Departamento de tecnología

Electrónica digital IES GUADIANA 4º ESO

Mª Cruces Romero Vallbona.

Curso 2012-2013

Electrónica digital 4º ESO

1. Señales y tipos

Como vimos en el tema anterior, la electrónica es la rama de la ciencia que se ocupa del estudio de los circuitos y de sus componentes que permiten modificar la corriente eléctrica amplificándola, atenuándola, rectificándola y filtrándola y que aplica la electricidad al tratamiento de la información. Por otro lado el término digital deriva de la forma en que las computadoras realizan las operaciones; i.e. contando dígitos o números.

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

Señales analógicas: aquellas donde la señal puede adquirir infinitos valores entre dos extremos cualesquiera. La variación de la señal forma una gráfica continua. La mayoría de las magnitudes en la naturaleza toman valores continuos, por ejemplo la temperatura. Para pasar de 20 a 25ºC, la temperatura irá tomando los infinitos valores entre 20 y 25ºC.

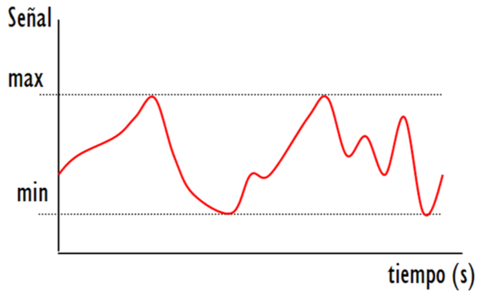


Fig 1: Ejemplo de señal analógica.

Señales digitales: las cuales pueden adquirir únicamente valores concretos; i.e. no varían de manera continua.

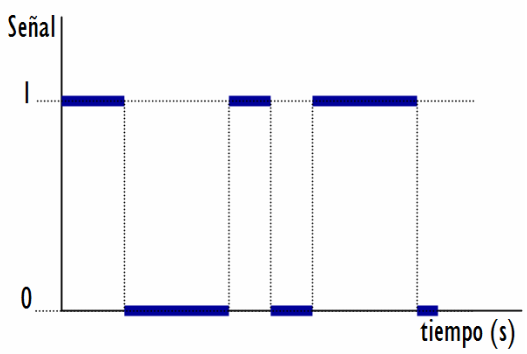


Fig 2: Ejemplo de señal digital.

Para nosotros los sistemas digitales que tienen mayor interés, por ser los que se pueden implementar electrónicamente, son los sistemas binarios. Un **sistema binario** es aquel en el que las señales sólo pueden tomar dos valores, que representaremos de ahora en adelante con los símbolos 0 y 1. 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. Ventajas y desventajas de los sistemas digitales

El mejor argumento a favor de la mayor flexibilidad de los sistemas digitales se encuentra en los actuales ordenadores o computadoras digitales, basados íntegramente en diseños y circuitos digitales. Las principales ventajas de los sistemas digitales respecto a los analógicos son:

- Mayor facilidad de diseño, púes las técnicas están bien establecidas.
- El ruido (fluctuaciones de tensión no deseadas) afecta menos a los datos digitales que a los analógicos), ya que en sistemas digitales sólo hay que distinguir entre valor alto y valor bajo.
- Las operaciones digitales son mucho más precisas y la transmisión de señales es más fiable porque utilizan un conjunto discreto de valores, fácil de diferenciar entre sí, lo que reduce la probabilidad de cometer errores de interpretación.
- Almacenamiento de la información menos costoso

Los sistemas digitales presentan el inconveniente de que para transmitir una señal analógica debemos hacer un muestreo de la señal, codificarla y posteriormente transmitirla en formato digital y repetir el proceso inverso. Para conseguir obtener la señal analógica original todos estos pasos deben hacerse muy rápidamente (aunque los sistemas electrónicos digitales actuales trabajan a velocidades lo suficientemente altas como para realizarlo y obtener resultados satisfactorios).

