

Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Ingeniería Electrónica con orientación en Sistemas Digitales
Técnico Universitario en Microprocesadores
Profesorado en Tecnología Electrónica

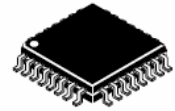
LABORATORIO DE INTERFACES

PRÁCTICO N° 6

Conversores Analógico- Digital

Índice:

1. Objetivos.
2. Material de Referencia
3. Listado de Materiales.
4. Listado de Instrumental.
5. Conversores Analógico a Digital.
6. Desarrollo de la práctica.
7. Anexo I - Componentes utilizados.



TRABAJO PRÁCTICO N° 6

Conversores Analógico- Digital

1. Objetivos

- § Estudiar las características de los conversores Analógico – Digital (A/D).
- § Describir el funcionamiento de un conversor Analógico – Digital.
- § Utilizar el ADC0809 para realizar una aplicación de conversión de variables.

2. Material de Referencia

- § Apuntes de la Cátedra.
- § “Instrumentación Electrónica” Cáp. 23 -Miguel A. Pérez García - Juan C. Álvarez Antón
- § Hojas de Datos del ADC0809.

3. Listado de Materiales

1	Conversor Analógico Digital ADC0809
8	Resistencias 330 ohm
1	Amplificador Operacional LM358

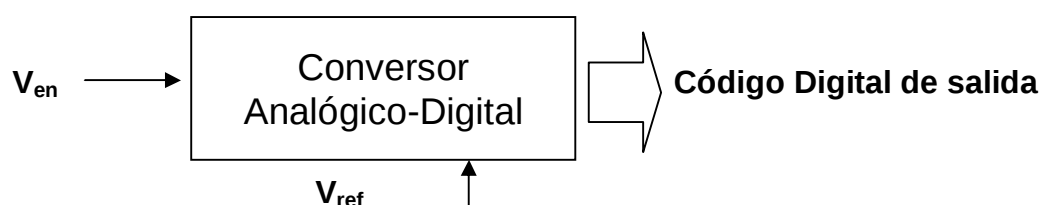
4. Listado de Instrumental

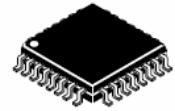
1	Tester digital.
1	Fuente de alimentación.
1	Entrenador LAB – MC.
1	Bornera para Puerto Paralelo.

5. Conversores Analógico a Digital.

5.1 Introducción

Un conversor AD es un circuito que convierte una señal analógica de tensión o corriente unipolar o bipolar de entrada en un código digital de salida con una resolución y precisión dadas, mediante una comparación con una tensión de referencia.





5.1.1 Diagrama lógico de un Conversor AD

Antes de comenzar el estudio de un conversor analógico a digital en particular es conveniente observar el diagrama lógico de un conversor A/D general. Debemos tener presente al observar este diagrama que el mismo es un modelo genérico y por lo tanto no todos los conversores A/D poseen las funciones aquí mostradas.

En la práctica nos encontraremos con conversores que poseen más o menos señales que las que se describen aquí, pero es útil para entender el principio de funcionamiento de cualquier conversor Analógico a Digital.

Variables Analógicas, Digitales y Muestreadas.

Analógica: pueden tomar un número infinito de valores dentro de un intervalo.

Digital: los datos constituyen un conjunto finitos de valores. En el caso del sistema binario permite dos valores diferentes '0' y '1'.

