

## **ELECTRÓNICA DIGITAL (PARTE 2)**

**Dr. C. Evaristo González Milanés<sup>1</sup>, Ing. Carlos Molina<sup>2</sup>**

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.*

*2. Profesor Adjunto Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.*

### **Resumen.**

El trabajo tiene como objetivo darle continuidad a la descripción de los principales elementos que caracterizan a la Electrónica Digital, dentro de los cuales se incluyen los contadores, registros de desplazamiento, las memorias y los conversores D/A y A/D. Este trabajo da continuidad a la Parte 1 que ya fue publicado anteriormente.

***Palabras claves:** Electrónica Digital; Algebra de Boole; Dispositivos electrónicos; Compuertas lógicas*

## INTRODUCCIÓN.

En el artículo anterior se explicaron algunos elementos que constituyen la base de la electrónica digital, como es el caso de sistema de numeración binario, las compuertas lógicas, la diferencia entre las operaciones lógicas y las aritméticas, etc. A continuación se continúa con la descripción de otros circuitos digitales básicos que se encuentran presentes y conforman equipos importantes dentro de la técnica digital.

## DESARROLLO:

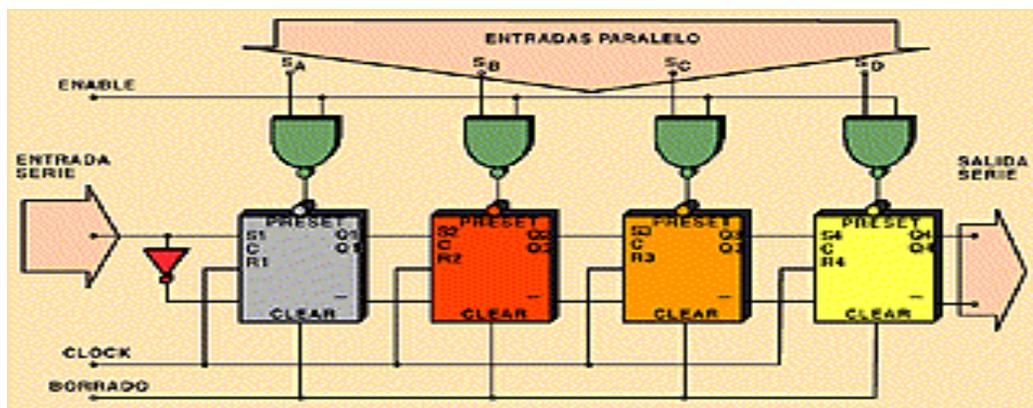
### 1.- Registros de Desplazamiento.

Un registro de desplazamiento consta esencialmente de una cadena de biestables conectados en cascada de forma que la salida de uno es la entrada del siguiente, con lo que se logra el desplazamiento de la información del biestable de la entrada hacia el de la salida. Esta estructura permite formar un almacenador único de una palabra binaria, con la función de retener la información binaria por el tiempo que sea necesario.

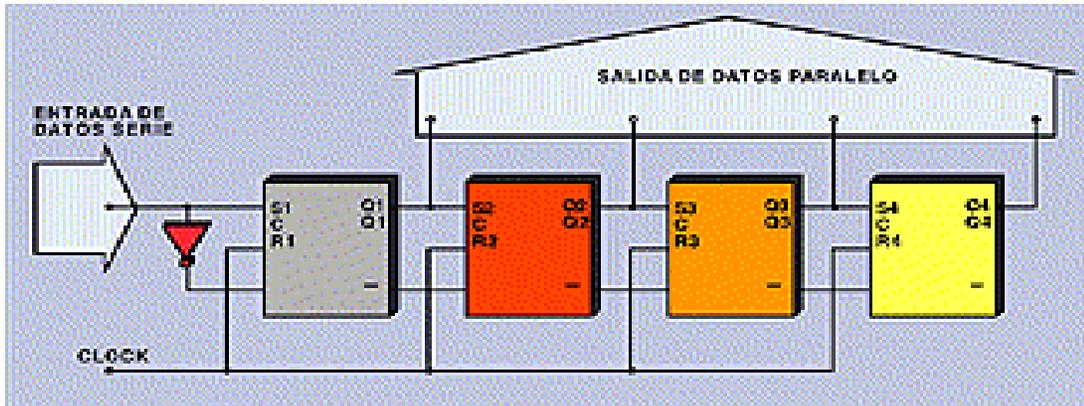
Este tipo de registro tiene la entrada serie y su salida es en serie o paralelo en dependencia de que la tomemos solamente del último biestable, o consideremos la salida de todos ellos. Igualmente pueden presentarse registros más complejos que presentan la posibilidad de entrada paralelo e incluso desplazamiento en ambas direcciones. Todo ello se encuentra dentro de las facilidades que nos ofrecen los fabricantes de los circuitos integrados en las diferentes pastillas, para lo cual solo debemos seleccionar la adecuada.

De acuerdo con lo señalado estos registros se pueden clasificar en:

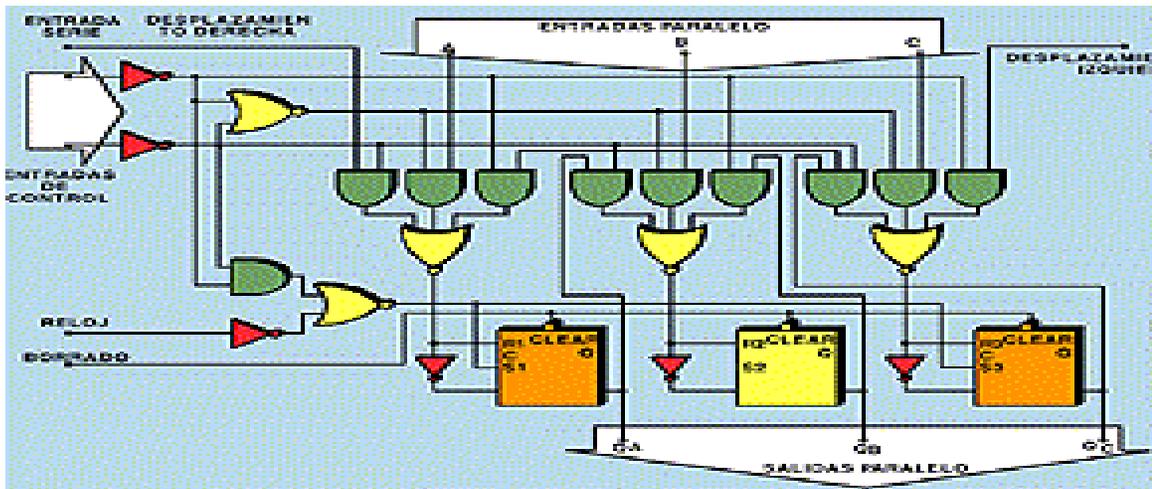
- Entrada serie, salida serie.
- Entrada paralelo, salida serie.
- Entrada serie, salida paralelo.
- Entrada paralelo, salida paralelo.
- con desplazamiento bidireccional acompañado de una lógica de control.



**Estructura general de un Registro de desplazamiento.**



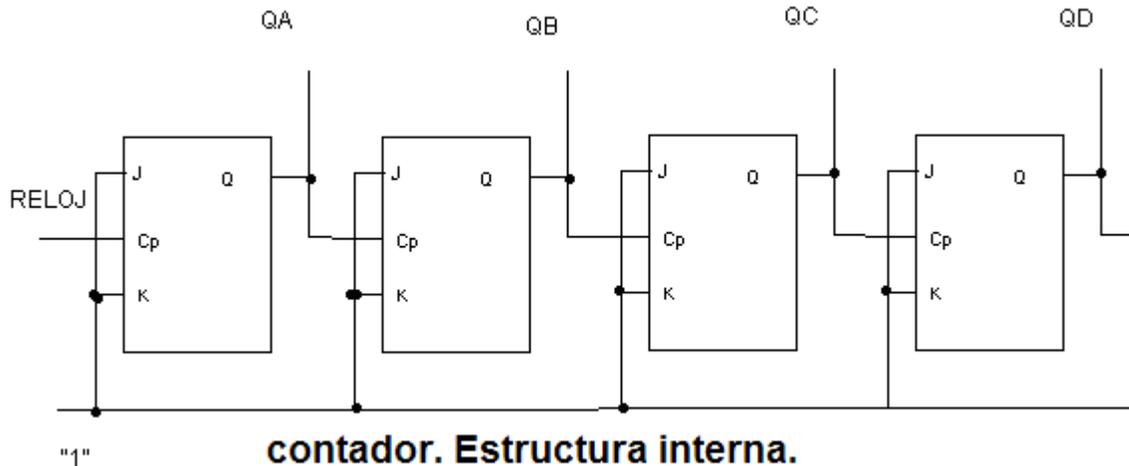
**Registro de desplazamiento con entrada serie, salida paralelo.**



