ELECTRÓNICA DIGITAL (I)

1. Introducción.

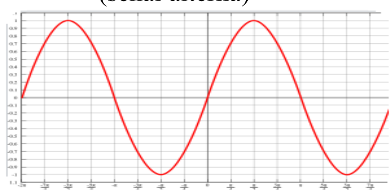
Como vimos en el tema de Electrónica analógica, “*la electrónica es la rama de la ciencia que se ocupa del estudio de los circuitos y de sus componentes que permiten modificar la corriente eléctrica amplificándola (transistores), atenuándola (resistencias fijas y variables), rectificándola (diodos) y filtrándola (condensadores) y que aplica la electricidad al tratamiento de la información (en las telecomunicaciones o en ordenadores, etc)*”.

En los circuitos de electrónica digital, están presentes los mismos componentes que en los analógicos, es decir (resistencias, condensadores, transistores, diodos, etc), **pero miniaturizados y encapsulados en unidades de trabajo llamadas chips o microchips.**

1.1 Tipos de señales de transmisión de datos.

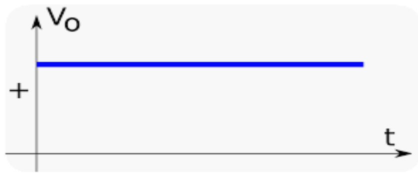
Se denomina **señal de transmisión de datos** a la variación que experimenta una magnitud (temperatura, corriente alterna, corriente continua, presión atmosférica, etc) con respecto al tiempo. Existen muchos tipos de señales, pero las más usuales son:

(señal alterna)



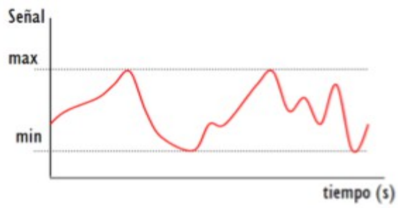
- **Señal alterna:** Es aquella en la que los valores se van repitiendo alternativamente de forma cíclica o seguida. Ejemplos: la corriente alterna, electrocardiograma de un corazón sano y en estado de reposo, etc.
- **Señal continua y costante:** Es aquella en la que los valores de la magnitud no varían a medida que transcurre el tiempo. Ejemplo: la corriente continua, consumo de energía eléctrica de un aparato en perfecto estado y en estado de funcionamiento constante,

(señal continua y constante)



- **Señal analógica:** Es aquella en la que la magnitud puede puede tomar cualquier valor con respecto al tiempo. La mayoría de las magnitudes son analógicas. Ejemplos: La temperatura y presión ambiental, el índice pluviométrico (cantidad de lluvia), el nivel de ruido en el ambiente etc.

(señal analógica)

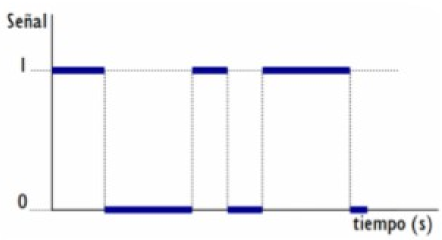


- **Señal digital:** Es aquella en la que la magnitud puede tomar puede tomar sólo dos valores de funcionamiento, una máximo y otro mínimo. En electrónica digital, **al valor máximo se le asigna el valor 1 y al mínimo el valor 0.** Ejemplos: estados de funcionamiento de una bombilla o zumbador estado de funcionamiento de un interruptor o pulsador, etc.

