

# **ELECTRONICA DIGITAL**

## **MODULO I**

**MUNDO DIGITAL Y ANALOGICO  
SISITEMAS NUMERICOS Y CODIGOS**

## **OBJETIVOS**

### **Mundo Digital y Analógico**

- ◆ Distinguir entre las representaciones digitales y las analógicas.
- ◆ Mencionar las ventajas y desventajas de las tecnologías digitales comparadas con las analógicas.
- ◆ Comprender la necesidad de contar con convertidores analógicos a digitales (ADCs) y digitales a analógicos (DACs).
- ◆ Identificar las características básicas del sistema numérico binario.
- ◆ Convertir un número binario a su equivalente decimal.
- ◆ Contar en el sistema numérico binario.
- ◆ Identificar las señales digitales más comunes.
- ◆ Identificar un diagrama de tiempos.

### **SISTEMAS NUMERICOS Y CODIGOS**

- ◆ Convertir un número de un sistema de numeración (decimal, binario, octal o hexadecimal) a su equivalente en otro.
- ◆ Mencionar las ventajas de los sistemas de numeración octal y hexadecimal.
- ◆ Contar en octal y hexadecimal.
- ◆ Representar números decimales utilizando el código BCD. Mencionar las ventajas y las desventajas de utilizar BCD.
- ◆ Comprender la diferencia entre el código BCD y el binario directo.

## INTRODUCCION

En vista que el desarrollo científico y tecnológico en la actual sociedad del conocimiento se vienen desarrollando de manera fugaz y a pasos agigantados en donde observamos que la Educación en nuestro país esta adquiriendo nuevos paradigmas pedagógicos y metodologías que cambien los actuales métodos de enseñanza y aprendizaje. Y que por otra parte, la población en general, especialmente los miles de jóvenes estudiantes, necesitan seguir adquiriendo nuevos conocimientos a fin de obtener actualizaciones y fundamentos científicos y tecnológicos actuales que modernices la actividad educativa y sea provechosa para esos miles de jóvenes que día a día vienen adecuándose a los cambios sociales, económicos, políticos, tecnológicos, científicos y entre otros y que están buscando una auto formación en todos los tiempos y espacios donde se encuentre. Surge la idea de enseñar por medio de MODULOS AUTO INSTRUCTIVOS.

Es importante resaltar que la información de estos Módulos Auto Instructivos, son concretas y precisas en donde tiene como finalidad el de desarrollar y motivar a la autoformación de los educandos en todos los niveles educativos de nuestro país. Es cierto que los Módulos Auto Instructivos son instrumentos y medios de aprendizaje para los educandos que se puede dar en todo espacio y tiempo permitido.

El presente Modulo Auto Instructivo, orientado a la especialidad de Electrónica Digital, esta dirigido a los estudiantes del quinto grado de Educación Secundaria y a los Estudiantes de Institutos Superiores Tecnológicos que cuenten con la especialidad de Electrónica. Este primer Modulo (Modulo I), trata de los fundamentos y partes introductorias a los Sistemas Digitales, nos hacen una comparación entre el Mundo Digital y el Mundo Analógico que existe a nuestro alrededor, además nos muestra los sistemas numéricos y la importancia del sistema binario en el mundo digital.

Por ultimó, es importante resaltar que estos Módulos Auto Instructivos no solo son de manera escrita, actualmente gracias a las Redes Informáticas y al avance del Software en general se dan de manera virtual haciendo uso óptimo de la Tecnología de la Internet.

EL AUTOR.





## MUNDO DIGITAL Y ANALOGICO

### 1.1. Representaciones Analógicas.

En la **representación analógica**, dentro del campo de la electrónica, se le considera como una cantidad que se representa mediante un voltaje, una corriente o un movimiento de una medida que es proporcional al valor de la cantidad. Un ejemplo de esto es el velocímetro de un automóvil, en el cual el giro de las agujas es igual al valor de la velocidad que marca en esos instantes del determinado automóvil.

Otro ejemplo es el termómetro del mercurio, en el cual la altura de la columna de mercurio es proporcional a la temperatura del medio ambiente o bien del cuerpo humano. Se observa que a medida que sube o baja el nivel del mercurio, determinará a la vez el valor de la temperatura.

Familiarizado a la electrónica, tenemos otro ejemplo es el sonido que atraviesa un micrófono. En este dispositivo se genera un voltaje de salida en proporción a la amplitud de las ondas sonoras que chocan constantemente con el micrófono, ocasionando variaciones en el voltaje de salida que sigue la misma variación del sonido de entrada.

Las cantidades analógicas, tienen una característica muy importante cual es que *“pueden variar en un rango continuo de valores”*. La velocidad del automóvil puede tener cualquier valor entre cero y, digamos 100 Km/h. De manera similar, la salida del micrófono podría tener cualquier valor en un rango de cero a 10 mV.

### 1.2. Representaciones Digitales.

En la **representación digital**, las cantidades no se reflejan de manera proporcional, sino se representa a través de símbolos llamados *dígitos*. A manera de ejemplo podemos mencionar al reloj digital, el cual proporciona la hora del día en forma de dígitos decimales que representan horas y minutos. Es sabido que la hora durante el día cambia continuamente, pero la lectura del reloj digital no cambia constantemente, esto quiere decir que cambia minuto a minuto o bien segundo a segundo. En otras palabras esta representación digital de la hora del día cambia en escalones discretos previamente establecidos (minutos o segundos); mientras que en un reloj analógico el cambio si es paulatino y constante.

Entonces la diferencia principal entre cantidades analógicas y digitales es lo siguiente:

- Analógicos tiene un cambio continuo, y
- Digitales tiene cambios discretos (escalón por escalón)

Por otro lado, debido a la naturaleza discreta de las representaciones digitales no existe ninguna ambigüedad al momento de leer estas cantidades, mientras que una cantidad analógica a menudo esta abierta a diversas interpretaciones.

### 1.3. Sistemas Digitales y Analógicos.

Un **sistema digital** es una combinación de dispositivos diseñados para manipular información lógica o magnitudes físicas que estén representadas digitalmente; es decir que estas cantidades solo pueden tener valores discretos. En la mayoría de los casos estos dispositivos son electrónicos, pero también pueden ser mecánicos, magnéticos o neumáticos. Algunos de los sistemas digitales binen a ser las computadoras, las calculadoras, los equipos de audio y video digital, los sistemas telefónicos, los sistemas de redes digitales y entre otros.

Un **sistema analógico** contiene dispositivos que manipulan magnitudes físicas representadas en forma analógica. En un sistema analógico las cantidades pueden variar en valores continuos. Por ejemplo tenemos las señales de salida de un altavoz en un receptor de audio el cual alcanza valores entre cero y un limite máximo. Otros sistemas analógicos comunes son los amplificadores de audio, los equipos de grabación y reproducción de cinta magnética.

### 1.4. Ventajas de las Técnicas Digitales.

Dentro de la electrónica se vienen incrementando aplicaciones utilizando las técnicas digitales, que actualmente están reemplazando todo tipo de sistema analógico.

