

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
21/12/07

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 (41 puntos)

- a) Calcule la transferencia v_{out}/v_{in} y la impedancia de entrada en función de la frecuencia del circuito de la Figura 1 en los siguientes casos
 - i) Si se considera el amplificador ideal.
 - ii) Si se considera que el amplificador operacional tienen una ganancia a baja frecuencia finita A_0 y un producto ganancia por ancho de banda f_T .
- b) En el circuito de la Figura 1, calcule el peor caso para la tensión de offset a la salida si OA1 es ideal, excepto por tensión de offset V_{OFF} y corrientes de polarización I_B y de offset I_{OFF} .
- c) El circuito de la Figura 1 se modifica según la Figura 2 ($V_{DD} = -V_{SS}$), en la que se considera a los amplificadores OA1 y OA2 como ideales. Grafique v_{out} para una señal de entrada v_{in} sinusoidal de amplitud $A < V_{DD}$. Para esta parte considere a los transistores MOS como llaves ideales.
- d) Determine el V_{DD} mínimo admisible en el circuito si los transistores MOS tienen $V_{ton} = 0.9V$, $|V_{top}| = 0.8V$ y $\delta n = \delta p = 0.3$. Suponga que OA1 y OA2 funcionan para todo V_{DD} .

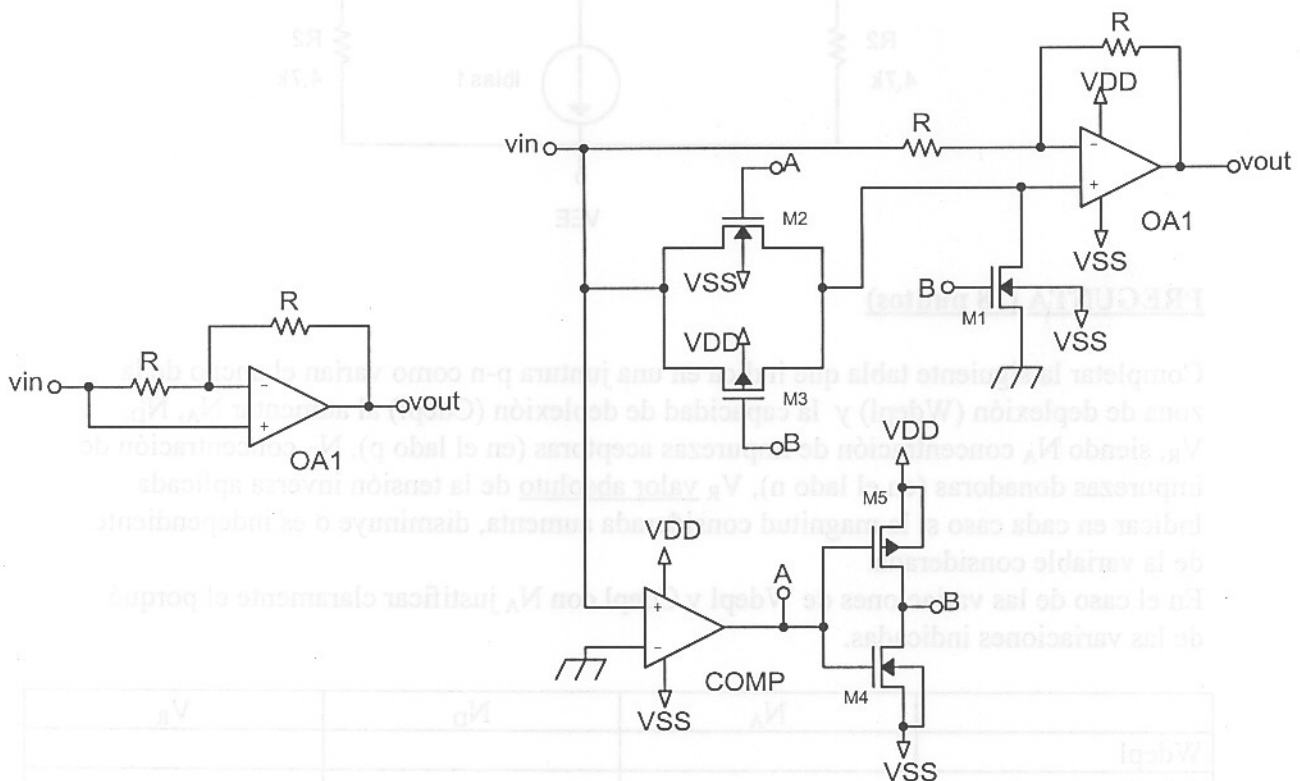


Figura 1

Figura 2

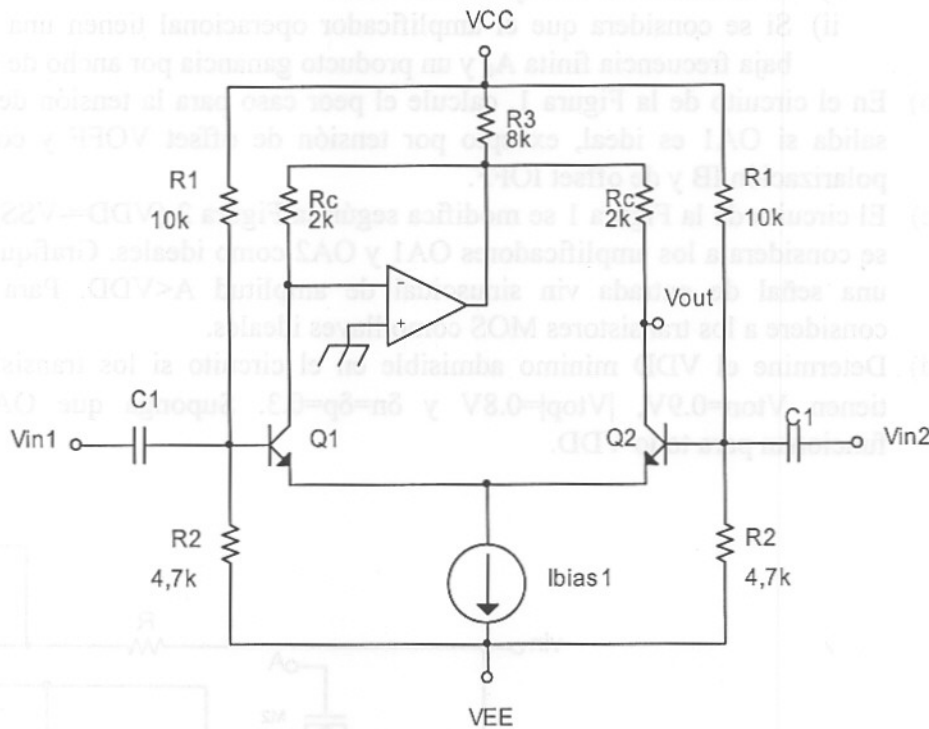
PROBLEMA 2 (41 puntos)

Para el circuito de la figura calcular:

- a) Ganancia $V_{out}/(V_{in1}-V_{in2})$ en la banda pasante.
- b) Resistencia de entrada diferencial.
- c) El valor de $C1$ para que el polo de baja frecuencia de la transferencia $V_{out}/(V_{in1}-V_{in2})$ sea de 100 Hz.

Datos:

Todos los transistores tienen $\beta=200$, y Voltaje de Early V_A que se podrá considerar infinito, $I_{bias1}=1mA$, $V_{CC}=-V_{EE}=15V$ y el amplificador operacional es ideal.



PREGUNTA (18 puntos)

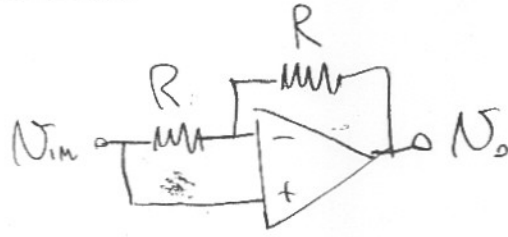
Completar la siguiente tabla que indica en una juntura p-n como varían el ancho de la zona de deplexión (W_{depl}) y la capacidad de deplexión (C_{depl}) al aumentar N_A , N_D , V_R , siendo N_A concentración de impurezas aceptoras (en el lado p), N_D concentración de impurezas donadoras (en el lado n), V_R valor absoluto de la tensión inversa aplicada. Indicar en cada caso si la magnitud considerada aumenta, disminuye o es independiente de la variable considerada.

