



El gran desarrollo de la electrónica digital y con ello el de la computación, hace que prácticamente ningún campo de la actividad humana quede al margen de aplicaciones con fines de facilitar tareas muy diversas.

En particular en el área de la instrumentación, medición y control de procesos o variables, se cuenta con equipo altamente sofisticado, que basa su funcionamiento en circuitos digitales, con lo que se puede lograr precisión rapidez y confiabilidad en los resultados.

Para que se pueda implementar cualquier tipo de aplicación de control o medición, con ayuda de sistemas computarizados, hay que contar con circuitos especiales, esto es, convertidores Analógico/Digital, que se encargan de convertir variables eléctricas analógicas a variables discretas, que pueden ser interpretadas por los sistemas digitales. Para el proceso inverso se debe tener un convertidor Digital/Analógico, el cual transforma una señal representada mediante un código binario a una señal analógica.

Algunos ejemplos en los que se necesita tener tarjetas convertidoras son: el análisis y almacenamiento de señales de origen biológico, la transmisión de datos y el control de procesos industriales como son los manipuladores o las bandas de producción.

CONVERSION ANALOGICO/DIGITAL (A/D)

Este tipo de conversión se basa en cuantificar la amplitud de una señal de voltaje y representarla de una forma binaria, por lo que los datos que arroja un convertidor A/D son del todo disponibles para poder ser manipulados y analizados por cualquier equipo de cómputo.

Los convertidores A/D se clasifican de acuerdo a su operación y características eléctricas, así, se tiene convertidores de una y doble rampa, de aproximaciones sucesiva y de tipo ráfaga.

CONVERTIDOR A/D DE UNA RAMPA.

Este tipo de dispositivos realizan la conversión utilizando un método indirecto que consiste en la comparación del voltaje de entrada con una rampa generada internamente, el tiempo de conversión estará determinado por el intervalo en el que la rampa alcanza la amplitud de la señal de entrada. En la figura 1 se muestra el diagrama a bloques de un convertidor de una rampa. La señal de entrada (V_i) la cual debe ser convertida, debe ser un voltaje exclusivamente positivo.

La conversión se inicia con un pulso de mando que establece el inicio de la conversión, el cual provoca la puesta a cero del contador, permitiendo que la salida del Flip-Flop RS (que es un circuito lógico que a su salida puede tener un nivel alto "1" o bajo "0") se coloque en "1", haciendo que (al quedar habilitada la compuerta AND) llegue la señal de reloj de frecuencia F_c al contador, generando la base de tiempos mediante el reloj(clock). La rampa (V_R), es generada mediante el uso del contador y en algunos casos, también puede ser generada por un convertidor D/A. El reloj incrementa el contador un paso a la vez hasta que el voltaje de rampa sea mayor o igual que el voltaje de entrada, la comparación se realiza mediante un circuito comparador. Mientras el voltaje de rampa se mantenga inferior a V_i la salida del comparador será baja; en el momento en que V_R supera a V_i , el comparador efectúa la conmutación a un nivel alto, de modo que el Flip-Flop RS pasa al nivel "0" bloqueando así la compuerta AND y suspendiendo la operación del contador al interrumpir la señal de reloj. La cuenta del mismo, será el resultado de la conversión.

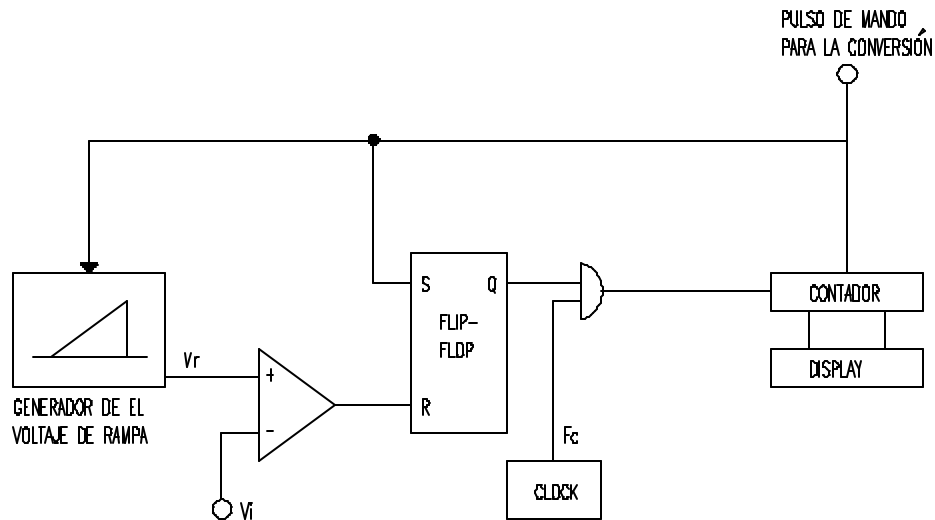


Figura 1.

Al ser enviado un nuevo pulso de mando comienza otro ciclo de conversión. Generalmente los convertidores de este tipo se encuentran dotados de circuitos que, al final de una conversión, se encargan de iniciar automáticamente la siguiente cuenta.

La linealidad y precisión depende del cuidado con el cual se implementa el generador de voltaje de rampa y de la estabilidad de la base de tiempos del reloj. Los errores que más hacen sentir su efecto se deben a fenómenos de "no linealidad" del generador de voltaje de rampa, a imprecisiones durante la comparación y a los retrasos introducidos por el comparador. Este tipo de convertidores es muy sensible a fenómenos exteriores.

CONVERTIDORES A/D DE DOBLE RAMPA.

Para aumentar la precisión de los convertidores A/D de rampa, se efectúa una doble integración que permite eliminar los errores debidos a diversas variaciones. Un sistema de conversión A/D de doble rampa se observa en la figura 2.

El voltaje V_i que debe ser convertido, se aplica a un circuito integrador durante un intervalo de tiempo constante (T_0), determinado por una red secuenciadora basada en la frecuencia del reloj.

