

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

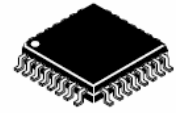
LABORATORIO DE INTERFACES

PRÁCTICO Nº 5

Conversores Digital - Analógico

Índice:

1. Objetivos.
2. Material de Referencia
3. Listado de Materiales.
4. Listado de Instrumental.
5. Desarrollo de la Práctica.
6. Generación de formas de onda con el DAC0808.
7. Anexo I - Diagramas de componentes.



TRABAJO PRÁCTICO N° 5

Conversores Digital-Analógico

1. Objetivos

Estudiar el funcionamiento de los conversores Digital - Analógico.
Estudiar las características del conversor digital - analógico DAC0808 y utilizarlo para generar distintas formas de ondas.

2. Material de Referencia

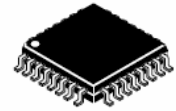
- § Apuntes de la Cátedra.
- § Hojas de datos del DAC0808.
- § Libro "Instrumentación Electrónica" - Capítulo 23.

3. Listado de Materiales

- | | |
|---|--|
| 1 | Conversor DAC0808 o MC1408 |
| 1 | Amplificador Operacional LF351 o LF357 |
| 1 | Capacitor 100 nF Cerámico o Poliéster |
| 2 | Resistencias 5K - 1% |
| 2 | Resistencias 1K |
| 1 | Resistencia 100K |
| 1 | Microcontrolador AT89C2051 o AT89C51 |
| 1 | Cristal 12 MHz |
| 2 | Cap 33pF |
| 1 | Resistencia 8K2 |
| 1 | Cap 10uf x 25V |

4. Listado de Instrumental

- | | |
|---|--|
| 1 | Multímetro digital |
| 1 | Fuente de alimentación variable simétrica. |
| 1 | Entrenador Microcontroladores LAB - MC |
| 1 | Osciloscopio |
| 1 | Programador Universal Chip Max |

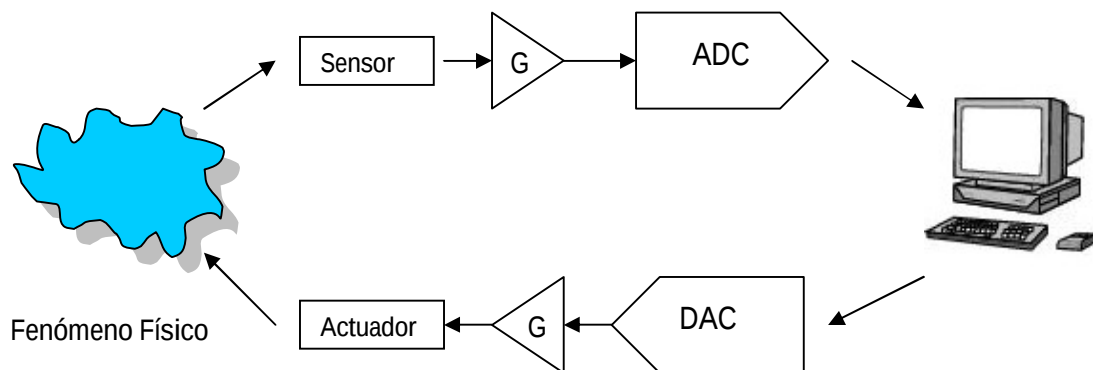


5. Desarrollo de la Práctica

5.1 Introducción

La mayoría de los fenómenos del mundo real varían de manera análoga a lo largo del tiempo. La temperatura, la presión, el voltaje, la corriente, luz, etc., son variables físicas que toman una infinita cantidad de valores a través del tiempo.

Existen dos mecanismos principales con los cuales una computadora puede interactuar con el mundo real, uno llamado conversión Digital/Analógico abreviada D/A, y la otra denominada conversión Analógico/Digital por lo general abreviada A/D. El proceso más simple de los dos es el que trataremos en primer lugar en éste laboratorio, la conversión Digital/Analógica.