En el caso de las variaciones de W_{depl} y C_{depl} con N_A justificar claramente el porqué de las variaciones indicadas.

	N_A	N_D	V_R
W_{depl}			
C_{depl}			

Problema 1

a)



$$i) e^+ = e^- = N_{in} \Rightarrow i_i = \frac{N_{in} - e^-}{R} = 0 \Rightarrow \frac{N_i}{i_i} = \boxed{R_i = \infty}$$

$$i_i = 0 \Rightarrow e^- = N_o \Rightarrow N_o = N_{in} \Rightarrow \boxed{\frac{N_o}{N_{in}} = 1}$$

$$ii) A(\omega) = \frac{A_o}{1 + \frac{\Delta}{\omega_p}} ; \omega_p = \frac{\omega_t}{A_o}$$

$$\frac{N_{in} - e^-}{R} = \frac{e^- - N_o}{R}$$

$$e^+ = N_{in}$$

$$N_o = (e^+ - e^-) A(\omega) \Rightarrow N_o = (N_{in} - e^-) A(\omega)$$

$$\Rightarrow N_{in} - e^- = e^- - (N_{in} - e^-) A(\omega) \Rightarrow e^- = \frac{(1 + A(\omega)) N_{in}}{2 + A(\omega)}$$

$$N_o = \left(N_{in} - \frac{(1 + A(\omega)) N_{in}}{2 + A(\omega)} \right) A(\omega) \Rightarrow \frac{N_o}{N_{in}} = \frac{A(\omega)}{2 + A(\omega)}$$

$$\text{Sustituyo } A(\omega) \Rightarrow \frac{N_o}{N_{in}} = \frac{1}{\frac{2}{A_o} + 1 + \frac{\Delta}{A_o \omega_p}} \quad \begin{matrix} \neq \\ \downarrow \\ \frac{2}{A_o} \ll 1 \end{matrix}$$

$$\boxed{\frac{N_o}{N_{in}} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta}{\omega_p/2}}}$$

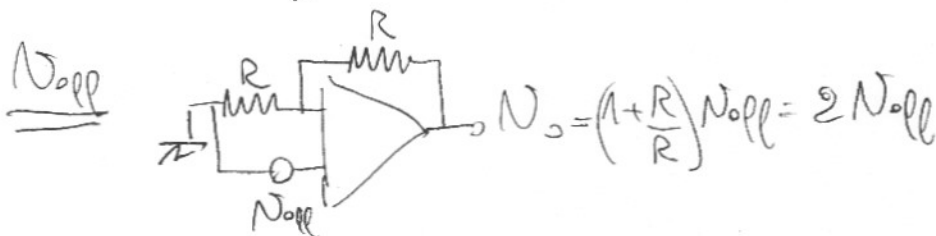
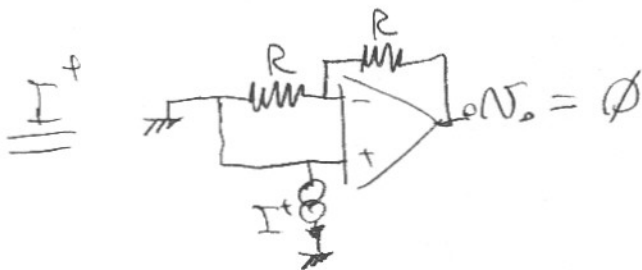
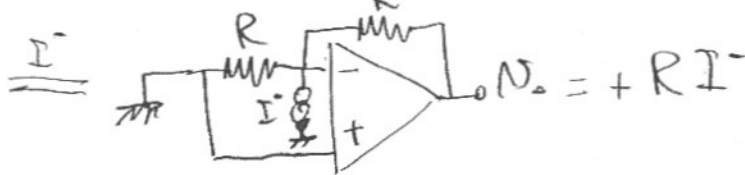
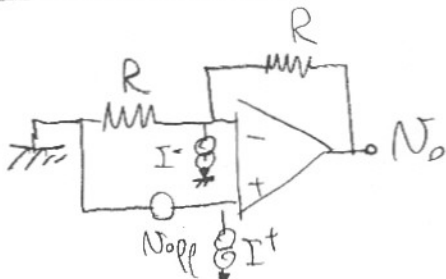
Problema 1