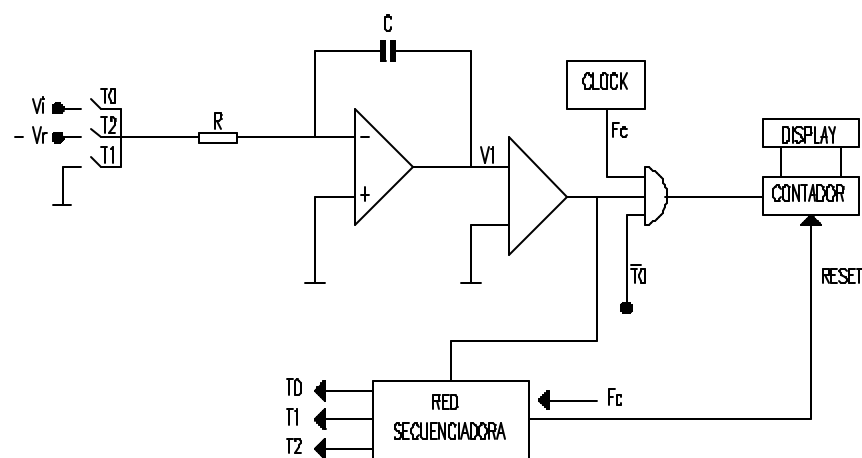


Figura 2.

Después de un tiempo T_0 el voltaje de salida del integrador será igual a un valor proporcional al voltaje de entrada V_i (formandose la rampa ascendente), según la siguiente relación:

$$V_1 = \frac{1}{C} \int_0^{T_0} I_C(t) dt = \frac{1}{RC} \int_0^{T_0} V_i(t) dt$$

Si V_i es constante se obtendrá:

$$V_1 = \frac{1}{RC} V_i T_0$$

Al final del intervalo de tiempo T_0 se desconecta el voltaje V_i y se aplica en la entrada del integrador un voltaje de referencia constante ($-V_R$) de polaridad opuesta a la de el voltaje V_1 . Este voltaje de referencia resulta integrado por el integrador, dando origen a una rampa decreciente; durante este segundo intervalo de tiempo T_2 la compuerta AND queda habilitada y los pulsos de reloj pueden llegar hasta el contador. El ciclo se interrumpe una vez que la salida del integrador alcanza el valor de cero. El secuenciador después de un intervalo de tiempo T_1 , se encarga de suministrar senales temporizadas para la siguiente conversión, en la figura 3 se muestra el diagrama de tiempos de estas senales.

Analizando el funcionamiento del circuito se observa que existe una proporcionalidad directa entre el número de pulsos que llegan al contador y el voltaje V_i que debe ser convertido. Cuanto más elevado sea V_i , mayor será el valor de el voltaje de salida del integrador después de un tiempo T_0 . En consecuencia el valor del intervalo de tiempo T_2 será mayor para llevar el voltaje de salida del integrador hasta el valor cero.

Las siguientes expresiones muestran la representación numérica de lo anterior:

— Voltaje de salida del integrador después del intervalo de tiempo T_0 :

$$V_1 = \frac{1}{RC} V_i T_0$$

— Voltaje de salida del integrador al alcanzar el valor de cero

$$V_1 - \frac{1}{RC} V_R T_2 = 0$$

$$\frac{1}{RC} V_i T_0 - \frac{1}{RC} V_R T_2 = 0$$

$$T_2 = T_0 \frac{V_i}{V_R}$$

El número de pulsos que cuenta el contador durante el tiempo T_2 es:

$$N = T_2 FC = T_0 FC \frac{V_i}{V_R}$$

Este tipo de convertidores poseen una linealidad y una precisión mayor que la del convertidor visto anteriormente. En cuanto a los errores y a la imprecisión del comparador, quedan compensados junto con la repercusión ya sea durante la rampa ascendente como la descendente.

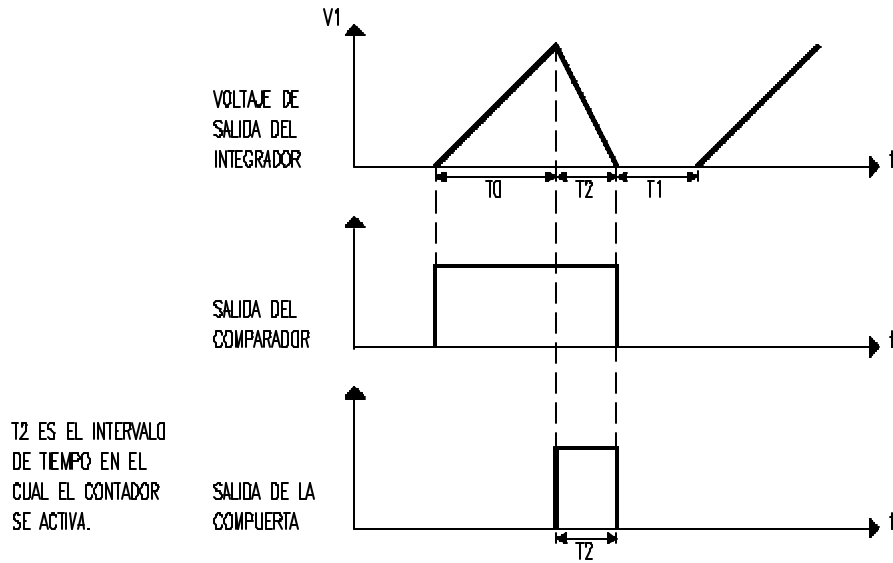


Figura 3.

La ventaja más importante que ofrece este tipo de convertidores esta representada por la inmunidad que tiene sobre los efectos del ruido o a las perturbaciones de la red (Tiempo de conversión prolongada).

