

- SEÑALES DIGITALES.
- SISTEMAS NUMERICOS.

DECIMAL.

BINARIO.

DECIMAL FRACCIONARIO.

- CODIGOS BINARIOS.

BCD NATURAL.

BCD AIKEN.

EXCESO A 3.

CODIGO GRAY.

- CODIGOS ALFANUMERICOS.

ASCII.

HEXADECIMAL.

- EJERCICIOS SOBRE CAMBIOS DE SISTEMAS.

BINARIO-DECIMAL.

BINARIO HEXADECIMAL.

DECIMAL-BINARIO.

DECIMAL-HEXADECIMAL.

- CIRCUITOS DIGITALES FUNDAMENTALES Y ALGEBRA DE

BOOLE.

INTRODUCCION.

- OPERACIONES LOGICAS FUNDAMENTALES.

SUMA.

PRODUCTO.

COMPLEMENTACION.

- PUERTAS LOGICAS.

#### ASPECTOS FUNDAMENTALES

PUERTA O (OR).

PUERTA Y (AND).

PUERTA NO (NOT).

PUERTA NO-O (NOR).

PUERTA NO-Y (NAND).

PUERTA O-ESCLUSIVA (Exclusive-OR).

- TECNOLOGIAS DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES.

-TECNOLOGIAS BIPOLARES.

-CARACTERISTICAS.

-TECNOLOGIA TTL.

Características.

Series TTL.

-TECNOLOGIA CMOS.

Características.

Series CMOS.

#### SEÑALES DIGITALES.

Todas aquellas señales que sólo varían a intervalos escalonados, sin tomar valores intermedios y tienen dos tipos de estados se denomina **señal binaria**, esta es la señal que se emplea para los sistemas digitales.

Señal Binaria: Conocidas también como **bits** (Binary Digit), es la unidad mínima de información binaria.

A los grupos de 8 bits se les denomina **BYTE**.

Tipos de estados: Son el tipo de señales eléctricas que toman los sistemas digitales como información numérica. Estos estados se denominan estado alto y estado bajo, cada uno de estos estados corresponde a un bit de información.

**Estado Alto (1):** Nivel de tensión comprendido entre 2 y 5 V. Siendo el valor práctico 3,5 V. Cuando el valor de tensión es 1, se dice que el sistema es de lógica positiva, sistema más usual.

**Estado Bajo (0)** Nivel de tensión comprendido entre 0 y 0,8 V. El sistema es de lógica negativa si al estado 1 le corresponde el valor de tensión más bajo

**Valor posicional de los dígitos.** Según la posición que ocupan cada uno de los dígitos se dice que tiene mayor o menor peso. Denominándose el de **mayor peso** con las siglas **MSB** (Most Significant Bit) y la de **menor peso**, **LSB** (Least Significant Bit).

Teniendo mayor peso aquel dígito que se encuentra más a la izquierda y siendo el de menor peso el que se encuentra más a la derecha.

## **SISTEMAS NUMERICOS.**

Son los sistemas y códigos de información digital con los que funcionan los sistemas digitales de una forma binaria.

Algunos tipos de sistemas numéricos son: **Binario**, **BCD natural**, **Hexadecimal**.

### **SISTEMA DECIMAL.**

- Sistema numérico decimal cuyas posiciones aumentan en potencias de 10 cuanto más a la izquierda se encuentre, teniendo el Bit de menor peso el valor de 0.

$10^n \dots 10^4 \ 10^3 \ 10^2 \ 10^1 \ 10^0$  Valor posicional de los dígitos.

$a_n \dots a_4 \ a_3 \ a_2 \ a_1 \ a_0$  Número decimal.

- Siendo  $10^0 = 1$  ,  $10^1 = 10$  ,  $10^2 = 100$  ,  $10^3 = 1000$  , etc.....

Así pues la suma de cada uno de los valores de las posiciones , será el número en decimal.

**Ejemplo:** 345

$$3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 = 3 \times 100 + 4 \times 10 + 5 \times 1 = 345.$$

También podemos representar a los números fraccionarios, para ello realizaremos su parte entera como hemos explicado con anterioridad y su parte fraccionaria se representará también con potencias de 10.

**Ejemplo:** 987,654

$$9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-3} = 900 + 80 + 7 + 0,6 + 0,05 + 0,004 = 987,654$$

### **SISTEMA BINARIO.**

- Sistema numérico binario o de base 2, tiene los mismos conceptos que en el decimal, pero en vez de potencias de 10 éstas son de 2.

$2^n \ 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$  valor posicional de los dígitos.

$a_n \ a_3 \ a_2 \ a_1 \ a_0$  dígitos binarios.

- Siendo:  $2^5 = 32$  ,  $2^4 = 16$  ,  $2^3 = 8$  ,  $2^2 = 4$  ,  $2^1 = 2$  ,  $2^0 = 1$

Así por ejemplo el valor de la expresión binaria **1011** significa que toma una cantidad de 8 , ninguna de 4, otra de 2 y otra de 1, siendo la suma 11.

**Ejemplo: 1011**

8 4 2 1 pesos de los dígitos.

1 0 1 1 Cantidad =  $8 + 0 + 2 + 1 = 11$ .

Es decir que el número binario será el resultado de la suma de los estados a nivel lógico "1" de la expresión binaria.

**CONVERSION BINARIO–DECIMAL.**

En la conversión binario–decimal, debemos tener en cuenta los pesos de los dígitos (basta con sumar los estados a 1).

**Ejemplo:** número binario 10111.

$$N=1x2^4 + 0x2^3 + 1x2^2 + 1x2^1 + 1x2^0 = 16 + 0 + 4 + 2 + 1 = 23$$

Otra forma más sencilla consiste en escribir los pesos correspondientes a los 5 bits y situar los estados de bit debajo, el resultado será la suma de los pesos de los bits a "1".

16 8 4 2 1 pesos

$$1 0 1 1 1 = 16 + 4 + 2 + 1 = 23$$

**CONVERSION DECIMAL–BINARIO.**

Para realizar la conversión, deberemos realizarla mediante la división de N por 2, y el cociente del resultado, deberemos dividirlo también por 2, hasta llegar a un cociente que sea menor de 2. El número binario será el conjunto de los restos de las divisiones y el último cociente, en orden inverso de aparición.

**Ejemplo:** número decimal 58.

$$58 / 2 = 29 \text{ resto: } 0 \text{ (LSB)}$$

$$29 / 2 = 14 \text{ resto: } 1$$

$$14 / 2 = 7 \text{ resto: } 0 \quad 58 = 1 1 1 0 1 0$$

$$7 / 2 = 3 \text{ resto: } 1 \text{ MSB LSB}$$

$$3 / 2 = 1 \text{ resto: } 1$$

• (MSB)

Si convertimos de nuevo el resultado a decimal, comprobaremos el resultado.

32 16 8 4 2 1

1 1 1 0 1 0

$$32 + 16 + 8 + 0 + 2 + 0 = 58$$

### **CONVERSION A BINARIO DE DECIMAL FRACCIONARIO.**

Se realiza multiplicando por 2 dicho número, la nueva parte fraccionaria del resultado también se multiplica por 2, así como todas las partes fraccionarias de los resultados que vayan apareciendo. Hasta que un resultado no tenga parte fraccionaria o hasta que la fracción interese.

Las partes enteras de cada uno de los resultados de las multiplicaciones constituyen el número binario.

**Ejemplo:** número decimal 12,6543.

$$12 / 2 = 6 \text{ resto: } 0$$

$$6 / 2 = 3 \text{ resto: } 0$$

$$3 / 2 = 1 \text{ resto: } 1$$

**1 1 0 0 , 1 0 1 0**

$$0,6543 \times 2 = 1,3086$$

$$0,3086 \times 2 = 0,6172$$

$$0,6172 \times 2 = 1,3344$$

$$0,3344 \times 2 = 0,6688$$

### **CODIGOS BINARIOS.**

#### **Introducción.**

Es cualquier sistema de representación de información mediante variables binarias. Se basa en representar binariamente la información numérica decimal.

