

2do Parcial de Electrónica 2
27/11/2008

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

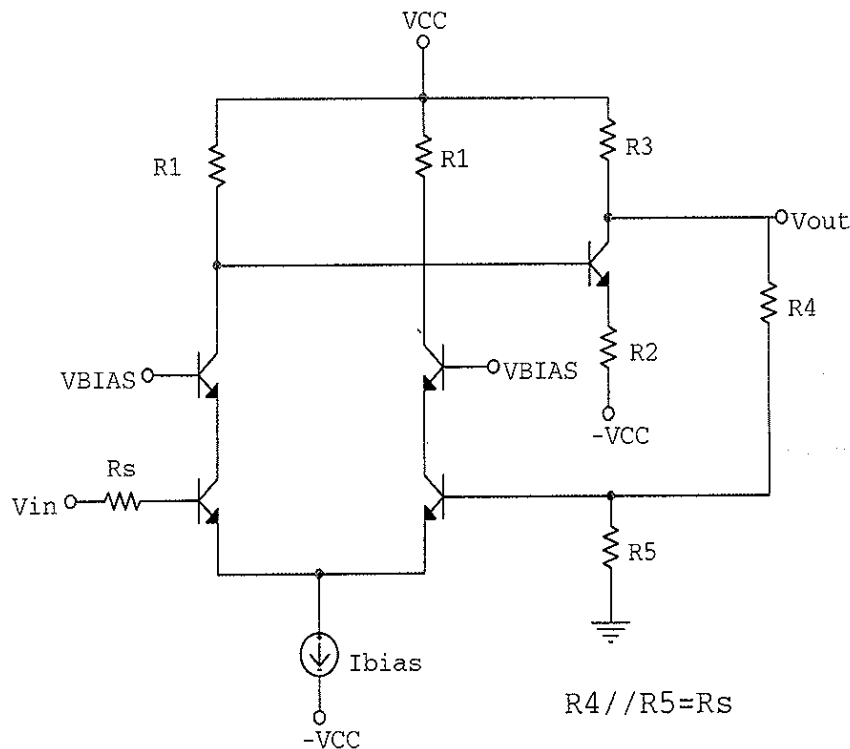
La prueba es sin material.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1: (26 puntos)

Para el amplificador de la figura:

- a) Considerando que todos los transistores tienen tensión de Early infinita y $h_{fe} \gg 1$. Determine en función de los componentes y los parámetros de pequeña señal de los transistores los valores de A y β que permiten representar al amplificador en un diagrama de bloques de sistema realimentado.
- b) Determine la ganancia V_{out}/V_{in} y las resistencias de entrada y salida del amplificador realimentado.



Problema 2: (26 puntos)

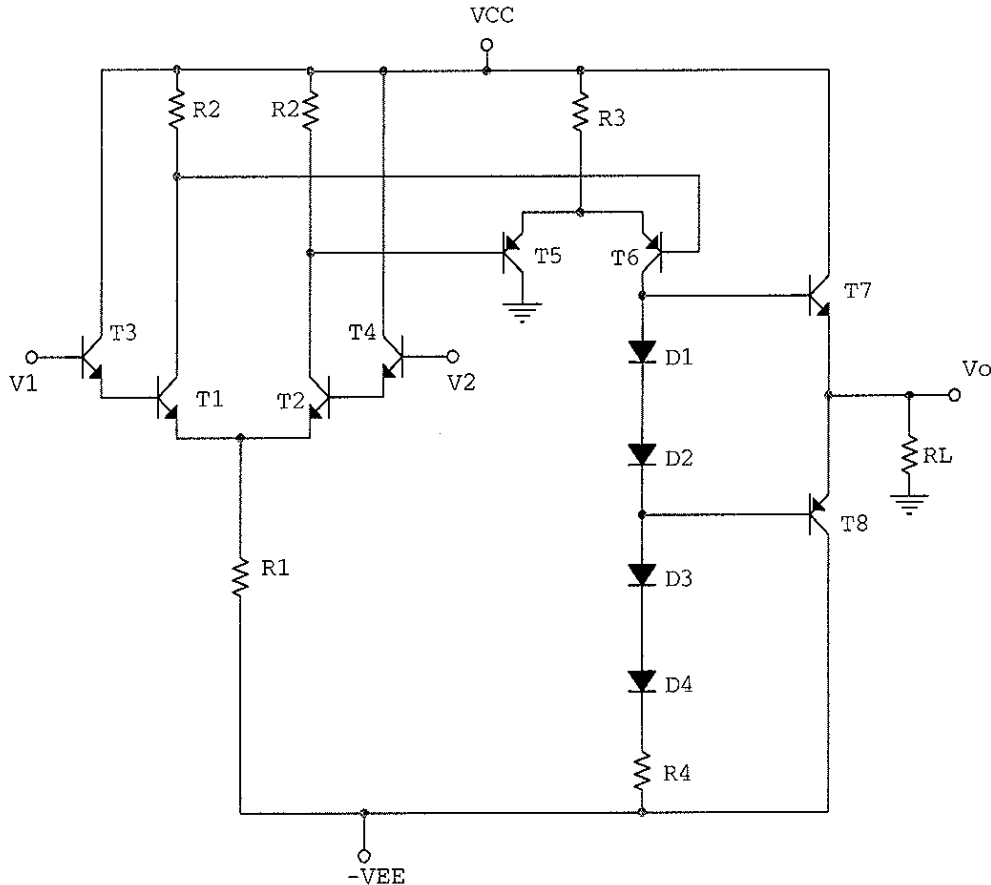
Dado el amplificador de la figura, se pide:

- a) Justificando, identifique la pata inversora y la no inversora.
- b) Determinar las relaciones $R2/R1$ y $R4/R3$ para que con entradas $V1=V2=0$ se tenga salida $V_{ODC}=0$ independientemente de los valores de VCC , VEE y VD .

NOTA: se asumirán que los diodos son ideales, con voltaje: $V_D = V_{EB}(\text{PNP}) = V_{BE}(\text{NPN})$.

c) Calcular la ganancia diferencial del amplificador operacional.

NOTA: para esta parte se supondrá que se cumplen las relaciones halladas previamente y demás: $V_{CC}=V_{EE}=12V$, $V_D=0.7V$, $R_1=R_3=5k\Omega$, $R_L=1k\Omega$, $\beta_{T7,T8}= 20$ y $\beta_{T1,T2,T3,T4,T5,T6}=100$. Se desprecia el efecto Early.



Problema 3: (28 puntos)

Dado el oscilador de Colpitts de la Figura 1:

- a) hallar la frecuencia y condición de oscilación. Calcular el factor de calidad del tanque Q_{tanque} . Considere que la impedancia de L_2 a la frecuencia de oscilación es mucho menor que la impedancia vista hacia R_E y Q_1 .
- b) Verifique la suposición considerada en a).
- c) La curva de la Figura 2 relaciona G_{in}/g_{mQ} con el parámetro x , siendo $x=Ex/V_T$, con Ex la fundamental del voltaje v_{BE} del transistor Q_1 . Las curvas están parametrizadas en $V_z = I_{EQ}(R_E + (1 + \lambda)R_S)$, donde R_S es la resistencia de base, que aquí vale cero.

A partir de estas curvas hallar la amplitud de oscilación en la salida V_{out} .

- d) Considerando la inductancia efectiva L_{eff} de la serie de L_1 y L_2 , hallar la condición que debe cumplir el factor de calidad de L_{eff} , Q_{Leff} , para que éste no altere los resultados anteriores.

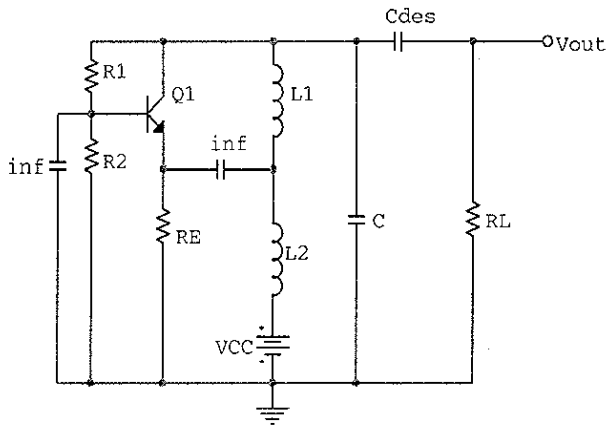


Figura 1

Datos: $\beta=100$, $V_{CC}=4.7$, $V_{BE}=0.6$, $R_L=1k\Omega$, $R_E=1.2 k\Omega$, $R_1=10k\Omega$, $R_2=14k\Omega$, $L_1=0.45\mu H$, $L_2=24nH$, $C=3.3nF$.

