

Instrumentación Electrónica

**Sistemas de adquisición de datos
SAD's**

José A. Jiménez



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice



- ❑ **Lección 0. Objetivos del tema.**
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.



Sistemas de Adquisición de datos (SAD).

Lección 0. Objetivos del tema



- ❑ Describir los componentes que forman un dispositivo de adquisición de datos (DAQ) y su funcionalidad.
- ❑ Estudio de los parámetros más importantes de los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Presentar las diferentes arquitecturas que pueden adoptar los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Estudiar el conexionado de señales a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Estudiar los elementos hardware y software necesarios para la implementación de un sistema de adquisición de datos.



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice



- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ **Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.**
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.

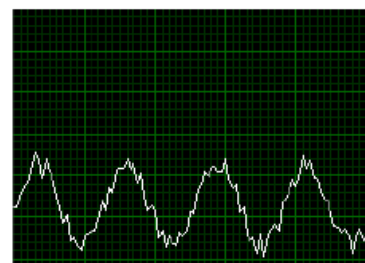
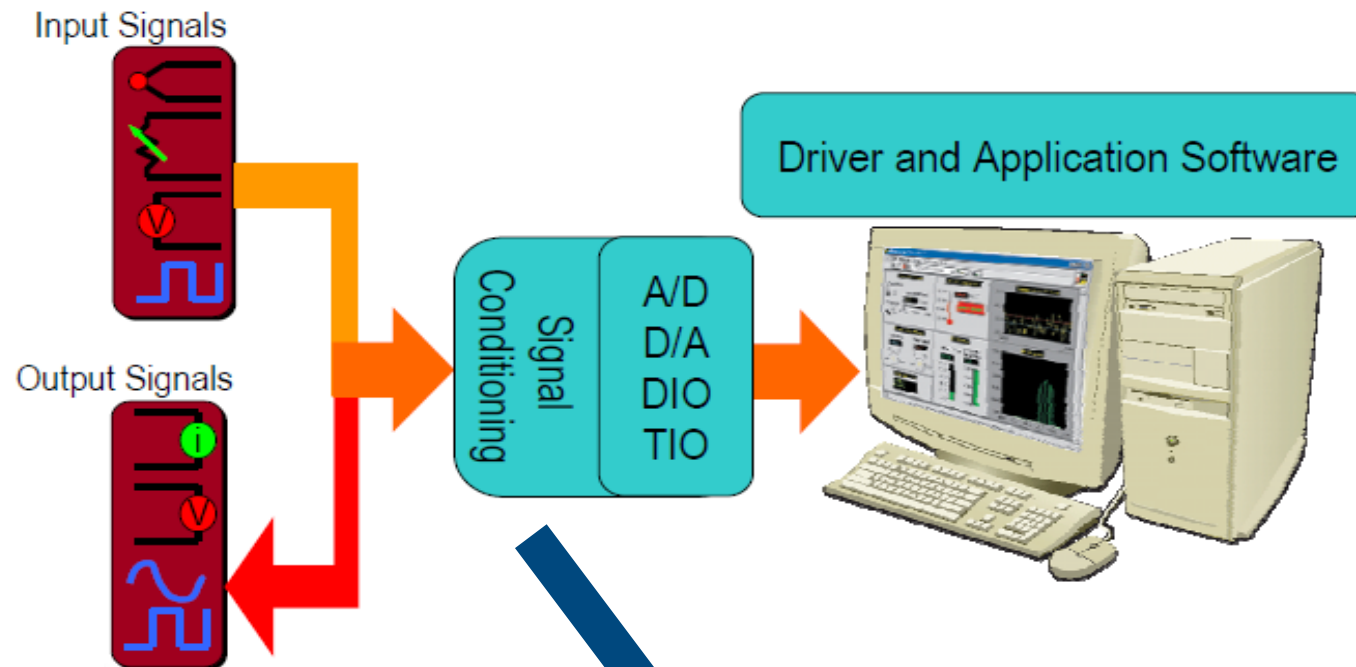


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 1. Introducción SAD's.

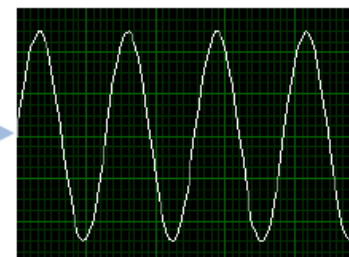


Arquitectura típica de un sistema de adquisición de datos basado en ordenador.



Noisy, Low-Level Signal

Signal Conditioning

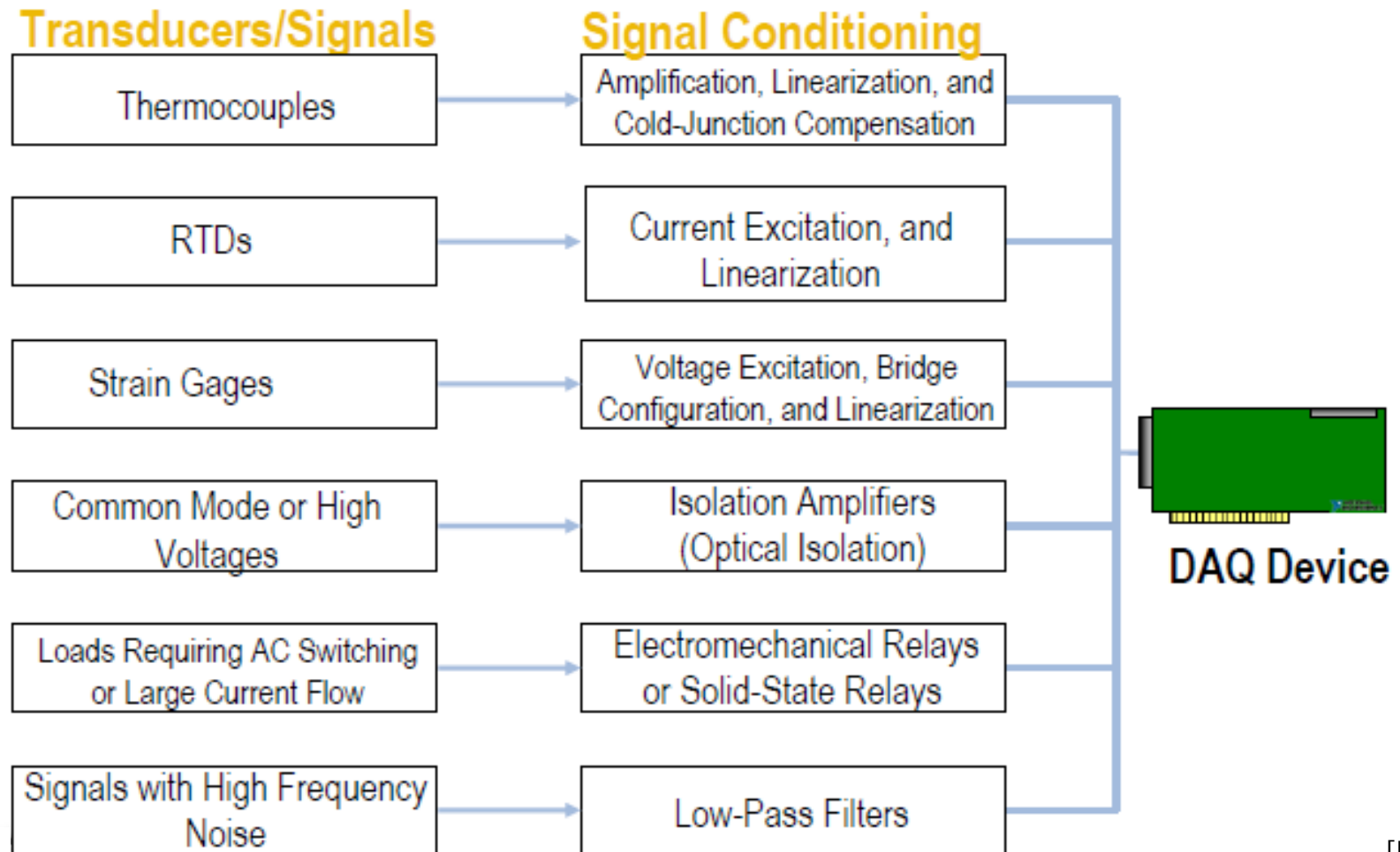


Filtered, Amplified Signal

[Ref. 1]



Acondicionamiento en función del tipo de sensor.



[Ref. 1]

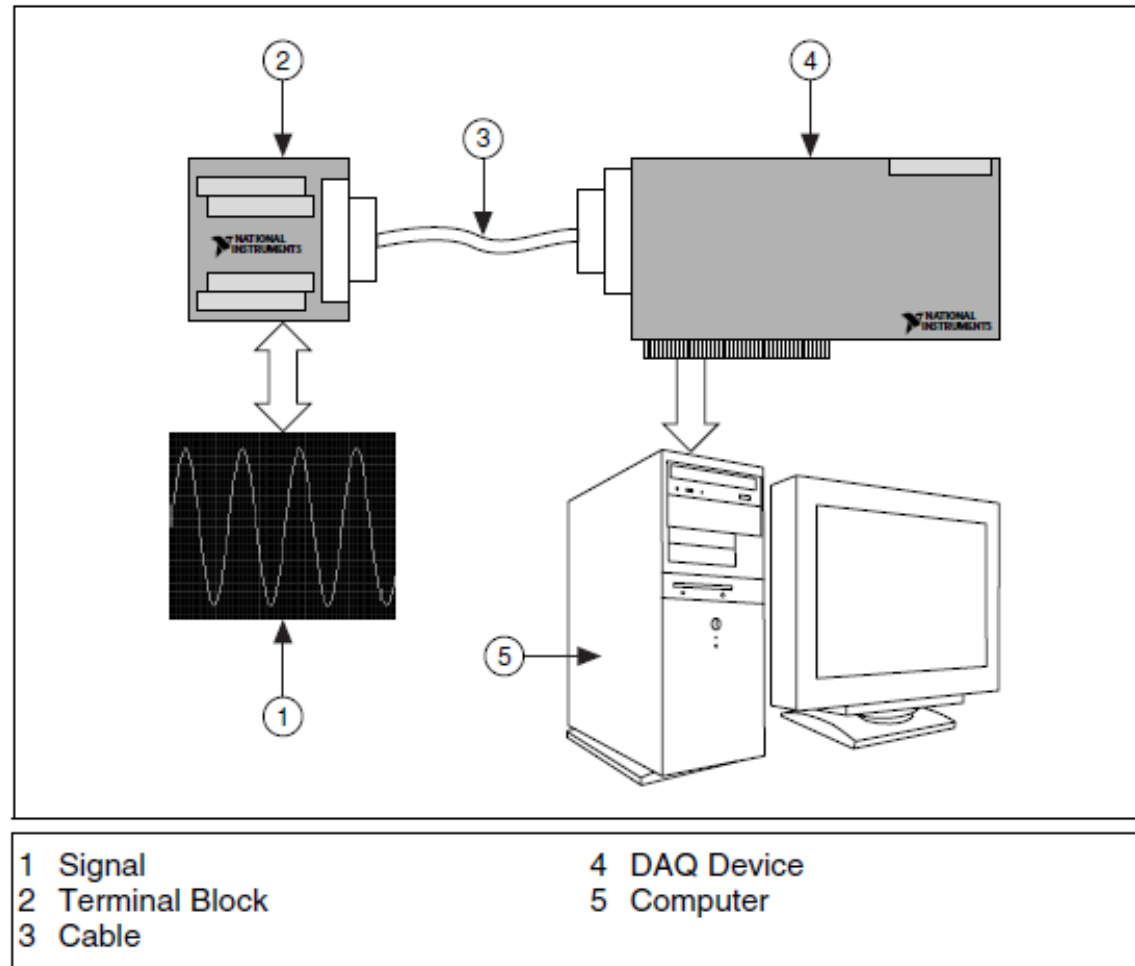


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 1. Introducción SAD's.



Elementos de un sistema de adquisición de datos.



[Ref. 2]

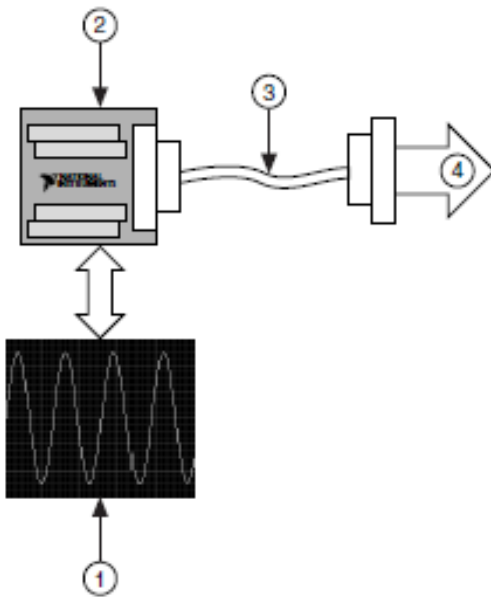


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 1. Introducción SAD's.



Bloque de terminales.



| | | | |
|----------------------|----|----|--------------------|
| ACH8 | 34 | 68 | ACH0 |
| ACH1 | 33 | 67 | AIGND |
| AIGND | 32 | 66 | ACH9 |
| ACH10 | 31 | 65 | ACH2 |
| ACH3 | 30 | 64 | AIGND |
| AIGND | 29 | 63 | ACH11 |
| ACH4 | 28 | 62 | AISENSE |
| AIGND | 27 | 61 | ACH12 |
| ACH13 | 26 | 60 | ACH5 |
| ACH6 | 25 | 59 | AIGND |
| AIGND | 24 | 58 | ACH14 |
| ACH15 | 23 | 57 | ACH7 |
| DAC0OUT ¹ | 22 | 56 | AIGND |
| DAC1OUT ¹ | 21 | 55 | AOGND |
| EXTREF ² | 20 | 54 | AOGND |
| DIO4 | 19 | 53 | DGND |
| DGND | 18 | 52 | DIO0 |
| DIO1 | 17 | 51 | DIO5 |
| DIO6 | 16 | 50 | DGND |
| DGND | 15 | 49 | DIO2 |
| +5V | 14 | 48 | DIO7 |
| DGND | 13 | 47 | DIO3 |
| DGND | 12 | 46 | SCANCLK |
| PFI0/TRIG1 | 11 | 45 | EXTSTROBE* |
| PFI1/TRIG2 | 10 | 44 | DGND |
| DGND | 9 | 43 | PFI2/CONVERT* |
| +5V | 8 | 42 | PFI3/GPCTR1_SOURCE |
| DGND | 7 | 41 | PFI4/GPCTR1_GATE |
| PFI5/UPDATE* | 6 | 40 | GPCTR1_OUT |
| PFI6/WFTRIG | 5 | 39 | DGND |
| DGND | 4 | 38 | PFI7/STARTSCAN |
| PFI9/GPCTR0_GATE | 3 | 37 | PFI8/GPCTR0_SOURCE |
| GPCTR0_OUT | 2 | 36 | DGND |
| FREQ_OUT | 1 | 35 | DGND |

- Disponen de varios terminales de tierra para prevenir la necesidad de que coexista el cableado de retorno a tierra. Esto disminuye la probabilidad de interferencias entre señales.



Layout bloque terminales

[Ref. 2]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 1. Introducción SAD's.



Bloque de terminales.

- Existen diferentes alternativas de bloques de terminales: blindados, no-blindados, conexión en raíl, etc.



- Conectores BNC para E/S analógica
- Bloque de terminal para conexiones de E/S digital y de temporización
- Cubierta blindada



- Terminales de tornillo para conexiones de E/S fáciles
- 2 áreas de tablero de uso general
- Sensor de compensación de unión fría interno para medidas de termopares a bajo costo
- Tapa magnética desmontable, compatibilidad de riel DIN y un fusible reajutable

[Ref. 3]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 1. Introducción SAD's.



Bloque de terminales.

- Alternativas de bloques de terminales: blindados, no-blindados, conexión en raíl, etc.



- Conectividad de terminal de tornillo a 37 señales de E/S
- Conector D-SUB hembra de 37 pines
- Montaje de riel DIN horizontal
- Alto voltaje (150 V), reconocido por UL

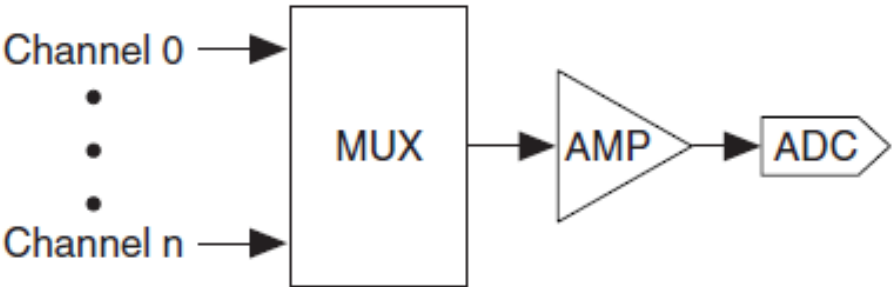
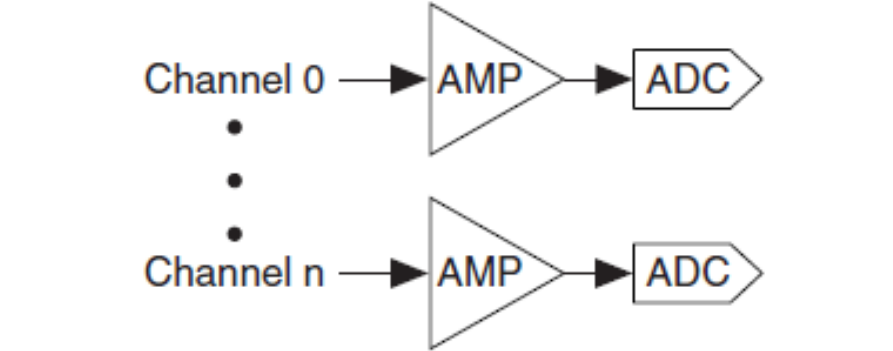


- Accesorio de terminación con 68 terminales de tornillo
- Fácil conexión de señales de E/S en campo a dispositivos DAQ de 68 pines

[Ref. 3]



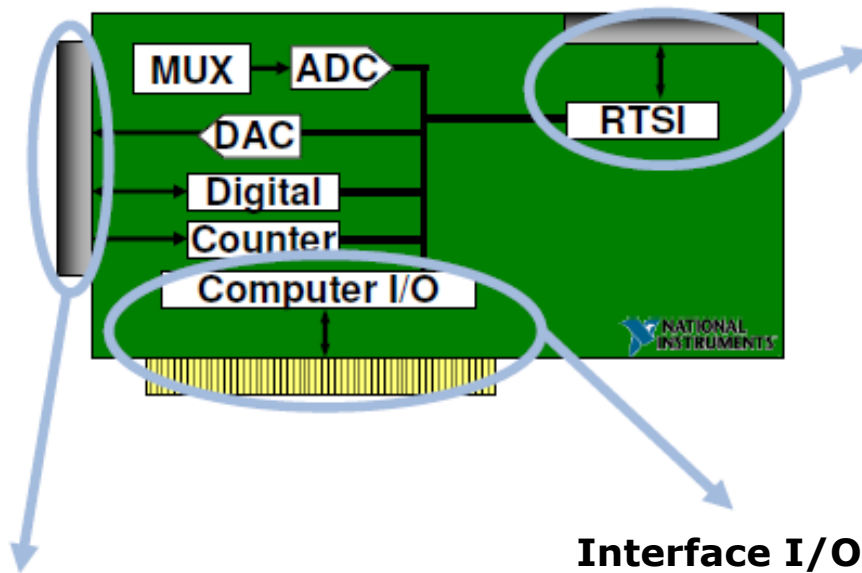
Arquitecturas SAD.

| | |
|--|--|
| <p>One amplifier and A/D Converter for ALL channels</p> <ul style="list-style-type: none">• Cost effective• Used on most E Series devices |  <p>Channel 0 →</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>Channel n →</p> <p>MUX</p> <p>AMP</p> <p>ADC</p> <p>Interval and Round-Robin Sampling Architecture</p> |
| <p>One amplifier and A/D Converter for EACH channel</p> <ul style="list-style-type: none">• More expensive• Used on PCI-611X family |  <p>Channel 0 →</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>Channel n →</p> <p>AMP</p> <p>ADC</p> <p>AMP</p> <p>ADC</p> <p>Simultaneous Sampling Architecture</p> |

[Ref. 1]



Subsistemas de un dispositivo de adquisición de datos.



