Instrumentación y Control - Sistemas de Adquisición

21 de Mayo de 2019

Contenido

Señales analógicas

Señales de reloj

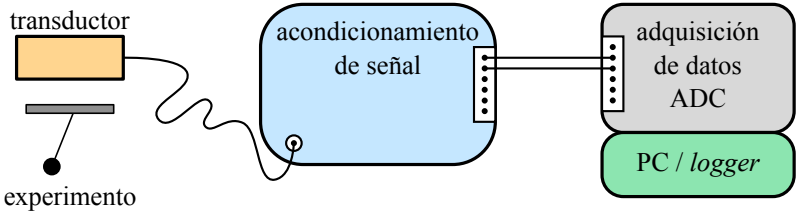
Hoja de datos

Señales analógicas

Digitalizar

Objetivo

- Convertir una señal analógica en una señal digital
- Facilitar el análisis
- Almacenar datos
- *etc*



Digitalizar

Acondicionamiento de señal

- Amplificar: compatibilizar con el rango de entrada del ADC
- Aislar: evitar conflictos de tierras y transitorios de alta tensión
- Multiplexar: adquirir más de una señal con una única entrada
- Filtrar: remover componentes no deseadas
- Linearizar: ajustar la respuesta del transductor
- Ancho de banda: respuesta en frecuencia que produce pérdida de información

Digitalizar

DAQ - Entradas analógicas

- Frecuencia de muestreo (SR): determina la tasa de conversión
- Multiplexar: medición de varias señales con un único ADC (divide SR)
- Resolución: número de bits utilizados para representar la señal analógica
- Rango: valores mínimo y máximo de tensión que el ADC puede medir
- Ruido: señales no deseadas que introduce el proceso de digitalización

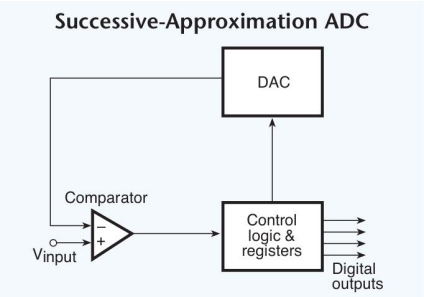
ADC

- Convierten una señal analógica a un número binario
- La representación binaria es una aproximación del valor analógico
- Mayor **resolución**, mejor será la aproximación

Tipos de ADC

- Aproximación sucesiva
- Tensión a frecuencia
- Integradores
- Sigma-Delta

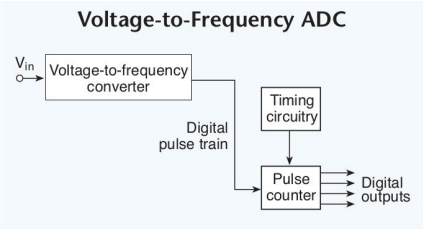
ADC



Aproximación sucesiva

- Comparaciones sucesivas desde el MSB al LSB
- Lentos, comparaciones en serie
- Esperas hasta establecer DAC
- Económicos (12 y 16 bits)

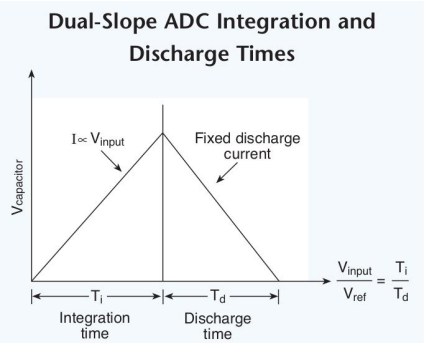
ADC



Tensión a frecuencia

- Señal analógica a tren de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la amplitud de la señal
- Se cuentan pulsos sobre una determinada ventana temporal
- Esta integración reduce ruido
- Se aprovecha la señal digital para transmitir largas distancias

