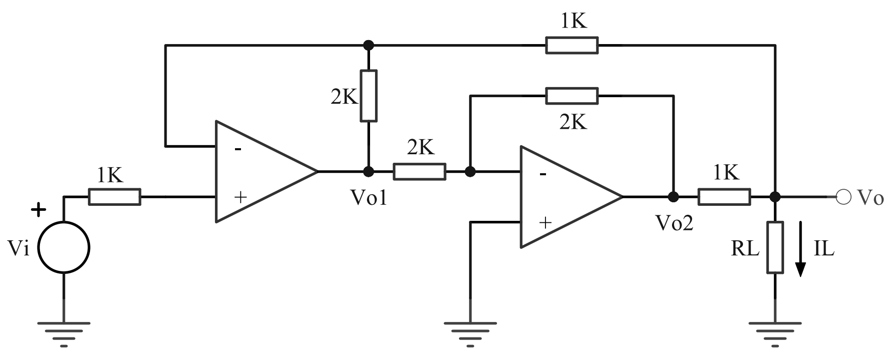
EJERCICIO 1 (1.5 puntos)

Sea el siguiente circuito basado en amplificadores operacionales trabajando en lazo cerrado.

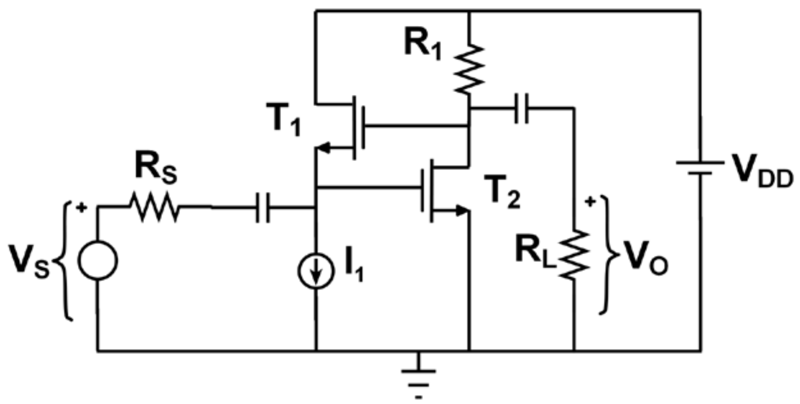


Calcular V_{o2} en función de V_{o1}. **(0.5 puntos)**

Demostrar que I_L no depende de R_L expresándola en función de V_i. **(1 punto)**

EJERCICIO 2 (3.5 puntos)

Sea el siguiente circuito basado en dos transistores NMOS donde todos los condensadores son de desacoplo.



V_{DD} = 12 V, I_1 = 0.6 mA, V_S fuente de tensión alterna
R_1 = 1.2 kΩ, R_S = 50 Ω, R_L = 6.8 kΩ,
K = 20μA/V², $W/L_1 = 50$, $W/L_2 = 100$, $V_{T1} = V_{T2} = 1V$

a) Calcular el punto de polarización.
   Recuerde que en la fuente de corriente continua I_1 cae una tensión V_1 diferente de 0 V. **(1 punto)**
b) Representar el modelo de pequeña señal del circuito. **(0.5 puntos)**
c) Obtener la ganancia ($A = V_0/V_S$) del circuito en pequeña señal. **(1 punto)**

$$g_m = \sqrt{2K\frac{W}{L}I_{DQ}}$$

d) Obtener la máxima ganancia en función de R_S y R_L. **(0.5 puntos)**
e) Calcular la resistencia de salida para $R_S = 0$. **(0.5 puntos)**

CUESTIÓN 1 (0.75 puntos)

Verificar utilizando las propiedades y postulados del algebra de Boole, la siguiente igualdad:

$$\left(a + \left(\overline{ab}\right)\right) \oplus \left(\bar{a}\bar{b}\right) = a + b$$

EJERCICIO 3 (2 puntos)

En una competición por equipos entre alumnos del CUD y de Unizar, cada equipo debe superar tres pruebas. El objetivo de cada prueba es alcanzar un pulsador, el primer equipo en presionar dicho pulsador añade el punto de esa prueba a su marcador. Para dar el resultado de la competición se dispone de tres led. El led rojo se encenderá si gana el equipo del CUD, el azul si gana el equipo de Unizar y el naranja si hay empate.

