INSTITUTO de ENSEÑANZAS a DISTANCIA de ANDALUCÍA

PAC

Preparación Acceso a CFGS

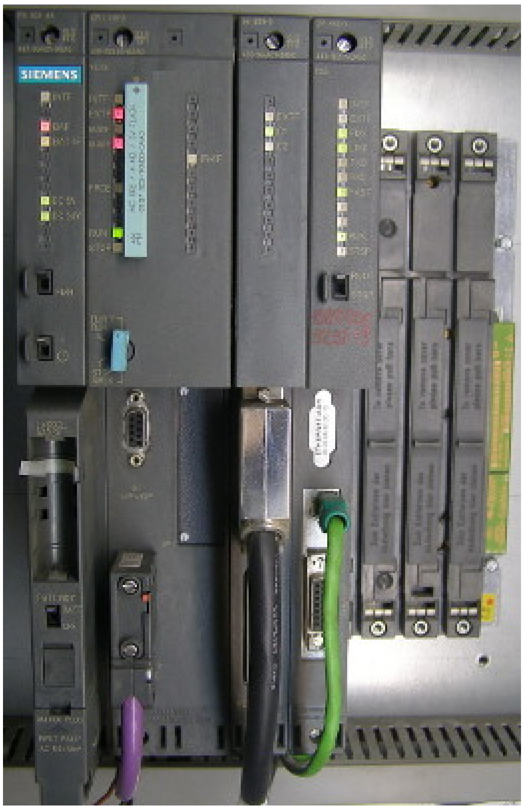
Tecnología Industrial

Contenidos

Sistemas automáticos, circuitos digitales y combinacionales: Sistemas de numeración

El **control analógico** es aquel en el que las variables a controlar y las que se procesan en el sistema **se presentan de forma continua** (analógica), de modo que las relaciones que aparecen entre las señales de entrada y salida son ecuaciones y funciones continuas.

En general los sistemas analógicos **son muy empleados para el control de variables analógicas**, como la velocidad, la presión de un fluido, la temperatura, la tensión de alimentación,... ya que en general necesitan sistemas de regulación más sencillos, con menos elementos, menos sofisticados y más baratos que aquellos sistemas que emplean tecnologías más elaboradas.



Control lógico programable

Imagen de Mixabest en **Wikimedia**. **Dominio público**

Un sistema de control lógico, es aquel en el que las relaciones entre las variables del comparador y las del regulador se realizan mediante códigos numéricos, con lo que comienza a introducirse el concepto de **digitalización**. En este caso las relaciones que se establecen entre los distintos componentes del sistema de regulación, se rigen por el **álgebra de Boole**.

1. Sistemas digitales

Los valores de las magnitudes físicas que se manejan en los distintos sistemas de regulación y de control industriales varían con el tiempo. Es necesario procesar estos valores para alcanzar los objetivos que se persiguen en cada uno de los distintos procesos.

Los circuitos electrónicos establecen una clara diferencia entre señales analógicas y digitales.

Importante

Señal Analógica: Aquella que toma valores continuos en el tiempo.

Señal Digital. Es discontinua, varía en forma de incrementos discretos. La mayoría de las señales digitales utilizan códigos binarios.

En general todas las magnitudes físicas responden a señales analógicas. Por ejemplo la tensión de alimentación de la red doméstica que cambia de valor suave y continuamente responde a una senoide y tiene una frecuencia constante, mientras que el voltaje en que se convierte una señal de audio tiene valores cambiantes dependiendo de la intensidad del sonido.

Sin embargo la mayoría de los sitemas de control utilizan para su funcionamiento señales digitales.

Imagen de Norro en **Wikimedia**.
Licencia **CC**

Imagen de Twid en **Wikimedia** . **Dominio público**

Generalmente los dispositivos que manipulan señales digitales son electrónicos, aunque también pueden ser mecánicos, magnéticos o neumáticos.

La utilización de la electrónica digital y los circuitos lógicos está absolutamente extendida en los equipos de transmisión y procesamiento de datos, sistemas de regulación y control industrial, de seguridad y alarma, en los electrodomésticos,...

