

EXAMEN DE ELECTRONICA 1

19/12/2011

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)

Considere el circuito de la figura donde V_{noise} NO se considerará presente en las partes a), b) y c).

a) Calcular la ganancia diferencial (A_d), ganancia en modo común (A_c) y CMRR. ¿Qué condición deben cumplir las resistencias para maximizar el CMRR?

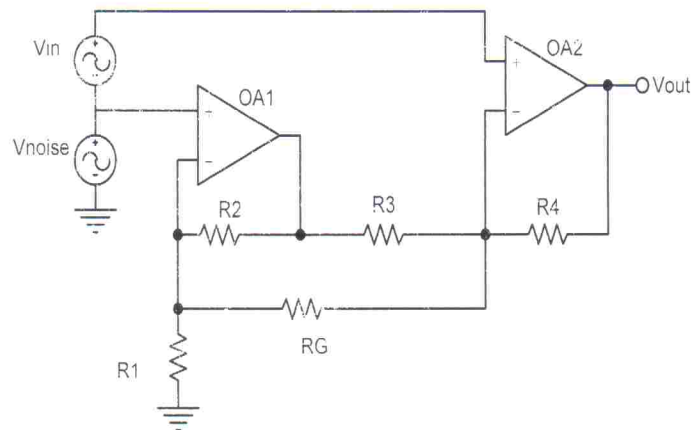
b) Suponiendo que se cumple la condición halla en a) y que las resistencias tienen una tolerancia ϵ , es decir: $R = R_{NOM}(1 \pm \epsilon)$, donde R_{NOM} es el valor nominal de la resistencia en cuestión, calcular en el peor caso el valor de A_c en función de ϵ .

De ahora en adelante, considere que $A_d=50V/V$ y que dicho valor no se ve afectado por el desapareo de las resistencias.

c) Calcular ϵ para que el CMRR del circuito sea mayor a 60dB en todos los casos.

d) Considerando que $\epsilon=0.01$ y que una fuente V_{noise} se superpone a la entrada V_{in} de acuerdo a lo mostrado en la figura, ¿Cuál debe ser la relación V_{noise}/V_{in} para que la componente debida a V_{noise} en la salida sea 100 veces menor que la componente debida a V_{in} en el peor caso?

Nota: En todo el ejercicio se asumirá que los amplificadores operacionales son ideales.



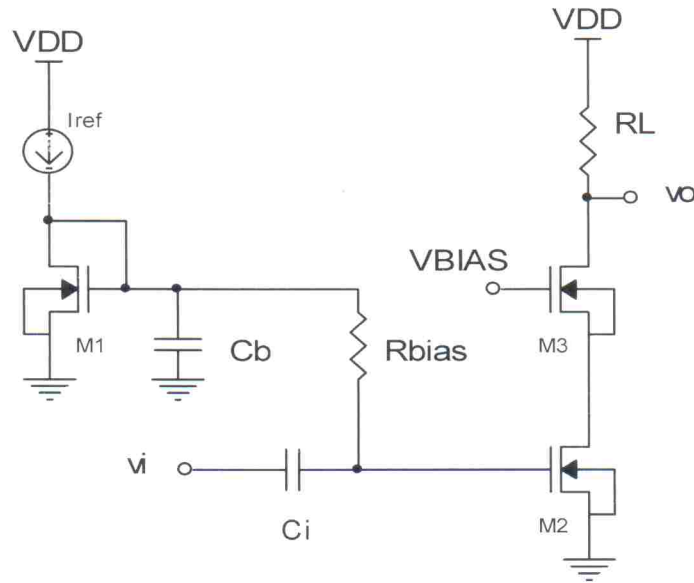
PROBLEMA 2 (40 puntos)

En el amplificador de la Figura Cb y Ci son infinitos y las tensiones y valores de los componentes tales que los transistores trabajen en saturación. V_{BIAS} es una tensión continua.

Los transistores son todos idénticos con parámetros: tensión umbral V_{t0} , β y $\delta=0$. Excepto donde se indique lo contrario V_A se supondrá infinito.

Determinar, en función de los parámetros de los transistores y los valores de los componentes:

- La corriente de polarización por todos los transistores. Fundamental.
- La ganancia v_o/v_i a frecuencia media. A los efectos del cálculo de la ganancia se supondrá que los transistores tienen tensión de Early V_A tal que $r_{o2} \ll RL \ll r_{o2}gm_3r_{o3}$.
- Suponiendo Cb infinito, determinar Ci para que la frecuencia de corte inferior valga f_{inf} .
- La máxima excursión en v_o asumiendo que V_{BIAS} es tal que M2 está siempre en saturación.

