1.1 SISTEMA NUMÉRICO BINARIO

La electrónica digital hace un uso extenso del **sistema de numeración binario**. Este sistema es útil en electrónica porque sólo utiliza dos dígitos, 1 y 0. Los dígitos binarios se emplean para representar los dos niveles de voltaje usados en la electrónica digital, ALTO o BAJO. En la mayoría de los sistemas digitales el nivel de voltaje alto está representado por el 1, mientras que el nivel de voltaje bajo o cero volts lo está por el 0. El 1 representa el estado de ENCENDIDO de un interruptor, de una luz o de un transistor, mientras que el estado APAGADO está representado por un 0. Por otra parte, antes de manipular con una computadora digital un número decimal como 32 es necesario convertirlo primero en binario, y representarlo mediante unos y ceros.

El sistema con el que las personas están más familiarizadas es el sistema decimal, ya que es el que utilizan cotidianamente. Por tanto, primero se examinarán las características de este sistema de numeración para luego compararlas con las del sistema binario. En el sistema decimal se trabaja con diez dígitos diferentes, del cero al nueve. Estos dígitos hacen que el sistema decimal sea un sistema de base 10. En el sistema binario se trabaja con dos dígitos distintos, 0 y 1, con lo que este sistema es un sistema de base dos.

Para contar en el sistema decimal se comienza en la primera columna o lugar decimal con un 0, y se prosigue hasta 9. Una vez que el primer lugar está "lleno", se pone un cero en dicha columna y se suma uno a la siguiente (a la izquierda). Después del 9 sigue el 10. Con esto la primera columna puede volver a "llenarse". Después del 10 vienen 11, 12, 13, etc. Cuando la primera columna se llena otra vez, se vuelve a hacer cero y se suma uno a la siguiente columna de la izquierda. Después del 19 sigue el 20. Cuando las dos columnas están llenas, se ponen ambas en cero y se suma uno a la siguiente columna de la izquierda. Después del 99 sigue el 100.

1 Para contar en binario se comienza en la primera columna, o posición binaria, con 0 y se cuenta hasta 1. La primera columna se llena y se hace entonces cero, sumando uno a la siguiente columna de la izquierda. Después del 0 habrá un 1, es decir 10. Con esto, la primera columna puede volverse a llenar otra vez. Después del 10 sigue el 11. Las dos columnas están llenas. Se hacen cero ambas y se suma uno a la siguiente posición binaria a la izquierda. Después del 11 sigue el 100. Ahora la primera columna puede volverse a llenar otra vez. Después del 100 siguen 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, y así sucesivamente. Entonces para contar en binario se tiene

0	
1	La primera columna está llena.
10	Se pone un cero y se suma uno a la segunda columna.
11	Las dos primeras columnas están llenas.

100	Se ponen ceros y se suma uno a la tercera columna.
101	
110	
111	Las tres primeras columnas están llenas.
1000	Se ponen ceros y se suma uno a la cuarta columna.
1001	
1010	
1011	
1100	
1101	
1110	
1111	Las cuatro primeras columnas están llenas.
10000	Se ponen ceros y se suma uno a la quinta columna.
10001	
10010	
10011	
10100	
10101	

Intente escribir los números binarios del 11111 al 1000000.

La palabra **bit** es una contracción de las palabras en inglés **bi**nary digi**t** (dígito binario). Cada posición de un número binario se conoce como bit. El número binario 10110 es un número de cinco bits. El primer lugar del extremo derecho recibe el nombre de bit menos significativo (o LSB por sus siglas en inglés), mientras que el lugar que está en el extremo izquierdo se conoce como bit más significativo (MSB por sus siglas en inglés).

Bit más significativo (MSB)
10110 es un número binario de cinco bits
Bit menos significativo (LSB)

Con el uso de tres bits se puede contar en binario hasta 111, o 7. Si se incluye el 000, entonces se tienen ocho combinaciones diferentes. En general, con N bits se puede contar hasta $2^N - 1$, para un total de 2^N números distintos.

cuenta máxima = $2^N - 1$
donde N es el número de bits

número de combinaciones = 2^N
donde N es el número de bits

Ejemplo: ¿Hasta qué número puede contarse empleando un número binario de cuatro bits?

