EXAMEN DE ELECTRÓNICA 1

19/12/16

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)

El circuito de la Figura 1 amplifica la corriente de señal Isens, con valor de continua nulo, que provee un sensor. R1 representa la resistencia de salida de esta fuente de corriente.
a) Determinar Vout en función de Isens si el operacional es ideal.
En lo que sigue el operacional es real con los datos que se indican al final.
b) Determinar la tensión DC a la salida.
c) Determinar hasta que frecuencia se puede considerar que el resultado es aproximadamente el indicado en a).
d) El circuito del sensor que genera la corriente Isens se puede modelar como el circuito de la Figura 2. Determinar Isens en función de vi e IMOS.

Datos:
Figura 1: Se disponen de los siguientes datos cuando el amplificador operacional se considera real: A0, fT, voffset, Ibias, Ioffset.
R1 = 100. R2

Figura 2: Datos transistor MOS: β, Vt0, δ. La tensión de Early VA se supondrá infinita. Los condensadores indicados como inf se supondrán infinitos. A los efectos de la señal se podrá despreciar la corriente por RG.

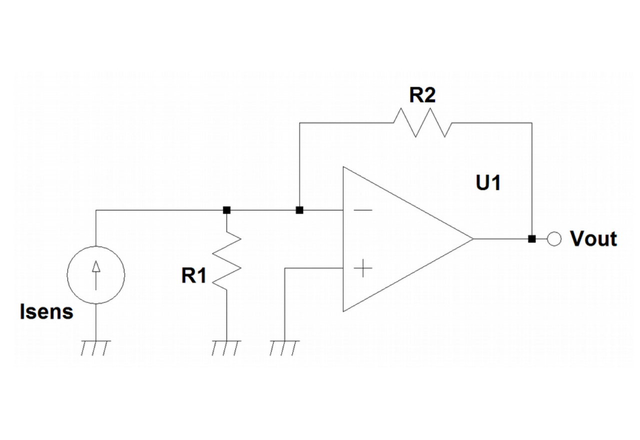


Fig.1

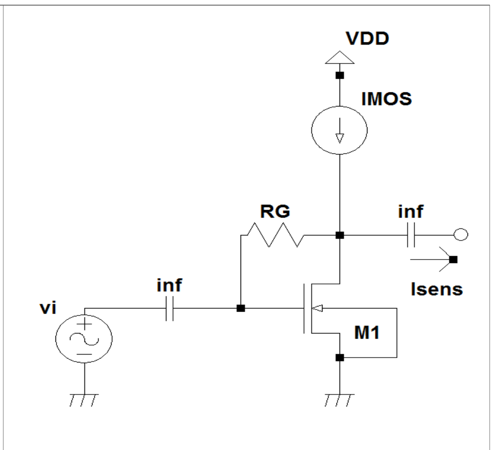
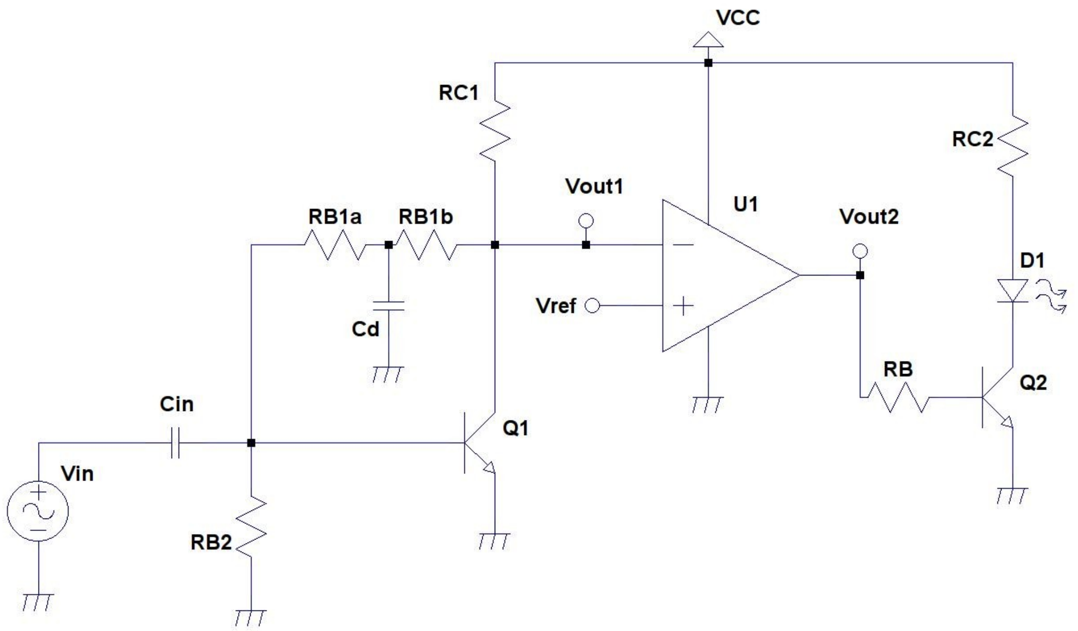