#### **CODIGO BCD NATURAL.**

Al hacerse necesario el mostrar los datos en formato decimal, se necesita tantos elementos como dígitos tenga el dato, ejemplo las calculadoras, donde la visualización de los datos se realiza mediante visualizadores display de siete segmentos.

En estas aplicaciones aquellos códigos que hacen que se representen cada uno de estos dígitos decimales, se denominan códigos BCD, significando decimal codificado en binario (Binary Coded Decimal).

Entre estos códigos, el de más interés práctico, encontramos el BCD natural, que basa en representar cada dígito decimal a su correspondiente binario natural. Cada dígito corresponde a un grupo de 4 bits.

Se requiere que los datos de entrada decimales, sean convertidos internamente a BCD. Para obtener los datos se requiere una conversión inversa. (pasar de BCD a decimal)

Para realizar esto se requieren unos circuitos integrados (CI) codificadores y decodificadores que junto con los display, permiten operar en el sistema decimal, aunque el aparato lo haga internamente en binario.

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 dos grupos de 4 bits por dígito.

Ejemplo: el número 13.

**0001 0011**

**1 3**

Para codificar un número decimal de N dígitos se requieren N grupos de 4 bits.

Ejemplo: 2001

2 = 0010 0010 0000 0000 0001

0 = 0000 2 0 0 1

0 = 0000

1 = 0001

### **Tabla de códigos BCD**

#### **Decimal Código BCD**

0 0000

1 0001

2 0010

3 0011

4 0100

5 0101

6 0110

7 0111

8 1000

9 1001

10 0001 0000

11 0001 0001

12 0001 0010

13 0001 0011

14 0001 0100

15 0001 0101

Los números decimales se convierten a binario BCD mediante circuitos codificadores y mediante decodificadores y unidades de visualización (displays) se hace la representación decimal de códigos BCD.

El código BCD natural es el normalmente utilizado cuando tiene que haber representación numérica; es el ejemplo de calculadoras, instrumental , sistemas de control industrial etc..

### **CODIGO BCD AIKEN**

Los códigos pueden ser de tipo ponderado o no. En los códigos ponderados el número decimal equivalente se obtiene mediante la suma de los pesos de los dígitos binarios que forman el código.

**Sus pesos son 2-4-2-1.**

### **Decimal BCD natural BCD Aiken**

**8421 2421**

**0 0000 0000**

**1 0001 0001**

**2 0010 0010**

**3 0011 0011**

**4 0100 0100**

**5 0101 1011**

**6 0110 1100**

**7 0111 1101**

**8 1000 1110**

**9 1001 1111**

### **CODIGO EXCESO 3.**

Es un código BCD no ponderado, cada combinación se obtiene sumando el valor 3 a cada combinación binaria BCD natural.

Correspondencia entre decimal, BCD natural y BCD exceso 3:

Decimal BCD natural BCD exceso 3

0 0000 0011

1 0001 0100

2 0010 0101

3 0011 0110

4 0100 0111

5 0101 1000

6 0110 1001

7 0111 1010

8 1000 1011

9 1001 1100

Cada número BCD exceso a 3 es igual a su correspondencia BCD natural más 3, resulta interesante de cara a las unidades aritméticas, especialmente en cuanto a las operaciones de suma.

**Ejemplo.** Binario natural:  $576 = 1001000000$

BCD Natural:  $576 = 0101\ 0111\ 0110$

BCD Aiken:  $576 = 1011\ 1101\ 1100$

BCD Exceso a 3:  $576 = 1000\ 1010\ 1001$

### **CODIGO GRAY.**

Este código resulta interesante en aplicaciones industriales, ya que reduce las posibilidades de fallos por errores en el código. Se emplea codificadores de posición de un eje, obteniendo una combinación binaria correspondiente a una posición angular, algo muy utilizado en robótica y en conversiones de magnitudes analógicas a digitales.

Se denomina como código progresivo, en los que cada combinación difiere de la anterior y siguiente en uno de sus dígitos. También conocido como códigos continuos, cuando en la primera y última combinación difieren en un solo bit y se les denomina cíclicos.

Ejemplo: Tabla de 4 bits de los números del 0 – 15.

### **DECIMAL GRAY**

- 0000
- 0001



- 0011
- 0010
- 0110
- 0111
- 0101
- 0100
- 1100
- 1101
- 1111
- 1110
- 1010
- 1011
- 1001
- 1000

Una de las aplicaciones más empleadas es en los transductores de posición, angular o lineal. En robótica, las posiciones angulares de los ejes se detectan mediante unos discos codificados (encoders) que proporcionan una combinación binaria de código Gray correspondiente a una posición, pueden dar información sobre la velocidad del movimiento.

Si la detección es óptica, en el disco se encuentran sectores transparentes y opacos, en una de las caras se aplica una fuente de luz (fototransistores) y dependiendo de la posición del disco, la luz llegará a uno u otros sensores, según la posición del disco se produzcan diferentes combinaciones de sensores activados y no activados.

### **CODIGOS ALFANUMERICOS.**

Son aquellos que permiten la codificación de letra y signos especiales, como las letras y signos que aparecen en la pantalla de un ordenador también operan en binario y existe una codificación binaria de la información alfanumérica.

Los símbolos A, B, #, =, /, %, también les corresponden ciertas combinaciones binarias, a cada uno de esta simbología codificada se le denomina carácter.

El código alfanumérico más popular es el denominado ASCII ( American Standard Code for Information Interchange). Código de 7 caracteres, más 1 de control (paridad).

Es el más utilizado en los ordenadores, así cuando pulsamos una tecla e el teclado, estamos enviando al procesador un código binario.

### **Tabla correspondiente al código ASCII.**

CARÁCTER ASCII

0 0110000

- 0110001
- 0110010
- 0110011
- 0110100
- 0110101
- 0110110

- 0110111
- 0111000
- 0111001

A 1000001

B 1000010

C 1000011

D 1000100

E 1000101

F 1001110

Ñ 0100101

- 0101010

+ 0101011

( 0101100

) 0101001

### **SISTEMA HEXADECIMAL.**

Este sistema numérico utiliza 16 símbolos para expresar las cantidades, de ahí su denominación de base 16. Se utiliza en los sistemas microprocesadores de tipo didáctico, para la introducción y salida de datos.

También resulta interesante en el campo de los ordenadores, ya que ciertos listados se representan en hexadecimal.

Los 16 símbolos son los dígitos decimales del 0 al 9 y las letras A a la F, las cantidades se expresan como 3F, 34AS, etc....

### **DECIMAL HEXADECIMAL**

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- A
- B
- C

- D
- E
- F

Una característica es que con 4 bits se pueden codificar los 16 símbolos. La información binaria puede representarse de una forma más resumida.

Esta es la principal razón por la que se emplea el sistema hexadecimal, se puede considerar como una abreviación del sistema binario.

**Ejemplo.** Un dato de 16 bits (2 bytes) puede representarse con 4 símbolos.

D B 6 9 = 1101 1011 0110 1001

## **CIRCUITOS DIGITALES FUNDAMENTALES Y ALGEBRA DE BOOLE**

### **INTRODUCCION.**

Las operaciones lógicas fundamentales en las que se basan los circuitos digitales son tres:

- Suma Lógica.
- Producto Lógico.
- Complementación.

Los circuitos que las realizan son denominados circuitos lógicos o digitales. El soporte matemático de los circuitos lógicos o digitales, es el Algebra de Boole, un conjunto de reglas matemáticas que trata con variables binarias y se basa en las tres operaciones anteriormente indicadas.

Las expresiones se corresponden con un determinado circuito lógico, o sea expresan circuitos físicos.

