



1. deitura/1er apellido

2. deitura/2º apellido

Izena/Nombre

Ikasturtea/Curso

3º

Titulazioa/Titulación
Grado en Ingeniería

en Tecnología Industrial

Ikasgata/Asignatura
ELECTRÓNICA

GENERAL

Data/Fecha

24 junio 2015

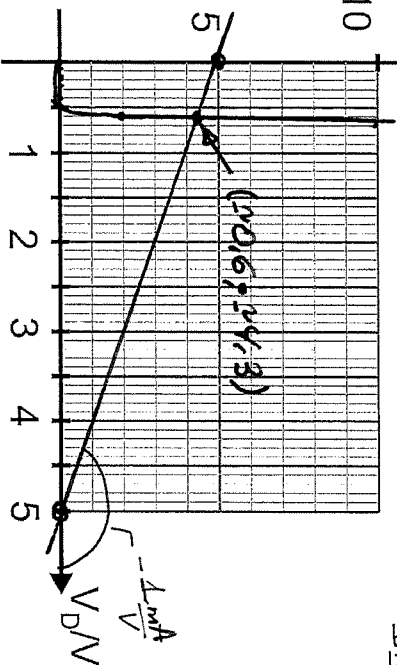
Kalifikazioa/Calificación

Taldea/Grupo
3º

TEORIA (4 puntos)

- (1) 1.-Dibujar sobre los ejes dibujados la curva característica de un diodo con 70 E-15 A de corriente inversa de saturación ($V_T = 25 \text{ mV}$ y $\eta = 1$)

I_b / mA

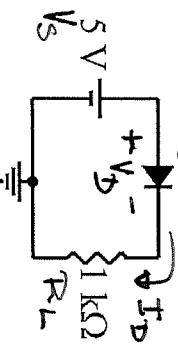


$$I_S = 70 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 70 \cdot 10^{-12} \text{ m A}$$

$$I_D (\text{mA}) = 70 \cdot 10^{-12} \left[\exp\left(\frac{V_b (V)}{0,025}\right) - 1 \right]$$

$V_b (V)$	$I_D (\mu A)$
0,0	0,0
0,1	$3,75 \cdot 10^{-9} \approx 0,0$
0,2	$2,09 \cdot 10^{-7} \approx 0,0$
0,3	$1,14 \cdot 10^{-5} \approx 0,0$
0,4	$6,22 \cdot 10^{-4} \approx 0,0$
0,5	$0,03 \approx 0,0$
0,6	$1,85 \approx 2,0$
0,7	$101,2 \gg 10$

- (1) 2.-El diodo de la pregunta anterior se utiliza para realizar el siguiente circuito. Dibujar la recta de carga del circuito sobre la gráfica anterior



$$V_s = R_L \cdot I_D + V_D \rightarrow I_D = \frac{V_s}{R_L} - \frac{1}{R_L} \cdot V_D$$

$$I_D (\text{mA}) = 5 - V_D (V)$$

$$\left. \begin{array}{l} I_D = 0 \text{ mA} \rightarrow V_D = 5 \text{ V} \\ V_D = 0 \text{ V} \rightarrow I_D = 5 \text{ mA} \end{array} \right\}$$

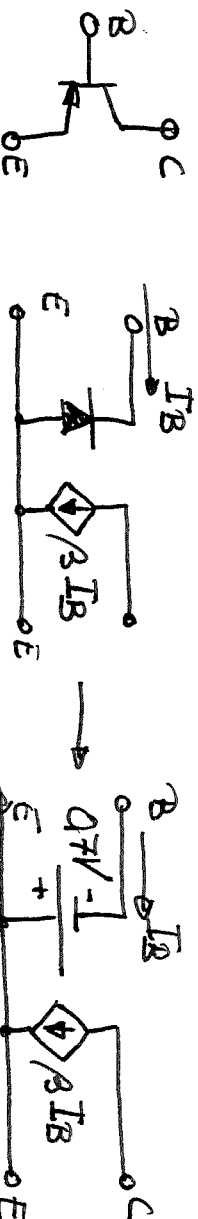
- (1) 3.-Calcular gráficamente sobre la característica del punto 1 el punto de trabajo del diodo

El punto de intersección de la recta con la curva ($V_D \approx 0,6 \text{ V}$, $I_D \approx 4,3 \text{ mA}$)

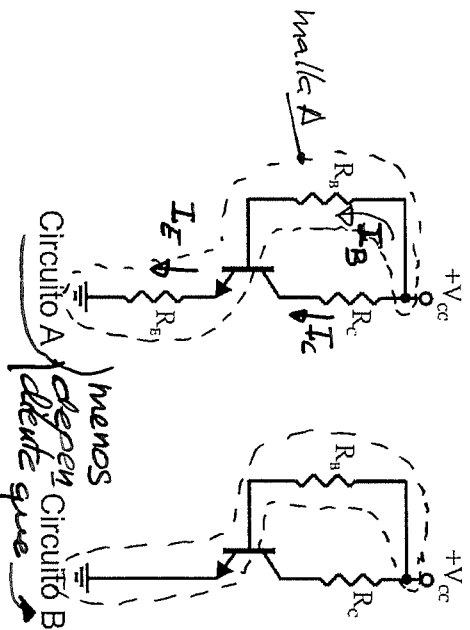
- (1) 4.-¿En qué regiones de funcionamiento del transistor podemos aplicar la siguiente expresión?

