

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
06/02/15

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)

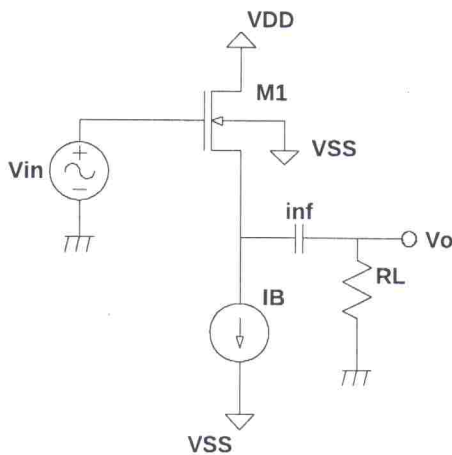


Fig.(a)

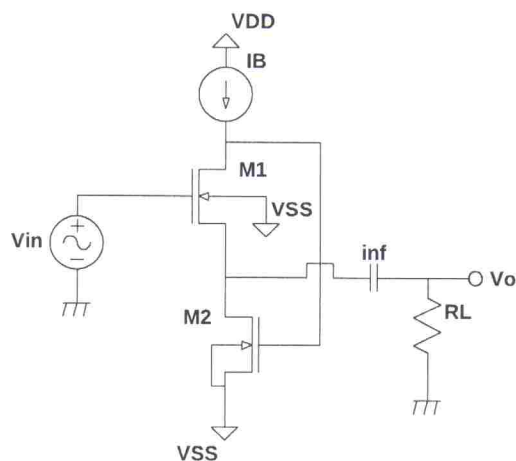


Fig.(b)

- Determine el punto de operación (I_D , V_{GB} , V_{DB} , V_{SB}) del transistor M1 en la Fig.(a) y de los transistores M1 y M2 en la Fig.(b). Para esta parte considere que el efecto de la resistencia de salida de la fuente IB es despreciable.
- Determine la ganancia V_o/V_{in} en los dos circuitos para el caso en que la resistencia R_L tiende a infinito.
- ¿Cuál es el valor mínimo aceptable de R_L en cada circuito para que no cambie el resultado de la parte b)?

$$V_{DD} = -V_{SS} = 2.5 \text{ V}$$

$$I_B = 1 \text{ mA con resistencia de salida } R_o = 100 \text{ k}\Omega$$

Todos los transistores son idénticos:

$$V_{t0} = 0.8 \text{ V}, \delta = 0.3, \beta = 5 \text{ mA/V}^2, V_A \text{ infinito.}$$

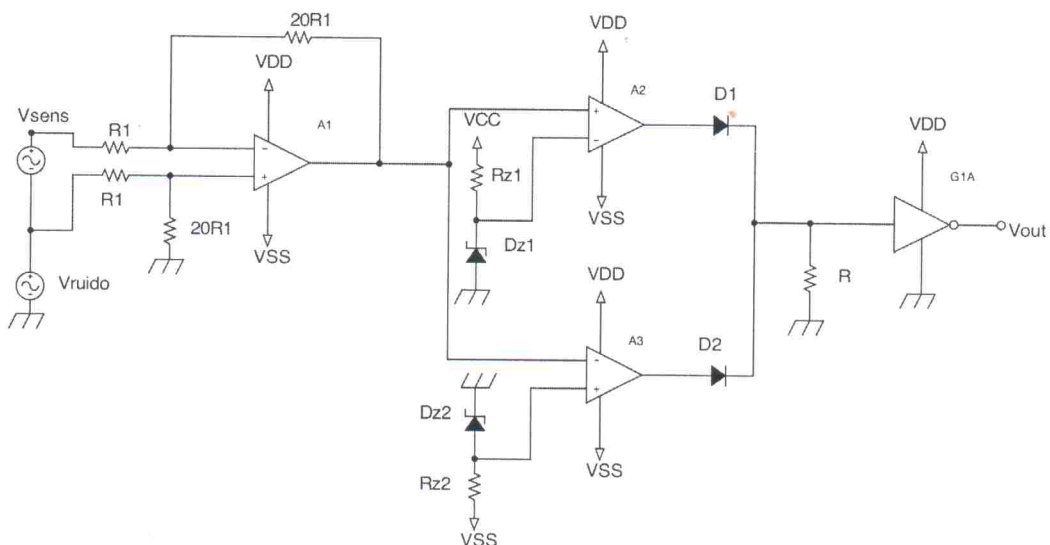
PROBLEMA 2 (40 puntos)

El circuito de la figura procesa la señal V_{sens} que proviene de un sensor, para entregar el resultado a la puerta lógica G_{1A} . A la entrada del circuito también se tiene la señal de ruido V_{ruido} , como se indica en la figura.