**Registro de desplazamiento con entrada paralelo, salida paralelo.**

## 2.- Contadores.

Un contador, es un sistema de memoria que puede ser considerado como un circuito el cual recuerda el número de impulsos que se le han aplicado. Está compuesto por una cadena de biestables acoplados en cascada y realimentados de diversas formas. Su utilización más frecuente es como divisor de frecuencia, temporizador, elemento para la adquisición de datos, como contador de eventos, etc., donde QA representa el BIT menos significativo y QD es el más significativo de la salida paralelo

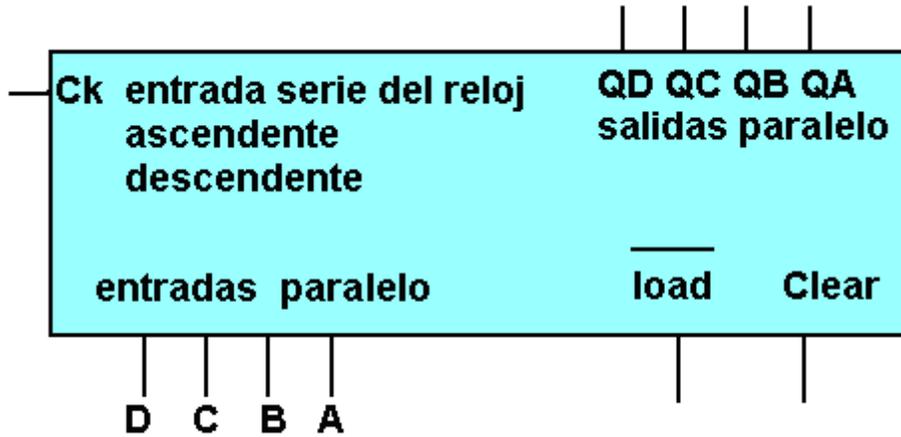


En la estructura interna mostrada puede verse que representa un circuito asincrónico, porque la entrada del reloj, no entra simultáneamente en el reloj de todos los biestables, o sea, la salida Q de cada flip flop está acoplada a la entrada del reloj del siguiente, y así sucesivamente. Para este contador se utilizan biestables J-K que ya fueron estudiados en el capítulo anterior, donde cada biestable cambiará el estado de salida con la presencia de un impulso en su entrada de reloj, ya que las entradas J-K están conectadas a “1” lógico.

El cambio en los biestables pueden ser **por nivel o por flanco**, o sea, con un “1” lógico, “0” lógico ó con el flanco de subida o caída. El contador asincrónico de la figura posee el inconveniente de ser lento, por lo que para mejorar este inconveniente se emplean otras estructuras que no serán descritas en nuestra conferencia por no formar parte de los contenidos del presente curso básico y que a su vez posibilitan la obtención de un contador síncrono.

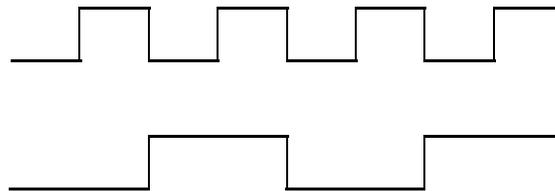
Se conoce como base de conteo al número máximo de eventos que puede contar un contador. Este valor tiene una relación muy vinculada al número de biestables que se emplean para estructurar al circuito contador. La base de conteo está dada por la expresión  $2^n$ , donde n es la cantidad de biestables empleada, pero se puede usar una lógica que permita truncar el conteo mediante el empleo de compuertas lógicas y circuitos de realimentación que ya vienen diseñados internamente por el fabricante, o adicionados por el usuario.

Existen una gran variedad de contadores, incluyendo los llamados reversibles o sea que cuenta en los dos sentidos, ascendente y descendente y para ello utilizan una lógica de control apropiada. La entrada de la información al contador puede ser en serie o paralelo. La frecuencia máxima de trabajo, aumenta con el circuito en paralelo. Los datos de la entrada paralelo del contador que se muestra en la figura siguiente, son válidos en la salida después de haber aplicado un voltaje de “0” lógico en el pin Load.



**Contador . Estructura externa**

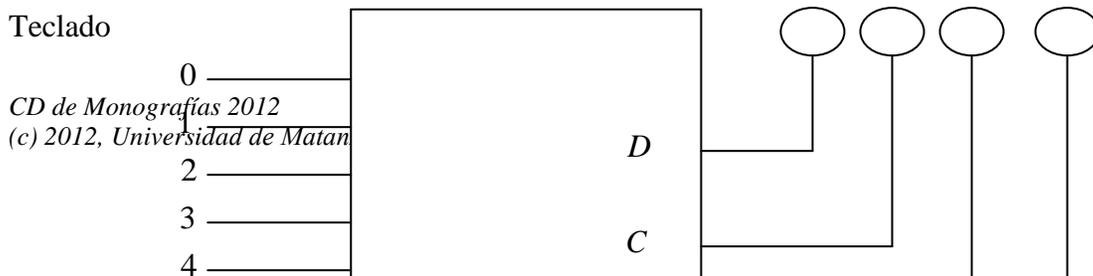
El contador se puede usar como divisor de frecuencia, si ponemos el reloj a un oscilador de una frecuencia determinada. Podemos ver que en la primera salida hay un pulso de salida cada dos pulsos de entrada, en la segunda, habrá un pulso en su salida por cada cuatro de entrada y así sucesivamente. Doblando, cuadruplicando, etc. el tiempo de los pulsos de entrada.



**Divisor de frecuencia**

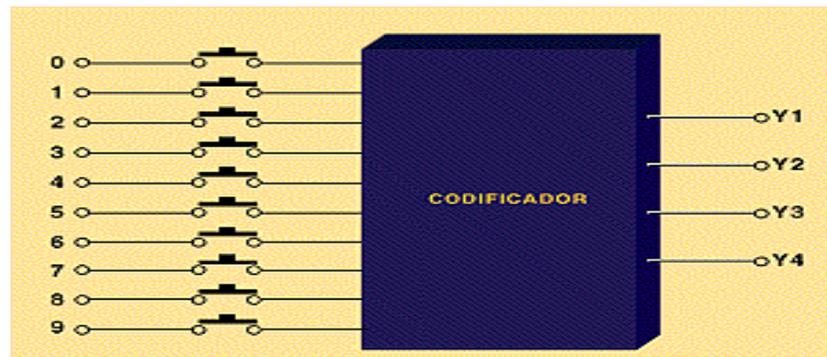
### 3.- Codificadores, decodificadores y Conversores de Código

Los circuitos codificadores tienen N entradas y M salidas. Cuando se activa una sola de las entradas aparecen a las salidas la representación binaria paralelo del número asignado a esta entrada. Un ejemplo típico es la entrada digital del teclado de una computadora donde se necesita que cada tecla al ser oprimida, genere un código diferente, o sea, que de lugar a una combinación de ceros y unos que la identifique y que por tanto sea diferente a la generada por las restantes teclas. Como ejemplo reproduciremos el esquema de un teclado compuesto por 10 teclas con los números decimales, y que mediante un circuito codificador se logra que cada tecla genere una combinación que se corresponde con el código BCD.



