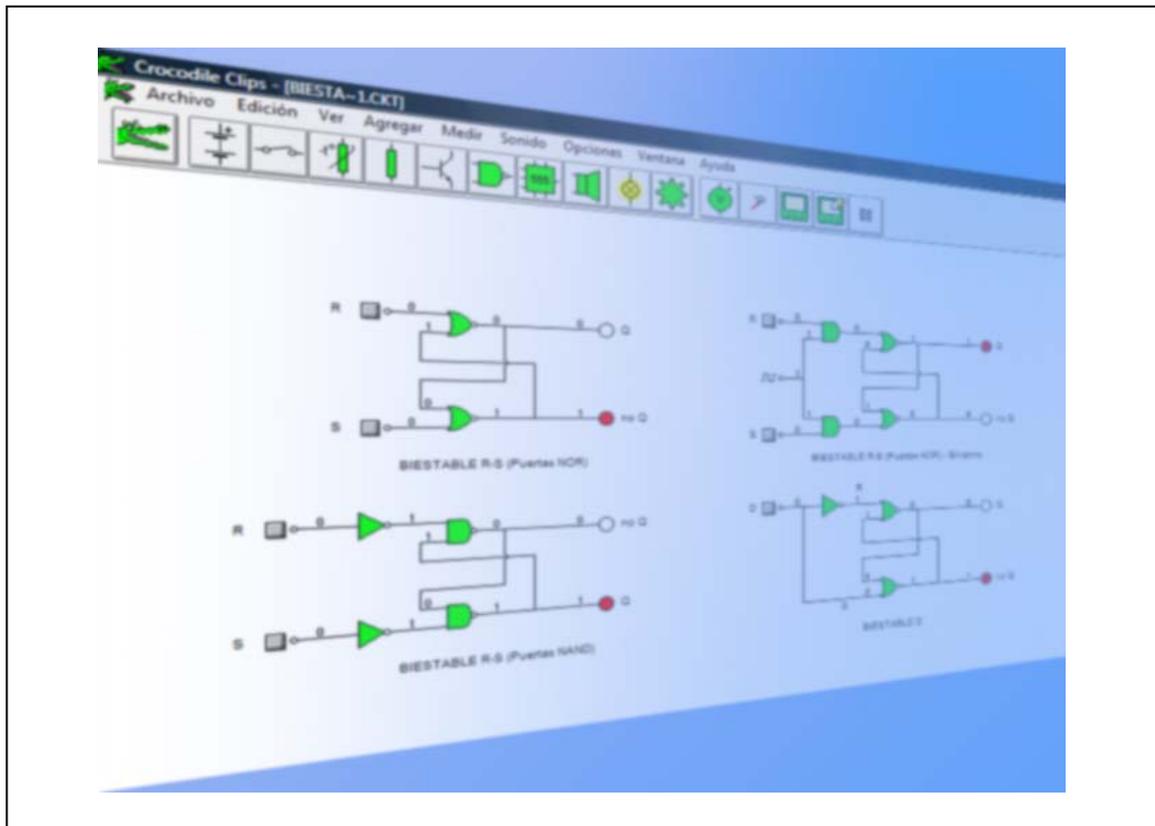


ELECTRÓNICA DIGITAL



INDICE

1.	TIPOS DE SEÑALES.....	3
1.1.	SEÑALES ANALÓGICAS	3
1.2.	SEÑALES DIGITALES	3
2.	REPRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES DIGITALES.....	3
2.1.	CRONOGRAMAS	3
2.2.	TABLA DE VERDAD.....	4
3.	SISTEMA BINARIO	5
3.1.	TRANSFORMACIÓN DE DECIMAL A BINARIO	5
3.2.	TRANSFORMACIÓN DE BINARIO A DECIMAL	6
3.3.	TABLA DE CONVERSIÓN DEL NÚMERO 0 AL 10 A BINARIO	6
4.	FUNCIONES BÁSICAS.....	6
4.1.	FUNCIÓN IGUALDAD	6
4.2.	FUNCIÓN COMPLEMENTO O NEGACIÓN NOT	7
4.3.	FUNCIÓN SUMA OR.....	7
4.4.	FUNCIÓN PRODUCTO AND.....	8
5.	COMBINACIONES ENTRE FUNCIONES BÁSICAS	8
5.1.	FUNCIÓN SUMA NOR	8
5.2.	FUNCIÓN NAND.....	9
6.	OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN LÓGICA A PARTIR DE LA TABLA DE VERDAD	9
6.1.	IMPLEMENTACIÓN POR “UNOS”	9
6.2.	IMPLEMENTACIÓN POR “CEROS”	10
7.	OPERACIONES, PROPIEDADES Y TEOREMAS BÁSICOS.....	10
8.	SIMPLIFICACIÓN DE FUNCIONES LÓGICAS.....	11
8.1.	POR MANIPULACIÓN ALGEBRÁICA	11
8.2.	TABLAS DE KARNAUGH	11
9.	EJERCICIOS	13