3. Operaciones binarias

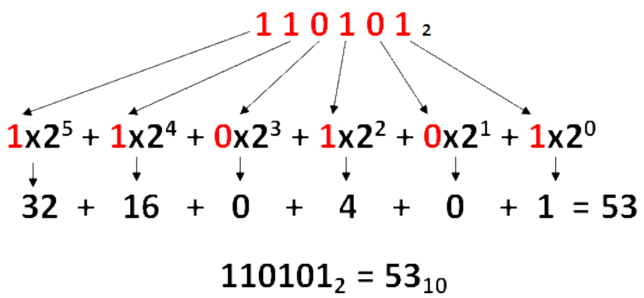
Los ordenadores y en general todos los sistemas que utilizan electrónica digital utilizan el sistema binario. En la electrónica digital sólo existen dos estados posibles (1 o 0) por lo que interesa utilizar un sistema de numeración en base 2, el sistema binario. Dicho sistema emplea únicamente dos caracteres, 0 y 1. Estos valores reciben el nombre de **bits** (dígitos binarios). Así, podemos decir que la cantidad 10011 está formada por 5 bits.

Al igual que en el sistema decimal, la información transportada en un mensaje binario depende de la posición de las cifras. Por ejemplo, en la notación decimal, sabemos que

hay una gran diferencia entre los números 126 y 621. ¿Cómo sabemos esto? Porque los dígitos (es decir, el 6, el 2 y el 1) se encuentran en posiciones diferentes.
Los grupos de bits (combinaciones de ceros y unos) se llaman **códigos** y se emplean para representar números, letras, instrucciones, símbolos. Cada bit dentro de una secuencia ocupa un intervalo de tiempo definido llamado **periodo del bit**. En los sistemas digitales todas las señales han de estar sincronizadas con una señal básica periódica llamada **reloj** .

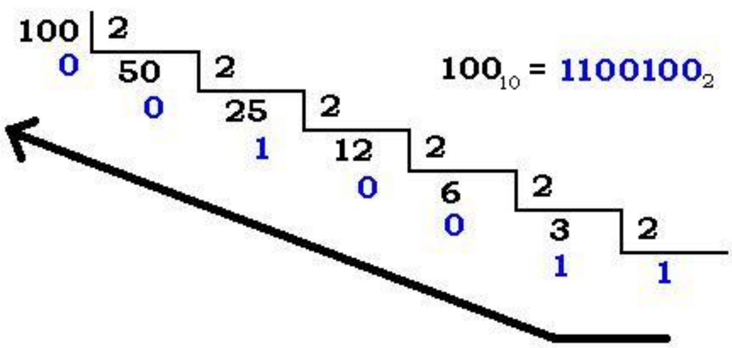
3.1. Transformación de binario a decimal.

Para pasar de binario a decimal se multiplica cada una de las cifras del número en binario en potencias sucesivas de 2.



3.2. Transformación de decimal a binario.

El convertir un número decimal al sistema binario es muy sencillo: basta con realizar divisiones sucesivas por 2 hasta que el último cociente sea inferior a 2 y escribir los restos obtenidos en cada división en orden inverso al que han sido obtenidos.

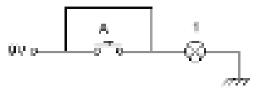
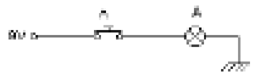
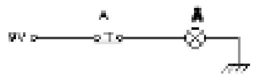
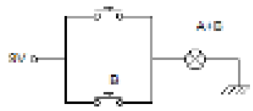
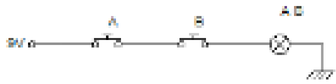


4. Funciones lógicas y tabla de verdad.

Dentro de los sistemas digitales nos centraremos en el estudio de los llamados **sistemas digitales combinacionales**, que se definen, como aquel los sistemas en el que las salidas son solamente función de las entradas actuales, es decir, dependen únicamente de las combinaciones de las entradas, de ahí su nombre. Estos sistemas se pueden representar a través de una función digital del tipo F(X) = Y, donde X representa todas las entradas posibles e Y el conjunto de todas las salidas posibles.

Un ejemplo sencillo de sistema combinacional es un portaminas. En este sistema sólo son posibles dos acciones o entradas (pulsar o no pulsar), y sólo son posibles dos salidas (salir la mina o no hacer nada). El sistema es combinacional porque, siempre que se aplique una entrada, la respuesta del sistema sólo depende de esa entrada.
Las relaciones entre variables de entrada y salida se pueden representar en una **tabla de verdad.** Una **tabla de verdad** es una tabla que indica qué salida va a presentar un circuito para cada una de las posibles combinaciones de sus entradas. (El número total de combinaciones es 2^n, siendo n el número de las entradas).

También se pueden ver estos ejemplos utilizando interruptores.