### **OPERACIONES LOGICAS FUNDAMENTALES.**

#### **Suma lógica.**

Su expresión matemática en álgebra de Boole es: **A + B**

**A** y **B** son variables binarias, sólo pueden tomar los estados 1 y 0. La operación se define por la tabla siguiente:

**A B A + B**

0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 1

El resultado de la suma lógica vale 1 cuando las variables A y B valen 1, o cuando las dos estén a 1, a diferencia de la suma binaria aritmética, cuando A y B valen 1 el resultado es 1; en cambio en la suma aritmética el resultado es 0 y se produce un acarreo. La suma lógica y suma aritmética, pues, no son lo mismo.

A este tipo de tabla se le denomina tabla de verdad y se indican las posibles combinaciones entre las variables y el estado correspondiente que toma la salida..

### **Producto lógico.**

Su expresión lógica es: **A x B**

La operación se define en la siguiente tabla:

**A B A x B**

0 0 0

0 1 0

1 0 0

1 1 1

El resultado vale 1 sólo cuando las dos variables están a 1, basta que una de las dos variables esté a 0 para que el resultado también esté a 0.

### **Complementación.**

Esta operación se aplica sobre una sola variable y su expresión lógica es igual a la variable en cuestión con un rayita encima: A.

La tabla que define esta operación es :

**A A**

- 1
- 0

La complementación también se suele denominar inversión o negación.

Para la realización de las operaciones lógicas se puede utilizar cualquier dispositivo que pueda operar en binario, o que se pueda hacer funcionar en dos estados bien diferenciados: interruptores, relés, transistores, válvulas hidráulicas o neumáticas, etc..

Aunque los operadores lógicos son normalmente dispositivos electrónicos. Estos dispositivos que realizan las operaciones lógicas se denominan **puertas lógicas**, y aparecen en forma integrada; son los denominados circuitos integrados digitales, en ellos se pueden contener varias puertas lógicas.

Partiendo de estos integrados, se pueden realizar circuitos más complejos como decodificadores, multiplexores, contadores, etc.

Y mediante estos otros circuitos lógicos realizaremos otros aún más complejos: memorias, unidades lógico-aritméticas (ALU), microprocesadores, etc.

Se puede decir que el circuito básico de los sistemas digitales es la puerta lógica.

## PUERTAS LOGICAS

### Aspectos fundamentales sobre lógica de contactos

Cuestiones importantes sobre la realización de las funciones lógicas mediante circuitos con interruptores, ya que la asociación de circuitos eléctricos a las expresiones lógicas facilita enormemente la comprensión de los circuitos lógicos.

Las presimas básicas de asimilación son:

- Cero lógico (0): circuito abierto ( no hay paso de corriente).

0

2– Uno lógico (1): Circuito cerrado (pasa la corriente).

1

- Variable: interruptor (abierto:0, cerrado:1).

**A**

- Complementación (variable negada): Interruptor normalmente cerrado (NC); en reposo circula corriente ( el paso de corriente se interrumpe al activarlo).

**A**

- Operación suma lógica: Interruptores en paralelo.

**A**

**B A + B**

- Operación producto lógico: Interruptores en serie.

**A B**

**A + B**

### PUERTA O (OR)

Esta puerta realiza la operación suma lógica. Su expresión lógica booleana es, pues:  $f = A + B$

La "**f**" indica función lógica; es otra variable binaria que depende del resultado de la operación con las variables A y B.

Tabla de funcionamiento de la puerta **O**

**B A f**

0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 1

La puerta O proporciona pues, el estado lógico uno (1) siempre que alguna de las dos entradas se encuentre a uno (1) , o las dos a la vez.

Simbología usual (no normalizada) Simbología IEC (normalizada)

**A A**

**F B B f**

También se puede representar mediante un diagrama de tiempos, o cronograma, como se presenta en la figura:

Diagrama temporal de la función O.

0 A

0 B

0 f

También representamos el circuito eléctrico de la función O.

**A**

**B**

**+ L = A + B**

—

Un ejemplo de Circuito Integrado que contiene puertas "O" es el **7432**, este dispone de cuatro puertas O de dos entradas cada una.

### **PUERTA Y (AND)**

La puerta Y (AND) realiza la operación producto lógico y su expresión lógica es: **f = A x B**

Tabla de la verdad.

**B A f**

0 0 0

0 1 0

1 0 0

1 1 1

En esta puerta, la salida, solo se activa cuando las dos entradas se encuentran a 1.

Simbología usual Simbología IEC.

**A A**

**F f**

**B B**

También representaremos la correspondencia como circuito eléctrico que realiza la función "Y"

**A B**

+

– **L = A x B**

El circuito integrado **7408** sería el ejemplo de un CI de cuatro puertas Y de dos entradas.

También cabe reseñar, que para obtener una puerta Y de tres entradas podríamos utilizar dos puertas Y de dos entradas y conexas según esquema.

**A A AB ABC**

**B ABC B**

**C C**

**PUERTA NO (NOT): inversor**

Esta puerta hace la operación de complementación, también conocida como negación o simplemente inversión.

Es el único operador lógico que tiene sólo una entrada. Su expresión lógica es: **f = A**

Esto significa que la función "f" siempre toma el estado contrario de la variable "A".

**A = 0 f = A = 0 = 1**

**A = 1 f = A = 1 = 0**

Siendo la tabla de la verdad la siguiente: A f

- 1
- 0

Simbología usual . Simbología IEC.

**A f = A A f f = A**

La equivalencia eléctrica correspondiente al inversor se basa en un pulsador del tipo NC (normalmente cerrado), como se muestra en la figura.

**A**

+ **L= A**

-

Al pulsar la lámpara se apaga. Sin pulsar, la lámpara está encendida. Es un pulsador del tipo NC.

Un ejemplo de circuito integrado sería el **7404**, compuesto por seis puertas lógicas del tipo **NO**.

**PUERTA no-o (nor).**

Esta puerta realiza la operación suma lógica negada. Su expresión lógica es: **f = A + B**

Como podemos observar esta es la expresión de la puerta "O" complementada o negada, su operación es por tanto, la suma lógica complementada.

Tabla de la verdad

**B A f**

0 0 1

0 1 0

1 0 0

1 1 0

Para que en la salida el valor sea 1, no tiene que estar ninguna entrada activada a 1, siempre que haya una activada su salida será 0.

Simbología usual. Simbología IEC.

**A A f = A + B**

**f= A + B**

**B**

**B**

Esta puerta se basa en la combinación de una puerta **O** y una **NO**. La puerta **NO-O** también se puede comportar como un inversor, basta con unir las entradas o conectar a masa las entradas no utilizadas.

Como ejemplo de CI damos al **7402**, compuesto por cuatro puertas de dos entradas.

**PUERTA NO-Y (NAND).**



Esta puerta realiza la función de producto lógico negado, o sea, el producto lógico seguido de una complementación o inversión.

Su expresión lógica es:  $f = A \times B$

Tabla de la verdad

**A B f**

0 0 1

0 1 1

1 0 1

1 1 0

La puerta NO-Y se caracteriza porque se precisa que todas sus entradas estén a 1 para que la salida sea 0, siempre que una entrada esté a 0 su salida será 1.

Simbología usual . Simbología IEC.

**A f = A x B A**

**B B f = A x B**

La puerta NO-Y es la combinación de una puerta Y y una NO.

Entre otras utilidades, la puerta **NO -Y**, también se puede utilizar como un inversor (NO).

**1**

**A x 1 = A**

**A**

**A A**

**A A x A = A**

El circuito integrado **7400** (puertas NO-Y) compuesto por cuatro puertas de 2 entradas es el más popular.