$$I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} I_B \rightarrow \left. \begin{array}{l} I_C = \beta I_B \\ I_C = (\beta + 1) \cdot I_B \end{array} \right\} \rightarrow \text{únicamente en la región activa.}$$

- (1) 5.-Dibuja el equivalente eléctrico (con componentes discretos) de un transistor pnp trabajando en la zona activa.



- (2) 6.- Justifica que circuito es más estable frente a las variaciones de β , es decir, en cuál de los dos circuitos la corriente de colector varía menos cuando varía β .



mallo A : $V_{C} - R_B \cdot I_B - V_{BE}(ON) - R_E \cdot I_E = 0$

$$I_C \approx I_E \approx \beta \cdot I_B$$

$$V_C - \frac{R_B}{\beta} \cdot I_C - V_{BE}(ON) - \frac{R_E}{\beta+1} \cdot I_C = 0$$

$$I_C = \frac{V_C - V_{BE}(ON)}{\frac{R_B}{\beta} + \frac{R_E}{\beta+1}} \approx \frac{V_C - V_{BE}(ON)}{\frac{R_B}{\beta} + R_E}$$

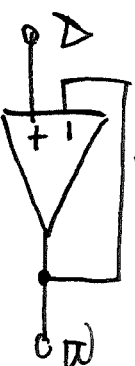
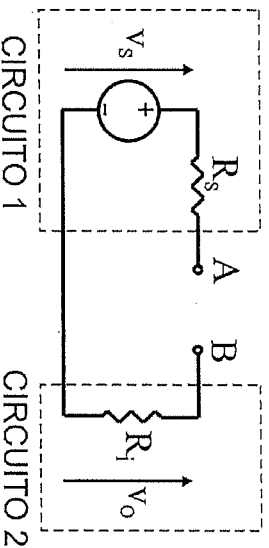
$\beta \gg 1 \Rightarrow R_B/\beta \rightarrow 0 \Rightarrow I_C \approx \frac{V_C - V_{BE}(ON)}{R_E}$

mallo B : $V_C - I_B R_B - V_{BE}(ON) = 0$

$$I_C \approx \beta \cdot \frac{V_C - V_{BE}(ON)}{R_B}$$

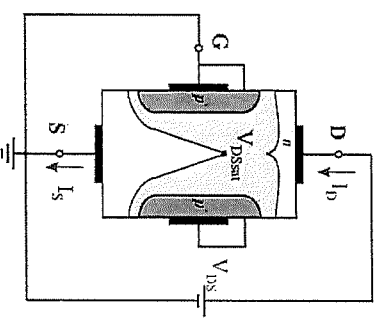
depende directo de β

- (2) 7.- Tal y como indica la figura, se pretenden adaptar las impedancias de dos circuitos evitando los efectos de carga. El primer circuito viene representado por su tensión de salida V_S y su resistencia de salida R_S . El segundo circuito viene representado por su resistencia de entrada R_i . Se ha comprobado que R_S es muchísimo mayor que R_i , por lo que la tensión V_0 será muy inferior a V_S si se unen directamente los puntos A y B. Basándote en un AO, ¿qué circuito colocarías entre A y B de forma que $V_S = V_0$? Dibújalo.



Un Amp configurado como seguidor de tensión.

- (2) 8.- Con respecto al dispositivo de la figura, indicar qué afirmaciones son correctas:
- a) El dispositivo es un JFET de canal p.
 - b) El dispositivo está polarizado en la región óhmica o lineal de funcionamiento.
 - c) Si V_{DS} varía ligeramente, I_D prácticamente no varía.
 - d) Si V_{GS} se hace muy negativo, I_D aumenta.
 - e) Nunca funcionará porque $V_{GS} = 0$
 - f) La corriente que circula por el dispositivo es nula
 - g) La tensión V_{DSsat} es la misma que V_{GSoff} por ser $V_{GS} = 0$.
 - h) La corriente I_D por el canal es nula por estar dicho canal cerrado



ambas porque está en la región de saturación

Se pretende desarrollar la función XOR exclusivamente con puertas NAND.