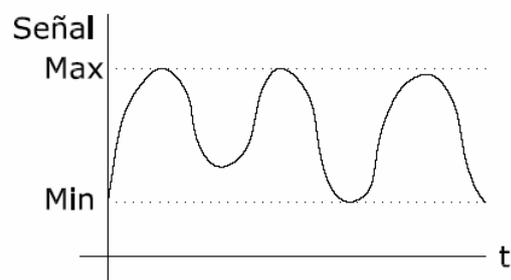
ELECTRÓNICA DIGITAL

1. TIPOS DE SEÑALES

Una señal es la variación de una magnitud que permite transmitir información. Las señales pueden ser de dos tipos:

1.1. SEÑALES ANALÓGICAS

Pueden adquirir infinitos valores entre dos extremos cualesquiera. La variación de la señal forma una gráfica continua.



1.2. SEÑALES DIGITALES

Pueden adquirir únicamente valores concretos, es decir, no varían a lo largo de un continuo. Por ejemplo el estado de una bombilla sólo puede tener dos valores (0 apagada, 1 encendida).

A cada valor de una señal digital se le llama bit y es la unidad mínima de información.



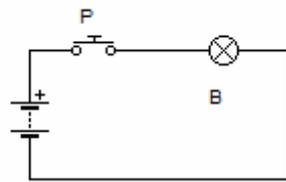
2. REPRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES DIGITALES

Las señales digitales pueden representarse de dos maneras distintas:

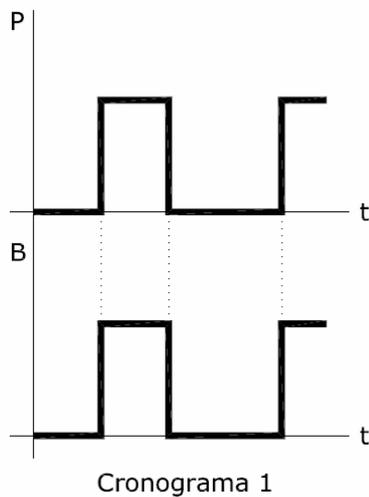
2.1. CRONOGRAMAS

Son diagramas señal-tiempo. Vamos a explicarlo con dos ejemplos

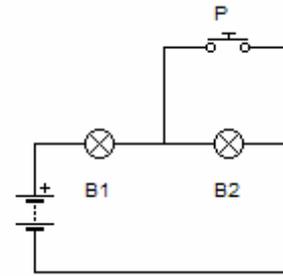
Ejemplo 1: Circuito con pulsador y bombilla



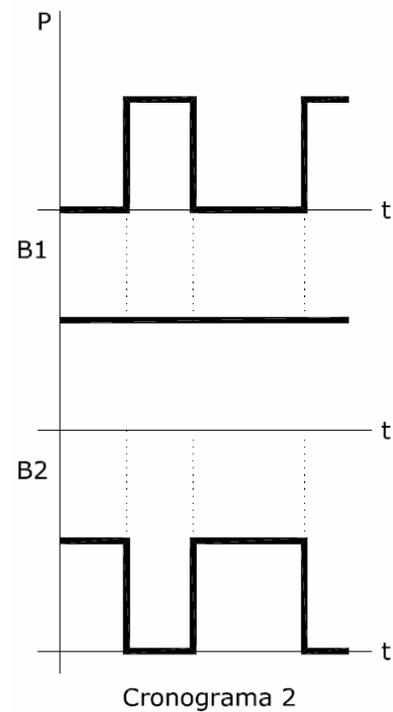
P sin pulsar (0)	Bombilla ON (1)
P pulsado (1)	Bombilla OFF (0)



Ejemplo 2: Circuito con pulsador y dos bombillas



P sin pulsar (0)	B1 ON (1)	B2 ON (1)
P pulsado (1)	B1 ON (1)	B2 OFF (0)

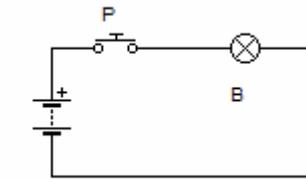


2.2. TABLA DE VERDAD

En este tipo de representación no se utiliza el tiempo. Es una tabla en la que se presentan las señales de entrada así como las señales de salida que corresponden a cada estado.