Indique y simplifique las tres funciones lógicas que controlan cada uno de los led, considerando como entradas de los circuitos:

R_1 y R_0: dos bit para la puntuación del equipo del CUD. Sea R_0 el bit menos significativo.
A_1 y A_0: dos bit para la puntuación del equipo del CUD. Sea A_0 el bit menos significativo.

En las combinaciones no posibles la salida del circuito es indiferente, es decir, marque esas posiciones con * y de estas tome como 1 las que le interese para simplificar cada función lo máximo posible. Puesto que hay un total de 3 puntos a repartir, son combinaciones posibles aquellas en las que la suma de las puntuaciones de ambos equipos sea 3 o menor de 3.

EJERCICIO 4 (1.5 puntos)

Calcular las funciones lógicas que realizan las puertas basadas en tecnología NMOS con carga saturada de las figuras a y b. Implemente la función lógica de la figura b sólo con puertas NOR.

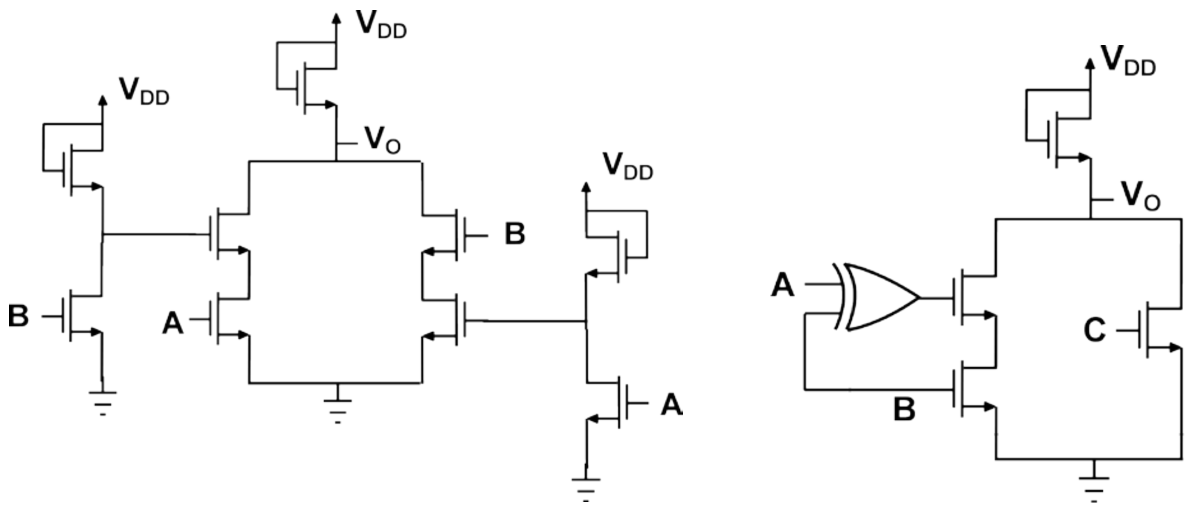


Figura a Figura b

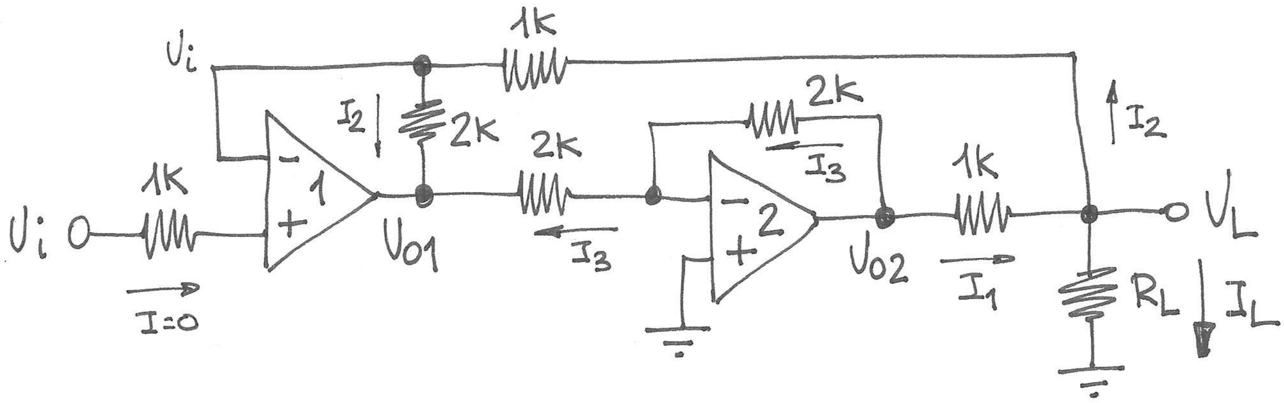
CUESTIÓN 2 (0.75 puntos)

Describa las ventajas de la representación en complemento a 2 frente a la representación signo-magnitud.

Sean:

A= +33 en decimal con representación en binario igual a A = 100001