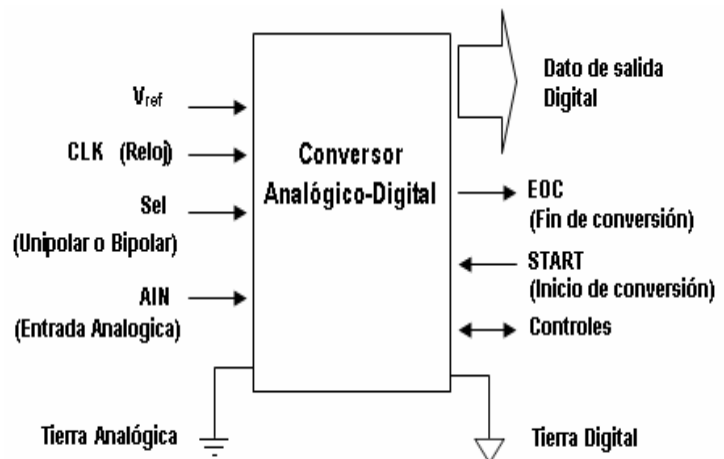
Muestreada: formada por muestras de la variable analógica tomadas en espacios de tiempo regulares.

Diagrama en bloque genérico de un conversor AD.

Observa las señales presentes en este diagrama y su sentido.

Cuando estudies el conversor ADC0809 podrás comparar sus señales con las de este diagrama.

Ten en cuenta que la mayoría de los conversores poseen líneas de tierra separadas para las señales analógicas y las digitales.



5.2 Conversor ADC0809

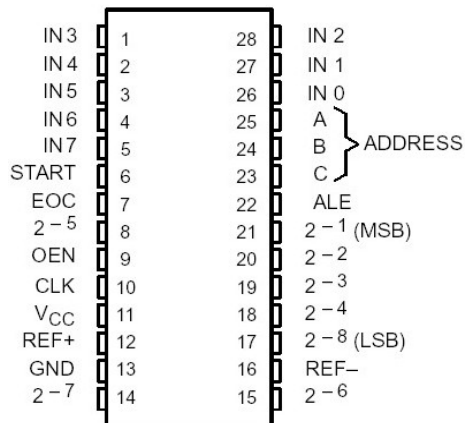
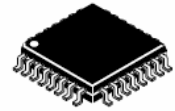
Para nuestro estudio utilizaremos el conversor ADC0809. Este es un conversor de 8 bits (la señal análoga se convierte en una palabra digital de 8 bits), que tiene la posibilidad de leer 8 señales analógicas (8 canales). Posee 28 pines de los cuales 8 corresponden a sus canales analógicos de entrada; éste solo puede leer un canal a la vez y dispone por lo tanto de un selector (multiplexor) de 3 líneas, que permite seleccionar la señal de entrada a convertir, mediante el código binario presente en estas entradas de selección.

Teorema de muestreo

Si deseamos reproducir una señal en forma analógica luego de haber sido digitalizada, la frecuencia a la cual se efectúa el proceso de muestreo debe cumplir:

$$f_m \geq 2 \times f_{\max}$$

La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la máxima frecuencia de la señal original.



El ADC0809 posee un tiempo de conversión de 100uS.

Circuito integrado ADC0809

5.2.1 Descripción de las líneas del ADC0809

Entradas Analógicas (IN0...IN7): Líneas de entrada de las señales análogas que se quiere digitalizar.