**PUERTA O-exclusiva (Exclusive - OR).**

Esta puerta también se conoce por XOR y EXOR. Realiza la operación que lleva su nombre, que es una variante de la O. Su expresión lógica es:

**f = A + B**

Otra forma de expresión es: **f = A x B + A x B**

Esto indica que esta función puede obtenerse partiendo de otras funciones básicas.

Tabla de la verdad.

**A B f**

0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 0

Simbología usual. Simbología IEC.

A

A

**B f B f**

En general una puerta O – exclusiva se caracteriza porque su salida es 1 sólo cuando el número de entradas activadas es impar. Por esta razón, entre otras aplicaciones, se utiliza como detector de imparidad.

La siguiente tabla corresponde a una puerta O – exclusiva de tres entradas.

**A B C f**

0 0 0 0

0 0 1 1

0 1 0 1

0 1 1 0

1 0 0 1

1 0 1 0

1 1 0 0

1 1 1 1

Un circuito integrado compuesto por cuatro puertas O – exclusiva de dos entradas es el **7486**.

## **TECNOLOGIAS DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES.**

### **Tecnologías B ipolares.**

El término bipolar es debido a que los circuitos electrónicos integrados se realizan con transistores NPN y PNP, cuyo funcionamiento se basa en dos portadores de carga (huecos y electrones) por esto se denominan bipolares.

Como muestra de tecnologías más representativas y aunque alguna de ellas esté obsoleta, consideramos las siguientes:

RTL (Resistor–Transistor Logic)

DTL (Diode–Transistor Logic)

HTL (High–Threshold Logic)

TTL (Transistor–Transistor Logic)

ECL (Emitter–Coupled Logic)

IIL (Integrated–Injection Logic)

De todas estas la más popular es la TTL, que se caracteriza por su alimentación de 5V y una alta velocidad de respuesta.

La ECL (lógica de emisores acoplados) es la más rápida de todas (1ns de tiempo de propagación), es una lógica no saturada ( los transistores no llegan a la saturación), en los cual se basa su alta velocidad.

Su empleo se limita a casos especiales, que requieran una alta velocidad de funcionamiento. Aunque las versiones más modernas de TTL son casi igual de rápidas (1,5 ns en la serie 74AS) y son más baratas.

La IIL (lógica de inyección integrada) es la que mayor densidad de integración permite (en bipolar), llegando a fabricar chips de alta escala de integración (LSI) como microprocesadores. Consume menos que TTL, pero es más lenta.

La HTL (lógica da alta inmunidad al ruido) para aplicaciones industriales donde el ruido eléctrico es muy elevado. Es lenta y consume mucho, en la actualidad ya no se emplea ya que con la tecnología CMOS se puede conseguir también una alta inmunidad al ruido, además de un consumo muchísimo más bajo, mayor rapidez y precio más bajo.

Las tecnologías RTL y DTL son las más antiguas (no se fabrican), aunque las DTL es predecesora de la TTL.

## **CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CI DIGITALES**

### **Características de entrada–salida.**

Tratan sobre los niveles de tensión y corriente en las entradas y en la salida. Es necesario conocer estas características para una mejor utilización del circuito, sobre todo cuando hacemos montajes con circuitos de diferentes tecnologías o tenemos que controlar circuitos de salida, por ejemplo, led, transistores, triacs etc..

Respecto a las entradas:

**Vih:** Voltaje de entrada para el nivel alto (hihg), "1". El fabricante proporciona la tensión mínima que garantiza el "1" (VIH min)

**Vil:** Voltaje de entrada para el nivel bajo (low), "0". El fabricante proporciona la tensión máxima que garantiza el "0", (VIL max)

**Iih:** Intensidad de entrada cuando se aplica el nivel alto "1"

**III:** Intensidad de entrada cuando se aplica el nivel bajo "0"

Respecto a las salidas:

**VOH:** Voltaje de salida en el nivel "1". El fabricante proporciona el valor mínimo de tensión que puede aparecer ( $V_{OH\ min}$ ).

**VOL:** Voltaje de salida en el nivel "0". El fabricante proporciona el valor máximo de tensión que puede aparecer ( $V_{OL\ max}$ ).

**IOH:** Intensidad de salida en el nivel "1"

**IOL:** Intensidad de salida en el nivel "0"

En la documentación técnica se proporcionan los valores máximos de corriente de salida garantizados, en las condiciones más desfavorables. También se suele suministrar la corriente de salida en cortocircuito ( $I_{os}$ ). Todos los fabricantes suministran información sobre todos estos parámetros, en sus valores límites, garantizando así unos valores.

### **Cargabilidad de salida (FAN-OUT).**

Es el número máximo de entradas que una salida puede excitar, permaneciendo los niveles dentro de los valores garantizados. El fan-out depende, por tanto, de la corriente que puede dar la salida y de la corriente que absorben las entradas; la suma de todas las corrientes de las entradas tiene que ser, como máximo igual a la máxima corriente que puede dar a la salida. De una forma general se puede expresar:

$$I_{o\ max} > nI$$

Siendo el fan-out el valor máximo de  $n$  (número de entradas) que aún cumple con la expresión.

### **Curva de transferencia.**

Muestra la forma de variar la tensión de salida en función de la tensión de entrada. En el caso de un inversor, hay un margen de tensiones de entrada que corresponden al nivel "0", para el cual queda garantizado que la salida es "1". Y de forma análoga también hay un margen de tensiones de entrada correspondientes al nivel "1", para los cuales se garantiza que la salida es "0". Estos son los márgenes permitidos entre los cuales debe variar la señal de entrada, para garantizar que el estado de la salida opere dentro de su también correspondiente margen de tensiones.

El margen de tensiones de entrada entre  $V_{IL\ max}$  y  $V_{IH\ min}$  produce tensiones de salida no definidas, fuera de los márgenes de "1" y el "0" y, por tanto no debe emplearse; es el margen prohibido.

### **Ruido.**

Son perturbaciones transitorias indeseadas que se producen en los niveles lógicos de los circuitos, debido a causas internas o externas. Entre las diferentes causas tenemos:

- Ruido eléctrico ambiental, generado por: chispas en contactos de relés, motores, fluorescentes.
- Ruido por la alimentación.
- Ruido por acoplo entre pistas cercanas.

Las señales de ruido distorsionan las formas de onda de las señales digitales.

Si la magnitud del ruido es demasiado grande, se producen fallos en la información digital. Pero si la amplitud del ruido a la entrada de cualquier circuito digital es mas pequeña que un valor determinado, conocido como "margen de ruido", este no afectará al buen funcionamiento del circuito.

Con respecto al ruido electrico, los sistemas digitales presentan una gran ventaja frente a los analógicos , ya que el ruido no se acumula cuando pasa de un circuito a otro.

### **Margen de ruido.**

Se define comola diferencia entre los niveles lógicos límite del circuito de salida y los valores del circuito de entrada, tambien se conoce por inmunidad al ruido, indica hasta que punto los circuitos son inmunes a las variaciones en los niveles lógicos debido a las perturbaciones originadas por el ruido.

Las principales causas de presencia de ruido se deben a:

- Caidas de tension por efecto resistivo e inductivo en las lineas.
- Acoplo capacitivo entre lineas.
- Acoplo inductivo entre lineas.
- Efecto antena (señales electromagneticas).

Para su eliminacion existen diversas técnicas prácticas, como la colocación en las patillas de alimentacion de un condensador de 100nF.

### **Disipacion de Potencia.**

Se trata de la potencia consumida por funcion logica, lo cual da cuenta tambien de la intensidad de consumo. En estatico, se define la potencia media disipada por puerta (valor medio de la potencia disipada en los estados "0" y "1")

### **PDL + PDH**

**PD =**

**2**

Es importante saber que la potencia disipada aumenta con la frecuencia de trabajo, ya que aparecen picos transitorios elevados de corriente en la conmutación. Como es obvio, interesa que los circuitos consuman el mínimo de potencia.