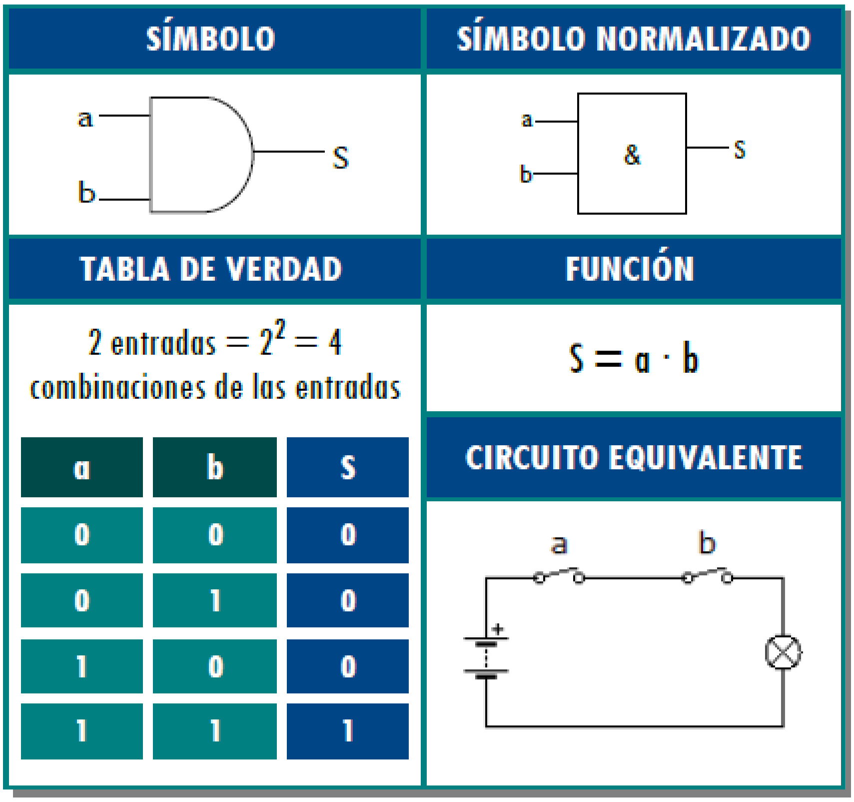
NOMBRE DE LA FUNCIÓN	TABLA DE VERDAD	ESQUEMA ELÉCTRICO
Cero $F = 0$	A | F = 0 0 | 0 1 | 0	
Identidad $F = 1$	A | F = 1 0 | 1 1 | 1	
Igualdad $F = A$	A | F 0 | 0 1 | 1	
Negación $F = \bar{A}$	A | F 0 | 1 1 | 0	
Suma o Unión $F = A + B$	A | B | F 0 | 0 | 0 0 | 1 | 1 1 | 0 | 1 1 | 1 | 1	
Producto o Intersección $F = A \cdot B$	A | B | F 0 | 0 | 0 0 | 1 | 0 1 | 0 | 0 1 | 1 | 1	

5. Puertas lógicas

Una **puerta lógica** no es ni más ni menos que un circuito electrónico especializado en realizar operaciones lógicas, es decir, que en función de las variables de entrada obtenemos un valor de salida.Las puertas lógicas fundamentales son tres AND, OR y NOR): Combinando algunas de las puertas anteriores podemos obtener otras nuevas (NAND, NOR, XOR, XNOR.....).

5.1. Puerta AND (y)

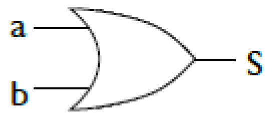
Aquella en la que la señal de salida (S) será un **1** solamente en el caso de que todas (dos o más) señales de entrada sean **1**. Las demás combinaciones posibles de entrada darán una señal de salida de **0**. Dicho de otra manera, realiza la función lógica de multiplicación.



5.2 . Puerta lógica OR (o)

Realiza la función lógica de la suma lógica.Por consiguiente, la señal de salida será un 1 siempre que alguna de las señales de entrada sea un 1.