A continuación mencionaremos las razones principales para un cambio hacia la tecnología digital.

- Los sistemas digitales son generalmente mas fáciles de diseñar, esto se debe a que los circuitos que se usan son circuitos de conmutación, en donde los valores tienen dos niveles ALTO y BAJO.
- El almacenamiento de información es fácil, esto se logra con la utilización de dispositivos y circuitos especiales las cuales contienen la información digital y a la vez la retienen el tiempo que sea necesario.
- Los sistemas de almacenamiento digital pueden almacenar millones y millones de *bits* de información en un espacio físico relativamente pequeño.
- Mayor exactitud y precisión, con esta técnica los sistemas digitales pueden manejar el número de dígitos de precisión necesario, con solo agregar circuitos de conmutación.
- El diseño con los sistemas digitales es fácil ya puede controlarse mediante un conjunto de instrucciones almacenadas llamado programa.
- Los circuitos digitales son menos susceptibles al ruido, con esto se quiere demostrar que las fluctuaciones involuntarias en el voltaje no son tan criticas en los sistemas digitales, puesto que el valor exacto de un voltaje no es importante, siempre y cuando el ruido no sea tan intenso como para impedirnos distinguir las señales de ALTO y BAJO.
- La tecnología de fabricación de circuitos integrados ocasiona mejores aplicaciones y avances tecnológicos en la electrónica digital, en donde los circuitos analógicos también se ha beneficiado con el tremendo desarrollo de la tecnología de los circuitos integrado.

#### 1.5. Limitaciones de la Tecnología Digital.

La limitación y desventaja de la tecnología digital es que todo lo que existe en le mundo real es fundamentalmente analógico. Con esto queremos mencionar que la mayoría de las cantidades físicas son de naturaleza analógica, y a menudo estas capacidades son las entradas y salidas que son monitoreadas y controladas mediante un sistema.

Ejemplo:

La temperatura, la presión, la velocidad, el nivel de líquido, la posición, la rapidez de flujo, entre otras; todas estas cantidades física s pueden expresar en cantidades de forma digital, pero en realidad se hace una aproximación digital de cualquiera de las cantidades monitoreadas y analizadas.

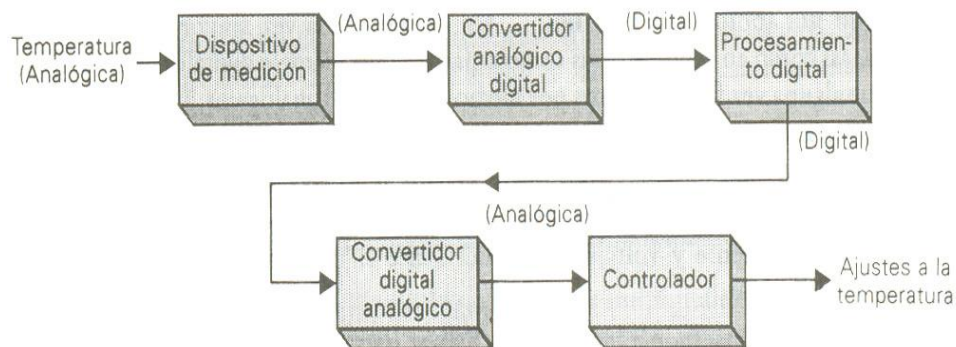
Para aprovechar las técnicas digitales, cuando se tienen entradas y salidas analógicas se debe seguir los siguientes pasos:

- Convertir las entradas analógicas del mudo real a la forma digital.
- Procesar la información digital obtenida de una entrada analógica.

- Finalmente convertir las salidas digitales en salidas analógicas para ser aplicadas en el mundo real.

#### Ejemplo:

Se tiene un sistema de control de temperatura, en la cual se desea medir una temperatura analógica, que viene a ser la señal de entrada analógica, que luego pasa por un convertidor análogo – digital (ADC), con la finalidad de que las señales analógicas sean convertidas a señales digitales (bits). Luego el proceso continua por un circuito digital (puede ser un computador), en donde se realiza un proceso digital, para que nuevamente pase por un convertidor digital – análogo (DAC), para pasar por un controlador que realiza cierto tipo de acción par ajustar la temperatura. En la siguiente grafica se puede observar de una manera mas objetiva este proceso.



#### 1.6. El Futuro es Digital.

Los avances de la tecnología digital durante las últimas tres décadas han sido fenomenales, y existen muchas razones para creer que en los próximos años se vienen más sorpresas tecnológicas que nos presenta este mundo globalizado.

La tasa de crecimiento en el mundo digital es continua, y no estaría demás pensar, que en pocos años podamos observar equipos y dispositivos controlados por PC's, y a la vez pensar también que contemos con automóviles equipados con una PC en donde se controle de manera inalámbrica la comunicación, la información, y la navegación. Hasta quizás se este usando comandos o instrucciones de voz para realizar ciertas funciones que nos faciliten manejar diferentes sistemas.

O hasta imaginar llegar a un "Viaje a las Estrellas" del Dr. McCoy, en donde las enfermedades de los seres humanos pueden ser superadas, o las partes del cuerpo humano ser reemplazada con los famosos brazos electrónicos en donde intervienen gran cantidad de microprocesadores que realizan diferentes funciones casi humanas.

En otras palabras la tecnología digital continuara su incursión a alta velocidades en las diferentes actividades de nuestra vida, así como ocupando espacios que ni siquiera



hemos imaginado; y lo único que podemos hacer es aprender y aprovechar toda esta tecnología que esta revolucionando nuestras vidas actualmente.

### 1.7. Sistema de Numeración Digital.

En la tecnología digital se usan muchos sistemas de numeración. Los mas comunes son los sistema decimales, binario, octal y hexadecimal.

El sistema decimal es sin duda el mas familiar para nosotros porque en una herramienta que usamos todos los días.

#### 1.7.1. Sistema Decimal.

El sistema decimal esta compuesta por diez numerales o símbolos, Estos diez símbolos son: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Además el sistema decimal es conocido también como sistema de base 10.

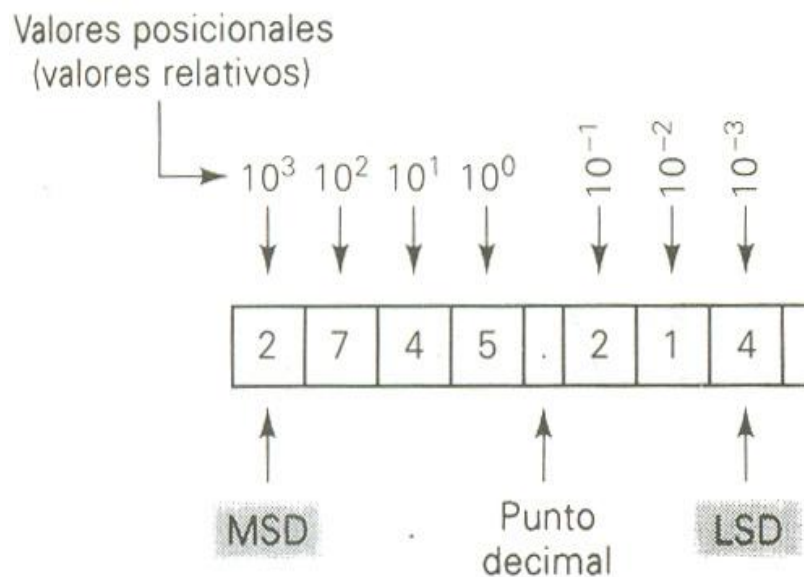
El sistema decimal es un sistema es un sistema de valor posicional en el cual el valor de un dígito depende de la posición en que se encuentre ubicada.