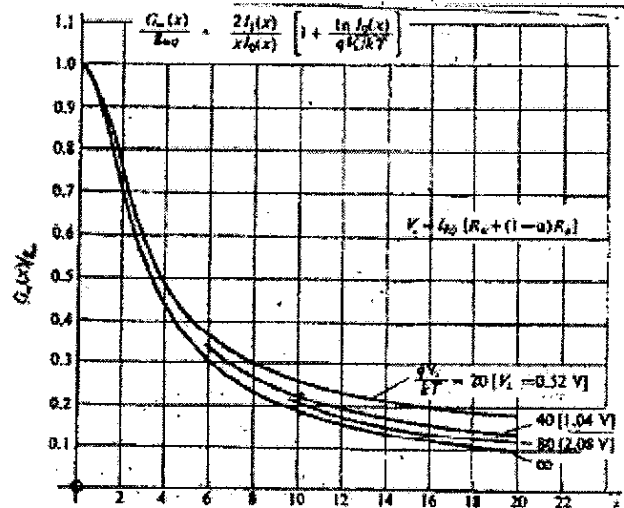
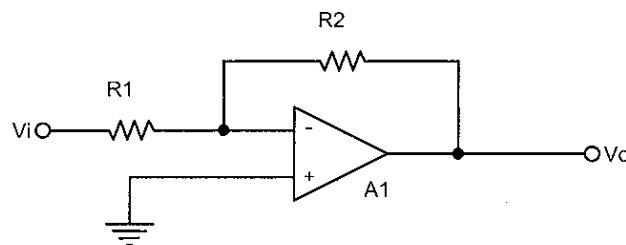


Figura 2

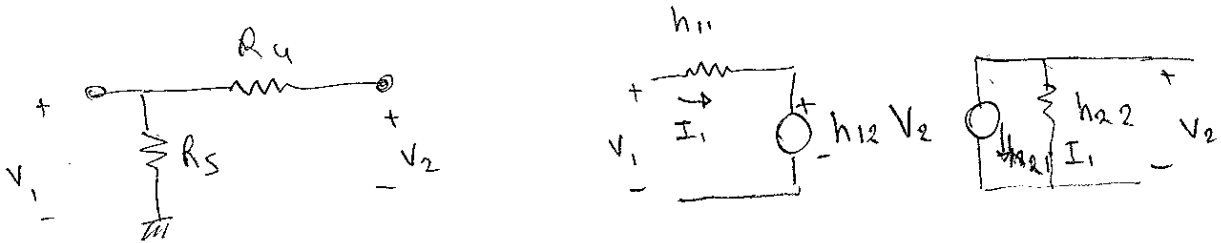
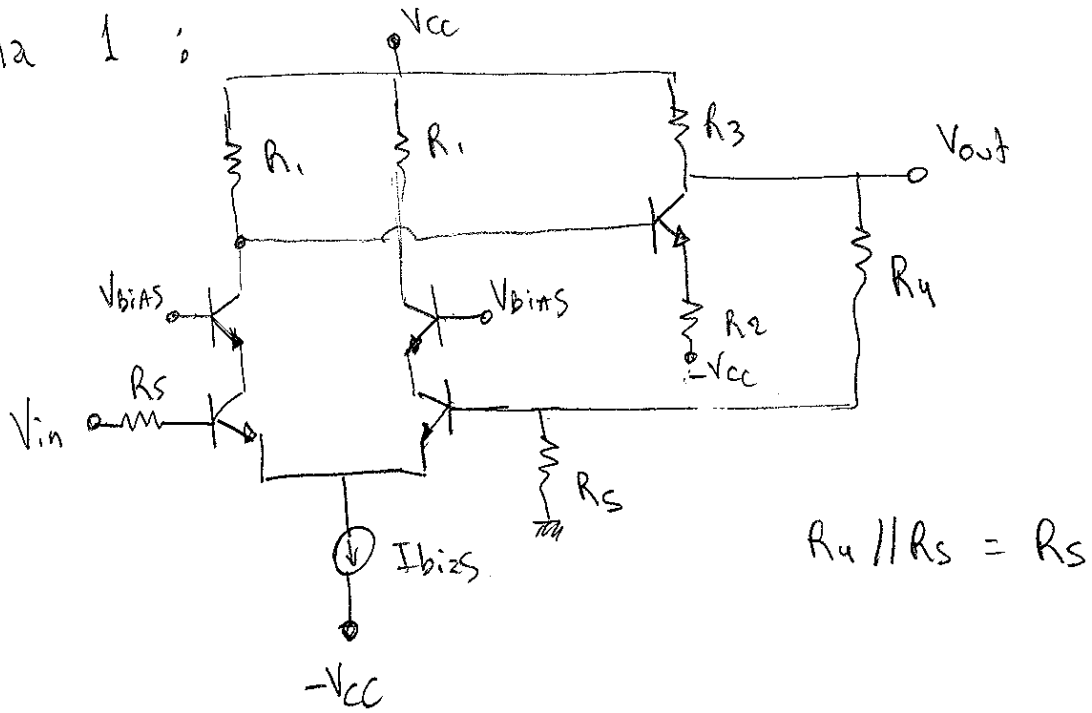
Problema 4 : (20 puntos)

Para el amplificador de la figura determinar el voltaje de ruido total rms a la salida. Para ello se deberá considerar el ruido aportado por las resistencias, que se trabaja sobre un ancho de banda de B Hz y que el amplificador operacional A1 tiene, en ese ancho de banda, un ruido equivalente de entrada con densidad espectral de potencia constante igual a S_{Ai} V^2/Hz .