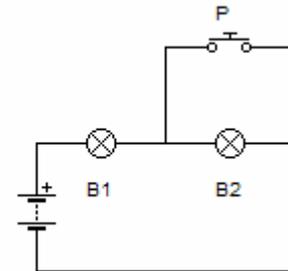
También en este caso lo mostraremos con ejemplos:

Ejemplo 1: Circuito con pulsador y bombilla



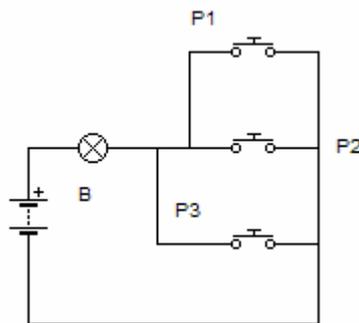
P	B
0	0
1	1

Ejemplo 2: Circuito con pulsador y dos bombillas



P	B1	B2
0	1	1
1	1	0

Ejemplo 3: Circuito con tres pulsadores y una bombilla



P1	P2	P3	B
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

3. SISTEMA BINARIO

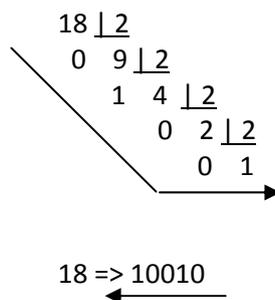
Los ordenadores y en general todos los sistemas que utilizan electrónica digital utilizan el sistema binario. En la electrónica digital sólo existen dos estados posibles (1 ó 0) por lo que interesa utilizar un sistema de numeración en base 2, el sistema binario.

El sistema decimal, o sistema en base 10, utiliza las cifras 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Veremos ahora la conversión de un sistema a otro.

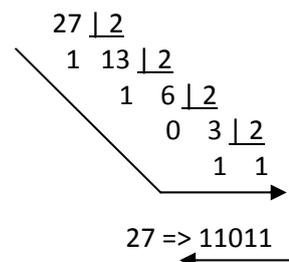
3.1. TRANSFORMACIÓN DE DECIMAL A BINARIO

Se divide el número en decimal por dos hasta que el último cociente sea inferior a 2.

Ejemplo 1: Paso de 18 en decimal a binario



Ejemplo 2: Paso de 27 en decimal a binario



3.2. TRANSFORMACIÓN DE BINARIO A DECIMAL

Se multiplica cada una de las cifras del número en binario en potencias sucesivas de 2.

Ejemplo 1: Paso de 10010 a decimal

$$10010 = 1.2^4 + 0.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 0.2^0 = 18$$

Ejemplo 2: Paso de 11011 a decimal

$$11011 = 1.2^4 + 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0 = 27$$

3.3. TABLA DE CONVERSIÓN DEL NÚMERO 0 AL 10 A BINARIO

0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

4. FUNCIONES BÁSICAS

4.1. FUNCIÓN IGUALDAD

Es aquella en la que la entrada es igual a la salida.

REPRESENTACIÓN
 $a = b$

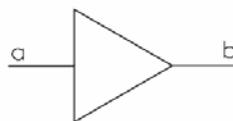
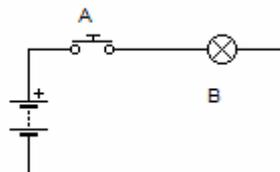


TABLA DE VERDAD

a	b
0	0
1	1

ANALOGÍA ELÉCTRICA



4.2. FUNCIÓN COMPLEMENTO O NEGACIÓN NOT

Es aquella en la que la salida es la complementaria o inversa de la entrada.

REPRESENTACIÓN

$$b = \bar{a}$$

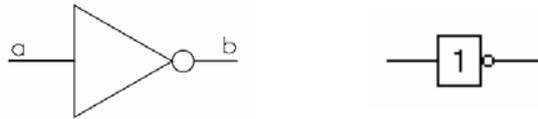
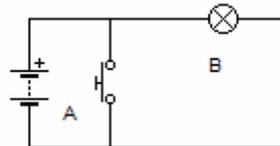


TABLA DE VERDAD

a	b
0	1
1	0

ANALOGÍA ELÉCTRICA



4.3. FUNCIÓN SUMA OR

Es aquella función que es cierta (1) si una o las dos entradas son ciertas (1).

REPRESENTACIÓN

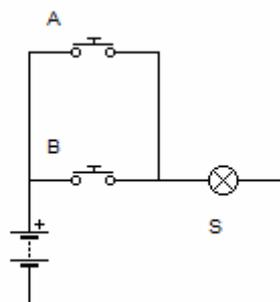
$$S = a + b$$



TABLA DE VERDAD

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

ANALOGÍA ELÉCTRICA



4.4. FUNCIÓN PRODUCTO AND

Es aquella función que es cierta (1) cuando todas y cada una de las variables de entrada son ciertas (1).