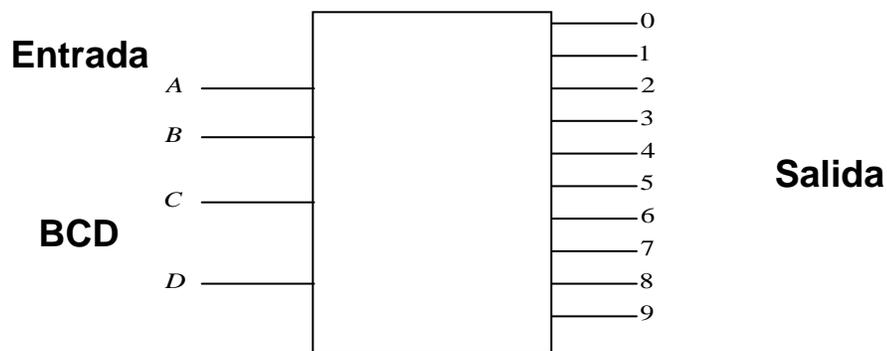
Entrada  
Decimal

Salida BCD



Los circuitos Decodificadores realizan el proceso contrario al de los codificadores o sea, convierten el código binario de n BIT de entradas en salidas de otro código

Decodificador de BCD - Decimal



Entrada  
D C B A  
0 1 0 0<sub>2</sub>

Salida  
Solo excitado 4

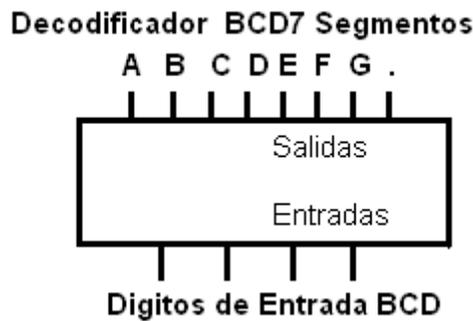
**Conversores de código.**

También es muy frecuente tener que convertir un código en otro. En general, un convertidor de código posee un número determinado de entradas y salidas en correspondencia con los códigos que el mismo maneje. Como ejemplos de estos dispositivos podemos mencionar los siguientes:

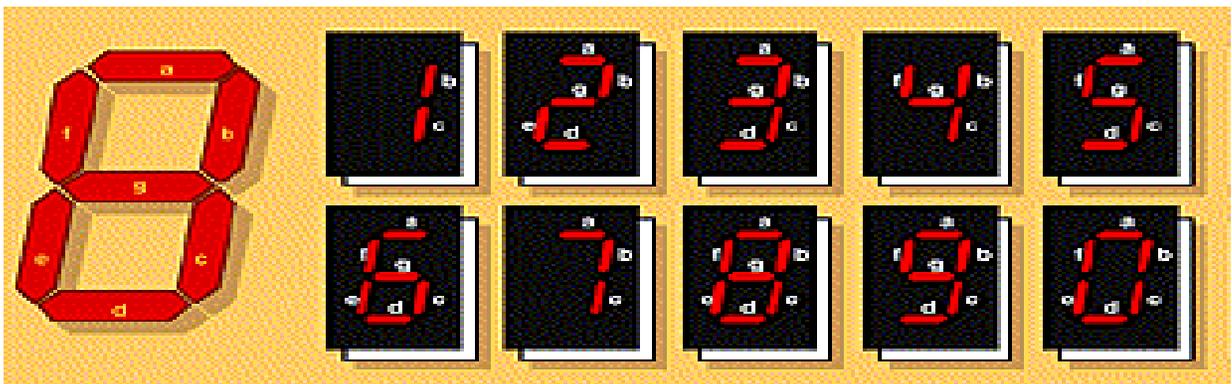
- Conversión BCD a binario.
- Conversión binaria a BCD.
- Conversión BCD a exceso – 3
- Convertor BCD – 7 Segmento.

En este último caso, su necesidad está relacionada con la existencia de una serie de dispositivos que necesitan mostrar al usuario la información con la utilización de displays basados en 7 segmentos, aunque también se fabrican otros que presentan más de 7 segmentos puesto que incluye el punto.

El convertor de BCD-7 Segmentos es un circuito integrado cuyas 4 entradas permiten la aplicación de un número binario que responde al código BCD y sus salidas activan a un elemento de una lámpara 7 segmentos.



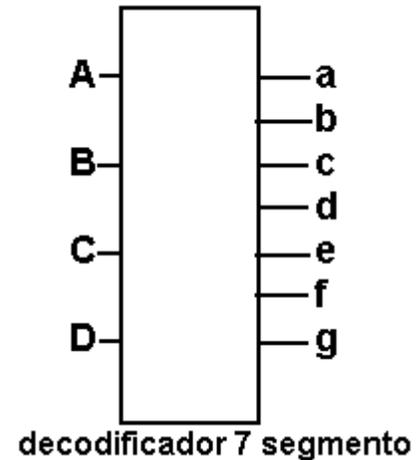
Estos segmentos pueden ser líquidos (reloj digital), diodos leds, etc.



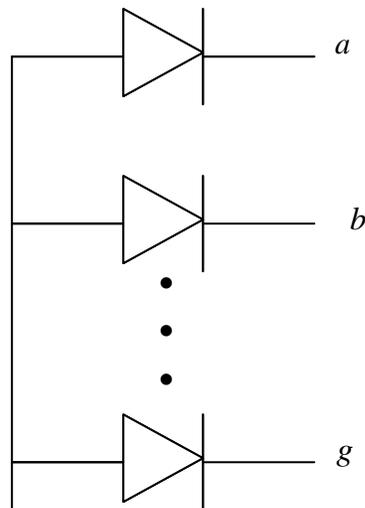
**Lámpara 7 segmentos**

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

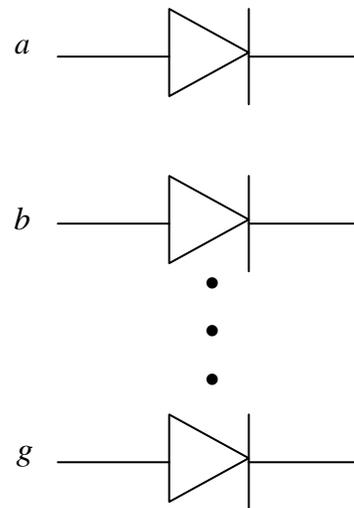
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1



La salida del conversor de BCD-7 segmentos puede ser de ánodo común o cátodo común. Para excitar las lámparas de 7 segmentos el conversor y la lámpara deben ser del mismo tipo.



“ánodo común”  
Se excita con “0”

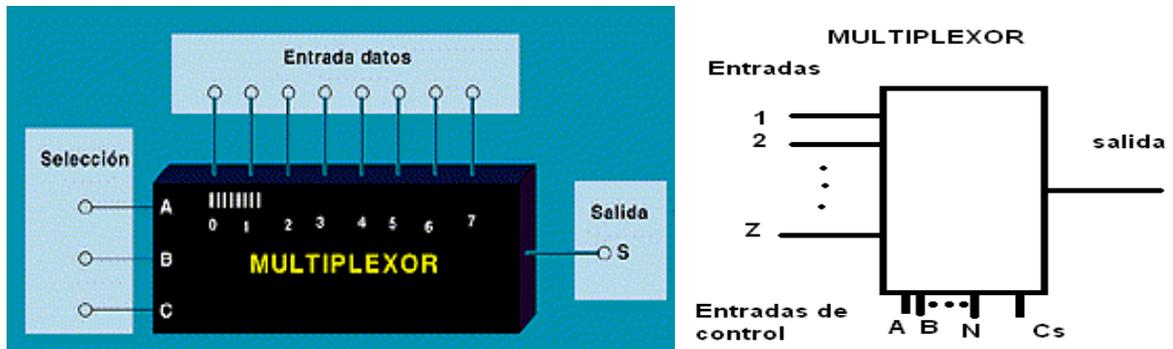


“cátodo común”  
Se excita con “1”

#### 4.- Multiplexores o Selectores de Datos.

Este dispositivo permite la transferencia de información de una de sus múltiples entradas a su única salida. La selección de la señal de entrada se realiza mediante señales de control, para lo cual hay que tener en cuenta que si tenemos M entradas, se necesitan n entradas de control de tal forma que  $2^n = M$ . Es análogo al de un interruptor de tipo rotatorio, de un solo polo pero varias posiciones.

De acuerdo con el esquema que se muestra mas abajo, se disponen de Z entradas de datos, pero solo uno de estos datos puede pasar a la salida.



En los multiplexores existen los siguientes tipos de pines:

- a) Pines de Entrada de datos.
- b) Pines de Salida de datos.
- c) Pines de control.
- d) Pines de habilitación del dispositivo.

La tabla de la verdad para un multiplexor de 4 entradas ( $2^2$ ) y que necesita  $n = 2$  pines de control, aparece mas abajo. La función de las entradas de control es seleccionar el dato de la entrada que va estar presente en su salida, a estos pines se les conoce como pines de control, de selección de dato o direccionadores. La señal de salida se correspondería con una de las entradas de acuerdo con lo planteado en la tabla de verdad. La selección (habilitación) del dispositivo se lleva a cabo por el pin  $C_s$  conocido como enable o strobe quien hace posible que el mismo esté habilitado para realizar su función.

