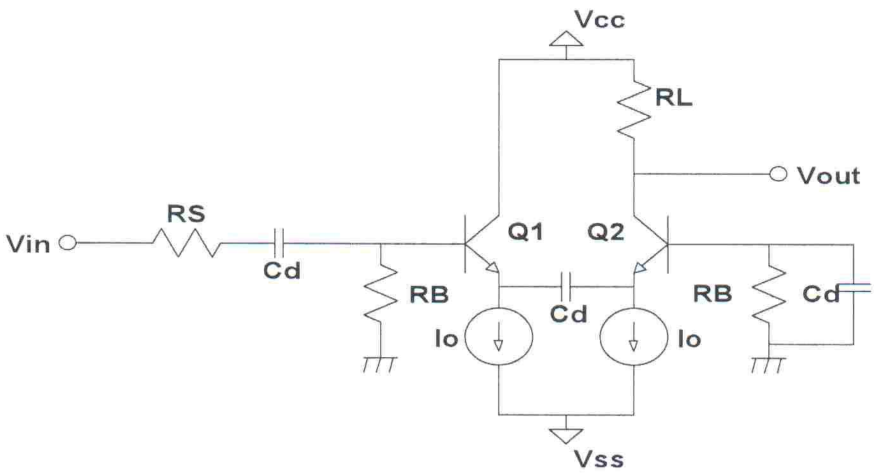
Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es **sin** material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1 (38 ptos):

Para el circuito de la Figura calcule:

a) Impedancia vista desde la base de Q1 y tensión base-emisor en AC para cada transistor en función de la tensión de base de Q1 en AC.
b) Ganancia a frecuencias medias Vout/Vin.
c) Frecuencia de corte superior.

Datos:
Q1,Q2 : C_μ=5pF, C_{JE}=30pF, $f_{T@10mA}$=150MHz, β=200V/V, VBE=0.7V, $V_A=\infty$, RS=1kΩ, RB=2kΩ, RL=1kΩ, Vcc=10V, Vss=-10V, Io=4mA, Los condensadores Cd se podrán considerar infinitos.



Problema 2 (22 ptos):

Se desea diseñar un modulador de AM cuya ecuación sea Vo(t)=A.(1+m.Vs(t)).cos(w.t) con A=2,5 y m=2. Para ello se utilizará el integrado MC1496 del cual se adjuntan algunas páginas de su hoja de datos. La señal modulante Vs(t)=Vs.cos(ws.t) se conectará a la entrada "Signal Input" y la portadora Vc=Vt.cos(w.t) a la entrada "Carrier Input".

Las especificaciones de diseño son las siguientes:

- La polarización de los transistores del par diferencial de entrada de "Signal Input" se hará con una corriente de Io=1mA (o sea: la corriente tomada por el pin 5 es igual a 1mA).
- La salida será del tipo diferencial.
- La máxima amplitud Vs de la señal Vs(t) es de 500mV.
- Datos: Vcc = 15V, Vee = -15V.

A los efectos de obtener Vo(t) deseado calcule:

a. La tensión continua a sumar a Vs(t). Explique como podría generar esa tensión.
b. El rango lineal necesario de la entrada "Signal Input".
c. El valor de la resistencia RBIAS a conectar en el pin 5.
d. El valor de la resistencia RE que debe ser conectada entre los pines 2 y 3 y el valor de las resistencias RL a ser conectadas entre Vcc y el pin 6 y entre Vcc y el pin 12.

Especifique claramente las ecuaciones de la hoja de datos que utiliza en cada caso.