B= +25 en decimal con representación en binario igual a B = 11001

Realice la operación -A-B en complemento a 2 con 8 bits. Especifique el resultado de la operación en complemento a 2 y en decimal.



OPERACIONAL 2

$$\left.\begin{aligned} I_3 &= \frac{0 - V_{01}}{2k} \\ I_3 &= \frac{V_{02} - 0}{2k} \end{aligned}\right\} \boxed{-V_{01} = V_{02}}$$

OPERACIONAL 1

$$\left.\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_L - V_i}{1K} \\ I_2 &= \frac{V_i - V_{01}}{2k} \end{aligned}\right\} \begin{aligned} &\frac{V_L - V_i}{1k} = \frac{V_i - V_{01}}{2K} \; ; \quad 2V_L - 2V_i = V_i - V_{01} \\ &2V_L - 3V_i = -V_{01} \; ; \quad \boxed{V_{01} = 3V_i - 2V_L} \end{aligned}$$

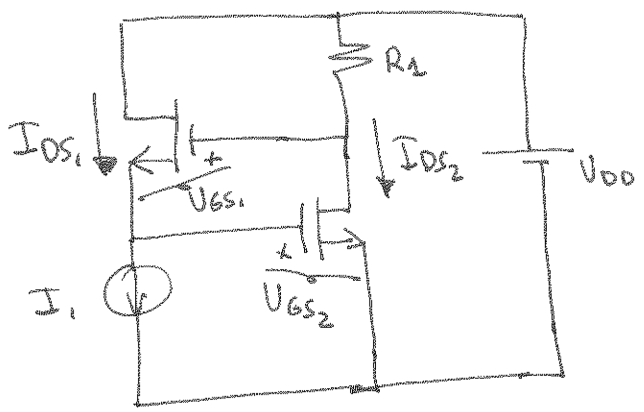
INTENSIDADES

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_{02} - V_L}{1K} \\ I_2 &= \frac{V_L - V_i}{1k} \end{aligned}\right\} \begin{aligned} &I_L = I_1 - I_2 = \frac{V_{02} - V_L}{1k} - \frac{V_L - V_i}{1k} \\ &\text{SUSTITUIMOS } \boxed{V_{02}} \text{ por } \boxed{-V_{01}} \Rightarrow \boxed{V_{02} = 2V_L - 3V_i} \\ &\boxed{I_L} = \frac{2V_L - 3V_i - V_L}{1k} - \frac{V_L - V_i}{1k} = \frac{-2V_i}{1k} = \boxed{\frac{-V_i}{500}} \end{aligned}$$