Ejemplo:

Se tiene el número 453, donde el 4 viene a ser el número de *dígito más significativo (MSD)* y el 3 se convierte en el número de *dígito menos significativo (LSD)*.

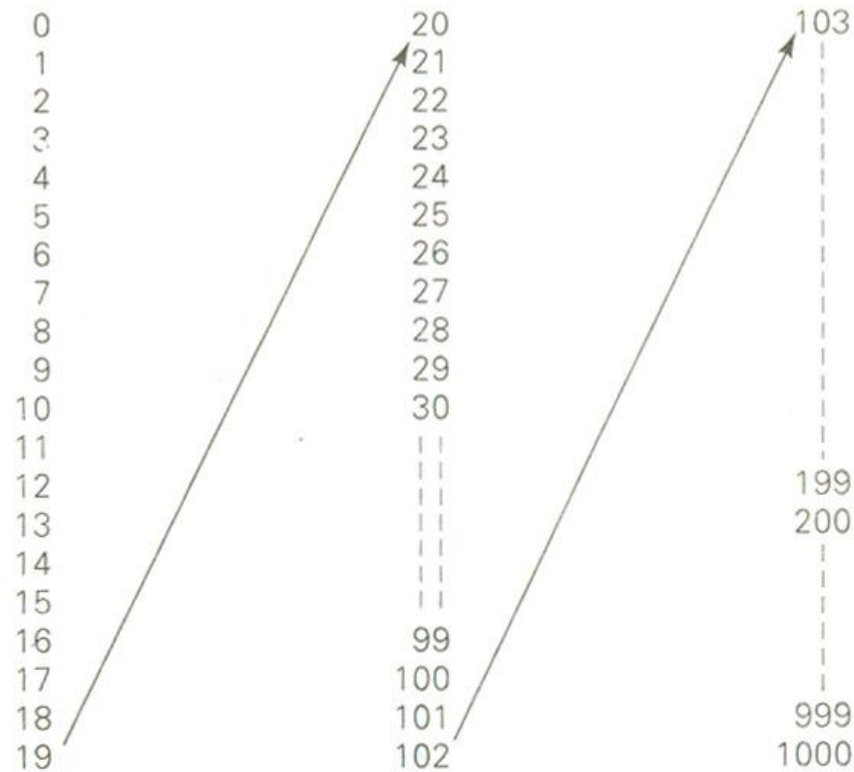
Por otra parte si tenemos el siguiente número 27.53. En esté número el 2 viene a ser el dígito más significativo y el 3 el dígito menos significativo, o sea:

$$2 * 10^1 + 7 * 10^0 + 3 * 10^{-1} + 5 * 10^{-2} = 27.35$$



Cuando se cuenta mediante el sistema decimal, se inicia con cero en la posición de las unidades y se toma cada dígito (símbolo) progresivamente hasta llegar a 9. Luego se suma 1 a la siguiente posición mas alta y se inicia de nuevo con cero en la primera posición. Este proceso continua hasta llegar a la cuenta de 99; luego se suma nuevamente 1 a la tercera posición y se inicia de nuevo con cero y así sucesivamente.

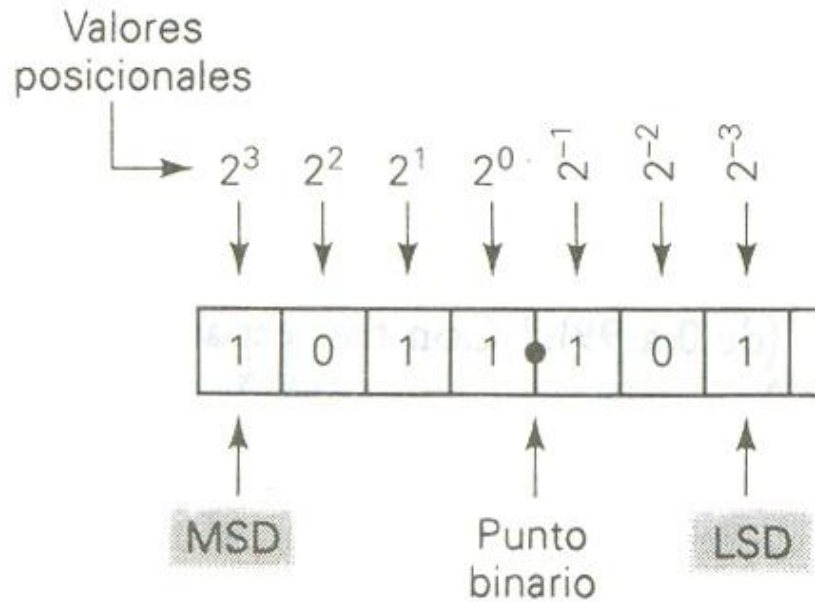
En la siguiente grafica se ilustra mejor este proceso.



Es importante observar que en el conteo decimal la posición de las unidades LSD cambian hacia arriba a cada paso de conteo, la posición de las decenas cambia hacia arriba cada 10 pasos en el conteo, la posición de las centenas cambia hacia arriba cada 100 pasos en el conteo y así sucesivamente.

#### 1.7.2. Sistema Binario.

Es utilizado en los sistemas digitales, y tiene dos símbolos o posibles valores de dígitos: el 0 y el 1. Aun así este sistema de base 2 se puede usar para presentar cualquier cantidad en el sistema decimal o en otros sistemas. Aunque en general se necesita muchos dígitos binarios para expresar una cantidad determinada. En la figura siguiente se observa con mas detalle como esta distribuido los unos y ceros antes y después del punto binario; además se muestra las potencias correspondientes que tienen cada uno de los dígitos.



Ejemplo:

Se tiene el número 1011.101<sub>2</sub>, queremos saber su valor decimal entonces procedemos de la siguiente manera:

$$1011.101_2 = (1 \cdot 2^3) + (0 \cdot 2^2) + (1 \cdot 2^1) + (1 \cdot 2^0) + (1 \cdot 2^{-1}) + (0 \cdot 2^{-2}) + (1 \cdot 2^{-3})$$

$$1011.101_2 = 8 + 0 + 2 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125$$

$$1011.101_2 = 11.625_{10}$$

Obsérvese que en la operación anterior los sub índices 2 y 10 se usan para indicar la base en la cual se expresa un número determinado. Esta norma necesariamente se utiliza para evitar confusiones en los diferentes sistemas numéricos.