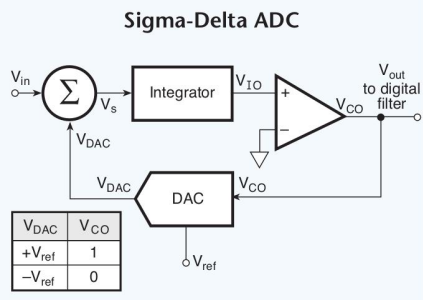
ADC



Integrador

- Medir el tiempo de carga de un capacitor
- T_i: Corriente de carga proporcional a señal de entrada, T_i fijo
- T_d: Se fija una corriente fija de descarga
- Un contador digital es utilizado para determinar T_d

ADC



V_{DAC}	V_{CO}
$+V_{ref}$	1
$-V_{ref}$	0

Sigma-Delta

- Lazo de realimentación mediante un DAC
- Utiliza un valor anterior almacenado en el integrador
- La salida digital estará dada por el estado del comparador
- Alta resolución (16 y 24 bits)
- Económicos (DAC de un bit)

Settling time

Cuando multiplexamos, existe un tiempo de respuesta en el que el dispositivo se configura a las especificaciones particulares de cada canal

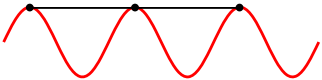
- Utilizar fuentes de baja impedancia
- Cableado de alta calidad
- Elegir el orden adecuado de escaneo (de menor a mayor)
- Evitar escanear más rápido de lo necesario

Frecuencia de muestreo

Nyquist / Teorema del muestreo

- Determina la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal

$$f_s > 2\, f_0$$



$f_s = f_0$

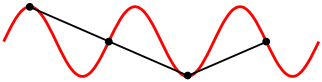
- Es reconstruida con un valor de tensión constante
- Es reconstruida con frecuencia $f_0/3$
- Es reconstruida con frecuencia f_0

Frecuencia de muestreo

Nyquist / Teorema del muestreo

- Determina la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal

$$f_s > 2\ f_0$$



$f_s = 4/3\ f_0$

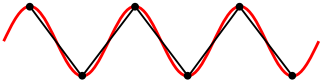
- Es reconstruida con un valor de tensión constante
- Es reconstruida con frecuencia $f_0/3$
- Es reconstruida con frecuencia f_0

Frecuencia de muestreo

Nyquist / Teorema del muestreo

- Determina la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal

$$f_s > 2\ f_0$$



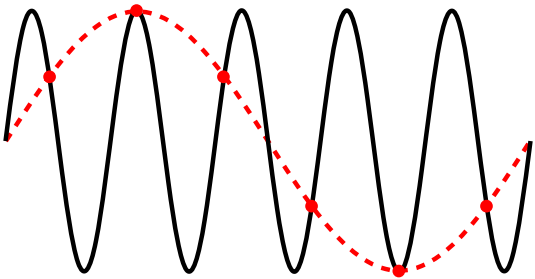
$f_s = 2\ f_0$

- Es reconstruida con un valor de tensión constante
- Es reconstruida con frecuencia $f_0/3$
- Es reconstruida con frecuencia f_0

Frecuencia de muestreo

Aliasing

- Dependiendo de la elección de la frecuencia de muestreo, componentes de baja frecuencia pueden aparecer en el espectro de los datos muestreados