SÍMBOLO



SÍMBOLO NORMALIZADO

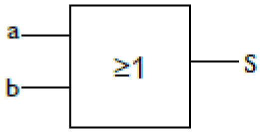


TABLA VERDAD

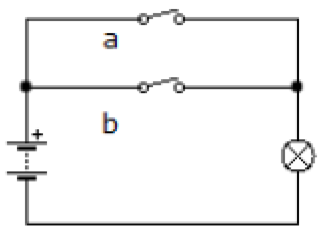
2 entradas = $2^2 = 4$ combinaciones de las entradas

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

FUNCIÓN

$S = a + b$

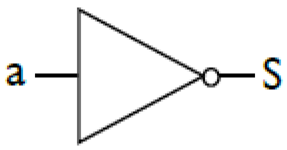
CIRCUITO EQUIVALENTE



5.3 Puerta lógica NOT (NO)

Realiza la operación lógica de inversión o complementacióni.e. cambia un nivel lógico al nivel opuesto. En este caso la puerta sólo tiene una entrada.

SÍMBOLO



SÍMBOLO NORMALIZADO

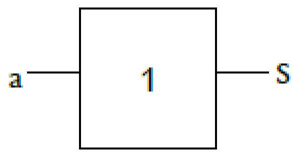


TABLA DE VERDAD

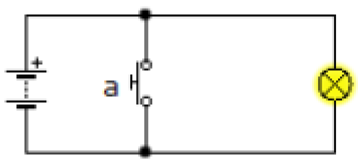
1 entrada = $2^1 = 2$ combinaciones de entradas

a	S
0	1
1	0

FUNCIÓN

$S = \overline{a}$

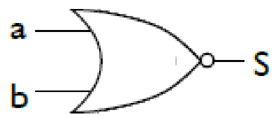
CIRCUITO EQUIVALENTE



5.4. Puerta lógica NOR

La función toma valor lógico 1 cuando las entradas valen 0. Es la negación de la OR, de modo que combinando una puerta OR y una NOT obtendríamos la nueva puerta NOR.

SÍMBOLO | **SÍMBOLO NORMALIZADO**



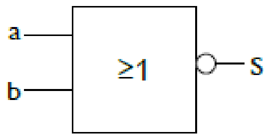


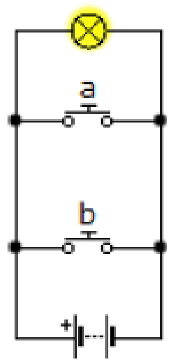
TABLA DE VERDAD

2 entradas $= 2^2 = 4$
combinaciones de las entradas

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

FUNCIÓN

$$S = \overline{a+b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$$



5.5 Puerta lógica NAND

La función toma valor lógico 1 cuando las entradas valen 0. Es la negación de la AND, de manera que combinando una puerta AND y una NOT obtendríamos la nueva puerta NAND.

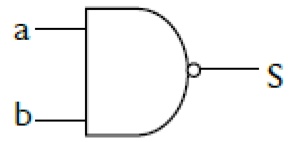
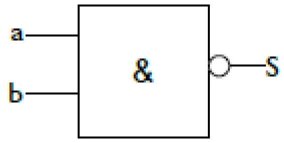
SÍMBOLO	SÍMBOLO NORMALIZADO
	

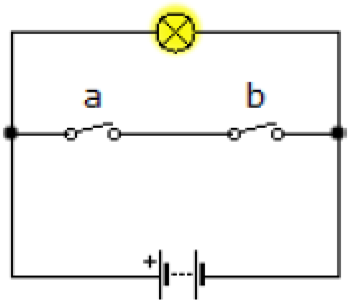
TABLA VERDAD

2 entradas $= 2^2 = 4$ combinaciones de las entradas

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

FUNCIÓN

$$S = \overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$$

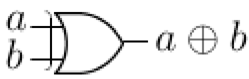


5.6. Puerta lógica XOR

La **puerta XOR**, **compuerta XOR** o **OR exclusiva** es una puerta lógica digital que se comporta de acuerdo a la tabla de verdad mostrada a la derecha. Cuando todas sus entradas son distintas entre sí para dos entradas A y B, o cuando el número de 1 (unos) da una cantidad impar para el caso de tres o más entradas, su salida está en 1.

XOR

a	b	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



6. Resolución de problemas

Para llevar a buen término la resolución de problemas deberemos seguir un orden determinado. Para poderlo explicar emplearemos el siguiente enunciado.

Implementar con puertas lógicas un sistema para determinar si un nº entre 0 y 7 es número primo.