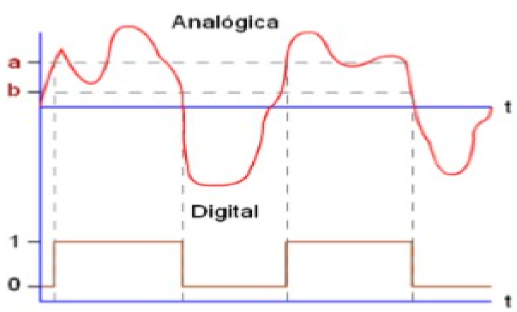
  Para nosotros, para el presente tema, los sistemas digitales que tienen mayor interés, son los sistemas binarios. Un sistema binario es aquel en el que las señales sólo pueden tomar dos valores, que representaremos de ahora en adelante con los símbolos 0 y 1. Por ejemplo , el estado de una bombilla sólo puede tener dos valores (0 apagada, 1 encendida).

  “A cada unidad de medida de una señal digital se ***bit*** *y es la unidad mínima de información”.*

(señal digital)



1.2 Características de las señales y sistemas digitales.



Observa el esquema de la figura: En este esquema se puede observar la conversión de una señal analógica en señal digital (el proceso está simplificado). La señal digital, toma el valor “1” cuando supera al valor “a” la señal analógica, y toma valor “0” cuando desciende por debajo del valor “b”. **Cuando la señal permanece entre los valores “a” y “b”, se mantiene con el valor anterior, es decir, si la señal analógica está descendiendo, el valor 1 se mantendrá hasta que caiga por debajo del valor “b”; si la señal analógica va ascendiendo, el valor 0 se mantendrá hasta que se rebase el valor de “a”.**

´ El proceso de convertir una señal de transmisión analógica en digital, supone un trabajo laborioso, que gracias a la evolución tecnológica, lo podemos hacer ahorrándonos mucho tiempo y trabajo. En el proceso de conversión, lo primero que se hace es un muestreo de la señal analógica.
"***El muestreo** de una señal consiste en convertir cada valor de una señal analógica en un valor binario, es decir, en un valor que esté contemplado en el sistema de numeración binario*".

2. Sistema de numeración binario.

2.1 Sistemas de numeración.

Un **sistema de numeración** puede definirse como un conjunto de signos, relaciones, convenios y normas destinados a expresar de modo gráfico y verbal el valor de los números y las cantidades numéricas. En un sistema de numeración se contemplan varios elementos fundamentales:

- La **base** del sistema, que se define como el número de unidades o elementos que posee un sistema numérico . Por ejemplo, la base 10 o decimal agrupa diez unidades, mientras que la binaria únicamente agrupa dos.
- Los **numerales** del sistema, o cifras elementales que se utilizan, según la base. En el sistema decimal, se usan los numerales 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. En cambio, en el sistema binario tan sólo se emplean el 0 y el 1.
- Las **normas de combinación** de los numerales para formar los números. Según ello, a cada cifra se le asocian dos propiedades: su **valor absoluto** intrínseco (2=2 unidades, 8=8 unidades) y su **valor posicional** o relativo (unidades, decenas, centenas, unidades de mil, decenas de mil,...etc), que depende de la posición que ocupa en la cantidad numérica.

2.2 Sistema decimal.

El **sistema decimal**, el más utilizado en todos los ámbitos de la actividad humana, se distingue por las siguientes características:

- Utiliza una base 10.
- Sus numerales son las cifras del 0 al 9, ambas incluidas (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9).
- Las posiciones relativas de los números se denominan unidades, decenas, centenas, unidades de millar, decenas de millar, centenas de millar, unidades de millón, etc.

2.3 Sistema binario.

Utilizado por los ordenadores y otros tipos de dispositivos y sistemas, el **sistema binario** se caracteriza por emplear una **base 2** y los **numerales 0 y 1,** es decir, sólo **existen el 0 y el 1** Ejemplos de números en sistema binario : (10100011, 100111, 101)
Este sistema, muy práctico para los cálculos automatizados con sistemas electrónicos digitales, es sin embargo un tanto engorroso en la escritura cotidiana, ya que la expresión de las cantidades resulta muy larga. Así, por ejemplo, el número 15 de la base decimal se expresaría en base binaria como 1111, según el esquema de descomposición mostrado