REPRESENTACIÓN

$$S = a \cdot b$$

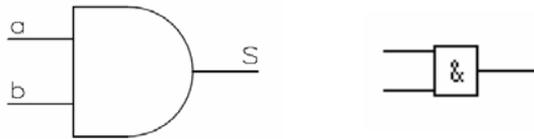
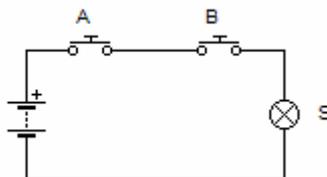


TABLA DE VERDAD

a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ANALOGÍA ELÉCTRICA



5. COMBINACIONES ENTRE FUNCIONES BÁSICAS

5.1. FUNCIÓN SUMA NOR

Equivale a la asociación función OR con la función NO. Por lo tanto estamos negando la salida de la función OR.

REPRESENTACIÓN

$$\overline{(a + b)} = S$$

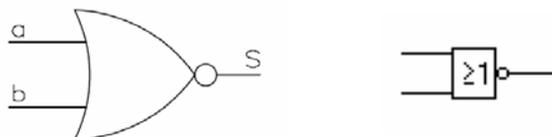
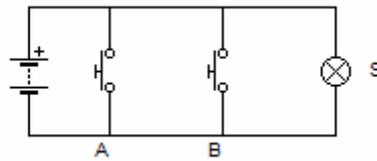


TABLA DE VERDAD

a	b	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

ANALOGÍA ELÉCTRICA



5.2. FUNCIÓN NAND

Como ocurre con la función NOR, la función NAND equivale a la asociación de la función AND y la función NO. Estamos negando la salida de la función AND.

REPRESENTACIÓN

$$\overline{(a \cdot b)} = S$$

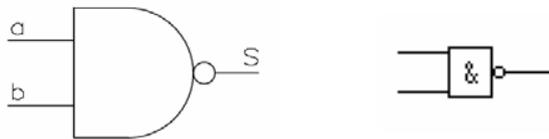
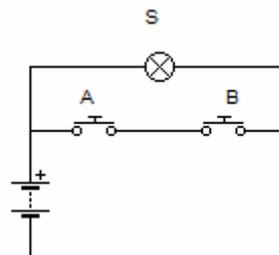


TABLA DE VERDAD

a	b	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ANALOGÍA ELÉCTRICA



6. OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN LÓGICA A PARTIR DE LA TABLA DE VERDAD

El proceso de obtención de la función lógica a partir de cualquier tabla de verdad será el proceso que nos permita, partiendo de unas condiciones a cumplir, implementar (construir) nuestro circuito lógico.

Dicho proceso de obtención se puede hacer de dos maneras diferentes:

6.1. IMPLEMENTACIÓN POR “UNOS”

Será el proceso que utilizemos principalmente por resultar menos lioso. Se trata de aislar en la tabla de verdad las filas cuya salida sea “1”. Para cada fila obtendremos un producto de las variables existentes, considerándolas negadas si en la fila valen “0” y no negadas si valen “1”. Una vez hayamos obtenido todas las filas, sumaremos todos los productos obtenidos.

Veámoslo con un ejemplo:

Si partimos de la siguiente tabla de verdad

A	B	S	
0	0	0	
0	1	1	→ Fila en la que S=1. Para esta fila: $\bar{A} \cdot B$
1	0	0	
1	1	1	→ Fila en la que S=1. Para esta fila: $A \cdot B$

Por lo tanto la función lógica resultante será la siguiente:

$$S = \bar{A} \cdot B + A \cdot B$$

6.2. IMPLEMENTACIÓN POR “CEROS”

En este proceso se invierte todo con respecto al anterior. Se trata de aislar en la tabla de verdad las filas cuya salida sea “0”. Para cada fila obtendremos una suma de las variables existentes, considerándolas negadas si en la fila valen “1” y no negadas si valen “0”. Una vez hayamos obtenido todas las filas, multiplicaremos todos los productos obtenidos.

Veámoslo con un ejemplo:

Si partimos de la siguiente tabla de verdad

A	B	S	
0	0	0	→ Fila en la que S=0. Para esta fila: $A + B$
0	1	1	
1	0	0	→ Fila en la que S=0. Para esta fila: $\bar{A} + B$
1	1	1	

Por lo tanto la función lógica resultante será la siguiente:

$$S = (A + B) \cdot (\bar{A} + B)$$

Se puede comprobar que las dos funciones obtenidas son equivalentes y dan como resultado la misma tabla de verdad de la que hemos partido.

7. OPERACIONES, PROPIEDADES Y TEOREMAS BÁSICOS

A continuación se describen las operaciones más importantes a realizar con las funciones lógicas, las cuales serán de suma importancia sobre todo a la hora de simplificarlas para posteriormente implementarlas (realizarlas) con puertas lógicas.