Bus Real-Time System Integration (RTSI):

- Utilizado para sincronizar múltiples dispositivos DAQ.
- Permite compartir señales de temporización y disparo entre varios dispositivos DAQ.

Interface I/O con el ordenador:

- Conecta el DAQ al ordenador.
- Diferentes posibilidades de interface: PCI, PCIe, USB, IEEE 1394, etc.

Conector I/O: Conecta las señales a la tarjeta a través del bloque de conexión.

[Ref. 1]



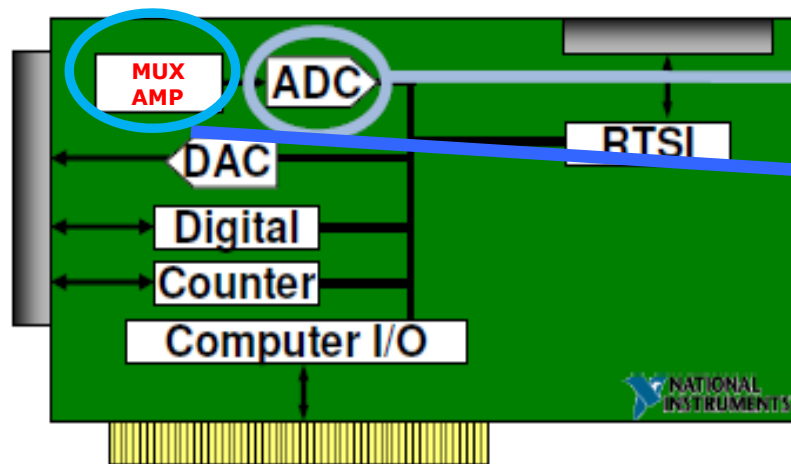
Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 1. Introducción SAD's.



Subsistemas de un dispositivo de adquisición de datos:

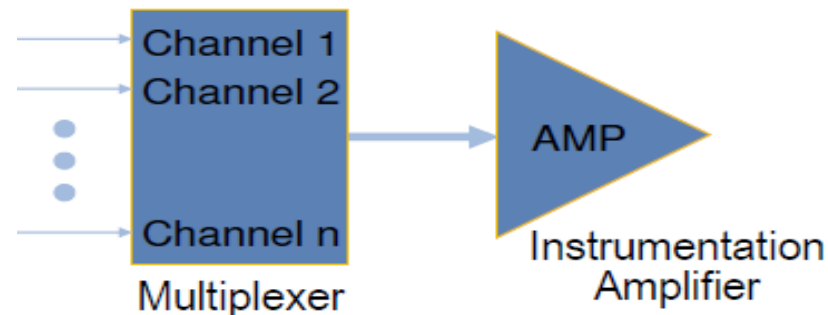
Módulo de adquisición analógica → Multiplexor + Amplificador + A/D



CONVERSION A/D.

ELECTRÓNICA ANALÓGICA DE ENTRADA:

- 1. Multiplexor:** En caso de DAQ con multiplexación.
- 2. Amplificador de instrumentación:** necesario para adaptar el nivel de las señales de entrada al rango requerido por el ADC.

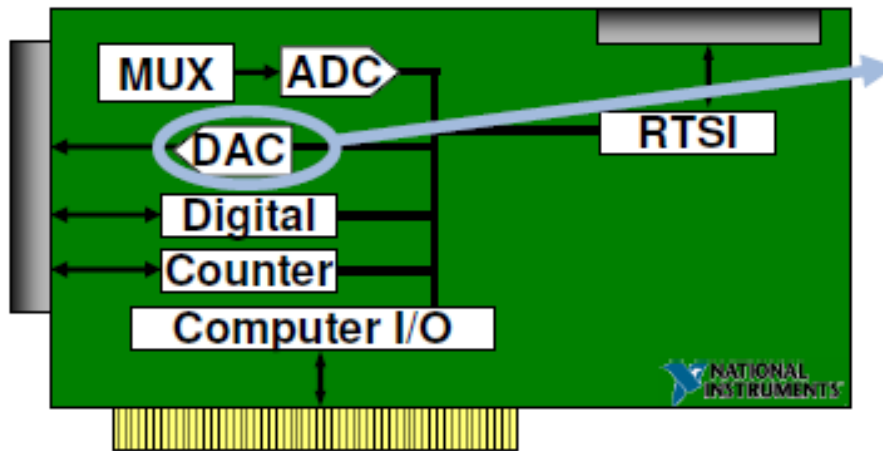


[Ref. 1]



Subsistemas de un dispositivo de adquisición de datos:

Módulo de salida analógica → DAC



CONVERSOR DAC:

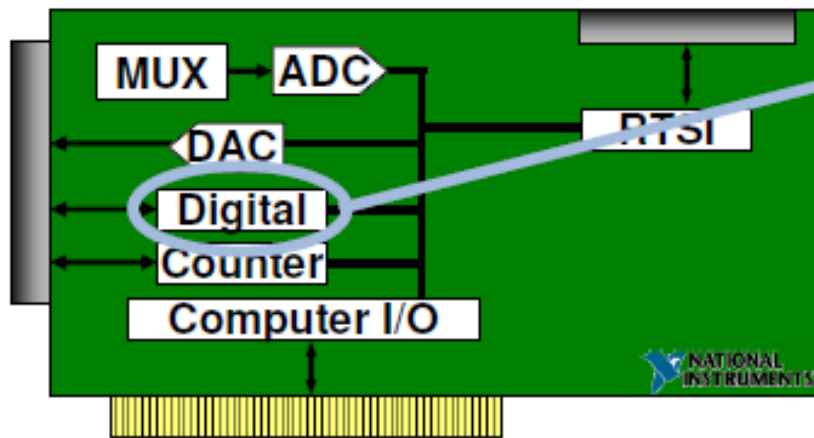
- 1. Generación de señales:** convierte códigos digitales a señal analógica disponible a través del bloque de conexiones.
- 2. Aplicaciones:** generación de señales DC, de tonos específicos, de diferentes formas de onda, control PID, control de servos, etc.

[Ref. 1]



Subsistemas de un dispositivo de adquisición de datos:

Módulo de entrada/salida digital → I/O digital



I/O digital:

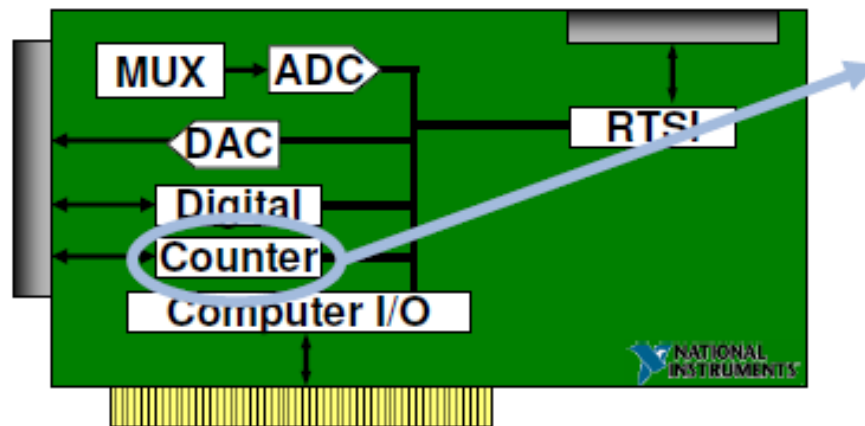
1. Las líneas digitales (DIO) pueden configurarse con entrada y salida.
2. Tecnología TTL.
3. Útiles para detectar estados (ON/OFF) de dispositivos o activarlos.
4. No tienen nada que ver con la adquisición de señales analógicas. Las líneas digitales simplemente se leen o escriben.

[Ref. 1]



Subsistemas de un dispositivo de adquisición de datos:

Módulo temporizadores → Timers o contadores.



Contadores:

1. Las tarjetas de adquisición los utilizan para su propia temporización: frecuencia de muestreo, intervalos temporales cuando se realizan adquisiciones en modo SCAN, etc.
2. Adicionalmente disponen de timers/contadores de propósito general que pueden utilizarse para aplicaciones tales como medida de frecuencia, medida de anchura de pulso, etc.

[Ref. 1]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice



- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ **Lección 2. Muestreo y conversión A/D.**
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.



Adquisición señales analógicas.

Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Cualquier función periódica de periodo T se puede descomponer en una suma de senos y cosenos:

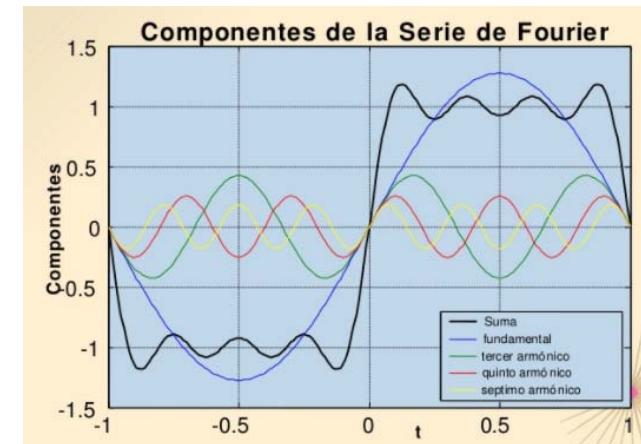
$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n}{T}t\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n}{T}t\right) \right)$$

siendo:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) \cos\left(\frac{2\pi n}{T}t\right) dt, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) \sin\left(\frac{2\pi n}{T}t\right) dt, \quad n = 1, 2, \dots$$

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left[\text{sen}(\omega_0 t) + \frac{1}{3} \text{sen}(3\omega_0 t) + \frac{1}{5} \text{sen}(5\omega_0 t) + \dots \right]$$



Para $n = 1$ las ondas tienen la misma frecuencia que la función $f(t)$:

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$$

Esta frecuencia es conocida como **frecuencia fundamental**. El resto de ondas tienen frecuencias múltiplo de la fundamental:

$$\omega_n = \frac{2\pi n}{T} = n \cdot \omega_1$$



Adquisición señales analógicas.

Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Serie de Fourier en notación compleja:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{i2\pi nt/T}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) e^{-i2\pi nt/T} dt, \quad C_n \in \mathbb{C}$$

Transformada de Fourier.

La **Transformada de Fourier** es una herramienta matemática que permite obtener los coeficientes de Fourier (a_n , b_n y/o C_n) y se define como:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-i2\pi ft} dt$$

Transformada Inversa de Fourier: permite obtener una función en el dominio del tiempo a partir de sus componentes espectrales:

$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} H(f) e^{i2\pi ft} d\omega$$



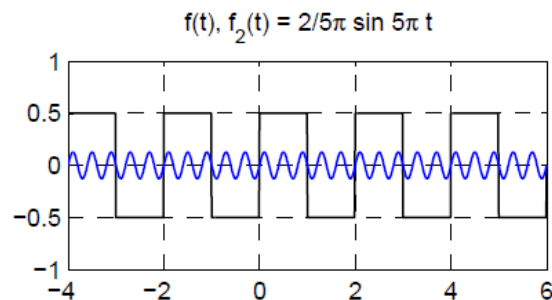
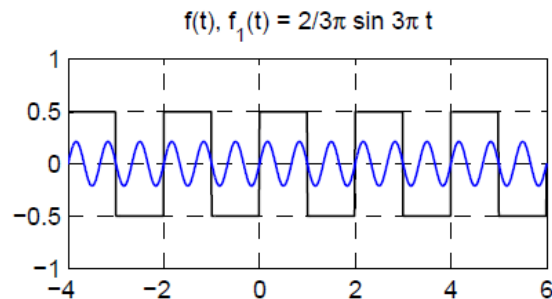
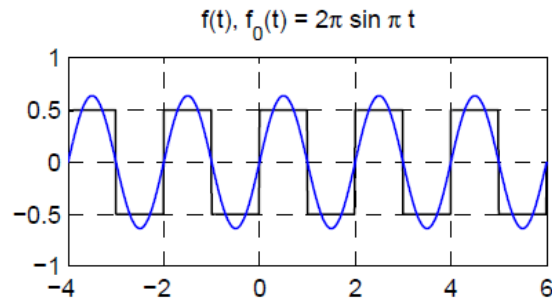
Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.



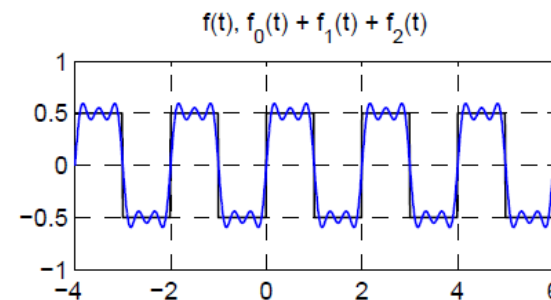
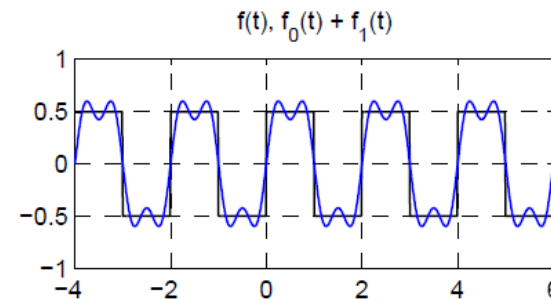
Adquisición señales analógicas.

Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.



Descomposición de un tren de pulsos.

$f(t) \rightarrow$ Tren de pulsos



[Ref. 6]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.

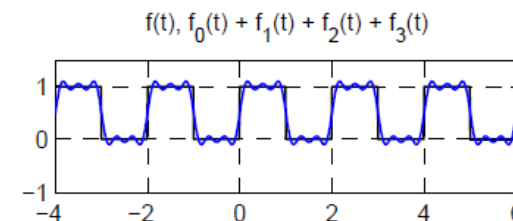
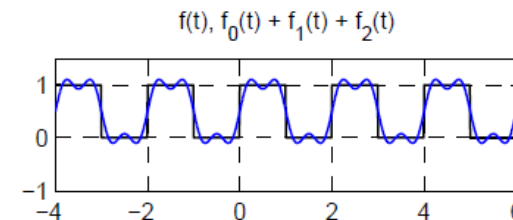
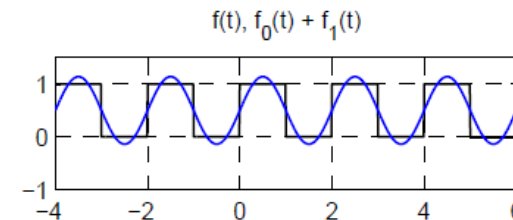
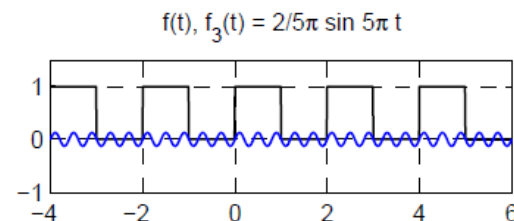
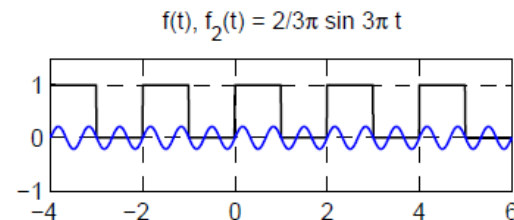
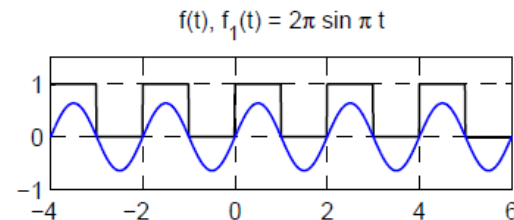
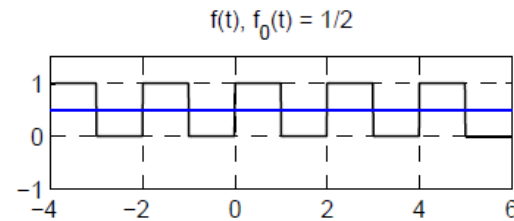


Adquisición señales analógicas.

Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Descomposición de un tren de pulsos con componente continua.

$f(t) \rightarrow$ Tren de pulsos



[Ref. 6]



Adquisición señales analógicas.

Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Espectro. Diagrama cartesiano en cuyo eje horizontal se representa la frecuencia de cada armónico y en el vertical la amplitud del mismo.