A	B	salida
0	0	1
0	1	2
1	0	3
1	1	4

Tabla de la Verdad

### Demultiplexores.

En estos dispositivos se realiza el proceso contrario al multiplexor, el cual como se explicó en el epígrafe anterior, selecciona y pone solamente en la salida la señal presente en la entrada seleccionada. El demultiplexor por el contrario, tiene una única entrada y varias salidas, siendo necesaria la presencia de entradas de control similares a las del multiplexor, que permitan decidir a cual de las salidas se transfiere la información existente en la entrada. La selección del dispositivo puede ser por el pin de habilitación del Demultiplexor, denominado como  $C_s$ .

Si tenemos  $M$  salidas, se necesitaría  $n$  entradas de control lo cual queda determinada por la expresión:  $2^n = M$

Seguidamente se muestra un esquema general de este dispositivo, así como la tabla de verdad para el caso de un demultiplexor de cuatro salidas y dos pines de control.

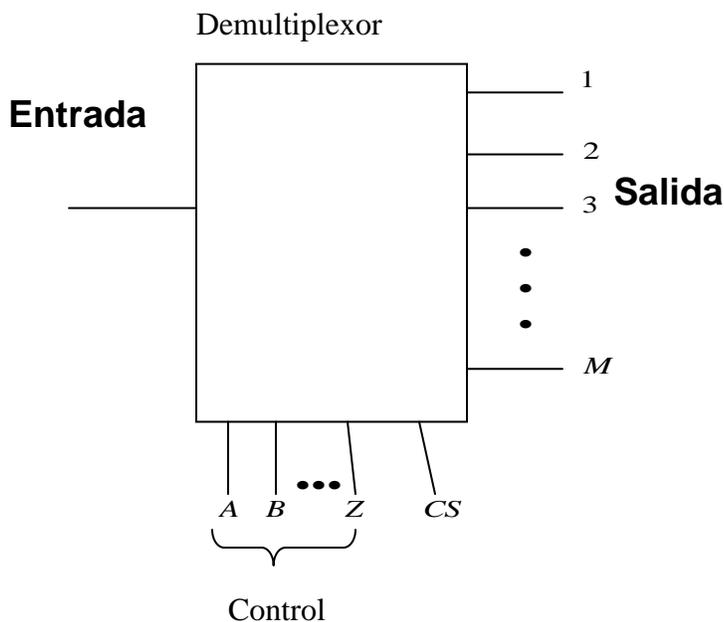
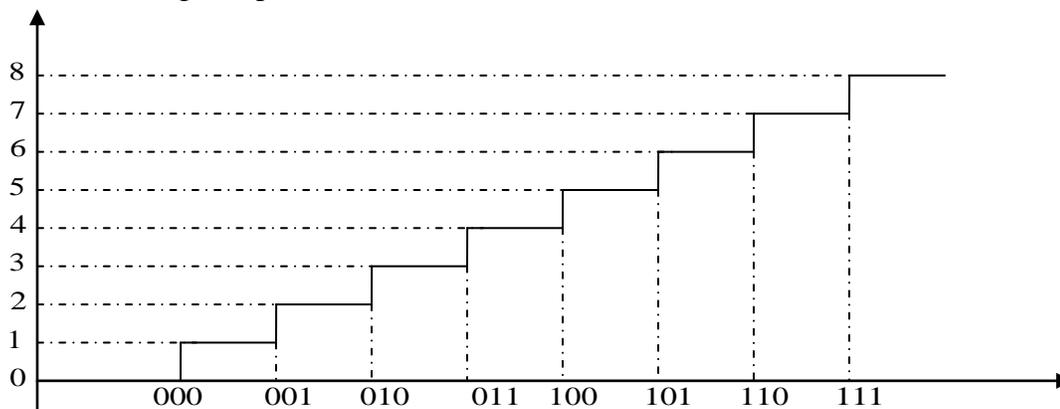


Tabla de la Verdad

A	B	Salida Seleccionada
0	0	1
0	1	2
1	0	3
1	1	4

### 5.- Convertidores Digitales / Analógicos.

Los circuitos digitales que aceptan como señal de entrada una información digital y la transforman o convierten en una tensión o corriente analógica son los llamados convertidores digitales analógicos (D/A). Son circuitos que deben entregar a su salida una señal analógica proporcional al valor digital aplicado a su entrada.



La conversión D/A será entonces un proceso que permite transformar una señal digital, formada por una serie de varios bits, en otra analógica o continua. Si partimos del supuesto que la palabra de entrada es de  $n$  bits, habrá un total de una potencia  $n$ ésima ( $n$ ) de 2 posibles combinaciones diferentes, y a cada una de estas combinaciones se le hace corresponder un nivel de tensión o corriente la salida. De manera que, según vayan sucediéndose las diferentes combinaciones de valores digitales en la entrada, se obtendrá en la salida una señal analógica continua.

A mayor número de bits que presente la señal digital de entrada, mayor es la precisión obtenida a la hora de forma la señal analógica en que ha de convertirse a la salida. De esa manera ocurre que al ser obtenida la señal de salida mediante valores discretos, al aumentar el número de

niveles diferentes se obtendrá una señal continua que varía de forma más progresiva, sin que se produzcan saltos abruptos.

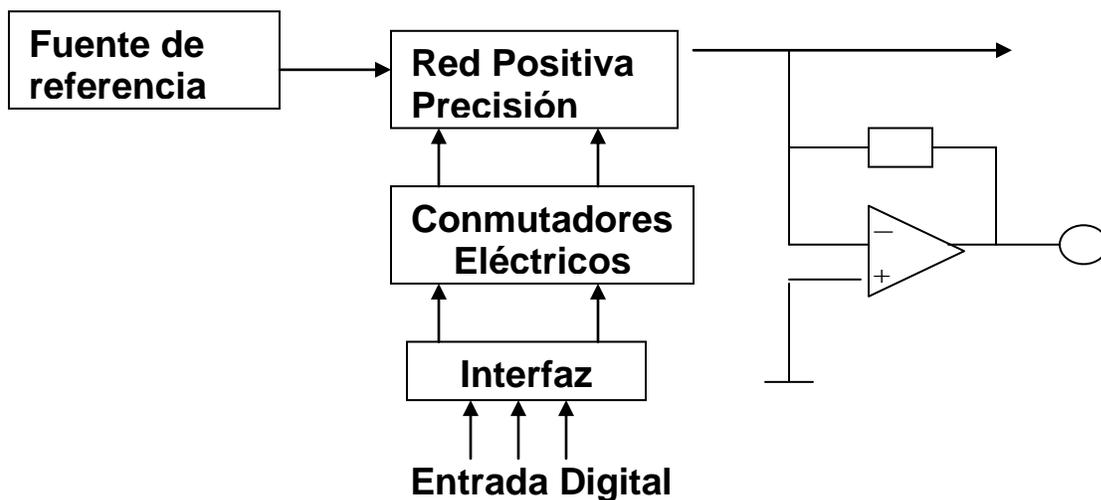
El circuito básico en el que figuran los conversores D/A presenta distintos bloques que lo conforman los cuales son los siguientes:

- Registro de entradas.
- Conmutadores electrónicos.
- Red de resistencias.
- Circuito de referencia.

La función del registro de entrada es mantener la señal de entrada durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para que se realice la conversión. Además, en caso de llegar los datos en serie, el registro los presentará en paralelo a la siguiente fase. El bloque de los conmutadores electrónicos, representa un conmutador encargado de conectar una resistencia a tierra o a una tensión de referencia.

Algunos convertidores utilizan conmutadores con transistores bipolares, aunque los que mejores prestaciones ofrecen son los que utilizan tecnología MOS. En el caso de la tecnología MOS, señalaremos que incorpora un biestable, con lo que la salida del conmutador queda conectada a la tensión de referencia mediante un transistor MOS en conducción. La red de resistencias representa cada una de las resistencias que, mediante conmutadores independientes, se conectan a la tensión de referencia. Este bloque será el que, básicamente, diferencie los distintos tipos de convertidores D/A. La distribución de las resistencias será fundamental para el comportamiento de los convertidores. En lo referente a la señal de salida, la elección puede hacerse entre tensión o corriente, existiendo la posibilidad de obtener señales bipolares o unipolares. La manera de conseguir estas distintas opciones consiste, generalmente, en escoger las tensiones de referencia adecuadas, añadir una corriente adicional fija o hacer un tratamiento de la señal digital de entrada.