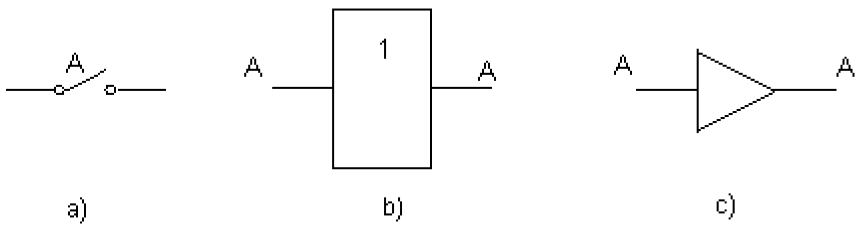
Todos estos circuitos precisan para su funcionamiento de componentes físicos que materialicen los principios básicos del álgebra de Boole, siendo esta la base de la electrónica digital. Estos componentes electrónicos reciben el nombre de puertas lógicas:

Importante

Puerta lógica:

Componente electrónico que dispone de una o varias entradas de señal. Según los valores lógicos que toman estas entradas la puerta genera un valor lógico en su salida cuyo valor dependerá de las operaciones que ejecute el componente.

cuyo valor dependerá de las operaciones que ejecute el componente.



Símbolos de puertas lógicas

Imagen de Orgullomoore en **Wikimedia Commons**. Licencia **CC**

A su vez los sistemas digitales pueden ser de dos tipos:

Importante

Sistemas digitales combinacionales:

En ellos la salida del sistema depende únicamente de la combinación de valores que presentan las entradas lógicas. No precisa de módulos de memoria, ya que el valor de la salida no depende de situaciones anteriores.

Sistemas digitales secuenciales:

En ellos la salida depende de la combinación de las entradas del momento y de la secuencia de combinaciones de las entradas previas, por lo que necesitan módulos de memoria que acumulen la información de lo ocurrido anteriormente en el sistema.

2. Sistemas de numeración

Los sistemas digitales actúan mediante la interpretación de señales que toman un número discreto de valores..

Esto hace que sea necesario cuantificar el valor que toman las magnitudes a controlar. Para ello se utilizan diferentes sistemas de numeración, en los que cada uno de los bits tiene un valor u otro según la posición que ocupa dentro del número representado. De manera que la representación de la cantidad expresada por el **número N** en el sistema de **base b**, viene representada por la fórmula polinómica:

$$N = a_n b^n + a_{n-1} b^{n-1} + \ldots + a_1 b^1 + a_0 b^0 + a_{-1} b^{-1} + a_{-2} b^{-2} + \ldots$$

Donde:

- **b**, es la base del sistema de numeración en que se expresa la cantidad.
- **a,** son los coeficientes que representan las posibles distintas cifras de la base.

Por ejemplo:

En **base octal** tendremos: $b=8$ y $0<a_i<8$. Todos los números se representan con **8** cifras diferentes que son los comprendidos entre 0-7.
En **base decimal** tendremos: $b=10$ y $0<a_i<10$. Todos los números se representan con **10** cifras diferentes que son los comprendidos entre 0-9.
En **base binaria** tendremos: $b=2$ y $0<a_i<2$. Todos los números se representan con **2** cifras diferentes que son los comprendidos entre 0-1.
Y así sucesivamente.

En nuestro sistema decimal que usamos constantemente, un desglose de un número en forma polinómica sería como ejemplo:

$$N = 1.538 = 1 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0$$

Los sistemas que utilizan electrónica digital emplean componentes con dos únicos estados posibles (0 y 1). Por ello resulta interesante emplear el sistema de numeración **binario (base 2)**, que utiliza dos dígitos (0 y 1) o también sistemas cuya base sean potencias de dos. Entre estos últimos se utiliza el **sistema octal (base ocho)**, que utiliza ocho dígitos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7), o el **hexadecimal (base 16)**, que utiliza dieciseis dígitos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E y F).

Date cuenta de que como este último sistema hexadecimal, precisa dieciseis dígitos diferentes expresados con un solo grafo emplea las primeras letras del alfabeto en mayúsculas una vez que ha utilizado todas las cifras numéricas de un solo dígito.