- (2) 9.- Tabla de la verdad de la puerta XOR y de la puerta NAND

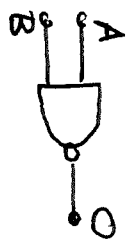
XOR

A	B	0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



NAND

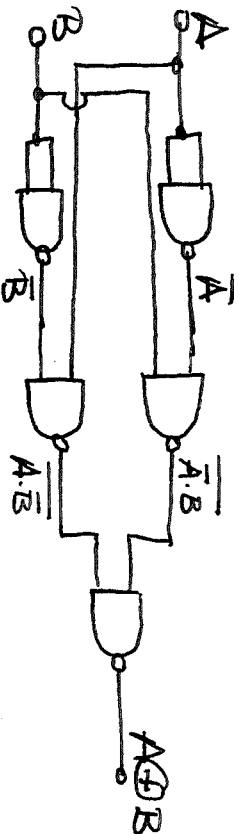
A	B	0
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



- (1) 10.- Expresar la operación XOR utilizando únicamente operaciones NAND.

$$\text{XOR} \rightarrow A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B} = \overline{\overline{\bar{A}B} + \overline{A\bar{B}}} = \overline{(\bar{A}B) \cdot (A\bar{B})}$$

- (1) 11.- Dibujar el circuito



- (2) 12.- Utilizando los postulados y teoremas del algebra de Boole, obtener la forma canónica o estándar de suma de productos de la función Z

$$\begin{aligned} Z &= (a+b+c+d)(\bar{a}+\bar{b}) = (a+b+c+d) \cdot \bar{a} \cdot \bar{b} = \\ &= \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot d = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot d = \\ &= \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot (d+\bar{d}) + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot d + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} + \\ &+ \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot d + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot d + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} \end{aligned}$$

- (2) 13.- En la siguiente tabla de un flip flop RS síncrono se has cometido algunos errores. ¿Cuáles son? Corrigilos

CLK	R	S	Q_{t+1}	$\overline{Q_{t+1}}$
0	X	X	Q_t	$\overline{Q_t}$
1	0	0	Q_t	$\overline{Q_t}$
1	1	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	1	0	0

$Q_{t+1} / \overline{Q_{t+1}}$

0	1
1	0

R y S a 1 es un estado de salida no definido

$$R = \text{reset} \rightarrow Q_{t+1} = 0$$

$$\overline{Q_{t+1}} = 1$$

$$S = \text{set} \rightarrow Q_{t+1} = 1$$

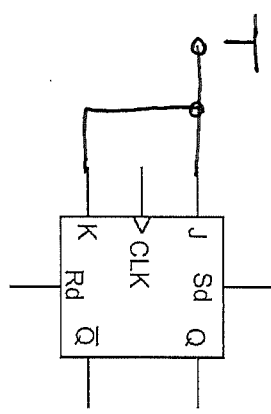
$$\overline{Q_{t+1}} = 0$$

- (1) 14.- Obtener un flip-flop tipo T a partir de uno JK. Rellenar la tabla de la verdad de ambos flip-flops.

①

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{Q}_n

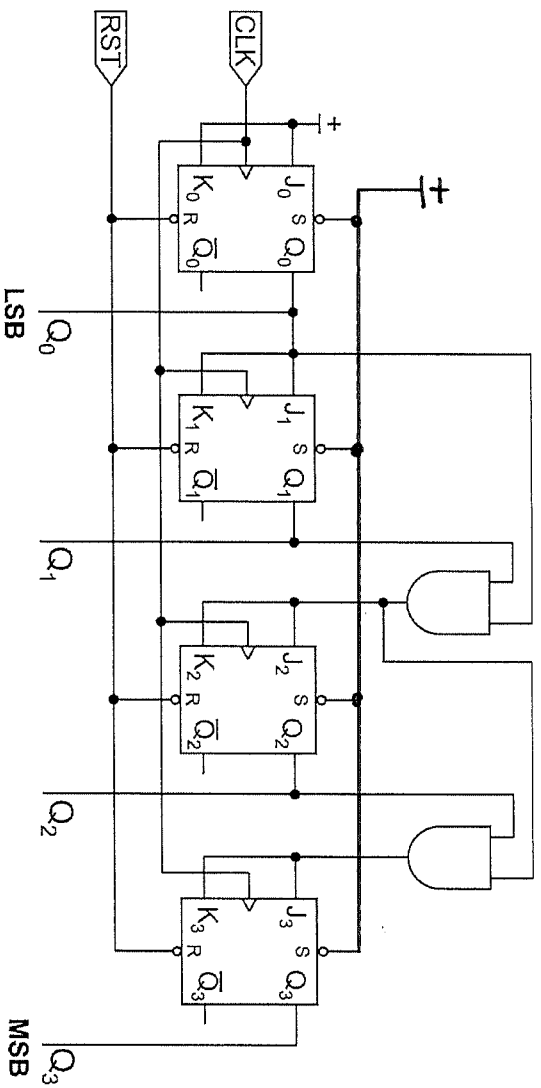
②



T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	\bar{Q}_n

①

La figura muestra el esquema de un contador binario síncrono:



- (1) 15.- ¿En qué estado se inicia la cuenta del contador al activar la señal de reset (RST)?

