

FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA

Examen 1ª Convocatoria. Segundo Parcial (2015-2016)

Apellidos, Nombre:

Compañía:

Sección AGM:

Grupo CUD:

Fecha: 2/2/2016

- Rellene sus datos personales
- Esta hoja será grapada a los folios con las soluciones
- **Comience cada ejercicio en cara nueva de folio**
- Compruebe que tiene todas las cuestiones y ejercicios resueltos
- **El examen deberá ser escrito a bolígrafo**
- **No usar bolígrafo rojo ni Tipp-Ex**
- Se puede utilizar calculadora pero debe ser NO programable

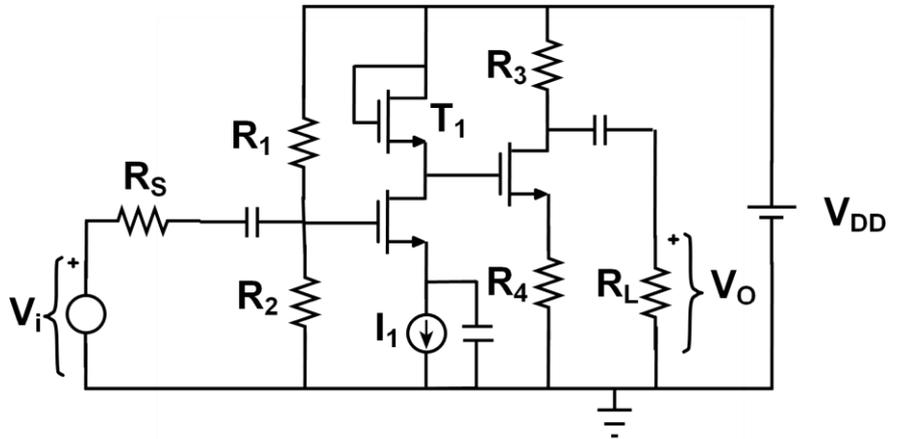
Ejercicio 1	Ejercicio 2	Cuestión 1
/ 3	/ 2	/ 0.75
Ejercicio 3	Ejercicio 4	Cuestión 2
/ 1.5	/ 2	/ 0.75
NOTA FINAL		

EJERCICIO 1 (3 puntos)

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

- $I_1 = 6 \text{ mA}$, $V_{DD} = 15 \text{ V}$
- V_i fuente de tensión alterna
- NMOS: $V_{TH} = 1 \text{ V}$,
- $W/L = 30$, $K = 20 \mu\text{A}/\text{V}^2$
- $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$,
- $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 3.5 \text{ k}\Omega$,
- $R_S = 0.2 \text{ k}\Omega$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$

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



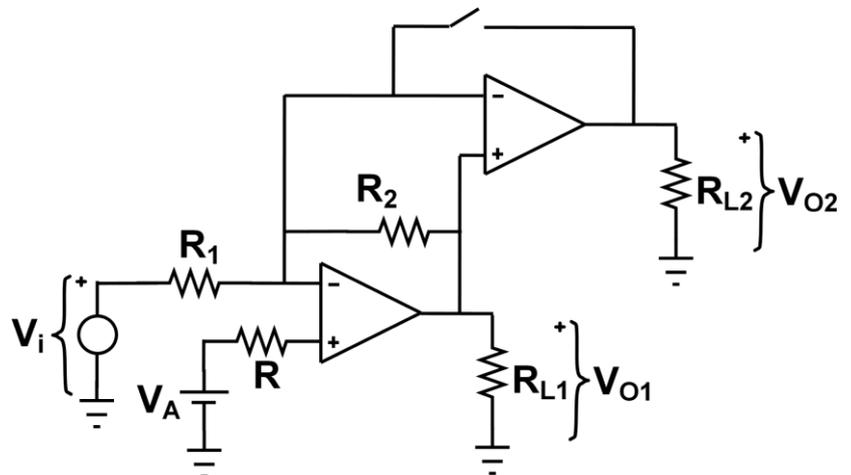
- a) En qué región nunca estará el transistor T_1 . Justifique su respuesta.
- b) Calcular el punto de polarización.
- c) Representar el modelo de pequeña señal del circuito.
- d) Obtener la ganancia ($A = V_o/V_i$) del circuito en pequeña señal.

