

Sistema de adquisición de datos

La **adquisición de datos** es un proceso mediante el cual fenómenos físicos del mundo real (sistema analógico) son transformados en señales eléctricas. Estas señales son medidas y convertidas en formato digital (**conversión analógica-digital**) para su procesamiento, análisis y almacenamiento en una computadora. Para ello se utiliza un módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (**DAQ**). Un sistema de adquisición de datos (figura 1) se compone básicamente de [1,2]:

- Sensores y transductores
- Acondicionamiento de la señal
- Hardware y software para la adquisición de datos, PC (sistema de operación)



Figura 1: Partes de un sistema DAQ.

Transductores y sensores: Los transductores y sensores son la interface entre el mundo real y el sistema de adquisición. Éstos convierten un fenómeno físico en señales eléctricas. El transductor es un elemento de sensado que responde directamente a la cantidad física que se quiere medir (el transductor es referido frecuentemente como un sensor). Como todos los instrumentos de medición, éstos tienen un rango de trabajo.

Acondicionamiento de la señal: Las señales de los sensores o del mundo exterior pueden ser ruidosas o demasiado peligrosas para medirse directamente. El circuito de acondicionamiento de señales manipula una señal convirtiéndola en una señal apropiada para la entrada de la tarjeta de adquisición de datos. Este circuito puede incluir amplificación, atenuación, filtrado y aislamiento.

Hardware – software para la adquisición de datos (DAQ): En esta etapa la señal analógica medida se convierte a formato digital (usando un conversor analógico-digital: conversor A/D) y luego los datos se transfieren a una computadora (mediante un software) para su almacenamiento y análisis. Un conversor A/D es un chip que proporciona una representación digital de una señal analógica en un instante de tiempo. En la práctica, las señales analógicas varían continuamente con el tiempo y un conversor A/D realiza "muestras" periódicas de la señal a una razón predefinida. Estas muestras son transferidas a una PC donde la señal original es reconstruida.

En este último paso las tarjetas de adquisición de datos son las que se encargan de convertir las señales analógicas a digitales (conversor A/D) y de la comunicación con el ordenador. Los conversores A/D presentan varias ventajas:

- Flexibilidad de procesamiento
- Posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores (a fin de analizar los posibles errores)
- Gran capacidad de almacenamiento
- Rápido acceso a la información y toma de decisión

¿Cómo funciona una DAQ?

Un conversor A/D es un dispositivo electrónico capaz de convertir una señal analógica de voltaje en una señal digital con un valor binario. Las señales digitales o binarias pueden tener solo dos niveles o estados específicos: un estado “on” (encendido) en el cual la señal está en el nivel más alto, y un estado “off” (apagado) en el cual la señal está en el nivel más bajo (figura 2).

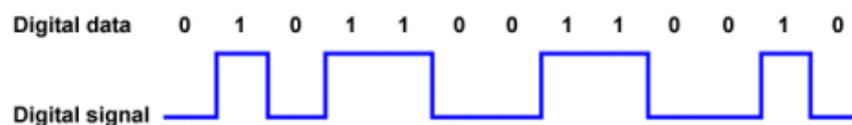


Figura 2: Representación de señales binarias

Estos conversores tienen un **rango operativo** en el cual se convertirá una señal de entrada. El rango indica los niveles máximo y mínimo dentro de los cuales debe encontrarse la señal de entrada (señal analógica) para que el conversor A/D la pueda digitalizar. Muchos dispositivos tienen el rango seleccionable (usualmente de 0 a 10 V o de -10 a 10 V).