Fig. 2

PROBLEMA 2 (40 puntos)

El circuito de la Figura amplifica una señal proveniente de un sensor y si la amplitud de la misma supera cierto umbral enciende un LED.
a) Determinar la ganancia Vout1/Vin a frecuencias medias y la frecuencia de corte inferior.
b) Calcular RB y RC2 para que se encienda el LED con la corriente deseada.
c) Calcular la amplitud necesaria en Vin para que se encienda el LED.

Datos: Para Q1 y Q2 V_{BE}=0,7V, β = 200, V_{CESAT} = 0,3V
VCC = 10V, Vref=5V, Cin=200nF, Cd = ∞ , RB1a = 80kΩ, RB1b = 20kΩ, RB2 = 10kΩ, RC1 = 2kΩ.
D1: Corriente para tener la luminosidad deseada 10 mA, VF = 1.2 V @ ID1 = 10 mA
U1 amplificador operacional ideal.



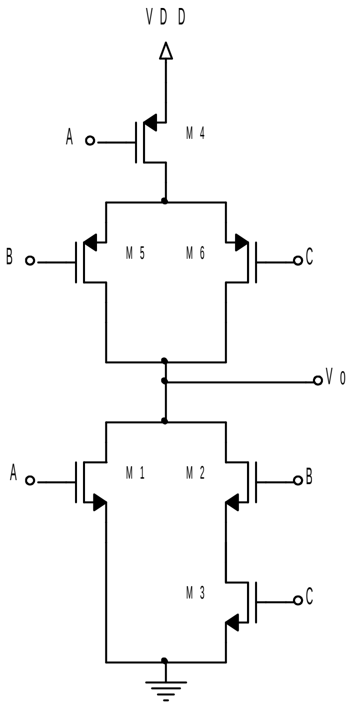
Figura

PREGUNTA (20 puntos)

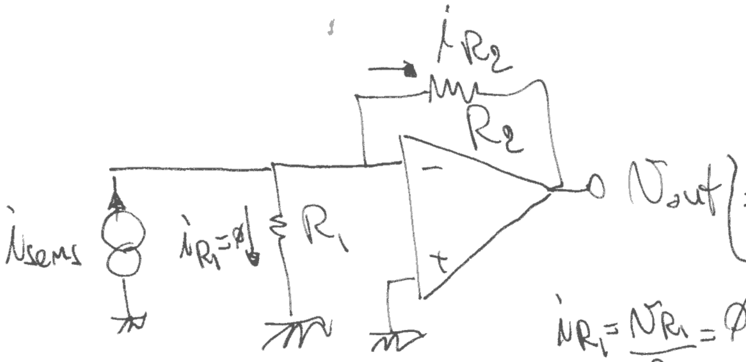
Dado el circuito digital de la figura:

a) Determinar la función lógica Vo(A,B,C)

b) Calcular el tiempo de propagación t_{PHL} cuando la compuerta tiene una capacidad de carga C_L y las entradas tienen la siguiente transición: ABC=000 →ABC=100. Asumir que la fracción de t_{pHL} en que los transistores están en zona lineal es despreciable frente al tiempo que están saturados. Datos: V_{DD}, $(\mu.C_{ox}W/L)_n$, $(\mu.C_{ox}W/L)_p$, C_L, $V_{tn}=|V_{tp}|$, $\delta=0$.



a)