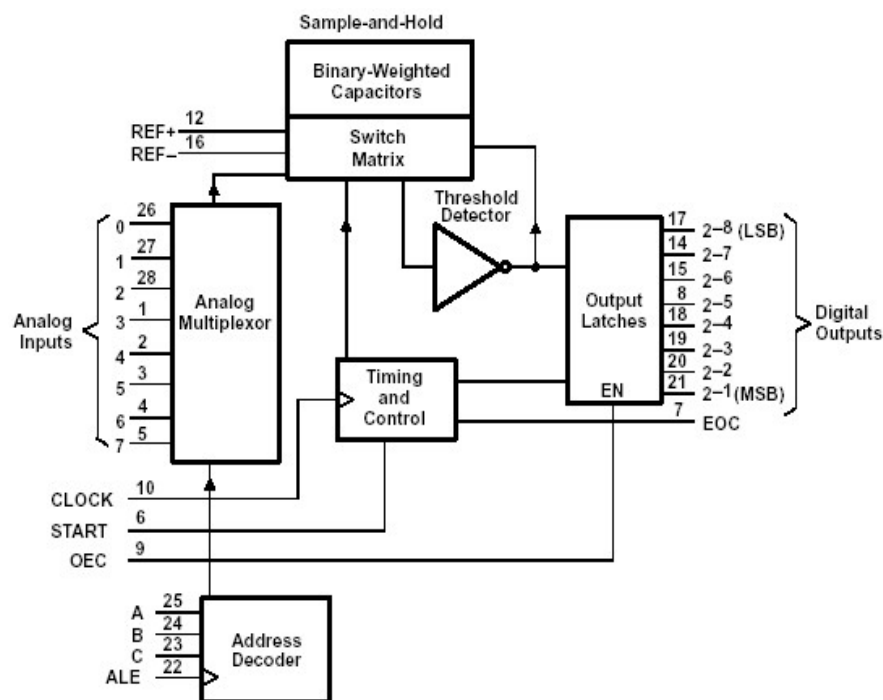
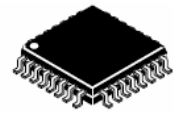
Bus de salida de datos ($2^{-8} \dots 2^{-1}$): Estas líneas de salida entregan la palabra binaria que corresponde al nivel análogo de entrada (poseen tri-state).

OE (habilitación de salida): con esta línea se habilita la salida. Cuando OE esta en '0' la salida permanece en tri-state, cuando esta a '1' entrega el código digital de salida.

START: Entrada para indicar al ADC que debe iniciar un nuevo ciclo de conversión.

EOC (fin de conversión): cuando el proceso de conversión finaliza, el ADC emite esta señal para indicar que en el bus de datos del mismo hay una palabra digital.

CLK (clock): es la entrada correspondiente a la señal de reloj.



Línea de Dirección			Canal
C	B	A	
0	0	0	IN 0
0	0	1	IN 1
0	1	0	IN 2
0	1	1	IN 3
1	0	0	IN 4
1	0	1	IN 5
1	1	0	IN 6
1	1	1	IN 7

Diagrama en bloques del ADC0809

5.2.2 Funcionamiento

El ADC0808 usa la técnica de aproximaciones sucesivas para la conversión. Esta técnica es usada en A/D de bajo costo, resolución media y alta velocidad.

El ciclo empieza al aplicar una señal analógica a la entrada y colocar un pulso en START. El primer pulso de reloj en el S.A.R coloca en 1 la salida del MSB. Este valor hace que el DAC coloque en su salida el 50% de su valor total. El S.A.R mira la salida del comparador para saber si la salida análoga del DAC es mayor o menor que la señal análoga de entrada.

Si el voltaje del DAC es mayor, el comparador coloca su salida en cero. Esto hace que el S.A.R también coloque en '0' su MSB.

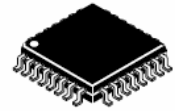
Si el voltaje en la salida del DAC es menor que el de la señal de entrada, el comparador coloca en '1' su salida y el S.A.R mantiene en '1' su MSB. Todo lo anterior ha ocurrido en un solo pulso de reloj.

El S.A.R examina todos los bits, desde el MSB al LSB. Ya que un bit se evalúa en cada pulso de reloj, un ADC de 8 bits empleará, en la conversión solamente 8 pulsos de reloj.

Cuando se ha procesado el último bit, el S.A.R envía una señal de fin de conversión (EOC), que permite el almacenamiento de la palabra resultante en el registro de salida.

Después de seleccionar el canal (3 bits) y dar la señal de START, el circuito emplea 100uS para completar el proceso; cuando esto ocurre, coloca los ocho bits de la palabra digital resultante en un registro tri-state de almacenamiento en la salida y emite la señal EOC.

Las referencias REF+ y REF- permiten calibrar el rango de conversión. Conectando REF+ a 5V y REF- a 0V, la salida será 00h para 0V y FFh para 5V de la señal de entrada.