CONVERTIDOR A/D DE APROXIMACIONES SUCESIVAS

El diagrama de bloques de este convertidor se muestra en la figura 4, su funcionamiento es el siguiente:

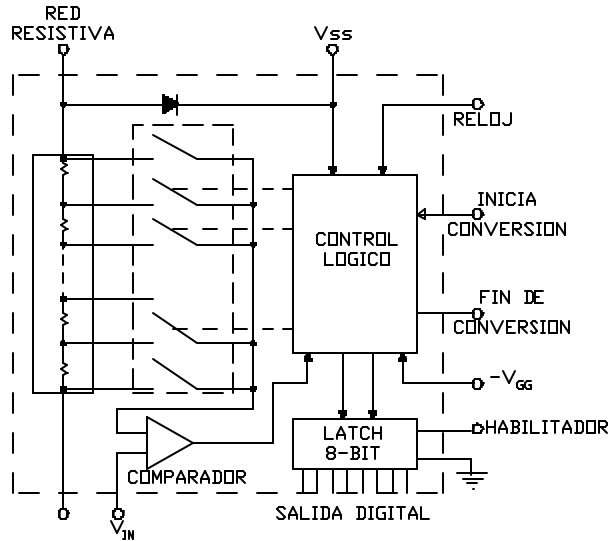


Figura 4. Convertidor ADC0800

Básicamente consiste en comparar una muestra de la señal de entrada con valores de voltaje fijados por el convertidor hasta que el resultado entre los dos sea muy semejante, la manera en la que se llega al resultado es evaluando si la comparación fue menor o mayor al voltaje de entrada hasta que la diferencia es la menor posible.

Considerando que se tiene un valor muestra de la señal de entrada de A volts de amplitud que es aplicada a un convertidor A/D de ocho bits de salida, los bits del convertidor se numeran a partir del cero y hasta el siete, en donde el menos significativo es el bit cero y el más significativo es el siete.

En la primera comparación se compara del bit siete con la muestra A , si el resultado es que el voltaje correspondiente al bit siete es menor, entonces el bit permanece encendido y se pasa a la siguiente comparación; pero, si por el contrario el voltaje de este resulta ser mayor, entonces se apaga el bit y se pasa a la siguiente comparación. Independientemente de que el bit anterior permanezca encendido o apagado, se enciende el siguiente de menor significancia, en este caso el bit seis, repitiendo el mismo procedimiento sucesivamente hasta haber terminado de comparar el bit cero, en este momento se da por finalizada la conversión y es cuando se presenta el resultado en la salida digital. Hay que señalar, que si algún bit permanece encendido después de que ha sido comparado, el voltaje que le corresponde es sumado a las demás comparaciones hasta terminar con el procedimiento de conversión actual. En la figura 5 se muestra la evolución en el tiempo de la salida del convertidor de aproximaciones sucesivas.

En el ADC0800 se tienen ocho switches analógicos internos que se controlan mediante un bloque de control y es el que proporciona la secuencia de comparación y la salida del A/D de acuerdo con los resultados de las comparaciones. Existen algunas variantes en las que la red resistiva es sustituida por capacitancias, en este tipo de convertidores se logra disminuir significativamente el área, por lo que son usados en circuitos de muy alta escala de integración como en los microcontroladores que incluyen algún convertidor.

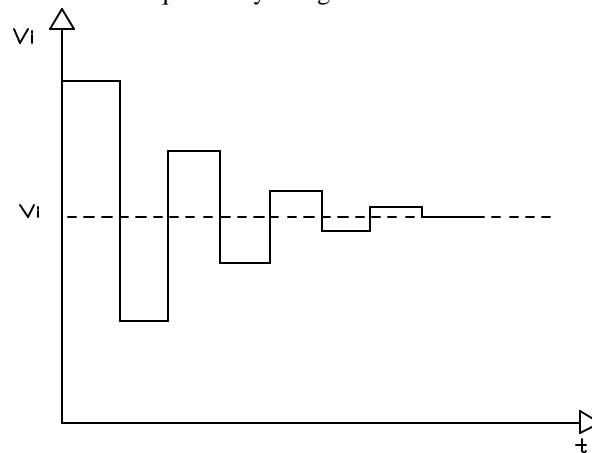


Figura 5. Evolución en el tiempo de una conversión en aproximaciones sucesivas.

La conversión A/D tiene características importantes que deben tomarse en cuenta en el momento de emplearla, como pueden ser los niveles de cuantificación del convertidor, esto es, los posibles niveles de voltaje que pueden ser representados con la cantidad de bits con los que cuenta el convertidor. Por ejemplo si se tiene un convertidor de 8 bits, podrán cuantificarse 256 niveles diferentes, pero si la cantidad de bits se aumenta en uno, la cantidad de niveles de cuantificación aumenta a 512, por lo que el error que se puede obtener en la conversión es menor a medida que aumente la cantidad de bits. Un parámetro muy importante de este tipo de convertidores es la frecuencia de muestreo, que se refiere a la periodicidad con la que el convertidor tomará muestras de la señal a convertir, por lo que si la cantidad de muestras no es suficiente no se podrá obtener una aproximación fiel de la señal de entrada, de acuerdo con el teorema de Nyquist se hace necesario que la frecuencia de muestreo sea cuando menos el doble de la frecuencia de la señal a convertir. De no tomar en cuenta esto, el resultado de cualquier conversión será erróneo al tener una frecuencia mayor en la señal de entrada.

CONVERTIDORES RAFAGA

Se les llama convertidores ráfaga, a los capaces de convertir las señales analógicas que tienen un ancho de banda del orden de MHz. La característica más importante de estos dispositivos es el tiempo de conversión (intervalo de tiempo entre la aplicación del pulso y la presencia del dato digital a la salida). La base de conversión A/D está constituida por un conjunto de comparadores, los cuales tienen un voltaje preciso y prefijado. Las salidas de los comparadores son enviados hasta un sistema de codificación apropiado, y la señal analógica que debe convertirse es aplicada simultáneamente a todos los comparadores.

El sistema de codificación, constituido por una red combinatoria, efectúa la codificación de las entradas con base a la configuración de las salidas de los comparadores. La figura 6 muestra la estructura de un convertidor ráfaga. El mayor inconveniente de este tipo de convertidores, es la complejidad de los circuitos debida a la gran cantidad de comparadores.