2.4 Relaciones entre el sistema decimal y el sistema binario.

Existe una forma de representar un número cualquiera y del sistema de numeración que se desee. A esta forma de representación se denomina **forma polinómica:**
La representación de un número "N" en un sistema de base "b", puede realizarse mediante el desarrollo en forma polinómica.

$$\mathbf{N = a_n \cdot b^n + a_{n-1} \cdot b^{n-1} + ... + a_1 \cdot b^1 + a_0 \cdot b^0 + a_{-1} b^{-1} + ...}$$

Donde:
N = Número que se quiere expresar en forma polinómica
b = base del sistema.
$\mathbf{a_i}$ = coeficientes que representan las cifras de los números.
NOTA: los exponentes negativos se utilizan para las cifras decimales del número que queramos expresar.

Ejemplos:
1.) Expresa los números 723 2165 y 523,74 (en base 10) en forma polinómica:
a) 723 = $7 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$ =700+20+3=**723**
b) 2165 =$2 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$ =2000+100 + 60 + 5 = **2165**
c) 523,74 = $5x10^2 + 2x10^1 + 3x10^0 + 7x10^{-1} + 4x10^{-2}$ = 500+20+3+0,7+0,04 = **523,74**

2.) Expresa los números 11010 y 101011,101 (en base 2), en forma polinómica y su resultado en base decimal:
a) 11010 = $1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$ = 16 + 8 + 0 + 2 + 0 = **26**

b) 101011,101= $1{\cdot}2^5 + 0{\cdot}2^4 + 1{\cdot}2^3 + 0{\cdot}2^2 + 1{\cdot}2^1 + 1{\cdot}2^0 + 1{\cdot}2^{-1} + 0{\cdot}2^{-2} + 1{\cdot}2^{-3} = 32 + 0 + 8 + 0 + 2 + 1 + 0{,}5 + 0 + 0{,}125 =$ **43,625**

NOTA: para realizar estas actividades es muy aconsejable utilizar la calculadora, pero hay que respetar el orden de las operaciones (1º las potencias, 2º los productos y 3º las sumas).

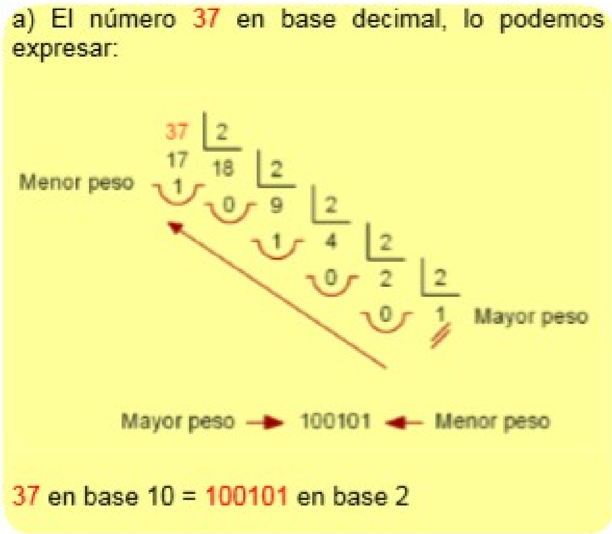
2.5 Conversión de un número en base decimal a binario.

En el apartado anterior hemos visto como se convierte un número en base binaria a base decimal. En este apartado, veremos el proceso contrario.

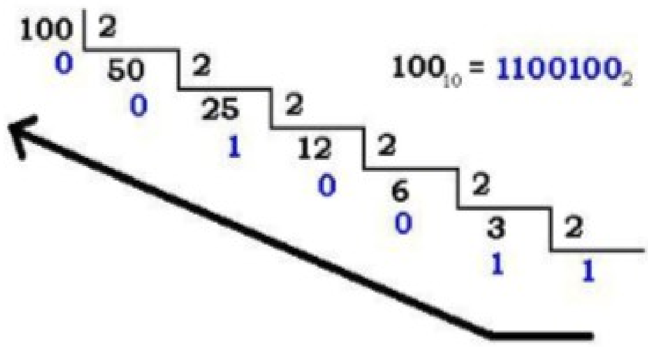
Para realizar el cambio de base decimal a base binaria de procede como se indica a continuación:

Se divide número decimal por dos, continuamente hasta que todos los restos y el último cociente sean "0" o "1". El número binario será el formado por el último cociente (bit de mayor peso) y todos los restos.

