SISTEMAS DE NUMERACIÓN EN ELECTRÓNICA DIGITAL

SISTEMAS DE NUMERACIÓN EN ELECTRÓNICA DIGITAL.

1.- Definición de sistema de numeración.

Sistema decimal

Sistema binario

Conversión decimal a binario.

Conversión binario a decimal.

2.- Sistema de numeración octal.

Conversión binario a octal.

Conversión de octal a binario.

Conversión octal a decimal

Conversión decimal a octal.

3.- Sistema de numeración hexadecimal.

Conversión binario a hexadecimal.

Conversión de hexadecimal a binario.

Conversión hexadecimal a decimal

Conversión decimal a hexadecimal.

Conversión octal a hexadecimal.

Conversión hexadecimal a octal.

4.- Código BCD (Binary Coded Decimal).

Definición de sistema de numeración.

Los números se representan por polinomios de la base (**b**) que lo forman.

$$\mathbf{N_{b)}} = \mathbf{a_n} \cdot \mathbf{b^n} + \mathbf{a_{n-1}} \cdot \mathbf{b}^{n-1} + \cdots + \mathbf{a_i} \cdot \mathbf{b^i} + \cdots + \mathbf{a}_0 \cdot \mathbf{b}^0 + \mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{b}^{-1} + \cdots + \mathbf{a_p} \cdot \mathbf{b}^{-\mathbf{p}}$$

$$\mathbf{a_i} = \{ 0 , 1 , 2 , \dots , \mathbf{b} - 1 \} \qquad 0 \le \mathbf{a_i} < \mathbf{b}$$

$\mathbf{n} + 1 \rightarrow$ nº dígitos parte entera

$\mathbf{p} \rightarrow$ nº dígitos parte fraccionaria

SISTEMA DECIMAL Base (**b** = 10) $\mathbf{a_i} = \{ 0 , 1 , 2 , \dots , 9 \}$

Números enteros: $1346_{(10} = 1 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^0$

Números fraccionarios: $3.14_{(10} = 3 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 4 \cdot 10^{-2}$

SISTEMA BINARIO Base (**b** = 2) $\mathbf{a_i} = \{ 0 , 1 \}$

Números enteros: $1101_{(2} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 8 + 4 + 1 = 13_{(10}$

Números fraccionarios: $1.101_{(2} = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3}$

$$1.101_{(2} = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0.5 + 0 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.125 = 1.625_{(10}$$

Sistemas de numeración.

Conversión DECIMAL → **BINARIO**

Números enteros:

Módulo M de un número N es el resto del cociente N/M

N = 225 ; M = 2

```
225 |_2_
  1  112 |_2_
       0  56 |_2_
           0  28 |_2_
               0  14 |_2_
                   0   7 |_2_
                       1   3 |_2_
                           1   1
```

Dígito menos significativo (LSB)

$225_{(10} = 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1_{(2}$

Dígito más significativo (MSB)

Dígito más significativo (MSB)

Sistemas de numeración.

Conversión DECIMAL $\rightarrow$ BINARIO

Números fraccionarios:

B1^{-N} $\rightarrow$ Precisión de un número fraccionario representado con **N** dígitos en la base **B1**
B2^{-n} $\rightarrow$ Precisión de un número fraccionario representado con **n** dígitos en la base **B2**

$$B1^{-N} = B2^{-n} \qquad N \log B1 = n \log B2 \qquad n = N \frac{\log B1}{\log B2}$$

En este caso **B1**=10 y **B2** = 2 $\Rightarrow$ **n** = **N** ·3.33

Ejemplo: $4.85_{(10}$

Número de dígitos en base 10 : **N** = 2.
Número de dígitos en base 2 : **n** = 2 · 3.33 = 6.66 $\rightarrow$ 7 cifras

1º Parte entera :

$$\begin{array}{l|l} 4 & \underline{\ 2\ } \\ 0 & 2 \;\big|\; \underline{\ 2\ } \\ & 0 \quad\ 1 \end{array} \Rightarrow 4_{(10} = 100_{(2}$$

2º Parte fraccionaria :

0.85 · 2 = **[1]**.70
0.70 · 2 = **[1]**.40
0.40 · 2 = **[0]**.80
0.80 · 2 = **[1]**.60
0.60 · 2 = **[1]**.20
0.20 · 2 = **[0]**.40
0.40 · 2 = **[0]**.80

$$\boxed{4.85_{(10} = 100.1101100_{(2}}$$

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UVa

Sistemas de numeración.