$Q_0 \ \emptyset \ Q_1 \ \emptyset \ Q_2 \ \emptyset \ Q_3$
 $\emptyset \ \emptyset \ \emptyset \ \emptyset \rightarrow 0$ Decimal

- (1) 16.- ¿Con qué valor se activa la señal de reset (RST)?
 Se activa por nivel/bajo $\Rightarrow R = \emptyset$

- (1) 17.- ¿Cuál es el módulo del contador?

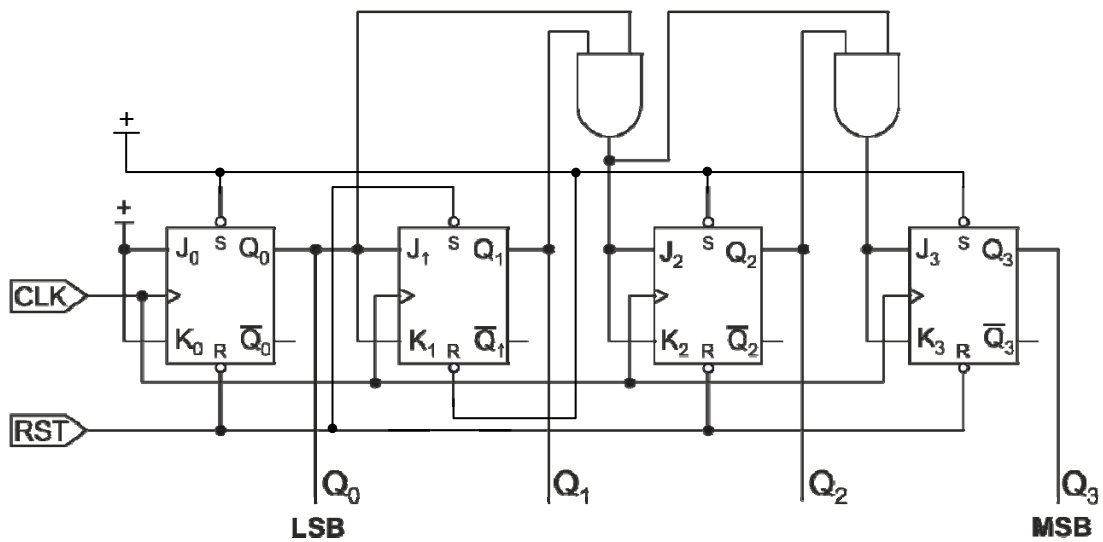
Es un contador binario para de 4 bits $\rightarrow 2^4 = 16$ módulo 16 (ver tabla estados)

- (1) 18.- Conectar correctamente las señales de set que aparecen sin conectar en el circuito.
 Hay que evitar que se activen $\Rightarrow S_i = 1$
- (1) 19.- Modificar el circuito para que la cuenta se inicie en el estado 2 (decimal).

$Q_0 \ \emptyset \ Q_1 \ 1 \ Q_2 \ \emptyset \ Q_3$
 $\emptyset \ 1 \ \emptyset \ \emptyset \rightarrow 2$ Decimal

$\Rightarrow R_0 = \emptyset \ R_1 = 1 \ R_2 = \emptyset \ R_3 = \emptyset$
 $S_0 = 1 \ S_1 = 0 \ S_2 = 1 \ S_3 = 1$
 nueva línea RST
 (ver esquema aparte)

	estado	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J-K ₃	J-K ₂	J-K ₁	J-K ₀	Decimal
inicio	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	2
	3	0	0	1	1	0	1	1	1	3
	4	0	1	0	0	0	0	0	1	4
	5	0	1	0	1	0	0	1	1	5
	6	0	1	1	0	0	0	0	1	6
	7	0	1	1	1	1	1	1	1	7
	8	1	0	0	0	0	0	0	1	8
	9	1	0	0	1	0	0	1	1	9
	10	1	0	1	0	0	0	0	1	10
	11	1	0	1	1	0	1	1	1	11
	12	1	1	0	0	0	0	0	1	12
	13	1	1	0	1	0	0	1	1	13
	14	1	1	1	0	0	0	0	1	14
	15	1	1	1	1	1	1	1	1	15
reinicio	16	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	17	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	18	0	0	1	0	0	0	0	1	2





1. deitura/1er apellido	Titulazioa/Titulación
2. deitura/2º apellido	Grado en Ingeniería
Izena/Nombre	en Tecnología Industrial
Ikasturtea/Curso	Ikasgaia/Asignatura
	ELECTRONICA
3º	GENERAL
	Data/Fecha
Taldeak/Grupo	24 de junio de 2015
Kalifikazioa/Calificación	

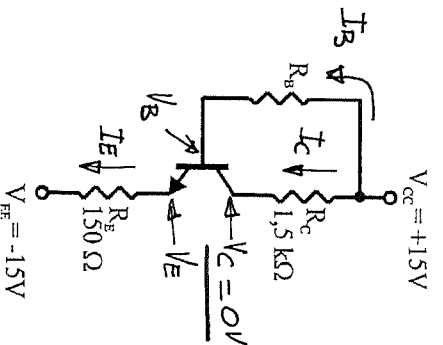
SOLUCIÓN

PROBLEMAS (6 puntos)

PROBLEMA 1. (2 puntos)

En el circuito de la figura (alimentación doble ± 15 V) el transistor es de silicio y tiene un $\beta = 100$.