### **Tiempo de propagación (velocidad).**

Es la velocidad de funcionamiento de los circuitos. De ello depende del tiempo de respuesta de los circuitos, que es el tiempo que pasa desde el momento en que se activa la entrada hasta que la salida cambia de estado; esto se conoce por tiempo de propagación.

Tiempo de propagación medio: Es la media entre los tiempos de propagación cuando la slida cambia a "0" y cuando cambia a "1", se expresa por **Tpd** , no suele ser igual el tiempo en una transición de "0" a "1" que de "1" a "0". Los retardos de propagación los suministra el fabricante, y son del orden de nanosegundos.

### **TECNOLOGIA TTL**

La tecnología TTL es de tipo bipolar, se basa en los transistores bipolares (NPN, PNP), aunque la tecnología sea bastante antigua, se puede decir que es la más popular (introducida por Texas Instruments en 1964).

Como características generales representativas se pueden citar:

- Fácil utilización.
- Amplia Documentación.
- Alimentación de 5 V.
- Consumo medio.
- Velocidad alta.

### **Circuito de una puerta NO–Y TTL estándar.**

**+ Vcc**

**4K R1 1K6 R2 130 R4**

**T1 T3 A**

**A T2 D1**

**B**

**B T4 SALIDA**

**1K R3 0 V.**

Una puerta NO–Y de dos entradas estándar, perteneciente a la serie de CI 74/54.

El circuito se basa en tres etapas: conmutador de entrada (transistor multiemisor T1), divisor de fase (t2) y circuito de salida totem pole (T3 y T4).

Funcionamiento.

Para que la salida sea "0", las dos entradas tienen que encontrarse a "1" ( $V_1 > 2\text{ V}$ ). El transistor multiemisor de entrada está en corte, ya que no hay corriente de emisor. Pero a través de su base–colector circula corriente hacia la base de T2, produciéndose así su saturación.

Al conducir T2, por su emisor circulará corriente hacia la base de T4 y este se saturará, con lo que la tensión de salida será próxima a "0" voltios (nivel bajo de la salida Vol).

El transistor T3 queda bloqueado debido a que la tensión en su base, de 0,9 V, es insuficiente para hacerlo conducir:

$$V_{c2} = V_{ce2} + V_{be4} = 0,2 + 0,7 = 0,9\text{ V}$$

Para que conduzca T3 la tensión de base debe superar el umbral de su unión base–emisor en serie con el diodo D1 y la tensión colector–emisor de t4.

Mediante D1 se evita, que T3 pueda conducir cuando T4 está saturado.

La tensión de salida, Vol, ( $V_{cesat}$  de T4), puede variar según la carga y la temperatura.

T4 del circuito totem pole tiene la misión de derivar a masa la corriente de la carga. La corriente de la carga entra por la salida del circuito.

Cuando conectamos una salida a una entrada de otra puerta, existe una pequeña corriente que sale por la entrada y entra por la salida y a través de T4 va a masa.

La tensión en la base del transistor multiemisor T1 es la suma de las tensiones base-emisor de T2 y T4 más la tensión base-colector de T1, lo cual da un valor de 2,1 V.

$$V_{b1} = V_{bc1} + V_{be4} = 2,1 \text{ V.}$$

El nivel de entrada alto ( $V_{ih}$ ) no debe hacer conducir a T1, la tensión mínima de entrada deberá ser de unos 1,8 V.

Respecto a la corriente de entrada, para el nivel "1", el fabricante garantiza que como máximo puede ser de 40 uA, permanece casi constante cuando la tensión de entrada aumenta hasta la tensión máxima.

Las entradas al aire sin conectar, hacen el mismo efecto que si tuvieran un "1", no es conveniente que trabajen así, ya que, captan señales basura.

Cuando una de las entradas o las dos se ponen a 0, aparece una corriente de base en T1, que se deriva a masa a través del emisor.

$$I_1 = V_{cc} - V_{be1} = 5 - 0,7 = 4,3 = 1 \text{ mA}$$

R1 4 K 4000

Es una corriente que saldrá por la patilla de entrada hacia masa ( $I_{il}$ ). T1 quedará saturado, su colector queda a potencia de masa (0V).

T2 pasa a estado de corte, con lo cual no habrá corriente de emisor y T4 se bloqueará. En el colector de T2 Habrá una tensión alta, que hará que aparezca un 1 lógico en la salida ( $V_{oh}$ ).

T3 del circuito de salida actúa como seguidor de emisor dando lugar a una baja impedancia de salida.

$$V_{oh} = V_{c2} - V_{be3} - V_{d1}$$

$$\text{Siendo } V_{c2} = V_{cc} - I_2 \times R_2$$

La  $I_2$  es despreciable, entonces:

$$V_{c2} = V_{cc} - I_2 \times R_2 = V_{cc}$$

$$V_{oh} = V_{cc} - V_{be3} - V_{d1} = 5 - 0,7 - 0,7 = 3,6 \text{ V.}$$

El Voltaje de salida depende de la carga externa y varía con la temperatura.

### **Características TTL estándar.**

Tensiones y corrientes de entrada- salida.

Entrada: Salida:

$V_{IL\ max} = 0,8\ V$   $V_{OL\ max} = 0,4\ V$

$V_{IH\ min} = 2\ V$   $V_{OH\ min} = 2,4\ V$

$I_{IL\ max} = 1,6\ mA$   $I_{OL\ max} = 16\ mA$

$I_{IH\ max} = 40\ \mu A$   $I_{OH\ max} = 400\ \mu A$

Estos son los valores típicos, pero según los tipos de circuitos y subfamilias pueden variar ligeramente.

### **Series TTL.**

#### **TTL de alta velocidad Serie 74H.**

Disminuye los tiempos de carga de las capacidades parásitas, disminuyendo los valores de las resistencias.

Tiempo de propagación 6ns

Las corrientes son mayores, teniendo que disipar mayor potencia (22mW)

#### **TTL de bajo consumo. Serie 74LP.**

Para bajar la potencia aumentamos los valores de las resistencias (1mW)

Tiene mayor tiempo de propagación (33ns)

#### **TTL Schottky. Serie 74S.**

Alta velocidad, tiempo de propagación 3ns, consumo 22mW

Para conseguir esta velocidad, se impide que los transistores se saturen, así almacenan menos carga y tardan menos en recuperarse.

Para lograr esto, colocamos un diodo denominado Schottky, por su baja caída de tensión (0,35 V) y tiempo de almacenamiento despreciable (velocidad de conmutación muy elevada)

#### **TTL Schottky de baja potencia. Serie 74LS.**

Baja disipación de potencia (2mW)

Tiempo de propagación (6 a 10 ns)

El bajo consumo se basa en aumentar los valores de las resistencias.

Los voltajes y corrientes de entrada y salida difieren respecto a la serie estándar en :

$V_{OH\ min} = 2,7\ V$ ,  $V_{OL\ max} = 0,5\ V$ ,  $I_{OL\ max} = 8\ mA$ ,  $I_{IL\ max} = 0,4\ mA$ .

El resto de valores es estándar.

#### **TTL Schottky avanzada. Serie 74AS.**



Es la más rápida de todas, tiempo de propagación 1,5 ns

Mayor consumo, disipación de potencia 8mW.

Emplea los últimos desarrollos en tecnologías integradas bipolares.

Características de entrada y salida:

$I_{oh\ min} = 2\ mA$ ,  $I_{ol\ max} = 20mA$ ,  $I_{il\ max} = 2\ mA$ ,  $I_{ih\ max} = 0,2\ mA$

**TTL Schottky avanzada de baja potencia. Serie 74ALS.**

Baja disipación de potencia 1mW.

Bajo tiempo de propagación 4ns.

Combina la alta velocidad con la baja disipación.

Características de entrada-salida.