En el sistema binario el termino *digito binario* con frecuencia se abrevia como bit (bit deriva de dos palabras en ingles Binary digiT).

El número binario anterior, tiene cuatro bits a la izquierda del punto binario y tres bits a la derecha del punto binario.

Por otra parte cuando se trabaja con números binarios se esta limitando a un número específico de bits. Esta limitación se basa en función a los circuitos integrados que se esta usando, por ejemplo existen circuitos integrados de 4, 8, 16, 32, 64 y 128 bits de entrada o bien de salida.

Para mejor observación y análisis del conteo binario utilizaremos la siguiente secuencia.

Valores →	$2^3 = 8$	$2^2 = 4$	$2^1 = 2$	$2^0 = 1$		Equivalente decimal
	0	0	0	0	→	0
	0	0	0	1	→	1
	0	0	1	0		2
	0	0	1	1		3
	0	1	0	0		4
	0	1	0	1		5
	0	1	1	0		6
	0	1	1	1		7
	1	0	0	0		8
	1	0	0	1		9
	1	0	1	0		10
	1	0	1	1		11
	1	1	0	0		12
	1	1	0	1		13
	1	1	1	0	→	14
	1	1	1	1	→	15

↑  
LSB

La secuencia de conteo binario tiene una característica importante, observamos que el bit de las unidades (LSB) cambia de 0 a 1 en cada conteo. El segundo bit (posición dos) cambia cada dos conteos y así sucesivamente; en donde el cuarto bit que tiene mayor significación (MSB) cambiara de ocho en ocho. Para poder descifrar este aspecto utilizamos la siguiente expresión:  $2^{N-1}$  en donde N es la cantidad de dígitos.

Por otra parte para determinar la cantidad de conteos que puede realizar una determinada cantidad de bits aplicamos la siguiente fórmula  $2^N$ , por ejemplo  $2^2 = 4$  esto nos indica que se puede hacer cuatro conteos teniendo dos bits como dígitos ( $00_2$  hasta  $11_2$ ), o con cuatro  $2^4 = 16$  conteos ( $0000_2$  hasta  $1111_2$ ). Y para determinar el último conteo equivalente al sistema numérico decimal se aplica la siguiente fórmula  $2^N - 1$ , por ejemplo el último conteo es  $1111_2$  aplicando la fórmula queremos saber su equivalente en el sistema decimal entonces será:  $2^4 - 1 = 16 - 1 = 15_{10}$ .

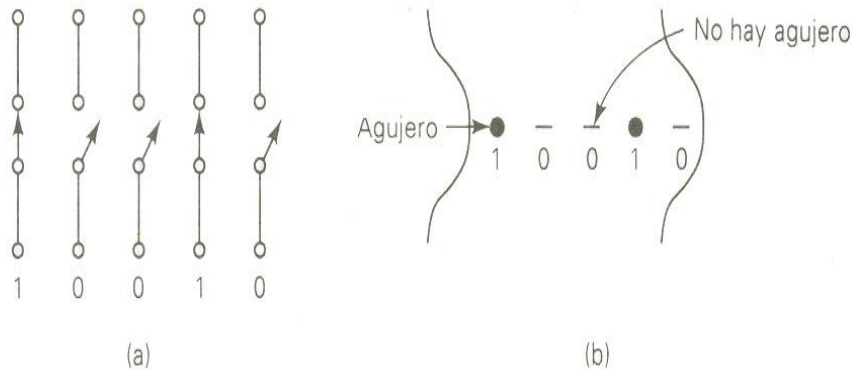
#### 1.8. Representación de Cantidades Binarias.

En los sistemas digitales la información que se está procesando por lo general se presenta en forma binaria. Las cantidades binaria se pueden representar mediante cualquier dispositivo que tenga solo dos estados de operación o condiciones posibles.

Por ejemplo un interruptor solo tiene dos estados: abierto o cerrado. Se puede dejar arbitrariamente que un interruptor abierto represente el 0 binario y que un interruptor cerrado represente el 1 binario. Con esta asignación ahora se puede representar cualquier número binario.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de representación e cantidades binarias teniendo en cuenta los interruptores en los dos estados predispuestos anteriormente.

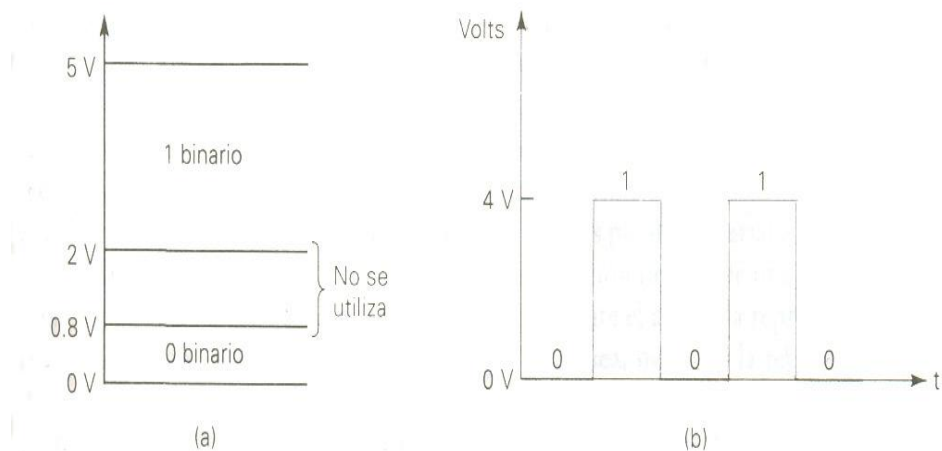
Se tiene el siguiente número:  $10010_2$  su representación es:



Existen muchos dispositivos que solo tienen dos estados de operación, o que se pueden operar en dos condiciones extremas. Entre éstos se encuentran la bombilla eléctrica, el diodo rectificados el transistor, la foto celda, el termostato y un puno en un disco magnetito.

En los sistemas electrónicos digitales la información se representa por medio de voltajes (o corrientes) que están representados en las entradas y salidas de los de los diversos circuitos. Por lo general, el 0 y el 1 binarios se representan mediante dos niveles de voltaje nominales. Por ejemplo cero voltios podría representar el 0 binario y +5 V podría representar el 1 binario.

En realidad debido a la a las variaciones de los diversos circuitos, el 0 y el 1 se representan mediante intervalos de voltaje, como se ilustra en la siguiente figura.



En esta figura se observa que cualquier voltaje entre 0 y 0.8 V representa un 0 binario y cualquier voltaje entre 2 y 5 V representa un 1 binario. Todas las señales de entrada y salida normalmente caerán dentro de uno de estos intervalos, excepto durante transiciones de un nivel a otro.

