

TEMA 7: BOLETÍN DE EJERCICIOS

Conversores D/A y A/D

- Es conveniente saber como calcular los datos asociados a un DAC a partir de su caracterización experimental. Se invita al alumno a descargar el fichero enlazado, bien en formato Open Document, bien en formato XLSX. En él, el alumno puede generar supuestos datos de un DAC de 3 bits de resolución tras introducir los siguientes parámetros de entrada:
 - Tensiones de referencia que determinan el rango de tensiones de salida, $V_{REF,+}$ y $V_{REF,-}$. Normalmente, $V_{REF,-}$ es 0 V pero se introduce para dar más generalidad.
 - Errores de *offset* y ganancia en LSB
 - La fluctuación máxima permitida entre el valor real y la relación entrada-salida lineal entre los extremos del rango.
- Vamos a estudiar el caso de una red R/2R de un modo alternativo. Supongamos que estamos estudiando la red siguiendo el procedimiento mostrado en la figura adjunta: A partir de una resistencia de valor $a_n \cdot R$, creamos otra de valor $a_{n+1} \cdot R$ agregando una resistencia de valor R y otra de valor $2 \cdot R$.

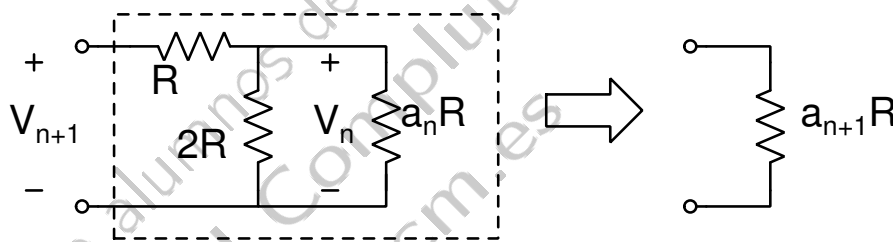


Figura 1: La red R/2R como una red de impedancias.

- Determine la relación que existen entre la resistencia $a_{n+1} \cdot R$ y la inmediatamente anterior, $a_n \cdot R$.
 - Determine qué le ocurre a la impedancia de la red si el primer término, $a_0 \cdot R$, es $2 \cdot R$.
 - Determine la relación que existe entre V_{n+1} y V_n .
 - Particularice al caso en que a_0 es $2 \cdot R$.
- Un convertor D/A de tipo R/2R de 8 bits de resolución se completa con un amplificador operacional con *slew rate* de valor $3 \text{ V}/\mu\text{s}$. Determine el margen mínimo que hay que dar al convertor para que se complete la transición entre dos valores de salida sabiendo que la referencia es de 5 V .
 - Se han caracterizado 4 convertidores A/D con una resolución de 12 bits y con una referencia de tensión unipolar de $3,3 \text{ V}$. Los datos experimentales se encuentran en una hoja de cálculo, bien en formato Open Document, bien en formato XLSX. A partir de un ajuste de mínimos cuadrados, determine los errores de *offset* y de ganancia. Asimismo, determine el error absoluto del ADC.

5. Se han estudiado las características de tres muestras de un ADC tipo SAR de 12 bits de resolución mediante el test de la rampa y mediante el de la senoide. En ambos casos, se introducía una onda, bien triangular, bien sinusoidal, entre -0,1 y 5,1 V de batido. Se tomaron al azar 10^6 muestras y se anotaron el número de veces que aparecía cada uno de los 4096 posibles valores (Hoja en formato ODS o en formato XLSX). Estudie estos datos, y determine cuáles son las características de cada muestra.

Nota: Grosso modo, podemos considerar que el número de apariciones N está dentro del margen estadístico si está dentro del intervalo $N_{PREV} \pm 2\sqrt{N_{PREV}}$, siendo N_{PREV} el número de veces que debe aparecer teóricamente.

6. Un conversor A/D de 16 bits trabaja entre 0 y 5 V se encuentra trabajando a una frecuencia de muestreo de 100 kHz. Determine la forma de la potencia espectral del ruido.
7. Una de las grandes ventajas de los conversores A/D tipo doble rampa es su gran inmunidad al ruido de la entrada. ¿Por qué? Asimismo, también permiten rechazar interferencias cuya frecuencia principal es conocida. ¿Cómo se haría?
8. Deseamos conocer la resolución mínima de un ADC apropiado para los casos siguientes:
- Hay que medir una tensión entre 0 y 5 V con una incertidumbre menor de 1 mV.
 - Una tensión entre 1 y 3 V con una incertidumbre menor de 50 μ V.
 - Una tensión entre 0 y 3,3 V con una incertidumbre menor del 0,05 %.
9. Es muy común usar Arduinos para instrumentación electrónica. Sabiendo que tienen integrados ADCs de 10 bits de resolución, ¿cuál es la precisión máxima que vamos a conseguir en la medida? Expresar el resultado en tantos por ciento.

Soluciones

- Las soluciones deberían en uno de los recuadros de la hoja de cálculo.
- La sucesión es¹ $a_{n+1} = \frac{3 \cdot a_n + 2}{a_n + 2}$. Si $a_0 = 2$, todos los coeficientes son iguales a 2 y la impedancia es constante sea cual sea el número de etapas que se añadan. $V_{n+1} = \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{a_n}\right) \cdot V_n$. Particularizando a $a_0 = 2$, $a_n = 2 \rightarrow V_{n+1} = 2 \cdot V_n$.
- El peor escenario aparece cuando hay que pasar de 0×00 a $0 \times FF$. El tiempo requerido es $T = \frac{(2^8 - 1)}{3} \cdot \frac{5}{2^8} = 1660 \text{ ns}$.
- La solución se encuentra en la segunda parte de la hoja de cálculo.
- En teoría, los datos de la rampa, excluidos los extremos, debían ser más o menos iguales al ser la probabilidad de cada valor idéntica. En el de la función seno, la probabilidad es proporcional a $[2048^2 - (N - 2048)^2]^{-1/2}$.
En el primer conversor, se aprecia que algunos valores no aparecen: Hay códigos perdidos. En el segundo, no hay códigos perdidos pero las desviaciones son muy grandes. Debe ser muy no lineal. En el último, el ajuste es prácticamente perfecto ya que está dentro del margen estadístico.
- $V_{LSB} = 5/2^{16} = 76,3 \mu V$, $P_{TOT} = V_{LSB}^2/12 = 4,85 \cdot 10^{-10} V^2$, $P(f) = 4,85 \cdot 10^{-15} V^2/Hz$ si $f \in [-50 \text{ kHz}, 50 \text{ kHz}]$, 0 en caso contrario².
- Al integrar, el ruido desaparece. Por otra parte, en caso de que el tiempo de carga de la primera fase coincida con el periodo de la interferencia, el efecto de ésta desaparece al ser integrada.
- a) $N_{MIN} = 13$, $N_{ACONS} = 15$, b) $N_{MIN} = 16$, $N_{ACONS} = 18$, c) $N_{MIN} = 11$, $N_{ACONS} = 13$
- No es recomendable utilizarlo para medir con mayor precisión que 8 bits. Por tanto, en la práctica la incertidumbre mínima es $2^{-8} \cdot 100 = 0,4\%$.

¹Corregido el 19/01/2018.

²Corregido el 21/01/2018.