$$2) \text{ ii) } i_i = \frac{N_{im} - e^-}{R} = \frac{N_{im}}{R} - \frac{(1+A(\Delta)) N_{im}}{(2+A(\Delta)) R} = \left(\frac{2+A(\Delta) - 1 - A(\Delta)}{2+A(\Delta)} \right) \frac{N_{im}}{R}$$

$$i_i = \frac{1}{2+A(\Delta)} \cdot \frac{N_{im}}{R} = \frac{1}{2+\frac{A_0}{1+\frac{\Delta}{\omega_p}}} \cdot \frac{N_{im}}{R} = \frac{1+\frac{\Delta}{\omega_p}}{\left(1+\frac{2}{A_0}+\frac{\Delta}{A_0 \omega_p}\right) A_0 R} \frac{N_{im}}{R}$$

$$R i_i = \frac{N_{im}}{i_i} = A_0 R \frac{(1+\frac{\Delta}{\omega_p})}{1+\frac{\Delta}{\omega_p}}$$

b)



$N_{out}^{offset} = RI + 2N_{off} \Rightarrow$ El peor caso es I máxima

$$\Rightarrow \boxed{V_{out}^{offset} = R \left(I_B + \frac{I_{off}}{2} \right) + 2N_{off}}$$

Problema 1

c) si $N_{in} > 0$ $\Rightarrow A = V_{DD}, B = V_{SS} \Rightarrow M2 \times M3$ cerrados,

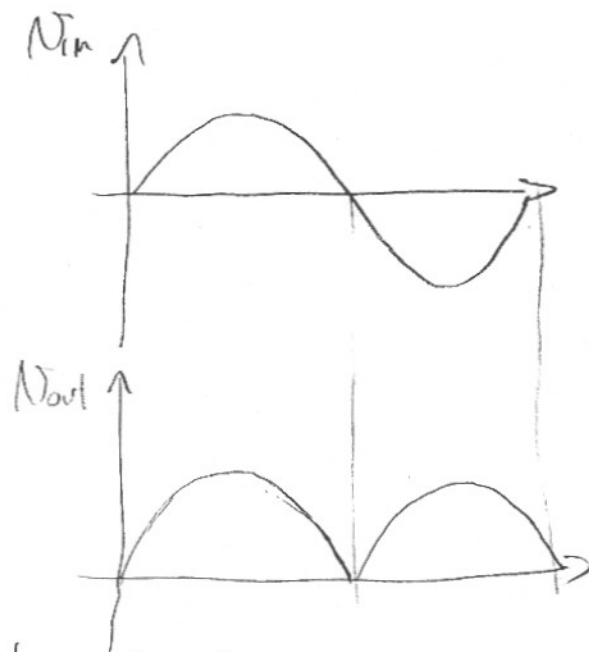
$M1$ abierto \Rightarrow Fango de mismo circuito que en la parte a)

$$\Rightarrow N_{out} = N_{in} \text{ ①}$$

si $N_{in} < 0$ $\Rightarrow A = V_{SS}, B = V_{DD} \Rightarrow M2 \times M3$ abiertos, $M1$ cerrado

\Rightarrow configuración inversora $\Rightarrow N_{out} = -N_{in}$ ②

① $\Rightarrow N_{out} = |N_{in}|$



d) Condición 1 - que funcione correctamente $M1$

$$\text{si conduce} \Rightarrow V_{GS} > V_{thn} \Rightarrow V_B > V_{thn} + \delta V_{SB} = V_{thn} - \delta V_{SS}$$

$$M1 \text{ conduce cuando } V_B = V_{DD}$$

$$\Rightarrow V_{DD} + \delta V_{SS} > V_{thn} \Rightarrow V_{DD} > \frac{V_{thn}}{1 - \delta} = 1,3 \text{ V}$$

Condición 2 - que funcione correctamente el inversor

$$M1 \text{ conduce si } A = V_{DD} \Rightarrow V_{GS} > V_{thn} = V_{thn} + \delta V_{SB} = V_{thn}$$

$$\Rightarrow V_{DD} - V_{SS} > V_{thn} \Rightarrow V_{DD} > \frac{V_{thn}}{2} = 0,45 \text{ V}$$

Problema 1

d) Más análogo a $M_4 \Rightarrow \left[V_{DD} > \frac{V_{top}}{2} = 0,9V \right]$

Condición 3 - que funcione correctamente la llave.