Solución:

Con $N = 4$, se puede contar hasta $2^4 - 1 = 15$.

Ejemplo: ¿Cuántos números distintos pueden representarse con seis bits?

Solución:

Con $N = 6$, existen 2^N combinaciones, $2^6 = 64$.

1.2 CONVERSIÓN DE BINARIO A DECIMAL

En el sistema decimal, la primera posición a la izquierda del punto decimal se conoce como posición de las unidades. Cada columna a la izquierda aumenta por un factor de diez (sistema de base diez). Por tanto, al moverse hacia la izquierda, los valores decimales pueden expresarse en términos de la base diez como 10^0, 10^1, 10^2, 10^3 y así sucesivamente. Con esto, el número decimal 3954 tiene el significado siguiente

$$
\begin{array}{lllll}
3 & 9 & 5 & 4 & \\
(3 \times 10^3) & + (9 \times 10^2) & + (5 \times 10^1) & + (4 \times 10^0) & \\
(3 \times 1000) & + (9 \times 100) & + (5 \times 10) & + (4 \times 1) & \\
3000\ + & 900\ + & 50\ + & 4 & = 3594
\end{array}
$$

En el sistema binario la primera posición a la izquierda del punto binario, también es la posición de las unidades. El valor asociado con cada columna se incrementa hacia la izquierda por un factor de dos (sistema de base dos). Al moverse hacia la izquierda a partir del punto binario, los valores asociados con las columnas son 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 y así sucesivamente. Estos valores pueden representarse en términos de la base dos como 2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5, 2^6, 2^7, 2^8, 2^9, 2^{10}, etc. Con esto, el número binario 10110 tiene el significado siguiente

$$
\begin{array}{llllll}
1 & 0 & 1 & 1 & 0 & \\
(1 \times 2^4) & + (0 \times 2^3) & + (1 \times 2^2) & + (1 \times 2^1) & + (0 \times 2^0) & \\
(1 \times 16) & + (0 \times 8)^1 & + (1 \times 4) & + (1 \times 2) & + (0 \times 1) & \\
16\ + & 0\ + & 4\ + & 2\ + & 0 & = 22
\end{array}
$$

El número binario 10110 es lo mismo que el número decimal 22. A menudo se hace la distinción entre un número binario y uno decimal escribiendo la base como subíndice. Es así como

$$10110_2 = 22_{10}$$

Para convertir un número binario en uno decimal, se hace la lista con los valores de cada posición, y luego se suman los que corresponden a las posiciones donde hay un 1.

Ejemplo: Convierta 1000111_2 en un número decimal.

Solución:

Lista de valores asociados con cada posición:

1	0	0	0	1	1	1
—	—	—	—	—	—	—
2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
64	32	16	8	4	2	1

Total de los valores que están representados por unos.

$64 + 4 + 2 + 1 = 71$

$1000111_2 = 71_{10}$

Ejemplo: Transforme 101011_2 en un número decimal.

Solución:

1	0	1	0	1	1
—	—	—	—	—	—
2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
32	16	8	4	2	1

$32 + 8 + 2 + 1 = 43$

Ejemplo: Convierta 11001100_2 en un número decimal.

Solución:

1	1	0	0	1	1	0	0
128	64	32	16	8	4	2	1

$128 + 64 + 8 + 4 = 204$

$11001100_2 = 204_{10}$

1.3 CONVERSIÓN DE DECIMAL A BINARIO

2

A continuación se presentan dos métodos para convertir números decimales en números binarios.

Método 1

Se marcan los valores de las posiciones binarias hasta llegar al sitio en que se tiene un valor mayor que el número decimal cuya conversión se desea. Por ejemplo, para convertir 23_{10} en un número binario:

32	16	8	4	2	1

El 23 no incluye ningún 32, pero sí un 16. Por tanto, se coloca un uno en la posición que corresponde a la columna donde está el 16, y se resta 16 de 23 para determinar cuánto queda por convertir.

	1				
32	16	8	4	2	1

$23 - 16 = 7$

El 7 no incluye ningún 8, pero sí un 4. En consecuencia, se pone un 0 en la columna de los ochos y un 1 en la del cuatro, y a continuación se resta 4 de 7 para determinar el residuo.