El circuito o fuente de referencia debe presentar estabilidad en su valor, con independencia de las posibles variaciones de tensión, corriente y temperatura.



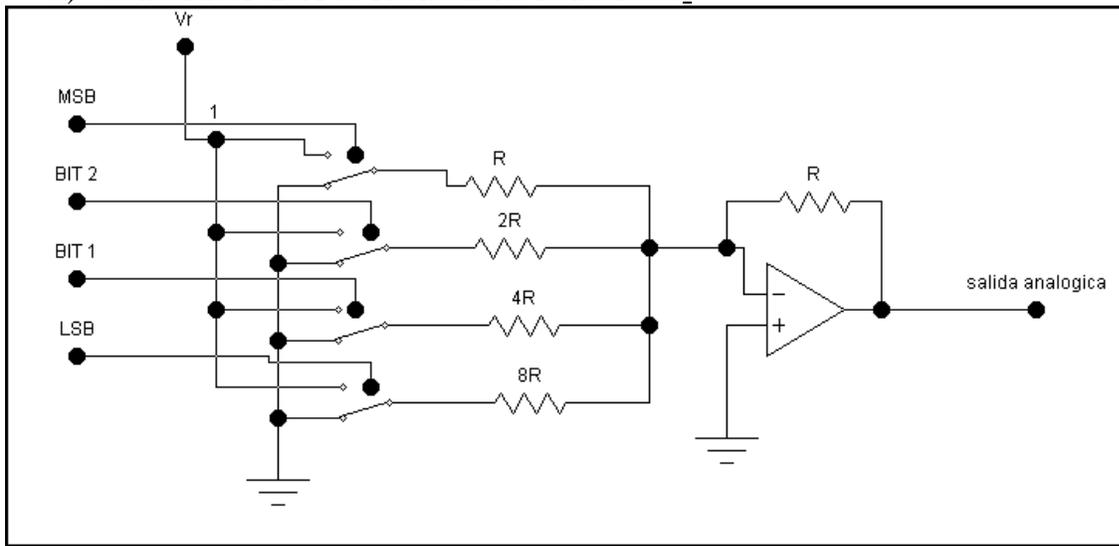
En el código binario natural, cada palabra concreta representa una fracción del valor definido como rango a fondo de escala FSR, de la señal de salida del convertidor. En el mismo, cada BIT tiene cierto peso, denominado al primero de la izquierda MSB (más significativo) y el de la derecha LSB (menos significativo). Así tenemos que:

$$LSB(ValorAnalógico) = \frac{FSR}{2^N}$$

Donde N es el número de bits en el convertidor.

Algunos tipos de Convertidores D/A se muestran a continuación:

a) Convertidor D/A de Resistencias Ponderadas.



El convertidor mostrado en la figura anterior para palabras de 4 bits, cuenta con 4 resistencias a la entrada del AO, cuyos valores permiten que cada rama aporte una señal a la entrada inversora del AO, proporcional al peso que representa. Cada interruptor electrónico se colocará en 1 ( $V_r$ ) ó en 0 (tierra), en dependencia del BIT que exista en cada una de las 4 entradas digitales. El voltaje de salida vendrá dado por la expresión:

$$V_s = - ( 8 \text{ MSB} + 4 \text{ BIT2} + 2 \text{ BIT1} + \text{LSB} ) V_r / 8$$

Consideremos el caso en que  $V_r = -10$  volts

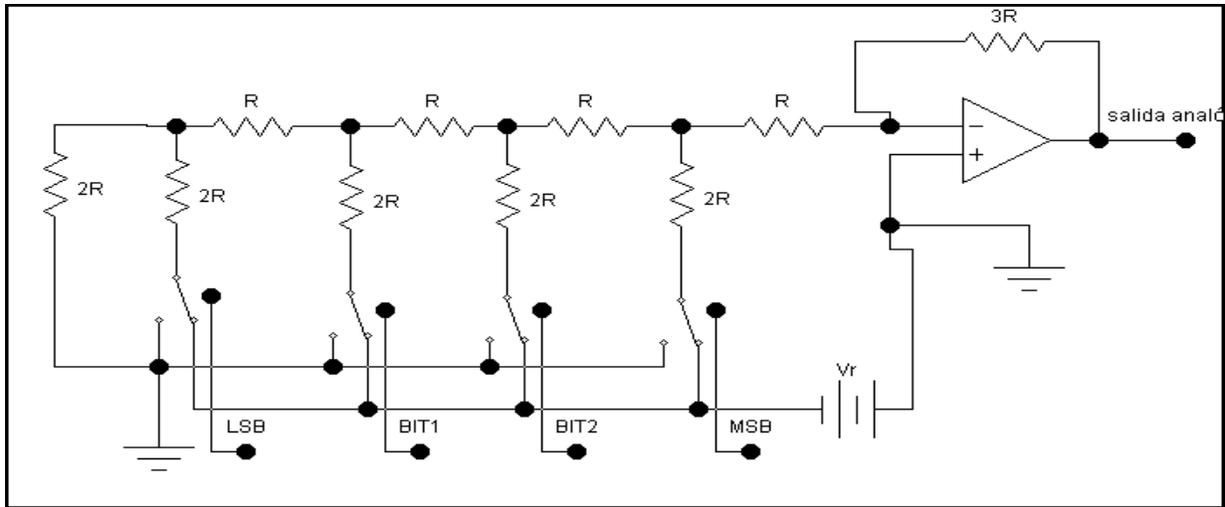
Si la palabra digital es 1111, entonces el voltaje de salida será :

$$V_s = ( 8 + 4 + 2 + 1 ) 10 / 8 = 150 / 8 = 18.75 \text{ volts}$$

En el caso de la palabra digital 1000 entonces se tendría :

$$V_s = ( 8 ) 10 / 8 = 10 \text{ volts}$$

b) Convertidor D/A Red R-2R en Escala



Este convertidor utiliza solamente dos tipos de resistores de valores  $R$  y  $2R$ , y la resistencia de realimentación que controla el valor de la ganancia, la cual se tomó en este caso de valor  $3R$ . Resulta evidente que mientras más cerca está la entrada digital de la entrada inversora del AO, más peso tiene en el voltaje de salida analógica  $V_s$ , lo cual se corresponde con un BIT más significativo, puesto que si la entrada está alejada, en más parte se dividirá la corriente que la misma aporta. En este caso al igual que ocurrió en el convertidor anterior, cada interruptor electrónico se colocará en 1 ( $-V_r$ ) ó en 0 (tierra), en dependencia del BIT que exista en cada una de las 4 entradas digitales

Dentro de las Características que distinguen a los convertidores D/A se encuentran:

Resolución: Es el cambio más pequeño que puede manifestarse en la tensión de salida ( $2^N$ ).

Linealidad: Máxima desviación de la salida real respecto al valor teórico.

Precisión: Es la desviación de la tensión de salida respecto al valor real esperado.

Tiempo de asentamiento: Tiempo que tarda en alcanzar la salida un nuevo valor estable.

### **Convertidor Análogo Digital A/D.**

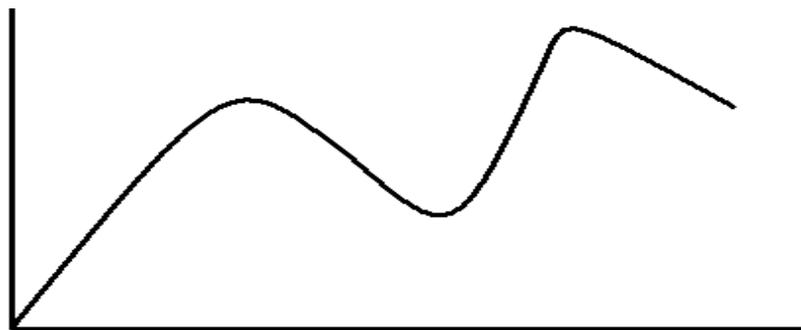
Las magnitudes que se obtienen en la naturaleza por lo general son parámetros físicos como lo son por ejemplo la temperatura, la presión, etc., que vienen determinados por señales analógicas. Estas señales analógicas sufren una variación continua en amplitud a lo largo del tiempo.

Una variable digital solo puede tomar una serie de valores discretos por lo que un número digital específico puede representar solamente el valor instantáneo de una variable analógica. El objetivo de estos convertidores es entregar a la salida una señal digital equivalente a la existente en su entrada analógica.

