

# Digital to Analog Converter I (DAC)

Jorge L. Morales Ortiz  
Héctor M. Solís Villodas

## Abstracto

Comúnmente estamos acostumbrados a observar la electrónica digital y análoga como áreas separadas. Existen infinitos aparatos donde se necesita unir estos dos tipos de señales. El *Digital to Analog Converter* es la interfase por el cual se pueden conectar los dispositivos para traducir las señales análogas a sus valores equivalentes en números binarios. En este experimento explicaremos como funciona el *Digital to Analog Converter*.

## I. Introducción

Básicamente, la conversión DAC es el proceso de tomar un valor representado en código digital (como binario directo o BCD) y convertirlo en un voltaje o corriente que sea proporcional al valor digital.

Existen varios métodos y circuitos para producir la operación DAC que se ha descrito. Es importante conocer las características significativas de realización de los convertidores DAC.

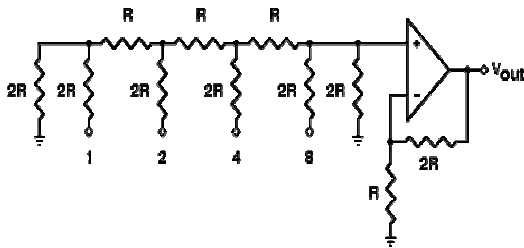


Figura 1 - Circuito DAC

El circuito mostrado arriba realiza la conversión de digital a análogo. Las entradas son conducidas típicamente por las puertas de un CMOS, que tienen punto bajo pero resistencia igual para la lógica 0 y la lógica 1. También, si utilizamos los mismos niveles de la lógica, las puertas del CMOS realmente proporcionan +5 y 0 voltios para cada nivel de lógica, respectivamente. El circuito de entrada es un diseño notable, conocido como red de la escala de R-2R.

Este circuito de DAC, también conocido como la entrada de peso binario DAC, es una variación en el circuito de un amplificador invertidor. Este *Op Amp* es conectado utilizando la retroalimentación negativa para controlar la ganancia con algunos voltajes de entrada y solo un voltaje de salida. El voltaje de salida es invertido y es igual a la suma de todos los voltajes de entrada. Para un circuito simple invertidor todos los resistores deben tener el mismo valor. Si cualquier resistor de entrada fuera diferente, los voltajes de entrada tendrían diversos grados de efecto sobre la salida y el voltaje de la salida no sería una suma verdadera. Supongamos que fijamos los valores del resistor de entrada en potencias múltiples de dos: R, 2R, 4R, en vez de todo el mismo valor R. Podemos entonces derivar la siguiente ecuación para el voltaje de salida:

$$(1) V_{OUT} = \left( V_1 + \frac{V_2}{2} + \frac{V_3}{4} + \frac{V_4}{8} \right)$$

Al dividir por el factor de dos, esto hace que cada entrada tenga el efecto de exactamente la mitad del voltaje sobre la salida, como el voltaje antes de él. Es decir, el voltaje de entrada V<sub>1</sub> tiene un efecto de 1:1 en el

voltaje de la salida, mientras que el voltaje de entrada V2 tiene la mitad del efecto sobre la salida 1:1/2 y la mitad de V3 es 1:1/4. Estos cocientes no fueron elegidos arbitrariamente; son los mismos que corresponden a los pesos del lugar en el sistema de numeración binaria. Si conducimos las entradas de este circuito con las compuertas digitales, de modo que cada entrada sea 0 voltios o el voltaje de fuente completo, el voltaje de la salida será una representación análoga del valor binario de estos tres bits. El valor de V1 sería el valor del bit con mas significado (MSB) y el V3 el de menos significado (LSB).

## II. Experimento

Ensamble el circuito que se ilustra en el Diagrama 1. Coloque el generador de señales en onda cuadrada con amplitud de  $5V_{P-P}$ , con estribo (*offset*) de 2.5V y a una frecuencia de 10KHz. Conecte el generador de señales en el pin 14 del 74LS93. Conecte el osciloscopio en la salida del circuito (pin 6 del 741). Adquiera la imagen del osciloscopio con HPVVEE. ¿Cómo compara los resultados con la ecuación (1)? ¿De cuánto es el delta en cada cuadrado de la señal?

Repita el procedimiento ya descrito, solamente con tres bits en la señal. Para lograr esto, desconecte el pin 11 del 74LS93 y quite los resistores R4 y R1. Simule los resultados en Multisim.

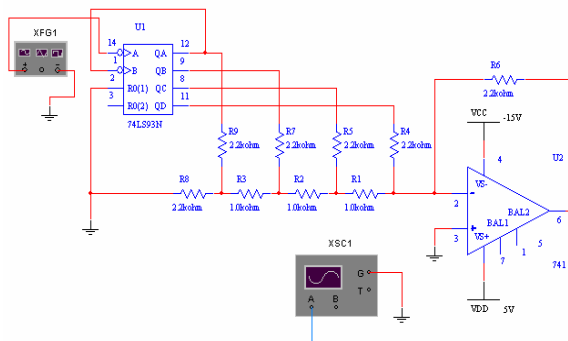


Diagrama 1 - Circuito DAC

## III. Análisis de Datos

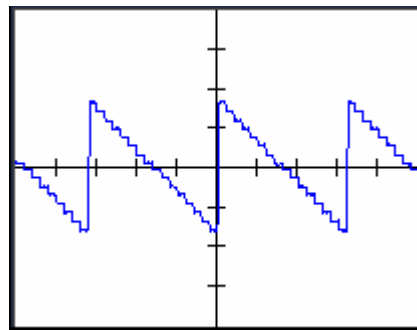
A continuación se muestran los datos obtenidos durante el experimento. Para el circuito DAC con 4bits, el delta en cada cuadrado de la señal fue de 500mV. Para el circuito DAC con 3bits, el delta en cada cuadrado de la señal fue de 812.5mV.