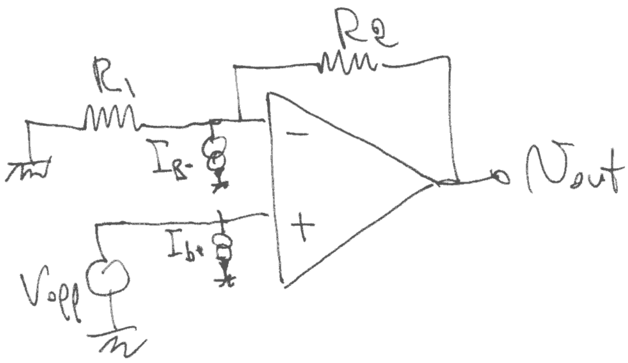


$\Rightarrow v_{out} = -R_2\, i_{R_2}$

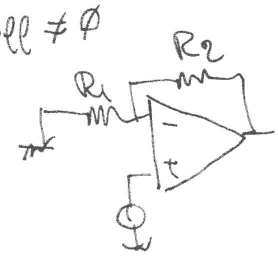
$i_{R_1} = \dfrac{v_{R_1}}{R_1} = 0$

$\Rightarrow \boxed{v_{out} = -R_2\, i_{sens}}$

b) En DC:

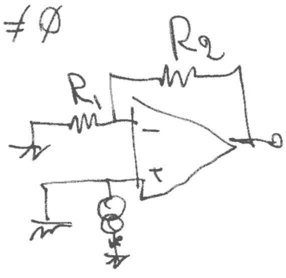


$V_{off} \neq 0$



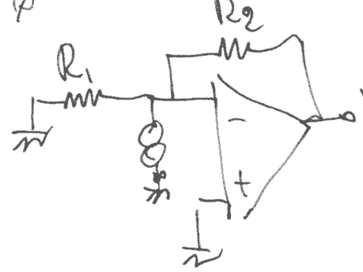
$V_{out} = \left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right)V_{off}$

$I_{B+} \neq 0$



$V_{out} = 0$

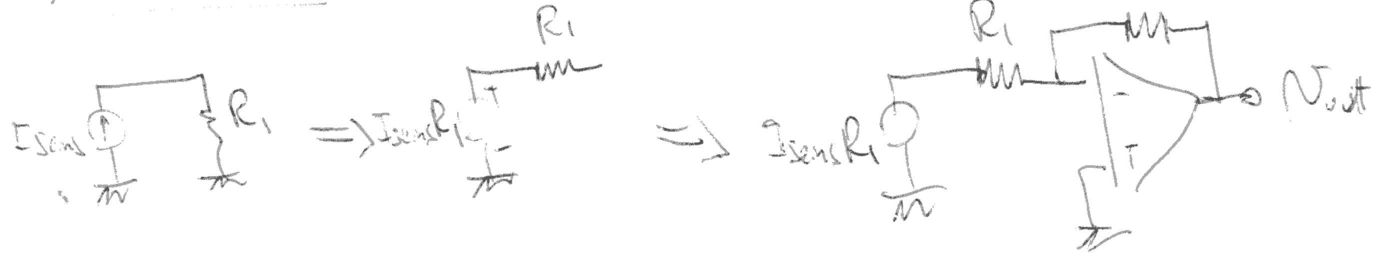
$I_{B-} \neq 0$



$V_{out} = R_2 I_{b-}$

$\Rightarrow \boxed{V_{out} = \left(1+\dfrac{R_2}{R_1}\right)V_{off} + R_2 I_{b-}}$

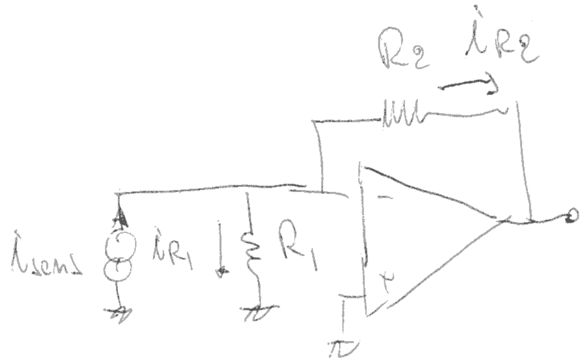
c) Solución 1:



$$\Rightarrow \boxed{f < \frac{f_T}{10\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}}$$