$V_{CEsat} = 0,2$ V $V_{BEsat} = 0,7$ V



$$I_C = \frac{V_{d1} - V_d}{R_d} = \frac{15 - 0}{1,5} = 10 \text{ mA} \quad \text{si } \beta \left. \begin{array}{l} \text{activo} \\ \text{activo} \end{array} \right\} \begin{array}{l} I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ mA} \\ I_E = (\beta + 1) \cdot I_C = \frac{101}{100} \cdot 0 = 10,1 \text{ mA} \end{array}$$

$$V_B = V_{BE} + R_E \cdot I_E + V_{BE(0A)} = (-15) + 0,15 \cdot 10,1 + 0,7 = -12,785 \text{ V}$$

$$\frac{R_B}{R_B} = \frac{V_{d1} - V_B}{I_B} = \frac{15 - (-12,785)}{0,1} = 277,85 \text{ k}\Omega$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = V_{d1} - [V_{BE} + R_E \cdot I_E] = 0 - [-15 + 0,15 \cdot 10,1] = 13,985 \text{ V}$$

Límite saturación activa, aún $I_{C(sat)} = \beta \cdot I_{B(sat)}$.
Como el circuito de base y emisor ya cambia, las corrientes son las mismas que antes, $I_{B(sat)} = 0,1 \text{ mA}$
 $I_{C(sat)} = 10 \text{ mA}$, $I_{E(sat)} = 10,1 \text{ mA}$

Se desea una polarización tal que la tensión en el colector $V_C = 0$ V. Calcular:

$I_C = 10 \text{ mA}$

$I_B = 0,1 \text{ mA}$

$V_{CE} = 13,985 \text{ V}$

$R_B = 277,85 \text{ k}\Omega$

¿En qué zona de trabajo se encuentra el transistor? en activa, $V_{CE} > V_{CE(sat)}$ + $I_B > 0$ A

b) Partiendo del diseño anterior, calcular el nuevo valor de R_C para llevar el punto de polarización del transistor al límite entre las regiones activa y de saturación (se cumplen las condiciones de funcionamiento de ambas regiones):

$I_C = 10 \text{ mA}$

$I_B = 0,1 \text{ mA}$

$V_{CE} = 0,2 \text{ V (es dato)}$

$R_C = 2,83 \text{ k}\Omega$

$$V_{d1} - R_C \cdot I_{C(sat)} - V_{CE(sat)} - R_E \cdot I_{E(sat)} = V_{BE}$$

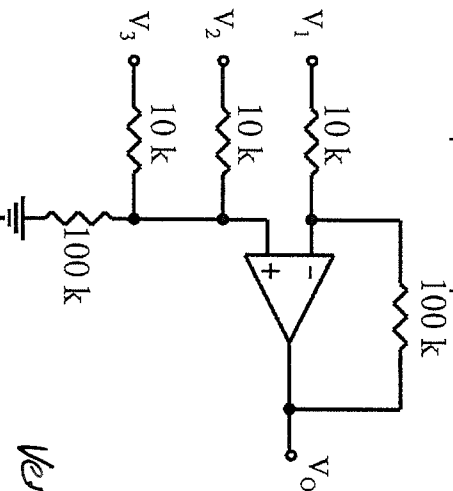
$$R_C = \frac{V_{d1} - V_{BE(sat)} - R_E I_{E(sat)} - V_{CE}}{I_{C(sat)}} = \frac{15 - 0,2 - 0,15 \cdot 10,1 - (-15)}{10} = 2,83 \text{ k}\Omega$$

c) Si el transistor del apartado b) se cambia por otro con $\beta = 200$, ¿en qué zona de trabajo pasa a funcionar el nuevo transistor? Justificar la respuesta.

Entra en saturación, nos aleja de la frontera saturación-activa a saturación forzada o sobresaturación
 $\frac{I_B > I_{C(sat)}}{3}$

PROBLEMA 2. (2 puntos)

En el circuito que se muestra a continuación, el amplificador operacional está alimentado con alimentación $\pm V_{CC} = \pm 10$ V. La salida de dicho operacional queda también limitada por dicho margen de alimentación.