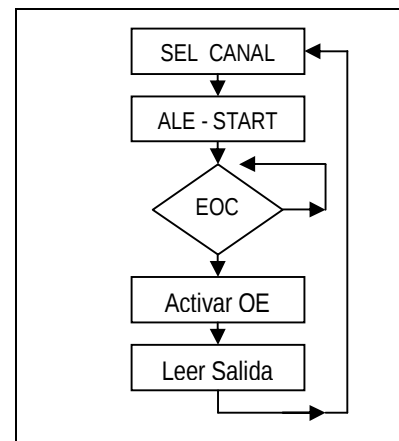


5.3 Procedimiento para la lectura del Conversor

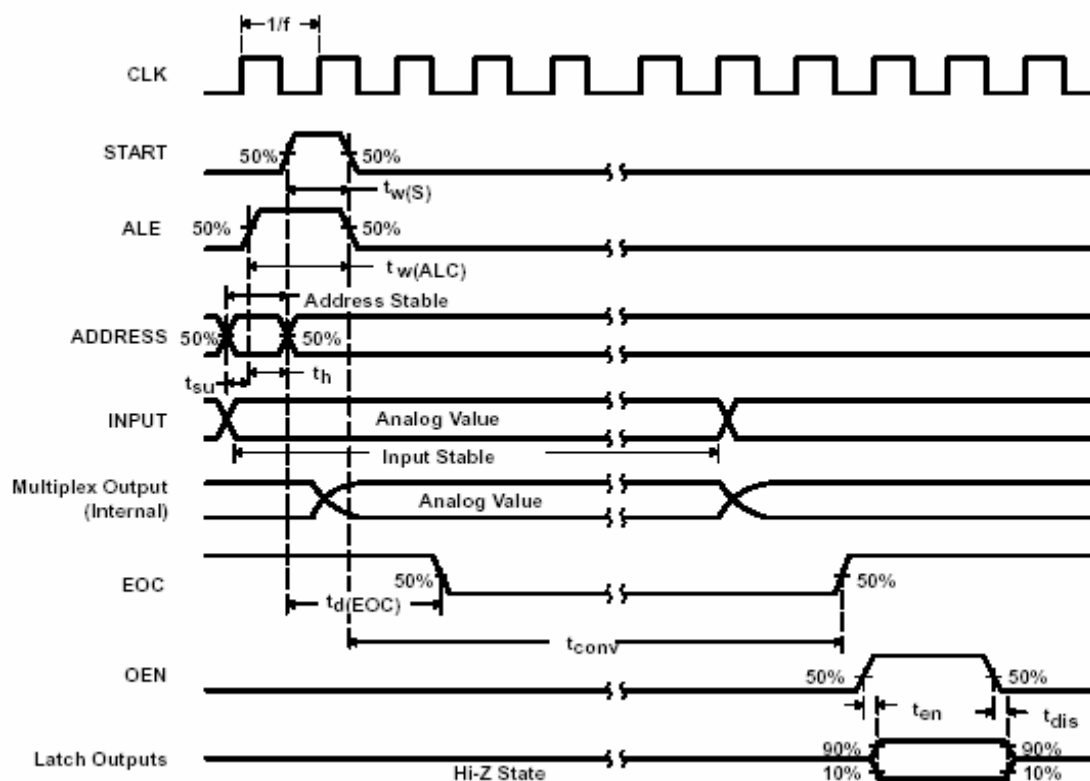
Para iniciar una nueva conversión de la señal de cualquiera de los ocho canales, se realizan los siguientes pasos:

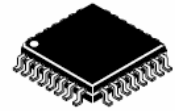
1. Colocar el código de selección de canal (CBA).
2. Generar la señal ALE y START.
3. Esperar que el Conversor emita la señal EOC.
4. Activar señal OE (para sacar de tri-state las salidas).
5. Leer el dato digital por la salida del ADC.