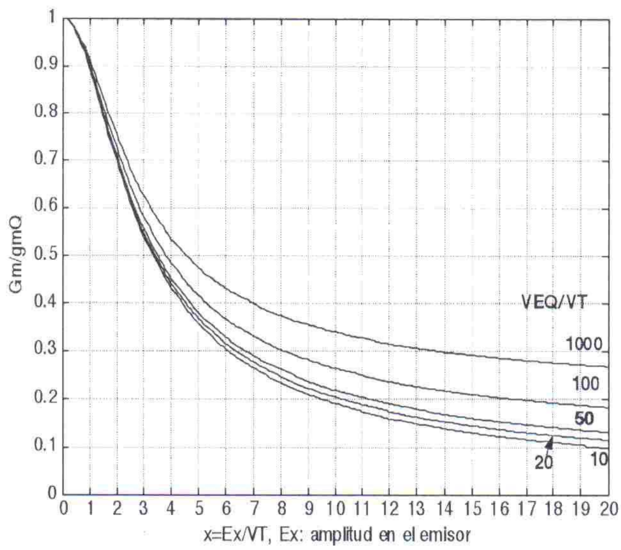
Problema 3 (40 ptos):

En el oscilador de la Fig. 1 considerar que la bobina es ideal con el valor de L indicado, salvo donde se indique lo contrario.

i. Determinar frecuencia de oscilación y amplitud de oscilación.
ii. Determine la condición de arranque y explique si es seguro que el oscilador arrancará y porqué.
iii. Demostrar que si $Q_L = (wL/Rs) >> 1$, a la frecuencia de resonancia de L y C, el circuito de la Fig. 2a) tiene la misma impedancia que el de la Fig. 2b) si $Rp = Q_L^2.Rs$.
iv. Si la inductancia L tiene una resistencia en serie Rs=3Ω, indicar como cambian la frecuencia y amplitud de oscilación halladas en la parte i).

Datos:

- C1=560pF, C2=3.9nF, L=5.8 μH, RE=3.3kΩ, R2=10kΩ, R1=33kΩ, VCC=9V, RL=2.2kΩ.
- Q1: VBEQ=0.7V, β=200V/V
- Los condensadores Cd son condensadores de desacople que se pueden suponer un cortocircuito a la frecuencia de oscilación.
- A continuación se da la curva de la relación Gm/gmQ en función de la amplitud en el emisor normalizada a VT, teniendo parámetro de las curvas la tensión DC de reposo en el emisor VEQ normalizada a VT.