Ver hojas aparte

Se pide:

- Obtener la función de transferencia del circuito, que relaciona la tensión a la salida del amplificador operacional (V_0) con las señales de voltaje a la entrada del circuito (V_1, V_2 y V_3):

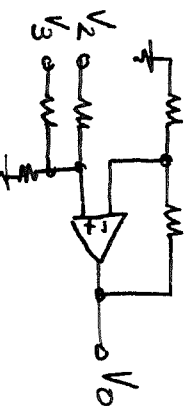
$$V_0 = f(V_1, V_2, V_3)$$

$$V_0 = 5,24 \cdot (V_2 + V_3 - 1,9V_1)$$

- Configurar las entradas del circuito, conectando V_i ($i=1, 2$ ó 3) a tierra, a V_{CC} o dejando la entrada sin conectar (circuito abierto), para transformar el circuito anterior en los siguientes circuitos:

- Circuito sumador, en el que la función de transferencia se puede expresar como: $V_0 = f(V_2 + V_3)$
 Determinar la función de transferencia del circuito.

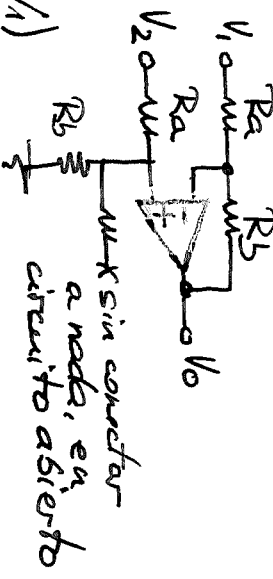
$$V_0 = 5,24 \cdot (V_2 + V_3)$$



- Circuito restador (o amplificador diferencial), en el que la función de transferencia se puede expresar como: $V_0 = f(V_2 - V_1)$
 Determinar la función de transferencia del circuito.

$$V_0 = 10 (V_2 - V_1)$$

Queda como un diferencial solo = $\frac{R_5}{R_a} (V_2 - V_1)$

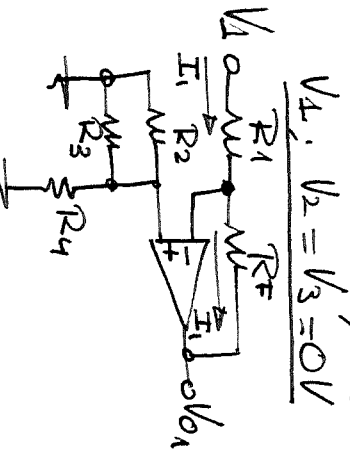


- En el circuito de la figura las entradas V_2 y V_3 se conectan a tierra, y en la entrada V_1 se aplica una señal triangular de 1 kHz de frecuencia, 3 V de amplitud pico-pico (3 V_{pp}) y componente continua nula.

Dibujar en una gráfica la señal V_1 a la entrada del circuito y la señal V_0 a la salida del circuito

con $V_2 = V_3 = 0$ V $V_0 = -10$ V₁

Para encontrar la función de transferencia podemos suponer cada una de las entradas funcionando ella sola y el resto a cero, obtener así la salida debida a ella. Repetir con cada entrada, y luego sumar las salidas así obtenidas. Esto se llama superposición:



$$V_1, V_2 = V_3 = 0V$$

$$V(-) = V(+) = 0V$$

$$V_{o1} = V(-) - R_F \cdot I_1 = 0 - \frac{R_F}{R_1} \cdot V_1 \quad \left| \quad V_{o1} = -10V_1 \right.$$

$$I_1 = \frac{V_1 - V(-)}{R_1} = \frac{V_1}{R_1}$$

$$V_1 = V_3 = 0V, V_2$$

$$V(-) = V(+) = \frac{R_{3114}}{R_2 + R_{3114}} \cdot V_2 = \frac{9,1}{10 + 9,1} \cdot V_2 = 0,476 V_2$$