Por analogía recuerda que nuestro sistema decimal (base 10), utiliza 10 dígitos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

La siguiente tabla muestra la equivalencia entre los primeros dieciseis valores enteros en los cuatro sistemas de numeración más utilizados en los sistemas de control.

Decimal	Octal	Hexadecimal	Binario
0	0	0	0000
1	1	1	0001
2	2	2	0010
3	3	3	0011
4	4	4	0100
5	5	5	0101
6	6	6	0110
7	7	7	0111
8	10	8	1000
9	11	9	1001
10	12	A	1010
11	13	B	1011
12	14	C	1100
13	15	D	1101
14	16	E	1110
15	17	F	1111

Imagen de elaboración propia

Curiosidad

Se llama **bit** (es la abreviatura de las palabras inglesas Binary digit) a la unidad mínima de información, y solamente puede tomar dos estados posibles el 0, y el 1.

Cuando se expresa una cantidad en cualquier sistema de numeración empleando varios bits, se llama **bit más significativo** al que ocupa la posición de más a la izquierda, mientras que el **bit menos significativo** será el que ocupa la posición de más a la derecha.

Se llama **byte** a un conjunto de ocho bits, el número más alto que se puede representar con un bite es 11111111, que corresponde en decimal al número 255.

2.1. Conversión

En este apartado aprenderemos a "traducir" números decimales en binarios y viceversa. Dentro de la transformación de números decimales en binarios distinguiremos dos casos, cuando el número en formato decimal sea entero y cuando sea fraccionario.

Conversión de un número entero en formato decimal a formato binario

1. Se divide el número entero por la base (2) y se reserva el resto obtenido.

2. Se continúa dividiendo el cociente obtenido por la base (2) y se vuelve a reservar el resto.

3. Se continúa con este proceso hasta que se obtenga cociente menor que la base (en nuestro ejemplo la base es igual a 2 y el cociente debe terminar en 1), entonces se escriben todos los restos obtenidos siguiendo el orden desde el último que se ha obtenido, que será el bit más significativo (**MSB**), hasta llegar al primero que se obtuvo, que será el bit menos significativo (**LSB**).

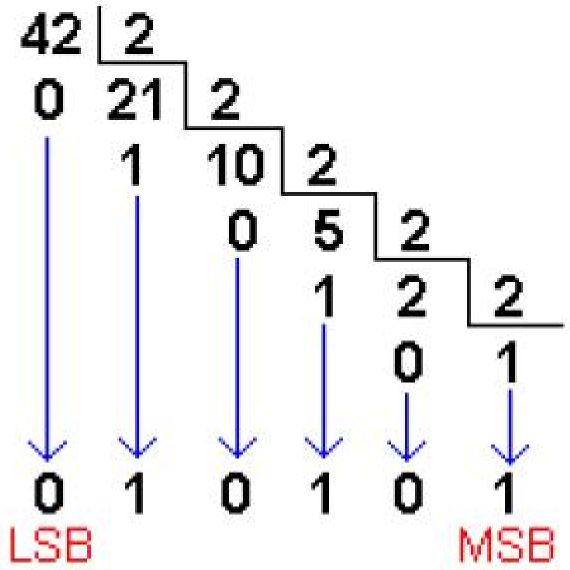


Imagen en **Flickr**. Licencia **CC**

En el ejemplo de la imagen anterior: 42 (decimal) = 1 0 1 0 1 0 (binario)

Vamos a ver el proceso con otro ejemplo.

Conversión de un número fraccionario en formato decimal a formato binario

1. La parte fraccionaria se multiplica por la base (2), y se reserva el bit que resulta delante de la coma.

2. Se continúa multiplicando la parte fraccionaria por la base, y se vuelve a reservar el bit que resulta delante de la coma.

3. Así se continúa hasta que el resultado es 0,0000, o bien hasta que hayamos alcanzado el grado de precisión que necesitábamos, entonces se escriben consecutivamente detrás de la coma todos los bits que hemos ido reservando durante el proceso.

Vamos a ver el proceso con un ejemplo.