Cuando se tiene una llave con el Bulk a tierra y el Pozo a V_{DD} la condición que se debe cumplir es:

$$V_{n_{PMOS}}^{MAX} = \frac{\delta V_{DD} + V_{top}}{1 + \delta_p} < \frac{V_{DD} - V_{top}}{1 + \delta_m}$$

En este caso el Bulk está a $-V_{DD} \Rightarrow$ si tomamos este punto como referencia ($0V$) \Rightarrow la alimentación sería

$$V_{DD}^* = V_{DD} - V_{SS} \Rightarrow V_{DD}^* = 2V_{DD} \Rightarrow \text{sustituyendo}$$

$$\frac{2\delta V_{DD} + V_{top}}{1 + \delta_p} < \frac{2V_{DD} - V_{top}}{1 + \delta_m} \quad \begin{matrix} \delta_p = \delta_m \\ \uparrow \\ \neq \end{matrix}$$

$$2\delta V_{DD} + V_{top} < 2V_{DD} - V_{top} \Rightarrow V_{top} + V_{top} < 2V_{DD}(1 + \delta)$$

$$\Rightarrow \left[V_{DD} > \frac{V_{top} + V_{top}}{2(1 + \delta)} = 0,654 \right]$$

\Rightarrow la más restrictiva es la condición 1

$$\Rightarrow \left[V_{DD} > \frac{V_{top}}{1 - \delta} = 1,286V \right]$$

Pablo Castro


PROBLETA 2, ELECTRONICA
 DICIEMBRE 2007.

Siendo: $(v_{in1} - v_{in2}) = v_i$
 a) En señal: $i_{c1} = g_m \frac{v_i}{2}$, $i_{c2} = -g_m \frac{v_i}{2}$

Por A.O, tiene virtual $\Rightarrow v_{c1} = 0$

\Rightarrow tensión en lo salido del A.O = $R_C \cdot g_m v_i / 2$

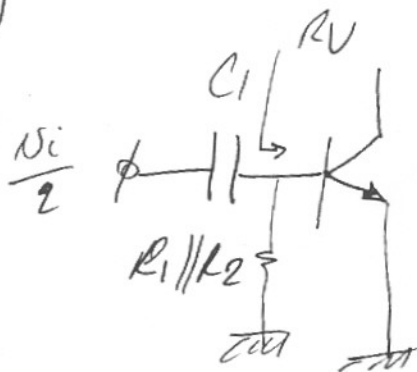
$\Rightarrow v_o = R_C \cdot g_m v_i / 2 + R_E \cdot g_m v_i / 2 = g_m R_C v_i$

$\Rightarrow \frac{v_o}{(v_{in1} - v_{in2})} = g_m \cdot R_C = \frac{I_{bias}}{2 V_T} \cdot R_C = 38.5$

b) ~~$R_{id} = 2 \cdot R_{\pi} = 2 \cdot \frac{\beta V_T}{(I_{bias}/2)} = 20.8k$~~

$R_i = 4.8k$

c) Dividiendo el circuito por simetría:



$R_V = R_1 || R_2 || r_{\pi}$

\Rightarrow f corte inferior = $\frac{1}{2\pi C_1 (R_1 || R_2 || r_{\pi})}$

$\Rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot (10k || 4.8k || 10.4k)} = 650nF$

Fernando Silva
 FERNANDO SILVEIRA

Ref. 12/2007

	$N_A \uparrow$	$N_D \uparrow$	$V_R \uparrow$
w_{depl}	\downarrow	\downarrow	\uparrow
C_{depl}	\uparrow	\uparrow	\downarrow

Justificación: si $N_A \uparrow \Rightarrow$ se tiene la misma cantidad de carga "desubierta" (que debe ser igual a la carga del lado) en un volumen menor $\rightarrow w_{depl} \downarrow$

$$C_{depl} = \frac{E_s \cdot A}{w_{depl}}$$