Solución 2:

$$\begin{cases} i_{sens} = i_{R_1} + i_{R_2} & (1) \\ e^- = R_1 i_{R_1} & (2) \\ e^- = -\dfrac{v_o}{A(s)} & (3) \\ v_o = e^- - R_2 i_{R_2} & (4) \end{cases}$$



$$(2) \text{ y } (4) \Rightarrow v_o = R_1 i_{R_1} - R_2 i_{R_2} \overset{(1)}{\Rightarrow} v_o = R_1 i_{R_1} - R_2(i_{sens} - i_{R_1})$$

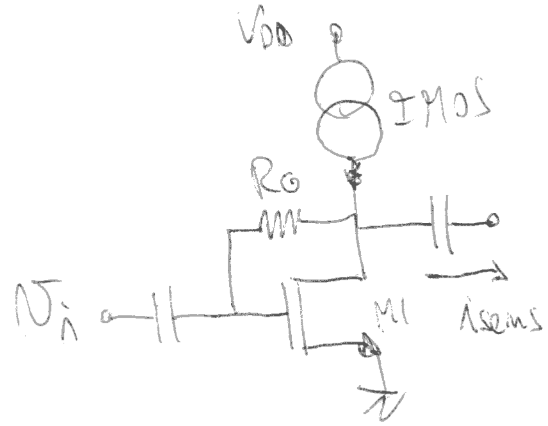
$$\Rightarrow v_o = (R_1+R_2) i_{R_1} - R_2 i_{sens} \overset{(2)}{=} (R_1+R_2)\frac{e^-}{R_1} - R_2 i_{sens}$$

$$= -\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\frac{v_o}{A(s)} - R_2 i_{sens} \Rightarrow \frac{v_o}{i_{sens}} = \frac{-R_1R_2A(s)}{R_1+R_2+R_1(A(s))}$$

$$= \frac{-R_1R_2}{\dfrac{R_1+R_2}{A(s)} + R_1} = \frac{-R_1R_2}{\dfrac{(R_1+R_2)}{\frac{A_0}{1+\frac{sA_0}{\omega_T}}} + R_1} = \frac{-R_2R_1}{\dfrac{R_1+R_2}{A_0}\left(1+\dfrac{sA_0}{\omega_T}\right) + R_1}$$

$$= \frac{-R_2R_1}{\cancel{\frac{R_1}{A_0}} + \cancel{\frac{R_2}{A_0}} + \dfrac{R_1+R_2\,s}{\omega_T} + R_1} = \frac{-R_2}{1 + \dfrac{s}{\frac{\omega_T}{\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}}} \Rightarrow \boxed{f < \frac{f_T}{10\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}}$$

d)



$$i_{sens} = -i_D = -(-g_m v_i) = \sqrt{2\beta I_{MOS}}\, v_i$$

$$\boxed{i_{sens} = \sqrt{2\beta I_{MOS}}\, v_i}$$

Solucion Ej 2

(a) DC

$$V_{outDC} = V_{BEon} + \frac{V_{BEon}}{R_{B2}} (R_{B1a} + R_{B1b}) = 7,7 \text{ V}$$

$$I_{C_{Q1}} = \frac{V_{CC} - V_{outDC}}{R_{C1}} - \frac{V_{BEon}}{R_{B2}} = 1,08 \text{ mA}$$

$$g_{m_{Q1}} = \frac{I_{CQ1}}{V_T} = 41,8 \text{ mS} \quad ; \quad r_{\pi_{Q1}} = \frac{\beta}{g_m} = 4,79 \text{ K}\Omega$$

AC

$$G = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -g_{m_{Q1}} \cdot R_{C1} // R_{B1b} = -75,9 \text{ V/V}$$

$$r_{in} = R_{B2} // R_{B1a} // r_{\pi Q1} = 3,11 \text{ K}\Omega$$

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi C_{in} r_{in}} = 255 \text{ Hz}$$

(b)