- Si el amplificador A1 se implementa con el amplificador operacional de bajo ruido NE5534, cuyos datos se adjuntan (suponga $T_A=25^\circ\text{C}$). ¿Cuál es la mínima tensión V_{sens} que se puede procesar en el peor caso si se desea que la señal a la salida de A1 con V_{ruido} nula sea siempre al menos 10 veces mayor que el nivel de continua que se tiene a la salida de A1 con entradas V_{sens} y V_{ruido} nulas?
- Si la mínima tensión V_{sens} es la hallada en a), ¿cuál es, en el peor caso, la máxima amplitud admisible de V_{ruido} , si se desea que la amplitud de ruido a la salida de A1 sea 100 veces menor que la señal válida?
- Si la compuerta G_{1A} es un inversor CMOS, ¿qué condición deben cumplir los parámetros de los transistores que lo componen para que cuando su salida sea 0 no haya una corriente continua entre V_{DD} y tierra para la entrada que tendrá en el circuito de la figura?. Se desprecian las corrientes de fuga y subumbral de los transistores que componen el inversor CMOS.
- ¿Hasta que frecuencia de la señal V_{sens} se puede considerar constante la ganancia hasta la salida de A1?
- Si la frecuencia de V_{sens} es menor a la indicada en d), ¿para qué valores de la señal V_{sens} se tendrá un 1 a la salida de G_{1A} y para cuáles un 0?

Datos:

- Todas las resistencias indicadas como $R1$ son idénticas entre sí y también lo son las indicadas como $20R1$
- $R1=15\text{k}\Omega$.
- Los amplificadores A2 y A3 se supondrán ideales.
- Los diodos zener $DZ1$ y $DZ2$ son ideales con tensión zener V_Z , tensión directa V_{FZ} y las resistencias $RZ1$ y $RZ2$ son adecuadas para operación en zona zener.
- Los diodos $D1$ y $D2$ tienen tensión directa V_D .
- $V_{DD}=-V_{SS}=5\text{ V}$





NE5534, NE5534A, SA5534, SA5534A

www.ti.com

SLOS070D – JULY 1979 – REVISED NOVEMBER 2014

7.5 Electrical Characteristics

$V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS ⁽¹⁾		MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IO}	Input offset voltage	$V_O = 0$ $R_S = 50\ \Omega$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.5	4		mV
			$T_A = \text{Full range}$			5	
I_{IO}	Input offset current	$V_O = 0$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	20	300		nA
			$T_A = \text{Full range}$			400	
I_{IB}	Input bias current	$V_O = 0$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	500	1500		nA
			$T_A = \text{Full range}$			2000	
V_{ICR}	Common-mode input-voltage range			± 12	± 13		V
$V_{O(PP)}$	Maximum peak-to-peak output-voltage swing	$R_L \geq 600\ \Omega$	$V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$	24	26		V
			$V_{CC\pm} = \pm 18\text{ V}$	30	32		
A_{VD}	Large-signal differential-voltage amplification	$V_O = \pm 10\text{ V}$ $R_L \geq 600\ \Omega$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	25	100		V/mV
			$T_A = \text{Full range}$	15			
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O \pm 10\text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	25	100		
			$T_A = \text{Full range}$	15			
A_{vd}	Small-signal differential-voltage amplification	$f = 10\text{ kHz}$	$C_C = 0$		6		V/mV
			$C_C = 22\text{ pF}$		2.2		
B_{OM}	Maximum output-swing bandwidth	$V_O = \pm 10\text{ V}$ $V_{CC\pm} = 18\text{ V}$ $R_L = 600\ \Omega$	$C_C = 0$		200		kHz
			$C_C = 22\text{ pF}$		95		
			$V_O = \pm 14\text{ V}$ $C_C = 22\text{ pF}$		70		
B_1	Unity-gain bandwidth	$C_C = 22\text{ pF}$	$C_L = 100\text{ pF}$		10		MHz
r_i	Input resistance			30	100		k Ω
z_o	Output impedance	$A_{VD} = 30\text{ dB}$ $C_C = 22\text{ pF}$	$R_L = 600\ \Omega$ $f = 10\text{ kHz}$		0.3		Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_O = 0$ $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	70	100		dB
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio (ΔV_{CC} or ΔV_{IO})	$V_{CC\pm} = \pm 9\text{ V}$ to $\pm 15\text{ V}$ $V_O = 0$	$R_S = 50\ \Omega$	80	100		dB
I_{OS}	Output short-circuit current				38		mA
I_{CC}	Total supply current	$V_O = 0$, No load	$T_A = 25^\circ\text{C}$		4	8	mA