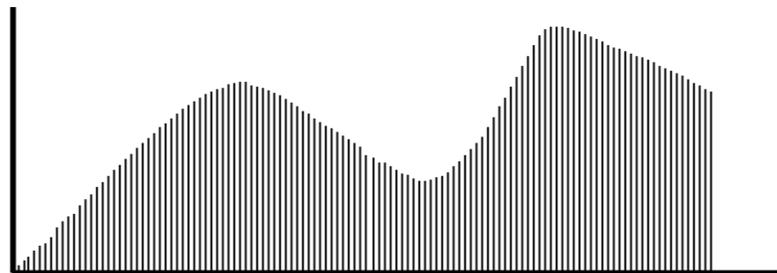
Para convertir la señal analógica en digital se necesitan 4 pasos fundamentales.

**Muestreo.** Es necesario tomar una serie de muestras instantáneas a la señal analógica para poder convertirla en digital. Por ello la señal se **muestrea** y se toma su valor para intervalos iguales de tiempo, mientras que el valor en el resto de los intervalos no muestreados pueden ser aproximados por medio de la interpolación.

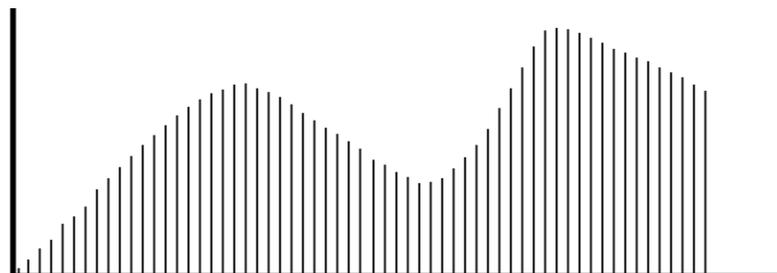
Es importante precisar que:...” Una señal continua en el tiempo puede ser representada por, y reconstruida desde el conjunto de mediciones instantáneas o muestras de la señal hechas a intervalos de tiempo fijo. La señal debe ser muestreada a una frecuencia que sea mayor que el doble de la componente de mayor frecuencia presente en la señal”...



**Señal analógica continua.**



**Señal muestreada**



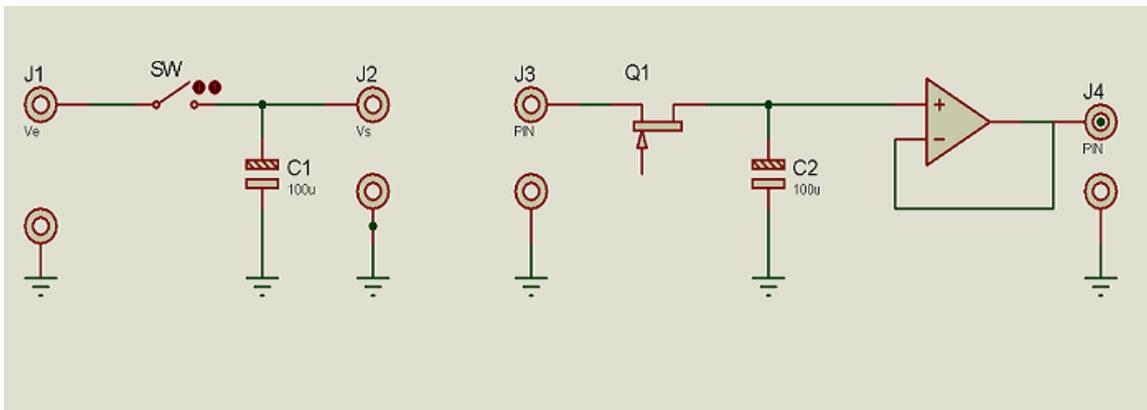
**Señal muestreada frecuencia menor**

**Retención. Retención o fijador (Sample and Hold).** La utilización de un circuito Sample and Hold se hace imprescindible para aquellas aplicaciones donde la señal de entrada varía en una proporción mayor que la diferencia de voltaje de entrada que provoca un cambio de un bit (LSB) en la salida. Esto puede cuantificarse mediante la expresión:

$$t_{\text{con}} (\Delta V/\Delta t) > (V/2^{(N+1)}) \quad \text{donde:}$$

- $t_{\text{con}}$ : Tiempo de conversión.
- $(\Delta V/\Delta t)$ : Variación de la señal de entrada con el tiempo.
- $(V)$ : Voltaje máximo del conversor (a plena escala).
- $(2^{(N+1)})$ : Resolución del conversor (No de bit).

El circuito de retención o sample and hold clásico es un interruptor en serie con un condensador con muy baja fuga. En el condensador se almacena el voltaje instantáneo cuando el interruptor esta cerrado, quedando este voltaje almacenado una vez que se abre el interruptor. Se puede usar como interruptor un transistor unipolar FET donde la compuerta o gate es usado como control del interruptor, como puede apreciarse en la siguiente figura:



En este proceso hay dos tiempos asociados:

El tiempo de reacción es el tiempo empleado para la apertura del interruptor, o sea, la demora que se produce desde el instante en que se le envía la orden de cierre al interruptor y cuando realmente se cierra.

El tiempo de adquisición es el tiempo en que el condensador demora en cambiar de un nivel de voltaje almacenado al nuevo voltaje a almacenar.

La función reconstruida no es exactamente igual a la real, pero mientras más se disminuya el tiempo de muestreo, la función reconstruida podrá asemejarse más a la real. Para que la señal pueda ser reconstruida sin distorsión la frecuencia de muestreo como se señaló anteriormente, debe ser al menos el doble de la frecuencia de la señal que se desea muestrear.



**Cuantificación:** Se cuantifica, o sea, se le da un valor, un peso a cada parte de la señal muestreada, es un conjunto discreto de estados de salida.

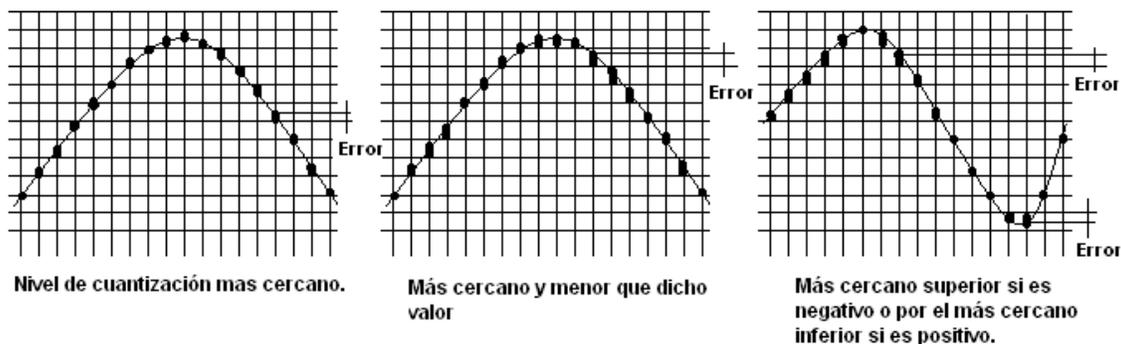
Este proceso puede introducir el llamado error de cuantificación ya que un rango de la señal analógica estará representado por un mismo código digital el que estará asociado a la forma en que la señal es cuantificada.

Existen tres formas básicas de cuantificar una señal:

El redondeo convencional donde el valor de la señal se sustituye por el nivel de cuantificación más cercano.

Truncamiento el valor de la señal, se sustituye por el nivel de cuantificación más cercano y menor que dicho valor

Truncamiento en magnitud y signo, en este caso el valor de la señal más cercano superior si es negativo o por el más cercano inferior si es positivo.



Para intervalos reducidos el error será mayor, su disminución también esta asociado a la precisión y el saber elegir la relación adecuada entre el manejo de los datos.

**Codificación:** En este paso se le asigna a cada valor cuantificado un conjunto de bits que es quien verdaderamente representa el valor codificado, o sea, asignar un número binario al valor obtenido en el proceso de cuantificación. El numero de dígitos necesarios para un número determinado de niveles será tal que el numero de intervalos resulte menor que la potencia de dos correspondiente al numero de dígitos.

Para realizar la conversión existen diversos métodos: los que no tienen realimentación, obteniéndose la información digital de forma directa, y los que poseen el lazo de realimentación, en los que los procesos de cuantificación y codificación se realizan de forma simultánea, obteniéndose una secuencia de números digitales que son reconvertidos en un valor analógico el cual es comparado con la entrada.