$I_{ol\ max} = 4\ mA$ ,  $I_{oh\ max} = 0,4mA$ ,  $I_{il\ max} = 0,2mA$ ,  $I_{ih\ max} = 20\ uA$ .

**TTL Fast. Serie 74F**

Es de las más modernas, constituye uno de los avances en la tecnología TTL

Características intermedias entre las 74AS y la 74 ALS

Es de alta velocidad y baja disipación.

Características de entrada salida, se diferencia de la 74 ALS en:

$I_{il\ max} = 0,6\ mA$ ,  $I_{oh\ max} = 1mA$ ,  $I_{ol\ max} = 20\ mA$ .

## **TECNOLOGIA CMOS.**

Fue desarrollada por RCA y utilizada en aplicaciones aeroespaciales y militares.

CMOS significa complementarios MOS, puesto que sus circuitos se basan en los transistores MOS de canal N y P.

Principales características:

- Muy bajo consumo ( la más representativa)
- Amplio margen de tensión de alimentación.
- Alta inmunibilidad al ruido.

### **Circuito básico CMOS: Inversor.**

Formado por la conexión en serie de dos transistores MOS de enriquecimiento; uno de canal N y otro de canal P.

Para una tensión de entrada de 0V, el de canal P hace de conductor y el de canal N no conduce (se bloquea).

El "P" se comporta como un interruptor cerrado (saturado) y el "N" abierto (corte).

La tensión de salida, será positiva "1" muy próxima a la de alimentación.

Cuando la entrada se encuentra a "1" el "N" hace de conductor (cerrado) y el "P" se bloquea (abierto).

Es decir que la salida será casi cero voltios, masa (nivel "0").

Aparece aquí una de las características del CMOS, los niveles lógicos de salida son prácticamente igual a la tensión de alimentación y masa, la diferencia es de unos pocos milivoltios.

### **Características típicas CMOS.**

Alimentación. El voltaje no es fijo como en TTL, puede variar en un amplio margen. (entre 3 y 15 V)

Consumo. Uno de los dos transistores queda en corte, por lo que en reposo el consumo se debe a las fugas del transistor que queda bloqueado y otras relacionadas con la integración. Teóricamente el consumo es nulo. Por lo que la potencia típica disipada por las puertas es de 10 nW.

Consumo en dinámico. Cuando los circuitos trabajan a una cierta frecuencia, la potencia de consumo ya no es tan baja, aumenta con la frecuencia. Esto ocurre también algo con TTL pero en CMOS es más notable, crece linealmente con la frecuencia. Cuando el inversor cambia de estado aparece un pico de corriente en la fuente de alimentación. Durante un instante los dos transistores se encuentran en conducción, durante la conmutación. La disipación dinámica depende de varios parámetros como la tensión de alimentación, tensión umbral de los transistores, capacidad de la carga, etc. La potencia disipada aumenta con la frecuencia de trabajo.

$$PD = CL V_{DD} f$$

CL: Capacidad de la carga

VDD: Voltaje de Alimentación

f: Frecuencia de trabajo.

Curva de transferencia. La característica de transferencia del inversor CMOS se acerca al punto de conmutación alrededor del 50% de los niveles lógicos "0" y "1". Según medidas tomadas para VDD=5V

El circuito conmuta a unos 2,7 V de tensión de entrada.

Tensiones de entrada y salida. Los niveles se corresponden prácticamente con el nivel de alimentación. Los niveles típicos de salida CMOS son :  $V_{OH} = V_{DD}$   $V_{OL} = 0V$ .

Según datos de los fabricantes, la tensión mínima de entrada para el "1" debe ser del 70% de la VDD. Y la tensión máxima de entrada para el "0", el 30% de VDD.

Corrientes de entrada. Son casi inmedibles en la práctica. Según fabricantes, las corrientes típicas de entrada son del orden de 10 pA.

Cargabilidad de salida (Fan-out). Dada la pequeña corriente de entrada y la baja impedancia de salida, la

cargabilidad de salida es muy grande. Una salida puede controlar hasta 50 entradas o más. LA limitación es más bien por la capacidad de las entradas (5pF) que por la corriente.

Margen de ruido. Es del orden del 30% de la tensión de alimentación, en la práctica, se obtiene una inmunidad típica de un 45% de la VDD.

Velocidad. El retardo de propagación depende de la capacidad a la salida y de la tensión de alimentación.

### **Series de CI CMOS.**

Serie 4000. Es la más antigua y popular introducida por RCA en 1969.

Serie 4000B. Es una variante con salidas y buffer, puede dar un poco más de corriente de salida.

Serie HE4000B (LOC MOS). Esta es la serie CMOS de la firma PHILIPS, desarrollada con una técnica de oxidación local que permite la reducción de la superficie de integración y obtiene una mejora en cuanto a las características.

Serie 74C. Versión mejorada de la serie 4000, tiene funciones de patillaje equivalentes a la serie 74 de TTL, tiene unas características similares a la serie 4000B.

Serie 74HC/HCT/HCU. Técnica de fabricación más avanzada, retardos de unos 8 ns. Los CI más populares TTL y CMOS se encuentran también en esta serie, con el mismo patillaje. 7400 aparece como 74HC00, el 4511 aparece como 74HC4511.

Las etapas de salida llevan buffers, consiguiéndose corrientes de salida de 4 mA, con lo que mejora el fan-out.

La alimentación de 2 a 6 V. Comparables a la serie TTL 74LS, pero con menor consumo. En la serie 74HC se disponen de las funciones más populares de la serie 74 en TTL, se puede decir que es el equivalente TTL en CMOS.

Existe también la serie 74HCT que su alimentación es de 5 V, además de la serie 74HCU que en su salida no son con buffer, por lo que su curva de transferencia es lineal, lo que hace que sea ideal para aplicaciones de amplificadores, osciladores etc.

Serie ACL (Lógica CMOS Avanzada). Es el último avance en CMOS, puede competir en velocidad hasta con la tecnología TTL (tiempo de propagación 3 ns). LA corriente de salida puede de ser de 24 mA, lo que da lugar a una muy alta cargabilidad de salida y poder excitar hasta ciertos transistores de potencia u otros componentes.

Serie 74ACL. Alimentación de 5 V, con una tensión de alimentación de 5V, con umbrales de tensión compatibles con TTL.

Serie 74AC. Alimentación de 2 a 5,5 V y umbrales de tensión estándar.

### **Precauciones con los CI MOS.**

Son más propensos a deteriorarse por cuestiones de cargas electrostáticas, debido a su muy alta impedancia de entrada y tipo de constitución.

Se debe procurar no tocarlos mucho con las manos, guardándolos con las patillas cortocircuitadas o donde no

sea probable que les alcance la electricidad estática.

Los fabricantes sugieren desconectar la alimentación cuando se vayan a sacar o introducir los CI en los zócalos, guardarlos en esponjas reductoras, utilizar soldadores aislados de la red o conectar a tierra las puntas o alimentar los soldadores con baterías.

Muy importante es que no se deben dejar patillas de entradas de los circuitos no utilizados del CI sin conectar, ya que aumenta el consumo y estas entradas al aire se comportan como antenas y las señales de ruido hacen trabajar dinámicamente a los circuitos. Para evitar esto conectaremos estas entradas a masa o a la alimentación.

## EJERCICIOS SOBRE CAMBIOS DE SISTEMAS.

### Binario a Decimal

- Convertir el número Binario **111001** a Decimal.

32	16	8	4	2	1	pesos
1	1	1	0	0	1	$32 + 16 + 8 + 1 = 57$

- Convertir el número Binario **10001** a Decimal.

16	8	4	2	1	pesos
1	0	0	0	1	$16 + 1 = 17$

- Convertir el número Binario **1010101** a Decimal.

64	32	16	8	4	2	1	pesos
1	0	1	0	1	0	1	$64+16+4+1=85$

- Convertir el número Binario **111** a Decimal.