Ejemplos:



b)



NOTA: los subindices de detrás de los números indican la base del sistema numérico al que pertenecen, en este caso, 10 = decimal y 2 = binario.

3. Álgebra de Boole.

En 1854, en su obra An Investigation of the Laws of Thought, el matemático inglés George Boole desarrolló un álgebra que afecta a conjuntos de dos tipos: conjunto vacío y conjunto lleno. Este álgebra se puede extrapolar a sistemas que tienen dos estados estables, "0" y "1", apagado y encendido, abierto y cerrado.

Boole nunca conoció las tremendas repercusiones de su álgebra, pues no fue hasta 1939, en que Claude. E. Shannon publicó su obra A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits , cuando se estableció la relación existente entre el álgebra de Boole y el estudio de los circuitos electrónicos.

Para el entendimiento de la electrónica digital, debemos imaginarnos que sus componentes (microchips), están formados por circuitos eléctricos (con interruptores conectados en serie, paralelo, mixta, etc), que se conectan, a su vez entre ellos. Estos circuitos eléctricos, formarán un entramado complejo de interruptores (elementos de control), que controlarán a un receptor (bombilla, motor, zumbador, etc), para que este funcione cumpliendo la función o solución de un problema real.

MUY IMPORTANTE: Siempre debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

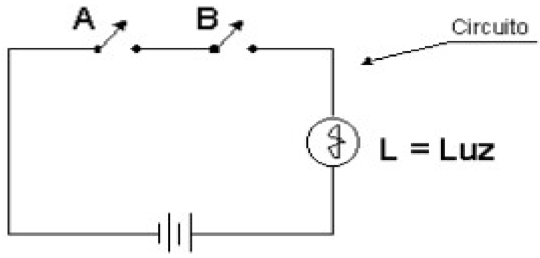
a) En los circuitos eléctricos, cada interruptor será nombrado mediante una letra (hay libros que utilizan mayúsculas y otros minúsculas, es indiferente): A, B, C, D. **Los interruptores de un circuito se denominan variables.**

b) Al receptor o receptores de un circuito se les puede nombrar con la primera letra de su nombre y un subíndice (L_1, L_2=lámpara, M_1, M_2=motor, Z=zumbador), o también con la F_1 F_2, de forma genérica para todos (F=función). **Al receptor del circuito se le denomina función/es.**

c) A los interruptores en posición abierta se le asignará el valor 0 y en posición cerrada el 1.

d) A los receptores (bombillas, motores, etc) se le asigna el valor 0 cuando están parados y 1 cuando están funcionando.

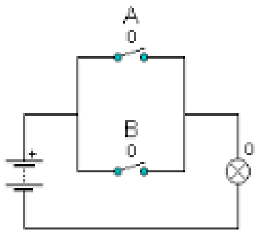
Ejemplos de circuitos:
En estos circuitos, debemos tener presente que la corriente eléctrica sale siempre por el polo positivo de la pila y regresa por el negativo.
1º)



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

La tabla de al lado, se llama **tabla de verdad**, y en ella se indican todas las combinaciones que se pueden obtener entre los dos interruptores, así como, el estado de funcionamiento del receptor (bombilla): 1ª fila (A=abierto, B=abierto, L=apagada); 2ª fila (A=abierto, B=cerrado, C=apagada); 3ª fila (A=cerrado, B=abierto, L=apagada); 4ª Fila (A=B=cerrados, L=encendida).