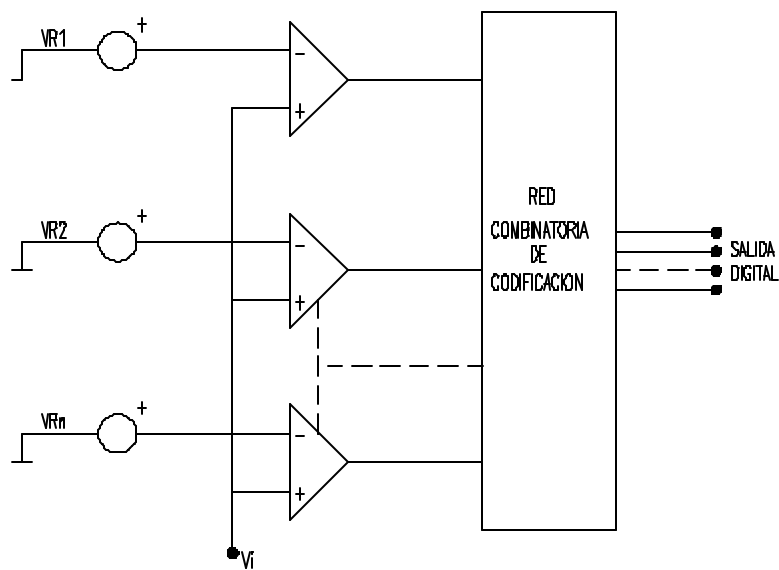


Figura 6.

PARAMETROS DEL CONVERTIDOR ANALOGICO/DIGITAL

Resolución

La resolución de un convertidor se define como la menor variación que puede ocurrir en la salida como resultado de un cambio en la entrada. La resolución es igual al valor del LSB (bit menos significativo) y también se conoce como tamaño de etapa, ya que es la cantidad de voltaje de salida que variará cuando el código de entrada pase de una etapa a la siguiente.

Aunque la resolución puede expresarse como la cantidad de voltaje o corriente por etapa, resulta más útil expresarla como un porcentaje de salida a plena escala, por lo tanto es sólo el número de bits el que determina la resolución porcentual.

Precisión:

Los fabricantes de convertidores tienen varias maneras de especificar la precisión. Las dos más comunes se les llama error de escala y error de linealidad, que normalmente se expresan como un porcentaje de salida a plena escala del convertidor (%F.S.).

Algunos de los convertidores más costosos tienen errores de escala y de linealidad en el intervalo de 0.01-0.1 %. En consecuencia el error que se tenga, indica que tanto el resultado del convertidor puede alejarse de su valor esperado, debido a la incidencia de componentes no ideales.

Error de escala (Error a plena escala):

En los convertidores el error de escala representa la variación que se puede tener a la salida del convertidor con respecto al de su valor esperado (teórico). Los errores de escala pueden ser provocados por errores en los voltajes de referencia, en los valores de las resistencias, en la escala, en la ganancia de los amplificadores, etc. Los errores de escala podrán corregirse regulando la salida de la ganancia del amplificador o el voltaje de referencia.

$$E_e = \frac{V_s - V_e}{V_e} * 100$$

donde: $V_s = 2^{-4}D + 2^{-3}D + 2^{-2}D + \dots + 2^3D$

D = 1 (encendido).

D = 0 (apagado).

V_e = Voltaje de entrada.

Error de offset (Error de cero):

Es el voltaje de salida de un convertidor D/A con entrada de código cero, o el valor significativo del voltaje de entrada de un convertidor A/D necesario para obtener a la salida el código cero. Generalmente, el error de offset es provocado por el voltaje o corriente de offset de entrada del amplificador o comparador. Frecuentemente, la regulación a cero de estas magnitudes se efectúa mediante un potenciómetro de regulación a cero offset ubicado fuera del convertidor.

Error de linealidad:

Es el que se presenta cuando a cada incremento de un bit de entrada debe producir el aumento de un nivel determinado de voltaje, el cual debería ser constante a lo largo de toda la escala operativa del convertidor. Sin embargo, se producen ciertas variaciones en estos incrementos en determinados estados consecutivos, lo que produce una falta de continuidad al final de la misma.

$$V_{prom} = \frac{V_{m\acute{a}x} + V_{m\acute{i}n}}{2}$$

$$E_1 = \frac{V_{prom} - V_{m\acute{i}n}}{2^n}$$

Donde $V_{m\acute{a}x}$ y $V_{m\acute{i}n}$ son los voltajes máximo y mínimo de entrada cuando está encendido el led 2^n

Frecuencia de conversión (Tiempo de conversión):

La frecuencia de conversión representa la velocidad con la que el convertidor realiza la conversión del dato; indicada directamente por el número de conversiones por segundo.

En algunos tipos de convertidores el tiempo de conversión no es constante, sino que depende del dato que debe convertirse. A veces, los tiempos de conversión señalados no corresponden al valor máximo; por lo tanto habrá que tener cuidado a fin de evitar resultados no deseados. La frecuencia de conversión depende del reloj, que puede ser externo, es decir, de la frecuencia a la cual trabaja la lógica que regula la conversión.

CONVERSION DIGITAL/ANALOGICA (D/A)

La conversión digital analógica (D/A) es el proceso inverso a la conversión A/D, ya que consiste en transformar una magnitud numérica (codificada en binario) a una amplitud eléctrica. Los convertidores D/A pueden dividirse en dos grupos:

- Convertidores serie.
- Convertidores paralelo.

En los primeros, la conversión se verifica según el número de pasos igual al número a convertir; este tipo ya no es usado, pues aunque sus circuitos son muy sencillos cuentan con poca resolución y precisión.

Los convertidores en paralelo suelen alcanzar altas velocidades de conversión, gran precisión y resolución. La figura 7 muestra el diagrama de bloques del convertidor DAC0800 (usado en la tarjeta empleada en esta práctica), su operación se basa en hacer pasar una corriente proporcionada por una fuente de corriente fija a una red resistiva, a diversos puntos de la red se conectan switches analógicos, por uno de sus extremos, mientras que el otro extremo de cada uno de ellos son conectados a un amplificador operacional, que se encarga de sumar los voltajes producidos por la caída de potencial en cada resistencia. El número de interruptores (marcados como switches) es igual al número de bits del convertidor los cuales son controlados por la secuencia binaria a convertir.

Las resistencias se calculan de tal manera que por su valor y posición con respecto a la fuente de corriente tengan los pesos binarios necesarios, es decir, que la primera resistencia por la que circula la corriente es la más significativa, mientras que la última o la más alejada es la menos significativa, el arreglo resistivo es de forma de malla, tal que el paso de la corriente a través de ellas sea menor cada vez.