(1) All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage, unless otherwise specified. For NE5534 and NE5534A, full range is 0°C to 70°C . For SA5534 and SA5534A, full range is -40°C to 85°C .

PREGUNTA (20 puntos)

- a) Para un par diferencial con transistores bipolares y fuente de corriente de valor I_o , deducir el rango de tensiones de entrada v_i en que el mismo opera linealmente, definiendo como esto al rango en que la corriente por los transistores varía entre el 10% y el 90% de su valor máximo.
- b) Indique que modificación al par diferencial se analizó en el curso para incrementar este rango lineal.

(2) $I_D = I_B$ $V_{GS} = V_{DD}$, $V_{DS1} = 2V_{DD}$ $I_D = I_B$

$$I_D = I_B = \frac{\beta_1}{2(\mu_0)} (V_{DD} - V_{t0} - (\mu_0) V_{GS1})^2$$

$$\Rightarrow V_{GS1} = \frac{V_{DD} - V_{t0}}{1+\mu_0} - \sqrt{\frac{2I_D}{\beta_1(1+\mu_0)}} \Rightarrow |V_{GS1}| = 0,75V$$

Ex 2.6 2.11.5 $V_{DS} \geq \frac{V_{GS} - V_{t0}}{1+\mu_0}$

$$\Rightarrow 2V_{DD} \geq \frac{V_{DD} - V_{t0}}{1+\mu_0} \quad \checkmark$$

Fig. 10 $V_{GS1} = V_{DD}$ $V_{GS2} = V_{DS2}$ $I_{D1} = I_{D2} = I_D$
 $V_{GS2} = V_{DS1}$ $V_{DS2} = 0$

M2: $I_{D2} = \frac{\beta_2}{2(\mu_0)} (V_{GS2} - V_{t0})^2 \Rightarrow V_{GS2} = V_{t0} + \sqrt{\frac{2(\mu_0)I_D}{\beta_2}}$

$$\Rightarrow |V_{GS2} = V_{DS1} = 3,52V$$

M1: $I_{D1} = \frac{\beta_1}{2(\mu_0)} (V_{DD} - V_{t0} - (\mu_0)V_{GS1})^2 \Rightarrow V_{DD} - V_{t0} - (\mu_0)V_{GS1} = \sqrt{\frac{2(\mu_0)I_D}{\beta_1}}$

$$\Rightarrow V_{GS1} = \frac{V_{DD} - V_{t0}}{1+\mu_0} - \sqrt{\frac{2I_D}{(1+\mu_0)\beta_1}} \Rightarrow |V_{GS1} = V_{DS2} = 0,75V$$

M1 SIF?

$$V_{DS1} \geq \frac{V_{GS1} - V_{t0}}{1+\mu_0} \quad \checkmark$$

3,52V \geq 3,35V

M2 SIF?