- **Espectro:** es la representación de una señal en el dominio de la frecuencia.
- Cuando tenemos senos-cosenos, el espectro consiste en representar a_n y b_n frente a f_n (u W_n).

$$\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} (f(t))^2 dt = a_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)$$

- En complejos, se puede representar la parte real y la parte imaginaria de C_n , o el módulo (espectro de módulo) y la fase (espectro de fase).

$$\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} (f(t))^2 dt = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n^2$$

[Ref. 6]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.

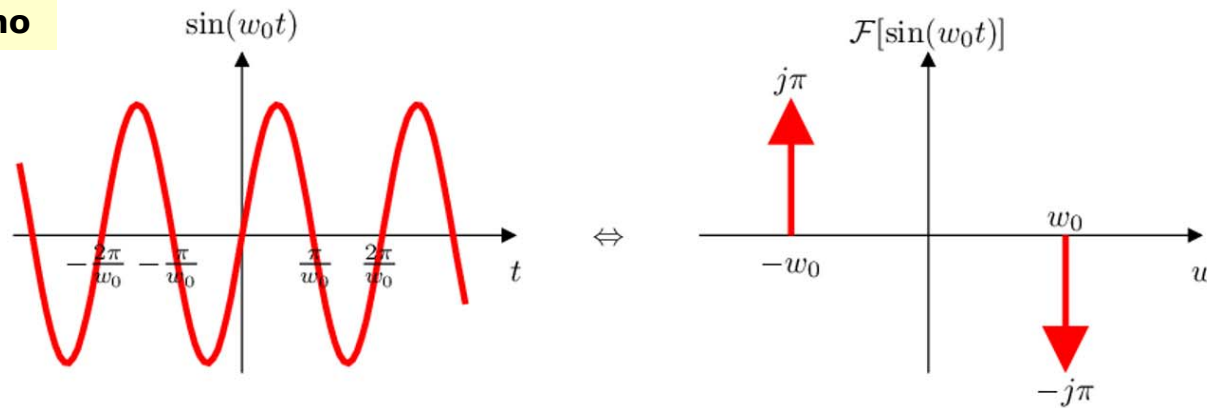


Adquisición señales analógicas.

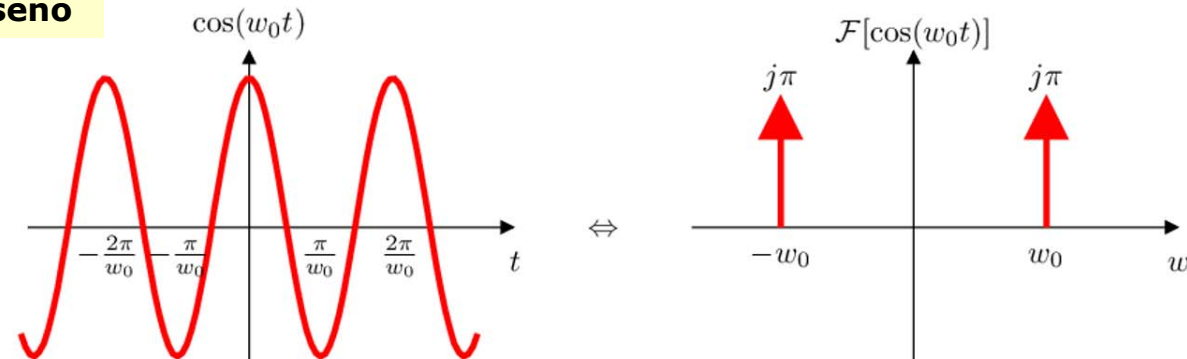
Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Representación espectral de señales.

Función Seno



Función Coseno



[Ref. 7]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.

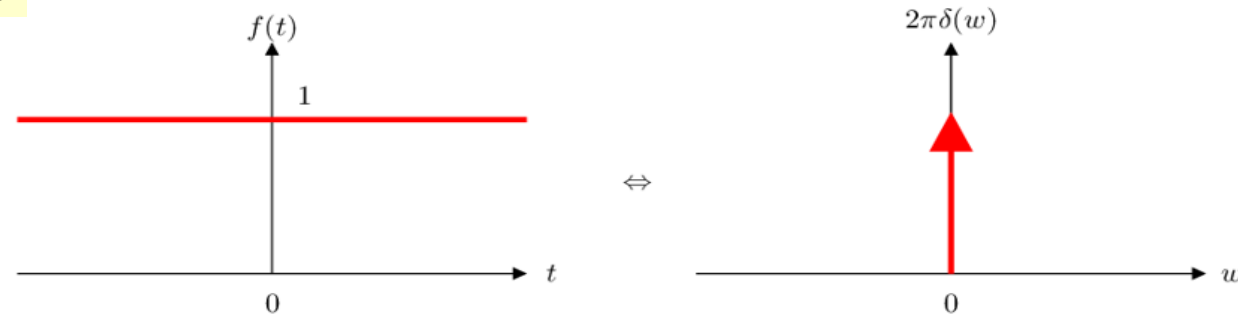


Adquisición señales analógicas.

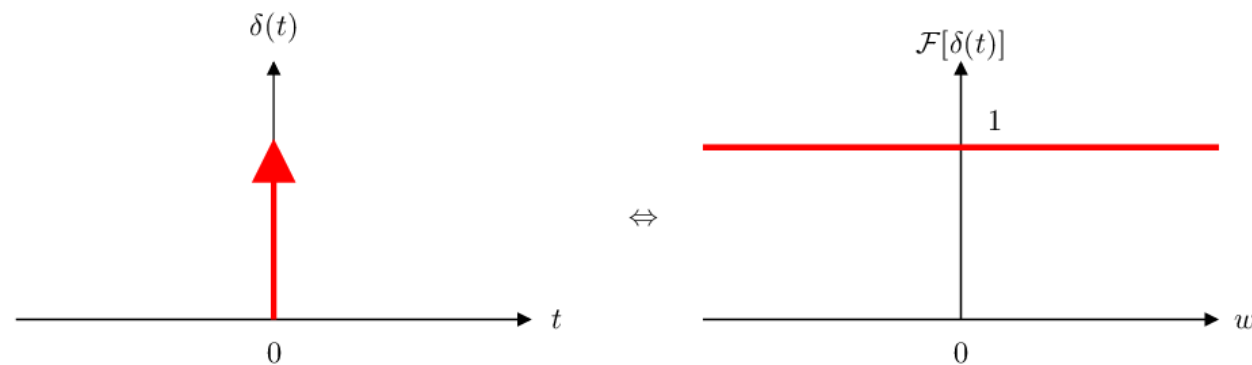
Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Representación espectral de señales.

Función Constante



Función Delta



[Ref. 7]

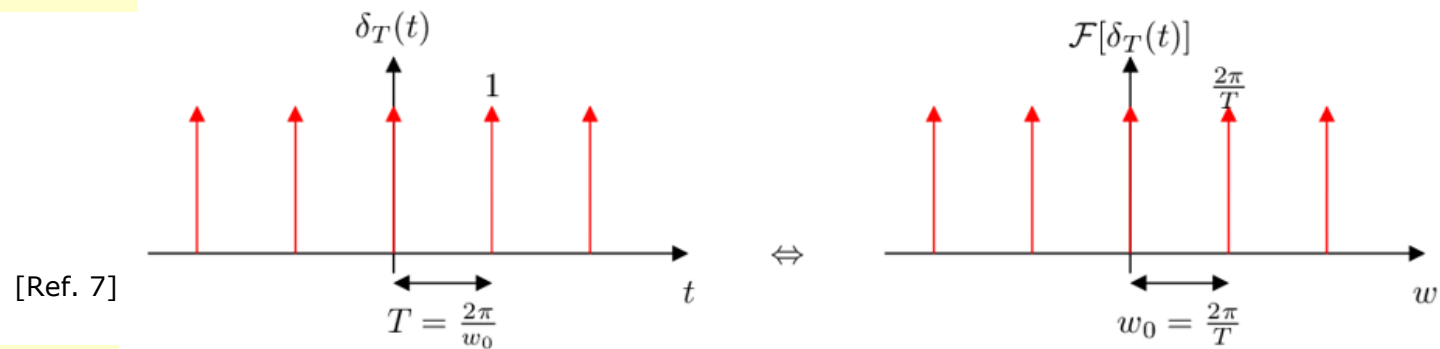


Adquisición señales analógicas.

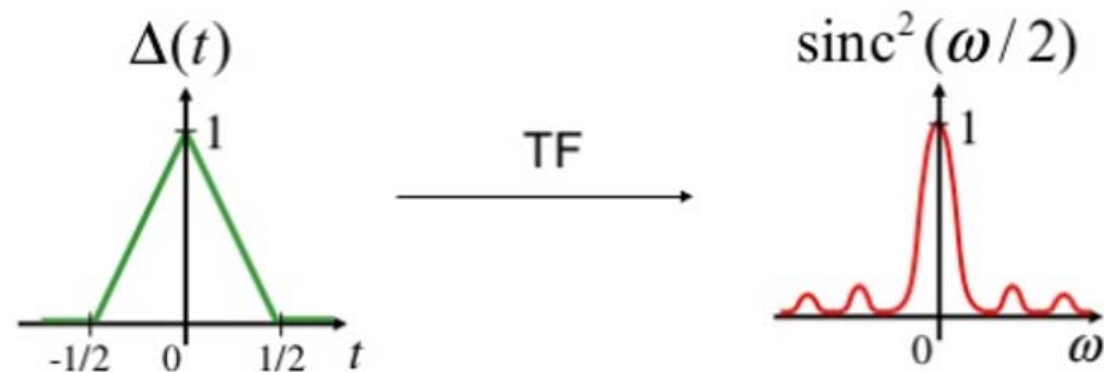
Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Representación espectral de señales.

Función tren de deltas



Función Triangular



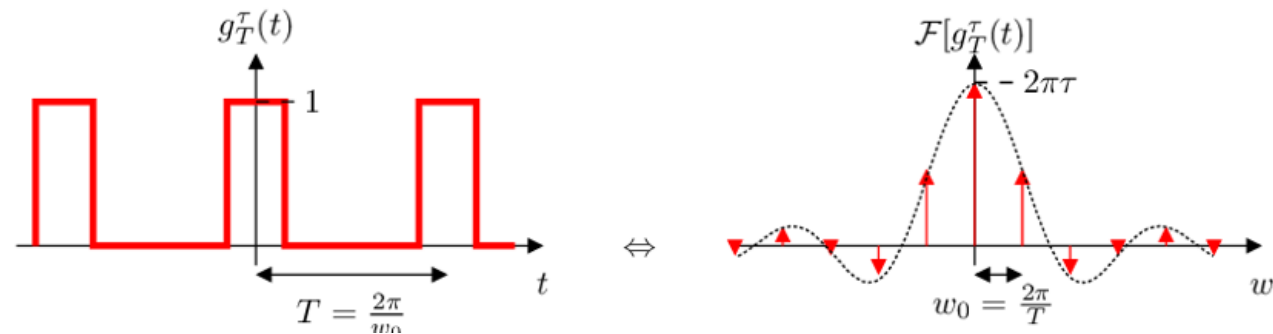


Adquisición señales analógicas.

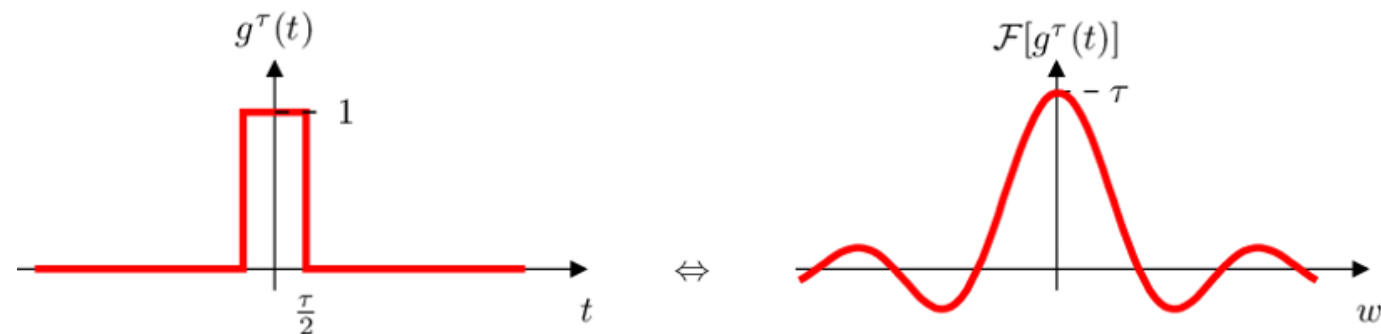
Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Representación espectral de señales.

Función tren de pulsos



Función pulso



[Ref. 7]



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.

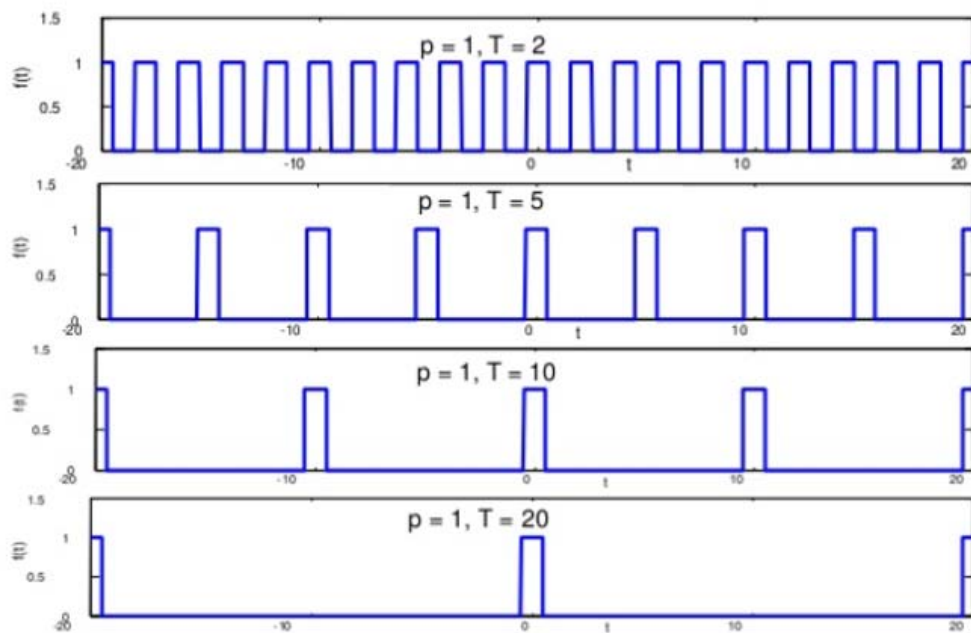


Adquisición señales analógicas.

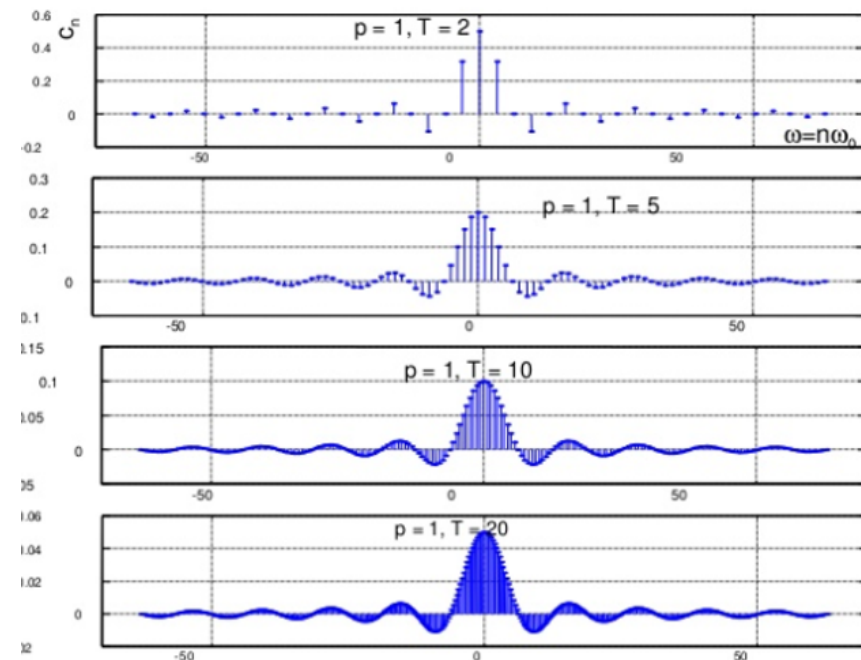
Repaso: representación de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

Representación espectral de señales.

Función tren de pulsos



Dominio del tiempo



Dominio de la frecuencia



Adquisición señales analógicas.

Conversión A/D: se realiza en tres pasos.

1. Muestreo y Retención

Mantiene el valor analógico de la muestra de la señal el tiempo suficiente para realizar la cuantificación.

2. Cuantificación

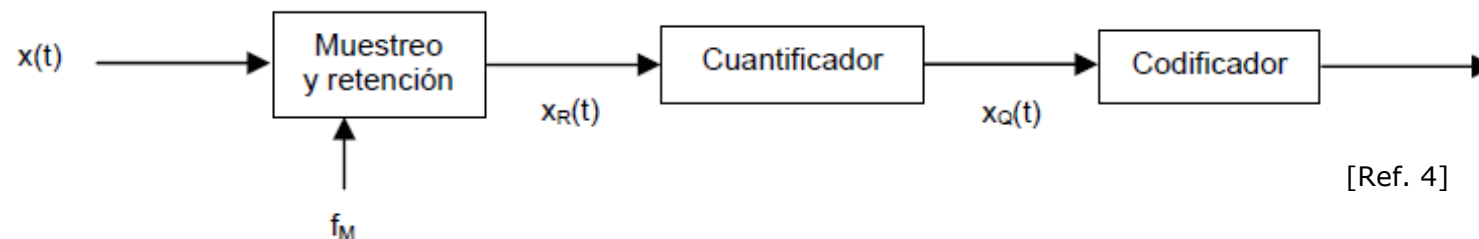
Convierte una señal con infinitos valores de amplitud a otra con un número finito de amplitudes.

Es un proceso de **aproximación** de la magnitud de la señal.

Se asigna un valor de salida a un rango de valores de la señal de entrada.

3. Codificación

- En este paso se le asigna a cada valor de salida un código digital.
- Los códigos digitales más empleados son el binario natural, el binario desplazado y el complemento a 2.