Un parámetro importante para ambas conversiones, es la resolución, mencionada anteriormente y representa la variación más pequeña en el código de entrada que puede incrementar el nivel de la salida en un DAC y para un ADC es la variación que debe sufrir la señal de entrada para que exista un cambio de código a la salida en el bit menos significativo.

DESCRIPCION DEL EQUIPO

Se cuenta con dos tarjetas equipadas con convertidores A/D y D/A, en las figuras 8 y 9 se muestran los diagramas de las tarjetas, en las que se puede hacer conversión de señales analógicas y conversión de señales digitales.

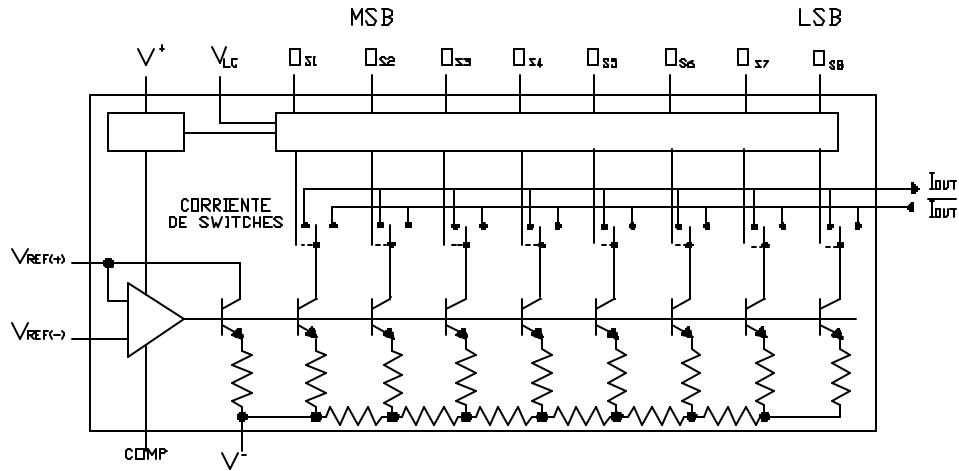


Figura 7. Convertidor DAC0800

MODULO G19.

El módulo G19 constituye un convertidor analógico/digital de doble rampa de 8 bits. En éste la secuencia de conversión depende de un pulso de reloj exterior, para el cual se define el tiempo T_0 correspondiente a la rampa ascendente:

$$T_0 = \frac{256}{F_{ck}}$$

mientras que el tiempo de conversión está sujeta al valor del voltaje que debe ser convertido:

$$T_{conv} = T_0 \left(1 + \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right) + \frac{2}{F_{ck}}$$

$$T_1 = \frac{2}{F_{ck}}$$

$$T_{conv} = T_0 \left(1 + \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right) + \frac{2}{F_{ck}}$$

En donde F_{ck} es la frecuencia de reloj, T_0 el tiempo de integración de la primer rampa, T_{conv} el tiempo en el cual se producen las conversiones y T_1 tiempo de restablecimiento.

La descripción del funcionamiento del convertidor A/D se hará con base al diagrama eléctrico de la figura 8. Primero se considera el momento en el cual la señal de "reset" se aplica a las dos secciones del contador IC7 y Q del Flip-Flop 2 de IC6. A partir de este instante el contador empieza a contar los pulsos de reloj, mientras que la salida del comparador IC4 (LM311) queda inhabilitada, ya que Q de Flip-Flop 4(IC5) resulta ser bajo.

El conmutador 2 de IC2 (DG201A) se cierra, en tanto que 1 y 3 se abren (se cierran cuando el pulso de mando se encuentra a un nivel bajo).

El voltaje de entrada V_{IN} (invertido en IC1a) resulta integrado por C1 a través de R11. El voltaje de salida de IC3 será considerado un voltaje V constante:

$$V_{T_0} = \frac{V_{IN} T_0}{R_{11} C_1}$$

en donde $T_0 = \frac{256}{F_{ck}}$

Cuando el contador recibe el pulso número 256 pasa del estado FFH(256) al estado 00H(00) . La salida Q4B provoca el cierre del conmutador 4 de IC2, utilizado como inversor, y en R18 se observará un estado alto. La transición bajo-alto funciona como un pulso de reloj para el Flip-Flop 4 de IC5 y las salidas del Flip-Flop D cambian de estado, el conmutador 2 de IC2 se abre y el 1 se cierra. Ahora, el voltaje presente en la entrada del integrador es la referencia (positiva); mientras que en la salida, la rampa cambia de signo (con pendiente negativa y fija).

La rampa alcanzará el valor de cero volt en un tiempo proporcional a el voltaje inicial (al final de la rampa ascendente).

$$V_{T_2} = V_{T_0} - \frac{V_{REF} T_2}{R_{11} C_1}$$

$$V_{T_0} = \frac{256 V_{IN}}{F_{ck} R_{11} C_1}$$

$$V_{T_2} = \frac{256 V_{IN}}{F_{ck} R_{11} C_1} - \frac{V_{REF} T_2}{R_{11} C_1}$$

$$T_2 = \frac{256 V_{IN}}{F_{ck} V_{REF}}$$

El tiempo (T_2) que emplea la rampa descendente para alcanzar los cero volt es directamente proporcional a el voltaje de entrada. Durante este intervalo el contador se incrementa.

$$n = T_2 F_{ck}$$

Por lo tanto, "n" indica el contenido del contador al final de la rampa descendente.

$$T_2 = \frac{n}{F_{ck}}$$

$$n = 256 \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

Es decir, que el dato existente a la salida del contador resulta directamente proporcional a V_{IN} inversamente proporcional a V_{REF} e independientemente de la frecuencia de reloj y de los valores de los componentes de circuito. Naturalmente, si los valores de la frecuencia de reloj o de los componentes (R_{11} o C_1) llegaran a provocar un desplazamiento de la rampa ascendente fuera del campo de trabajo del integrador, el convertidor ya no podría funcionar correctamente. Con los parámetros actuales: $C_1 = 0.15 \mu F$, $R_{11} = 33K$; y dando a la rampa y al voltaje de entrada un valor máximo de 8 V, se tendrá:

$$8 = \frac{8 T_0}{33 \times 10^3 \times 150 \times 10^{-9}}$$

en donde $T_0 = 4.95 \text{ms}$.