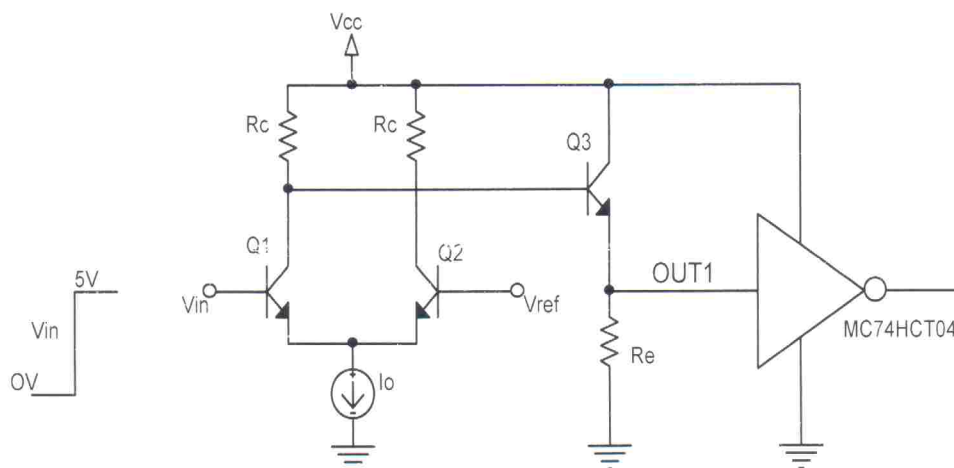


PREGUNTA (20 puntos)

Dado el circuito de la figura, donde el inversor es un MC74HCT04 (se adjunta parte de la hoja de datos). Vin es una señal digital que puede tomar los valores 0V y 5V según se indica en la figura.

- a) Calcular V_{OL} y V_{OH} en la salida OUT1.
- b) Calcular los márgenes de ruido NM_L y NM_H en OUT1.
- c) Si la entrada Vin ahora varía entre $(2.5V - V_{amp}/2)$ y $(2.5V + V_{amp}/2)$, ¿Cuál es la mínima amplitud V_{amp} para que el circuito tenga el mismo comportamiento de las partes a) y b) en OUT1?

Datos: $\beta=400$, $V_{BE}=0.7V$, $R_e=1k\Omega$, $R_c=1.8k\Omega$, $V_{cc}=5V$, $V_{ref}=2.5V$, $I_o=2mA$.



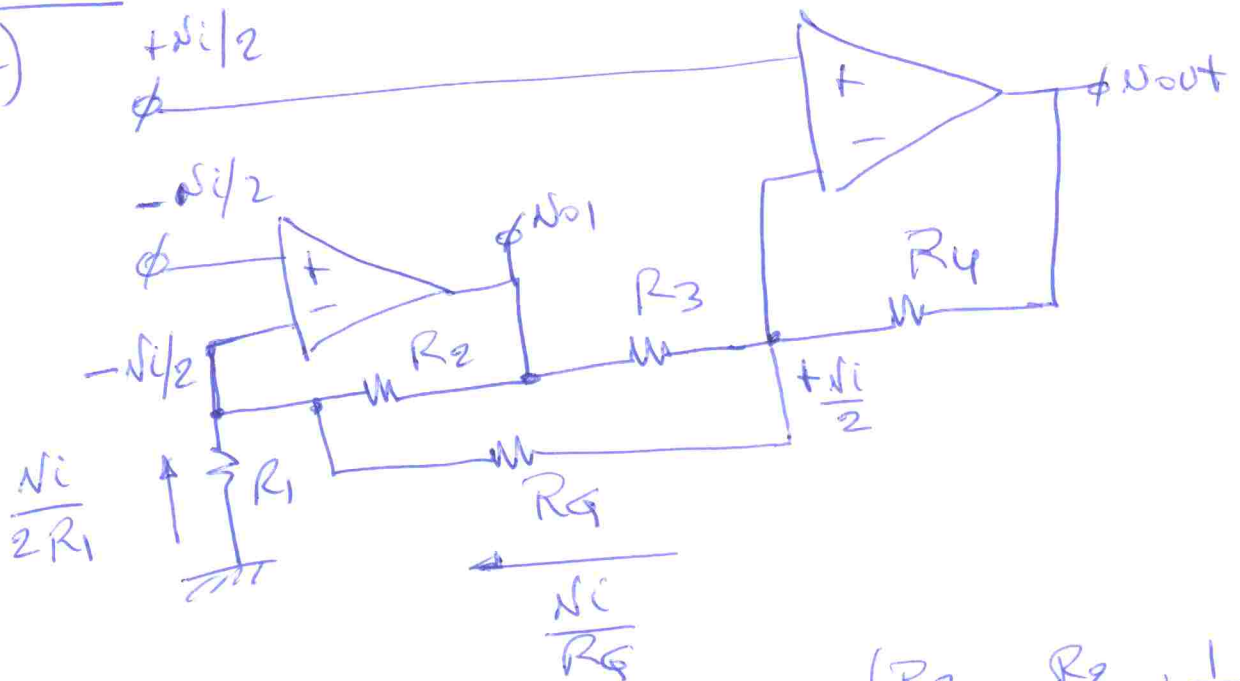
DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V I _{out} ≤ 20μA	4.5	2.0	2.0	2.0	V
			5.5	2.0	2.0	2.0	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	4.5	0.8	0.8	0.8	V
			5.5	0.8	0.8	0.8	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	4.5	4.4	4.4	4.4	V
			5.5	5.4	5.4	5.4	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 20μA	4.5	0.1	0.1	0.1	V
			5.5	0.1	0.1	0.1	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 4.0mA	4.5	0.26	0.33	0.40	μA
			5.5	±0.1	±1.0	±1.0	
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} = 0μA	5.5	1	10	40	μA
ΔI _{CC}	Additional Quiescent Supply Current	V _{in} = 2.4V, Any One Input V _{in} = V _{CC} or GND, Other Inputs I _{out} = 0μA	5.5	≥ -55°C	25 to 125°C		mA
				2.9	2.4		

- Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).
- Total Supply Current = I_{CC} + ΣΔI_{CC}.

PROB. 1

a)



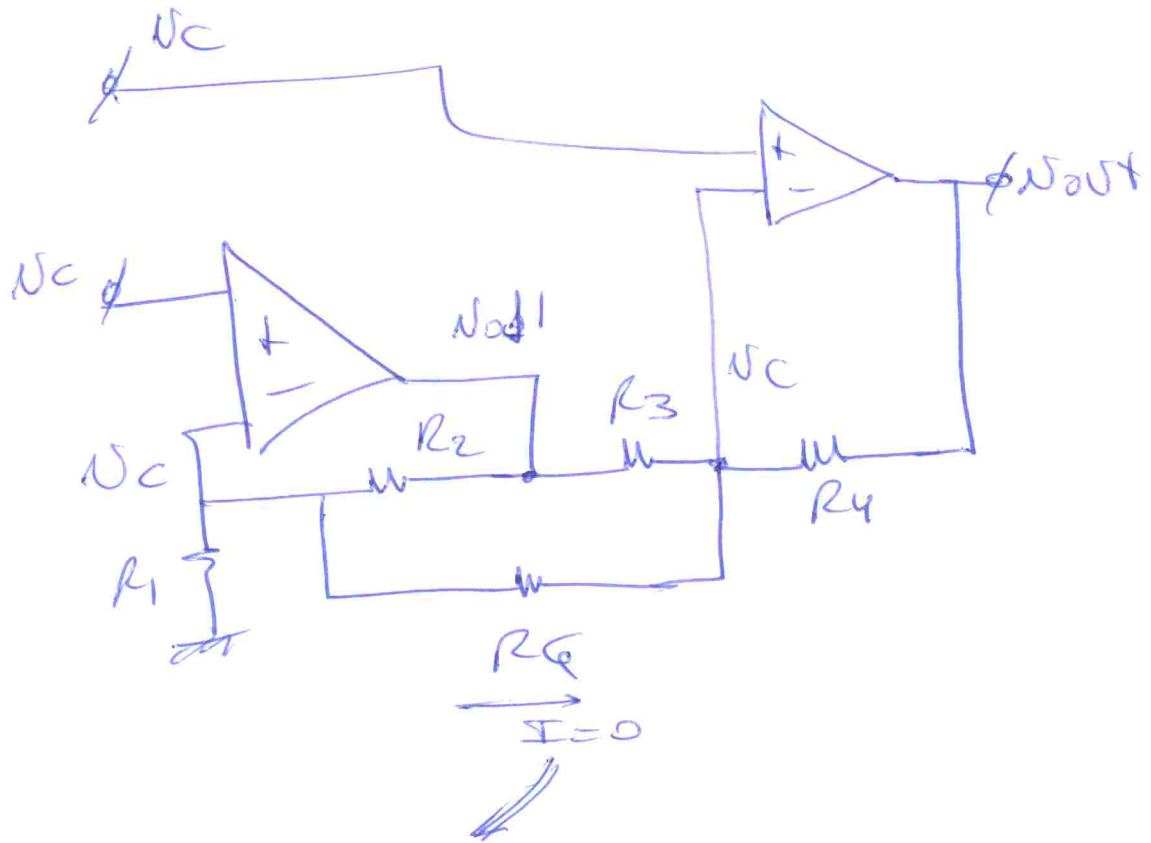
$$v_{o1} = -\frac{v_i}{2} - R_2 \left(\frac{N_i}{R_G} + \frac{N_i}{2R_1} \right) = -v_i \left(\frac{R_2}{R_G} + \frac{R_2}{2R_1} + \frac{1}{2} \right)$$