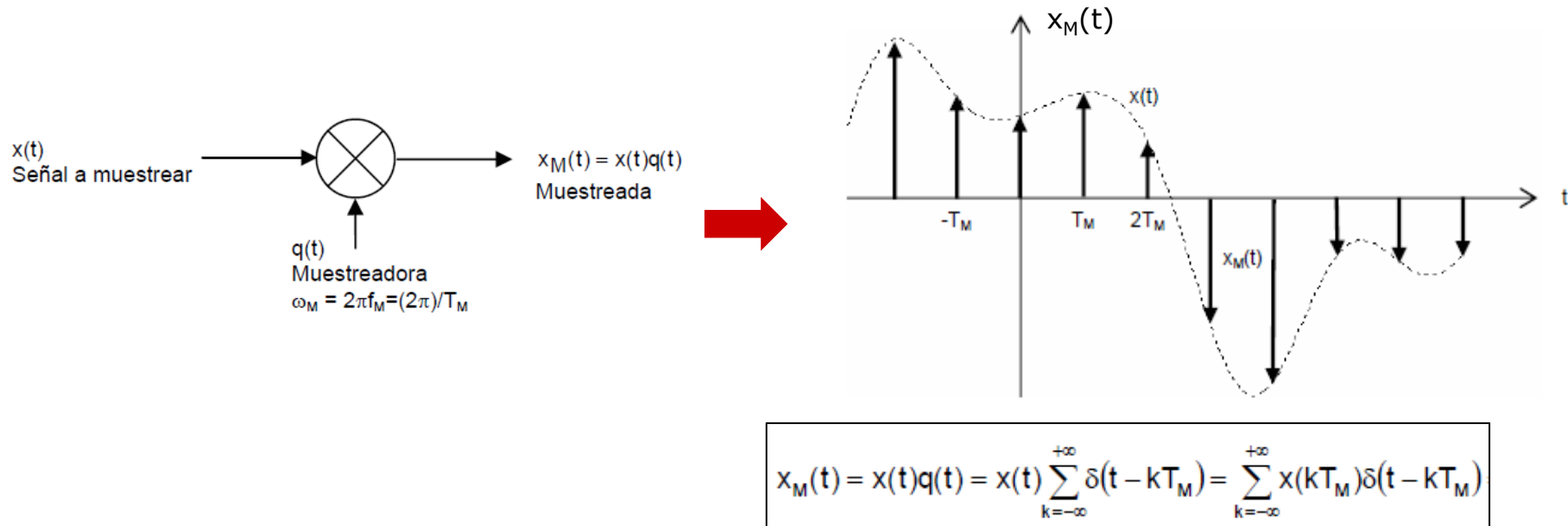
[Ref. 4]



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio del tiempo.

- El **muestreo ideal** es el resultado de multiplicar la señal a muestrear por un tren de deltas.



[Ref. 4]

En la realidad no se puede disponer de una señal tren de deltas ideal.



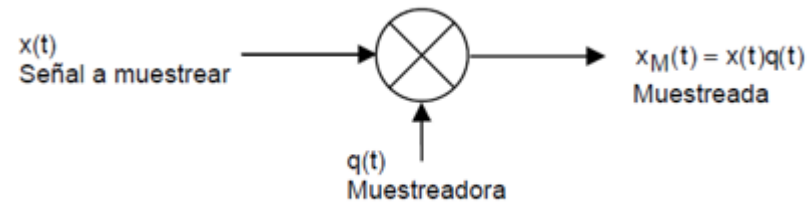
Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.

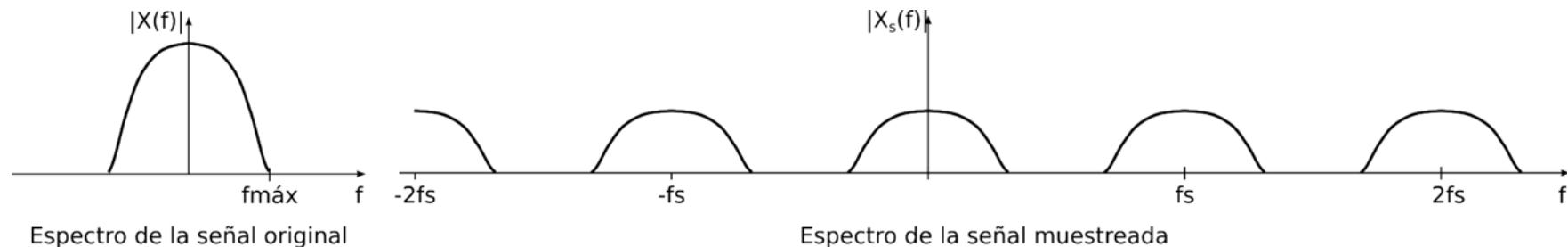


Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio de la frecuencia.



El muestreo provoca que el espectro de la señal original se repita centrado en múltiplos de la frecuencia de muestreo (convolución).



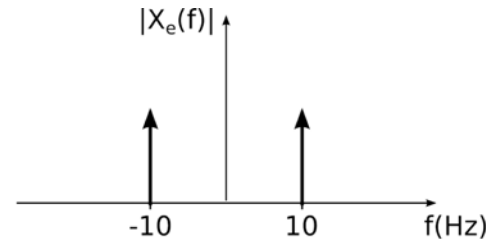


Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: ejemplo dominio de la frecuencia.

- El espectro de la señal muestreadora es un tren de deltas con frecuencias múltiplos de f_s , por lo que el resultado del producto tendrá un espectro con energía en las frecuencias de los valores suma y diferencia de las frecuencias de la señal muestreadora y la muestreada.

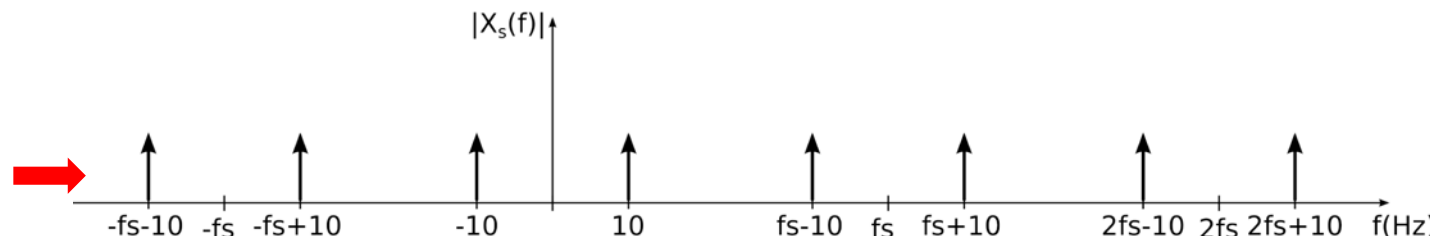
Espectro señal a muestrear



Espectro señal muestreadora (tren de deltas)



Espectro señal muestreada



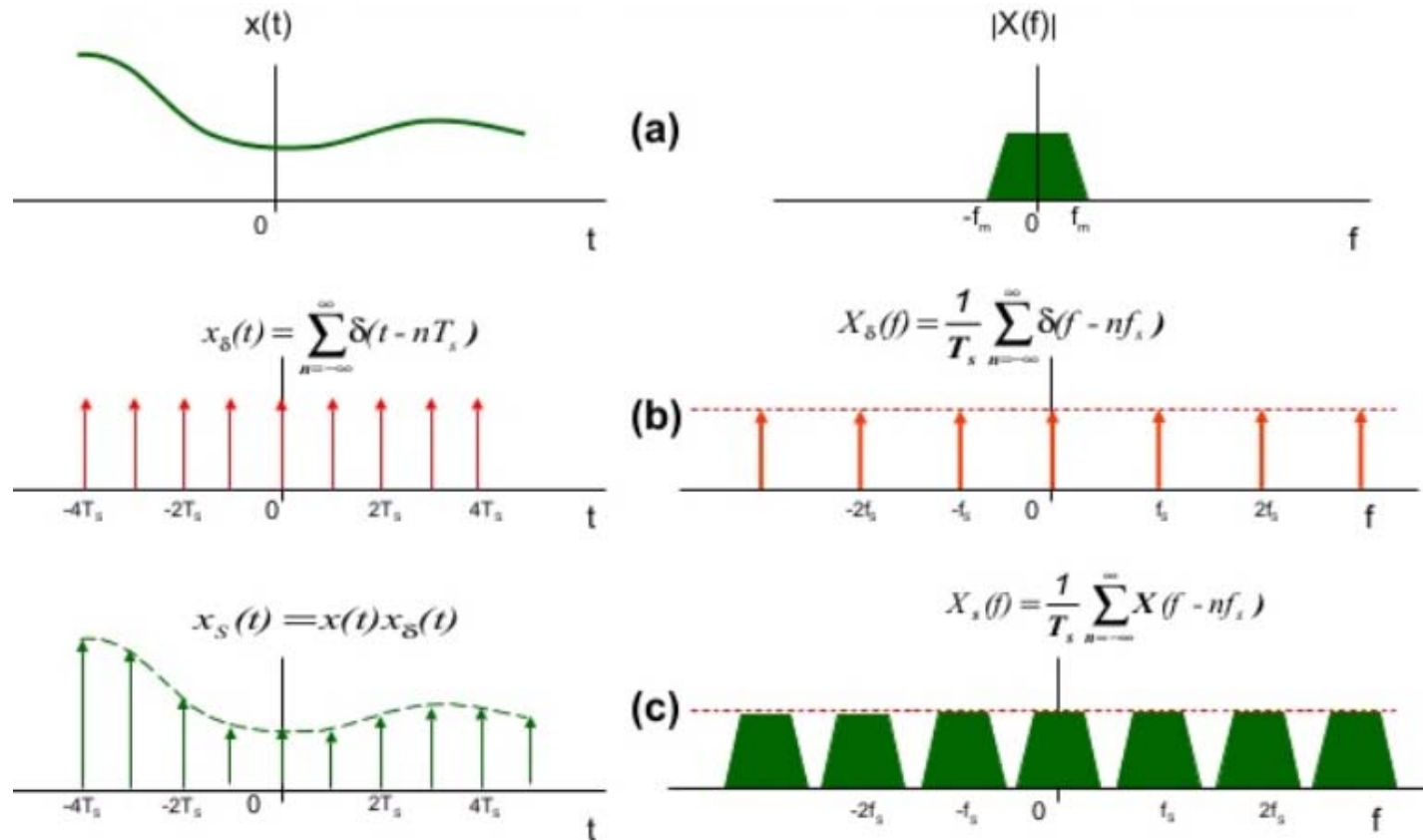


Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio del tiempo y de la frecuencia.

- **Muestreo ideal:** espectro.

$$x_2(t) = x(t)p(t) \longrightarrow X_2(\omega) = \frac{1}{2\pi} X(\omega) * P\omega$$



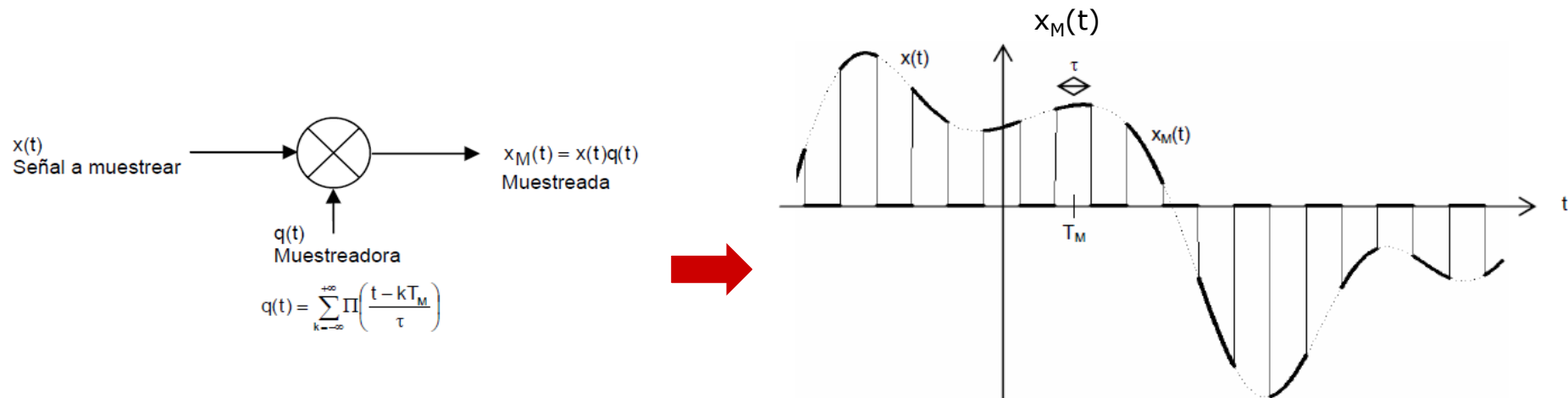
[Ref. 8]



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio del tiempo.

- El **muestreo natural** es el resultado de multiplicar la señal a muestrear por un tren de pulsos cuadrados.



$$x_M(t) = x(t)q(t) = x(t) \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \Pi\left(\frac{t-kT_M}{\tau}\right)$$

Cada réplica del espectro de la señal $x(t)$ queda escalada por la amplitud de las componentes espectrales del tren de pulsos.

[Ref. 4]

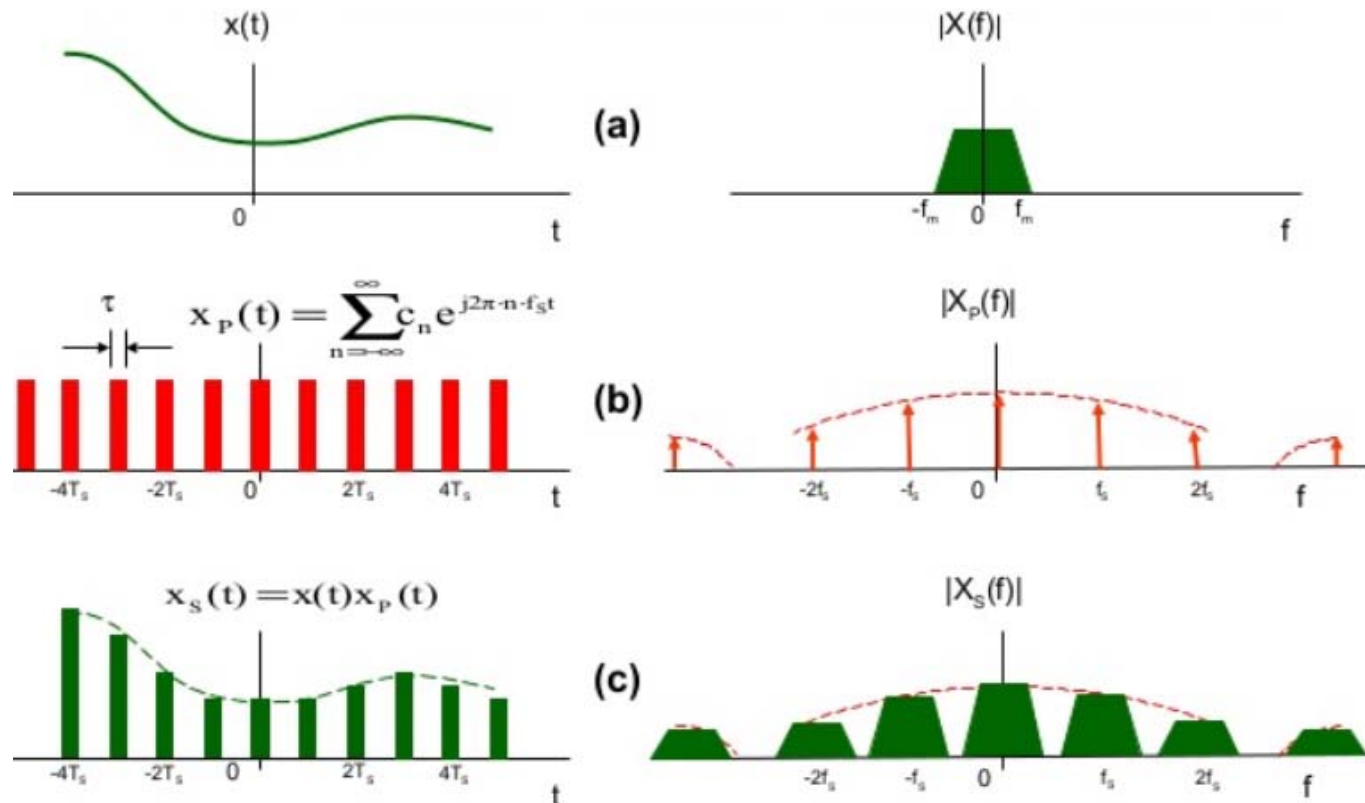


Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio del tiempo y de la frecuencia.

- **Muestreo natural:** espectro. Cada réplica del espectro de la señal $x(t)$ queda escalada por la amplitud de las componentes espectrales del tren de pulsos.

$$x_2(t) = x(t)p(t) \longrightarrow X_2(\omega) = \frac{1}{2\pi} X(\omega) * P\omega$$

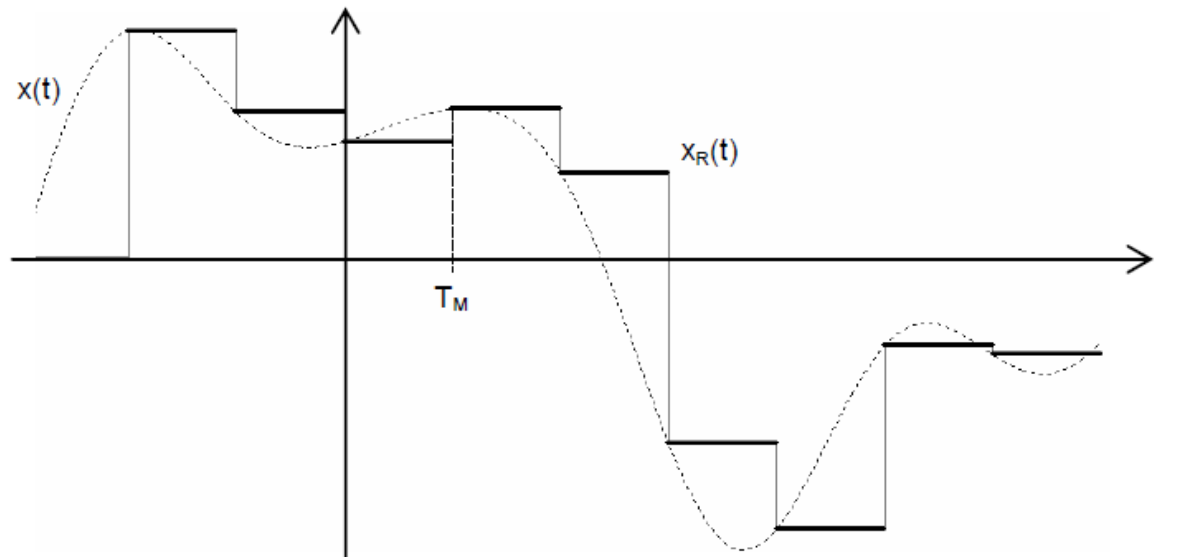


[Ref. 8]



Adquisición señales analógicas: Muestreo y retención.