Problema 1 :

a)



$$h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big|_{V_2=0} = R_4 \parallel R_S$$

$$h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{R_S}{R_4 + R_S}$$

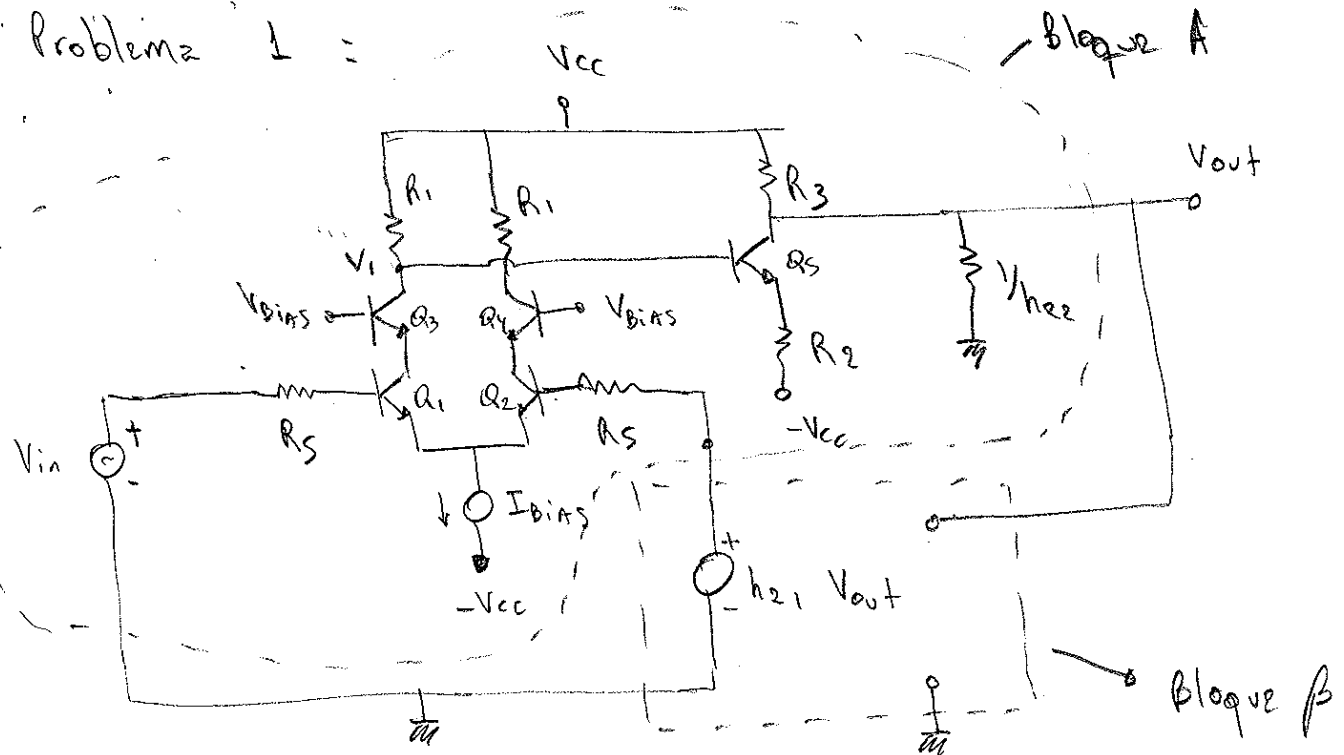
$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{V_2=0} = -\frac{R_S}{R_4 + R_S}$$

$$h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{1}{R_4 + R_S}$$

$$h_{21 \text{ Amp}} \approx \frac{h_{fe} R_1}{R_2} \quad \therefore \gg 1 \quad > \frac{R_S}{R_4 + R_S}$$

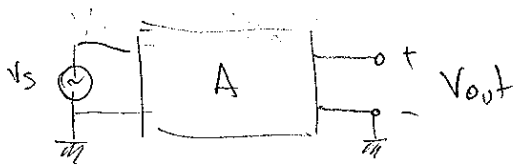
$$h_{12 \text{ Amp}} = 0 \ll \frac{R_S}{R_4 + R_S}$$

Problema 1 =



$$\beta = h_{12} = \frac{R_3}{R_4 + R_5}$$

Calculo Ganancia A.