Se sigue el mismo procedimiento cuando queremos transformar cualquier número decimal en cualquier otro sistema de numeración, sin más que dividir consecutivamente por la base, cuando se trate de números enteros, o multiplicar por la base cuando se trate de números fraccionarios.

Transformación de un número en formato binario a formato decimal.

Se aplica la fórmula polinómica que confiere un peso distinto a cada bit según la posición que ocupa.

Vamos a ver el proceso con un ejemplo.

3. Códigos binarios

Un sistema binario es cualquier sistema de representación de información mediante variables binarias. Se basa en representar en formato binario la información numérica decimal.

Representamos en el siguiente diagrama algunos de los códigos binarios más importantes.

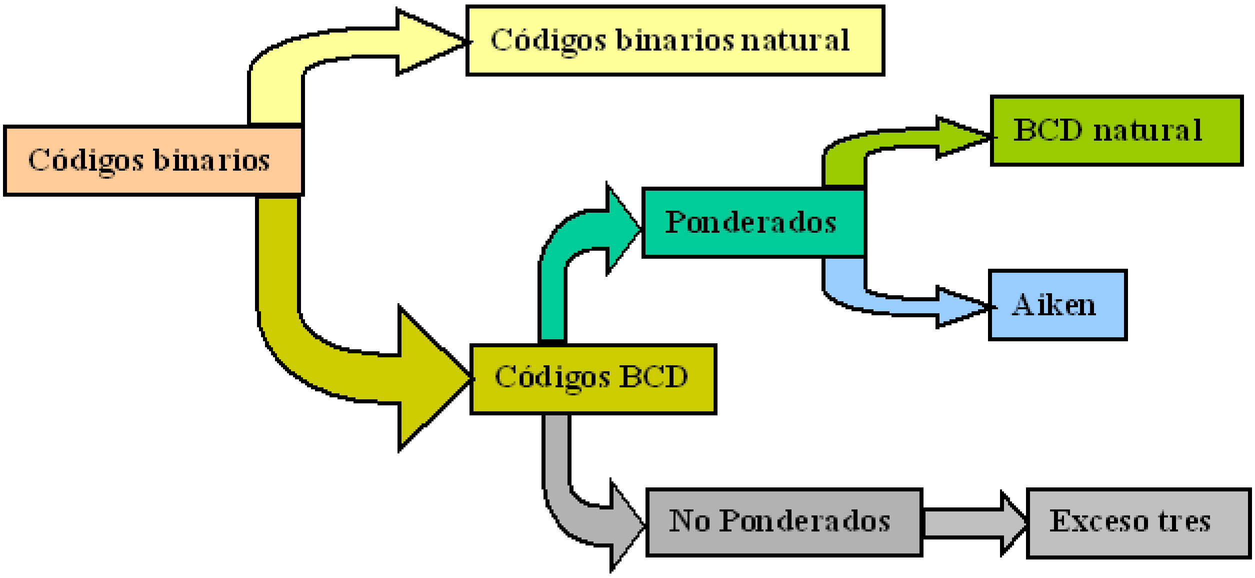


Imagen de Rafael Domínguez en **Flickr**. Licencia **CC**

Vamos a describir los códigos más importantes anteriores y algunos otros de usos más puntuales:

Código binario natural.

Consiste en representar directamente el número decimal en binario, o lo que es lo mismo cada número decimal tiene su correspondiente en binario. Ejemplo $35_{(10} = 100011_{(2}$

Códigos BCD (Decimal codificado en binario).

Con estos códigos, para representar un número decimal en binario, se transforman cada una de las cifras que constituyen el número decimal separadamente, en el caso anterior el número 35, transformado en binario sería el resultado de transformar primero 3, y después 5.

Código BCD natural (8-4-2-1).

Se basa en representar cada dígito decimal a su correspondiente binario natural. **Cada dígito corresponde a un grupo de 4 bits**.

El código BCD es un código ponderado; a cada bit le corresponde un valor (peso) de acuerdo con la posición que ocupa, igual que el binario natural. **Los pesos son: 8-4-2-1**. La representación del 1 al 9 corresponde con el binario natural, pero a partir del número decimal 10, se precisan grupos de 4 bits por dígito. Para codificar un número decimal de N dígitos se requieren N grupos de 4 bits.