- El **muestreo y retención** consiste en tomar la muestra de la señal en un instante dado y mantener el valor hasta el siguiente instante de muestreo.



[Ref. 4]



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Elección frecuencia de muestreo.

- Uno de los aspectos más importantes a la hora de realizar una adquisición de señal es **elegir la frecuencia de muestreo adecuada**.
- A mayor frecuencia de muestreo se obtiene una representación más fiel de la señal adquirida pero el número de muestras a procesar y almacenar también es más elevado.
- Frecuencias de muestreo bajas con respecto a la frecuencia de la señal a muestrear → **aliasing**

Representación del efecto de **aliasing** en el dominio del tiempo



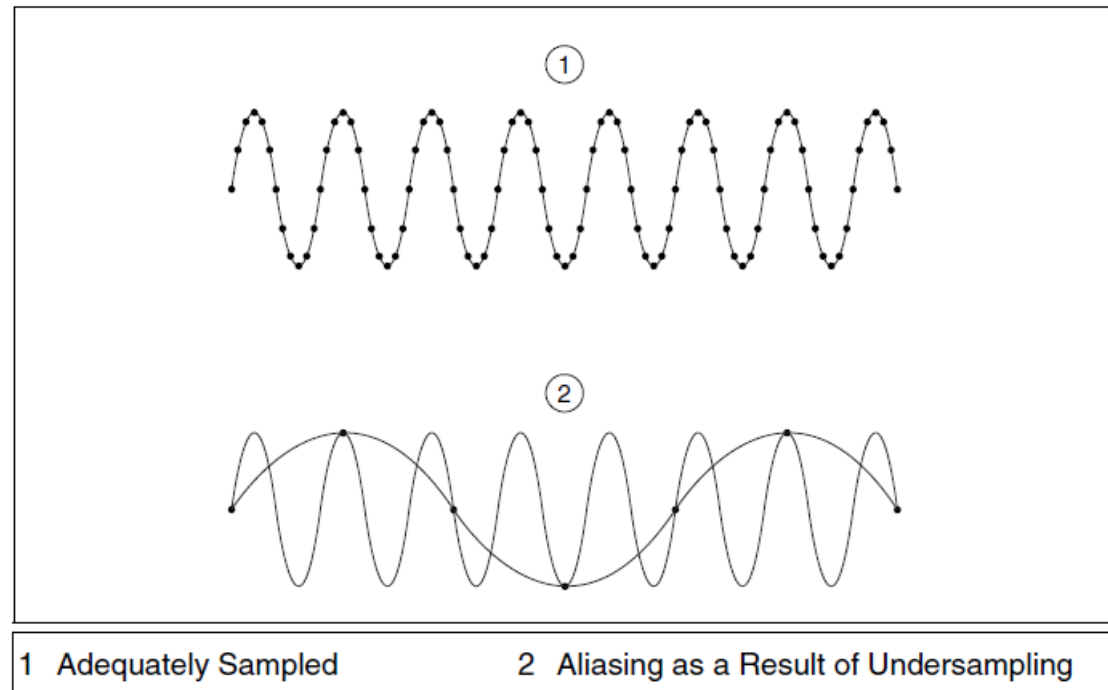
¿Cómo se puede evitar el aliasing?



Obteniendo mayor número de muestras por ciclo (aumentar la f_s), pero ...



¿cuál es valor óptimo de f_s a seleccionar?

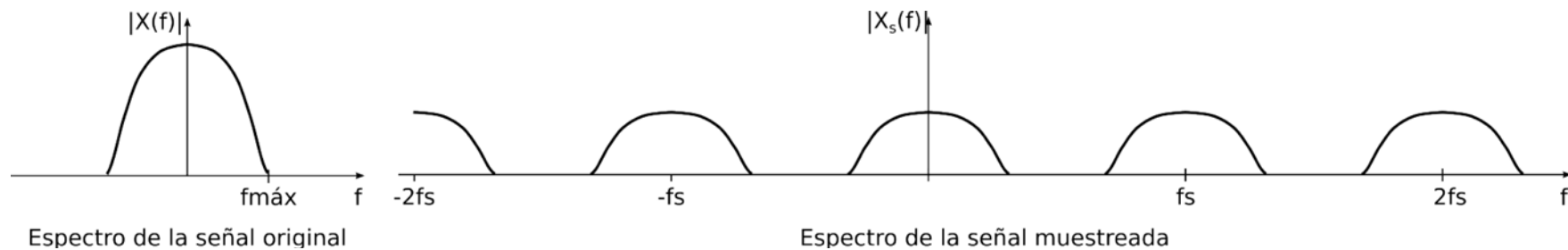




Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Elección de la frecuencia de muestreo.

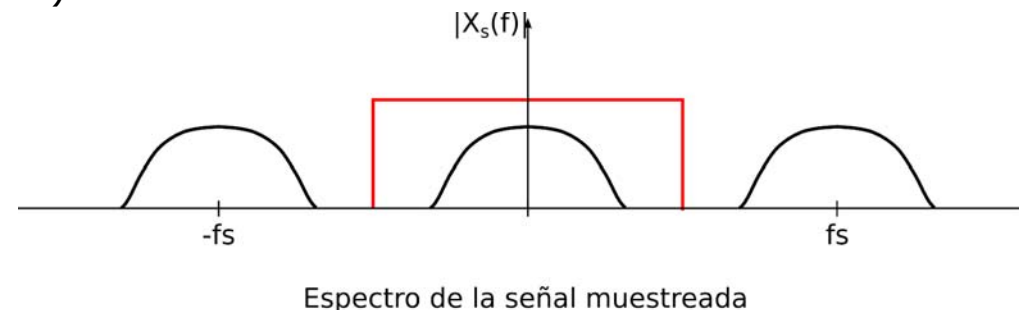
- Cómo se ha indicado el muestreo provoca que el espectro de la señal original se repita centrado en múltiplos de la frecuencia de muestreo (convolución).



Para que no se produzca aliasing (solapamiento) cuando una señal es de ancho de banda limitado, se debe cumplir la condición:

$f_s > 2 \cdot f_N$, siendo $f_N = f_{\text{máx}}$ de la señal muestreada (Teorema Nyquist)

- Para recuperar la señal original hay que filtrar la señal muestreada con un filtro paso-bajo (**filtro de recuperación**).

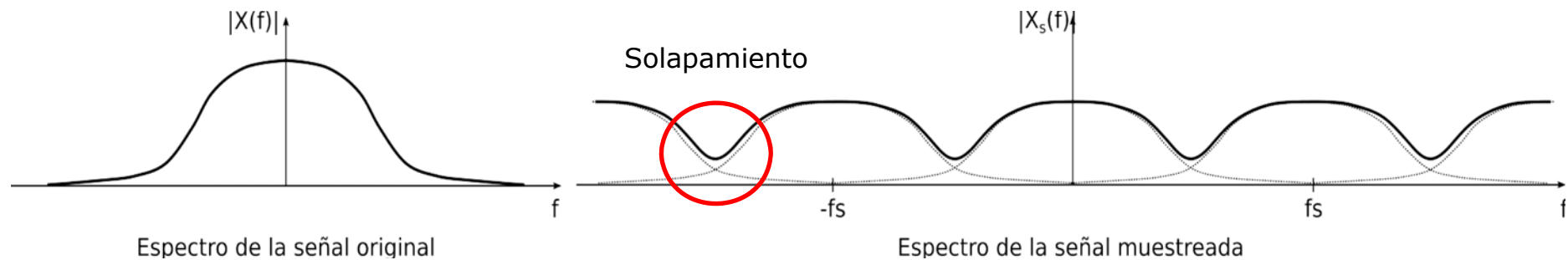




Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Filtro Antialiasing.

- El espectro de una señal finita en el tiempo es ilimitado en frecuencia.
 - Ancho de banda infinito $\Rightarrow f_s$ infinita \Rightarrow Solapamiento (Aliasing)

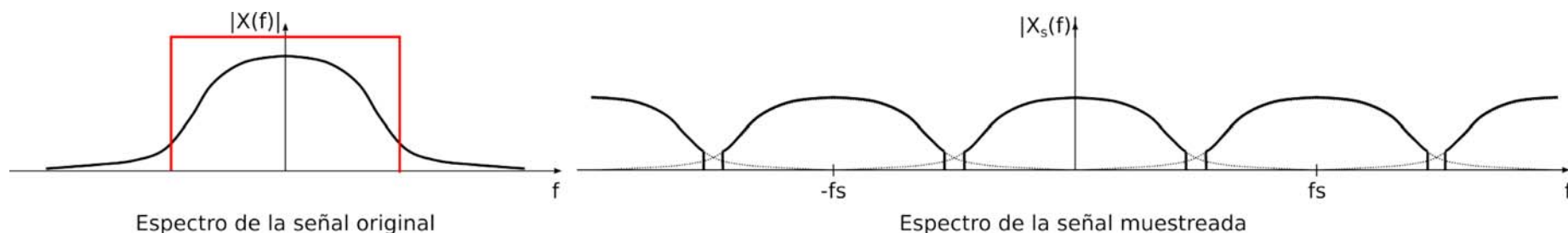
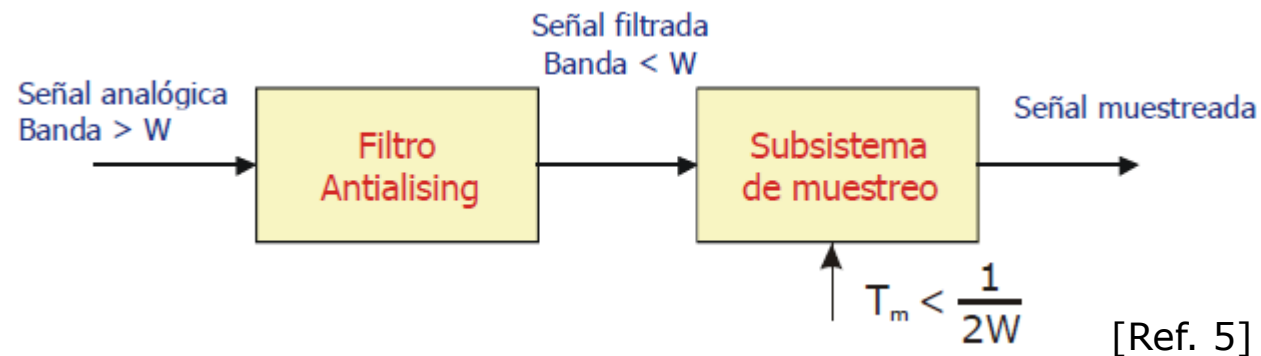




Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Filtro Antialiasing.

- Se debe evitar el solapamiento → eliminar la energía en alta frecuencia de la señal de entrada
- Se recurre a **filtros antialiasing** con el fin de preservar la información principal.
- Se trata de filtros paso-bajo que garantizan la inexistencia de componentes espectrales de frecuencia superior a la mitad de la frecuencia de muestreo.





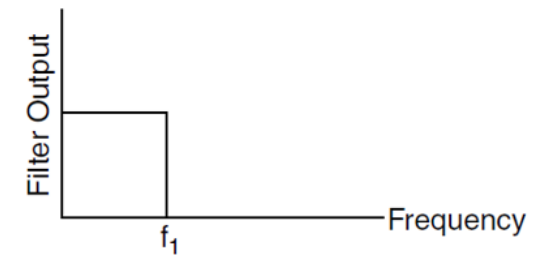
Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Filtro Antialiasing.

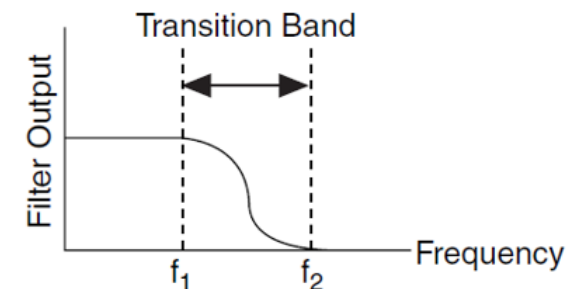
- Se aplica antes del conversor A/D y limita el máximo ancho de banda de la señal de entrada.
- Filtros analógicos con baja distorsión de fase.
- Caída abrupta para limitar el aliasing. La implementación de un filtro antialiasing ideal es físicamente imposible. →
- Los filtros antialiasing reales presentan lo que se denomina **banda de transición**:

$$f_1 < \text{banda de transición} < f_2.$$

- Permite el paso de las frecuencias $< f_1$
- Elimina todas las frecuencias $> f_2$.



a. Ideal Anti-alias Filter



b. Practical Anti-alias Filter



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Filtro Antialiasing (Cont.).

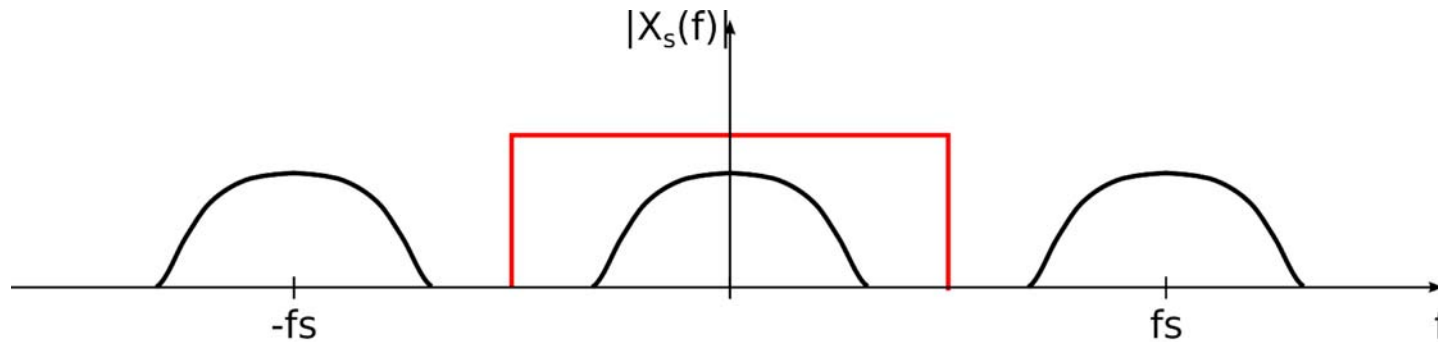
- La señal presente en la banda de transición podría causar aliasing.
- Para evitarlo, se debe muestrear a un mínimo de dos veces la frecuencia más alta de la banda de transición, esto es la f_s deberá ser finalmente algo mayor que dos veces la máxima frecuencia de entrada f_1 .



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio de la frecuencia.

- **Reconstrucción de la señal muestreada** → se realiza con un filtro paso-bajo ideal



Espectro de la señal muestreada

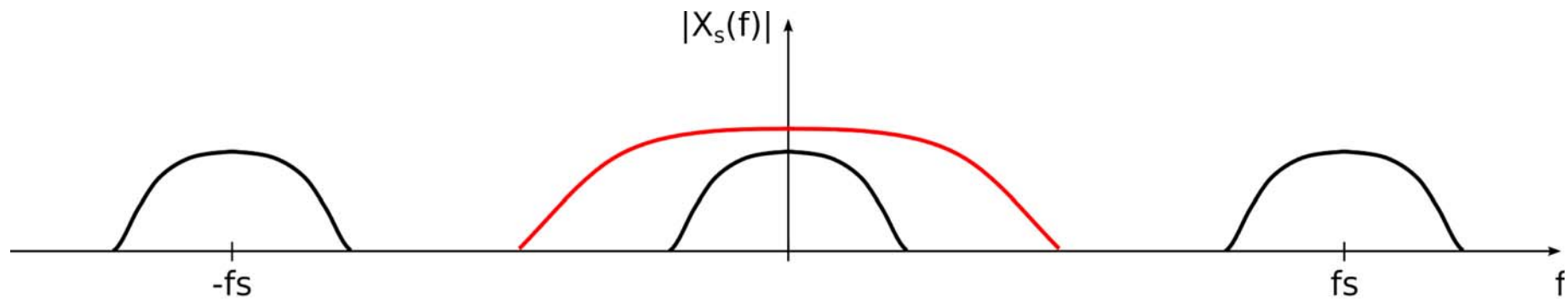
- Dicha reconstrucción consiste en multiplicar, en el dominio de la frecuencia, el espectro de la señal muestreada por el de la función de transferencia del filtro.
- Trasladado el filtrado al dominio del tiempo, la equivalencia es convolucionar la señal muestreada con la transformada inversa de la función de transferencia del filtro.



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Dominio de la frecuencia.

- **Reconstrucción de la señal muestreada:** En la práctica se emplean filtros menos abruptos que permiten limitar la potencia de las imágenes a un valor admisible por la aplicación.
- **Efecto de incrementar la frecuencia de muestreo** → Al separar las imágenes en el espectro, permite reducir el orden del filtro.



Espectro de la señal muestreada



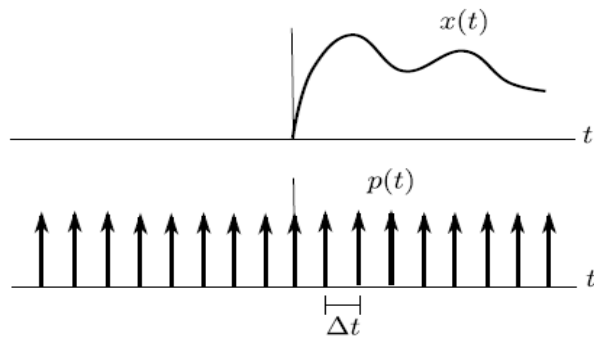
Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 2. Muestreo y conversión A/D.

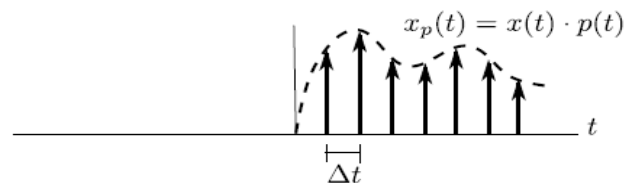


Adquisición señales analógicas.