Ejercicio 2

2º parcial

a) Circuito DC



$I_1 = I_{DS1}$

sup. SAT para T1:

$$I_1 = \frac{K}{2}\frac{W}{L_1}\left(V_{GS_1} - V_T\right)^2$$

$\rightarrow V_{GS1} = 2'095\ V$

sup. SAT T2

$$I_{DS_2} = \frac{K}{2}\frac{W}{L_2}\left(V_{GS_2} - V_T\right)^2$$

MALLA G-S 2

$$V_{DD} = I_{DS_2} R_1 + V_{GS_1} + V_{GS_2}$$

$$1'2\, V_{GS_2}^2 - 1'4\, V_{GS_2} - 8'7 = 0 \quad \begin{cases} V_{GS_2} = 3'34V \ \checkmark & I_{DS_2} = 5'47mA \\ V_{GS_2} = -2'17V \ \times \end{cases}$$

MALLA D-S 1

$$V_{DD} = V_{DS_1} + V_{GS_2} \rightarrow V_{DS1} = 8'66\ V > V_{GS_1} - V_T = 1'095\ V$$

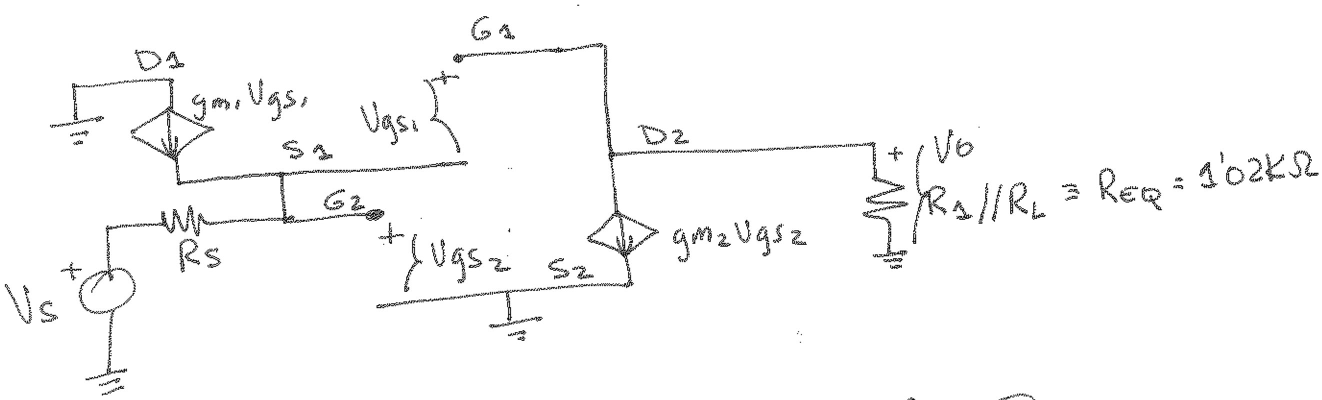
OK SAT. T1

MALLA D-S2

$$V_{DD} = I_{DS_2} R_1 + V_{DS_2} \rightarrow V_{DS_2} = 5'44 > V_{GS_2} - V_T = 2'34V$$

OK SAT. T2

b)



c) $V_o = V_{gs_1} + V_{gs_2}$ ① $\qquad V_o = -g_{m2} V_{gs_2} R_{EQ}$ ②

$$\frac{V_{gs_2} - V_S}{R_S} = g_{m1} V_{gs_1} \rightarrow V_{gs_2} - V_S = g_{m1} R_S V_{gs_1} \xrightarrow{①}$$

$$V_{gs2} - V_s = g_{m1} R_S \left(V_o - V_{gs2}\right) \xrightarrow{②} \frac{-V_o}{g_{m2} R_{EQ}} - V_s = g_{m1} R_S \left(V_o + \frac{V_o}{g_{m2} R_{EQ}}\right)$$

$$\rightarrow -V_s = V_o \left[\frac{1}{g_{m2} R_{EQ}} + g_{m1} R_S \left(1 + \frac{1}{g_{m2} R_{EQ}}\right)\right] \rightarrow$$