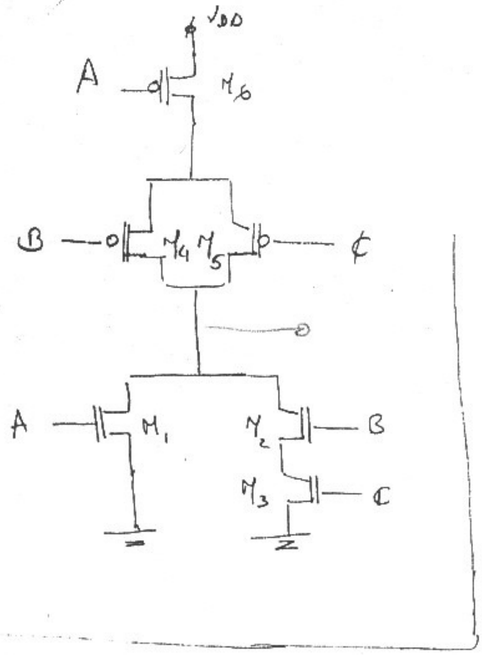
$$R_{C2} = \frac{V_{CC} - V_F - V_{CEsat}}{I_{D1}} = 850\ \Omega$$

$$I_{B_{Q2}} > \frac{I_{CQ2}}{\beta} \cdot 10 \Rightarrow I_{B_{Q2}} = \frac{I_{D1} \cdot 10}{\beta} = 500 \mu A \Rightarrow R_B = \frac{V_{CC} - V_{BEon}}{I_{BQ2}}$$

$$\Rightarrow R_B = 18,6 \text{ K}\Omega$$

(c) $v_{in} \cdot G + V_{outDC} < V_{ref} \Rightarrow v_{in} > \frac{V_{ref} - V_{outDC}}{G} = 35 \text{ mV}$

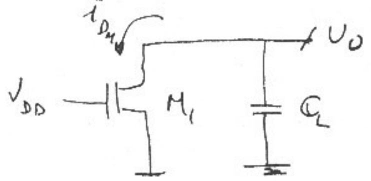
PP



e) $V_o = \overline{A+BC}$

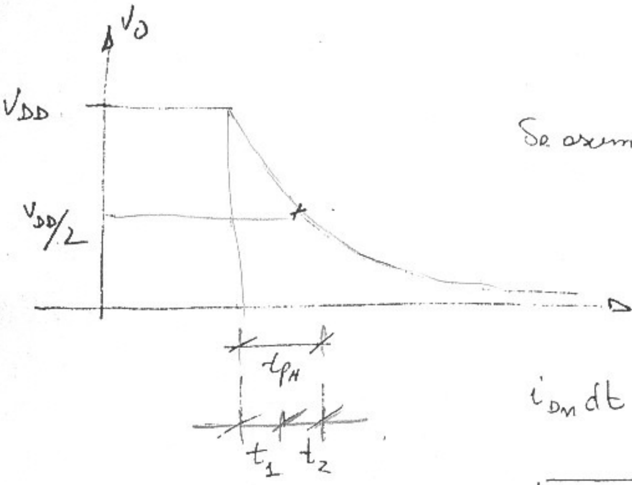
b) En la transicion $ABC \rightarrow 100$

M_1 on
M_2 off M_3 off , $M_{4,5,6}$ off.



$$i_{D_n} = \frac{1}{2} k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n \left(V_{GS} - V_T\right)^2$$

$(k_n = \mu_n C_{ox})$
$(\lambda = 1 + \delta = 1)$



Se asume $t_1 \gg t_2$ donde t_1 : tiempo MOS saturado
t_2 : tiempo MOS en zona lineal.

$\Rightarrow t_{pH} \approx t_1$

$$i_{D_n} dt = -C_L dv_o \Rightarrow -\frac{1}{2} k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2 t_{pH} = -C\left[V_{DD} - \frac{V_{DD}}{2}\right]$$

$$\Rightarrow \boxed{t_{pH_L} \approx \frac{C_L V_{DD}}{k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2}}$$

Otro camino alternativo puede ser calcular el tiempo en el que el MOS esta saturado

$$-\frac{1}{2} k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2 \cdot t_{sat} = -C\left[V_{DD} - V_{DS_{sat}}\right]$$

$\hookrightarrow \frac{V_{DD} - V_T}{\lambda}$

si $t_{sat} \approx t_{pH_L}$

$$\Rightarrow \boxed{t_{pH_L} \approx \frac{2 C_L V_T}{k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2}}$$

Nota : Estrictamente son iguales si $V_{DD} = 2V_T$, pero los dos tiempos son buenos aproximaciones.