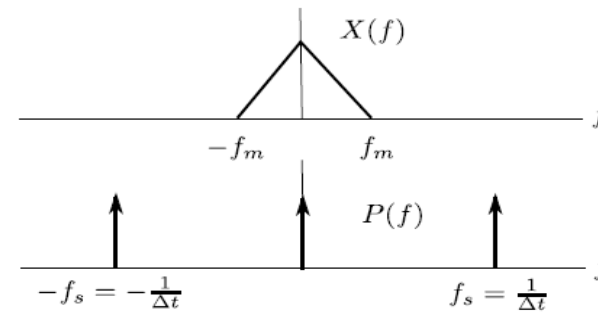
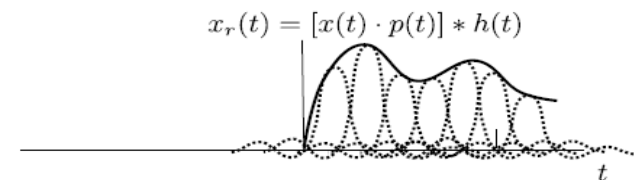
Resumen: Interpretación gráfica del teorema de muestreo.



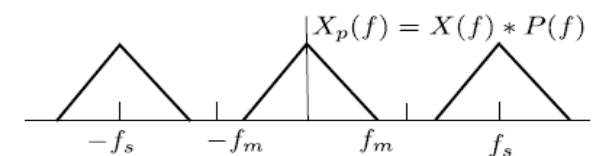
MULTIPLICACION



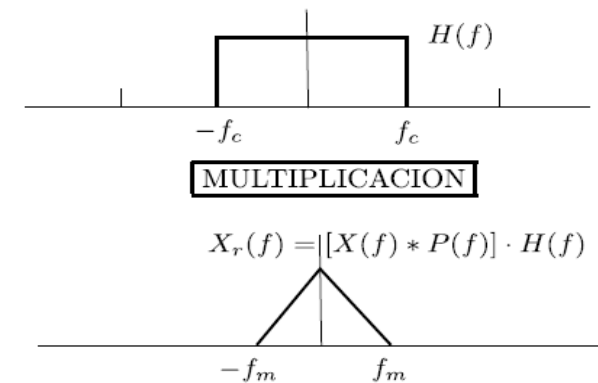
CONVOLUCION



CONVOLUCION



MULTIPLICACION



Tr. Fou.
Tr. Fou. Inv.

[Ref. 6]



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo: Resumen.

- El muestreo permite conservar la información contenida en una señal reduciendo la cantidad de datos a un valor finito:

Discretización eje de tiempo → Muestreo

- Las posibles amplitudes de una señal analógica con un rango finito, son infinitas, por lo tanto, es necesario acotar los posibles valores de los datos a un número finito y asignarle a cada valor un código digital:

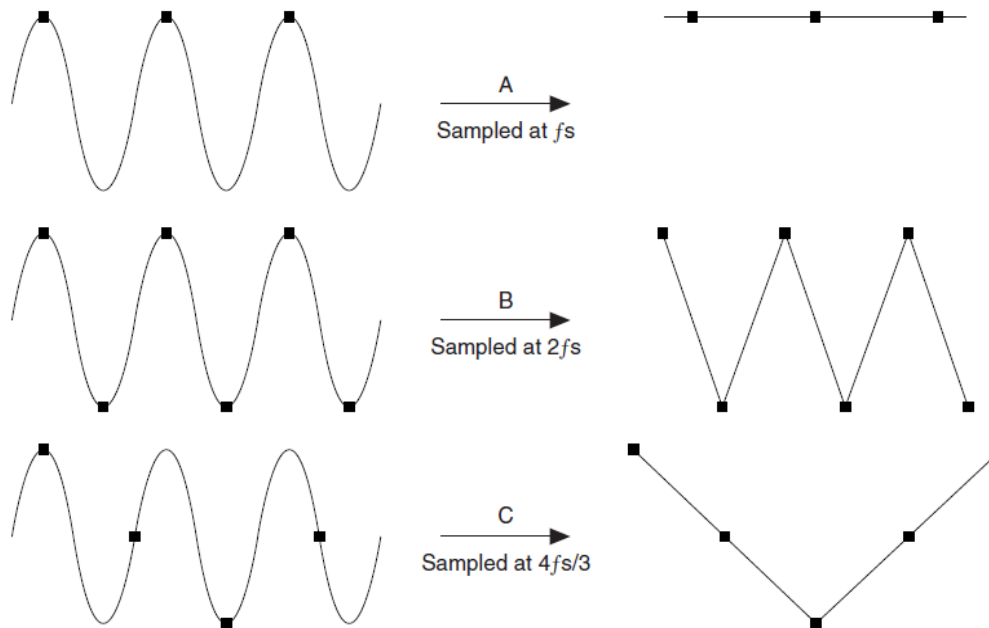
Discretización eje de amplitudes → Cuantificación



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo → ¿A que frecuencia se debe muestrear?.

- Se debe muestrear a una velocidad lo suficientemente alta como para evitar el **aliasing** de forma que la señal se pueda recuperar y evitar que la cantidad de datos a procesar/almacenar no sea tal que pueda saturar los dispositivos de almacenamiento en un corto espacio de tiempo.
- Efecto de frecuencias de muestreo:



[Ref. 2]

Muestreando a la frecuencia de Nyquist la frecuencia de la señal obtenida coincide con la de la original al igual que el número de ciclos. No así su forma.

Muestreando a una frecuencia inferior a la de Nyquist, se reproduce una señal "alias" de diferente frecuencia y forma a la original.



Adquisición señales analógicas: Muestreo.

Muestreo → ¿A que frecuencia muestreamos?.

- Muestrear a la frecuencia de Nyquist (el doble de la frecuencia de la señal a muestrear) es a menudo inadecuado desde el punto de vista práctico.



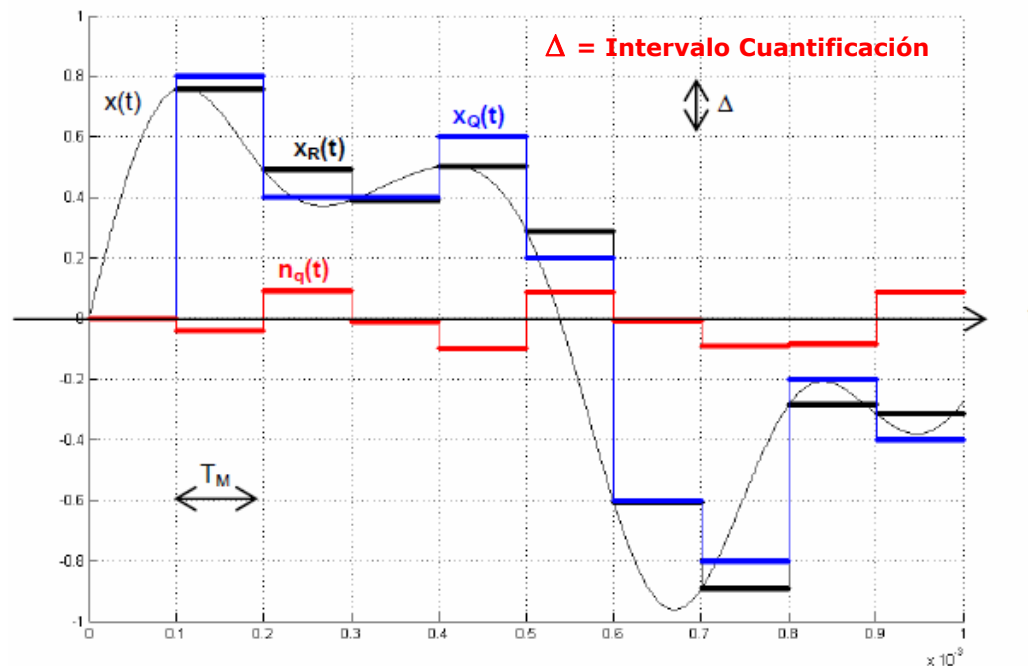
- En la realidad se muestrea a varias veces la frecuencia máxima de la señal a digitalizar.
- En aplicaciones reales **se suele muestrear a frecuencias 5 y 10 veces superiores** a la máxima de la señal a muestrear:

$$f_S = 5 \cdot f_E \quad ; \quad f_S = 10 \cdot f_E$$



Adquisición señales analógicas: Cuantificación.

- Como paso previo a la codificación es necesario limitar el conjunto de valores infinito que pueden tomar la amplitud de las muestras a un conjunto limitado de valores.
- Este proceso de discretización de la amplitud de la señal se conoce con el nombre de **cuantificación**.



- A la diferencia entre la señal muestreada, $x_R(t)$, y la cuantificada, $x_Q(t)$, se le llama **error de cuantificación**.
- El error de cuantificación es equivalente a la adición de una componente de **ruido aleatorio**, $n_q(t)$.
- El error de cuantificación siempre es menor que la mitad del intervalo de cuantificación (Δ)

$$n_q(t) = x_R(t) - x_Q(t)$$

$$|n_q(t)| < \frac{\Delta}{2}$$

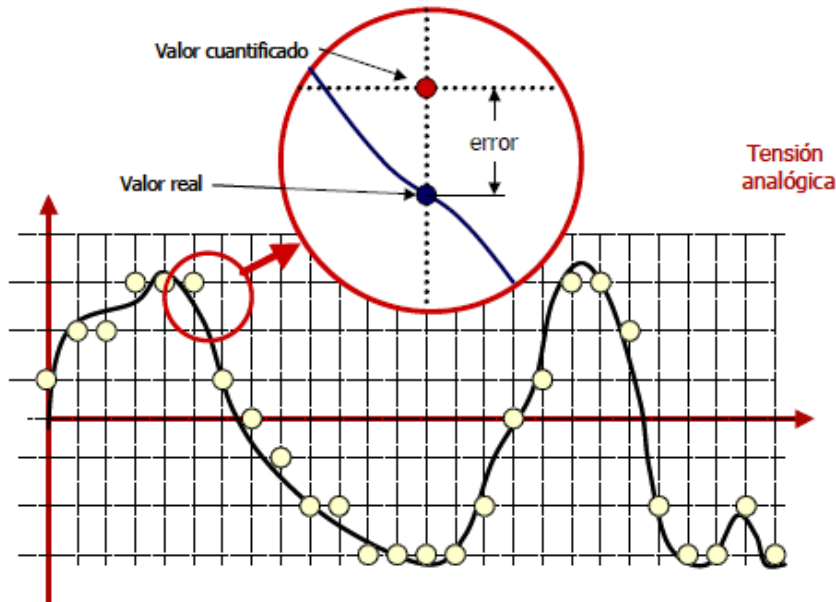
[Ref. 4]



Adquisición señales analógicas: Cuantificación.

- El **intervalo de cuantificación** define la exactitud con la que se codifican las muestras de la señal.
- En la siguiente figura se muestra como se produce el error entre el valor real de la señal analógica y el valor con que se codificará la muestra una vez digitalizada en el caso de un muestreo ideal.

$$\text{Error cuantificación} \rightarrow \epsilon = V_{\text{cuantificado}} - V_{\text{real}}$$



[Ref. 5]

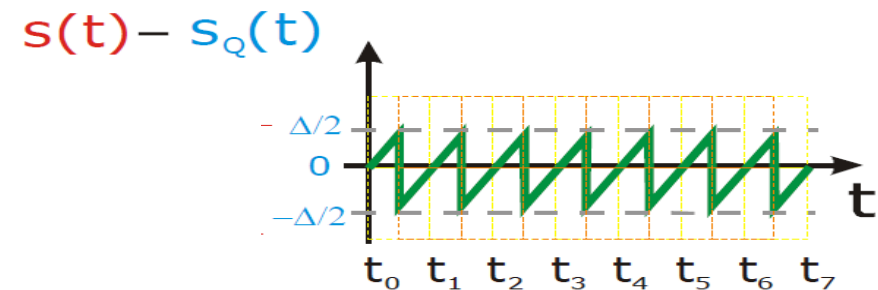
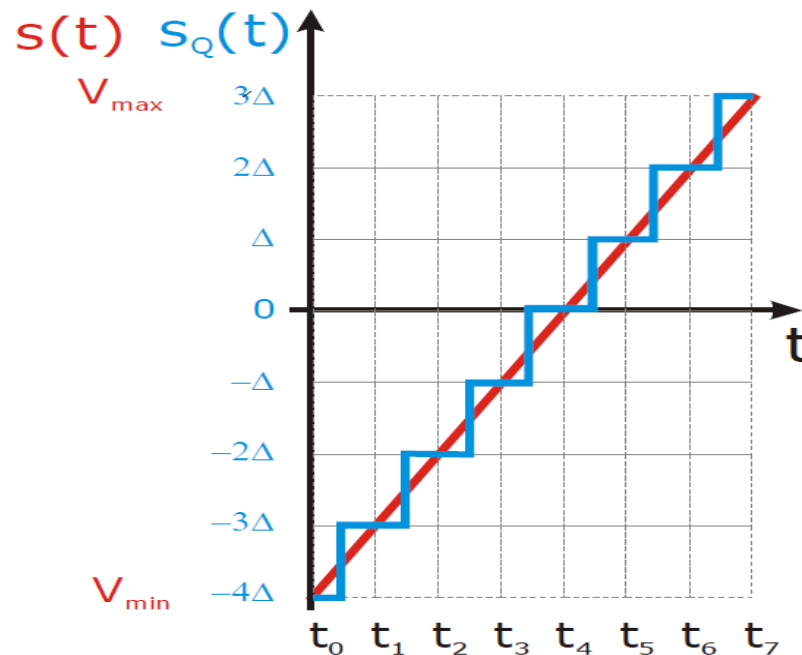
- A menor intervalo de cuantificación Δ menor nivel de ruido en la señal digitalizada.
- El número de intervalos de cuantificación viene determinado por el número de bits del conversor A/D.
- El valor del intervalo de cuantificación Δ se fija en función de las necesidades del sistema y/o aplicación.



Adquisición señales analógicas: Cuantificación.

□ Cuantificador Uniforme:

El cuantificador uniforme es un sistema no lineal con una función de transferencia como la de la figura:



Error de cuantificación

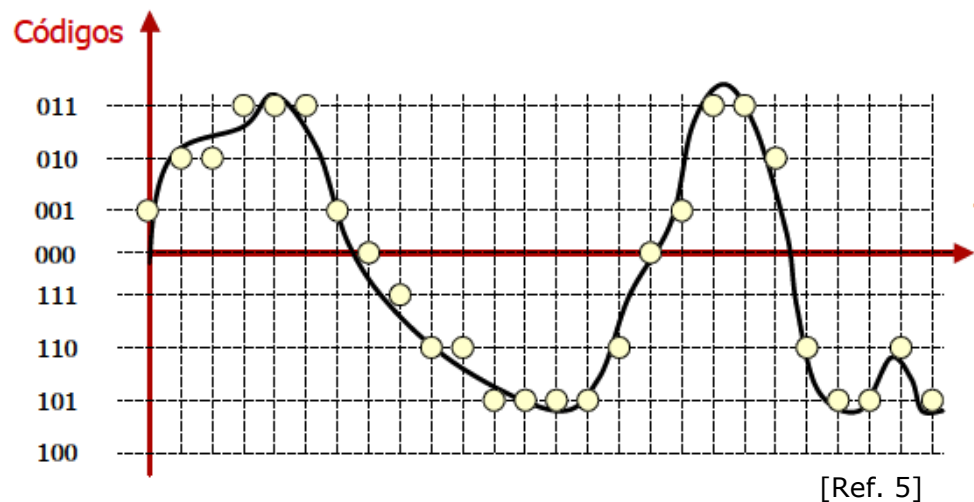
[Ref. 5]

En la figura se puede observar la diferencia entre una señal que recorre todo su margen dinámico (señal $s(t)$, en rojo) y su correspondiente señal cuantificada (señal $s_Q(t)$, en azul), así como la diferencia entre ambas, es decir, el error o ruido de cuantificación



Adquisición señales analógicas: Codificación.

- Consiste en asignar un código binario a cada nivel de cuantificación de la señal.
- Por tanto cada muestra queda asociada a un código digital con un número de bits determinado.



| V_e | V_q | Binario | Binario C2 |
|----------------------|-------|---------|------------|
| $-4v \leq V_e < -3v$ | $-4v$ | 000 | 100 |
| $-3v \leq V_e < -2v$ | $-3v$ | 001 | 101 |
| $-2v \leq V_e < -1v$ | $-2v$ | 010 | 110 |
| $-1v \leq V_e < 0v$ | $-1v$ | 011 | 111 |
| $0v \leq V_e < 1v$ | $0v$ | 100 | 000 |
| $1v \leq V_e < 2v$ | $1v$ | 101 | 001 |
| $2v \leq V_e < 3v$ | $2v$ | 110 | 010 |
| $3v \leq V_e \leq 4$ | $3v$ | 111 | 011 |



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice



- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ **Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.**
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.