### **AUTO EVALUACIÓN: MUNDO DIGITAL Y ANALÓGICO**

1. La MEJOR descripción de las representaciones digitales de los valores numéricos de las cantidades, es que cuentan con la característica de:

- ☐ Varían en forma constante en un rango de valores continuos.
  - ☐ Varían en proporción directa y constante a los valores que representan.
  - ☐ Tienen una variación discreta en proporción a los valores que representan.
- 

2. ¿Cuál de los siguientes dispositivos no es analógico?

- ☐ Termopar.
  - ☐ Flujo de corriente en un circuito.
  - ☐ Apagador de luz.
  - ☐ Micrófono de audio.
- 

3. ¿Cuál de las siguientes oraciones NO describe una ventaja de la tecnología digital?

- ☐ Los valores pueden variar en un rango continuo.
  - ☐ El ruido afecta menos a los circuitos.
  - ☐ Se puede programar la operación.
  - ☐ Es fácil almacenar la información.
- 

4. ¿Cuántos bits binarios se necesitan para representar 748 números diferentes?

- ☐ 9
  - ☐ 7
  - ☐ 10
  - ☐ 8
- 

5. La transmisión en forma paralela de información digital:

- ☐ Es mucho mas lenta que la transmisión en forma serial.

- ☐ Requiere únicamente una línea de señal entre el emisor y el receptor.
  - ☐ Requiere tantas líneas de señal entre el emisor y el receptor como bits de información.
  - ☐ Es más barata que el método serial de transmisión de datos.
- 

6. Cualquier número con exponente cero es igual a:

- ☐ Cero.
  - ☐ Uno.
  - ☐ El mismo número.
  - ☐ Diez.
- 

7. Cualquier número con exponente uno es igual a:

- ☐ Cero.
  - ☐ Uno.
  - ☐ Dos.
  - ☐ El mismo número.
- 

8. ¿Cuántos símbolos únicos se utilizan en el sistema numérico decimal?

- ☐ Uno.
  - ☐ Nueve.
  - ☐ Diez.
  - ☐ Infinito.
- 

9. ¿Cuáles son los símbolos que se utilizan para representar dígitos en el sistema numérico binario?

- ☐ 0,1
  - ☐ 0,1,2
  - ☐ 0 hasta el 8
  - ☐ 1,2
- 

10. ¿Cuál es la representación binaria de  $2^{-3}$ ?

- ☐ 0000.0010
  - ☐ 0000.0100
  - ☐ 0000.0011
  - ☐ 0011.1000
- 

11. Convierte a decimal la fracción binaria 0001.0010

- ☐ 1.40
  - ☐ 1.125
  - ☐ 1.20
  - ☐ 1.80
- 

12. Convierte a decimal la fracción binaria 0000.1010

- ☐ 0.625
  - ☐ 0.50
  - ☐ 0.55
  - ☐ 0.10
- 

13. Convierte a decimal la fracción binaria 10010.0100

- ☐ 24.50
  - ☐ 18.25
  - ☐ 18.40
  - ☐ 16.25
- 

14. Convierte a binario la fracción decimal 6.75

- ☐ 0111.1100
  - ☐ 0110.1010
  - ☐ 0110.1100
  - ☐ 0110.0110
- 

15. ¿Cuál es el valor decimal del binario 10010?



- ☐  $6_{10}$
  - ☐  $9_{10}$
  - ☐  $18_{10}$
  - ☐  $20_{10}$
- 

16. ¿Cuál es el valor decimal del binario 10000110?

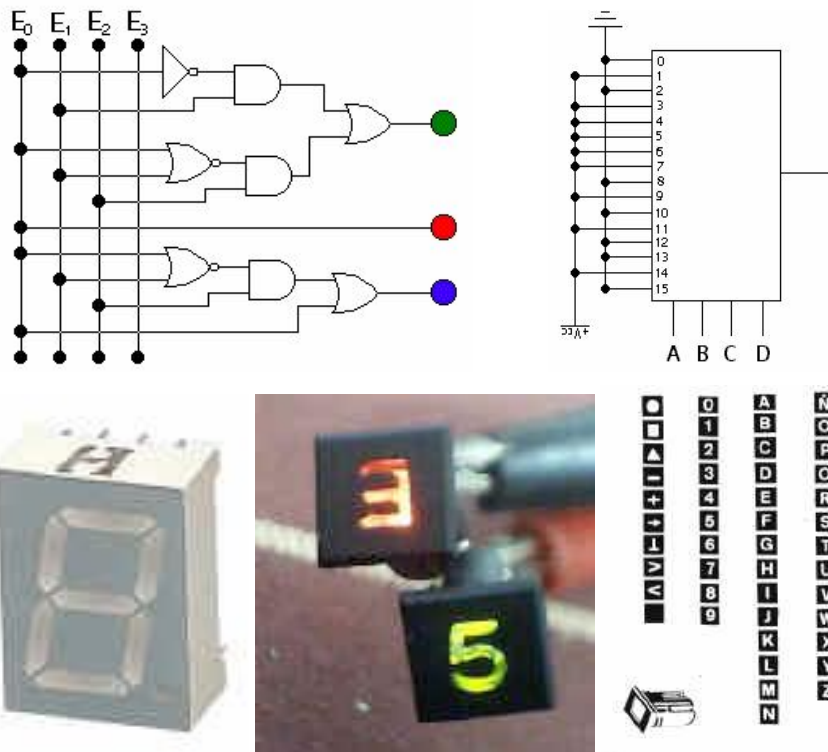
- ☐  $134_{10}$
- ☐  $144_{10}$
- ☐  $110_{10}$
- ☐  $126_{10}$

17. ¿Cuál es el valor decimal de  $2^{-1}$ ?

- ☐ 0.5
  - ☐ 0.25
  - ☐ 0.05
  - ☐ 0.1
- 

18. ¿Cuál es el valor decimal de  $2^3$ ?

- ☐ 2
  - ☐ 4
  - ☐ 6
  - ☐ 8
-



## SISTEMAS NUMERICOS Y CODIGOS

### 2.1. Conversiones de Binario a Decimal.

Para convertir un número binario a un número decimal, solo se suma los pesos de las diferentes posiciones en el número binario que contiene un uno. Con el siguiente ejemplo se ilustrara mejor este enunciado:

Se tiene el siguiente número binario:  $11011_2$

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & & \\ 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 & & \end{array}$$

De la cual se deduce:

$$1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 1 * 2^1 + 1 * 2^0 = 16 + 8 + 0 + 2 + 1 = 27_{10}$$

### 2.2. Conversiones de Decimal a Binario.

Existen dos formas de convertir un número decimal entero a su representación equivalente en el sistema binario. El primer método es el inverso del proceso descrito anteriormente.