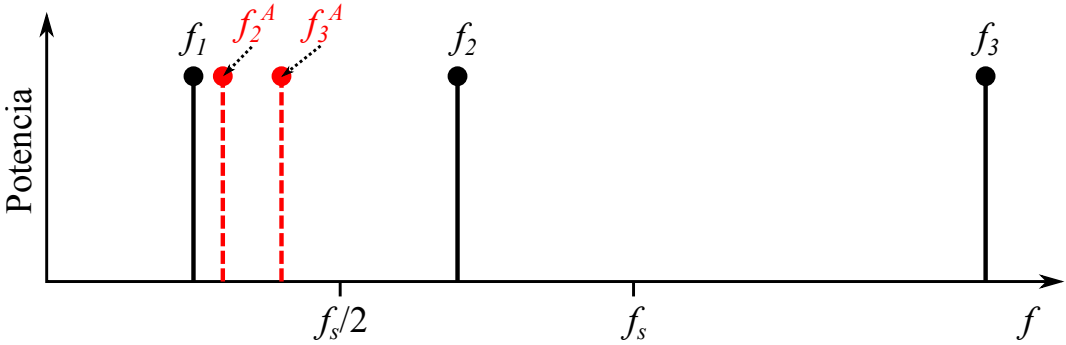


Frecuencia de muestreo

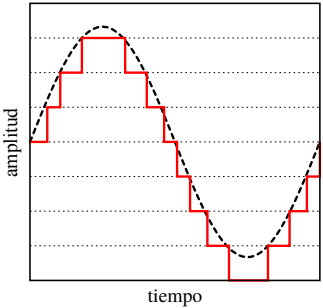
Aliasing

$$\text{Entrada} = f_1 + f_2 + f_3$$

$$f^A = \min |k\ f_s - f|\ , f > f_s/2$$



Resolución



3 bit ADC

- Los bits determinan el número de niveles verticales en los que se representa la señal

$$\#\text{niveles} = 2^{\#\text{ bits}}$$

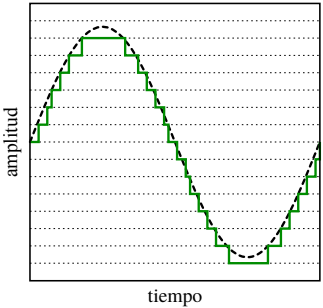
- La tensión de discretización mínima dependerá del rango de entrada (LSB)

$$V_{\text{min}} = \text{rango}/\#\text{niveles}$$

- Más bits, mayor resolución (no exactitud!)
- Cada bit disminuye el error (error de redondeo)

$$\text{SQNR} = 20 \log 2^3 \approx 18 \text{ dB}$$

Resolución



4 bit ADC

- Los bits determinan el número de niveles verticales en los que se representa la señal

$$\#\text{niveles} = 2^{\#\ \text{bits}}$$

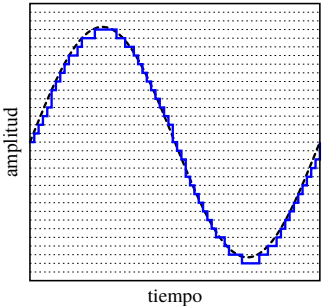
- La tensión de discretización mínima dependerá del rango de entrada (LSB)

$$V_{\text{min}} = \text{rango}/\#\text{niveles}$$

- Más bits, mayor resolución (no exactitud!)
- Cada bit disminuye el error (error de redondeo)

$$\text{SQNR} = 20 \log 2^4 \approx 24\ \text{dB}$$

Resolución



5 bit ADC

- Los bits determinan el número de niveles verticales en los que se representa la señal

$$\#\text{niveles} = 2^{\#\ \text{bits}}$$

- La tensión de discretización mínima dependerá del rango de entrada (LSB)

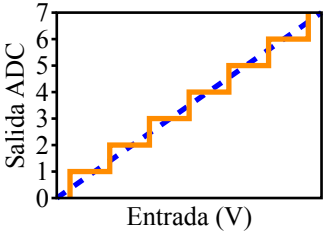
$$V_{\text{min}} = \text{rango}/\#\text{niveles}$$

- Más bits, mayor resolución (no exactitud!)
- Cada bit disminuye el error (error de redondeo)

$$\text{SQNR} = 20 \log 2^5 \approx 60\ \text{dB}$$

Resolución

Errores de conversión

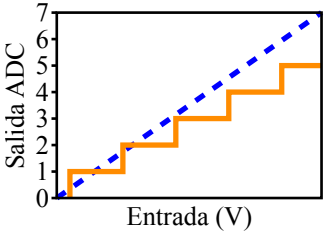


- Conversor de ∞ bits
- Conversor de 3 bits

- Error de cuantificación: $e_q = v_q - v_i$
- Ideal
- Error de ganacia
- Error de *offset*
- Error de linealidad
- Código faltante