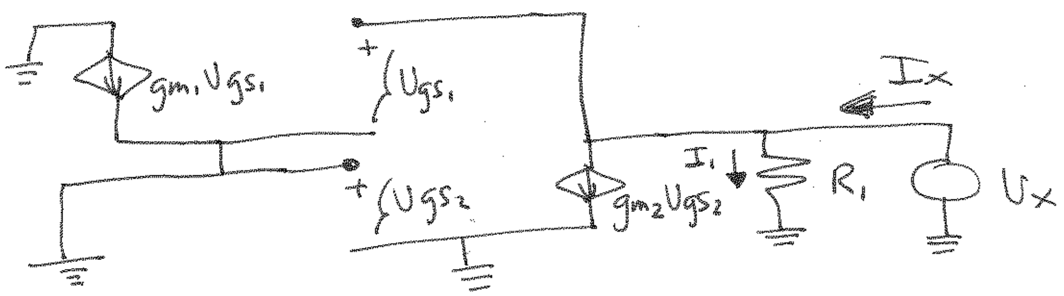
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{-g_{m2} R_{EQ}}{1 + g_{m1} R_S + g_{m1} R_S \, g_{m2} R_{EQ}}$$

$$\left.\begin{aligned} g_{m1} &= \sqrt{2K \tfrac{W}{L}_1 I_{DS1}} = 1'1 \text{ mA/V} \\ g_{m2} &= \sqrt{2K \tfrac{W}{L}_2 I_{DS2}} = 4'68 \text{ mA/V} \end{aligned}\right\} \frac{V_o}{V_s} = -3'623$$

d) $\left.\frac{V_o}{V_s}\right|_{max} \Rightarrow R_S = 0 \;,\; R_L = \infty$

$$\frac{V_o}{V_s} = -g_{m2} R_1 = -5'616$$

e) $R_{OUT} \Rightarrow V_S = 0 \;,\; R_L = \infty \;;$ además $R_S = 0$



$$V_{gs2} = 0 \Rightarrow g_{m2} V_{gs2} = 0 \Rightarrow I_x = I_1 = \frac{V_x}{R_1}$$

$$\Rightarrow R_{OUT} = \frac{V_x}{I_x} = R_1 = 1'2\,\text{K}\Omega$$

Cuestión 1

$$(a+(\overline{a\bar b}))\oplus(\bar a\bar b) = (a+\bar a+b)\oplus\bar a\bar b =$$