En la Tabla 1 se muestran los voltajes de salida medidos durante el experimento ( $V_{OUT \text{ Exp.}}$ ) y los voltajes de salida calculados con la ecuación 1 ( $V_{OUT \text{ Teórico}}$ ), para el circuito DAC con 4bits y con 3bits.

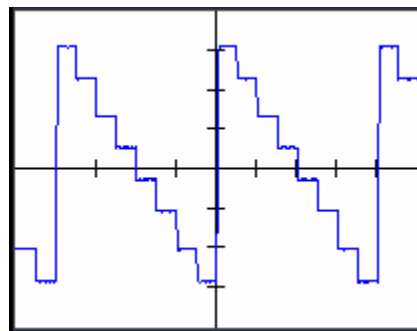
Tabla 1 - Voltajes de salida obtenidos para el circuito DAC

Bits	$V_{OUT \text{ Exp.}}$	$V_{OUT \text{ Teórico}}$	% Error
4bits	6.0V	9.4V	36.2%
3bits	6.0V	4.4V	36.4%

Las imágenes del osciloscopio obtenidas con HPVVEE se muestran a continuación:

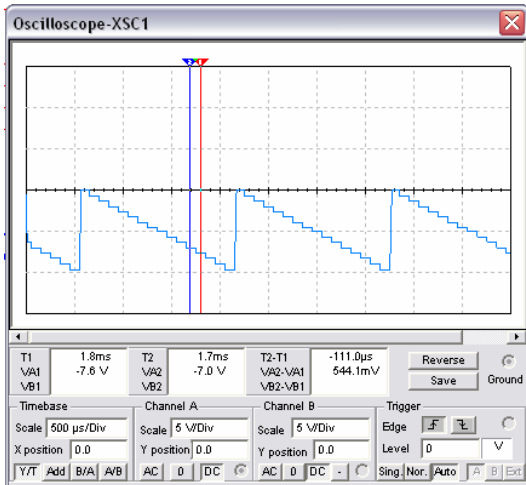


Gráfica 1 - Imagen del osciloscopio para el circuito DAC con 4bits

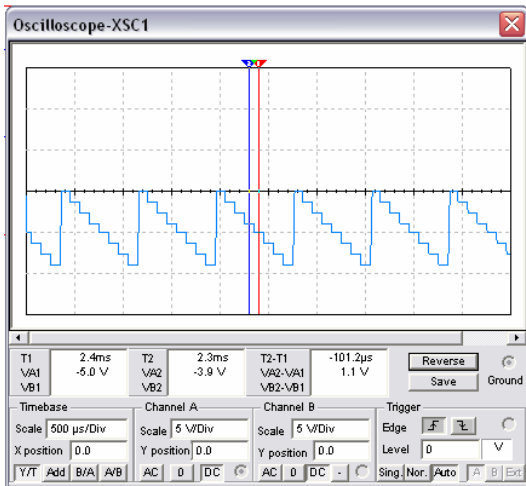


Gráfica 2 - Imagen del osciloscopio para el circuito DAC con 3bits

Las lecturas de osciloscopio obtenidas de las simulaciones en Multisim para el circuito DAC se muestran a continuación. Para el circuito DAC con 4bits, el delta en cada cuadrado fue de 544.1mV y el voltaje de salida fue de 9.6V. Para el circuito DAC con 3bits, el delta en cada cuadrado fue de 1.1V y el voltaje de salida fue de 8.9V.



Gráfica 3 - Lectura de osciloscopio en Multisim para el circuito DAC de 4bits



Gráfica 4 - Lectura de osciloscopio en Multisim para el circuito DAC de 3bits

Al utilizar el circuito DAC con 4bits, podíamos observar en la señal de salida la representación análoga de los 16bits producidos por el *counter*. Al utilizar el circuito DAC con 3bits, solamente podíamos observar en la salida la representación análoga de los primeros 8bits producidos por

el *counter*, debido a que eliminamos del circuito el *most significant bit* (MSB) del *counter*, representado en la ecuación (1) por V1.

## IV. Conclusión

En este experimento estudiamos uno de los métodos utilizados para convertir una señal digital a una señal análoga. Esta conversión de digital a análogo (DAC) se hace a través del circuito conocido como la entrada de peso binario DAC. Este circuito utiliza el concepto de escalera R-2R para representar de manera análoga los bits producidos por un componente digital. La conversión de señales es fundamental para cualquier interfase entre circuitos análogos y digitales.

## V. Referencias

- (1) [www.playhookey.com/analog/d2a\\_converter.html](http://www.playhookey.com/analog/d2a_converter.html)
- (2) [http://www.unicrom.com/Tut\\_DAC.asp](http://www.unicrom.com/Tut_DAC.asp)