1. Identificar las entradas y salidas: en los enunciados se dan las condiciones a partir de las cuales identificaremos las entradas y salidas. En el ejemplo, como debemos obtener números entre 0 y 7 debemos emplear 3 entradas (2^3 -1 =7) con una única salida.

2. Crear la tabla de verdad a partir de del enunciado: en nuestro caso pondremos como salida un 1 en todos los casos donde las combinaciones binarias corresponden a un número primo (2,3,5 y 7).

Nº representado	a	b	c	S
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

3. Obtener la función lógica a partir de la tabla de verdad: podemos elegir por dos opciones, implementación Minterms o Maxterms.

- Implementación por MINTERMS:
  Se obtiene tomando sumando todos los productos lógicos de la tabla de verdad cuya salida sea 1. <u>Las entradas con 0 se consideran negadas, y las entradascon 1 no negadas</u>.

a	b	c	S	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	1	$f = \bar{a}\cdot b\cdot\bar{c}$
0	1	1	1	$f = \bar{a}\cdot b\cdot c$
1	0	0	0	
1	0	1	1	$f = a\cdot\bar{b}\cdot c$
1	1	0	0	
1	1	1	1	$f = a\cdot b\cdot c$

La 1ª forma canónica (F1) en nuestro ejemplo será:

$$F_1 = \bar{a}\cdot b\cdot\bar{c} + \bar{a}\cdot b\cdot c + a\cdot\bar{b}\cdot c + a\cdot b\cdot c$$

- Implementación por MAXTERM:

  Se obtiene multiplicando todas las sumas lógicas de la tabla de verdad cuya salida sea 0. <u>Las entradas con 0 se consideran no negadas, y las entradascon 1 negadas</u>.

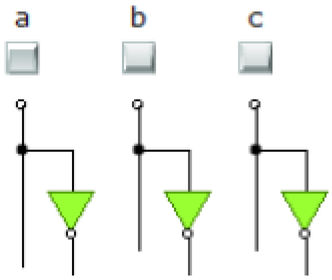
a	b	c	S	
0	0	0	0	$f = a + b + c$
0	0	1	0	$f = a + b + \bar{c}$
0	1	0	1	
0	1	1	1	
1	0	0	0	$f = \bar{a} + b + c$
1	0	1	1	
1	1	0	0	$f = \bar{a} + \bar{b} + c$
1	1	1	1	

$$F_2 = (a + b + c) \cdot (a + b + \bar{c}) \cdot (\bar{a} + b + c) \cdot (\bar{a} + \bar{b} + c)$$

Las formas canónicas obtenidas deben ser lo más simples posibles, por lo que deben intentarse simplificar con el objeto de reducir el coste, ocupar menos espacio y aumentar la fiabilidad del circuito. Métodos de simplificación tales como los mapas de Karnaugh,métodos algebraicos, de Quine-McCluskey... (que no estudiaremos) intentan obtener una función lógica equivalente a la anterior; es decir, que con las mismas entradas, proporcione las mismas salidas, pero con el menor número de términos posible y cada término con el menor número de variables posible.

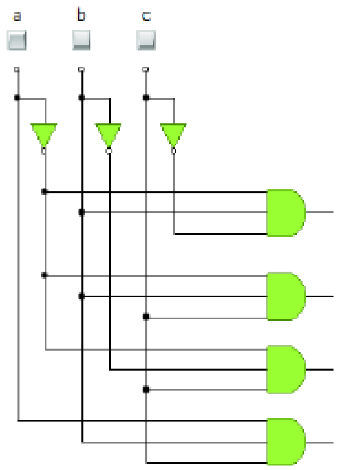
4. Implementar el circuito empleando puertas lógicas a partir de las funciones obtenidas**:**

Para ello se dibujarán tantos terminales lógicos de entrada (inputs) como variables de las que dependa la función (tres en nuestro ejemplo). Estos terminales deberían incluir, en caso necesario) sus valores negados utilizando puertas NOT.

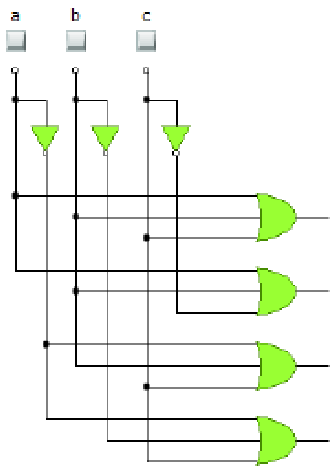


A continuación conectamos las variables de cada término con puertas AND (si empleamos la 1ª forma canónica) o OR (si usamos la 2ª forma canónica). Si sólo hay dos entradas se usará una sola puerta, si hay tres o más se irán añadiendo puertas.