5.2 Los conversores Digital - Analógico

Los conversores Digital-Analógico son dispositivos que reciben en su entrada una información digital, en forma de palabra de n bits, y proporcionan en su salida una información analógica, ya sea en forma de tensión o corriente. La conversión se realiza, haciendo corresponder a cada una de las 2^n posibles palabras de entrada, una señal única (tensión o corriente) mediante la actuación de una señal de referencia, que generalmente suele consistir en una tensión de referencia (V_{ref}). De esta forma a la salida del conversor se obtiene una señal de valores discretos y no una señal de variación continua.

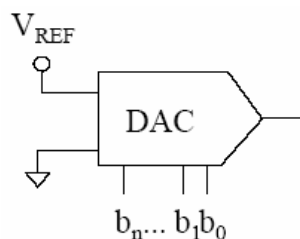
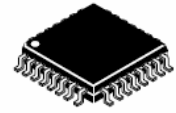


Fig. 1. Símbolo de un DAC.



5.2 Características de los Conversores Digital Analógico

Resolución: se define como la diferencia entre dos códigos adyacentes de entrada. Puede expresarse en términos del peso porcentual de 1 LSB respecto al FE como:

Resolución [%] = $1 / (2^n - 1) \times 100$ si n es muy grande, puede aproximarse a:

Resolución [%] = $1 / (2^n) \times 100$

Ganancia: la ganancia en un conversor DA o sensibilidad es la pendiente de su característica de transferencia estática. Relaciona el valor de tensión o corriente de salida correspondiente al código a plena escala (V_{OFS} ; I_{OFS}) con la magnitud de la referencia de tensión o de corriente usada en el circuito (V_{ref} ; I_{ref}).

Para el caso de un conversor DA de salida en tensión que usa una referencia de tensión V_{ref} será:

$$G = V_{FS} / V_{REF}$$

Por lo general se ajusta esta ganancia a la unidad, por lo que la salida correspondiente al código a plena escala coincide con la magnitud de la referencia de tensión o corriente usada por el conversor.

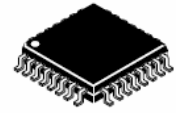
Exactitud (Accuracy): se refiere a la diferencia entre el valor que se obtiene en la salida para un determinado código de la entrada y el valor esperado.

Se expresa en términos de un LSB. Por ejemplo, un conversor DA de 10 bits, de resolución 0,01% y de exactitud de $\pm \frac{1}{2}$ LSB o de $\pm 0,005\%$.

Exactitud Relativa (Relative Accuracy): se refiere a la diferencia entre el valor que se obtiene en la salida para un código de entrada y el valor esperado, luego de ajustar la característica de transferencia estática a la ideal en los puntos de cero y plena escala. Se expresa en LSB o como un porcentaje.

Error de Offset (Error de código cero): es la tensión de salida del conversor para una entrada nula (código cero). Por lo general se expresa en LSB.

Error a fondo de escala: es la tensión de salida del conversor para una entrada a fondo de escala. Por lo general se expresa en LSB. La suma de los errores de cero y fondo de escala es equivalente al error de ganancia.



Monotonicidad: un conversor digital analógico es monotónico si al incrementar la entrada la salida aumenta su valor. Esto se puede ver en la curva de transferencia la cual debe ser siempre creciente.

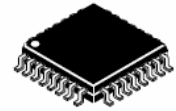
Tiempo de establecimiento (Settling Time): es el tiempo desde que se produce el cambio de código en la entrada hasta que la salida se encuentra dentro de un margen de error, por lo general de $\frac{1}{2}$ LSB, expresado en términos de la señal de salida.

Rapidez de cambio de la salida (Slew Rate): es el cociente entre la tensión o la corriente de plena escala (VOFSV o IOFSV) y el tiempo de establecimiento necesario para alcanzar el valor de plena escala partiendo del valor de cero. Se representa por las siglas SR y se expresa en V/s.