En este primer método el número decimal simplemente se expresa como una suma de potencias de 2, y luego se escriben los ceros y los unos en las posiciones adecuadas del bit.

$$45_{10} = 32 + 8 + 4 + 1 = 2^5 + 0 + 2^3 + 2^2 + 0 + 2^0$$

Entonces los que le corresponden el 1 binario son:

$$2^5 \rightarrow 1$$

$$2^4 \rightarrow 0$$

$$2^3 \rightarrow 1$$

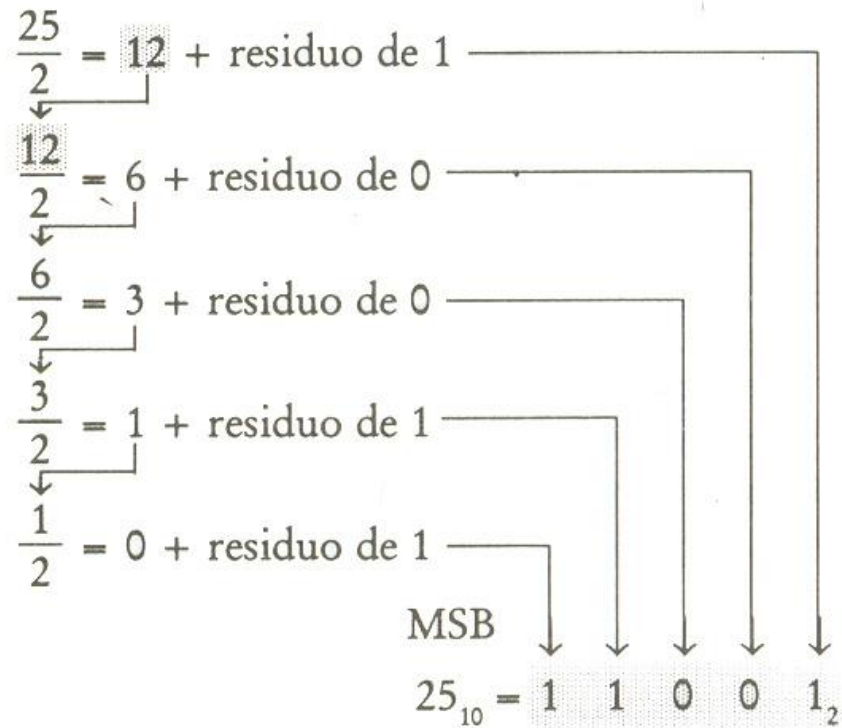
$$2^2 \rightarrow 1$$

$$2^1 \rightarrow 0$$

$$2^0 \rightarrow 1$$

Por lo tanto:  $45_{10} = 101101_2$

El segundo método para convertir números enteros decimales a binarios, viene a ser las divisiones sucesivas entre 2. En el siguiente ejemplo mostramos como se realiza este proceso:



Ojo este proceso anterior, también se puede utilizar para convertir de un sistema decimal a cualquier otro sistema numérico, con solo haciendo divisiones sucesivas entre la base que se desea convertir.

### 2.3. Sistema de Numeración Octal.

El sistema octal se usa con frecuencia en el trabajo de computadoras digitales. El sistema de numeración octal tiene una base de ocho, lo que significa que tiene ocho dígitos posibles: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Por lo tanto, cada dígito de un número octal puede tener cualquier valor de 0 a 7. Las posiciones de los dígitos en un número octal tienen los siguientes pesos.

$8^4$	$8^3$	$8^2$	$8^1$	$8^0$	$8^{-1}$	$8^{-2}$	$8^{-3}$	$8^{-4}$	$8^{-5}$
-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------

•  
punto octal

#### 2.3.1. Conversión de Octal a Decimal.

Un número octal se puede convertir fácilmente a su equivalente decimal multiplicando cada dígito octal por su peso posicional.

Por ejemplo:

$$372_8 = 3 * 8^2 + 7 * 8^1 + 2 * 8^0$$

$$372_8 = 3 * 64 + 7 * 8 + 2 * 1$$

$$372_8 = 250_{10}$$

$$24.6_8 = 2 * 8^1 + 4 * 8^0 + 6 * 8^{-1}$$

$$24.6_8 = 20.75_{10}$$

### 2.3.2. Conversión de Decimal a Octal.

Un número entero decimal se puede convertir a octal usando el mismo método de la división repetida, algo similar a lo que se usó en la conversión de decimal a binario, pero en este caso con un divisor de 8 en lugar del 2.

Por ejemplo:

$$\begin{array}{rcl} \frac{266}{8} & = & 33 + \text{residuo de } 2 \\ \downarrow & & \\ \frac{33}{8} & = & 4 + \text{residuo de } 1 \\ \downarrow & & \\ \frac{4}{8} & = & 0 + \text{residuo de } 4 \end{array}$$

$266_{10} = 412_8$

Observamos que el primer residuo se convierte en el dígito menos significativo (LSD) del numeral octal, y el último residuo se convierte en el dígito más significativo (MSD).

### 2.3.3. Conversión de Octal a Binario.

La ventaja principal del sistema de numeración octal es la facilidad para hacer las conversiones entre números binarios y octales. La conversión de octal a binario se realiza convirtiendo cada dígito octal a su equivalente binario de tres dígitos.

En la siguiente tabla se indica los ocho dígitos y su respectivo equivalente binario.

Digito Octal	Equivalente Binario
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Usando esta tabla podemos cambiar cualquier número octal a un número binario.

Por ejemplo, convertir  $472_8$  a binario, procedemos de la siguiente manera:

4	7	2
↓	↓	↓
100	111	010

Por lo tanto  $472_8$  en su equivalente binario es  $100111010_2$

#### 2.3.4. Conversión de Binario a Octal.

La conversión de enteros binarios a enteros octales es simplemente la operación inversa de la conversión de octal a binario.

Los bits del número binario se agrupan en grupos de *tres bits*, iniciando con el LSB. Luego cada grupo se convierte en su equivalente octal. Para ilustrar este proceso, realizaremos el siguiente ejemplo:

Se tiene el siguiente número binario:  $100111010_2$  a octal.

100	111	010	
↓	↓	↓	
4	7	$2_8$	

←  
En esta dirección se  
separa de 3 en 3 bits

Se puede dar algunos casos en que el número binario mas significativo tenga solo dos bits o un bit, en estos casos se le incrementa cero para completarlos.

Por ejemplo: se tiene el siguiente número binario  $11010110_2$  convertir a octal.

	011	010	110
	↓	↓	↓
	3	2	$6_8$

Es el bit incrementado  
para agruparse en tres  
bits.

#### 2.4. Sistema de Numeración Hexadecimal.

En el sistema de numeración Hexadecimal se emplea la base 16, por lo tanto, tiene 16 símbolos digitales posibles. Estos 16 símbolos digitales son los dígitos 0 al 9 y las letras A, B, C, D, E y F. En la siguiente tabla se observa mejor esta distribución:

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

#### 2.4.1. Conversión de Hexadecimal a Decimal.

Un número Hexadecimal se puede convertir a su equivalente Decimal partiendo del hecho de cada posición de los dígitos hexadecimales tienen un peso que es una potencia de 16. El LSD tiene un peso de  $16^0 = 1$ ; la siguiente posición mayor del dígito tiene un peso de  $16^1 = 16$ ; la que sigue tiene un peso de  $16^2 = 256$  y así sucesivamente.