2º)



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

En este caso, "S" sería la bombilla
1ª Fila (A=B=abiertos, S=apagada)
2ª Fila (A=abierto, B=cerrado, S=encendida)
3ª Fila (A=cerrado, B=abierto, S=encendida)
4ª Fila (A=cerrado, B=cerrado, S=encendida)

3.1 Operaciones y propiedades del Álgebra de Boole.
El álgebra de Boole son las matemáticas de los circuitos digitales. Entre todas variables A, B, C...que pertenecen a un circuito de electrónica digital se establecen las siguientes operaciones y propiedades:

3.1.1 Operaciones del Álgebra de Boole.
En las matemáticas del Álgebra de Boole, solo están permitidas 3 operaciones:
a) Multiplicación: $0 \cdot 0 = 0$,, $0 \cdot 1 = 0$,, $1 \cdot 0 = 0$,, $1 \cdot 1 = 1$

b) Suma: $0+0=0$,, $0+1=1$,, $1+0=1$,, $1+1=1$

c) Negación o elemento opuesto: $\bar{0} = 1$ $\bar{0} = 1$
(La negación o elemento opuesto de un número o variable, se simboliza mediante un guión encima del valor.

3.1.2 Propiedades del álgebra de Boole.
El conocimiento y manejo de las propiedades del Álgebra de Boole, permiten la simplificación de funciones complejas que nos podemos encontrar en los diseños de circuitos digitales. La simplificación de funciones digitales, significa una disminución de los elementos que intervendrán en el circuito, por lo que se reducirán los costes del montaje y posibles averías. Es por ésto, por lo que este apartado se considera muy importante.
En el presente curso, no utilizaremos todas las propiedades que a continuación se detallan, pero me parece importante exponerlas para que tengáis conocimiento de ellas, **sólo utilizaremos las 6 primeras filas**.
En la tabla de propiedades, **las variables (interruptores) se simbolizan mediante letras minúsculas a,b,c, d...etc. Recordemos que una variable sólo puede tener 2 valores (0 y 1).**

PROPIEDADES DEL ÁLGEBRA DE BOOLE		
Propiedad asociativa	$(a+b)+c =$ $= a+(b+c)$	$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$
Propiedad conmutativa	$a + b = b + a$	$a \cdot b = b \cdot a$
Propiedad distributiva	$a \cdot (b+c) = a \cdot b+(a \cdot c)$	$a+(b \cdot c) =$ $=(a+b) \cdot (a+c)$
Elemento neutro	$0 + a = a$	$1 \cdot a = a$
Teoremas de identidad	$a + \overline{a} = 1$	$a \cdot \overline{a} = 0$
Teoremas de idempotencia	$a + a = a$	$a \cdot a = a$
Teorema de involución	$\overline{(\overline{a})} = a$	
Teoremas de absorción	$a + a \cdot b = a$	$a \cdot (a+b) = a$
	$a + \overline{a} \cdot b = a + b$	$a \cdot (\overline{a} + b) = a \cdot b$
Teoremas del consenso	$(a \cdot b) + (\overline{a} \cdot c) = (a \cdot b) + (\overline{a} \cdot c) + (b \cdot c)$ $(a + b) + (\overline{a} \cdot c) = (a + b) \cdot (\overline{a} + c) \cdot (b + c)$	
Teoremas de Morgan	$\overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b}$	$\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$

<u>Ejemplo</u>: Simplifica la siguiente función aplicando las propiedades del Álgebra de Boole:

F = (a · 1) · (b · b) · (a · 1) + (a · 0) · (a · a) · (b · 1)
F = (a · 1) · (b · b) · (a · 1) + (a · 0) · (a · a) · (b · 1)
F = a · b · a + 0 · a · b   (a · 1= a)   (b · b = b)   (a · 0 = 0)
F = a · a · b + 0
<u>F = a · b</u>