luego:

$$\frac{256}{F_{ck}} = 4.95 \times 10^{-3}$$

Obteniéndose

$$F_{ck} = \frac{256}{4.95} \times 10^3 \text{ Hz} = 51.7 \text{kHz}$$

Esta frecuencia nos indica, que el valor de la frecuencia utilizada para el convertidor debe ser mayor o igual a la del valor encontrado, ya que de lo contrario al aplicar una frecuencia menor, el convertidor no funcionaría correctamente. Para nuestros fines prácticos podríamos utilizar una frecuencia de reloj de 100 KHz. Cuando el voltaje de la rampa descendente alcanza el valor cero, el comparador IC4 efectúa la conmutación y la entrada D de Flip-Flop 1 de IC6 pasa al estado alto. Al primer reloj que se produce después de la conmutación del comparador se verifica también la conmutación de Flip-Flop 1. La salida Q de Flip-Flop 1 sigue los siguientes pasos:

- 1) A través de D1 bloquea el reloj en IC7 (que cuenta en el frente negativo).
- 2) Habilita a Flip-Flop 3, luego el conmutador 3 se cierra bloqueando al integrador en el valor cero.
- 3) Inhabilita a Flip-Flop 4, así el conmutador 1 se abre y el 2 se cierra.
- 4) Si el conmutador RUN/HOLD se encuentra en la posición RUN, traslada el dato presente a la salida del contador IC7 hasta la salida de los registros IC8 y IC9.

Durante el pulso de reloj sucesivo, el Flip-Flop 1 vuelve al estado bajo, mientras que el Flip-Flop 2 de IC6 pasa al estado alto, de este modo, se produce el restablecimiento del contador IC7.

Al pulso de reloj siguiente, Flip-Flop 2 vuelve a cero, y lo mismo ocurre con Flip-Flop 3 (encontrándose la entrada S (Set) al estado bajo), abriéndose el conmutador 3 de IC2.

Después de esto el integrador comienza un nuevo ciclo (con la rampa positiva vinculada al voltaje de entrada V_{IN}), que finalizará cuando el contador cuente hasta agotar su capacidad (8 bits).

El estado de las salidas de los registros IC8 e IC9 queda visualizado en los indicadores luminosos (led) y se encuentra disponible en los bornes de salida correspondientes.

Si se desea efectuar la conversión de una señal en el campo de $\pm 4V$ (con la referencia interna) bastará poner los puntos X y Y puenteados. R4 posee un valor equivalente al doble del de R5 provocando, por lo tanto, una polarización fija igual a:

$$\frac{V_{REF}}{2}$$

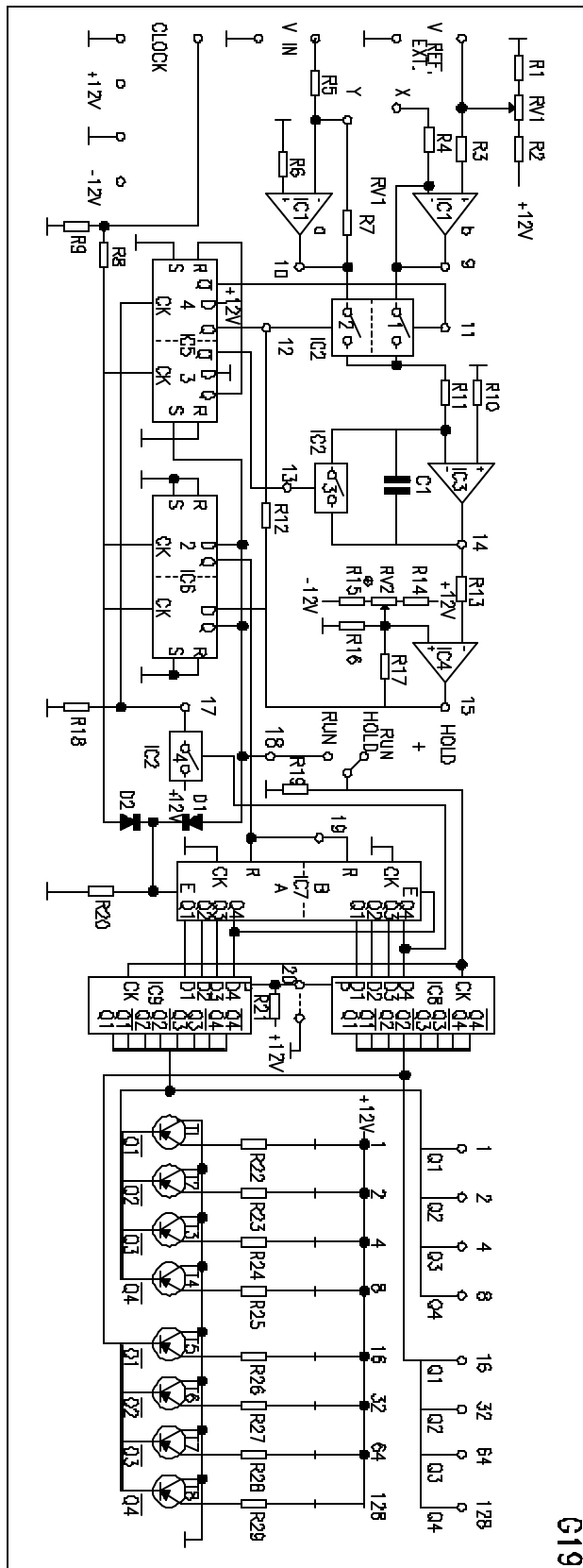


Figura 8.

De este modo será posible aceptar senales negativas de hasta -4 Volt.

MODULO F03A.

El módulo F03A cuenta con convertidores A/D y D/A del tipo aproximaciones sucesivas, la figura 9 muestra el diagrama de la tarjeta. Las senales analógicas una vez que son convertidas a código binario pueden ser mandadas directamente al convertidor D/A o bien a la computadora por medio del conector situado en la parte superior.

También existe la posibilidad de mandar de la computadora una senal digital al convertidor D/A para obtenerla en forma analógica.