$$V_1 = -\frac{V_s}{2} \cdot \frac{r_{\pi 1}}{R_s + r_{\pi 1}} \cdot g_{m1} \cdot R_1 \parallel (r_{\pi 5} + (h_{fe} + 1)R_2)$$

$$V_{out} = -V_1 \cdot \frac{R_3 \parallel Y_{h22}}{\frac{1}{g_{m3}} + R_2}$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_s} = \frac{1}{2} \cdot g_{m1} \cdot R_1 \cdot \frac{R_3 \parallel Y_{h22}}{R_2} = \frac{g_{m1} \cdot R_1 \cdot R_3 \parallel Y_{h22}}{2 R_2}$$

$$\therefore R_2 \gg \frac{1}{g_{m3}}$$

$$r_{\pi 1} \gg R_s$$

$$R_1 \ll r_{\pi 5} + (h_{fe} + 1)R_2$$

$$A_v = \frac{A}{1 + A\beta} = \frac{g_{m1} R_1 \cdot R_3 // 1/h_{e2}}{2 R_2 \left(1 + \frac{g_{m1} R_1 R_3 // 1/h_{e2} \cdot R_5}{2 R_2 (R_4 + R_5)} \right)} = 1 + \frac{R_4}{R_5}$$

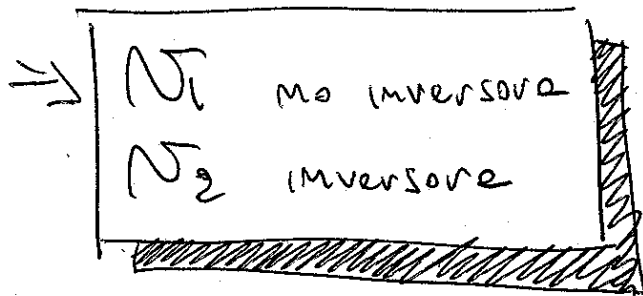
↑
Suponiendo
 $A \gg 1$

$$R_{if} = R_i (1 + A\beta) = 2 \cdot (R_5 + r_{\pi 1}) \left(1 + \frac{g_{m1} R_1 (R_3 // (R_4 + R_5)) R_5}{2 R_2 (R_4 + R_5)} \right)$$

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A\beta} = \frac{R_3 // (R_4 + R_5)}{1 + \frac{g_{m1} R_1 (R_3 // (R_4 + R_5)) \cdot R_5}{2 R_2 (R_4 + R_5)}}$$

Problema 2

a) si $N_1 \uparrow \overset{\text{inverte}}{\Rightarrow} N_{C1} \downarrow \Rightarrow N_{B6} \downarrow \overset{\text{inverte}}{\Rightarrow} N_{C6} \uparrow \Rightarrow N_0 \uparrow$



$$b) I_{R_1} = \frac{(\phi - 2V_D) - (-V_{EE})}{R_1} = \frac{V_{EE} - 2V_D}{R_1}$$

$$V_{B_6} = V_{CC} - R_2 I_2 = V_{CC} - \frac{R_2}{2} I_1 = V_{CC} - \frac{R_2 V_{EE}}{2R_1} + \frac{R_2 V_D}{R_1}$$

$$V_{E_6} = V_{B_6} + V_D = V_{CC} - \frac{R_2 V_{EE}}{2R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) V_D$$

$$I_{R_3} = \frac{V_{CC} - V_{E_6}}{R_3} = \frac{R_2 V_{EE}}{2R_1 R_3} - \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{V_D}{R_3}$$

$$V_{ODC} = -V_{EE} + R_4 \frac{I_{R_3}}{2} + 3V_D = \phi$$

sustituyo I_{R_3}

$$\Rightarrow V_{EE} \left[\frac{R_2 R_4}{4R_1 R_3} - 1 \right] + V_D \left[3 - \frac{R_4}{2R_3} - \frac{R_2 R_4}{2R_1 R_3} \right] = \phi$$

$$\Rightarrow \frac{R_2 R_4}{4R_1 R_3} = 1 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{4R_3}{R_4} \Rightarrow 3 - \frac{R_4}{2R_3} - \frac{R_2 R_4}{2R_1 R_3} = 3 - \frac{R_4}{2R_3} - \frac{R_4}{2R_3} \cdot \frac{4R_3}{R_4}$$

$$= 3 - \frac{R_4}{2R_3} - 2 = \phi \Rightarrow \frac{R_4}{2R_3} = 1 \Rightarrow \boxed{\frac{R_4}{R_3} = 2}$$

$$\frac{R_2 R_4}{4R_1 R_3} = \frac{R_2}{4R_1} \cdot 2 = 1 \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = 2}$$

Problema 2

$$c) r_{\pi 1} = r_{\pi 2} = \frac{\beta V_T}{I_{R2}} = 2,45 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m1} = g_{m2} = 40 \times 10^{-3}$$