EJERCICIO 2 (2 puntos)

Dado el siguiente circuito basado en dos amplificadores operacionales y un interruptor.

- $V_A = 2.4 \text{ V}$, $R = 600 \Omega$, $R_1 = 1.2 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_{L1} = R_{L2} = 150 \Omega$
- $V_{CC} = 15 \text{ V}$, $V_{EE} = -15 \text{ V}$, $I_{o,max} = 25 \text{ mA}$

- a) Si el interruptor está abierto, calcule la relación de las tensiones de salida V_{O1} y V_{O2} en función de la tensión de entrada V_i .
- b) Si el interruptor está cerrado, calcule el valor de las tensiones de salida V_{O1} y V_{O2} y las corrientes de salida del ambos operacionales para $V_i = +15 \text{ V}$ y $V_i = -15 \text{ V}$. Compruebe si los límites de funcionamiento del AO se superan.



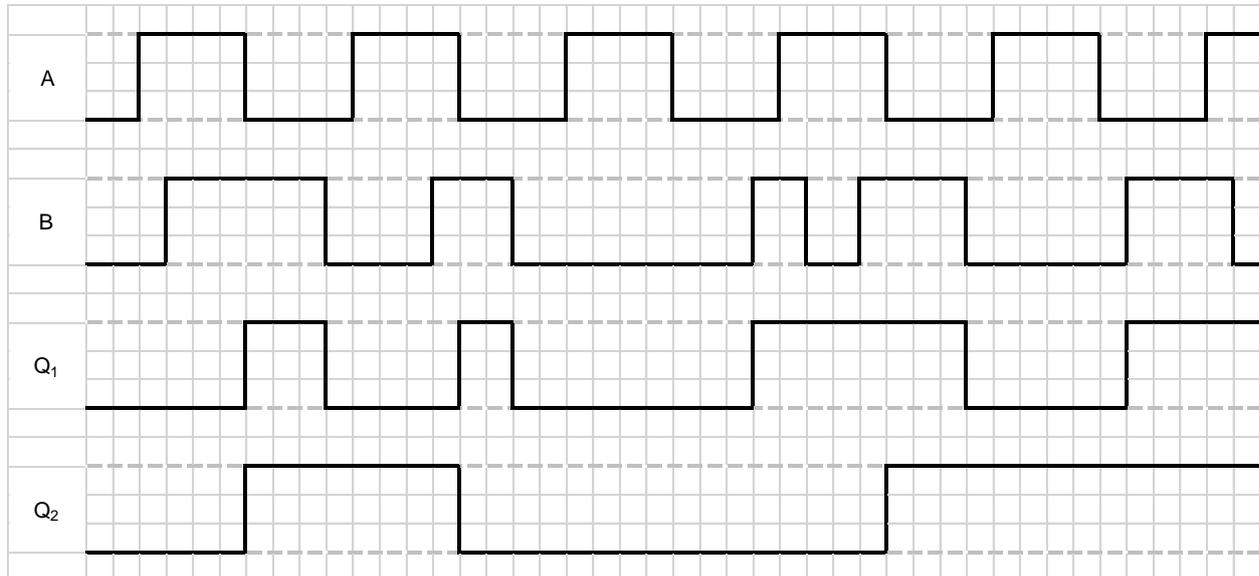
CUESTIÓN 1 (0.75 puntos)

Demuestre la siguiente igualdad utilizando el álgebra de Boole. **Indique que propiedad ha utilizado en cada paso, ya sea nombrándola o definiéndola.**

$$(\bar{a}b + \bar{b}c) \oplus (\bar{a}\bar{b} + \bar{a}bc) = ab\bar{c}$$

EJERCICIO 3 (1.5 puntos)

Dos biestables generan las siguientes secuencias Q_1 y Q_2 para una entrada de control A (Enable o CLK) y una entrada de datos B (D o T):



Defina qué tipo de biestable es cada uno de entre los de la siguiente lista. Justifique su respuesta.