Resolución

Errores de conversión

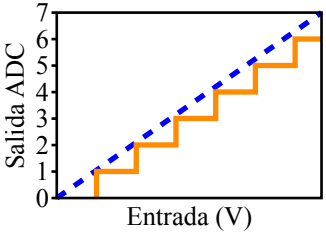


- Conversor de ∞ bits
- Conversor de 3 bits

- Error de cuantificación: $e_q = v_q - v_i$
- Ideal
- Error de ganacia
- Error de *offset*
- Error de linealidad
- Código faltante

Resolución

Errores de conversión

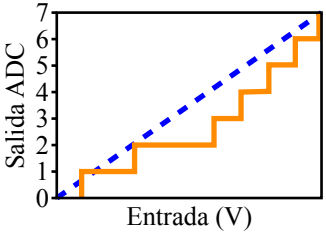


- Conversor de ∞ bits
- Conversor de 3 bits

- Error de cuantificación: $e_q = v_q - v_i$
- Ideal
- Error de ganacia
- Error de *offset*
- Error de linealidad
- Código faltante

Resolución

Errores de conversión

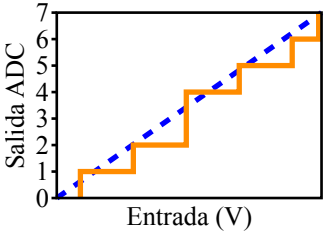


- Conversor de ∞ bits
- Conversor de 3 bits

- Error de cuantificación: $e_q = v_q - v_i$
- Ideal
- Error de ganacia
- Error de *offset*
- Error de linealidad
- Código faltante

Resolución

Errores de conversión



- Conversor de ∞ bits
- Conversor de 3 bits

- Error de cuantificación: $e_q = v_q - v_i$
- Ideal
- Error de ganacia
- Error de *offset*
- Error de linealidad
- Código faltante

Resolución

Dithering

- “Aumenta” la resolución, no la exactitud
- Involucra cierta estocasticidad
- Reduce el error de cuantificación
- Sobremuestrear y promediar

Ver, por ejemplo, Etchenique & Aliaga (2004)

Resolución

Dithering [Roozmeh and Mardani - 2012]

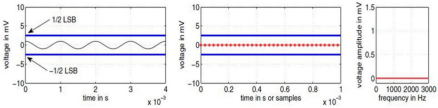


Figure 1. Left: analog version of the *wanted signal* (sinusoidal fluctuation, $f = 1000$ Hz, amplitude $U_{amp} = 1$ mV); middle: digitized *wanted signal*; right: amplitude spectrum of the digitized *wanted signal*.

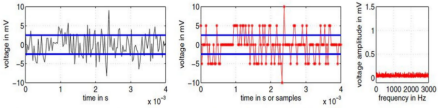


Figure 2. Left: analog version of white noise ($\sigma = 3$ mV); middle: digitized white noise; right: amplitude spectrum of white noise.

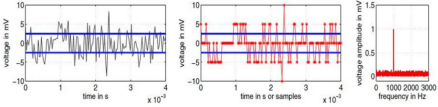


Figure 3. Left: analog version of the *complete signal* (sinusoidal fluctuation and white noise); middle: digitized *complete signal*; right: amplitude spectrum of the *complete signal*.

Otras características

Sensibilidad

- Es el menor cambio en la entrada que el dispositivo puede resolver
- **NO** confundir sensibilidad con el ancho del discretización
- La definción depende de cada instrumento

Precisión

- Se refiere a la variabilidad entre mediciones iguales
- Mayormente afectado por el ruido y efectos térmicos

$$P = 1 - \frac{\Delta M}{M}$$

Otras características

Exactitud

- Capacidad del instrumento de indicar de manera fiable el valor medido
- No está relacionado con la resolución pero, la exactitud no puede ser mejor que esta
- Especificada en las escalas horizontal y vertical