Es importante tener en cuenta que para realizar la lectura de los canales del conversor AD adecuadamente se deben además respetar todos los tiempos de las señales necesarias. Para esto se debe recurrir a la hoja de datos del conversor.



Observa el siguiente diagrama de tiempos del conversor ADC0809. Es importante interpretar este diagrama ya que en el se puede entender el comportamiento de este dispositivo.





6. Actividad Práctica

Esta parte del práctico consta de 4 etapas que realizaremos para utilizar y comprender el funcionamiento del conversor ADC0809:

1. Buscar las características del ADC0809 en las hojas de datos.
2. Probar el conversor AD en el entrenador LAB-MC.
3. Adquirir datos usando Visual Basic.
4. Acondicionar la entrada para leer un sensor.

6.1 Características del ADC0809.

6.1.1 Usando la hoja de datos del ADC0809 complete los siguientes puntos.

Resolución		Error desajuste total	
Nro de Entradas analógicas		Compatibilidad (lógica)	
Técnica de conversión		Tiempo de conversión	
Rango de alimentación		Consumo	

6.1.2 Según la hoja de datos ¿Cuál es la diferencia entre el ADC0808 y el ADC0809?

.....
.....
.....

6.1.3 Si posee 8 entradas analógicas ¿Como se efectúa la conversión de estas entradas?

.....
.....
.....

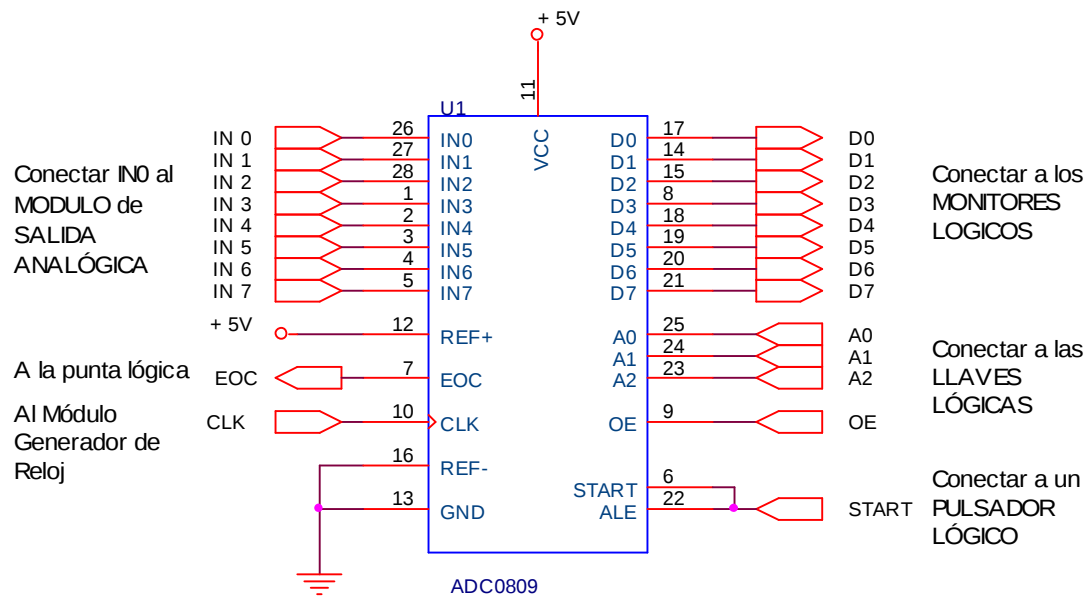
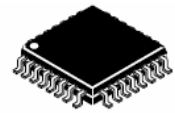
6.1.4 ¿Cuál es el valor máximo de frecuencia de la señal de Clock para este conversor?

.....
.....