- Latch D activo en alto
- Latch D activo en bajo
- FlipFlop D activo en subida
- FlipFlop D activo en bajada
- FlipFlop T activo en subida
- FlipFlop T activo en bajada

EJERCICIO 4 (2 puntos)

El código BCD representa mediante cuatro bits con peso 8421 los números decimales de un solo dígito, pero algunas combinaciones exceden el rango, por ejemplo 1101 representaría el número 13 ($8+4+1$). Alternativamente se puede usar un código de cuatro bits ABCD con peso 5211:

- a) Compruebe que con el código propuesto, se representan únicamente número decimales de un solo dígito.
- b) Defina, mediante una tabla de verdad, una función lógica F que indique si el número decimal tiene una única representación en el código propuesto o si se representa en más de una combinación ABCD.
- c) Obtenga mediante el mapa de Karnaugh la expresión booleana más simplificada posible de la función F.
- d) Implemente la función con las puertas lógicas que desee.
- e) Implemente la función con un único tipo de puerta y con el mismo número de entradas para todas las puertas que emplee.

CUESTIÓN 2 (0.75 puntos)

Dada la siguiente secuencia binaria de 8 bits, 10110110, determine:

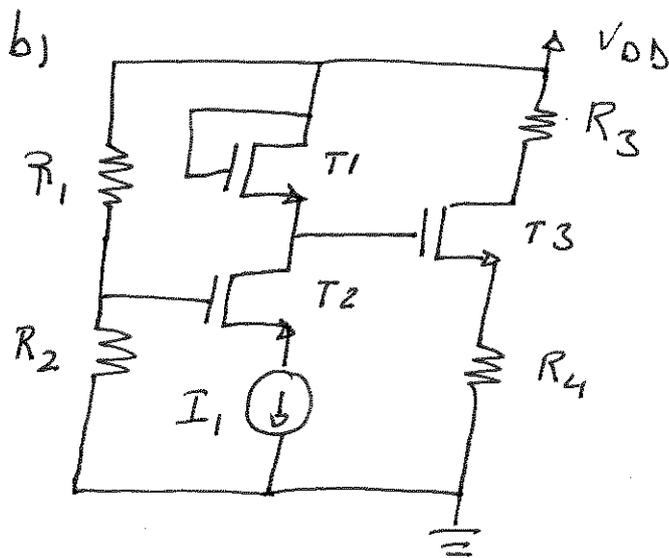
- a) El número decimal que representa si es código binario
- b) El número decimal que representa si es signo-magnitud
- c) El número decimal que representa si es complemento a 1
- d) El número decimal que representa si es complemento a 2
- e) El bit adicional de paridad a incluir si trabajamos con paridad impar

EJERCICIO 1

a) $V_{GD_1} = 0 \Rightarrow V_{DS_1} = V_{GS_1} \Rightarrow V_{DS_1} \geq V_{GS_1} - V_{TH}$

En este caso $\Rightarrow V_{DS_1} = V_{GS_1} > V_{GS_1} - V_{TH}$

Siempre está en saturación
o corte si $V_{GS_1} < V_{TH}$



$$I_1 = I_{DS_2} = I_{DS_1} \left. \begin{array}{l} \\ \text{Como } \left(\frac{W}{L}\right)_1 = \left(\frac{W}{L}\right)_2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{GS_1} = V_{GS_2} \\ V_{GS_1} = V_{DS_1} \end{array} \right\} \Rightarrow V_{GS_2} = V_{DS_1}$$

Suponemos saturación $\Rightarrow I_{DS} = \frac{1}{2} \frac{\mu}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2$

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{2I_{DS} \cdot L}{\mu}} + V_{TH} = 6,5V$$