Frecuencia de conversión (Conversion rate): es la frecuencia máxima a la cual se puede cambiar el código a la entrada obteniendo la salida correspondiente. Suele ser menor que el Settling Time y se expresa en Hz o en muestras por segundo (S/s).

Error de no linealidad diferencial (DNLE): es la desviación del intervalo entre dos valores de salida consecutivos con respecto al valor ideal de un LSB (con los errores de offset y ganancia corregidos). Se expresa en LSB.

Error de no linealidad integral (INLE): es la suma de los errores de no linealidad que posee el conversor en un intervalo de códigos de entrada. Se expresa como LSB. Los fabricantes también suelen identificarlo como el mayor valor de ENLD del conversor en todo el margen de su entrada.



5.3 El Conversor Analógico Digital DAC0808

Para nuestro estudio utilizaremos el conversor digital-analógico DAC0808 cuyas características más importantes se muestran a continuación. Este es un conversor de 8 bits (256 pasos), que entrega una corriente de salida proporcional al dato presente en sus entradas digitales (compatibles con TTL, CMOS o PMOS). La corriente a fondo de escala del dispositivo (I_O) es típicamente 2 mA.

DAC0808 8-Bit D/A Converter

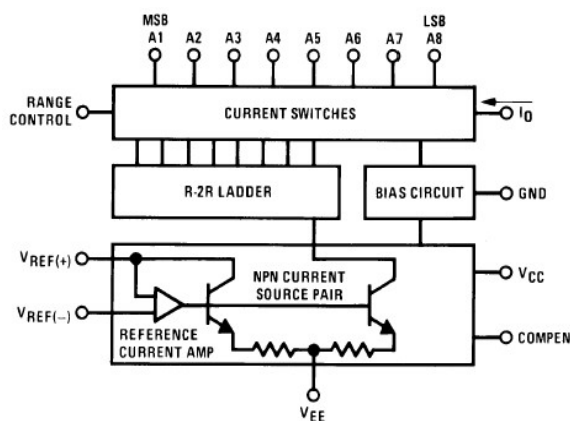


Fig. 2. Diagrama en Bloques del DAC0808.

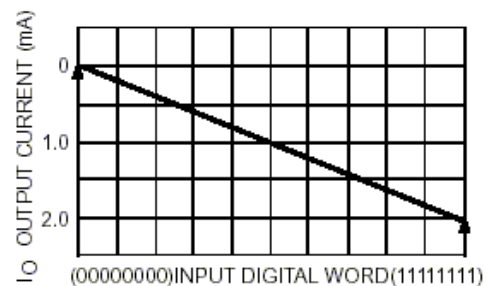
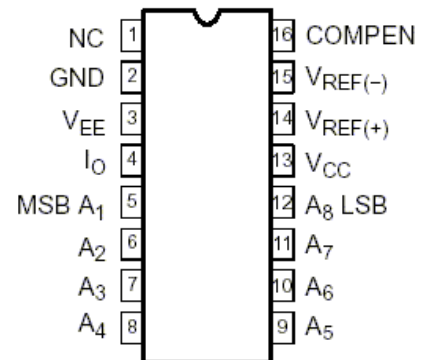
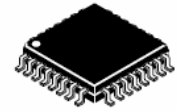


Fig. 3. Curva de salida del DAC0808.

Entre las aplicaciones más comunes de los DAC encontramos:

- § Seguimiento de conversores AD.
- § Generación de Formas de ondas.
- § Circuitos de Sample-and-Hold.
- § Atenuación y ganancia programable.
- § Generación de caracteres en TRC.
- § Audio Digital y Decodificación.
- § Fuentes de alimentación programables.
- § Control de velocidad en motores de CC.
- § Servo Motores.