6.2 Prueba del Conversor AD en el LAB – MC.

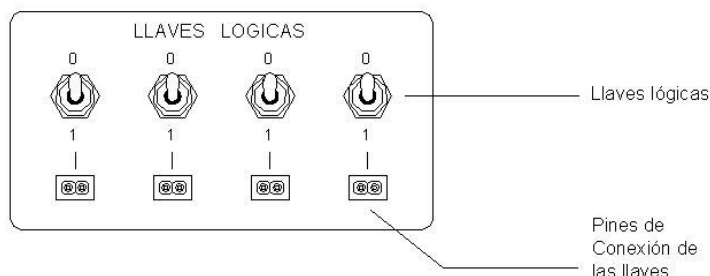
Se realizará a continuación la verificación de funcionamiento del conversor AD utilizado en esta práctica a través de un circuito simple. Se usará para ello el entrenador LAB-MC.

6.2.1 Armar el circuito de la siguiente figura en el entrenador LAB-MC. EL conversor ADC0809 se debe montar en el zócalo ZIF.

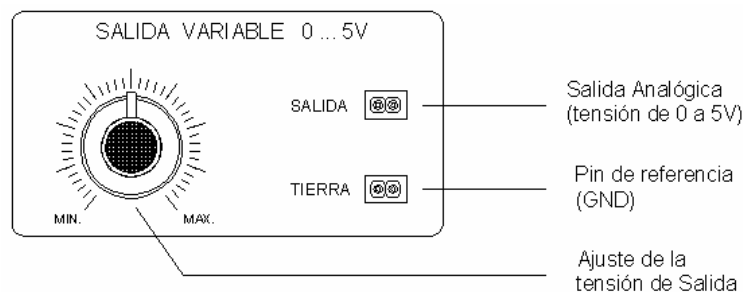


6.2.2 Colocar en las entradas de selección de canal un '000' con tres LLAVES LÓGICAS. Conecte La entrada OE a nivel alto.

6.2.3 Conectar a la entrada IN0 (terminal 26) una tensión conocida con el MODULO SALIDA ANALÓGICA del LAB-MC.



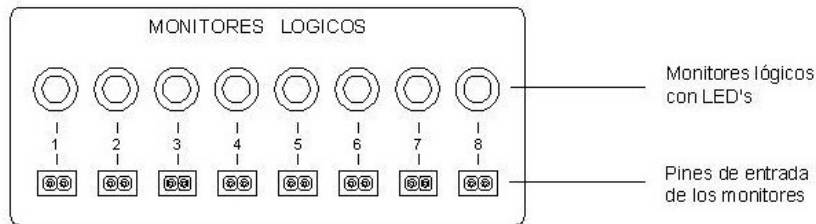
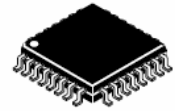
En la siguiente figura se ve el módulo de salida analógica del LAB-MC. Variando la posición del potenciómetro se modifica la tensión de salida de 0 a 5V. Esto permite simular la salida de un sensor con la etapa de acondicionamiento.



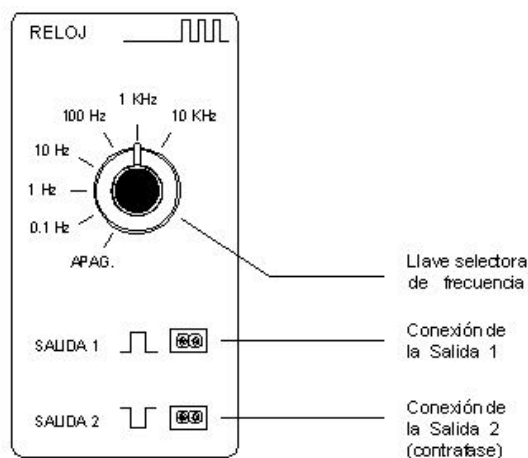
Este módulo permite obtener tensiones de salida analógicas en el rango de 0...5V. Con esto podemos simular la salida de un sensor con etapa de acondicionamiento. Se debe vincular la tierra de este módulo con el circuito.