4	2	1	Pesos
1	1	1	$4+2+1=7$

- Convertir el número Binario **111000111** a Decimal.

6-Convertir el número Binario **110011** a Decimal.

32	16	8	4	2	1	Pesos
1	1	0	0	1	1	$32+16+2+1 = 51$

7-Convertir el número Binario **1000111** a Decimal.

64	32	16	8	4	2	1	Pesos
1	0	0	0	1	1	1	$64+4+2+1= 71$

8-Convertir el número Binario **11111111** a Decimal.

128	64	32	16	8	4	2	1	Pesos
1	1	1	1	1	1	1	1	$128+64+32+16+8+4+2+1 = 255$

9-Convertir el número Binario **1000011** a Decimal.

64	32	16	8	4	2	1	Pesos
1	0	0	0	0	1	1	$64+2+1 = 67$

10– Convertir el número Binario **1000011110** a Decimal.

11– Convertir el número Binario **111000111** a Decimal.

12– Convertir el número Binario **101000** a Decimal.

32	16	8	4	2	1	Pesos
1	0	1	0	0	0	$32+8 = 40$

13– Convertir el número Binario **11101110011** a Decimal.

14– Convertir el número Binario **10101010101** a Decimal.

15– Convertir el número Binario **110000000011** a Decimal.

### **Binario a Hexadecimal.**

Partiendo según la tabla: Binario Hexadecimal

0000 0

0001 1

0010 2

0011 3

0100 4

0101 5

0110 6

0111 7

1000 8

1001 9

1010 A

1011 B

1100 C

1101 D

1110 E

1111 F

1– Convertir el número Binario **1010** a Hexadecimal.

1010 = **A**

2– Convertir el número Binario **10101111** a Hexadecimal.

• 1111

**A F**

3– Convertir el número Binario **01010001** a Hexadecimal.

0101 0001

**5 1**

4– Convertir el número Binario **10011010** a Hexadecimal.

• 1010

• **A**

5– Convertir el número Binario **110111001111** a Hexadecimal.

1101 1100 1111

**D C F**

6– Convertir el número Binario **0001110111111011**a Hexadecimal.

0001 1101 1110 1011

**1 D E B**

7– Convertir el número Binario **1000111100001100** a Hexadecimal.

1000 1111 0000 1100

**8 F 0 C**

8– Convertir el número Binario **1010001101001110** a Hexadecimal.

1010 0011 0100 1110

**A 3 4 E**

9– Convertir el número Binario **00000001100110111100 1110** a Hexadecimal.

0000 0001 1001 1011 1100 1110

## **0 1 9 B C E**

10– Convertir el número Binario **1010101010101010** a Hexadecimal.

1010 1010 1010 1010

## **A A A A**

11– Convertir el número Binario **100101000010101100011100** a Hexadecimal.

1001 0100 0010 1011 0001 1100

## **9 4 2 B 1 C**

12– Convertir el número Binario **01011001100000010111** a Hexadecimal.

0101 1001 1000 0001 0111

## **5 9 8 1 7**

13– Convertir el número Binario **1110101000111111010111110010** a Hexadecimal.

1110 1010 0011 1111 0101 1111 0010

## **E A 3 F 5 F 2**

14– Convertir el número Binario **000000101110000111110101101010001100** a Hexadecimal.

0000 0010 1110 0001 1111 0101 1010 1000 1100

## **0 2 E 1 F 5 A 8 C**

15– Convertir el número Binario **10101100011100011100000101100111010** a Hexadecimal.

0101 0110 0011 1000 1110 0000 1011 0011 1010

## **5 6 3 8 E 0 B 3 A**

### **Decimal a Binario.**

- Convertir el número Decimal **10** a Binario.

$10/2 = 5$  Resto 0 LSB

$5/2 = 2$  Resto 1 **1010**

$2/2 = 1$  Resto 0

1 MSB

- Convertir el número Decimal **34** a Binario.

$$34/2 = 17 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$17/2 = 8 \text{ Resto } 1$$

$$8/2 = 4 \text{ Resto } 0 \text{ **100010**}$$

$$4/2 = 2 \text{ Resto } 0$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **125** a Binario.

$$125/2 = 62 \text{ Resto } 1 \text{ LSB}$$

$$62/2 = 31 \text{ Resto } 0$$

$$31/2 = 15 \text{ Resto } 1$$

$$15/2 = 7 \text{ Resto } 1 \text{ **1111101**}$$

$$7/2 = 3 \text{ Resto } 1$$

$$3/2 = 1 \text{ Resto } 1$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **215** a Binario.

$$215/2 = 107 \text{ Resto } 1 \text{ LSB}$$

$$107/2 = 53 \text{ Resto } 1$$

$$53/2 = 26 \text{ Resto } 1$$

$$26/2 = 13 \text{ Resto } 0 \text{ **11010111**}$$

$$13/2 = 6 \text{ Resto } 1$$

$$6/2 = 3 \text{ Resto } 0$$

$$3/2 = 1 \text{ Resto } 1$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **545** a Binario.

$$544/2 = 262 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$262/2 = 131 \text{ Resto } 0$$



$$131/2 = 65 \text{ Resto } 1$$

$$65/2 = 32 \text{ Resto } 1$$

$$32/2 = 16 \text{ Resto } 0$$

$$16/2 = 8 \text{ Resto } 0 \text{ **1000001100**}$$

$$8/2 = 4 \text{ Resto } 0$$

$$4/2 = 2 \text{ Resto } 0$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **1024** a Binario.

$$1024/2 = 512 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$512/2 = 256 \text{ Resto } 0$$

$$256/2 = 128 \text{ Resto } 0$$

$$128/2 = 64 \text{ Resto } 0$$

$$64/2 = 32 \text{ Resto } 0$$

$$32/2 = 16 \text{ Resto } 0 \text{ **10000000000**}$$

$$16/2 = 8 \text{ Resto } 0$$

$$8/2 = 4 \text{ Resto } 0$$

$$4/2 = 2 \text{ Resto } 0$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **3226** a Binario.

$$3226/2 = 1613 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$1613/2 = 806 \text{ Resto } 1$$

$$806/2 = 403 \text{ Resto } 0$$

$$403/2 = 201 \text{ Resto } 1$$

$$201/2 = 100 \text{ Resto } 1$$

$$100/2 = 50 \text{ Resto } 0$$

$$50/2 = 25 \text{ Resto } 0 \text{ **110010011010**}$$

$$25/2 = 12 \text{ Resto } 1$$

$$12/2 = 6 \text{ Resto } 0$$

$$6/2 = 3 \text{ Resto } 0$$

$$3/2 = 1 \text{ Resto } 1$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **4002** a Binario.

$$4002/2 = 2001 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$2001/2 = 1000 \text{ Resto } 1$$

$$1000/2 = 500 \text{ Resto } 0$$

$$500/2 = 250 \text{ Resto } 0$$

$$250/2 = 125 \text{ Resto } 0$$

$$125/2 = 62 \text{ Resto } 1$$

$$62/2 = 31 \text{ Resto } 0 \text{ **111110100010**}$$

$$31/2 = 15 \text{ Resto } 1$$

$$15/2 = 7 \text{ Resto } 1$$

$$7/2 = 3 \text{ Resto } 1$$

$$3/2 = 1 \text{ Resto } 1$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **5151** a Binario.

$$5151/2 = 2575 \text{ Resto } 1 \text{ LSB}$$

$$2575/2 = 1287 \text{ Resto } 1$$

$$1287/2 = 643 \text{ Resto } 1$$

$$643/2 = 321 \text{ Resto } 1$$

$$321/2 = 160 \text{ Resto } 1$$

$$160/2 = 80 \text{ Resto } 0$$

$$80/2 = 40 \text{ Resto } 0 \text{ **1010000011111**}$$

$$40/2 = 20 \text{ Resto } 0$$

$$20/2 = 10 \text{ Resto } 0$$

$$10/2 = 5 \text{ Resto } 0$$

$$5/2 = 2 \text{ Resto } 1$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **6363** a Binario.