5.4 Actividad Práctica

Las entradas digitales del DAC0808 aceptan niveles TTL o CMOS por lo que es posible conectarlo directamente a la salida de una Puerta de un Microcontrolador. La corriente en el terminal 14 es típicamente de 2 mA. Se requieren voltajes de alimentación de +5 V para V_{CC} y -15 V para V_{EE} . Cuando se aplica un valor binario a la entrada igual a "11111111" existe una corriente remanente igual al bit menos significativo, ésta corriente se deriva a tierra dando como resultado una corriente de salida máxima igual a 255/256 de la corriente de referencia proporcionada, en el caso típico, para una corriente de referencia en el terminal 14 igual a 2 mA, la máxima corriente de salida sería igual a 1,992 mA.

5.4.1 Buscar en las hojas de datos del DAC0808 los parámetros de la siguiente tabla y anotarlos.

Resolución		Tipo de salida	
Tiempo de establecimiento		Compatibilidad (lógica)	
Precisión relativa		Consumo	
Rango de alimentación			

Circuito de prueba para el DAC0808

Este circuito básico aparece en las hojas de datos del fabricante. Con este circuito se puede obtener un valor de tensión de salida sobre la resistencia de carga R_L .

Se debe tener en cuenta que el Terminal A1 es el bit más significativo (MSB), mientras que el A8 es el menos significativo (LSB).

Observar la polaridad de la tensión de salida (sobre R_L), esto se debe al sentido de la corriente.

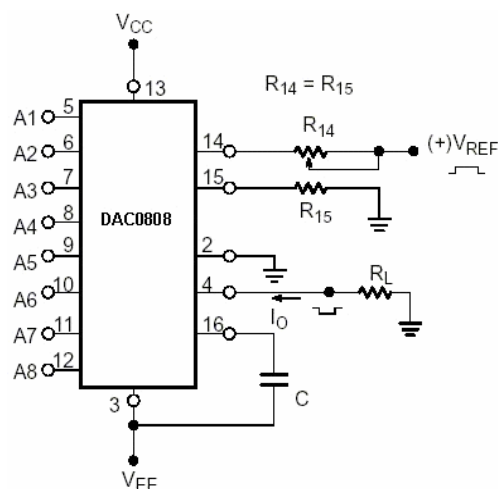


Fig. 4. Circuito básico del DAC0808.

$$I_o = K \left(\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \frac{A4}{16} + \frac{A5}{32} + \frac{A6}{64} + \frac{A7}{128} + \frac{A8}{256} \right)$$

$$\text{donde } K = \frac{V_{REF}}{R14}$$

$A_N = '1'$ si A_N está a un nivel lógico alto.
 $A_N = '0'$ si A_N está a un nivel lógico bajo.

5.4.2 Para probar el conversor DAC0808 utilizaremos el circuito de la figura 5.

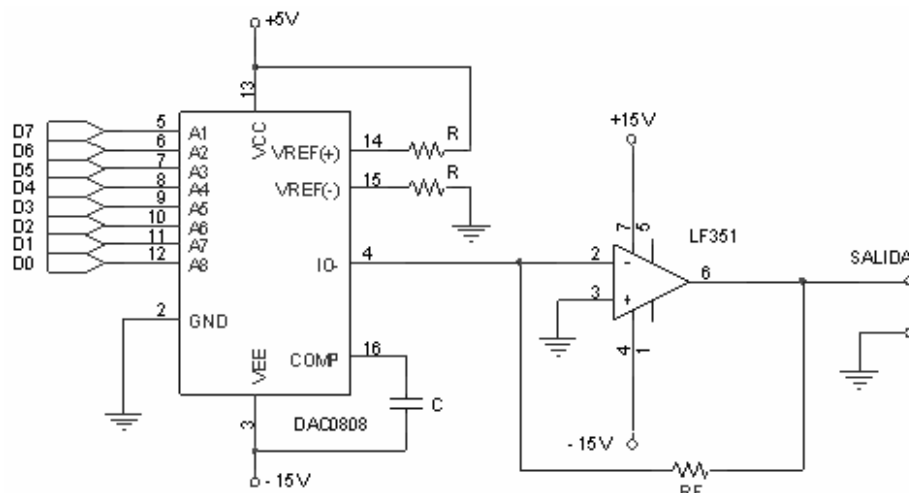
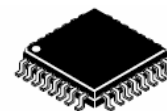


Fig. 5. Circuito propuesto para el DAC0808.