Conversión **BINARIO** $\rightarrow$ DECIMAL

Relación entre números binarios y decimales *:*

$$\cdots \quad 2^4 \quad 2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0 \quad 2^{-1} \quad 2^{-2} \quad 2^{-3} \quad \cdots \quad \text{Base binaria}$$

$$\cdots \quad (16) \quad (8) \quad (4) \quad (2) \quad (1) \quad (0.5) \quad (0.25) \quad (0.125) \quad \cdots \quad \text{Valor decimal}$$

Números enteros:

$$10101_{(2} = 16 \quad + \quad 0 \quad + \quad 4 \quad + \quad 0 \quad + \quad 1 \quad = 21_{(10}$$

Números fraccionarios:

$$1011.111_{(2} = 8 \quad + \quad 0 \quad + \quad 2 \quad + \quad 1 \quad + \quad 0.5 \quad + \quad 0.25 \quad + \quad 0.125 \quad = 11.875_{(10}$$

Sistemas de numeración.

SISTEMA DE NUMERACIÓN OCTAL.

Base (**b** = 8) $\mathbf{a}_i = \{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ 8 dígitos

$2^n = 8 \Rightarrow$ nº binario de $n = 3$ bits

Conversión BINARIO → OCTAL.

$$\underbrace{1}_{1}\ \underbrace{011}_{3}\ \underbrace{101}_{5}\ .\ \underbrace{010}_{2}\ \underbrace{111}_{7}$$

$1011101.\,010111_{(2} = 135\,.\,27_{(8}$

Conversión OCTAL → BINARIO.

$$325\,.\,6_{(8} = \underbrace{011}_{3}\ \underbrace{010}_{2}\ \underbrace{101}_{5}\ .\ \underbrace{110}_{6}\ {}_{(2}$$

Binario			Octal
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

Sistemas de numeración.

Conversión OCTAL → DECIMAL.

Números enteros: $5723_{(8} = 5 \cdot 8^3 + 7 \cdot 8^2 + 2 \cdot 8^1 + 3 \cdot 8^0 = 3027_{(10}$

Números fraccionarios: $203.62_{8)} = 2 \cdot 8^2 + 0 \cdot 8^1 + 3 \cdot 8^0 + 6 \cdot 8^{-1} + 2 \cdot 8^{-2} = 131.78125_{(10}$

Conversión DECIMAL → OCTAL.

Números enteros:

Ejemplo: $643_{(10}$

$$
\begin{array}{r|l}
643 & 8 \\ \hline
3 & 80 \;|\; 8 \\
 & \;\;0 \;\;\; 10 \;|\; 8 \\
 & \;\;\;\;\;\;\;\; 2 \;\;\; 1
\end{array}
\Rightarrow \boxed{643_{(10} = 1203_{(8}}
$$

Números fraccionarios:

$$\mathbf{n} = \mathbf{N}\frac{\log \mathbf{B}1}{\log \mathbf{B}2} = \mathbf{N} \cdot 1.1$$

n → número de dígitos fraccionarios en octal.
N → número de dígitos fraccionarios en decimal.
B1 → 10 (base decimal).
B2 → 8 (base octal).

Ejemplo: $72.41_{(10}$

$n = 2 \cdot 1.1 = 2.2 \Rightarrow 3$ dígitos

Parte entera: $72_{(10} = 110_{(8}$

$0.41 \cdot 8 = [3].28$
$0.28 \cdot 8 = [2].24$
$0.24 \cdot 8 = [1].92$

$\boxed{72.41_{(10} = 110.321_{(8}}$

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UVa

Sistemas de numeración.

SISTEMA DE NUMERACIÓN HEXADECIMAL.

Base (**b** = 16) $\mathbf{a_i} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$

16 dígitos

$2^n = 16 \Rightarrow$ nº binario de $n = 4$ bits

Binario				Hexadecimal
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	A
1	0	1	1	B
1	1	0	0	C
1	1	0	1	D
1	1	1	0	E
1	1	1	1	F

Conversión BINARIO → HEXADECIMAL.

$$\underbrace{10}_{2}\ \underbrace{0111}_{7}\ \underbrace{1011}_{B}\ .\ \underbrace{1111}_{F}\ \underbrace{10}_{8}\ _{(2} = 27B\ .\ F8\ _{(16}$$

Conversión HEXADECIMAL → BINARIO.

$$36D\ .\ 2A\ _{(16} = \underbrace{0011}_{3}\ \underbrace{0110}_{6}\ \underbrace{1101}_{D}\ .\ \underbrace{0010}_{2}\ \underbrace{1010}_{A}\ _{(2}$$

Sistemas de numeración.

Conversión HEXADECIMAL → DECIMAL.

Números enteros:

$$A4F6_{(16} = 10 \cdot 16^3 + 4 \cdot 16^2 + 15 \cdot 16^1 + 6 \cdot 16^0 = 42230_{(10}$$

Números fraccionarios:

$$C2D.3E_{(16} = 12 \cdot 16^2 + 2 \cdot 16^1 + 13 \cdot 16^0 + 3 \cdot 16^{-1} + 14 \cdot 16^{-2} = 3117{,}2421875_{(10}$$

Conversión DECIMAL → HEXADECIMAL.