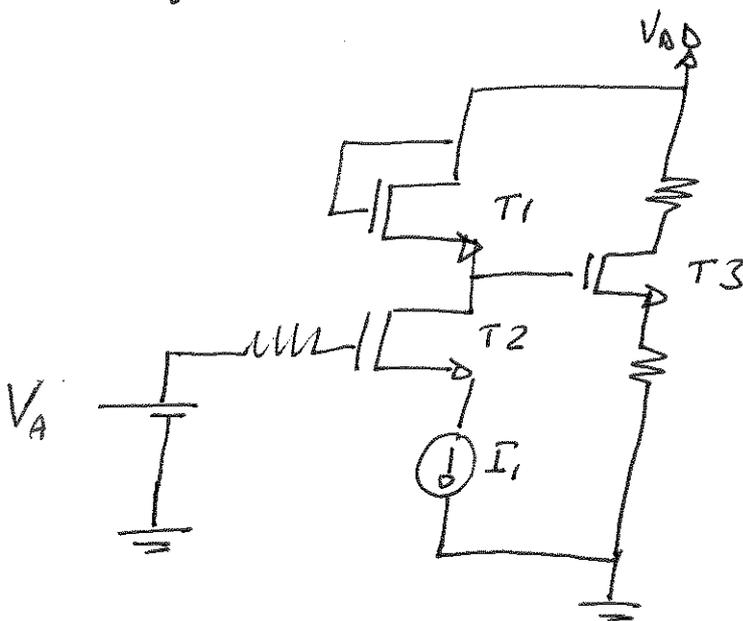
$$V_A = \frac{V_{DD} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 8,2V$$

$$V_A = V_{GS_2} + V_1 \Rightarrow V_1 = V_A - V_{GS_2}$$

$$V_1 = 2,7V$$

$$V_{DD} = V_{DS_1} + V_{DS_2} + V_1$$

$$V_{DS_2} = V_{DD} - V_{DS_1} - V_1 = 6,8V$$



Como hemos visto T1 está en saturación:

$$V_{GS_1} = 5,5V > V_{TH} = 1 \Rightarrow \text{Hay canal}$$

$$V_{DS_1} = V_{GS_1} > V_{GS_1} - V_{TH} \Rightarrow \text{saturación}$$

El transistor T2 también está en saturación:

$$V_{GS_2} = 5,5V > V_{TH} = 1 \Rightarrow \text{Hay canal}$$

$$V_{DS_2} = 6,8V > V_{GS_2} - V_{TH} = 4,5V \Rightarrow \text{saturación}$$

Analicemos el transistor 3:

$$\left. \begin{aligned} V_{DD} &= V_{DS_3} + V_{GS_3} + I_{DS_3} \cdot R_4 \\ I_{DS_3} &= \frac{1}{2} \frac{\mu C}{L} (V_{GS_3} - V_{TH})^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{DD} = V_{DS_3} + V_{GS_3} + \frac{R_4 \mu C}{2L} (V_{GS_3} - V_{TH})^2$$

$$\frac{R_4 \mu C}{2L} V_{GS_3}^2 + \left(1 - \frac{R_4 \mu C}{2} V_{TH}\right) V_{GS_3} + V_{DS_3} + V_{TH}^2 - V_{DD} = 0$$