Para F1:

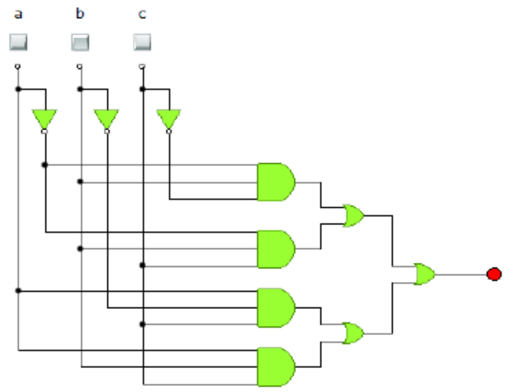


Para F2:

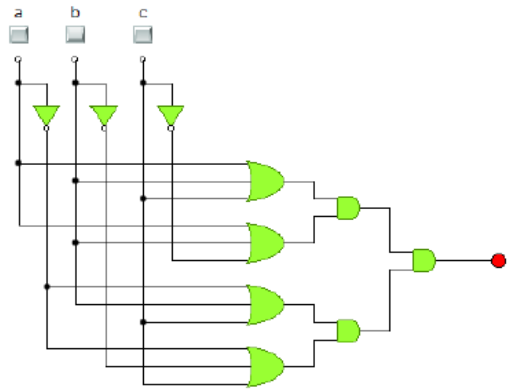


Seguidamente, conectaremos las salidas de las últimas puertas AND (de cada sumando) o OR (de cada producto) utilizando puertas OR (suma) o AND (producto), respectivamente. De esa manera conseguiremos implementar las operaciones correspondientes.

Así, si usamos la 1ª forma canónica tendremos el siguiente circuito:



Si partimos de la 2ªforma canónica tendremos el siguiente circuito:



EJERCICIO RESUELTO: SISTEMA DE SEGURIDAD DE UNA VIVIENDA

Se desea instalar un sistema de alarma en una vivienda compuesto por dos sensores (a y b) en sendas ventanas, y un interruptor de la alarma (c). Cuando el sistema está activado (se cerrará el interruptor), un timbre deberá sonar al abrir alguna o las dos ventanas. Si el sistema no está activado, el timbre no sonará aunque se abra alguna de las ventanas. Implementar un circuito electrónico digital empleando puertas NOT, OR y AND para el control del sistema

➔ Identificamos 3 entradas (a,b y c) y la salida (S), asignando los siguientes valores lógicos 0 y 1 a los estados físicos: entradas y salidas:

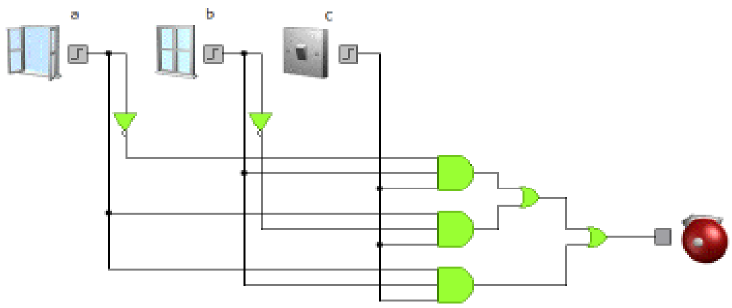
✗ Ventanas: cerradas (0), abiertas (1) ✗ Interruptor: abierto (0), cerrado (1) ✗ Alarma sonora : inactiva (0), activa (1)

➔ Elaboramos la tabla de verdad y obtenemos la 1ª forma canónica (en la salida hay más 1s que 0s).

a	b	c	S	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	1	$f = \bar{a}\cdot b\cdot c$
1	0	0	0	
1	0	1	1	$f = a\cdot \bar{b}\cdot c$
1	1	0	0	
1	1	1	1	$f = a\cdot b\cdot c$

$$F_1 = \bar{a}\cdot b\cdot c + a\cdot \bar{b}\cdot c + a\cdot b\cdot c$$

➔ Finalmente implementamos el circuito:

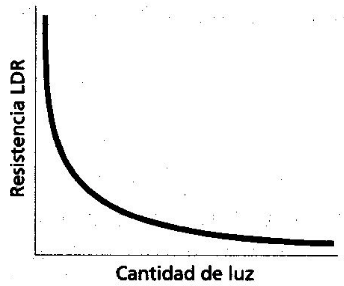


7. Ejercicios:

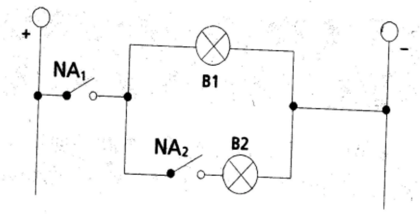
1. Convierte los siguientes números decimales a binarios. Haz todo el proceso:
29, 45, 125, 293, 100, 1004

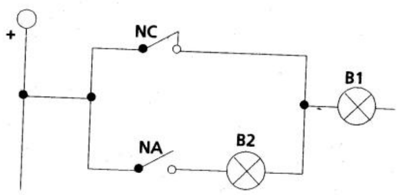
2. Convierte los siguientes números binarios a decimales:
1010, 101, 1000110, 111110, 11001100, 111000

3. En la siguiente gráfica se muestra la característica de la resistencia de una LDR en función de la luz que recibe. ¿Qué tipo de magnitud es esta resistencia?

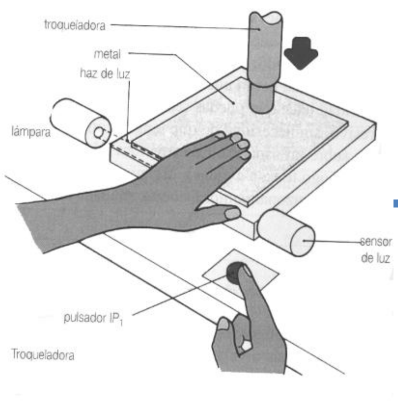


4. Establecer la tabla de verdad y representar la puerta lógica de los siguientes circuitos. ¡ojo! Los circuitos tienen dos bombillas b1 y b2, cada bombilla es una salida, por tanto tenéis que hacer una tabla de verdad para cada bombilla

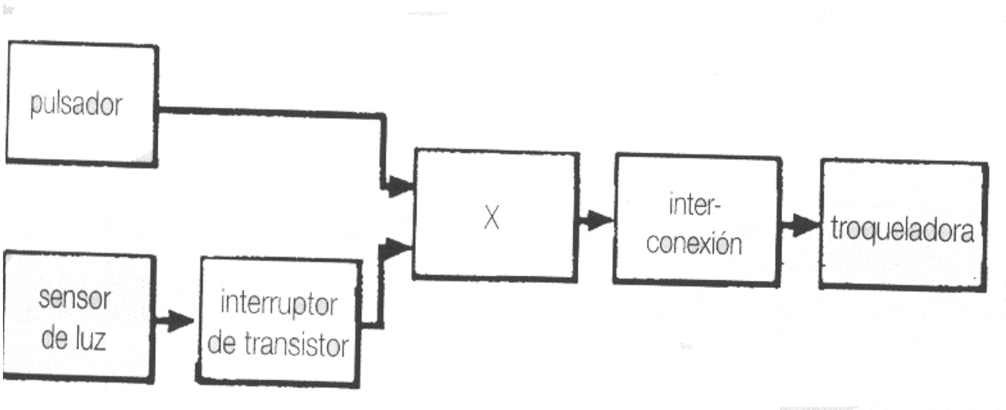




5. Una troqueladora se carga manualmente con piezas planas metálicas. Un sensor de luz detecta la presencia del brazo del operario. La máquina estampa cuando se pulsa IP1, pero solamente si se ha retirado el brazo del operario. Si el sensor de luz da salida 0 cuando el haz de luz es interrumpido y el interruptor de presión da salida 1 cuando está cerrado. ¿Qué tipo de puerta lógica debería estar en la casilla X para permitir que la máquina funcione sin peligro?



6. En el dibujo se ve el diagrama de bloques de un sistema de control. Si la entrada en A es lógico 1 y B es lógico 0, ¿Cuáles serán los valores en C, D y E?