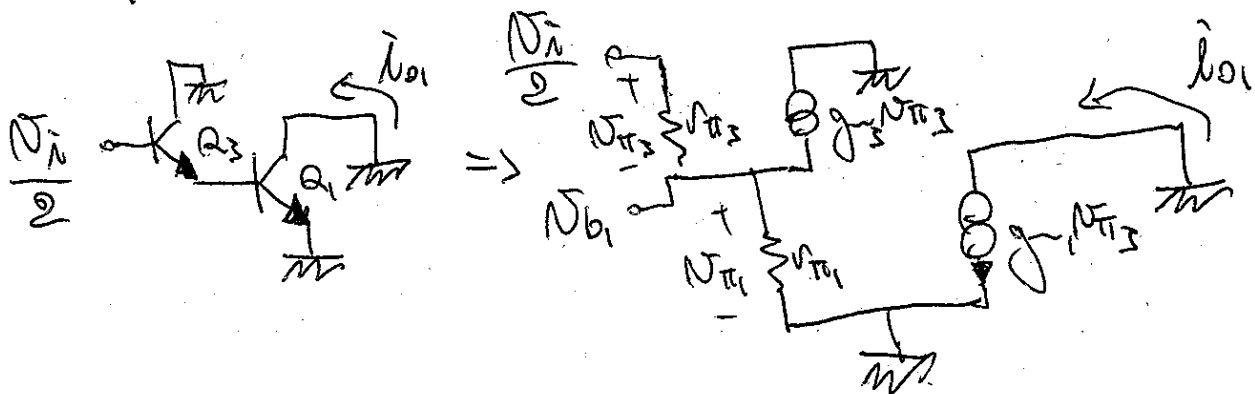
$$g_{m5} = g_{m6} = 38 \times 10^{-3}$$

$$r_{\pi 3} = r_{\pi 4} = \frac{\beta V_T}{I_{R2}/\beta} = \frac{\beta^2 V_T}{I_{R2}} = 245 \text{ k}\Omega$$

$$r_{\pi 5} = r_{\pi 6} = 2,6 \text{ k}\Omega$$

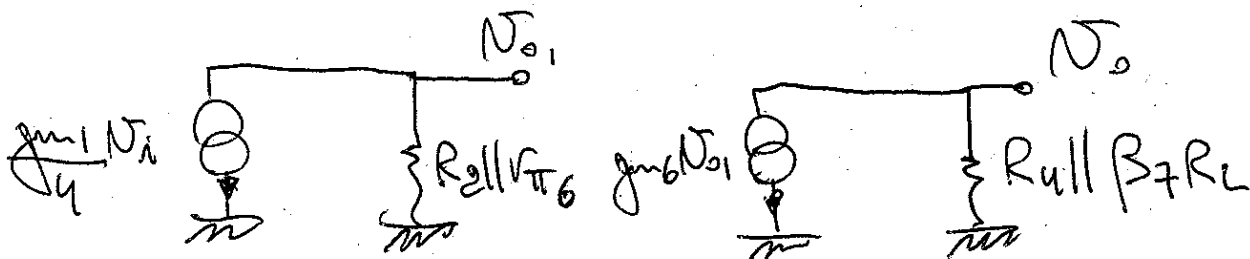
Como la entrada es diferencial por el circuito a la mitad

\Rightarrow Calcular la corriente de corto circuito en el colector de Q_1



$$N_{b1} = \frac{(\beta+1)r_{\pi 1} \cdot N_{i/2}}{r_{\pi 3} + (\beta+1)r_{\pi 1}} = \frac{(\beta+1)r_{\pi 1} \cdot N_{i/2}}{\beta V_T + (\beta+1)r_{\pi 1}} \approx \frac{N_{i/2}}{4}$$

$$\Rightarrow i_{o1} = N_{\pi 1} g_{m1} = \frac{g_{m1}}{4} N_{i/2} \Rightarrow$$



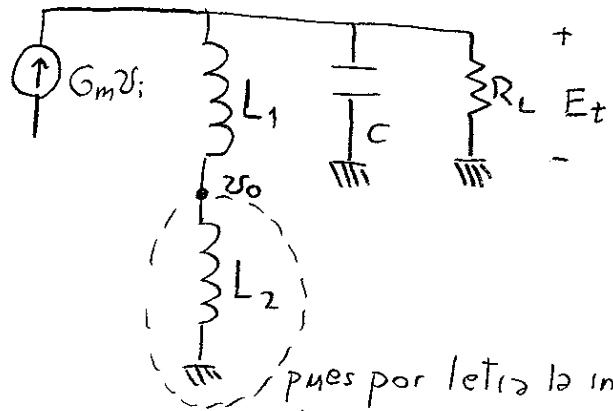
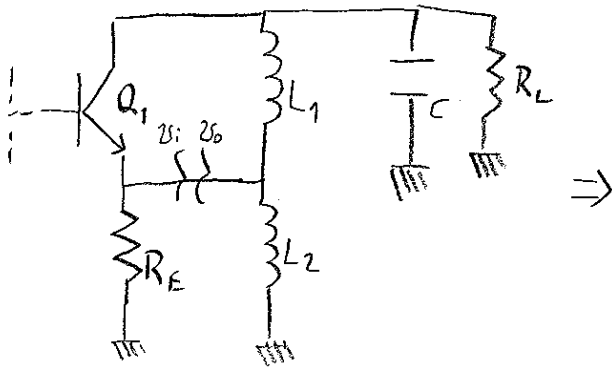
Problema 2