Se tienen además una serie de interruptores (marcados como switches) situados en la parte media, con los que se puede generar código binario manualmente para ser convertido por el D/A, en resumen se tienen tres funciones principales:

- a) La primera es la conversión de una señal analógica a su representación digital y la conversión simultánea del código generado nuevamente a forma analógica.
- b) La segunda es la posibilidad de interacción de los convertidores con una computadora convencional.
- c) La tercera es el uso del convertidor D/A generando código binario desde los interruptores. El interruptor marcado con S2 sirve para seleccionar la función deseada (A/D, COMPUTADORA o SWITCHES), el interruptor S1 tiene la función de dar a la señal de entrada un nivel adecuado de voltaje, por medio de un circuito basado en amplificadores operacionales, que proporciona una ganancia de voltaje, por lo que se pueden introducir señales de niveles bajos o altos encargándose de amplificar o atenuar la amplitud.

Adicionalmente, para poder hacer que la tarjeta interactúe con la computadora es necesario contar con dos elementos adicionales, el programa y la interface.

El primero de ellos permite mandar datos de la computadora al convertidor D/A o recibirlos del convertidor A/D. Para ello se diseñó el programa ADCDAC, escrito en lenguaje C, el cual permite tener las siguientes funciones.

Prueba de los puertos de la interface. En esta se reciben o mandan datos a los puertos de la interface, para comprobar su correcto funcionamiento.

Genera tres tipos de señales. Es un algoritmo que permite tener en memoria la señal deseada (senoidal, triangular y cuadrada) a una frecuencia fija.

Recepción de datos desde el convertidor AD. Permite el acceso a señales analógicas.

Lectura de señales digitalizadas almacenadas en disco.

Grafica en el monitor la señal con la que se trabaja.

Manda al convertidor DA los datos de las señal digitalizadas.

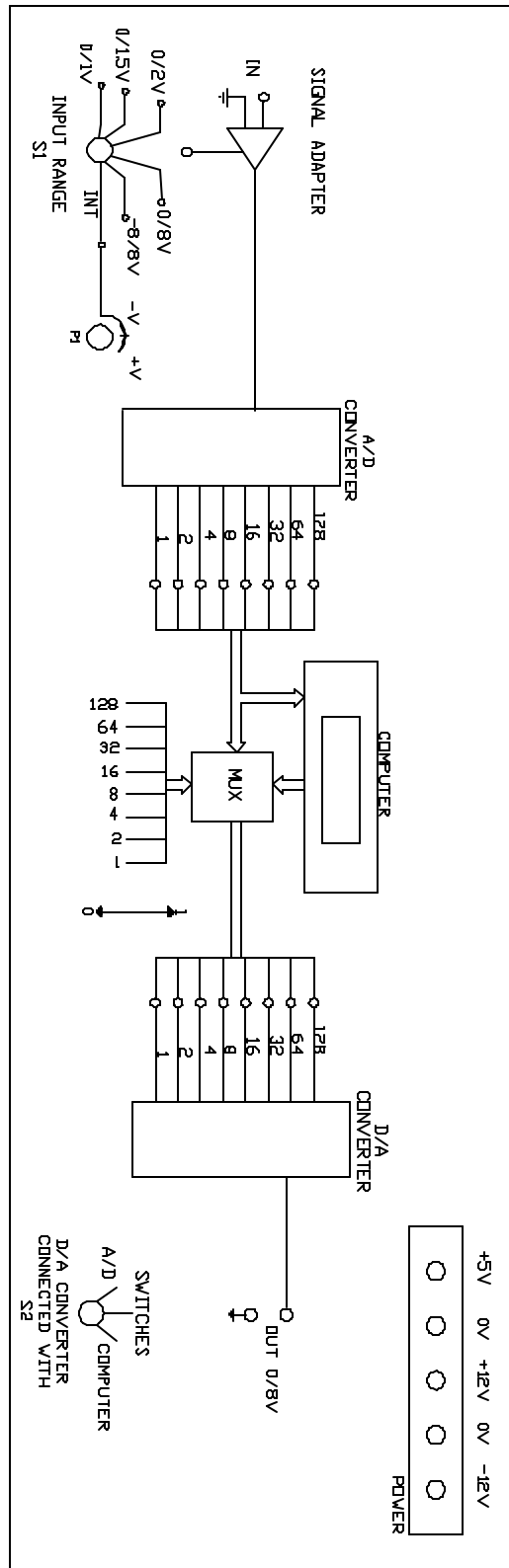


Figura 9

Interacción simultánea con ambos convertidores. Función que permite observar una señal senoidal que cambia de frecuencia de acuerdo al nivel de la señal de entrada.

Graba en disco los datos deseados.

OBJETIVO:

— Familiarizar al alumno con el uso de convertidores Analógico/Digital y Digital/Analógico, observando las características propias y sus aplicaciones en sistemas computarizados.

EQUIPO Y MATERIAL:

- Tarjeta convertidora (FO3A).
- Modulo G19.
- Fuente de voltaje (PS1).
- Fuente de voltaje bipolar.
- Generador de funciones.
- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Cables de conexión.
- Cable plano.
- Programa ADCDAC.
- 1 Capacitor de 9nf o un valor aproximado.

NOTAS:

Antes de encender la fuente debe observar que la polarización sea la correcta ya que cualquier equivocación en la conexión provocará que los dispositivos contenidos se quemen de inmediato.

Al conectar la tarjeta convertidora a la computadora o al querer hacer algún cambio en esta, asegúrese de apagar la fuente de alimentación y la computadora.

Al encender el equipo asegúrese de prender en primer lugar la fuente de alimentación y luego la computadora, y al terminar primero apague la computadora y después la fuente.

Se sugiere colocar S1 en posición de 0v/8v al introducir cualquier señal externa al convertidor

Hay que tomar en cuenta, que la amplitud de la señal de entrada al convertidor A/D, debe adecuarse para que la conversión sea lo más aproximada posible, es por ello, que si la señal observada a la salida presenta recortes en su forma, debe variar la posición del switch S1 de tal forma que obtenga la forma de onda completa a la salida.

EXPERIMENTO 1. CONVERTIDOR A/D.

- Sin encender la fuente, polarice la tarjeta G19 con los voltajes indicados en sus bornes de polarización, conectando todas las tierras comunes.
- Suministre la señal de reloj de onda cuadrada (con un tiempo de subida inferior a $1 \mu S$) con una frecuencia de 100kHz de 0 a +10V, en los bornes marcados como clock.