Por ejemplo tenemos que convertir  $356_{16}$  a decimal:

$$356_{16} = 3 * 16^2 + 5 * 16^1 + 6 * 16^0$$

$$356_{16} = 768 + 80 + 6$$

$$356_{16} = 854_{10}$$

Otro ejemplo vendría a ser: convertir  $2AF_{16}$  a su equivalente decimal:

$$2AF_{16} = 2 * 16^2 + 10 * 16^1 + 15 * 16^0$$

$$2AF_{16} = 512 + 160 + 15$$

$$2AF_{16} = 687_{10}$$

#### 2.4.2. Conversión de Decimal a Hexadecimal.

Recuerde que la conversión de decimal a binario se hizo usando la división repetitiva entre 2, y la de decimal a octal mediante la división entre 8. De la misma manera la conversión de decimal a hexadecimal se puede hacer empleando la división repetitiva entre 16.

Por ejemplo:

Convertir  $423_{10}$  a hexadecimal (hex):

$$\begin{array}{rcl}
 \frac{423}{16} & = & 26 + \text{residuo de } 7 \\
 \downarrow & & \\
 \frac{26}{16} & = & 1 + \text{residuo de } 10 \\
 \downarrow & & \\
 \frac{1}{16} & = & 0 + \text{residuo de } 1
 \end{array}$$

$423_{10} = 1A7_{16}$

#### 2.4.3. Conversión de Hexadecimal a Binario.

Al igual que el sistema numérico octal, sistema de numeración hexadecimal usa la tabla mostrada anteriormente en el sistema numérico hexadecimal. El procedimiento es sencillo, lo que se hace es representar cada número por su equivalen binario.

Por ejemplo convertir  $9F2_{16}$  a binario.

$$\begin{array}{rcl}
 9F2_{16} & = & 9 \quad F \quad 2 \\
 & = & \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\
 & = & 1001 \ 1111 \ 0010
 \end{array}$$

Como ejercicio, verifique que  $BA6_{16} = 101110100110_2$ .

#### 2.4.4. Conversión d Binario a Hexadecimal.

La conversión de binario a hexadecimal es exactamente el inverso del proceso anterior. El número binario se agrupa en conjuntos de *cuatro bits* y cada conjunto se convierte a su dígito equivalente hexadecimal.

Por ejemplo convertir  $1110100110_2$ :



$$\begin{array}{ccc}
 0011 & 1010 & 0110 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 3 & A & 6 \\
 1110100110_2 = 3A6_{16}
 \end{array}$$

Como ejercicio, verifique que  $101011111_2 = 15F_{16}$ .

#### 2.4.5. Utilidad de los Sistemas Hexadecimal y Octal.

Los sistemas hexadecimales y octal se utilizan con frecuencia en los sistemas digitales como una forma taquigráfica para representar series de bits. En los equipos de cómputo, desde su nacimiento se utilizaron series de bits agrupados desde 8, 32, 64 y 128 que se da actualmente. Actualmente en su mayoría este conjunto de series se utilizan para transmitir información e manera digital. Un ejemplo practico son las redes LAN, por la cual la información viaja en forma digital binaria a través de un conjunto de computares.

Cuando se trata de números binarios muy extensos se recomienda expresarlos en números hexadecimales y octales. En la electrónica digital se utiliza bastante esta conversión a fin de que los datos binarios tengan menos errores al momento de ser transmitidas y la información no se pueda perder. Siempre esta alternativa se da cuando se utilizan datos binarios muy extensos.

#### 2.5. Código BCD.

Cuando se representa números, letras o palabras mediante un grupo especial de símbolos se dicen que están codificados y el grupo de símbolos se llama *código*.

Probablemente uno de los códigos más familiares es el Morse en el cual una serie de puntos y rayas representan las letras del alfabeto.

Hemos visto que cualquier número decimal se puede representar por un número binario equivalente. El grupo de ceros y unos en el número binario podemos considerarlo como un código que representa el número decimal. Cuando un número decimal se representa por su número binario equivalente, se llama CODIFICACION BINARIA DIRECTA.

En todos los sistemas digitales se usa alguna forma de números binarios para su operación interna, pero el mundo externo es decimal por naturaleza. Esto significa que las conversiones ente los sistemas decimal y binario se realiza con frecuencia. Hemos visto que las conversiones entre decimal y binario pueden ser largas y complicadas, en el caso de números grandes. Por esta razón en ciertas situaciones se usan un medio de

codificación de números decimales que combinan algunas de las características de los sistemas decimal y binario.

#### 2.5.1. Código Decimal Codificado en Binario.

Si *cada dígito* de un número decimal se representa por medio de su equivalente binario, el resultado es un código llamado **decimal codificado en binario (BCD)**. Debido a que un dígito binario puede ser tan grande como 9, se requiere cuatro bits para codificar cada dígito.

Para ilustrar el código BCD, tome un número decimal como 874. Cada dígito se cambia a su equivalente binario como sigue:

8	7	4	<i>Decimal</i>
↓	↓	↓	
1000	0111	0100	<i>BCD</i>

Otro ejemplo, convertir 943 a su representación en código BCD.

9	4	3	<i>Decimal</i>
↓	↓	↓	
1001	0100	0011	<i>BCD</i>

Una vez mas, cada dígito decimal se transforma a su equivalente binario directo. Observe que siempre se usa cuatro bits para cada dígito.

Entonces, el código BCD representa cada dígito del número decimal mediante un número binario de cuatro bits. Es claro que sólo se usan números binarios de cuatro dígitos de 0000 a 1001. En el código BCD no se usan los números 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 y 1111.

Ejemplos:

Convierta 0110100000111001 (BCD) a su equivalente decimal.

Solución:

Dividimos el número BCD en grupos de cuatro dígitos y se convierte cada uno a su equivalente decimal.

0110	1000	0011	1001
↓	↓	↓	↓
6	8	3	9

Convierta BCD 011111000001 a su equivalente decimal.

Solución:

0111 1100 0001  
7      ↓      1

El grupo de código prohibido indica un error en el número BCD

#### 2.5.2. Comparación de BCD y Binario.

Es importante entender que el BCD no es otro sistema de numeración como el binario, el octal, el decimal o el hexadecimal. Es, de hecho, el sistema decimal con cada dígito en su equivalente binario. También es importante entender que un número BCD no es lo mismo que un número binario directo. Un código binario directo toma el número decimal completo y lo representa en binario; el código BCD convierte cada dígito decimal a binario de manera individual. Para mejor ilustración de este enunciado desarrollaremos el siguiente ejemplo:

Tenemos el número  $137_{10}$  y comparemos su código binario directo y BCD.

$$137_{10} = 10001001_2$$

$$137_{10} = 0001\ 0011\ 0111$$

En el código BCD se requieren 12 bits, en tanto que en código binario directo sólo 08 bits para representar el número  $137_{10}$ . En el BCD se requiere más bits que en el binario directo para representar números decimales de más de un dígito. Esta es la razón por la cual en BCD no se usan todos los grupos de cuatro bits posibles, como se indicó anteriormente, y por ende es un tanto ineficiente.