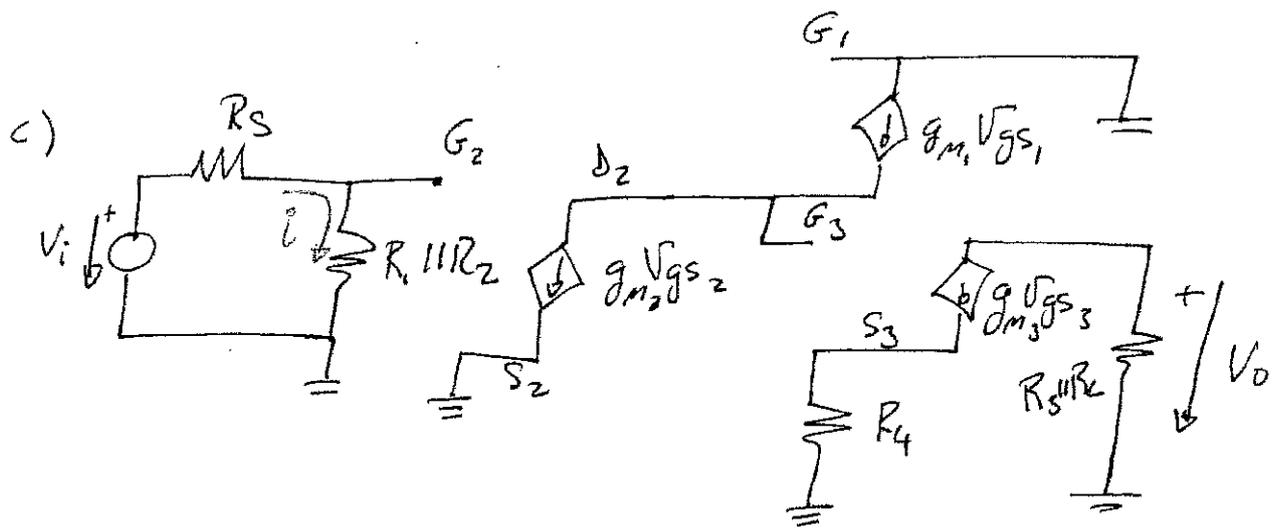
$$\left. \begin{aligned} V_{GS_3} &\rightarrow 3,4V \\ &\rightarrow -2,4V \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{GS_3} = 3,4V$$

No tiene sentido físico \Rightarrow Hay canal!

$$I_{DS_3} = 1,7 \text{ mA}$$

$$V_{DD} = I_{DS_3} (R_3 + R_4) + V_{DS_3} \Rightarrow V_{DS_3} = V_{DD} - I_{DS_3} (R_3 + R_4)$$
$$V_{DS_3} = 3,6V$$

$$V_{DS_3} = 3,6V > V_{GS_3} - V_{TH} = 2,4V \Rightarrow \text{saturación}$$



d)

$$V_o = -g_{m3} V_{gs3} \cdot R_3 \parallel R_L$$

$$\left. \begin{aligned} V_i &= i (R_S + R_1 \parallel R_2) \\ i &= \frac{V_{gs2}}{R_1 \parallel R_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_i = V_{gs2} \left(\frac{R_S}{R_1 \parallel R_2} + 1 \right)$$

$$\left. \begin{aligned} g_{m1} V_{gs1} &= g_{m2} V_{gs2} \\ I_{DS1Q} &= I_{DS2Q} \Rightarrow g_{m1} = g_{m2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{gs1} = V_{gs2}$$

$$V_{gs1} + V_{gs3} + g_{m3} V_{gs3} \cdot R_4 = 0$$

$$V_{gs1} = -V_{gs3} (1 + g_{m3} R_4)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{g_{m3} \cdot R_3 \parallel R_L}{(1 + g_{m3} \cdot R_4) \cdot \left(\frac{R_S}{R_1 \parallel R_2} + 1 \right)} = 0,67$$

$$g_m = \sqrt{2 k \frac{W}{L} I_{DSQ}}$$

$$I_{DSQ1} = 6 \text{ mA} \Rightarrow g_{m1} = 2,7 \text{ mA/V} = g_{m2}$$

$$I_{DSQ3} = 1,7 \text{ mA} \Rightarrow g_{m3} = 1,4 \text{ mA/V}$$

CUESTIÓN 1

$$(\overline{a}b + bc) \oplus (\overline{a}b + abc)$$

$$\overline{a}b + bc = \overline{a} + b \underbrace{(1+c)}_1 = \overline{a} + b$$

$$\begin{aligned} \overline{a}b + abc &= \overline{a}b + \overline{a} + b + c = \overline{a} \underbrace{(b+1)}_1 + b + c = \\ &= \overline{a} + b + c \end{aligned}$$