$$v_{o2} = \frac{v_i}{2} + R_4 \left(\frac{v_i}{R_G} + \frac{v_i/2 - v_{o1}}{R_3} \right)$$

$$\Rightarrow A_d = \frac{v_{o2}}{v_i} = \frac{1}{2} + \frac{R_4}{R_G} + \frac{R_4}{2R_3} + \frac{R_4}{R_3} \left(\frac{R_2}{R_G} + \frac{R_2}{2R_1} + \frac{1}{2} \right)$$

Ac:

(2)



$$\frac{V_{01}}{V_c} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_c - \frac{R_4}{R_3} V_{01}$$

$$\Rightarrow V_{out} = V_c \left(\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) - \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \right)$$

$$= V_c \left(1 - \frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right| = \frac{1/2 + R_4/R_6 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_4}{R_3} \left(\frac{R_2}{R_6} + \frac{R_2}{2R_1} + \frac{1}{2} \right)}{1 - \frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1}}$$

$$\Rightarrow CMRR \text{ máximo} \Leftrightarrow \frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1} = 1$$

$$b) AC = \left(1 - \frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1} \right)$$

para los casos	R_4, R_2 máximos		R_4, R_2 mínimos
	R_3, R_1 mínimos		R_3, R_1 máximos
	i)		ii)

$$i) AC = 1 - \frac{R_{4max} \cdot R_{2max}}{R_{3min} \cdot R_{1min}} \approx \frac{(1+\epsilon)^2}{(1-\epsilon)^2}$$

$$= \frac{(1-\epsilon)^2 - (1+\epsilon)^2}{(1-\epsilon)^2} =$$

$$= \frac{1 - 2\epsilon + \epsilon^2 - 1 - 2\epsilon - \epsilon^2}{(1-\epsilon)^2} =$$

$$= \frac{-4\epsilon}{(1-\epsilon)^2} = AC_i$$

$$ii) AC = \frac{(1+\epsilon)^2 - (1-\epsilon)^2}{(1+\epsilon)^2} =$$

$$= \frac{1 + 2\epsilon + \epsilon^2 - 1 + 2\epsilon - \epsilon^2}{(1+\epsilon)^2} = \frac{4\epsilon}{(1+\epsilon)^2}$$

⇒ por lo tanto: i) (porque denominador es menor)

$$AC_{max} = \frac{-4\epsilon}{(1-\epsilon)^2}$$

$$c) CMRR > 60 \text{ dB} \Rightarrow CMRR > 10^3$$

(4)

$$\Rightarrow AC < \frac{Ad}{10^3} \Rightarrow AC < \frac{50}{10^3}$$

$$\Rightarrow \frac{4\epsilon}{(1-\epsilon)^2} < 50 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \frac{4\epsilon}{1-2\epsilon+\cancel{\epsilon^2}} < 50 \cdot 10^{-3}$$

($\epsilon \ll 1$)

$$\Rightarrow 4\epsilon < 50 \cdot 10^{-3} - 0.1\epsilon$$

$$\Rightarrow 4.1\epsilon < 50 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \epsilon < 12.2 \cdot 10^{-3} = 1.22\%$$

$$d) \epsilon = 0.01 \Rightarrow AC_{\text{max}} = \frac{4 \times 0.01}{(1-0.01)^2} = 0.041$$

$$N_c = N_{\text{noise}} + N_{\text{im}}/2, \quad N_d = N_{\text{im}}$$

$$N_{\text{out}} = Ad \cdot N_d + Ac \cdot N_c$$

$$\Rightarrow N_{\text{out}} = \left(Ad + \frac{Ac}{2} \right) \cdot N_{\text{im}} + Ac \cdot N_{\text{noise}}$$

$$\hookrightarrow AC \ll Ad$$

$$\Rightarrow Ac \cdot N_{\text{noise}} = \frac{Ad \cdot N_{\text{im}}}{100} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{N_{\text{noise}}}{N_{\text{im}}} = \frac{Ad}{Ac} \cdot \frac{1}{100} = \frac{50}{0.041} \cdot \frac{1}{100} = 12.2$$