Ejemplo 35 = 0011 0111. Es decir 3 (0011) y 5 (0101)

Ejemplo 13 = 0001 0011

Ejemplo 2001 = 0010 0000 0000 0001 (2 = 0010; 0 = 0000; 0 = 0000;1 = 0001)

Código Aiken (2-4-2-1).

También es un código ponderado, aunque ahora **los pesos** de las cifras según su posición **serán: 2, 4, 2 y 1**.

Ejemplo 35 = 0011 1011. Es decir 3 (0011, si miramos el peso de los dígitos será = 0 + 0 + 2 +1 = 3) y 5 (1011, si miramos el peso = 2 + 0 +2 +1).

Código exceso tres.

Es un codigo BCD no ponderado, cada combinación se obtiene sumando el valor 3 a cada combinación binaria BCD natural (8-4-2-1).

Ejemplo 35 = 0110 1000, es decir:

3 = 3 + 3 = 6 = $(0110)_{BCDnatural}$ y

5 = 5 + 3 = 8 = $(1000)_{BCDnatural}$.

Código exceso tres paridad impar.

En ocasiones se utilizan códigos que son especialmente útiles para algún cometido concreto, esto sucede con el código que vamos a analizar, se emplea para detectar si ha habido algún error en la transmisión de los datos codificados, de modo que emplea cinco dígitos en lugar de cuatro, pero de ellos el primero es un bit de paridad, para obligar a que cada grupo de cinco bits tenga un número impar de unos; si esto es así, es porque el dato transmitido es correcto, y entonces se procesa la información transmitida que es la que resulta de decodificar los cuatro últimos bits. Ejemplo 35 =1 0110 0 1000. Es decir 3 (1 0110) y 5 (0 1000).

La siguiente tabla muestra la equivalencia entre los distintos códigos binarios analizados.

Decimal	BCD natural (8421)	BCD Aiken (2421)	Exceso 3	Exceso 3 Paridad impar
0	0000	0000	0011	1 0011
1	0001	0001	0100	0 0100
2	0010	0010	0101	1 0101
3	0011	0011	0110	1 0110
4	0100	0100	0111	0 0111
5	0101	1011	1000	0 1000
6	0110	1100	1001	1 1001
7	0111	1101	1010	1 1010
8	1000	1110	1011	0 1011
9	1001	1111	1100	1 1100

Imagen de elaboración propia

Para saber más

Para saber más

OTROS CÓDIGOS

Código dos entre cinco.

En los años 40 se utilizó un código más sofisticado llamado dos-entre-cinco, que se basa en que cada conjunto de cinco bits (llamado penta-bit) debe tener únicamente dos unos, uno entre los dos primeros bits y otro en los tres últimos, de forma que se podría detectar posibles errores cuando cada pentabit no cumple esta condición.

También existen otros códigos que no solo son capaces de detectar errores, sino que también son capaces de corregirlos, como es el **código de Hamming**, formados por siete bits y que es probablemente el más empleado de este tipo.

Otro tipo de códigos son los que tienen la característica de que entre una combinación y la siguiente solamente difieren en un bit, a los códigos que tienen esta característica se les llama progresivos, como es el caso del **código Gray**.

Se llaman **códigos reflejados**, aquellos que tienen la característica de la combinación de dos números decimales que sumen nueve, se escriben igual sin más que cambiar 1 por 0 y 0 por 1. Esta característica la tienen los códigos Aiken y exceso tres, como puedes comprobar observando la tabla anterior.

También existen códigos capaces de transmitir información no solo numérica, sino letras, símbolos, operaciones,... de ellos el más común es el **código ASCII** (American Standard Code for Information Interchange), que es el empleado por casi todos los sistemas informáticos. Se creó en 1963 por ASA (Comité Estadounidense de Estándares) para reordenar y expandir los caracteres y símbolos empleados en telegrafía por la compañía Bell, en la actualidad tiene 5852 combinaciones diferentes.