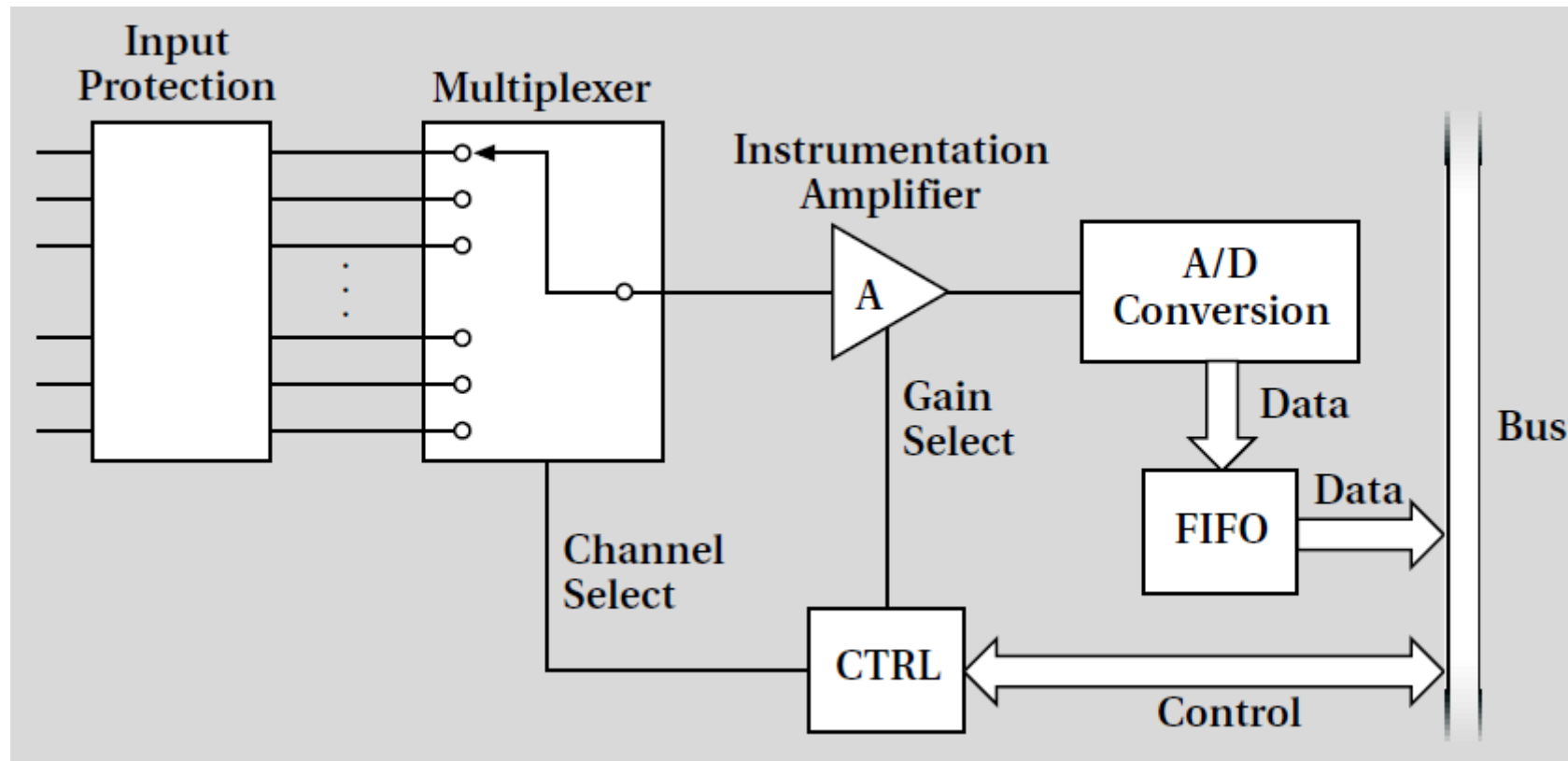


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 3. Adquisición de señales analógicas: conversión A/D.



Adquisición señales analógicas: Arquitectura subsistema de adquisición de entrada analógica.



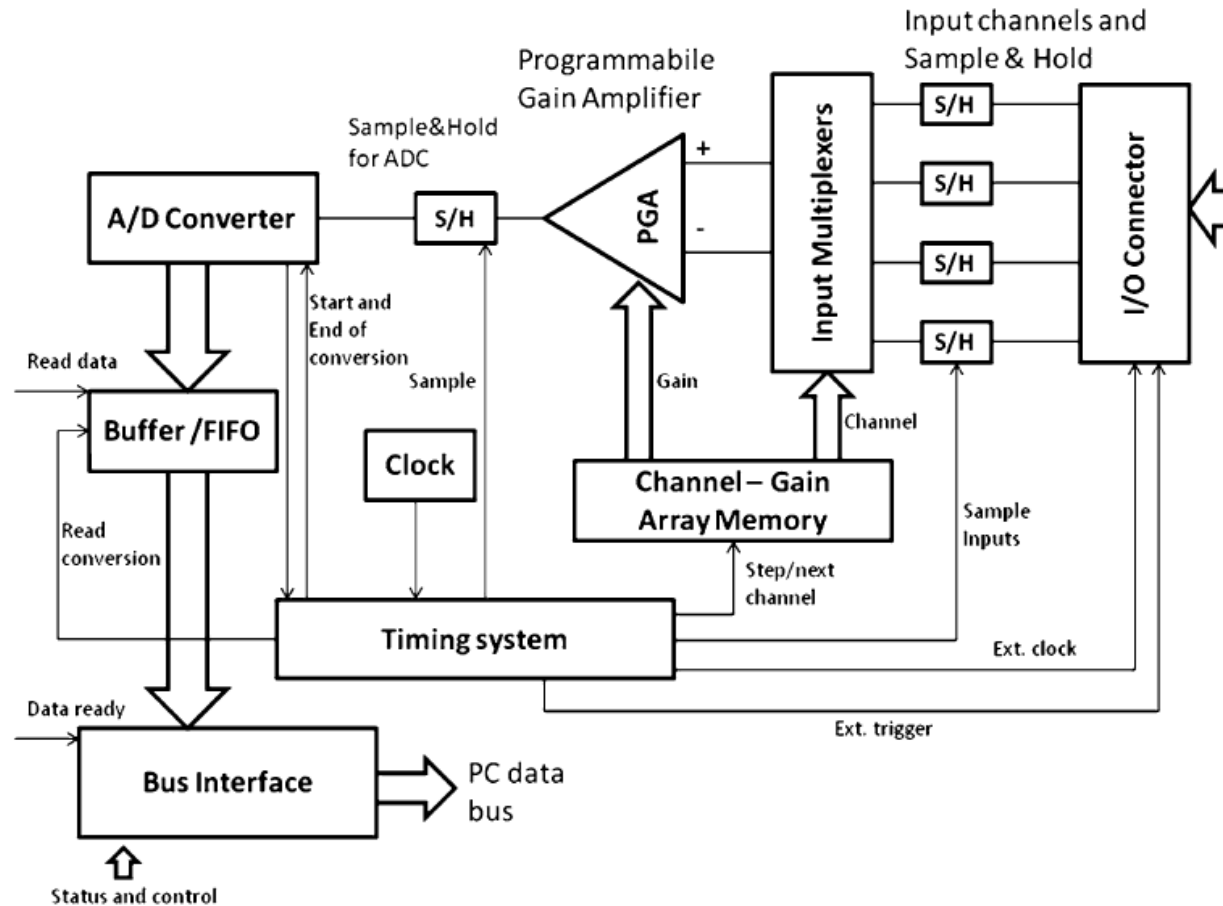


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 3. Adquisición de señales analógicas: conversión A/D.



Adquisición señales analógicas: Arquitectura subsistema de adquisición de entrada analógica.



Tarjeta de adquisición de datos para PC de muestreo simultáneo.

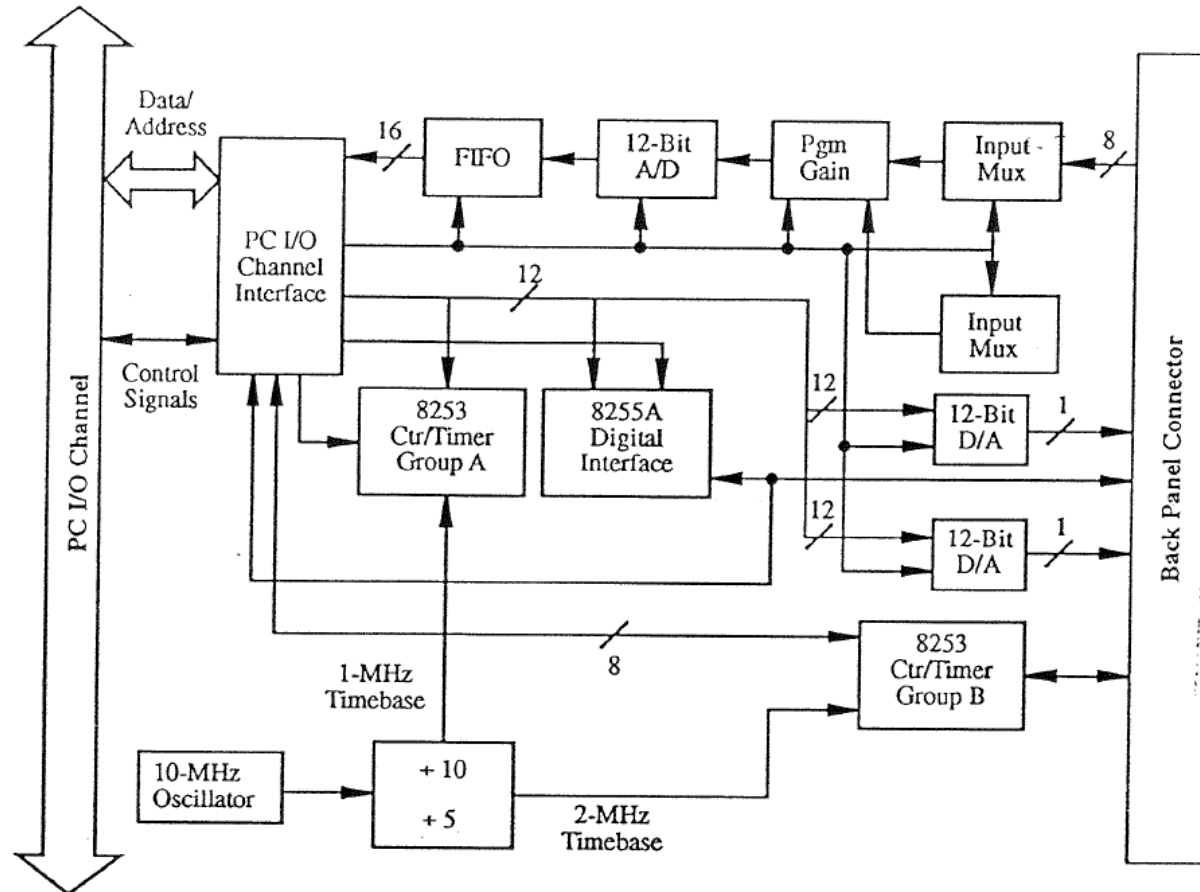


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 3. Adquisición de señales analógicas: conversión A/D.



Adquisición señales analógicas: Arquitectura subsistema de adquisición de entrada analógica.



Tarjeta de adquisición de datos para PC muestreo multiplexado.

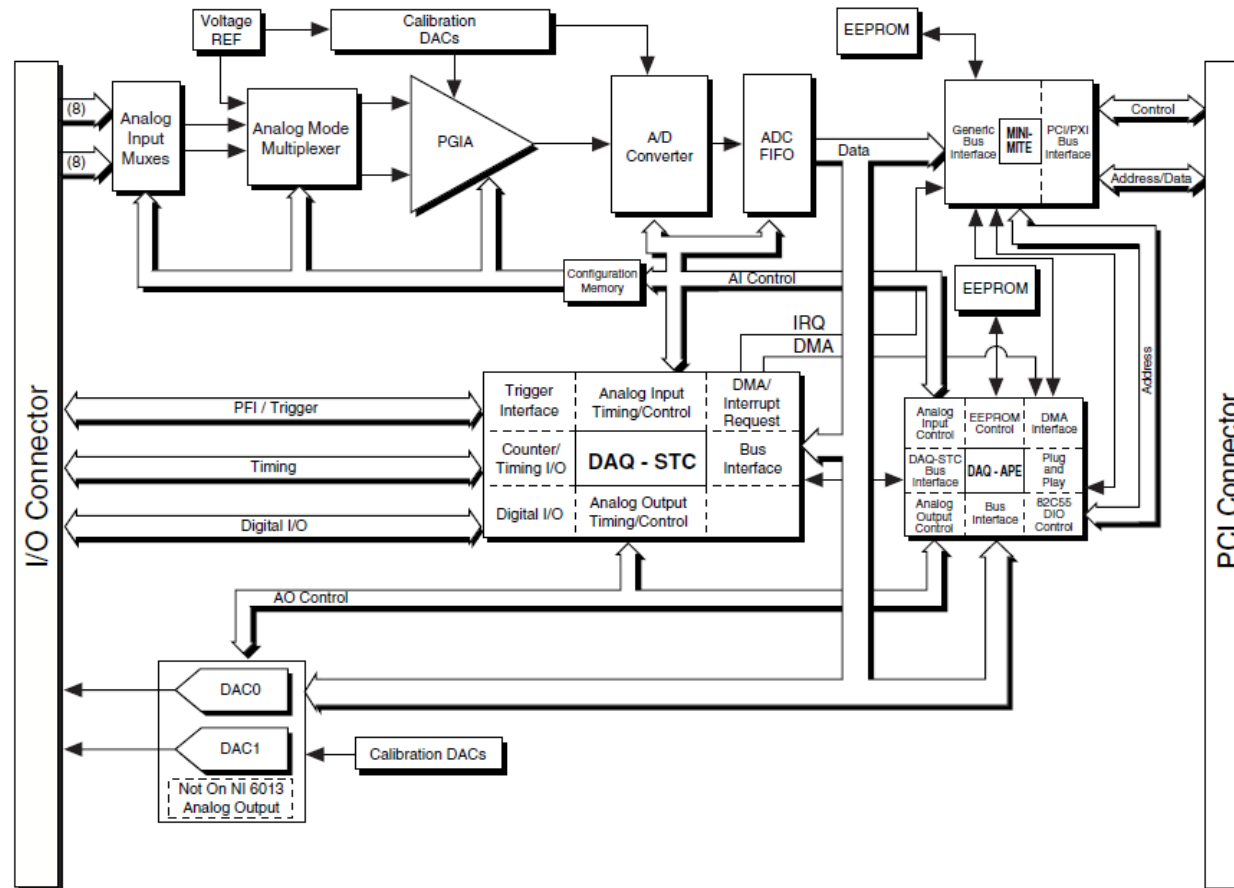


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 3. Adquisición de señales analógicas: conversión A/D.



Adquisición señales analógicas: Arquitectura subsistema de adquisición de entrada analógica.



Tarjeta de adquisición de datos para PC con muestreo multiplexado.



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

- Parámetros a considerar en un SAD:
 1. Resolución.
 2. Rango.
 3. Amplificación: selección de ganancia.
 4. Ancho de código.
 5. Máxima frecuencia de muestreo.
 6. Exactitud.



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

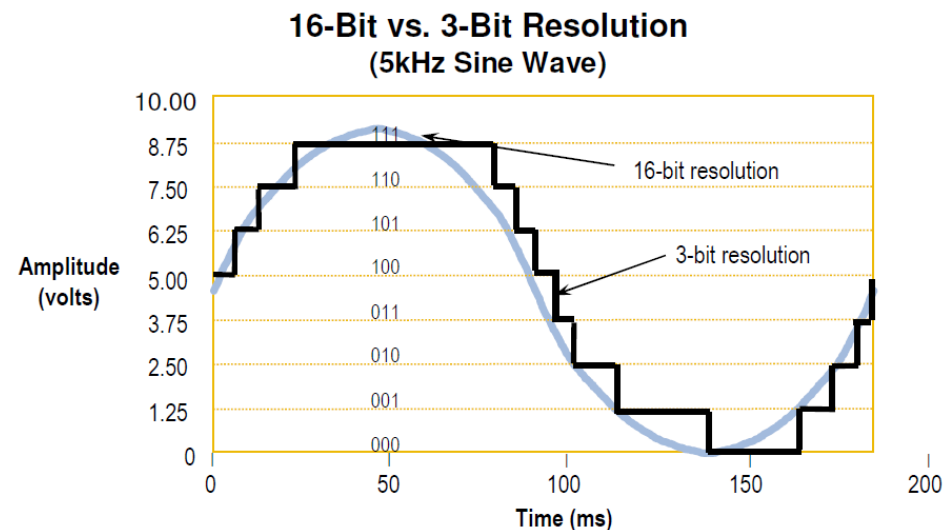
Resolución:

1. Viene determinada por el número de bits utilizados para representar una señal analógica.
2. Cuanto mayor sea la resolución del DAQ, mayor es el número de divisiones (códigos) disponibles y por tanto menor será el cambio de tensión detectable.

Ejemplos →

Un ADC de 3 bits representa $2^3=8$ divisiones o niveles de tensión.

Un ADC de 16 bits representa $2^{16}=65.536$ divisiones o niveles de tensión.

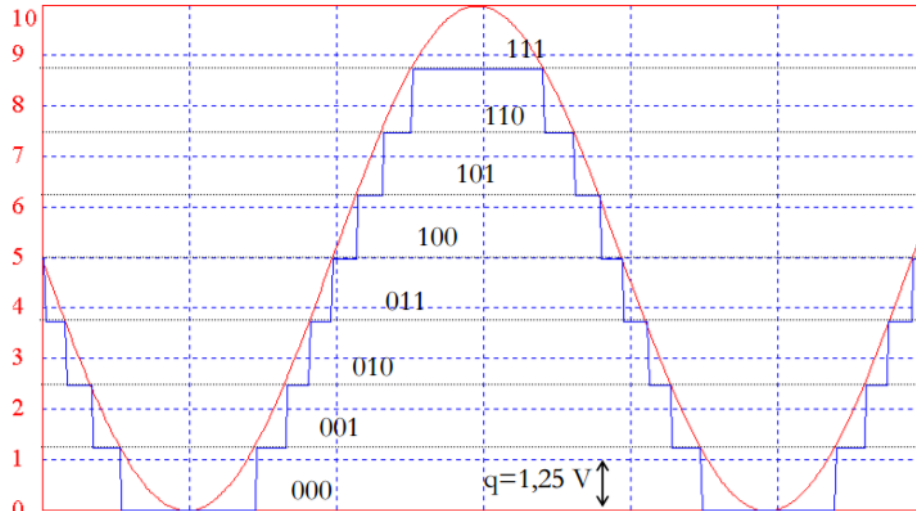


[Ref. 1]

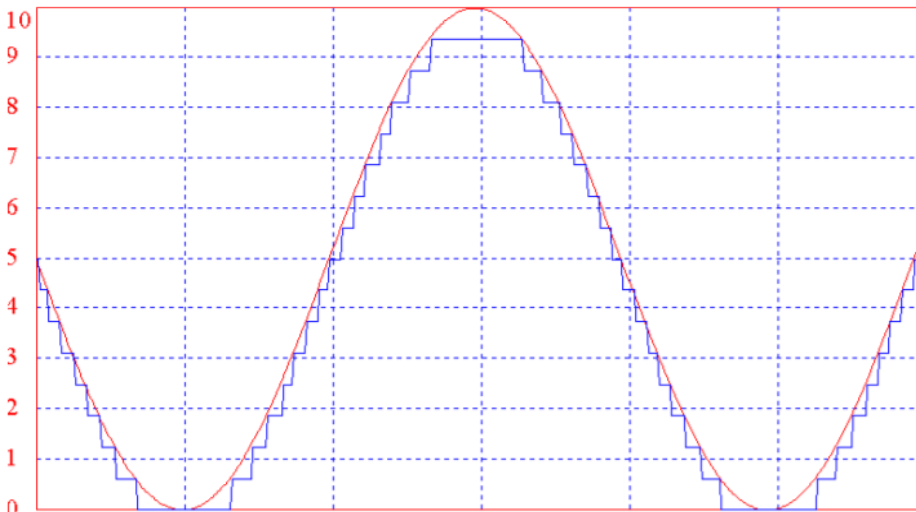


Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Resolución:



Digitalización de una señal analógica por un convertidor A/D de 3 bits



Digitalización de una señal analógica por un convertidor A/D de 4 bits (16 estados).