POSTULADOS BÁSICOS

1	$A+0=A$
2	$A+1=1$
3	$A+A=A$

4	$A + \bar{A} = 1$
5	$A \cdot 0 = 0$
6	$A \cdot 1 = A$
7	$A \cdot A = A$
8	$A \cdot \bar{A} = 0$
9	$\bar{\bar{A}} = A$

PROPIEDADES

Conmutativa	$A + B = B + A$	$\bar{A} \cdot B = B \cdot A$
Asociativa	$A + B + C = A + (B + C)$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
Distributiva	$A (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$

TEOREMAS

1	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$
2	$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$

8. SIMPLIFICACIÓN DE FUNCIONES LÓGICAS

Existen varios métodos de simplificar funciones lógicas, este curso sólo veremos las siguientes:

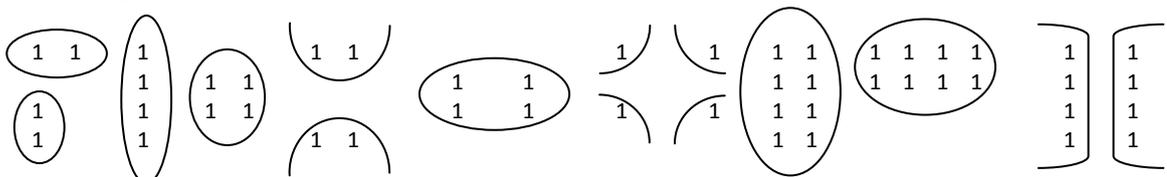
8.1. POR MANIPULACIÓN ALGEBRÁICA

Se simplifica sustituyendo las operaciones usando los postulados, propiedades y teoremas descritos en el punto anterior. Lógicamente sólo se aplicaran aquellos que se puedan aplicar.

8.2. TABLAS DE KARNAUGH

Es un sistema muy utilizado para simplificar funciones lógicas complejas, sobre todo con varias variables (hasta 5 ó 6). Como bases fundamentales se deben establecer:

- Se puede simplificar únicamente en potencias de 2, es decir 1 (20), 2(21), 4(22), 8(23), 16(24), 32(25), etc
- En cada celda solo puede cambiar un bit (dato) respecto de la anterior
- Los agrupamientos se pueden hacer de múltiples modos



EJEMPLO:

Supongamos que al plantear el problema obtenemos la siguiente tabla de verdad

a	b	c	S
0	0	0	1
0	0	1	0

0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

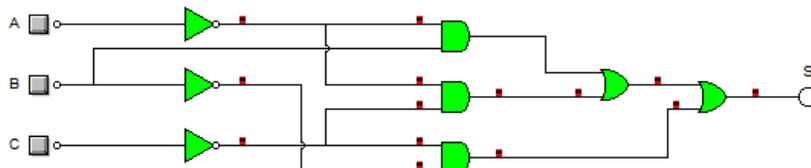
Lo siguiente que hacemos es plantear la tabla de Karnaugh, trasladando las combinaciones de la tabla de verdad a esta nueva tabla. Obsérvese como de una columna a otra sólo cambia un bit.

	AB	0 0	0 1	1 0	1 1
C	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	0

A continuación nos fijamos en que tiene en común cada agrupación, desechando la variable que cambia de valor en cada agrupamiento y combinando las restantes para obtener la función lógica

$$S = \bar{A} \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot \bar{C}$$

Por último planteamos el esquema o circuito lógico



9. EJERCICIOS

1. Transforma los siguientes números al sistema binario:

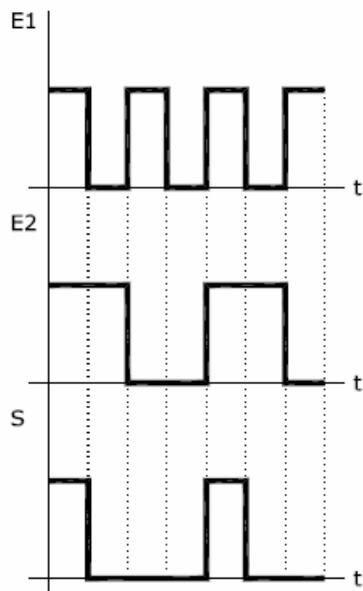
- a. 21
- b. 112
- c. 37
- d. 529
- e. 61
- f. 214
- g. 232
- h. 28

2. Transforma los siguientes números binarios a decimales :

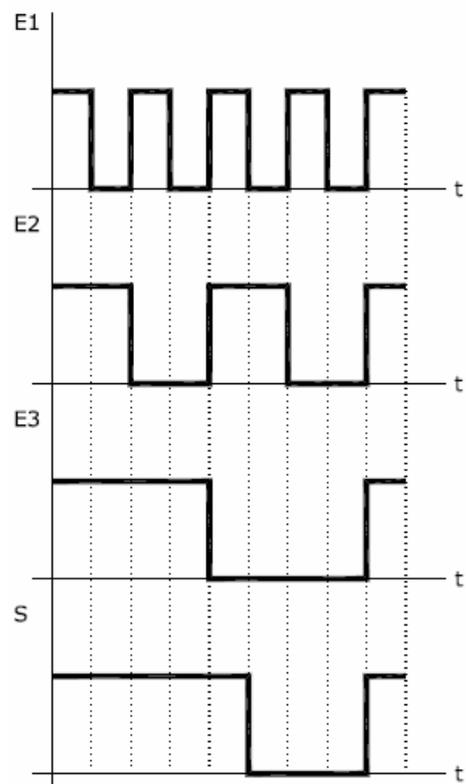
- i. 1110001
- j. 110001
- k. 1010101
- l. 100
- m. 10111
- n. 11001101