Nota: tener cuidado de no sobrepasar los +12V.

- Para calibrar conecte en los bornes V_{IN} la fuente variable de corriente directa. Ajustando el voltaje de entrada hasta un valor de 8V, y regular RV1 tratando de que todos los indicadores luminosos (led) se enciendan.
- Una vez calibrado, varíe el voltaje de la señal de entrada de tal forma que encienda un solo indicador (led), a la vez mida con el multímetro y registre en la tabla 1 el voltaje de entrada en cada caso.

V ENTRADA		2^{-4}	2^{-3}	2^{-2}	2^{-1}	2^0	2^1	2^2	2^3	V FROM
V MN	V MAX	1	2	4	8	16	32	64	128	
		●								
			●							
				●						
					●					
						●				
							●			
								●		
									●	

Tabla 1.

- Aplique ahora una señal de -4 a 4V y verifique el voltaje de salida digital de acuerdo a la tabla 2.

V ENTRADA	2^{-4}	2^{-3}	2^{-2}	2^{-1}	2^0	2^1	2^2	2^3	V SALIDA
	1	2	4	8	16	32	64	128	
-4									
-3									
-2									
-1									
0									
1									
2									
3									
4									

Tabla 2.

- Disminuya la frecuencia de reloj en un rango de 52kHz y observe el comportamiento del dispositivo.
- Vuelva a dejar la frecuencia de 100kHz y cambie el capacitor C1 por uno de 9nf y observe la salida del convertidor a una entrada dada.
- Aplique en la entrada V_{IN} una señal senoidal (siempre positiva) con un valor de pico inferior al de V_{ref} (aproximadamente de 6Vpp) y con una frecuencia de alrededor de 0.1Hz. Observe el voltaje en el osciloscopio y determine por puntos (mediante el conmutador RUN/HOLD) la curva, mediante el valor digital de voltaje. Para facilitar esto, llene la tabla 3.

TIEMPO (CUADROS)	2^{-4}	2^{-3}	2^{-2}	2^{-1}	2^0	2^1	2^2	2^3	V _{SALIDA}
	1	2	4	8	16	32	64	128	
0									
0.5									
1									
1.5									
2									
2.5									
3									

Tabla 3.

EXPERIMENTO 2. USO DE LOS PROCESOS DE CONVERSION

- Sin encender la fuente, polarice la tarjeta F03A con los voltajes indicados en sus bornes de polarización, conectando todas las tierras comunes.
- Coloque el S2 en posición de computadora.
- Conecte a los puertos CD el cable de conexión, según se muestra en la figura 10.

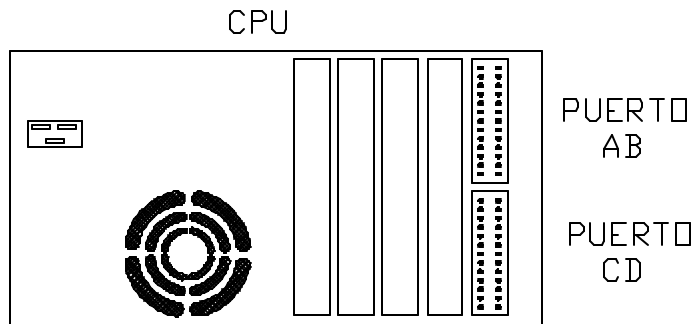


Figura 10. Distribución de puertos

- Encienda la fuente y computadora, de acuerdo a lo mencionado en las notas, con el disco en el drive A y ejecute la opción "Prueba de puertos".

Práctica 10

- Aplicando un voltaje de CD en los bornes de entrada (IN) seleccione la rutina de prueba de puertos, siga las indicaciones ue marca el programa y anote lo observado en los indicadores luminosos de la tarjeta y en el monitor de la computadora.
- Repita la prueba con los puertos AB.
- Seleccione la opción "Generar onda" y seleccione "Senoidal". Con la opción de Graficar vea la forma de la señal en pantalla y mande al convertidor la señal con todos los elementos que la componen, observe en el osciloscopio la señal obtenida.
- Mande al menos tres fragmentos distintos de la señal al DAC, y observe que pasa con la señal.
- Repita para una señal triangular y una cuadrada.
- Coloque en los bornes marcados como IN una señal senoidal, con amplitud de 3 Vpp a una frecuencia de 500 Hz.
- Seleccione la opción "Recibir del ADC" para hacer una lectura del A/D. Asegúrese de que el interruptor S2 esté en posición de Computadora.
- Grafique la señal obtenida del convertidor en el monitor y mandela al convertidor D/A.

EXPERIMENTO 3. INTERACCION AMBIENTE-COMPUTADORA-AMBIENTE

- Seleccione la opción "AD-COMPUTADORA-DA", colocando el interruptor S1 en posición de INT.
- Conecte un canal del osciloscopio a la salida de la tarjeta.
- Varíe la posición de P1 y observe lo que sucede en ambos indicadores luminosos de la tarjeta y en el osciloscopio.
- Conecte el generador de funciones a la entrada de la tarjeta, con una señal de baja frecuencia.
- Observe en el osciloscopio la señal de salida.
- Varíe la forma de onda de la señal de entrada.

ANALISIS DE DATOS.

1. Con base a los datos obtenidos en el experimento 1, obtenga el error de linealidad y el error de escala.
2. Indique los parámetros de operación de acuerdo a la tabla 4.

RANGO		BITS DE SALIDA DIGITAL	FRECUENCIA DE RELOJ Y AMPLITUD
V ENTRADA	V SALIDA		

Tabla 4.

3. ¿Qué pasa con la salida digital al aumentar o disminuir la frecuencia de reloj?
4. ¿En qué afecta el cambio de capacitor en el convertidor?
5. De acuerdo a la tabla 3 grafique la señal de salida (V_{sal} . vs tiempo).
6. Reporte un resumen de lo observado en el experimento 2.
7. Detalle lo observado en el experimento 3, para cada punto, tomando en cuenta que el arreglo usado trabaja como una unidad de proceso.
8. Reporte su opinión de las aplicaciones que puede tener este tipo de dispositivos.
9. Reporte sus observaciones y conclusiones.