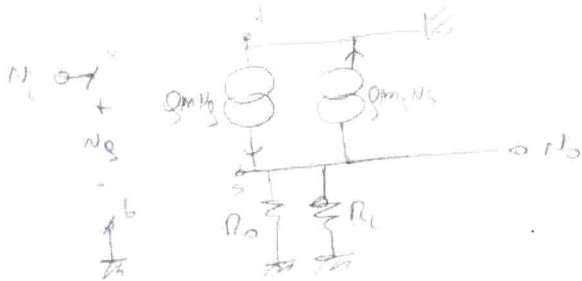
$$V_{DS2} \geq \frac{V_{GS2} - V_{t0}}{1+\mu_0} \quad \checkmark$$

0,75V \geq 0,55V

EXAMEN FBS DAS ELECTRONICS 3

(b) → (c)

Fig (a)



$$g_{m1} = \sqrt{\frac{2\beta I_D}{L \cdot W}} = 2,77 \text{ mA/V}$$

$$g_{m2} = (1+\beta)g_{m1} = 3,63 \text{ mA/V}$$

$$N_2 = (g_{m1}N_1 - g_{m2}N_2)R_L$$

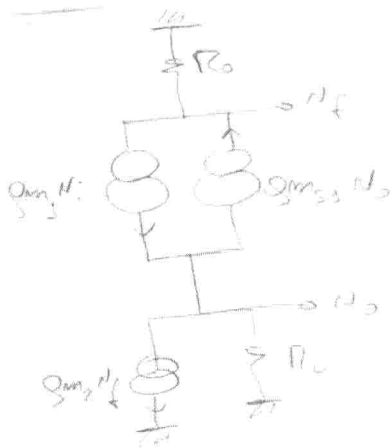
$$\left| \frac{N_2}{N_1} \right| = \frac{g_{m1}(R_L // R_0)}{1 + g_{m2}(R_L // R_0)}$$

$$R_L \gg R_0 \rightarrow \infty \Rightarrow \left| \frac{N_2}{N_1} \right| \approx \frac{g_{m1}}{g_{m2}} = \frac{1}{1+\beta} = 0,77 \text{ V/V}$$

$$R_L \text{ minimum: } g_{m2}R_L \gg 1 \Rightarrow R_L \geq \frac{1}{g_{m2}} = 2,77 \text{ k}\Omega$$

with \$R_L \ll R_0\$

Fig. (b)



$$g_{m1} = g_{m2} = 2,77 \text{ mA/V}, \quad g_{m3} = 1,2 \text{ mA/V}$$

$$N_1 = -R_0(g_{m1}N_1 - g_{m2}N_2)$$

$$N_2 = R_L(g_{m1}N_1 - g_{m2}N_2 - g_{m3}N_1)$$

$$N_2 = R_L(g_{m1}N_1(1 + g_{m2}R_0) - g_{m2}N_2(1 + g_{m2}R_0) - g_{m3}N_1)$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_{m1}(1 + g_{m2}R_0)R_L}{1 + g_{m2}(1 + g_{m2}R_0)R_L}$$

$$R_L \gg R_0 \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{g_{m1}}{g_{m2}} = \frac{1}{1+\beta} = 0,77 \text{ V/V}$$

$$R_L \text{ minimum: } g_{m2}(1 + g_{m2}R_0)R_L \gg 1 \Rightarrow R_L \geq \frac{1}{g_{m2}(1 + g_{m2}R_0)} = 10 \text{ }\Omega$$

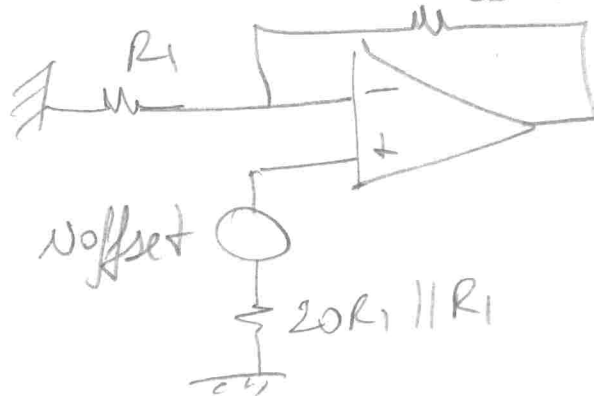
Prob. 2

a) Llamando V_{o1} a la tensión de salida de A_1

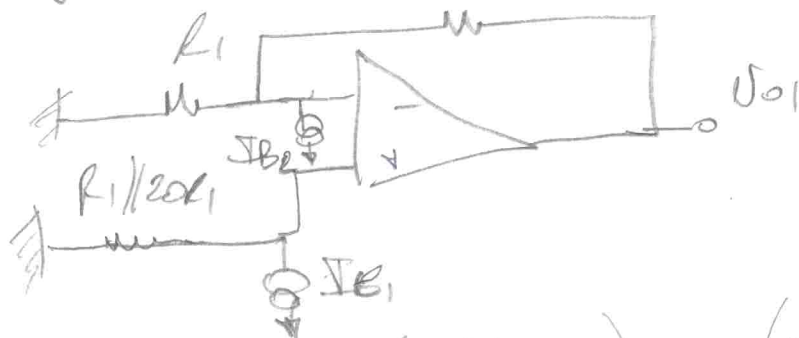
$$\Rightarrow \frac{V_{o1}}{V_{SEMS}} = \frac{20R_1}{R_1} = 20$$