$$6363/2 = 3181 \text{ Resto } 1 \text{ LSB}$$

$$3181/2 = 1590 \text{ Resto } 1$$

$$1590/2 = 795 \text{ Resto } 0$$

$$795/2 = 397 \text{ Resto } 1$$

$$397/2 = 198 \text{ Resto } 1$$

$$198/2 = 99 \text{ Resto } 0$$

$$99/2 = 49 \text{ Resto } 1 \text{ **1100011011011**}$$

$$49/2 = 24 \text{ Resto } 1$$

$$24/2 = 12 \text{ Resto } 0$$

$$12/2 = 6 \text{ Resto } 0$$

$$6/2 = 3 \text{ Resto } 0$$

$$3/2 = 1 \text{ Resto } 1$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **8224** a Binario.

$$8224/2 = 4112 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$4112/2 = 2056 \text{ Resto } 0$$

$$2056/2 = 1028 \text{ Resto } 0$$

$$1028/2 = 514 \text{ Resto } 0$$

$$514/2 = 257 \text{ Resto } 0$$

$$257/2 = 128 \text{ Resto } 1$$

$$128/2 = 64 \text{ Resto } 0$$

$$64/2 = 32 \text{ Resto } 0 \text{ **10000000100000**}$$

$$32/2 = 16 \text{ Resto } 0$$

$$16/2 = 8 \text{ Resto } 0$$

$$8/2 = 4 \text{ Resto } 0$$

$$4/2 = 2 \text{ Resto } 0$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **10010** a Binario.

$$10010/2 = 5005 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$5005/2 = 2502 \text{ Resto } 1$$

$$2502/2 = 1251 \text{ Resto } 0$$

$$1251/2 = 625 \text{ Resto } 1$$

$$625/2 = 312 \text{ Resto } 1$$

$$312/2 = 156 \text{ Resto } 0$$

$$156/2 = 78 \text{ Resto } 0$$

$$78/2 = 39 \text{ Resto } 0 \text{ **10011100011010**}$$

$$39/2 = 19 \text{ Resto } 1$$

$$19/2 = 9 \text{ Resto } 1$$

$$9/2 = 4 \text{ Resto } 1$$

$$4/2 = 2 \text{ Resto } 0$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **11222** a Binario.

$$11222/2 = 5611 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$5611/2 = 2805 \text{ Resto } 1$$

$$2805/2 = 1402 \text{ Resto } 1$$

$$1402/2 = 701 \text{ Resto } 0$$

$$701/2 = 350 \text{ Resto } 1$$

$$350/2 = 175 \text{ Resto } 0$$

$$175/2 = 87 \text{ Resto } 1$$

$$87/2 = 43 \text{ Resto } 1 \text{ **10101111010110**}$$

$$43/2 = 21 \text{ Resto } 1$$

$$21/2 = 10 \text{ Resto } 1$$

$$10/2 = 5 \text{ Resto } 0$$

$$5/2 = 2 \text{ Resto } 1$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **13456** a Binario.

$$13456/2 = 6728 \text{ Resto } 0 \text{ LSB}$$

$$6728/2 = 3364 \text{ Resto } 0$$

$$3364/2 = 1682 \text{ Resto } 0$$

$$1682/2 = 841 \text{ Resto } 0$$

$$841/2 = 420 \text{ Resto } 1$$

$$420/2 = 210 \text{ Resto } 0$$

$$210/2 = 105 \text{ Resto } 0$$

$$105/2 = 52 \text{ Resto } 1 \text{ **1010010010000**}$$

$$52/2 = 26 \text{ Resto } 0$$

$$26/2 = 13 \text{ Resto } 0$$

$$13/2 = 6 \text{ Resto } 1$$

$$6/2 = 3 \text{ Resto } 0$$

$$3/2 = 1 \text{ Resto } 1$$

1 MSB

- Convertir el número Decimal **23987** a Binario.

$$23987/2 = 11993 \text{ Resto } 1 \text{ LSB}$$

$$11993/2 = 5996 \text{ Resto } 1$$

$$5996/2 = 2998 \text{ Resto } 0$$

$$2998/2 = 1499 \text{ Resto } 0$$

$$1499/2 = 749 \text{ Resto } 1$$

$$749/2 = 374 \text{ Resto } 1$$

$$374/2 = 187 \text{ Resto } 1$$

$$187/2 = 93 \text{ Resto } 1 \text{ **101110111110011**}$$

$$93/2 = 46 \text{ Resto } 1$$

$$46/2 = 23 \text{ Resto } 0$$

$$23/2 = 11 \text{ Resto } 1$$

$$11/2 = 5 \text{ Resto } 1$$

$$5/2 = 2 \text{ Resto } 1$$

$$2/2 = 1 \text{ Resto } 0$$

1 MSB

### **Decimal a Hexadecimal.**

- 1-Convertir el número Decimal **17** a Hexadecimal.

$$17/16 = 1 \text{ Resto } 1$$

**1 1**

- 2-Convertir el número Decimal **31** a Hexadecimal.

$$31/16 = 1 \text{ Resto } 15$$

## **1 F**

3–Convertir el número Decimal **112** a Hexadecimal.

$$112/16 = 7 \text{ Resto } 0$$

## **7 0**

4– Convertir el número Decimal **169** a Hexadecimal.

$$169/16 = 1 \text{ Resto } 9$$

## **1 9**

- Convertir el número Decimal **325** a Hexadecimal.

$$325/16 = 2 \text{ Resto } 5$$

## **2 5**

- Convertir el número Decimal **888** a Hexadecimal.

$$888/16 = 55 \text{ Resto } 8$$

$$55/16 = 3 \text{ Resto } 7$$

## **3 7 8**

- Convertir el número Decimal **1024** a Hexadecimal.

$$1024/16 = 64 \text{ Resto } 0$$

$$64/16 = 4 \text{ Resto } 0$$

## **4 0 0**

- Convertir el número Decimal **1999** a Hexadecimal.

$$1999/16 = 124 \text{ Resto } 15$$

$$124/16 = 7 \text{ Resto } 12$$

## **7 C F**

- Convertir el número Decimal **3333** a Hexadecimal.

$$3333/16 = 208 \text{ Resto } 5$$

$$208/16 = 13 \text{ Resto } 0$$

## **D 0 5**

- Convertir el número Decimal **6969** a Hexadecimal.

$$6969/16 = 435 \text{ Resto } 9$$

$$435/16 = 27 \text{ Resto } 3$$

$$27/16 = 1 \text{ Resto } 11$$

**1 B 3 9**

- Convertir el número Decimal **12345** a Hexadecimal.

$$12345/16 = 771 \text{ Resto } 9$$

$$771/16 = 48 \text{ Resto } 3$$

$$48/16 = 3 \text{ Resto } 0$$

**3 0 3 9**

- Convertir el número Decimal **19876** a Hexadecimal.

$$19876/16 = 1242 \text{ Resto } 4$$

$$1242/16 = 77 \text{ Resto } 10$$

$$77/16 = 4 \text{ Resto } 3$$

**4 3 A 4**

- Convertir el número Decimal **33333** a Hexadecimal.

$$33333/16 = 2083 \text{ Resto } 5$$

$$2083/16 = 130 \text{ Resto } 3$$

$$130/16 = 8 \text{ Resto } 2$$

**8 2 3 5**

- Convertir el número Decimal **111222** a Hexadecimal.

$$111222/16 = 6951 \text{ Resto } 6$$

$$6951/16 = 434 \text{ Resto } 7$$

$$434/16 = 27 \text{ Resto } 2$$

$$27/16 = 1 \text{ Resto } 11$$

**3 B 2 7 6**