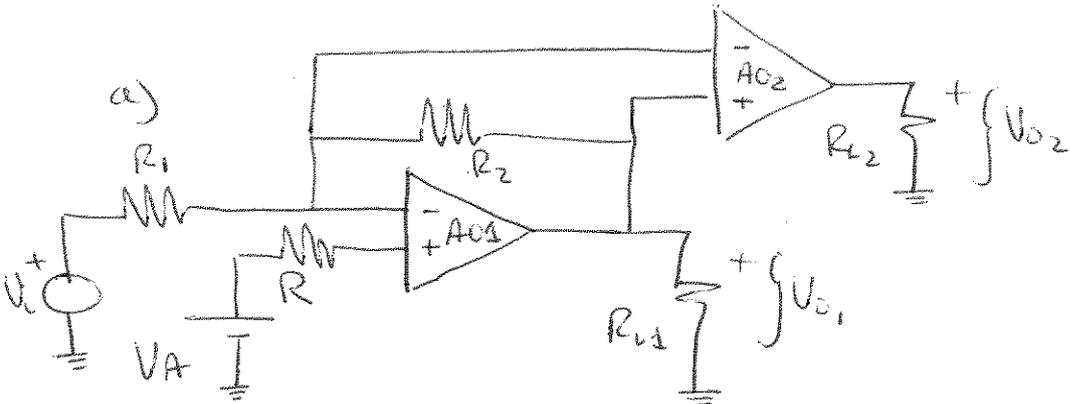
$$\begin{aligned} (\overline{a} + b) \oplus (\overline{a} + b + c) &= \overline{\overline{a} + b} \cdot (\overline{a} + b + c) + \\ &+ (\overline{\overline{a} + b + c}) \cdot (\overline{a} + b) = \end{aligned}$$

$$= \overline{\overline{a}} \cdot \overline{b} (\overline{a} + b + c) + (\overline{\overline{a}} \cdot \overline{b} \cdot \overline{c}) (\overline{a} + b) =$$

$$= a \cdot b \cdot \overline{a} + a \cdot b \cdot \overline{b} + a \cdot b \cdot \overline{c} + abc \cdot \overline{a} + abc \cdot \overline{b} =$$

$$a \cdot \overline{a} = 0 \rightarrow = 0 + 0 + a \cdot b \cdot \overline{c} + 0 + 0 = a \cdot b \cdot \overline{c}$$

EJERCICIO 2



AO1 LAZO CERRADO
AO2 LAZO ABIERTO

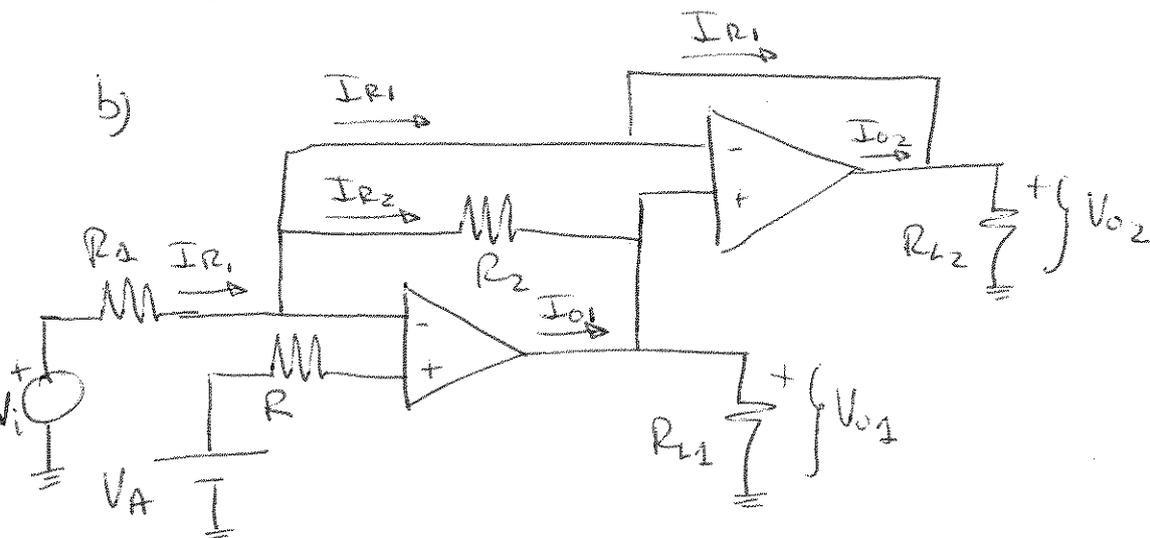
$$V_{p1} = V_A = 2'4V \rightarrow V_{n1} = V_{p1} = 2'4V \rightarrow \begin{cases} I_{R1} = \frac{V_i - 2'4V}{R_1} \\ I_{R2} = \frac{2'4V - V_{o1}}{R_2} \end{cases}$$