6.2.4 Conectar la salida digital del conversor a los monitores lógicos para poder ver el código digital que entrega.

Recordar que los datos se leen invertidos en el monitor lógico, es decir, cuando todos los LEDs están encendidos el dato presente es el '00000000'



6.2.5 Como señal de CLOCK para el conversor utilizaremos el MÓDULO GENERADOR DE RELOJ del LAB-MC, este entrega señales cuadradas en el rango de 0,1Hz a 10KHz. Conectar una de las salidas de este MÓDULO al terminal 10 del ADC0809. Con la llave selectora ajustada a la frecuencia de 10KHz.

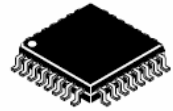


6.2.6 Para iniciar la conversión ingresar un pulso por START (ALE también esta conectada a este terminal) usando una de las LLAVES LÓGICAS.

6.2.7 Observar el resultado obtenido en los monitores lógicos, recordar que estos están complementados, es decir, que el dato presente en los monitores debe ser negado para interpretarlos correctamente.

6.2.8 Siguiendo el mismo procedimiento anterior completar la siguiente tabla para los valores de tensión indicados en la misma. Ajustar la tensión de entrada con un tester digital.

Tensión Entrada	Código	Tensión Entrada	Código	Tensión Entrada	Código
0.0 V		1.75V		3.75V	
0.125V		2.0 V		4.0 V	
0.25V		2.25V		4.25V	
0.5 V		2.5 V		4.5V	
0.75V		2.75V		4.75V	
1.0 V		3.0 V		5.0 V	
1.25V		3.25V			
1.5 V		3.5 V			



6.2.9 Verificar cual es el valor del LSB. Colocar el cursor del potenciómetro en la posición de 0 volt y empezar a girar lentamente hasta que el conversor entregue el código '00000001'. Utilice un tester digital para medir esta tensión en la entrada.

.....
.....

6.2.10 ¿Los valores leídos concuerdan con los calculados con una VREF = +5V?

.....
.....

6.2.11 Verificar ahora el funcionamiento de otro canal cambiando la dirección en las líneas C, B, A con las llaves lógicas.

6.3 Adquisición de datos usando Visual Basic.

Se utilizará ahora la aplicación ADCWIN.EXE para controlar el ADC0809. El programa envía la señal de inicio de conversión al ADC0809 y espera que éste le envíe la señal de EOC para leer el dato convertido. Los sucesivos datos leídos son graficados en una ventana.

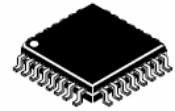
6.3.1 Reinicia la PC y entra al SETUP de la misma. Configura en el menú Pheripherals, Parallel Port Mode = EPP.

6.3.2 Conecta la salida del ADC0809 (D0...D7) a través de resistencias de 330 o 470 ohms al puerto de datos del Puerto paralelo usando la bornera de puerto paralelo.

6.3.3 Conecta la señal EOC del ADC0809 a la entrada SLCT del Puerto de Estado del Puerto paralelo.

6.3.4 Conecta las señales ALE-START del ADC0809 a la salida INIT del Puerto de Control del Puerto paralelo.

6.3.5 Ejecuta el programa ADCWIN.EXE. Verifica la dirección del Puerto paralelo en la PC y modifica la misma si es necesario.