$$=(1+b)\oplus\bar a\bar b = 1\oplus\bar a\bar b =$$

$$=0\cdot\bar a\bar b + 1\cdot\overline{\bar a\bar b} = 0+a+b =$$

$$=a+b$$

Ejercicio 4

Figura a

AB	V_0
00	1
01	0
10	0
11	1

XNOR

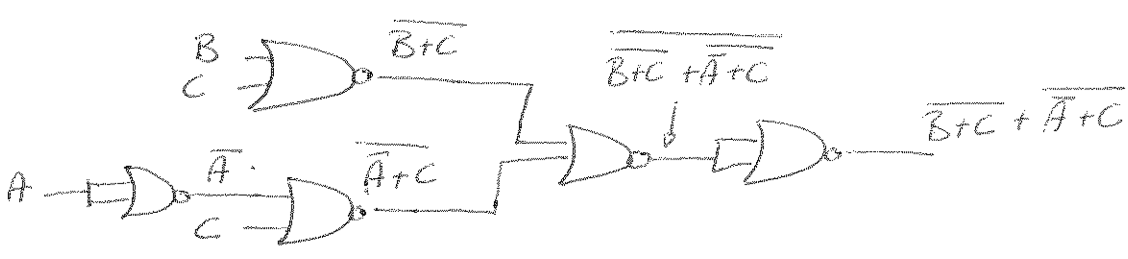
Figura b

ABC	V_0
000	1
001	0
010	0
011	0
100	1
101	0
110	1
111	0

A \ BC	00	01	11	10
0	1			
1	1			1

$$V_0 = \bar B\bar C + A\bar C$$

$$V_0 = \overline{\overline{\bar B\bar C}} + \overline{\overline{A\bar C}} = \overline{B+C} + \overline{\bar A+C}$$



Cuestión 2

- Una única representación para el cero
- Se puede realizar la resta como una suma

$+33|_{10} = A = 00100001|_{C_2}$; $B = 00011001|_{C_2} = +25|_{10}$

$-A = -33|_{10} = 11011111|_{C_2}$

$-B = -25|_{10} = 11100111|_{C_2}$

$$\begin{array}{r} -33 \\ + \; -25 \\ \hline -58 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 11011111 \\ + \; 11100111 \\ \hline \cancel{1}11000110 \end{array}$$

$11000110|_{C_2} \Rightarrow 0111010 = 2^1 + 2^3 + 2^4 + 2^5 = 58$ (2)

$\Downarrow$

(1) signo −

(1) y (2) $\Rightarrow -A - B = -58$

Ejercicio 3

	R_1	R_0	A_1	A_0	R	A	N
0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1	0
2	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	0	0	1
6	0	1	1	0	0	1	0
7	0	1	1	1	–	–	–
8	1	0	0	0	1	0	0
9	1	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	–	–	–
11	1	0	1	1	–	–	–
12	1	1	0	0	1	0	0
13	1	1	0	1	–	–	–
14	1	1	1	0	–	–	–
15	1	1	1	1	–	–	–

$R \Rightarrow$

$R_1R_0 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00				
01	1		–	
11	1	–	–	–
10	1	1	–	–

– $\Rightarrow$

$\cancel{R_1}$	R_0	A_1	A_0
0	1	0	0
1	1	0	0

$\Rightarrow R_0\bar{A}_1\bar{A}_0$

– $\Rightarrow$

R_1	$\cancel{R_0}$	$\cancel{A_1}$	$\cancel{A_0}$
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	1
1	1	1	0
1	0	0	0
1	0	0	1
1	1	1	1
1	1	1	0

$\Rightarrow R_1$

$$R = R_0\bar{A}_1\bar{A}_0 + R_1$$

$R_1R_0 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00		1	1	1
01			–	1
11		–	–	–
10			–	–

$A \Rightarrow$

$- \Rightarrow$

R_1	R_0	A_1	A_0
0	0	0	1
0	0	1	1

$\Rightarrow \overline{R_1}\,\overline{R_0}\,A_0$

$- \Rightarrow$

R_1	R_0	A_1	A_0
0	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1
1	0	1	1
0	0	1	0
0	1	1	0
1	1	1	0
1	0	1	0

$\Rightarrow A_1$

$$A = \overline{R_1}\,\overline{R_0} \cdot A_0 + A_1$$

$R_1R_0 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	1			
01		1	–	
11		–	–	–
10			–	–

$N \Rightarrow$

$- \Rightarrow$

R_1	R_0	A_1	A_0
0	0	0	0

$\Rightarrow \overline{R_1}\,\overline{R_0}\,\overline{A_1}\,\overline{A_0}$

$- \Rightarrow$

R_1	R_0	A_1	A_0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$\Rightarrow R_0A_0$

$$N = \overline{R_1}\,\overline{R_0}\,\overline{A_1}\,\overline{A_0} + R_0A_0$$