En el anexo I se puede observar la distribución de terminales de este conversor.

Este conversor posee dos terminales de referencia, los terminales 14 y 15.

La referencia que utilizaremos es de 5V. La salida del conversor es en corriente, en sentido entrante por el pin 4.

Para obtener una salida en tensión vamos a utilizar un amplificador operacional LF351 o LF357 para convertir la salida de corriente en tensión.

El amplificador operacional se encarga de convertir la señal de corriente (I_o) en una señal de tensión (V_o).

5.4.3 Ahora arme el circuito de la figura 5 con $R = 2K5$, $R_F = 2K5$ y $C = 100nF$ para que la tensión de salida tome valores entre 0 y 5V.

5.4.4 Conecte las entradas digitales del DAC0808 a las llaves lógicas del LAB-MC.

5.4.5 Cambiando el dato de entrada al DAC con las llaves lógicas y utilizando un multímetro digital a la salida del amplificador operacional complete la siguiente tabla.

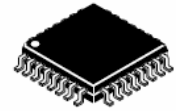
Entrada	Vsal Medida	Entrada	Vsal Medida
0000 0000		0001 0000	
0000 0001		0100 0000	
0000 0010		1100 0000	
0000 0100		1111 1110	
0000 1000		1111 1111	

5.4.6 Cual es el valor correspondiente a un LSB?

.....

5.4.7 ¿Cual es el valor máximo de tensión obtenido a la salida del Amplificador operacional?

.....



5.4.8 Realizaremos ahora la medición del error de cero.

- Colocar a la entrada del DAC el código binario 00000000.
- Medir la tensión de salida del DAC con el tester. Anotar este valor.

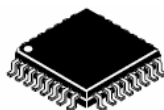
.....
.....

¿Cuál es el error de cero en caso de existir?

.....
.....

5.5 Verificación de Linealidad.

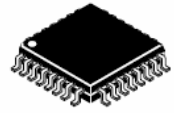
Verificaremos la linealidad del DAC0808 conectado a la entrada del mismo un contador ascendente de 8 bits y un osciloscopio a la salida para visualizar la señal de salida que deberá ser una señal escalonada casi lineal.



Explique como es la señal de salida.

¿La misma presenta saltos uniformes entre los distintos escalones?

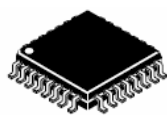
.....
.....



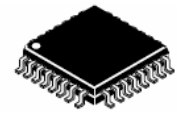
6. Generación de formas de onda con el DAC0808.

Realizar un programa en C que permita generar con el 8X51 formas de onda triangular, rampa y cuadrada con el conversor DAC0808. El programa debe permitir elegir la forma de la señal de salida como así también cambiar la frecuencia.

Se debe utilizar un osciloscopio para visualizar estas señales.



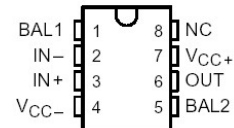
Para aprobar la práctica debe presentar los distintos puntos del práctico funcionando y entregar el informe de laboratorio.



7. Anexo I. Componentes utilizados.

LF351: JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIER

Este dispositivo es un amplificador operacional de bajo costo, alta velocidad entrada j-FET. El LF351 puede utilizarse en aplicaciones tales como integradores de alta velocidad, conversores digital a analógico, circuitos de simple and hold y otros. Posee tensiones de alimentación de hasta $\pm 18V$, es pin a pin compatible con el 741, puede operar en el rango de temperaturas de 0 a $70^{\circ}C$.



DAC0808 Conversor Digital Analógico.

Este dispositivo es un es un conversor digital a analógico de 8 bits (256 pasos), que entrega una corriente de salida proporcional al dato presente en sus entradas digitales (compatibles con TTL, CMOS o PMOS). La corriente a fondo de escala del dispositivo (I_O) es típicamente 2 mA.