6.4. Acondicionamiento de la entrada

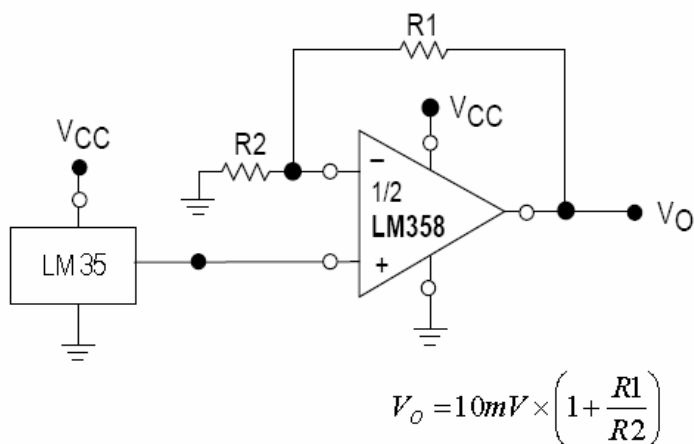
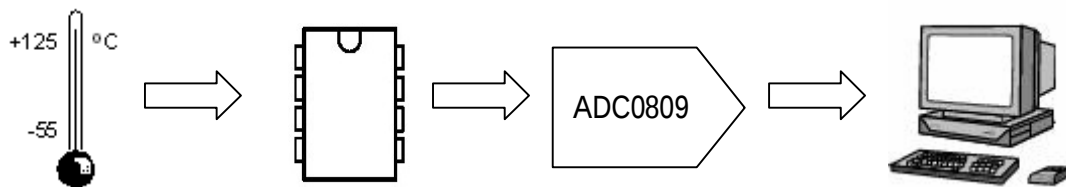
Un tema importante cuando utilizamos un conversor AD es el acondicionamiento de la entrada. Realizaremos el acondicionamiento de una señal proveniente de un sensor de temperatura (que utilizaremos en un próximo laboratorio). Este sensor entrega 10mV/°C, con lo que a 100°C entrega 1V.

La etapa de acondicionamiento debe poseer una ganancia de 5 para obtener 50mV/°C, con lo que a 100°C tendremos 5V.

6.4.1 Calcular el Valor de las resistencias R1 y R2 para obtener dicho valor de ganancia y armar el circuito en el LAB-MC.

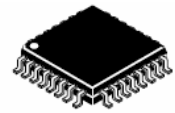
6.4.2 Conectar el sensor integrado LM35 a la entrada del A.O.

6.4.3 Verificar la salida del ADC0809.



$$V_O = 10mV \times \left(1 + \frac{R1}{R2}\right)$$

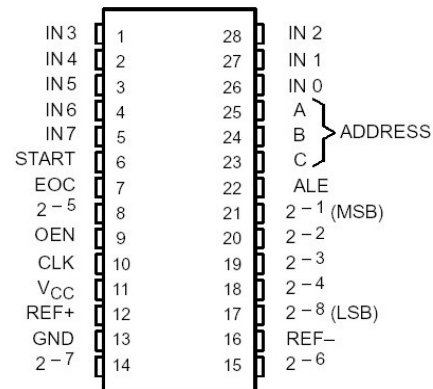
Para aprobar la práctica debe presentar los distintos puntos del práctico funcionando y entregar el informe de laboratorio.



7. Anexo I. Componentes utilizados.

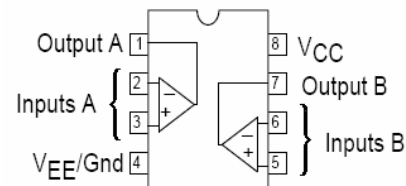
ADC0809

El ADC0809 es un conversor de 8 bits (la señal análoga se convierte en una palabra de 8 bits), que tiene la posibilidad de leer 8 señales analógicas (8 canales). Posee 28 pines de los cuales 8 corresponden a los ocho canales de entradas analógicas; éste solo puede leer un canal a la vez y dispone por lo tanto de un selector (multiplexor) de 3 líneas digitales, que permite escoger la señal de entrada a convertir, mediante el código binario.



LM358

Amplificador operacional de baja potencia doble. Puede operar con fuente simple de 3 a 32V. Posee protección contra cortocircuito a la salida.



LM35 Sensor de temperatura integrado

El LM35 es un dispositivo de tres terminales que produce un voltaje de salida 10mV/°C, de modo que el voltaje nominal de salida es 250mV a 25°C y 1V a 100°C. Este sensor puede medir temperaturas debajo de 0°C usando una resistencia de pull-down desde el terminal de salida a una tensión debajo de cero. La precisión del LM35 es de $\pm 1^\circ\text{C}$ desde -55°C a +150°C.