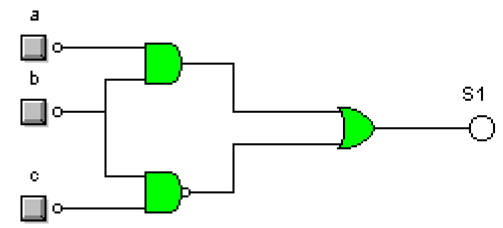


7. Realiza la tabla de la verdad y el circuito electrónico de las siguientes funciones.

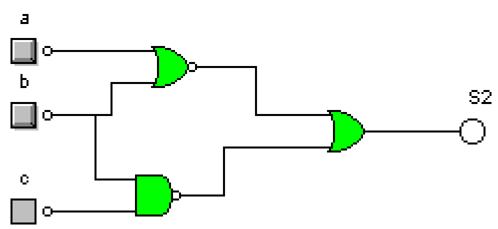
$S1=a.b+a.c$ $S2=a+\overline{(b.c)}$ $S3=\overline{a}+\overline{b}$ $S4=(\overline{a}+b).\overline{(b+c)}$

8. Determina la función resultante y la tabla de la verdad de estos circuitos.

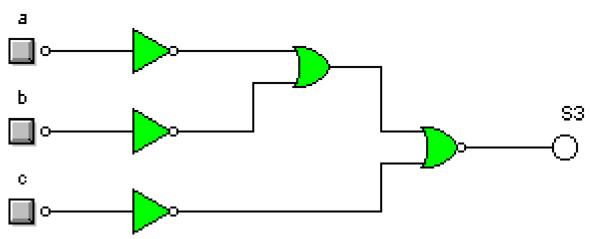
1



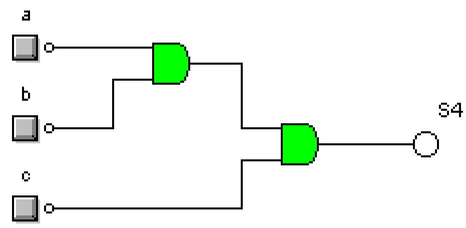
2



3



4



9. A partir de las tablas de la verdad siguientes determina la función y dibuja el esquema de puertas.

a	b	c	S1
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

a	b	c	S2
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

a	b	c	S3
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

10. Para controlar el sistema de alarma de una casa se ha pensado utilizar las siguientes variables lógicas.

a.- Alarma activada.

b.- Señal de humo

c.- Presencia de persona

Se desea que haya dos salidas o funciones, determina la función y el esquema.

- Salida 1, antiincendios, se activa si está activada la alarma, está activada la señal de humo y no está activada la señal de presencia de persona.

- Salida 2, intruso en casa, se activa si está activada la alarma y la señal de presencia humana.

11. Se desea controlar la puerta de un garaje, mediante las siguientes variables. Queremos que siempre que llegue alguien la puerta se abra. Las salidas son S1 (abrir puerta), S2 (cerrar puerta). Realizar las funciones.

a.- Presencia de persona.

b.- Puerta abierta.

c.- puerta cerrada.

12. Para abrir una puerta tenemos que diseñar una llave electrónica.

El sistema tendrá 6 pulsadores (6 variables digitales). La salida digital de una función dará la apertura de la puerta.

Diseñar un circuito digital para que al pulsar de esta manera los pulsadores se abra la puerta.

Pulsador A pulsado (1)	Pulsador D no pulsado (0)
Pulsador B no pulsado (0)	Pulsador E pulsado (1)
Pulsador C pulsado (1)	Pulsador F no pulsado (0)

13. Para controlar la apertura y cerrado de una puerta automática se tienen las siguientes variables:

a.- Presencia de persona

b.- Puerta abierta

c.- Puerta cerrada.

Dependiendo del valor de estas variables se activan las salidas

S1.- Puerta se abre

S2.- Puerta se cierra.

La salida S1 se activa si hay una persona y la puerta no está abierta.

La salida S2 se activa si no hay persona y la puerta no está cerrada.

Escribir las funciones y los circuitos con puertas lógicas de las dos salidas.

14. Deseamos controlar la subida y bajada de un puente, se utilizan las siguientes variables.

a.- Puente abajo.

b.- Puente arriba.

c.- Subir puente.

d.- Bajar puente.

La salida S1 hace que suba el puente.

La salida S2 hace que baje el puente.

Escribir las funciones y los circuitos con puertas lógicas de dos salidas.