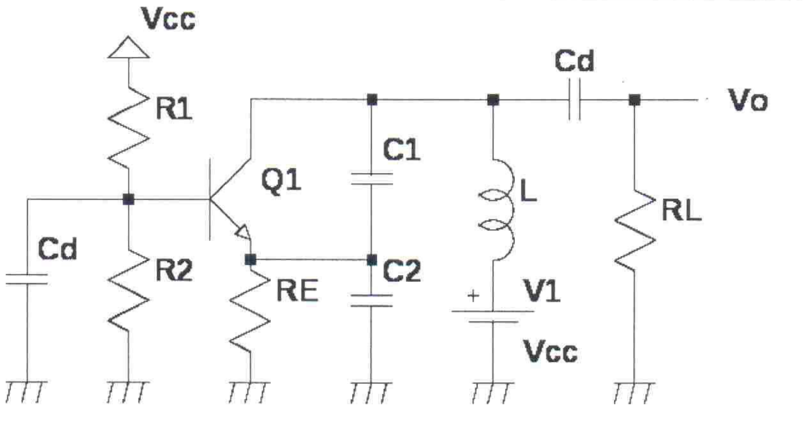


Fig. 1

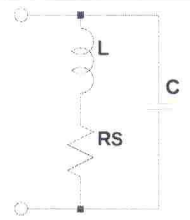


Fig. 2a

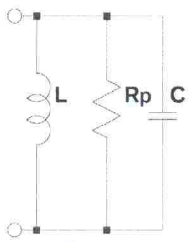
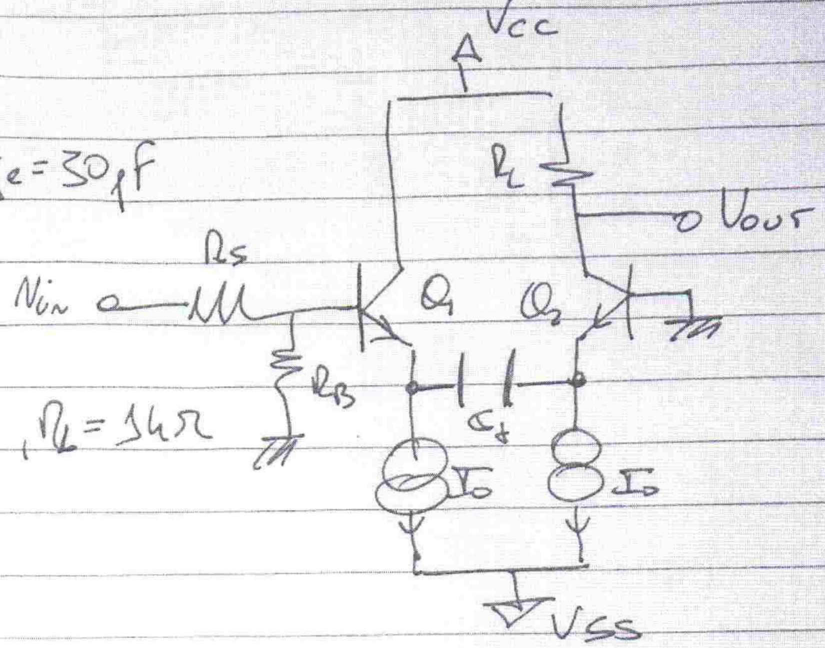


Fig. 2b

2014 ELECTRÓNICA 2   2do PARCIAL

Ej. 1



Q_1, Q_2 : $C_\mu = 5pF$, $C_{je} = 30 pF$

f_T @ $10mA = 150 MHz$

$\beta = 200$, $V_{BE} = 0,7V$

$V_A = \infty$

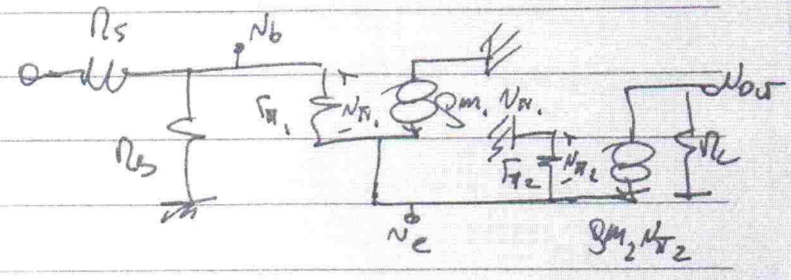
$R_S = 1k\Omega$, $R_B = 2k\Omega$, $R_L = 1k\Omega$

$V_{CC} = 10V = -V_{SS}$

$I_0 = 4mA$ $C_d = \infty$

(a) $\frac{v_{OUT}}{v_{in}}$ Eq: señal:

y (b)



$I_{C_1} = I_{C_2} = I_0$

$\Rightarrow gm_1 = gm_2 = 154 mA/V$

$r_{\pi_1} = r_{\pi_2} = 1,3 k\Omega$

$$\frac{\overbrace{v_b - v_e}^{= v_{\pi_1}}}{r_\pi} + gm\, v_{\pi_1} + \frac{v_{\pi_2}}{r_\pi} + gm\, v_{\pi_2} = 0$$

$$\Rightarrow v_{\pi_1}\left(\frac{1}{\beta}+1\right)gm + v_{\pi_2}\left(\frac{1}{\beta}+1\right)gm = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{\pi_1} = -v_{\pi_2}}$$

$$v_b = v_{\pi_1} - v_{\pi_2} = 2 v_{\pi_1} \Rightarrow v_{OUT} = -gm\, v_{\pi_2} R_L$$

$$\Rightarrow v_{OUT} = \frac{gm R_L}{2} v_b$$

$$i_{b_1} = \frac{v_{\pi_1}}{r_{\pi_1}} \Rightarrow \boxed{R_{v_b} = 2 r_\pi}$$

$$\Rightarrow v_b = \frac{v_{in} \; R_B // 2r_\pi}{R_S + R_B // 2r_\pi} = 0{,}53\, v_{in}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_B // 2r_\pi}{R_S + R_B // 2r_\pi} \cdot \frac{g_m R_L}{2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_{out}}{v_{in}} = 40{,}8 \; V/V}$$