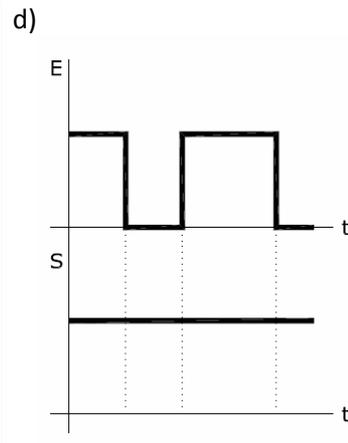
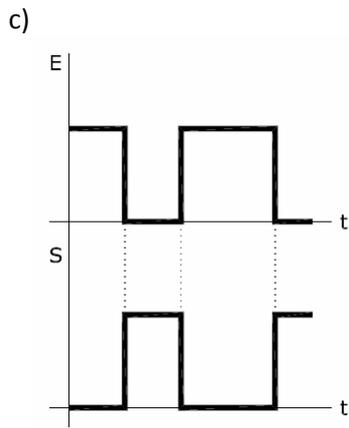
3. Transforma los siguientes cronogramas en tablas de verdad. (E=Entrada, S=Salida).

a)



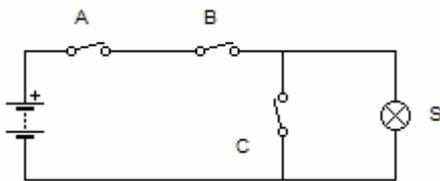
b)



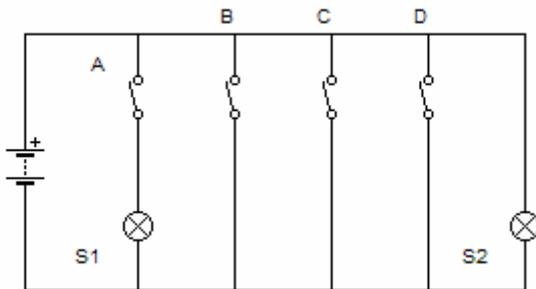


4. Realiza las tablas de verdad de los siguientes circuitos eléctricos:

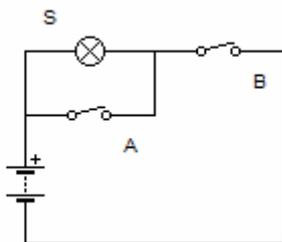
a)



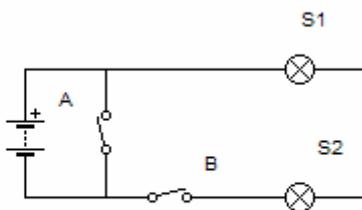
b)



c)



d)

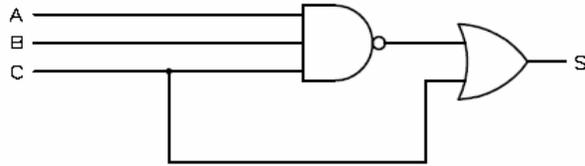


5. Obtener la tabla de verdad de la siguiente función:

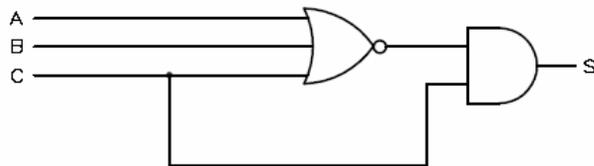
$$S = A(\bar{B} + BC + \bar{C})$$

6. Realiza la tabla de verdad de los siguientes circuitos, obteniendo primero la función lógica de salida.

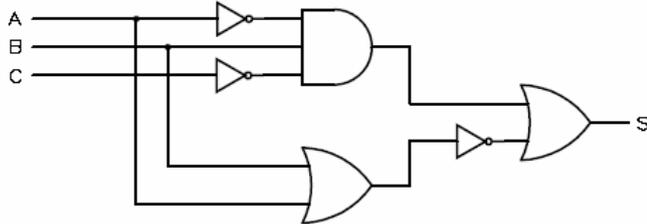
a)



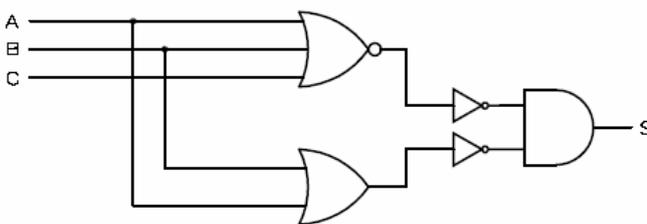
b)