$$V_{o2} = V(-) + R_F \cdot I_2$$

$$I_2 = \frac{V(-)}{R_1} = \frac{0,476}{10} V_2 = 0,0476 V_2$$

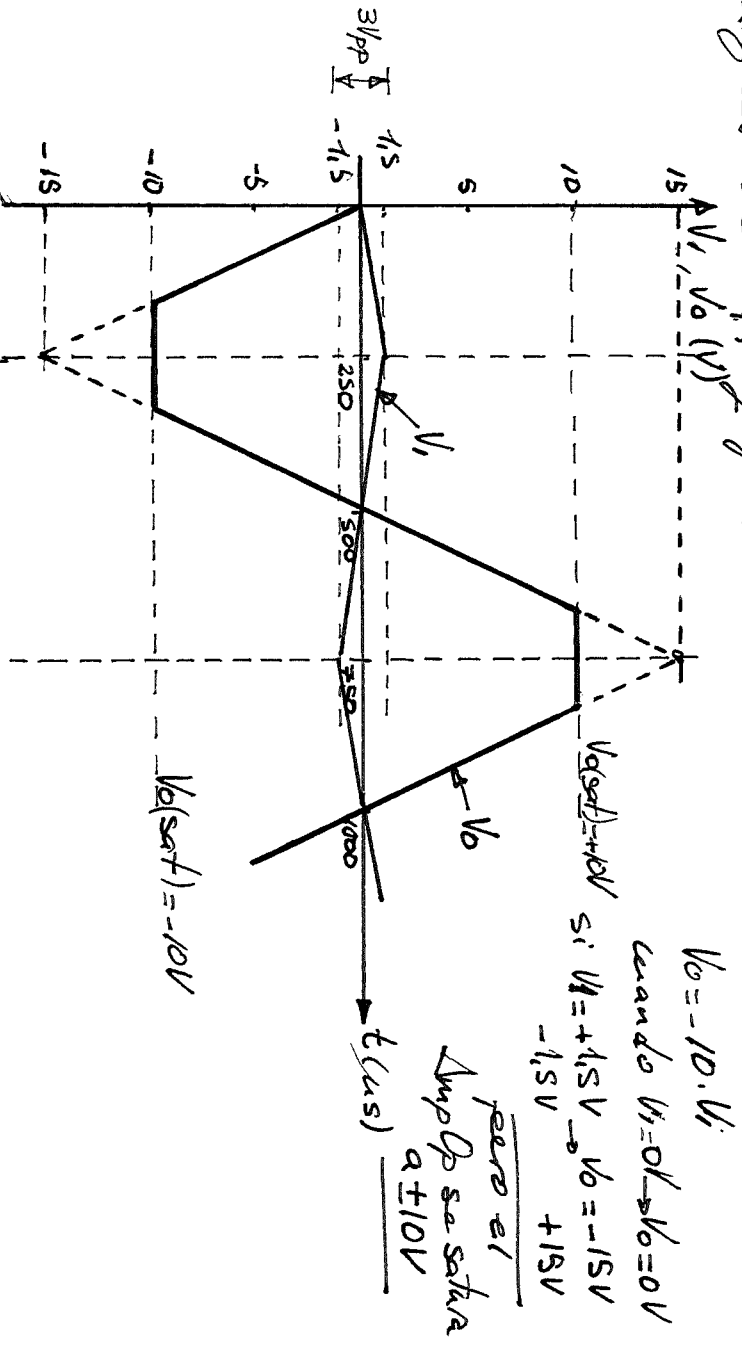
$$V_{o2} = 0,476 V_2 + 100 \cdot 0,0476 V_2 = \underline{5,24 V_2}$$

Para el caso ($V_1 = V_2 = 0V, V_3$), el circuito es igual que el anterior

$$V_{o3} = 5,24 \cdot V_3$$

$$\Delta \text{hor} \quad V_o = V_{o1} + V_{o2} + V_{o3} = -10V_1 + 5,24V_2 + 5,24V_3 = -10V_1 + 5,24(V_2 + V_3) = \underline{5,24(V_2 + V_3 - 1,9V_1)}$$

Triangular se $3V_{pp}$ y $f = 1 \text{ kHz} \rightarrow T = 10^{-3} = 1 \text{ ms} = 1000 \mu\text{s}$

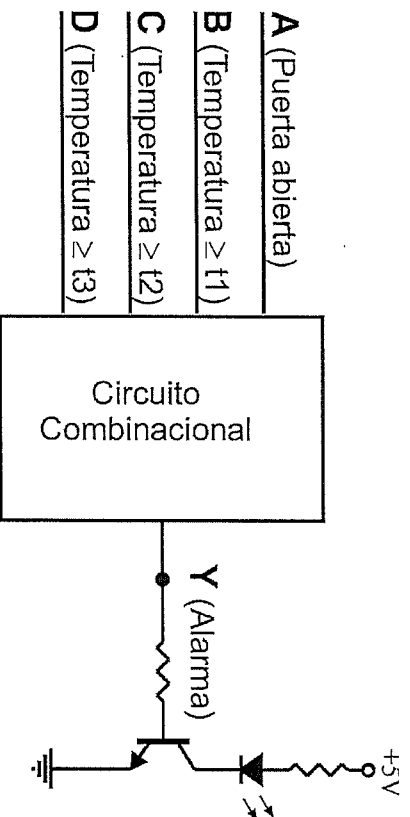


PROBLEMA 3. (2 puntos)

Se desea diseñar el circuito digital de control de un reactor químico. Dicho reactor tiene 4 sensores, el primero detecta si la puerta del reactor está cerrada y los otros 3 son sensores de temperatura.

Cuando la puerta del reactor está abierta la variable digital $A=1$. Las salidas digitales B, C y D adoptan 2 niveles de tensión bien diferenciados, según que la temperatura sea menor o mayor e igual que t_1 , t_2 y t_3 respectivamente (siendo $t_1 < t_2 < t_3$). $B=1$ cuando $\text{Temperatura} \geq t_1$, $C=1$ cuando $\text{Temperatura} \geq t_2$ y $D=1$ cuando $\text{Temperatura} \geq t_3$. Y cero en los casos contrarios.

En la figura siguiente se representa de forma esquemática el sistema.