Osci ganacia, *offset*, % de escala, etc

DMM % de lectura, *ppm* del rango, *offset*, etc

DAQ ganancia, *offset*, ruido

- En general, los valores dependen de la temperatura

Otras características

Trigger

- Evento externo que fija el comienzo y finalización de una operación
- La función de *trigger* sincroniza la adquisición y la generación de señales a un pulso digital externo
- Caputar información en un momento dado
- Limitar la cantidad de información a almacenar y procesar
- Puede ser analógico (por nivel) o digital (por flanco)

Fuentes de ruido

Tipos de ruido

- Ruido térmico (Johnson): electrones en constante movimiento, $\eta \propto \sqrt{T\ R}$
- Ruido flicker ($1/f$): originado en los materiales semiconductores

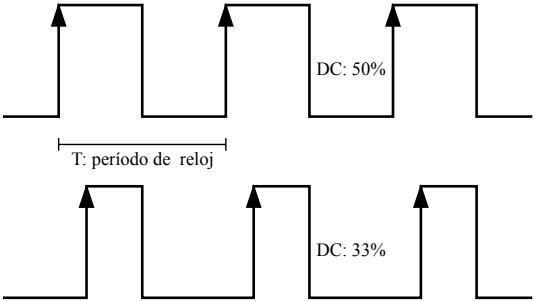
Estrategias

- En lo posible, utilizar resistencias de bajo valor
- Reducir el ancho de banda del circuito
- Prevenir efectos de ruido externos, tierras, blindaje, cableado, filtros, etc
- Dispositivo DAQ externo

Señales de reloj

Señales de reloj

- La información es codificada en señales digitales que se representan por 0 y 1
- Es necesario tener una señal que permita establecer una referencia común



Señales de reloj

Jitter

Variabilidad del período de la señal de reloj

Aberraciones

Efectos transitorios luego de un cambio de estado (*overshoot, preshoot, undershoot*)

Tiempo de subida y bajada

Tiempo entre cambio de niveles lógicos

Señales de reloj

Tiempo de estabilización

Es el tiempo necesario para alcanzar un nivel con una determinada exactitud

Histéresis

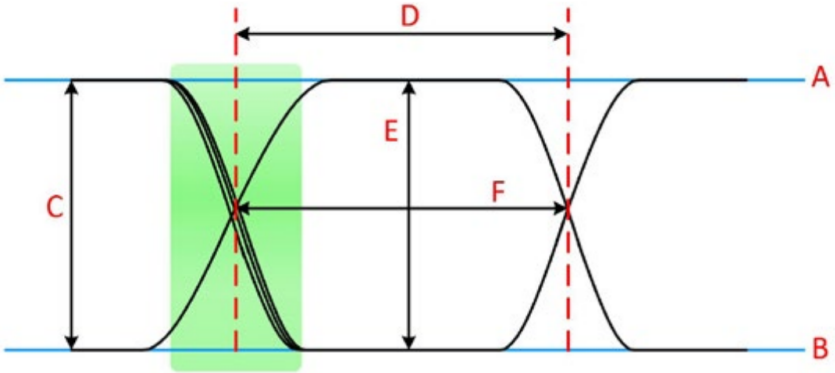
Introduce inmunidad contra componentes de alta frecuencia evitando falsas transiciones