$$c) \frac{N_o}{N_i} = \frac{N_o}{N_{oi}} \frac{N_{oi}}{N_i} = \left[-g_{mb}(R_{u1} \parallel \beta R_L) \right] \cdot \left[g_{m1}(R_{e1} \parallel r_{\pi 6}) \right]$$

$$\frac{N_o}{N_i} = 2,15 \times 10^4$$

Problema 3

a)



pues por letra la impedancia debida a \$L_2\$ es mucho menor que la impedancia vista hacia \$R_E\$ y \$Q_1\$ a la frecuencia de oscilacion.

$$E_t = G_m v_i \cdot \frac{1}{C_s} \parallel (L_1 + L_2) \parallel R_L = \frac{G_m}{C_s + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{s(L_1 + L_2)}} \cdot v_i \quad (*)$$

$$\frac{E_t}{L_1 + L_2} = \frac{v_o}{L_2} \Rightarrow E_t = v_o \frac{L_1 + L_2}{L_2} \quad (*) \Rightarrow v_o \frac{L_1 + L_2}{L_2} = \frac{G_m}{C_s + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{s(L_1 + L_2)}} \cdot v_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{v_o} = \frac{L_2}{L_1 + L_2} \cdot \frac{G_m}{C_s + \frac{1}{s(L_1 + L_2)} + \frac{1}{R_L}} \cdot v_i \quad \equiv A_\beta(s)$$

cond. de oscilacion:

$$\text{Re}(A_\beta(j\omega)) = 1$$

$$\text{Im}(A_\beta(j\omega)) = 0$$

B

$$\text{Im}(A_{\beta}(j\omega)) = 0 \Rightarrow C j\omega + \frac{1}{j\omega(L_1+L_2)} = 0 \Rightarrow C\omega = \frac{1}{\omega(L_1+L_2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}}$$

$$\text{Re}(A_{\beta}(j\omega)) = 1 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1+L_2} \cdot G_m R_L = 1 \Rightarrow G_m = \frac{L_1+L_2}{L_2 R_L}$$

$$Q_{tanque} = \frac{R_L}{\omega_{res} \cdot (L_1+L_2)} = \frac{R_L \sqrt{C(L_1+L_2)}}{L_1+L_2}$$

b) Hay que verificar: $R_E \parallel (1/G_m) \gg \omega_{res} L_2$

$$\omega_{res} L_2 = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} \cdot L_2 = 2,5284 e 7 \cdot 24 e - 9 = 0,6068 \Omega$$

$$R_E \parallel 1/G_m = \frac{1}{G_m + \frac{1}{R_E}} = \frac{1}{0,0198 + \frac{1}{1,2K}} = 48,5830 \Omega \gg \omega_{res} L_2 = 0,6068 \Omega \checkmark$$

se verifica la suposición

c)

$$V_B = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC} = 2,7417 V \Rightarrow V_E = V_B - V_{BE} = 2,1417 V$$

$$I_{DCQ} = \frac{V_E}{R_E} = 1,7847 mA \Rightarrow g_{mQ} = \frac{I_{DCQ}}{V_T} = 0,0686 \Omega^{-1}$$

$$\frac{G_m}{g_{mQ}} = 0,2877 \Rightarrow X \approx 7$$

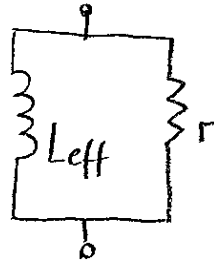
↖ gráfica (figura 2)