Uno de los parámetros importantes de la tarjeta de adquisición DAQ es la **resolución en voltaje**. En conversores A/D suele especificarse el número de bits que el conversor emplea para digitalizar la señal analógica. El número de niveles en el cual se puede dividir el rango operativo para aproximar la señal de entrada viene dado por 2^n , siendo n el número de bits del conversor:

$$n^{\circ} \text{ de niveles} = 2^n \quad (1)$$

Y la resolución en voltaje (esto es el menor cambio en la tensión de entrada que puede detectar la placa) de la placa está determinada por el rango de medición y el número de bits de la misma:

$$\text{Resolución en voltaje} = \frac{\text{Rango operativo}}{2^n} \quad (2)$$

Ejemplo: Un conversor de 8 bits tendrá 256 niveles distintos. Suponiendo un rango de entrada de 10 V, la resolución en voltaje es $\frac{10 \text{ V}}{256} = 39 \text{ mV}$. Por lo tanto, variaciones de tensión menores a 39 mV no serán detectables. En las mismas condiciones, con una placa de 16 bits obtendríamos 65536 niveles y una resolución en voltaje de $\frac{10 \text{ V}}{65536} = 152 \mu\text{V}$.

La señal analógica se mapea en una particular combinación de bits (esto es, una sucesión de escalones) como se muestra en la figura 3: una señal analógica senoidal se convierte en una representación de 3 bits. Un conversor A/D de 3 bits divide el rango en 2^3 divisiones. Como podemos ver, una resolución de 3 bits no es una buena representación de la señal analógica original porque en la conversión se pierde mucha información. Aumentando la resolución de 3 bits ($2^3 = 8$ divisiones) a 16 bits ($2^{16} = 65.536$ divisiones) hace que la representación que se obtiene sea mucho más precisa.

Por lo tanto, cuanto mayor sea la resolución del DAQ, mayor es el número de divisiones del rango operativo y menor será el cambio detectable.

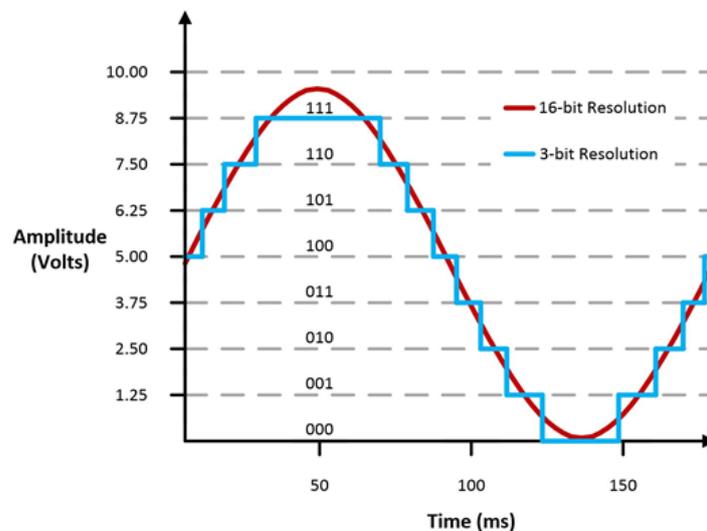


Figura 3: Onda senoidal adquirida con un conversor A/D de 3 bits y otro de 16 bits de resolución [3].

Muestreo de señales

Otro parámetro importante en la adquisición de señales es la velocidad con la que la tarjeta DAQ muestrea la señal de entrada: **frecuencia de muestreo**. Esto es, cada cuanto tiempo la señal registra un dato. Las muestras se definen en intervalos discretos de tiempo.

Una señal analógica $x(t)$ que se muestrea cada Δt segundos (Δt : período de muestreo) puede representarse por un conjunto de valores discretos: $\{x(0), x(\Delta t), x(2\Delta t), x(3\Delta t), \dots, x(k\Delta t), \dots\}$. $f_m = \frac{1}{\Delta t}$ es la frecuencia de muestreo. Unidades de frecuencia: $Hz = 1/s$ (Δt se mide en segundos).

La resolución temporal está dada por el intervalo de tiempo entre datos sucesivos, determinado por la frecuencia de adquisición o frecuencia de muestreo de datos ($resolución\ temporal = \frac{1}{f_m}$). Esta frecuencia puede ser determinada por el usuario pero sólo en un cierto rango, que depende de la duración del evento y del número total de datos permitidos por el programa. Por ejemplo, si la frecuencia de adquisición es de 1000 Hz, la resolución temporal es de $1 / 1000\ Hz = 1\ ms$.