(c)

$$f_T = \frac{1}{2\pi} \frac{g_m @ 10mA}{C_\pi + C_\mu} \Rightarrow$$

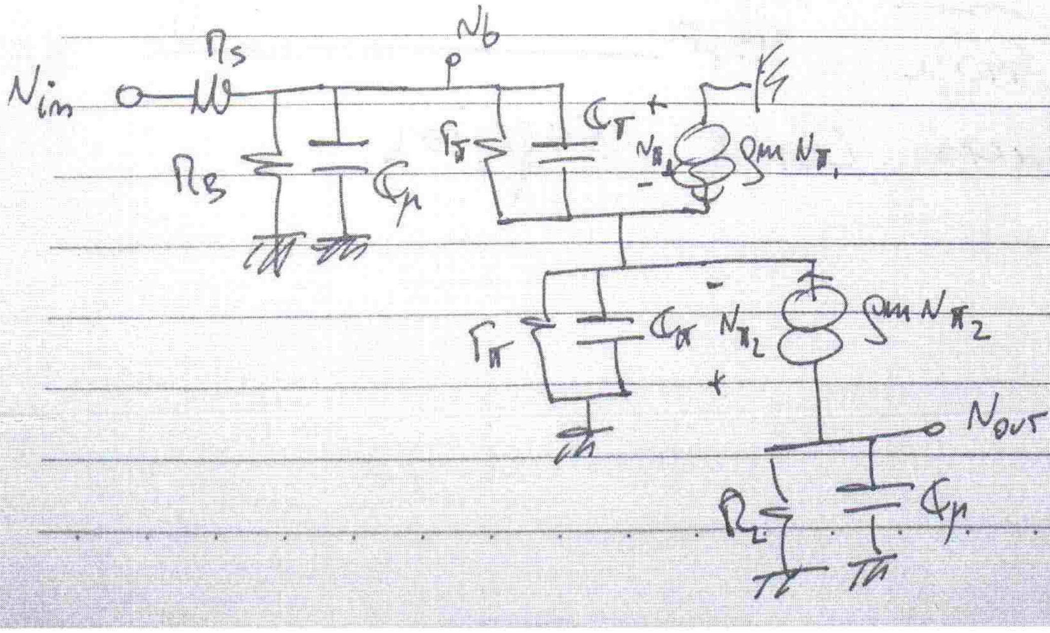
$$C_\pi = \frac{g_m @ 10mA}{2\pi f_T} - C_\mu = 404{,}6\, pF$$

$$\Rightarrow C_{de} = 374{,}6\, pF = k_c \cdot I_C$$

$$\rightarrow k_c = 37{,}5\, pF/mA$$

$$\Rightarrow C_\pi @ 4mA = 180\, pF$$

Sigue valiendo $v_{\pi 1} = -v_{\pi 2}$



Ahora Z_{v_b}:

$$Z_{v_b} = 2r_\pi // C_\pi/2$$

D S T Q Q S S

$$v_{out} = \frac{g_m}{2}\left(R_L \,//\, C_\mu\right) v_b = \frac{g_m/_2\, R_L}{R_L C_\mu s + 1} v_{in}$$

$$v_b = \frac{R_B \,//\, C_\mu \,//\, Z_b}{R_S + R_B // C_\mu // Z_b} v_{in}$$

$$Z = R_B \,//\, C_\mu \,//\, 2r_\pi \,//\, C_\pi/_2 = \frac{R_B // 2r_\pi}{(R_B//2r_\pi)\left(C_\mu + \frac{C_\pi}{2}\right)s + 1}$$

$$\Rightarrow v_b = \frac{R_B // 2r_\pi}{R_S\left[(R_B//2r_\pi)\left(C_\mu + \frac{C_\pi}{2}\right)s\right] + R_S + R_B//2r_\pi} v_{in}$$

$$v_b = \frac{R_B//2r_\pi / (R_S + R_B//2r_\pi)}{(R_S \,//\, R_B // 2r_\pi)\left(C_\mu + \frac{C_\pi}{2}\right)s + 1} v_{in}$$

$$f_{P1} = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{R_L C_\mu} = 31{,}8 \text{ MHz}$$

$$\boxed{f_{P2} = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\underbrace{(R_S//R_B//2r_\pi)}_{440\,\Omega}\underbrace{(C_\mu + C_\pi/_2)}_{95\,pF}} = 3{,}8 \text{ MHz}}$$