	1	0	1		
32	16	8	4	2	1

$7 - 4 = 3$

El 3 incluye un 2. Por consiguiente, se pone un 1 en la columna del dos, se resta 2 de 3 y se observa el residuo.

	1	0	1	1	
32	16	8	4	2	1

$3 - 2 = 1$

A continuación se pone un 1 en la columna de los unos y se resta 1 de 1 para determinar una vez más el residuo.

	1	0	1	1	1
32	16	8	4	2	1

$1 - 1 = 0$ El proceso está terminado

$23_{10} = 10111_2$

Ejemplo: Convierta 45_{10} en un número binario.

Solución:

	1	0	1	1	0	1
64	32	16	8	4	2	1

$45 - 32 = 13$

$13 - 8 = 5$

$5 - 4 = 1$

$1 - 1 = 0$

$45_{10} = 101101_2$

Ejemplo: Transforme 132_{10} en un número binario.

Solución:

	1	0	0	0	0	1	0	0
256	128	64	32	16	8	4	2	1

$132 - 128 = 4$

$4 - 4 = 0$

$132_{10} = 10000100_2$

Método 2

El número decimal se divide repetidamente entre 2, ignorando los residuos, hasta que se tiene un cociente igual a cero. Después se emplean éstos para obtener la respuesta. Por ejemplo, para convertir 101_{10} en un número binario:

$101 \div 2 = 50$ residuo 1 LSB
$50 \div 2 = 25$ residuo 0
$25 \div 2 = 12$ residuo 1
$12 \div 2 = 6$ residuo 0
$6 \div 2 = 3$ residuo 0 ↑
$3 \div 2 = 1$ residuo 1
$1 \div 2 = 0$ residuo 1 MSB

Para determinar la respuesta, los residuos se leen de abajo hacia arriba.

1100101

Por tanto,

$101_{10} = 1100101_2$

Ejemplo: Convierta 291_{10} en un número binario.

Solución:

$291 \div 2 = 145$ residuo 1 LSB
$145 \div 2 = 72$ residuo 1
$72 \div 2 = 36$ residuo 0
$36 \div 2 = 18$ residuo 0
$18 \div 2 = 9$ residuo 0
$9 \div 2 = 4$ residuo 1

$4 \div 2 = 2$ residuo 0 ↑
$2 \div 2 = 1$ residuo 0
$1 \div 2 = 0$ residuo 1 MSB

$291_{10} = 100100011_2$

Ejemplo: Transforme 1024_{10} en un número binario.

Solución:

$1024 \div 2 = 512$ residuo 0 LSB
$512 \div 2 = 256$ residuo 0
$256 \div 2 = 128$ residuo 0
$128 \div 2 = 64$ residuo 0
$64 \div 2 = 32$ residuo 0
$32 \div 2 = 16$ residuo 0
$16 \div 2 = 8$ residuo 0
$8 \div 2 = 4$ residuo 0
$4 \div 2 = 2$ residuo 0 ↑
$2 \div 2 = 1$ residuo 0
$1 \div 2 = 0$ residuo 1 MSB

$1024_{10} = 10000000000_2$

AUTOEVALUACIÓN DE LAS SECCIONES 1.1, 1.2 Y 1.3

1. Escriba los números binarios del 11111 hasta 1000000. [1]
2. ¿Hasta qué número puede contarse con seis bits? [1]
3. ¿Cuántos números diferentes es posible representar utilizando seis bits? [1]
4. Convierta $10110_2 =$ ______ $_{10}$. [2]
5. Transforme $110001_2 =$ ______ $_{10}$. [2]
6. Convierta utilizando el método 1 $412_{10} =$ ______ $_2$. [2]
7. Transforme con el método 1 $79_{10} =$ ______ $_2$. [2]
8. Convierta empleando el método 2 $598_{10} =$ ______ $_2$. [2]
9. Transforme utilizando el método 2 $126_{10} =$ ______ $_2$. [2]

Si bien los números binarios son ideales para máquinas digitales, la manipulación de ellos resulta engorrosa para los seres humanos. Es difícil