$$\Rightarrow \text{señal en } V_{o1} = 20V_{SEMS}$$

V_{o1DC} : Efecto V_{offset} : $V_{o1DCoffset} = \left(\frac{1 + \frac{20R_1}{R_1}}{21} \right) \cdot V_{offset}$



Efecto $I_{B1,2}$: $20R_1$



$$V_{o1DCIB} = - \left(\frac{R_1 // 20R_1}{20R_1} \right) \cdot I_{B1} \left(1 + \frac{20R_1}{R_1} \right) + 20R_1 \cdot I_{B2}$$

$$= 20 \cdot R_1 (I_{B2} - I_{B1}) = \underline{20R_1 \cdot I_{offset}}$$

$$\Rightarrow V_{o1DC} = 21 \cdot V_{offset} + 20 \cdot R_1 \cdot I_{offset}$$

$$= 21 \cdot 4 \times 10^{-3} + 20 \cdot 1503 \times 3000 \cdot 9 = \underline{174 \mu V}$$

por caso: de hoja de datos $V_{offset_{max}} = 4 \mu V$

$$I_{offset_{max}} = 300 \mu A$$

$$\Rightarrow 20 \cdot V_{sens} \geq 10 \times V_{o1DC}$$

$$\Rightarrow \underline{V_{sens} > \frac{V_{o1DC}}{2} = 87 \mu V}$$

b) Como se supone perfectamente operados el CRR de la primera etapa es igual al CRR de A1.

⇒ Señal diferencial: $V_{dif} = V_{sens}$

señal modo común: $V_{CM} = \frac{V_{sens}}{2} + V_{ruido}$

$$\Rightarrow V_o = A_d \cdot V_{sens} + \frac{A_c}{CRR} \left(\frac{V_{sens}}{2} + V_{ruido} \right)$$

con $A_d = 20$ y $CRR_{min} = 70dB = 3162$

↳ por caso

$$\Rightarrow V_o = V_{sens} \left(A_d + \frac{A_c}{2 \cdot CRR} \right) + \frac{A_c}{CRR} \cdot V_{ruido}$$

↳ despreciable

$$V_{ruido} / \frac{A_c}{CRR} \cdot V_{ruido} < \frac{A_d \cdot V_{sens}}{100} \Rightarrow \underline{V_{ruido} < \frac{CRR \cdot V_{sens}}{100} = 2.75 V}$$

c) Para salida de 61A igual a 0

(3)

→ entrada $V_{DD} - V_D \rightarrow$ para que

no haya corriente por transistores

del inversor $\Rightarrow V_{DD} - V_D > V_{DD} - |V_{top}|$

($|V_{top}|$ tensión umbral de transistor de PMOS del inversor)

$$\Rightarrow \underline{V_D < |V_{top}|}$$

$$d) f_{-3dB} \text{ de la etapa} = \frac{f_{TA1}}{1 + \frac{20R_i}{R_k}} =$$

$$= \frac{10 \text{ MHz}}{21} = 476 \text{ kHz}$$

para frecuencia constante $\rightarrow f < \frac{f_{-3dB}}{10}$

e) Salida de 61A = 1 \Leftrightarrow entrada = 0

\Leftrightarrow D1 y D2 cortados \Leftrightarrow Salidas de

$$A2 \text{ y } A3 = 0 \Leftrightarrow v_{01} < V_Z \text{ y}$$

$$v_{01} > -V_Z$$

$$\Rightarrow \underline{\text{salida} = 1 \Leftrightarrow -V_Z < v_{01} < V_Z}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{-\frac{V_Z}{20} < v_{sens} < \frac{V_Z}{20}}$$

salida = 0
cuatro casos