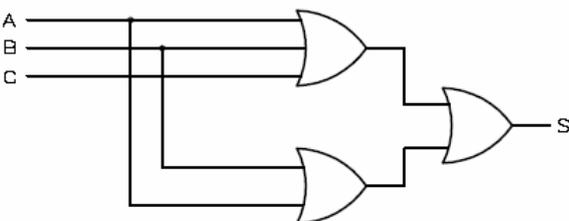
c)



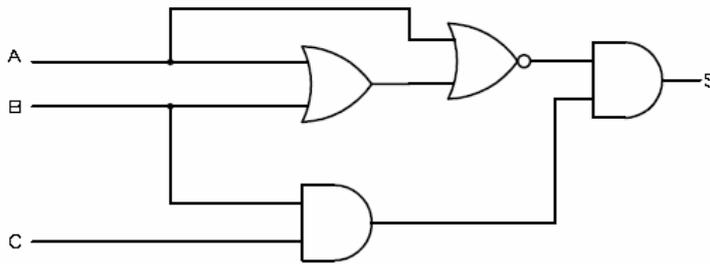
d)



e)



f)



7. Implementar con puertas lógicas la siguiente función:

$$S = AB + A(\overline{D} + C)$$

8. Implementar con puertas lógicas la siguiente función:

$$S = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD$$

9. Simplificar la siguiente expresión:

$$S = A\overline{B} + ABC + A\overline{B}C + AB$$

10. Simplificar por Karnaugh la siguiente función:

$$S = AB + A(\overline{D} + C)$$

11. Se pretende gobernar una lámpara con dos interruptores A y B, cumpliéndose que cada vez que varíe el estado de cualquier interruptor, varíe también el estado de la lámpara. Cuando A y B están a nivel bajo la lámpara está apagada. Representar la tabla de verdad, la función lógica simplificada y la implementación de la misma con puertas lógicas.

12. En una casa hay dos puertas, una trasera y una delantera. En ella se ha montado un sistema de alarma que funciona, cuando se conecta la alarma, de modo que cuando se abre cualquiera de las dos puertas la alarma se activa. Escribe la tabla de verdad y el circuito lógico.

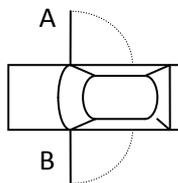
13. Diseñar un sistema en el que dado en binario un número del 0 al 7, nos indique si dicho número se encuentra entre el 0 y el 5, ambos incluidos (salida X1); y si dicho número está entre el 3 y el 7 ambos incluidos (salida X2).

14. Diseñar un circuito con puertas lógicas que nos indique si un número inferior a 10, codificado en binario, es primo (1) o no (0).

15. Un sistema de alarma está constituido por cuatro detectores denominados A, B, C y D. El sistema debe activarse cuando se activen 3 ó 4 detectores. Si sólo lo hacen 2 detectores es indiferente la activación o no del sistema. Por último el sistema no deberá activarse si se dispara un único detector o ninguno. Por razones de seguridad el sistema se deberá activar si $A=0, B=0, C=0$ y $D=1$. Diseñar el circuito con puertas lógicas.

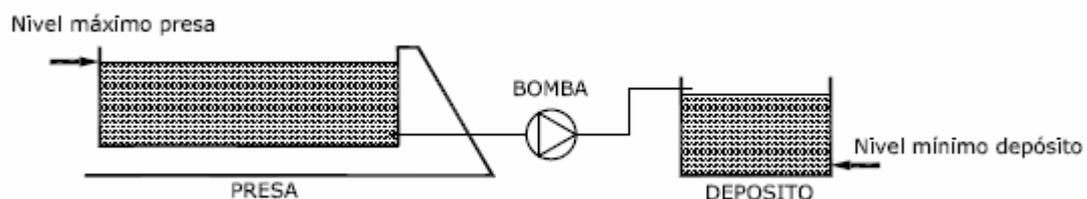
16. Un motor es controlado mediante 3 pulsadores A, B y C. Diseñar un circuito de control por medio de puertas lógicas que cumpla las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Si se pulsán los 3 pulsadores a la vez el motor se activa.
 - Si se pulsán 2 pulsadores cualesquiera el motor se activa, pero se enciende una lámpara adicional.
 - Si se pulsa un solo pulsador, sólo se enciende la lámpara.
 - Si no se pulsa ningún pulsador, ni el motor ni la lámpara se activan.
17. Tenemos un ascensor para un edificio de 9 plantas que envía información del piso en el que se encuentra la cabina por medio de un número binario codificado. Queremos realizar un circuito que nos avise cuando dicha cabina esté en las plantas baja, 3ª, 4ª, 5ª y 9ª. Obtener la tabla de verdad, la función lógica simplificada e implementar con puertas lógicas.
18. Una habitación dispone para encender una lámpara de 5 interruptores. La lámpara debe estar encendida si el número de interruptores accionados es impar. En caso contrario debe estar apagada.
19. Un proceso químico tiene tres indicadores de temperatura digitales. Cada indicador dará salida "1" si la temperatura está por encima del valor tarado. Diseñar un circuito digital para que detecte cuando la temperatura del proceso esté comprendida entre T1 y T2 o también sea superior a T3 ($T1 < T2 < T3$). Obtener la tabla de verdad del circuito, la función lógica de salida, simplificar dicha función e implementar el circuito con puertas lógicas.
20. En un coche en el que se indican la posición de los pulsadores de luz interior de las dos puertas (puntos A y B), al abrir una o las dos puertas se activa el correspondiente pulsador y se enciende la luz interior. Escribe la tabla de la verdad para controlar el funcionamiento de la bombilla, el circuito lógico y la puerta lógica que se necesita.