Números enteros:

Ejemplo: $45032_{(10}$

$$\begin{array}{r|l} 45032 & 16 \\ \hline 8 & 2814 \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} 2814 & 16 \\ \hline 14 & 175 \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} 175 & 16 \\ \hline 15 & 10 \end{array} \Rightarrow \boxed{45032_{(10} = AFE8_{(16}}$$

Números fraccionarios:

$$\mathbf{n} = \mathbf{N}\frac{\log \mathbf{B}1}{\log \mathbf{B}2} = \mathbf{N} \cdot 0.83$$

n → número de dígitos fraccionarios en hexadecimal.
N → número de dígitos fraccionarios en decimal.
B1 → 10 (base decimal).
B2 → 16 (base hexadecimal).

Ejemplo: $42.8451_{(10}$

$n = 4 \cdot 0.83 = 3.32 \Rightarrow$ 4 dígitos

Parte entera: $42_{(10} = 2A_{(16}$

$0.8451 \cdot 16 = \mathbf{[13]}.5216$
$0.5216 \cdot 16 = \mathbf{[8]}.3456$
$0.3456 \cdot 16 = \mathbf{[5]}.5296$
$0.5296 \cdot 16 = \mathbf{[8]}.4736$

$$\boxed{42.8451_{(10} = 2A.D858_{(16}}$$

Sistemas de numeración.

Conversión OCTAL → HEXADECIMAL.

OCTAL → BINARIO → HEXADECIMAL

Números enteros:

$$7203_{(8} = \underbrace{111}_{7}\ \underbrace{010}_{2}\ \underbrace{000}_{0}\ \underbrace{011}_{3}\ {}_{(2} = \underbrace{1110}_{E}\ \underbrace{1000}_{8}\ \underbrace{0011}_{3}\ {}_{(2} = E83_{(16}$$

Números fraccionarios:

$$1742.37603_{8)} = \underbrace{001}_{1}\ \underbrace{111}_{7}\ \underbrace{100}_{4}\ \underbrace{010}_{2}\ .\ \underbrace{011}_{3}\ \underbrace{111}_{7}\ \underbrace{110}_{6}\ \underbrace{000}_{0}\ \underbrace{011}_{3}\ {}_{(2}$$

$$= \underbrace{0011}_{3}\ \underbrace{1110}_{E}\ \underbrace{0010}_{2}\ .\ \underbrace{0111}_{7}\ \underbrace{1111}_{F}\ \underbrace{0000}_{0}\ \underbrace{0110}_{6}\ {}_{(2} = 3E2\ .\ 7F06_{(16}$$

$$\mathbf{n} = \mathbf{N}\,\frac{\mathbf{log\,B}1}{\mathbf{log\,B}2} = \mathbf{N} \cdot 0.75$$

n → número de dígitos fraccionarios en hexadecimal.
N → número de dígitos fraccionarios en octal.
B1 → 8 (base octal).
B2 → 16 (base hexadecimal).

Sistemas de numeración.

Conversión HEXADECIMAL → OCTAL.

HEXADECIMAL → BINARIO → OCTAL

Números enteros:

$$C34A_{(16} = \underbrace{1100}_{C}\ \underbrace{0011}_{3}\ \underbrace{0100}_{4}\ \underbrace{1010}_{A}\ _{(2} = \underbrace{11}_{3}\ \underbrace{000}_{0}\ \underbrace{011}_{3}\ \underbrace{101}_{5}\ \underbrace{001}_{1}\ \underbrace{010}_{2}\ _{(2} = 303512_{(8}$$

Números fraccionarios:

$$AF1\,.\,3E_{(16} = \underbrace{1010}_{A}\ \underbrace{1111}_{F}\ \underbrace{0001}_{1}\ .\ \underbrace{0011}_{3}\ \underbrace{1110}_{E}\ _{(2}$$

$$= \underbrace{101}_{5}\ \underbrace{011}_{3}\ \underbrace{110}_{6}\ \underbrace{001}_{1}\ .\ \underbrace{001}_{1}\ \underbrace{111}_{7}\ \underbrace{100}_{4}\ _{(2} = 5361\,.\,174_{(16}$$

$$\mathbf{n} = \mathbf{N}\frac{\mathbf{log\,B}1}{\mathbf{log\,B}2} = \mathbf{N}\cdot 1.33$$

n → número de dígitos fraccionarios en octal.
N → número de dígitos fraccionarios en hexadecimal.
B1 → 16 (base haxadecimal).
B2 → 8 (base octal).

Sistemas de numeración.

Código BCD (Binary Coded Decimal).

Codifica un número decimal (0 al 9) asignando 4 bits a cada dígito.

Un código BCD es ponderado ya que su dígito decimal equivalente puede obtenerse sumando cada uno de sus bits multiplicado por su peso correspondiente.

Código BCD natural o BCD 8421.

Decimal	BCD natural *8 4 2 1*
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

Ejemplo:

$$326_{(10} = \underset{3}{0011}\ \ \underset{2}{0010}\ \ \underset{6}{0110}_{(\text{BCD natural}}$$

No es igual que en binario puro, donde mediante divisiones sucesivas entre dos se obtiene:

$$326_{(10} = 101000110_{(2}$$