Frecuencia corte superior

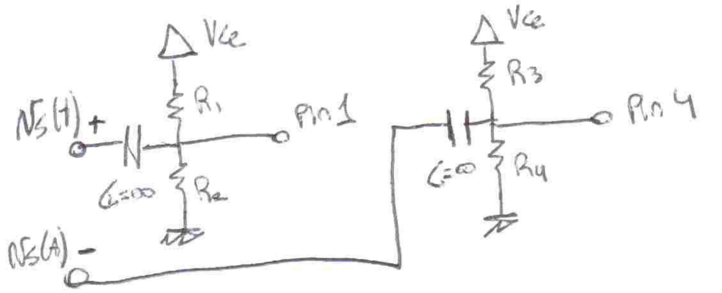
Problema 2

a)

$$\text{salida del multiplicador} \quad V_o = \underset{\text{constante}}{\mathbb{C}} \cdot V_s(t) \cdot V_c(t) \overset{\text{imponiendo } V_s(t) = v_s(t) + V_{SDC}}{=} \mathbb{C}\left(v_s(t) + V_{SDC}\right) V_c(t) = \mathbb{C}\, V_{SDC}\left(\frac{1}{V_{SDC}} v_s(t) + 1\right) V_c(t)$$

$$\text{salida deseada} \quad V_o = A\left(1 + m V_s(t)\right) \cdot \cos(\omega t) = \frac{A}{V_T}\left(1 + m V_s(t)\right) \cdot V_c(t)$$

$$m = 2 = \frac{1}{V_{SDC}} \Rightarrow \boxed{V_{SDC} = 500\,mV} \quad \text{son impuestos en la polarización.}$$



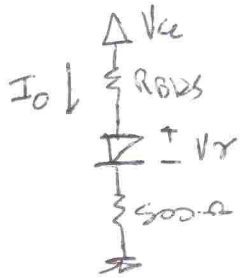
R_1, R_2, R_3 y R_4 son tal que:

$$V_{cc}\left[\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) - \left(\frac{R_4}{R_4+R_3}\right)\right] = 500\,mV$$

b) El par de entrada "signal Input" verá una entrada $\underset{500mV}{V_{SDC}} + \underset{\text{con } 500mV \text{ de pico}}{v_s(t)}$ por lo que su rango lineal deberá ser de:

$$(0V - 1V) \in \text{rango lineal} \Rightarrow \boxed{\text{rango lineal de } \pm 1V}$$

c)



$$I_o = 1mA \Rightarrow \frac{V_{cc} - I_c 500\Omega - V_\gamma}{R_{BIAS}} = 1mA \Rightarrow$$

$$R_{BIAS} = \frac{V_{cc} - 1mA\,500\Omega - V_\gamma}{1mA} = 13{,}9\,K\Omega$$

d) Utilizando expresión de loop de datos (aunque podría ser calculada)

$$V_{o+} = \frac{R_L V_c(t) \cdot V_s(t)}{2\left(R_E + \frac{2V_T}{I_o}\right) V_T} \Rightarrow V_{o+} - V_{o-} = V_o = \frac{R_L V_c(t) \cdot V_s(t)}{2\left(R_E + 2V_T/I_o\right) V_T} =$$

tomando a) $V_s(t) = v_s(t) + V_{DSC}$

$$\Rightarrow V_o = \underbrace{\frac{R_L V_{SDC}}{\left(R_E + \frac{2V_T}{I_o}\right)\cancel{V_T}}}_{A}\left(1 + \underbrace{\frac{1}{V_{SDC}}}_{m} v_s(t)\right)\cancel{V_T}\cos(\omega t) \Rightarrow \frac{R_L V_{SDC}}{R_E + \frac{2V_T}{I_o}} = A = 2{,}5 \Rightarrow$$

$$\pm \frac{R_E}{2} \cdot 2I_o = \pm 1V \Rightarrow \boxed{R_E = 1K\Omega}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_L \cong 5K\Omega}$$