Curiosidad

Cada vez que tecleas en tu ordenador, sin saberlo estás empleando **el código ASCII.**

Si en alguna ocasión tienes que utilizar un carácter que no esté incluido en un teclado, por ejemplo si tuvieses que escribir la letra Ñ en un teclado que no disponga de ella, debes mantener presionada la tecla "Alt" y sin dejar de presionarla pulsar el número "165" en el teclado numérico, esa es la combinación correspondiente a la letra ñ mayúscula en el código ASCII. Puedes consultar la wikipedia para profundizar sobre este código

Binario	Dec	Hex	Representación
0010 0000	32	20	espacio ( )
0010 0001	33	21	!
0010 0010	34	22	"
0010 0011	35	23	#
0010 0100	36	24	$
0010 0101	37	25	%

Binario	Dec	Hex	Representación
0100 0000	64	40	@
0100 0001	65	41	A
0100 0010	66	42	B
0100 0011	67	43	C
0100 0100	68	44	D
0100 0101	69	45	E

0010 0101	37	25	%
0010 0110	38	26	&
0010 0111	39	27	'
0010 1000	40	28	(
0010 1001	41	29	)
0010 1010	42	2A	*
0010 1011	43	2B	+
0010 1100	44	2C	,
0010 1101	45	2D	-
0010 1110	46	2E	.
0010 1111	47	2F	/
0011 0000	48	30	0
0011 0001	49	31	1
0011 0010	50	32	2
0011 0011	51	33	3
0011 0100	52	34	4
0011 0101	53	35	5
0011 0110	54	36	6
0011 0111	55	37	7
0011 1000	56	38	8
0011 1001	57	39	9
0011 1010	58	3A	:
0011 1011	59	3B	;
0011 1100	60	3C	<
0011 1101	61	3D	=
0011 1110	62	3E	>
0011 1111	63	3F	?

0100 0101	69	45	E
0100 0110	70	46	F
0100 0111	71	47	G
0100 1000	72	48	H
0100 1001	73	49	I
0100 1010	74	4A	J
0100 1011	75	4B	K
0100 1100	76	4C	L
0100 1101	77	4D	M
0100 1110	78	4E	N
0100 1111	79	4F	O
0101 0000	80	50	P
0101 0001	81	51	Q
0101 0010	82	52	R
0101 0011	83	53	S
0101 0100	84	54	T
0101 0101	85	55	U
0101 0110	86	56	V
0101 0111	87	57	W
0101 1000	88	58	X
0101 1001	89	59	Y
0101 1010	90	5A	Z
0101 1011	91	5B	[
0101 1100	92	5C	\
0101 1101	93	5D	]
0101 1110	94	5E	^
0101 1111	95	5F	_

Fuentes para el profesorado

Descargar CMAP.

Resumen

Importante

1. Sistemas digitales

Diferenciamos dos tipos de señales:

- Señal **analógica**: es aquella que toma valores continuos en el tiempo.
- Señal **digital**. Es discontinua, varía en forma de incrementos discretos. La mayoría de las señales digitales utilizan códigos binarios.

Existen dos tipos de sistemas digitales

- Sistemas digitales **combinacionales**: la salida del sistema depende únicamente de la combinación de valores que presentan las entradas lógicas en ese instante.
- Sistemas digitales **secuenciales**: la salida depende de la combinación de las entradas del momento y de la secuencia de combinaciones de las entradas previas. Necesitan **módulos de memoria** que acumulen la información de lo ocurrido anteriormente en el sistema.

Importante

2. Sistemas de numeración

Los sistemas digitales actúan mediante la interpretación de señales que toman un número discreto de valores. Esto hace que sea necesario cuantificar el valor que toman las magnitudes a controlar.

Para ello se utilizan diferentes sistemas de numeración.

Habitualmente utilizamos un código decimal de numeración. Los sistemas de control utilizan el código binario.

Es necesario conocer métodos que nos permitan pasar de un código al otro con facilidad.

Ejercicios resueltos

Ejercicio resuelto

Te puede parecer que la expresión anterior es complicada, sin embargo la utilizas normalmente sin darte cuenta cuando interpretas el significado de una cifra expresada en formato decimal.