Hay que diseñar el Circuito Lógico con estos 4 interruptores como entradas, de manera que la alarma sea activada cuando se presente cualquiera de las siguientes condiciones:

- La puerta del reactor está abierta
- Cuando la temperatura está comprendida entre t_1 y t_2 o es igual o superior a t_3 .

Cuando una de las combinaciones es imposible se representará con una "X" pudiéndose elegir el valor de 0 o de 1 según convenga en la simplificación.

1º.- Escribir la tabla de la verdad del sistema:

A	B	C	D	Y

2º.- Escribir la función Y como producto de sumas estándar:

3º.- Simplificar por Karnaugh.

4º.- Dibujar el circuito eléctrico con puertas lógicas.

5º.- Dibujar el circuito eléctrico sólo con puertas NAND de sólo 2 entradas

6º.- Realizar el circuito eléctrico con un multiplexor 8:1

Soluciones en hojas aparte

	X0	X1	X2	Ya	Yb	Oa	Ob
A	B	C	D	Ya	Yb	Yc	Yd
10a = A	0	0	0	0	0	0	0
10b = A	1	0	0	1	1	1	1
11a = 1	0	1	0	1	1	1	1
11b = 1	1	1	0	1	1	1	1
12a = 1	0	0	1	X	X	1	0
12b = A	1	0	1	X	1	1	1
13a = A	0	1	1	0	0	0	0
13b = A	1	1	1	0	0	0	0
14a = 1	0	0	0	1	1	1	1
14b = A	1	0	0	X	X	1	0
15a = 1	0	1	0	X	X	1	0
15b = A	1	1	0	X	1	1	1
16a = 1	0	0	1	X	X	1	0
16b = A	1	0	1	X	1	1	1
17a = 1	0	1	1	1	1	1	1
17b = 1	1	1	1	1	1	1	1

Si la puerta se queda abierta (A=1) $\rightarrow Y=1$

Si la temperatura es $> t_3$ (D=1 poro C=1 y B=1 tambien)

$Y=1$

Si la temperatura $t_1 \leq t < t_2$ (B=1 y C=D=0) $Y=1$

$C=1$ con $B=0 + D=1$ con B y C con valores distintos

de 1 son combinaciones no posibles (al ser $t_1 < t_2 < t_3$).

La tabla de verdad con estas condiciones, suponiendo

que las combinaciones no posibles son X, independiente

de lo que pasa a la puerta (X) es la columna Ya

Yb, es la columna en la cual se ha puesto la condici3n

de que la alarma se active siempre que la puerta

este abierta, independientemente de lo que pase

con B, C y D

Ya y Yb son variables, o indistintas, para los apartados

2 y 3 \rightarrow Da el mismo resultado.

Para el apartado 6 se han aadido dos columnas mas.

Yc (Oa del multiplexor) supone que hay que abrir la

alarma por que la puerta se quede abierta, $t_2 > t_3$,

$t_1 \leq t < t_2$, o si n da alarma por malfuncionamiento de los

sensores (no combinaci3n posible B, C, D) pasando los X a 1.

Yd (Ob del multiplexor) supone la puerta abierta, $t_2 > t_3$,

$t_1 \leq t < t_2$, y hace caso omiso al malfuncionamiento de los

sensores, pasando X a 0

3-2

Hay fijarse cuando es cero la salida. Es to es igual en el caso Y_a como en el Y_b

$$Y = (A+B+C+D) \cdot (A+\bar{B}+\bar{C}+D)$$

3-3

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

caso Y_a

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

caso Y_b

Para hacer grupos ceros de 1's o de 0's ambas tablas son equivalentes. Use una para cada tipo de agrupación.

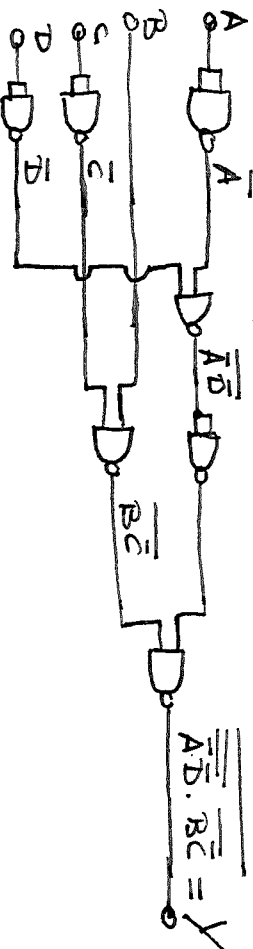
$$Y_a = A+D+(B \cdot \bar{C})$$

$$Y_b = (A+B) \cdot (A+\bar{C}+D)$$

Simplificación de productos de sumas

$$\text{De } Y_a = A+D+(B \cdot \bar{C}) = \underline{\underline{A+D+(B \cdot \bar{C})}} = \underline{\underline{\bar{A} \cdot \bar{D} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}}} =$$

3-5



3-6

Dependiendo de el valor que le demos a las X_i :