Fernando

SOLUCIÓN PROBLEMA 2

ELECTRO 1

a) EN DC: $V_{OS2} = V_{OS1} \Rightarrow I_{D2} = I_{D1}$

TAMBIEN $I_{D3} = I_{D2}$

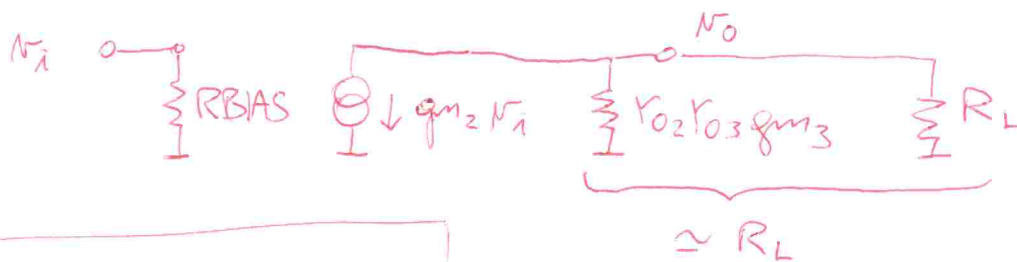
ENTONCES: $I_{D1}, I_{D2}, I_{D3} = I_{REF}$

b) M_2 y M_3 FORMAN UN CASCODE, ENTONCES



$$g_{m \text{ CASCODE}} \approx g_{m2} = \sqrt{2\beta I_{REF}}$$

$$r_{o \text{ CASCODE}} \approx r_{o2} r_{o3} g_{m3}$$



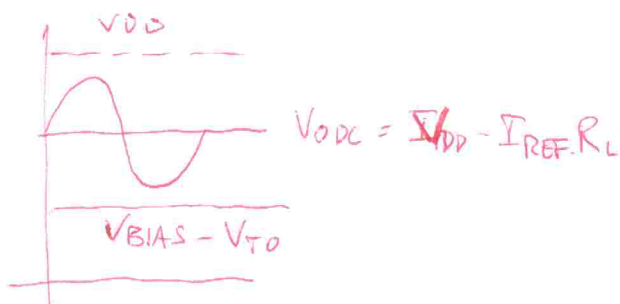
$$N_o = g_{m2} R_L N_i$$

$$\frac{N_o}{N_i} = \sqrt{2\beta I_{REF}} R_L$$

$$C_i = \frac{1}{2\pi f_{INF} R_{BIAS}}$$

d) SI CORTA ARRIBA: $N_{OPP \text{ MAX}} = 2 \cdot I_{REF} \cdot R_L$

SI CORTA PRIMERO ABAJO: $N_{OPP \text{ MAX}} = 2 \cdot (V_{DD} - I_{REF} \cdot R_L - (V_{BIAS} - V_{OS3} + V_{DSAT}))$
 $= 2(V_{DD} - I_{REF} \cdot R_L - V_{BIAS} + V_{T0}) - V_{T0}$



$$N_{OPP \text{ MAX}} = \min(2 I_{REF} R_L, 2(V_{DD} - I_{REF} R_L - V_{BIAS} + V_{T0}))$$

a) Para $V_{in} = 5V \Rightarrow Q_1$ conduce I_0
& Q_2 cortado

$$\Rightarrow V_{BQ3} = \cancel{V_{CC}} - R_C \cdot I_0 = \underline{\underline{4.4V}}$$

$$\rightarrow V_{OUT1} = V_{BQ3} - V_{BE3} = 0.7V$$

$$\rightarrow \boxed{V_{OL} = 0.7V}$$

Para $V_{in} = 0V \Rightarrow I_{CQ2} = I_0, I_{CQ1} = 0$

$$\Rightarrow V_{OUT1} = V_{CC} - V_{BE3} = 4.3V$$

$$\rightarrow \boxed{V_{OH} = 4.3V}$$

b) $N_{ML} = \frac{V_{OH} - V_{OL}}{V_{IH} - V_{IL}} = \underline{\underline{0.1V}}$

$$N_{MH} = V_{OH} - V_{IH} = 4.3V - 2.0V = \underline{\underline{2.3V}}$$

c) Rango lineal por diferencial

Con BJT: $\pm 2V_T$

$$\Rightarrow \boxed{V_{emp} > 2V_T}$$

Amor Dof...