La ventaja primordial del código BCD es la facilidad relativa de conversión a decimal y desde decimal. Sólo es necesario ordenar los grupos de código de cuatro bits por los dígitos decimales 0 – 9. Esta facilidad de conversión es especialmente importante desde el punto de vista del hardware porque en un sistema digital los circuitos lógicos son los que realizan las conversiones a y desde decimal.

#### 2.6. Integración de los Sistemas.

En la tabla siguiente, se proporciona la representación de los números decimales 1 al 15 en los sistemas numéricos binarios, octal y hex, y en código BCD.

Decimal	Binario	Octal	Hexadecimal	BCD
0	0	0	0	0000
1	1	1	1	0001
2	10	2	2	0010
3	11	3	3	0011
4	100	4	4	0100
5	101	5	5	0101
6	110	6	6	0110
7	111	7	7	0111
8	1000	10	8	1000
9	1001	11	9	1001
10	1010	12	A	0001 0000
11	1011	13	B	0001 0001
12	1100	14	C	0001 0010
13	1101	15	D	0001 0011
14	1110	16	E	0001 0100
15	1111	17	F	0001 0101

## 2.7. El BYTE.

La mayoría de las computadoras manejan y almacenan datos de información binaria de ocho bits, por lo que a una serie de ocho bits se le da un nombre especial: BYTE. Un byte siempre consta de ocho bits y puede representar cualquiera de los números tipos de datos e información. Los siguientes ejemplos ilustran su aplicación.

¿Cuántos bytes hay en una serie de 32 bits?

Solución:

$32/8 = 4$ , por lo tanto hay cuatro bytes en una serie de 32 bits.

¿Cuál es el valor decimal mayor que se puede representar en binario, usando 02 bytes?

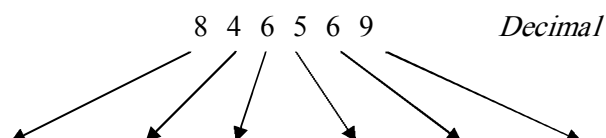
Solución:

Dos bytes contiene 16 bits, por ende el valor binario mayor será equivalente a decimal  $2^{16} = 65535$ .

¿Cuántos bytes s necesita para representar el valor decimal 846569 en código BCD?

Solución:

Cada dígito decimal se convierte en un código BCD de cuatro bits, entonces:



1000    0100    0110    0101    0110    1001    *BCD*

## **AUTO EVALUACIÓN: SISTEMAS NUMERICOS Y CODIGOS**

---

1. ¿Cuál es la principal ventaja de utilizar el código BCD en lugar del código binario directo?

- ☐ La facilidad relativa para convertir a código decimal y viceversa.
  - ☐ Los códigos BCD se convierten con facilidad a códigos hexadecimales.
  - ☐ Los códigos BCD se convierten con facilidad a código binario directo.
- 

2. ¿Cuántos bits de código BCD y cuántos de binario directo se necesitarían para representar el número decimal 643?

- ☐ 12 BCD, 12 binarios.
  - ☐ 12 BCD, 10 binarios.
  - ☐ 12 BCD, 9 binarios.
  - ☐ 16 BCD, 9 binarios.
- 

3. Al emplear el método de división repetida por dos para convertir de decimal a binario, debemos escribir el primer residuo como:

- ☐ MSB.
  - ☐ MSB, siempre y cuando la siguiente secuencia de residuos se escriba en orden descendente hasta llegar al último residuo.
  - ☐ LSB.
  - ☐ LSB, siempre y cuando el último residuo se utilice para reemplazar el LSB original, el que después se trasladará a la posición MSB.
- 

6. ¿Cuál de los siguientes es un código BCD inválido?

- ☐ 0011
  - ☐ 1101
  - ☐ 0101
  - ☐ 1001
-

7. Convierte  $59.72_{10}$  a BCD.

- ☐ 111011
  - ☐ 01011001.01110010
  - ☐ 1110.11
  - ☐ 0101100101110010
- 
- 

8. Convierte  $5278_8$  a binario.

- ☐ 343
  - ☐ 011100111
  - ☐ 101010111
  - ☐ 111010101
- 

9. Convierte  $1100101000110101_2$  a hexadecimal.

- ☐ 121035
  - ☐ CA35
  - ☐ 53AC1
  - ☐ 530121
- 

10. Convierte  $8B3F_{16}$  a binario.

- ☐ 35647
  - ☐ 011010
  - ☐ 1011001111100011
  - ☐ 1000101100111111
- 

11. Convierte  $457_{10}$  a octal.

- ☐ 711
- ☐ 2C7
- ☐ 811

☐ 88.8

---

12. Convierte  $1731_8$  a decimal.

☐ 216.4

☐ 985

☐ 3D9

☐ 1123

---

13. ¿Cuántos dígitos binarios se requieren para contar hasta  $100_{10}$ ?

☐ 7

☐ 2

☐ 3

☐ 100

---

14. ¿Qué número decimal representa  $2^5$ ?

☐ 10

☐ 31

☐ 25

☐ 32

---

15. Convierte 64 decimal a binario.

☐ 01010010

☐ 01000000

☐ 00110110

☐ 01001000

---

17. Convierte 213 decimal a binario.

☐ 11001101

☐ 11010101

☐ 01111001  
☐ 11100011

---

18. La base del sistema octal es:

☐ Ocho.  
☐ Siete.  
☐ Diez.  
☐ Dos.

---

19. Convierta 1001 binario a octal.

☐  $9_8$   
☐  $11_8$   
☐  $101_8$   
☐  $10_8$

---

20. Convierta 01001110 binario a octal.

☐  $106_8$   
☐  $107_8$   
☐  $76_8$   
☐  $116_8$

---

21. Convierte 701octal a binario.

☐ 11000001  
☐ 1000111  
☐ 111000100  
☐ 111000001

---

22. Convierte 16 octal a decimal.

☐  $14_{10}$   
☐  $16_{10}$



- ☐  $10_{10}$
  - ☐  $20_{10}$
- 

**23.** Convierte 11001111 binario a hexadecimal.

- ☐  $8F_{16}$
  - ☐  $CE_{16}$
  - ☐  $DF_{16}$
  - ☐  $CF_{16}$
- 

**24.** Convierte 111111110010 binario a hexadecimal.

- ☐  $EE2_{16}$
  - ☐  $FF2_{16}$
  - ☐  $2FE_{16}$
  - ☐  $FD2_{16}$
- 

**25.** Convierte COB hexadecimal a binario.

- ☐ 110000001011
- ☐ 110000001001
- ☐ 110000001100
- ☐ 110100001011