BF

$$X = \frac{E_x}{V_T} \Rightarrow E_x = X \cdot V_T = 0,1820 \text{ V}$$

$$\frac{E_t}{L_1 + L_2} = \frac{E_x}{L_2} \Rightarrow E_t = \frac{L_1 + L_2}{L_2} \cdot E_x \Rightarrow E_t = 3,6 \text{ V}$$

d) considero $L_1 + L_2$ como:



$$Q_{L_{\text{eff}}} = \frac{r}{W_{\text{res. } L_{\text{eff}}}}$$

para no alterar los resultados: $r // R_L \approx R_L \Rightarrow$

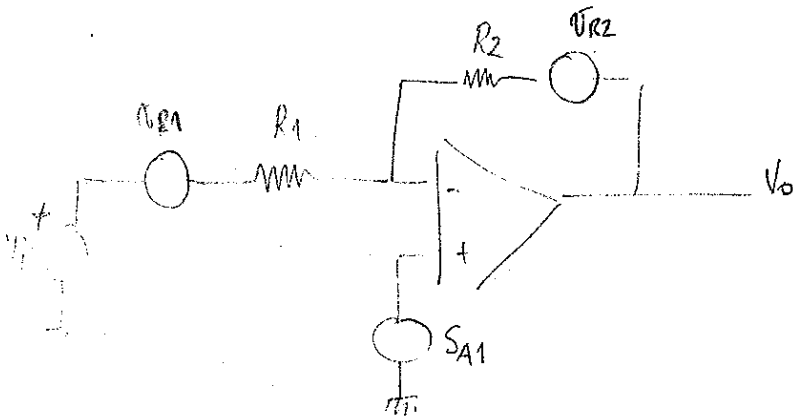
$$\Rightarrow r \gg R_L \Rightarrow W_{\text{res. } Q_{L_{\text{eff}}}, L_{\text{eff}}} \gg R_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{L_{\text{eff}}} \gg \frac{R_L}{W_{\text{res. } L_{\text{eff}}}}$$

BJ

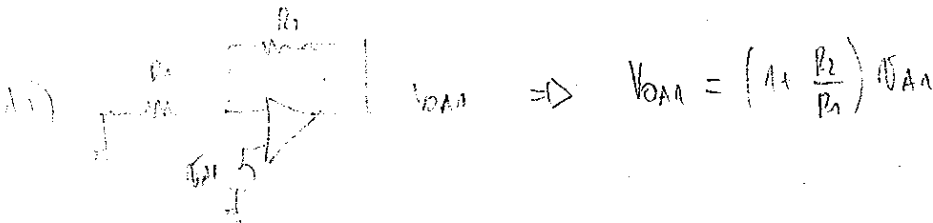
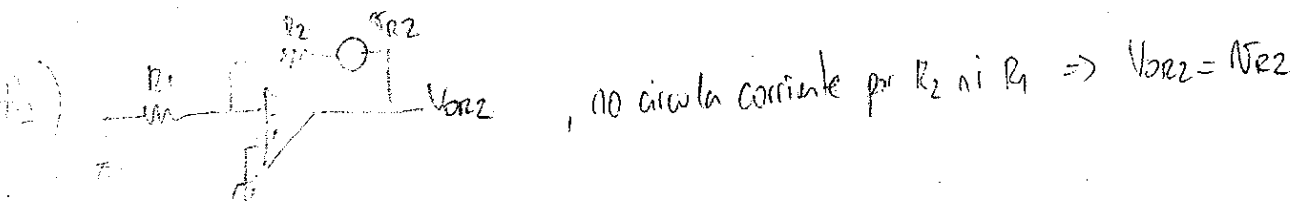
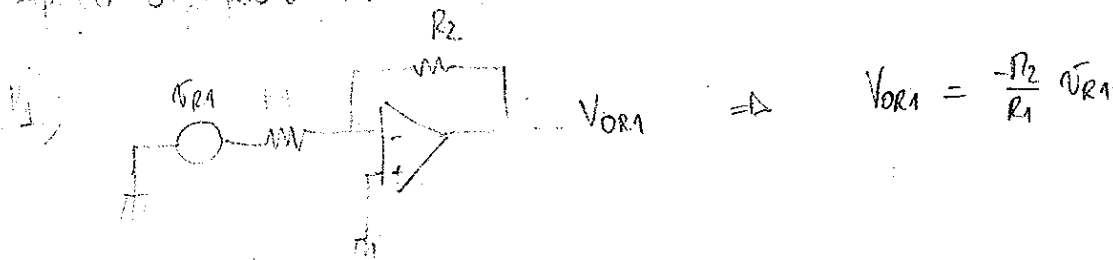
4

Identifico las fuentes de ruido: R_1 , R_2 y A_1



Identifico v_{R1} y v_{R2} / $v_{R1} = \sqrt{4kTR_1B}$ y $v_{R2} = \sqrt{4kTR_2B}$

Aplico superposición.



$$v_{o, total}^2 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 v_{R1}^2 + v_{R2}^2 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2 v_{AA}^2 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 4kTR_1B + 4kTR_2B + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 S_{AA} \cdot B$$

$$\Rightarrow v_{o, total} = \sqrt{B \left[\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 4kTR_1 + 4kTR_2 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2 S_{AA} \right]}$$