Un factor crítico es determinar con qué frecuencia se debería muestrear una señal analógica para poder reconstruir la señal de entrada con la mayor exactitud. Una posibilidad es muestrear a la frecuencia máxima disponible del DAQ. Sin embargo, si se muestrea muy rápido durante largos períodos de tiempo, puede que no se tenga memoria o espacio en el disco rígido suficiente para guardar los datos. En la figura 4 se muestra una señal analógica y su correspondiente muestreo a diferentes frecuencias de muestreo.

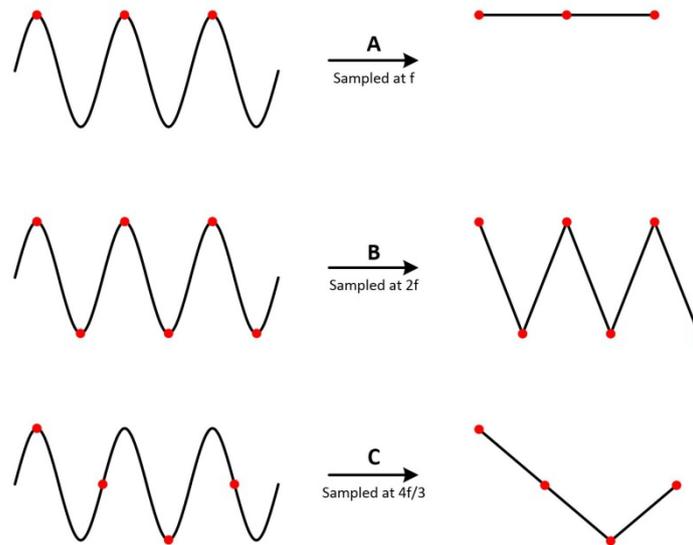


Figura 4: Efecto de la frecuencia de muestreo para reconstruir la señal de entrada (onda senoidal de frecuencia f)

Aliasing

Un muestreo demasiado lento da lugar al *aliasing* que es una mala representación de la señal analógica. Un bajo muestreo causa que la señal aparezca como si tuviera una frecuencia diferente a la real (figura 5). Para evitar *aliasing* hay que muestrear varias veces más rápido que la frecuencia de la señal.

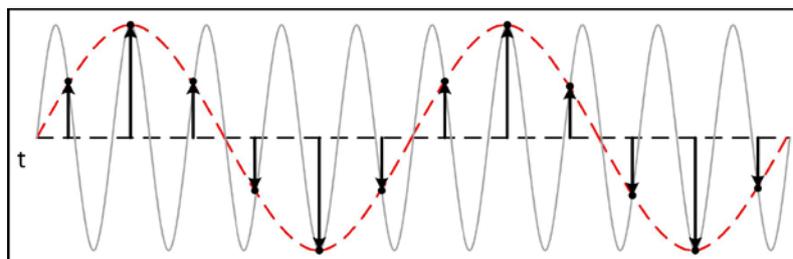


Figura 5: El aliasing ocurre cuando la frecuencia de muestreo es demasiado baja dando como resultado una representación inadecuada de la señal.

Una pregunta muy frecuente es “¿Cuán rápido se debe muestrear?”. El *teorema de Nyquist* (teorema de muestreo) proporciona un punto de partida para una adecuada frecuencia de muestreo: se debe muestrear a una frecuencia mayor que dos veces la frecuencia más alta de la señal ($f_m > 2f_{señal}$). Desafortunadamente, esta frecuencia a menudo es inadecuada para los propósitos prácticos. En consecuencia, típicamente el muestreo se hace varias veces por encima de la máxima frecuencia de la señal ($f_m \geq 10f_{señal}$).

Referencias

- [1] Maurizio Di Paolo Emilio, *“Data Acquisition Systems: From Fundamentals to Applied Design”*, Springer, New York (2013).
- [2] National Instruments: ¿Qué es Adquisición de Datos? URL: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- [3] National Instruments: Acquiring an analog signal. URL: <http://www.ni.com/white-paper/2709/en/>