$$\rightarrow I_{R1} = I_{R2} \rightarrow \frac{V_i - 2'4}{12} = \frac{2'4 - V_{o1}}{6} \rightarrow 5V_i - 12 = 2'4 - V_{o1} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{o1} = -5V_i + 14'4$$

$$V_{p2} = V_{o1} = -5V_i + 14'4 \quad \left\{ \begin{array}{l} +15V \quad -5V_i + 14'4 > 2'4 \rightarrow V_i < 2'4V \\ -15V \quad -5V_i + 14'4 < 2'4 \rightarrow V_i > 2'4V \end{array} \right.$$

$$V_{n2} = V_{n1} = 2'4V$$



AMBOS AO'S
LAZO CERRADO

$$V_{p1} = V_A = 2'4V \rightarrow V_{n1} = V_{p1} = 2'4V \rightarrow V_{n2} = V_{n1} = 2'4V \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{p2} = V_{n2} = 2'4V \rightarrow \begin{cases} V_{o1} = V_{p2} = 2'4V \in [-15, +15] \\ V_{o2} = V_{n2} = 2'4V \in [-15, 15] \end{cases}$$

$$I_{R_2} = \frac{V_{n_1} - V_{p_2}}{R_2} = 0 \rightarrow I_{O_1} = \frac{V_{O_1}}{R_{L_1}} = 16 \text{ mA} \in [-25, +25]$$

$$I_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{R_{L_2}} - I_{R_1} = 16 \text{ mA} - \frac{V_i - 2'4}{R_1}$$

$$I_{O_2} (V_i = +15\text{V}) = 5'5 \text{ mA} \in [-25, +25]$$

$$I_{O_2} (V_i = -15\text{V}) = 30'5 \text{ mA} > \underline{\underline{I_{O_{MAX}}}}$$

EJERCICIO 3

Q_1 es un Latch D activo en bajo porque Q_1 cambia con $A=0$, los flip flop solo cambian con \uparrow o \downarrow de reloj y $A=0$ significa activo en bajo.

Q_2 es un flip flop T activo en bajo de porque Q_2 cambia cuando hay una bajada de reloj y coincide con $B=1$.

CUESTIÓN 2

a) $128 + 32 + 16 + 4 + 2 = \underline{182}$

b) $\underbrace{1}_{\text{signo negativo}} \underbrace{0110110}_{32+16+4+2} \rightarrow \underline{-54}$

c) $\overset{\text{neg}}{\circlearrowleft} \underbrace{1}_{\text{neg}} 0110110 \leftrightarrow \underline{-73}$
 $\rightarrow 01001001 \rightarrow 64+8+1 \rightarrow 73$

d) $\overset{\text{neg}}{\circlearrowleft} \underbrace{1}_{\text{neg}} 0110110 \leftrightarrow \underline{-74}$
 $\rightarrow 01001010 \rightarrow 64+8+2 \rightarrow 74$

e) $10110110 \rightarrow$ tiene un n.º impar de 1's \rightarrow
 \rightarrow añadimos un 0 para mantener el n.º impar de 1's 74

EJERCICIO 4

a) n° más pequeño : 0000 → 0
 n° más grande : 1111 → 5+2+1+1 = 9

b)

A	B	C	D	n°	F
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	2	0
0	0	1	1	3	0
0	1	0	0	4	1
0	1	0	1	5	1
0	1	1	0	6	0
0	1	1	1	7	0
1	0	0	0	8	0
1	0	0	1	9	1

c)

AB		CD			
		00	01	11	10
00	00	1	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	0	0	1	0
	10	1	0	0	0

$$F = BCD + \overline{B}\overline{C}\overline{D}$$