Los parámetros técnicos fundamentales para seleccionar un conversor A/D son la resolución y la velocidad de conversión. La resolución es una medida del incremento básico menor en que el componente analógico puede ser dividido.

Ejemplos.

Un conversor que posea como valor máximo de voltaje analógico 10V y que posea 8 bits la resolución es  $(10V/2^8)=10V/256=0.039V=39mV$ . La resolución es de 39mV

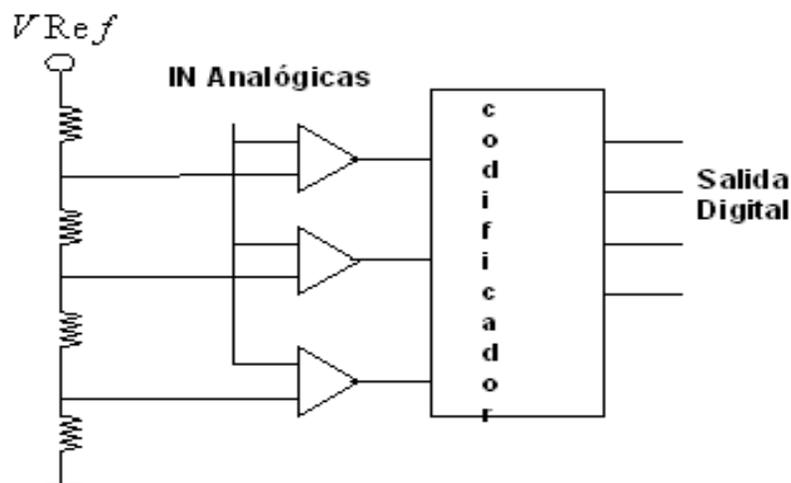
Un conversor que posea como valor máximo de voltaje analógico 10V y que posea 12 bit la resolución es  $(10V/2^{12})=(10V/4096)=0.00244V=2.44mV$ . La resolución es de 2.44mV

La linealidad es definida como la desviación de una línea recta ideal que representaría la función transferencial del conversor. La precisión, la impedancia y la sensibilidad son parámetros a tener presente también en la selección de un conversor.

En un conversor existen señales que permiten iniciar el proceso de conversión y recoger los datos en el momento preciso. La velocidad de conversión debe ser lo suficientemente grande como para que permita el muestreo de la señal a la velocidad requerida, asociado al tiempo de conversión. Las señales de inicio y fin de conversión y la de habilitación de los buffer de salida son parámetros que nos facilitan los fabricantes de estos dispositivos.

Seguidamente se presentan como ejemplos algunos esquemas de Convertidores A/D, con el objetivo de que se conozcan, sin que sea necesario aprenderlos de memoria.

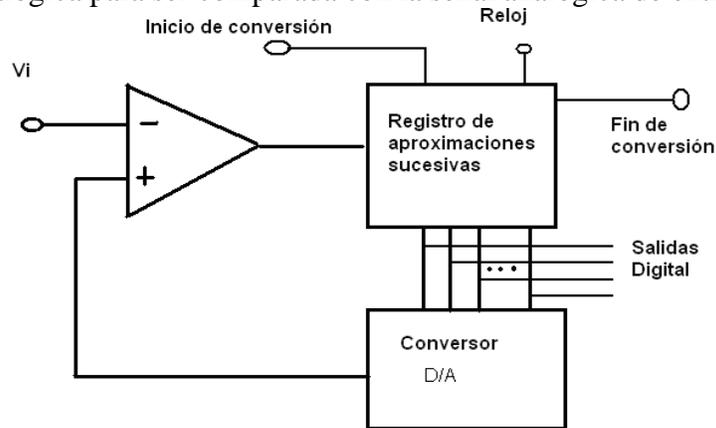
#### a) Convertidor A/D Paralelo (tipo Flash).



Su principio de funcionamiento se basa en la comparación simultánea de todos los niveles de código analógico en su entrada con una fracción de voltaje de referencia  $V_R$ , cuantificando el nivel recibido para activar un determinado número de entrada del codificador y ofrecer la palabra digital. Es el más rápido entre los diferentes tipos de conversor A/D.

### b) Convertidor A/D por Aproximaciones Sucesivas.

Este tipo de conversor utiliza un comparador, un registro de aproximaciones sucesivas, un conversor digital analógico y las señales de inicio y fin de conversión. Es totalmente paradójico que si realmente se desea convertir la señal analógica a digital se utilice un conversor digital analógico. Sin embargo su lógica comienza a tener efecto cuando la salida digital del dispositivo es convertida en analógica para ser comparada con la señal analógica de entrada.



## 6.- Memorias Semiconductoras.

Un componente importante en los sistemas digitales lo constituye la memoria, que es quien está habilitada para guardar o almacenar información codificada de manera temporal o permanentemente y la devuelve cuando se le solicita. Las memorias pueden ser volátiles o no volátiles. Las volátiles son aquellas que pierden la información una vez que se deja de alimentar al circuito, mientras que las no volátiles, la mantienen almacenada sin que se borre al faltar la alimentación.

También las memorias pueden clasificarse en dinámicas y estáticas. En las memorias dinámicas, los datos van perdiendo validez con el paso del tiempo y la memoria necesita refrescar la información para estar en posibilidades de recuperar esa pérdida. Las memorias estáticas no necesitan del refrescamiento.



RAM estáticas.

Términos tales como RAM, ROM, Memoria Extendida y Expandida, Caché o CMOS hacen pensar en la complejidad de la organización de la memoria en una PC. Sin embargo, cada tipo de memoria realiza una función particular y juega un papel muy específico dentro de la arquitectura de la computadora.

De esta forma existen seis áreas de memoria bien definidas desde el punto de vista de la función que desempeñan en el sistema.

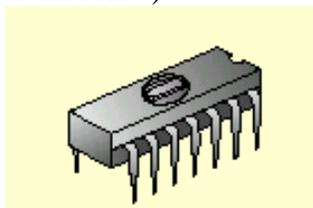
Físicamente en una tarjeta madre se pueden encontrar los siguientes tipos de memoria: Memorias de solo lectura (ROM) y Memorias de acceso aleatorio (RAM).

En lo que respecta a la **Memoria ROM** (Read Only Memory), estas son memorias de lectura solamente y una vez programadas por el fabricante, su información no se puede modificar. Se utiliza generalmente para almacenar el programa de instrucciones de las microcomputadoras. Son no volátiles.



Tomando como base esta memoria, se han desarrollado otras con facilidades de programación fuera del proceso de su fabricación, Dentro de ellas encontramos:

- **Memoria PROM** (Programmable Read Only Memoria)  
Son memorias de lectura solamente y las puede programar el usuario. Su información no se puede modificar una vez programada. Son no volátiles. Incorporan fusibles en la construcción de cada celda de forma que cause su destrucción, lo que imposibilita su reprogramación.
- **Memoria EPROM** (Erase Programmable Read – Only Memory).  
Pueden ser programadas y borradas por el usuario. Se borra acercándole rayos ultravioleta de alta intensidad a través de una ventana transparente especial en la parte superior del circuito. Es una memoria no volátil. En alguna literatura, aparecen como memoria UV EPROM (ultra violet EPROM)



- **Memoria EEPROM o E2PROM** (Electrically Erasable and programmable Read – Only Memory). La memoria tipo EEPROM pueden ser borradas y programadas por el usuario con un equipo especial de efecto túnel, ya que utiliza el mismo transistor MOS con una

modificación tecnológica, la EEPROM es borrada eléctricamente y no con la luz ultravioleta. Es no volátil y tiene limitado el número de veces que puede borrarse. El tiempo de lectura es parecido al de una RAM y el tiempo de escritura, del orden de los milisegundos, resulta demasiado elevado lo que fuerza a establecer estados de espera en el proceso escritura.

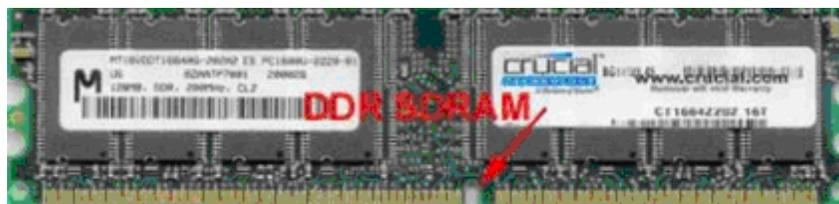
- **Flash ROM.** Es una EEPROM donde para borrarla se utiliza el voltaje normal de la PC. Tiene limitada el número de veces que se puede borrar. Se reduce considerablemente el área de silicio e incrementa su capacidad de almacenamiento. Posee tiempo de lectura de escritura comparable con la RAM.