Diagrama de ojo

Herramienta para analizar errores de tiempo y nivel

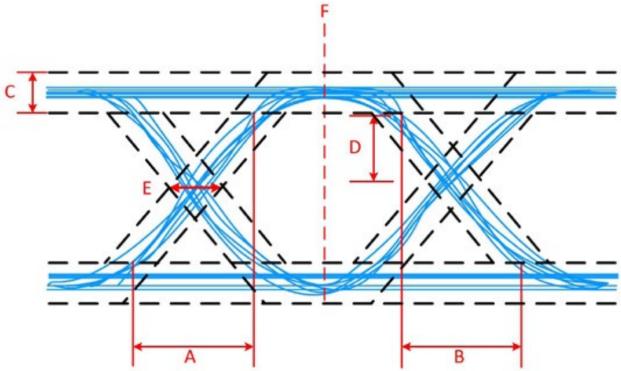
Señales de reloj

Diagrama de ojo



Señales de reloj

Diagrama de ojo



Hoja de datos: NI-USB 6008/6009

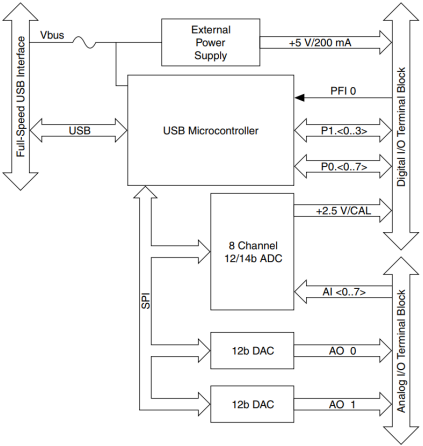
NI-USB 6008/6009

Table 1. NI USB-6008 and NI USB-6009 Comparison

Feature	NI USB-6008	NI USB-6009
AI resolution	12 bits differential, 11 bits single-ended	14 bits differential, 13 bits single-ended
Maximum AI sample rate, single channel[1]	10 kS/s	48 kS/s
Maximum AI sample rate, multiple channels (aggregate)[1]	10 kS/s	48 kS/s
DIO configuration	Open collector[2]	Each channel individually programmable as open collector or active drive[2]

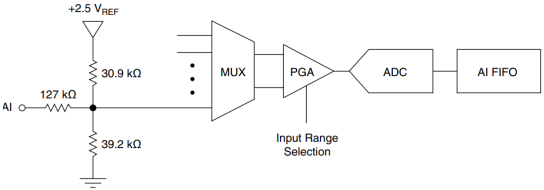
NI-USB 6008/6009

Figure 1. NI USB-6008/6009 Block Diagram



NI-USB 6008/6009

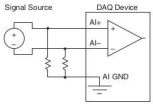
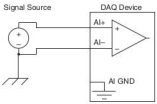
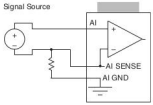
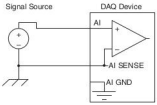
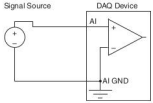
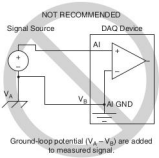
Figure 7. NI USB-6008/6009 Analog Input Circuitry



The main blocks featured in the NI USB-6008/6009 analog input circuitry are as follows:

- **MUX**—The NI USB-6008/6009 has one analog-to-digital converter (ADC). The multiplexer (MUX) routes one AI channel at a time to the PGA.
- **PGA**—The programmable-gain amplifier provides input gains of 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, or 20 when configured for differential measurements and gain of 1 when configured for single-ended measurements. The PGA gain is automatically calculated based on the voltage range selected in the measurement application.
- **ADC**—The analog-to-digital converter (ADC) digitizes the AI signal by converting the analog voltage into digital code.
- **AI FIFO**—The NI USB-6008/6009 can perform both single and multiple analog-to-digital conversions of a fixed or infinite number of samples. A first-in-first-out (FIFO) buffer holds data during AI acquisitions to ensure that no data is lost.

NI-USB 6008/6009

AI Ground-Reference Setting*	Floating Signal Sources (Not Connected to Building Ground) Examples: • Ungrounded thermocouples • Signal conditioning with isolated outputs • Battery devices	Ground-Referenced Signal Sources‡ Example: • Plug-in instruments with non-isolated outputs
Differential		
Non-Referenced Single-Ended (NRSE)		
Referenced Single-Ended (RSE)		

Actividades propuestas

- Caracterizar como varía la frecuencia de una señal adquirida en función de la frecuencia de entrada. ¿cómo afecta a dicha relación la frecuencia de muestreo?
- Estudiar como afecta el *settling time* en los valores medidos. Estudiar cómo influyen los rangos del amplificador de ganancia programada
- Medir relaciones señal-ruido de una señal conocida como función de la configuración de medición (DIFF, NRSE, RSE)
- Explorar los límites temporales de adquisición en modo de adquisición contínuo o de muestra finita
- Estudiar/implementar la técnica de *dithering*