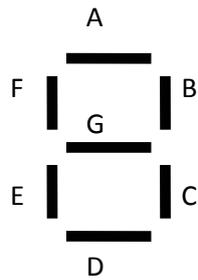


21. Para el aprovisionamiento de un pueblo, se dispone de un depósito que se llena con el agua que se bombea desde una presa. La bomba es accionada cuando se cumplen las dos condiciones siguientes:
- Cuando el nivel del depósito ha descendido hasta un nivel mínimo por lo que es necesario suministrarle agua.
 - El nivel de la presa es superior a un nivel máximo predeterminado.

Escribe la tabla de verdad para el sistema de control de la bomba y el circuito lógico de control.



22. Diseñar un codificador que teniendo por entrada los números del 0 al 7 en el sistema binario se vean en un display digital.



23. Diseñar un circuito lógico de manera que teniendo por entrada un nº binario de 4 bits (valores decimales del 0 al 15), se obtengan 5 salidas, una que nos exprese las decenas (1 bit), y otras 4 que nos expresen las unidades. Ejemplos:

- Entrada 11(1011) → Salidas : Decenas 1
Unidades:0001
- Entrada 15(1111) → Salidas : Decenas 1
Unidades:0101
- Entrada 3 (0011) → Salidas : Decenas 0
Unidades:0011

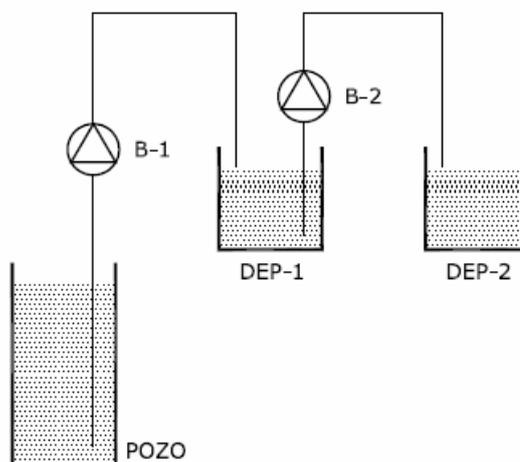
24. Diseñar un circuito lógico con el cual se consigan comparar dos números A(A1,A2) y B(B1,B2) de 2bits en 3 categorías:

- A>B
- A=B
- A<B

25. Diseñar un circuito lógico que controle dos motobombas que extraen agua, la primera de un pozo P y lo lleva a un depósito D1, la segunda extrae agua de D1 y la lleva a otro depósito D2. Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

- Funcionaran las bombas siempre que esté lleno el lugar de donde se extrae el agua y esté vacío el depósito a llenar.
- Que no funcionen las dos bombas a la vez.

Los niveles los indican unos sensores que marcan 0 si el depósito o el pozo está vacío, y 1 si están llenos.



26. Diseñar una calculadora que reste dos números de 2 bits A y B. (Debe haber una salida que indique si el resultado es positivo o negativo).

27. Necesitamos seleccionar candidatos para un puesto de trabajo que cumplan los siguientes requisitos:

- Ingenieros Técnicos que vivan en la localidad o tengan coche.
- No titulados con más de 5 años de experiencia que vivan en la localidad o tengan coche.
- Recomendados

Se pide:

- Variables de entrada de la función lógica.
- Variables de salida.
- Función por la que obtenemos la variable de salida en función de las variables de entrada.

28. Diseñar un circuito que sume o reste dos entradas A y B, según el valor de una tercera C. Si $C=0$, aparecerá en la salida el valor de $A+B$. Si $C=1$ se realizará la operación $A-B$. Asimismo el circuito contará con una salida adicional en la que aparecerá el posible acarreo en la suma binaria o el préstamo en la resta.