En relación con la **Memoria RAM** (Random – Access Memory), esta es una memoria de lectura escritura y a menudo se conoce como memoria de acceso aleatorio. Es una memoria volátil. Normalmente es usada para almacenamiento temporal de los programas de usuario y de los datos. Existen diferentes variantes de RAM:

- **SRAM.** Memoria RAM estática, donde la célula básica son los biestables.
- **SSRAM.** Es una SRAM pero que posee además sincronismo.
- **DRAM.** Memorias RAM dinámicas, donde la célula base es un condensador y necesita ser refrescada cada cierto tiempo la información. Los capacitores que tienen incorporados presentan una pequeña corriente de fuga, lo cual hace que estos no retengan la información durante mucho tiempo.
- **SDRAM.** Es una DRAM pero que posee además sincronismo.



**SDRAM.**



**DDR SDRAM.**

- **DDR SDRAM.** Es una versión mejorada de la SDRAM, la cual trasfiere información tanto en flanco de subida como en el de caída del pulso del reloj, duplicando la cantidad de información transmitida. Existen las llamadas DDR2 que ofrecen como principal ventaja mayor frecuencia y menor disipación de potencia por su reducido voltaje. La

principal diferencia entre la memoria estática y dinámica es que la SRAM no necesita ser periódicamente refrescada y es notablemente más rápida.

- **MRAM.** Estas memorias basan su funcionamiento en la magnetorresistencia y poseen un transmisor y un elemento MTJ.

Dentro de la memoria cada Byte ocupa una posición determinada que es identificada por la dirección de dicha posición o localización. Cada posición permite guardar una información (1 byte) de 8 bits. La capacidad de la memoria se mide en octetos (Bytes), utilizándose también las siguientes unidades:

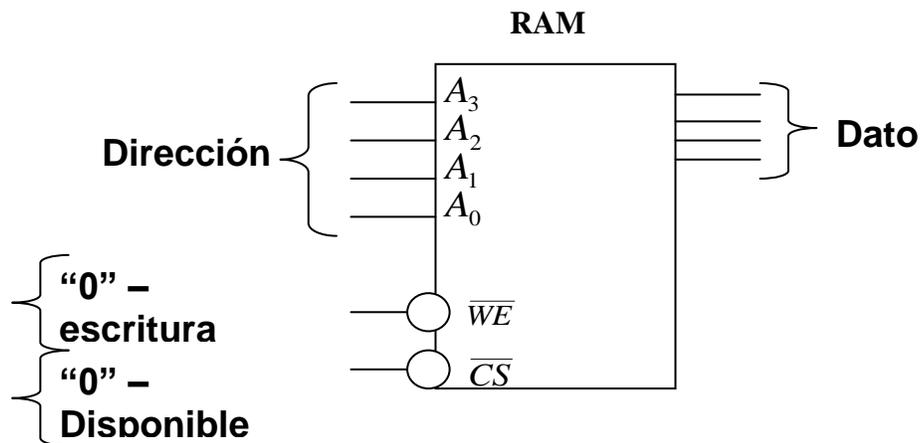
- 1 Kilo Byte = 1024 bytes.
- 1 Mega byte = 1024 Kilo bytes
- 1 Giga byte = 1024 Mega bytes

La dirección de un Byte es un número binario. La cantidad de dígitos necesarios para direccionar una memoria es una función de su capacidad.

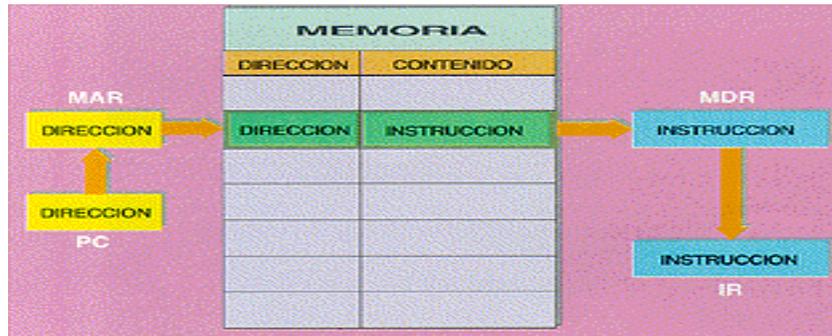
Existirán N combinaciones posibles desde la 0 hasta la N – 1, las cuales se pueden obtener (también se dice que pueden ser direccionables) con n bits, de forma tal que se cumpla la expresión  $N < 2^n$ . Por ejemplo 1 Kbyte=  $2^{10}$  bytes y por ello se necesitarán 10 dígitos para direccionar una memoria con dicha capacidad. Para el caso de 16 bits, se logran direccionar hasta  $2^{16} = 65536$  posiciones.

Toda memoria requiere de un determinado número de líneas o terminales para situar la dirección (buses de dirección), líneas para datos (una por cada bit de la palabra) y algunas señales de control tal y como se indica en la figura que aparece más adelante. De lo anterior se desprende que se pueda almacenar solamente la longitud de la palabra que puede manejar (transportar) el bus de datos.

De igual manera a través del bus de control se determina la operación que se realiza en la misma, o sea, escritura (almacenamiento de datos) o lectura (obtención de la información almacenada).



Los pines  $\overline{WE}$  y  $\overline{CS}$  del esquema anterior se encuentran unidos al bus de control, y son gobernados por una lógica de control.



7.- **Familias lógicas.** Los circuitos digitales utilizan componentes encapsulados, los cuales pueden alojar compuertas lógicas o circuitos lógicos más complejos. Estos componentes están estandarizados, para que haya una compatibilidad entre fabricantes, de forma que las características más importantes sean comunes. De forma global los componentes lógicos se abarcan dentro de una de las dos familias siguientes:

TTL: diseñada para una alta velocidad.

CMOS: diseñada para un bajo consumo.

Actualmente a partir de estas dos familias se han creado otras, que intentan obtener lo mejor de ambas: un bajo consumo y una alta velocidad.

No se hace reseña a la familia lógica ECL, la cual se halla entre la TTL y la CMOS. Esta familia nació como un intento de alcanzar la rapidez de TTL y el bajo consumo de CMOS, pero se emplea en pocas ocasiones

#### Comparación de las familias

PARÁMETRO	TTL estándar	TTL 74L	TTL Schottky de baja potencia (LS)	Fairchild 4000B CMOS (con Vcc=5V)	Fairchild 4000B CMOS (con Vcc=10V)
Tiempo de propagación de puerta	10 ns	33 ns	5 ns	40 ns	20 ns
Frecuencia máxima de funcionamiento	35 MHz	3 MHz	45 MHz	8 MHz	16 MHz
Potencia disipada por puerta	10 mW	1 mW	2 mW	10 nW	10 nW

Margen de ruido admisible	1 V	1 V	0'8 V	2 V	4 V
Fan out	10	10	20	50 (*)	50 (*)

(\*) O lo que permita el tiempo de propagación admisible

Dentro de la familia TTL encontramos las siguiente sub-familias:

- L: Low power = disipación de potencia muy baja
- LS: Low power Schottky = disipación y tiempo de propagación pequeños
- S: Schottky = disipación normal y tiempo de propagación pequeño.
- AS: Advanced Schottky = disipación normal y tiempo de propagación extremadamente pequeño

### Conclusiones:

Los circuitos hasta aquí estudiados nos permiten comprender el funcionamiento de algunos de los sistemas digitales básicos y sirven de base para comprender temas de mayor complejidad como es el caso del funcionamiento de los microprocesadores, microcontroladores y computadoras digitales.

### Bibliografía:

Writte, Robert A.. 1993. *Electronic test Instrument: Theory and applications*. Prentice Hall International. USA. ISBN 0-13-253147-X., 274 P.

Muñoz Merino, Elías y otros. 1990. *Circuitos electrónicos digitales II*. Editora Revolucionaria. Cuba. 527 P.

Luis, Ernesto. *¿Qué es la Electrónica?* [on-line], descargado: julio del 2009. disponible en <http://www.monografias.com/trabajo5>

Rodríguez, Carlos. *Curso Básico de Electrónica*. [on-line], consultado: julio del 2009. disponible en <http://www.monografias.com/trabajo38> electrónica-básica