(a) frec. de osc.: $\omega_0^2 = \dfrac{N}{LC_2} \Rightarrow \boxed{f_0 = 3\,MHz}$

con $N \equiv \dfrac{C_1+C_2}{C_1} = \dfrac{E_t}{E_x}$ @ $R_V = R_E // \frac{1}{G_m} = \infty$

curvas

$V_{BQ} = \dfrac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC}$, $V_{EQ} = V_{BQ} - V_{BEQ} \Rightarrow \dfrac{V_{EQ}}{V_T} = 56$

$g_{mQ} = \dfrac{I_{DCQ}}{V_T} = \dfrac{V_{EQ}}{R_E V_T} = 16{,}9\,mS$

Cond. de osc.: $G_m = \dfrac{N^2}{(N-1)R_L} \Rightarrow G_m = 4{,}2\,mS$

$\Rightarrow \dfrac{G_m}{g_{mQ}} = 0{,}25 \Rightarrow$

$\Rightarrow x = 9 \Rightarrow E_x = 225\,mV \Rightarrow \boxed{E_t = 1{,}8\,V}$

VERIFICO SUPUESTOS: $N^2 R_E >> R_L \Leftrightarrow 205\,k\Omega >> 2{,}2\,k\Omega$ ✓

$R_V = \frac{1}{G_m} // R_E >> {}^{L}/_{N R_L C_1} \Leftrightarrow 225 >> 0{,}6$ ✓

(b) Condición de arranque: $g_{mQ} > \dfrac{N^2}{(N-1)R_L} \Leftrightarrow 16{,}9\,mS > 4{,}2\,mS$

Es seguro que el oscilador arrancará pues, para el reposo (amplitud cero) el $A\beta > 1$ (sist. inestable)

(c) $$Z_a = Ls + R_s \parallel \frac{1}{Cs} = \frac{Ls+R_s}{1+(Ls+R_s)Cs} = \frac{R_s+Ls}{1+R_sCs+LCs^2}$$

$$\left.Z_a\right|_{\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}} = \frac{R_s+L\omega_0 j}{1+R_sC\omega_0 j - LC\omega_0^2} = \frac{R_s+L\omega_0 j}{R_sC\omega_0 j} \Rightarrow$$

por letra $\frac{\omega_0 L}{R_s} \gg 1 \Rightarrow R_s \ll \omega_0 L$

$$\Rightarrow Z_a = \frac{L\omega_0 j}{R_sC\omega_0 j} = \frac{L}{R_sC}$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R_s} = \frac{1}{\omega_0 C R_s}$$

$$\Rightarrow Z_a = Q_L^2 R_s$$

$$Z_b = \left(\frac{1}{Ls} + Cs + \frac{1}{R_p}\right)^{-1} = \left(\frac{R_p + Ls + LR_pCs^2}{LsR_p}\right)^{-1} = \frac{LsR_p}{R_p+Ls+R_pLCs^2}$$

$$\left.Z_b\right|_{\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}} = \frac{LR_p j\omega_0}{Lj\omega_0} = R_p \Rightarrow Z_b = R_p$$

$$\boxed{Z_a = Z_b \Leftrightarrow R_p = Q_L^2 R_s} \quad @\, Q_L = \frac{\omega_0 L}{R_s} \gg 1$$

d) $Q_L = \frac{\omega_0 L}{R_S} = 36,3 >> 1$

Según lo visto en la parte c) aparece una resistencia $R_p = Q_L^2 R_S$ en paralelo con R_L: $R_L' = R_L \,||\, Q_L^2 R_S = 1,41\ k\Omega$

La frecuencia de oscilación no cambia: $f_0 = \frac{N}{2\pi L C_2} \Rightarrow \boxed{f_0 = 3\ MHz}$

$G_m' = \frac{N^2}{(N-1) R_L'} = 6,4\ mS \Rightarrow \frac{G_m'}{g_{mQ}} = 0,38$ $\Big\}$ curvas $\Rightarrow$

$V_{EQ}/V_T = 56$

$\Rightarrow x \cong 5 \Rightarrow \boxed{E_t = 1\ V}$