Desarrolla la expresión polinómica que se corresponde con la cifra decimal 7.032,804

Mostrar retroalimentación

$$7032{,}804 = 7\cdot10^4+0\cdot10^3+3\cdot10^2+2\cdot10^1+8\cdot10^{-1}+0\cdot10^{-2}+4\cdot10^{-3}$$

Ejercicio resuelto

Convertir el número 109 de decimal a binario:

Mostrar retroalimentación

109 dividido entre 2 da 54 y el resto es igual a **1**.
54 dividido entre 2 da 27 y el resto es igual a **0**.
27 dividido entre 2 da 13 y el resto es igual a **1**.
13 dividido entre 2 da 6 y el resto es igual a **1**.
6 dividido entre 2 da 3 y el resto es igual a **0**.
3 dividido entre 2 da 1 y el resto es igual a **1**.
1 dividido entre 2 da 0 y el resto es igual a **1**.

Ordenamos los restos, del último al primero: $1101101_{(2} = 109_{(10}$

Ejercicio resuelto

Convertir el número 0,463 de decimal a binario con seis bits de aproximación.

Mostrar retroalimentación

0,463 x 2 = 0,926. reservo **0**.
0,926 x 2 = 1,852. reservo **1**.
0,852 x 2 = 1,704. reservo **1**.

0,704 x 2 = 1,408. reservo **1**.
0,408 x 2 = 0,816. reservo **0**.
0,816 x 2 = 1,632. reservo **1**.

Como ya hemos alcanzado los seis bits de aproximación que deseábamos, detenemos el proceso y ordeno los bits obtenidos: $0{,}011101_{(2} = 0.463_{(10}$

Ejercicio resuelto

Convertir el número 10110,101 de binario a decimal.

Mostrar retroalimentación

$1x2^4 + 0x2^3 + 1x2^2 + 1x2^1 + 0x2^0$, $+1x2^{-1} + 0x2^{-2} + 1x2^{-3} =$
$1x32 + 0x16 + 1x4 + 1x2 + 0x1$, $1x0{,}5 + 0x0{,}25 + 1x0.125 = 38{,}625$

Por lo que tendremos: $10110{,}101_{(2} = 70{,}625_{(10}$

Imprimible

Mapa imprimible

Mapa Conceptual

Mapa conceptual (pdf - 211536 B).

TI_U4_T2_mapa_conceptual.pdf 1 / 1

Aviso Legal

El presente texto (en adelante, el "**Aviso Legal**") regula el acceso y el uso de los contenidos desde los que se enlaza. La utilización de estos contenidos atribuye la condición de usuario del mismo (en adelante, el "**Usuario**") e implica la aceptación plena y sin reservas de todas y cada una de las disposiciones incluidas en este Aviso Legal publicado en el momento de acceso al sitio web. Tal y como se explica más adelante, la autoría de estos materiales corresponde a un trabajo de la **Comunidad Autónoma Andaluza, Consejería de Educación y Deporte (en adelante Consejería de Educación y Deporte**).

Con el fin de mejorar las prestaciones de los contenidos ofrecidos, la Consejería de Educación y Deporte se reserva el derecho, en cualquier momento, de forma unilateral y sin previa notificación al usuario, a modificar, ampliar o suspender temporalmente la presentación, configuración, especificaciones técnicas y servicios del sitio web que da soporte a los contenidos educativos objeto del presente Aviso Legal. En consecuencia, se recomienda al Usuario que lea atentamente el presente Aviso Legal en el momento que acceda al referido sitio web, ya que dicho Aviso puede ser modificado en cualquier momento, de conformidad con lo expuesto anteriormente.

Régimen de Propiedad Intelectual e Industrial sobre los contenidos del sitio web.

Imagen corporativa. Todas las marcas, logotipos o signos distintivos de cualquier clase, relacionados con la imagen corporativa de la Consejería de Educación y Deporte que ofrece el contenido, son propiedad de la misma y se distribuyen de forma particular según las especificaciones propias establecidas por la normativa existente al efecto.