[Ref. 1]



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Resolución:

Con frecuencia la resolución se expresa a partir del margen de entrada del convertidor para definir el intervalo de cuantificación q o espacio de 1 LSB (*Least Significant Bit*):

$$q = \frac{\text{Rango entrada conversor (V)}}{2^n}$$

Siendo:

- q : Intervalo de cuantificación = 1 LSB.
- n : Número de bit del conversor

[Ref. 1]



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Rango o Margen dinámico:

1. Máxima y mínima tensión que el sistema de adquisición puede digitalizar.
2. El rango de la señal a digitalizar está directamente relacionado con el intervalo de cuantificación Δ .

Ejemplo: Se dispone de de dos señales de audio de rangos dinámicos ± 5 y ± 1 mV. El objetivo es reproducir ambas señales con la misma calidad, es decir el error de cuantificación en ambos casos debe ser el mismo. Se entiende que el sistema digitalizador tiene un intervalo de cuantificación de valor Δ .

Solución: Amplificar la señal de rango ± 1 mV con un factor de 5.

En definitiva → Para aprovechar toda la resolución del sistema de conversión, la tensión a la entrada del conversor A/D debe aproximarse lo máximo posible al rango indicado por el fabricante de la tarjeta, que coincide con el rango del conversor A/D.

Rangos típicos → Normalmente de 0 a 10 V o -10 a 10 V.

En algunos dispositivos el rango de entrada es configurable vía hardware o software.

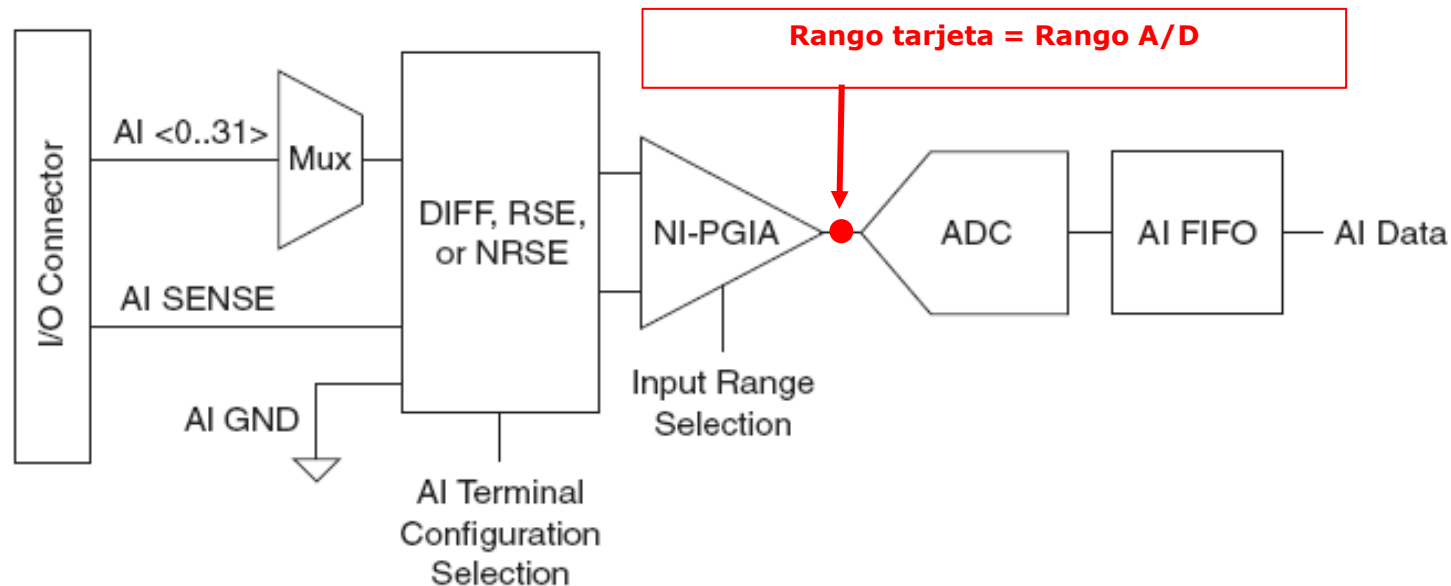
[Ref. 1]



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Rango o Margen dinámico:

- El Rango de la tarjeta de adquisición especificado por el fabricante en sus especificaciones técnicas se refiere al rango de señal a la entrada del conversor A/D.



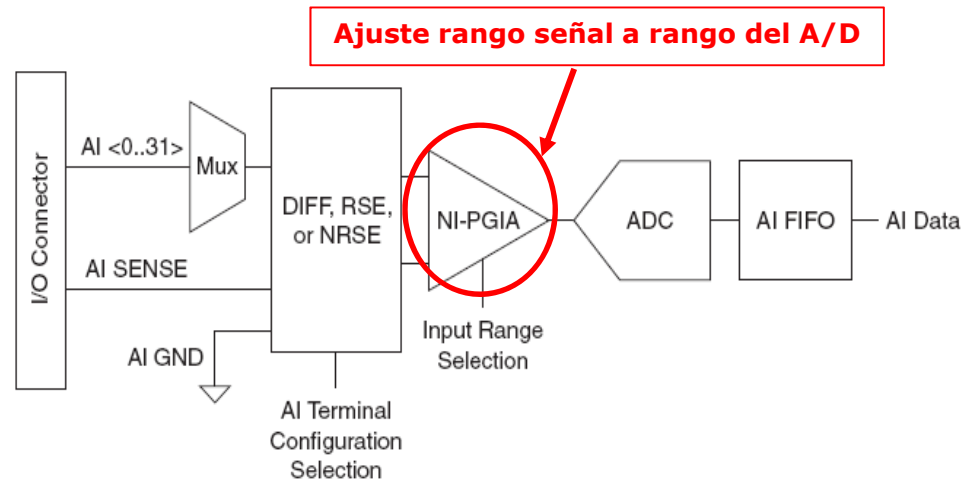
[Ref. 1]



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Rango: amplificación.

1. **Función amplificador Instrumentación** → Adaptar el rango de la señal de entrada al del conversor A/D.



2. Valores típicos de ganancias configurables para la mayoría de dispositivos → 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, o 100.
3. La ganancia se debe elegir para aprovechar la máxima resolución de la tarjeta.

En ocasiones no es posible y se requiere un precondicionamiento externo: (ganancia/atenuación adicional y offset).



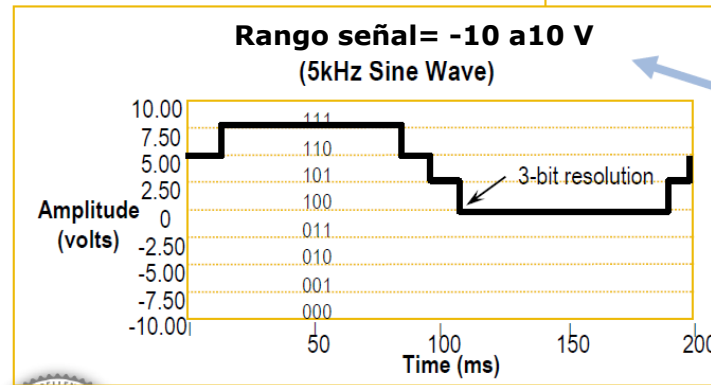
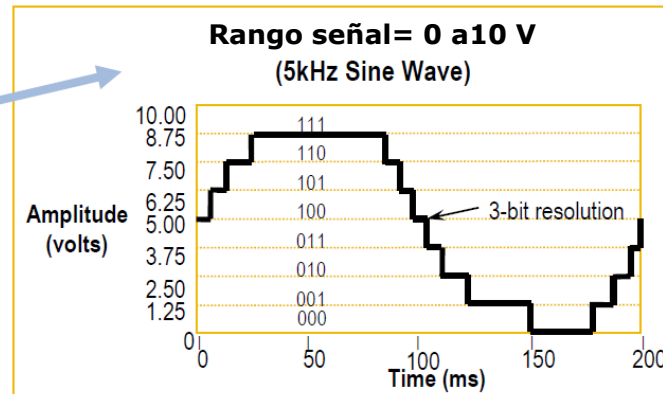
Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Ejemplo:

1. Ejemplo de pérdida de resolución por no ajustar el rango de la señal al rango del conversor A/D (rango de la tarjeta):

Rango A/D= 0 a 10 V

- Proper Range
 - Using all 8 levels to represent your signal



- Improper Range
 - Only using 4 levels to represent your signal

[Ref. 1]

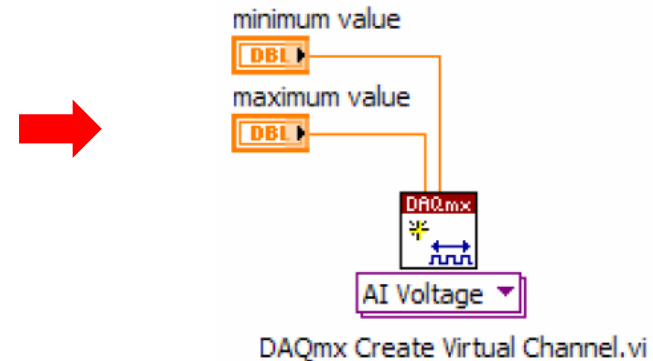


Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Selección de ganancia:

Problema de abstracción de las herramientas software:

- Con muchos drivers actuales lo que se configura/selecciona no es la ganancia del amplificador de instrumentación sino el rango de la señal de entrada (V_{max} y V_{min}) de forma que la tarjeta a partir de esta información configura la ganancia más óptima de entre las posibles.



- Recordar que el número de ganancias posibles es limitado y depende de cada tarjeta. Debemos siempre tener en consideración las posibles ganancias de nuestro dispositivo para conocer la capacidad del mismo para adaptar el rango de señal de entrada al del conversor A/D.



| MIO X Series Device | Input Range | Nominal Resolution Assuming 5% Over Range |
|---------------------|-------------------|---|
| NI 632x/634x | -10 V to 10 V | 320 μ V (G=1) |
| | -5 V to 5 V | 160 μ V (G=2) |
| | -1 V to 1 V | 32 μ V (G=10) |
| | -200 mV to 200 mV | 6.4 μ V (G=50) |



La mínima tensión detectable a la entrada aumenta con la ganancia



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Ancho de código:

- Es el cambio de tensión más pequeño que puede detectar el sistema/tarjeta de adquisición.
- Viene dado por la siguiente expresión:

$$\text{code width} = \frac{\text{voltage range}}{(\text{amplification} \times 2^{\text{resolution in bits}})}$$

voltage range: rango de tensión de la tarjeta

- Cuanto más pequeño es el ancho del código, el dispositivo puede representar con mayor exactitud la señal.
- El ancho de código es un parámetro importante a la hora de seleccionar el dispositivo de adquisición de datos.

Ejemplo:

Una tarjeta de 12 bits y rango 0 a 10 V y ganancia $G=1$ puede detectar variaciones de tensión de 2,4 mV.

El mismo dispositivo pero con un rango de -10 a +10 V., el máximo cambio que podría detectar es de 4,8 mV.



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Consideraciones:

- A la hora de seleccionar un dispositivo de adquisición se debe tener en cuenta la relación entre sus características/prestaciones y su coste:
 - A mayor resolución mayor coste pero también mayor exactitud a la hora de representar la señal adquirida.
 - A mayor rango de entrada mayor flexibilidad pero afecta negativamente a la anchura de código.



Adquisición señales analógicas: Parámetros.

Ejercicio:

Se dispone de dos tarjetas de adquisición (device 1 y device 2) con las siguientes características:

| | DAQ Device 1 | | DAQ Device 2 | |
|----------------------------|--------------------------|-----------|--------------|-----------|
| | Config. A | Config. B | Config. A | Config. B |
| Resolution (Bits) | 12 Bit | 12 Bit | 16 Bit | 16 Bit |
| Range (Volts) | 0 to 10 | -10 to 10 | 0 to 10 | -10 to 10 |
| Amplification (choose one) | 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 | | | |

Seleccione el dispositivo y configuración más adecuada para los siguientes supuestos:

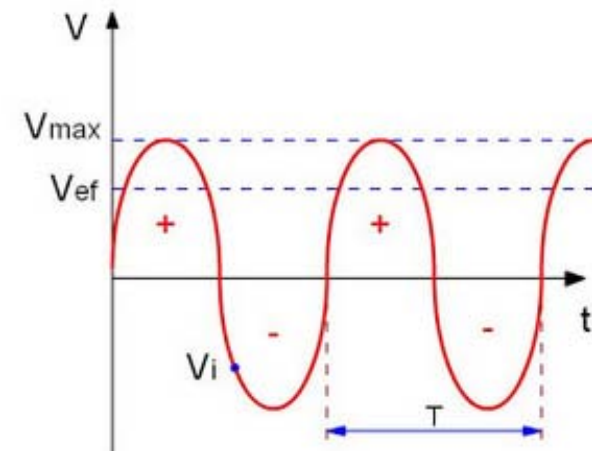
1. Para adquirir la Información de un sensor de presión localizado a la entrada de un colector de un motor. El sensor genera en su salida una tensión lineal en el rango de -2 a +2 V. para el rango de presiones que mide que van de 20 Pa a 105 kPa. Se desea que el sistema sea capaz de detectar variaciones de 2 Pa.
2. En un estación meteorológica se utiliza un sensor de humedad para monitorizar la humedad relativa (H_R). El sensor genera una salida lineal entre 0,8 V and 3,9 V para un rango de H_R de 0% to 100%. Se desea que el sistema sea capaz de detectar variaciones de $\pm 2\% H_R$.



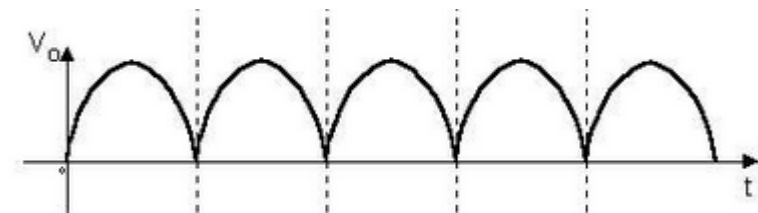
Adquisición señales analógicas: Conexionado.

- Antes de realizar la conexión de la señal a la tarjeta se debe conocer el tipo de señal de que se trata, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Bipolar: señal que toma valores positivos y negativos.



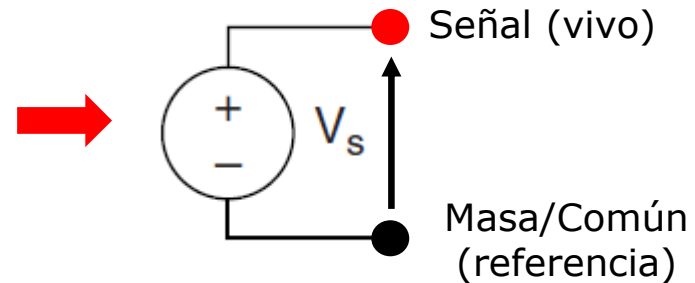
Unipolar: señal que sólo toma valores de un signo.





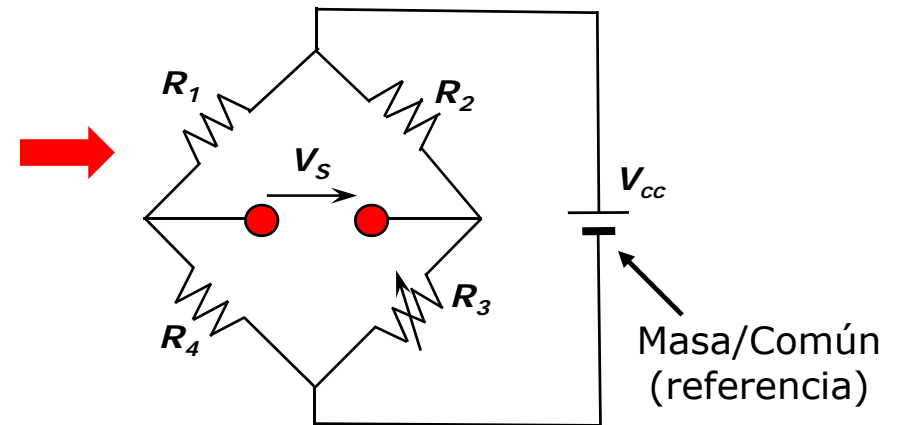
Adquisición señales analógicas: Conexionado.

Asimétrica: señal que se mide como diferencia de potencial entre un punto y masa del circuito.



Diferencial: señal que se mide como diferencia de potencial entre dos puntos en los que ninguno de ellos es masa del circuito.

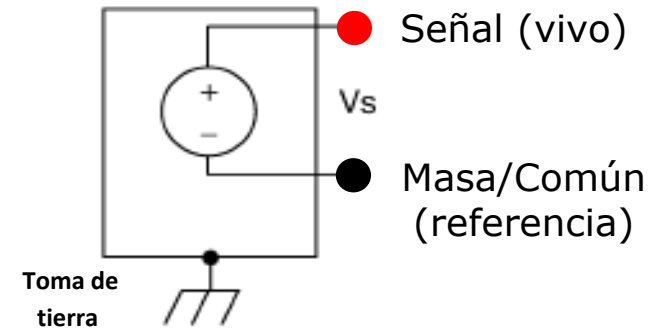
Ejemplo: salida de un puente de Wheatstone.



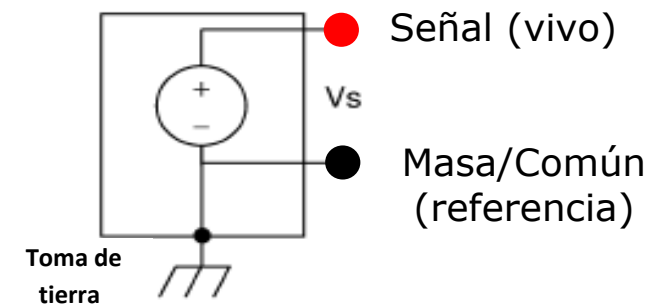


Adquisición señales analógicas: Conexionado.

Flotante: señal cuya referencia o masa está aislada de la toma de tierra de la instalación eléctrica.



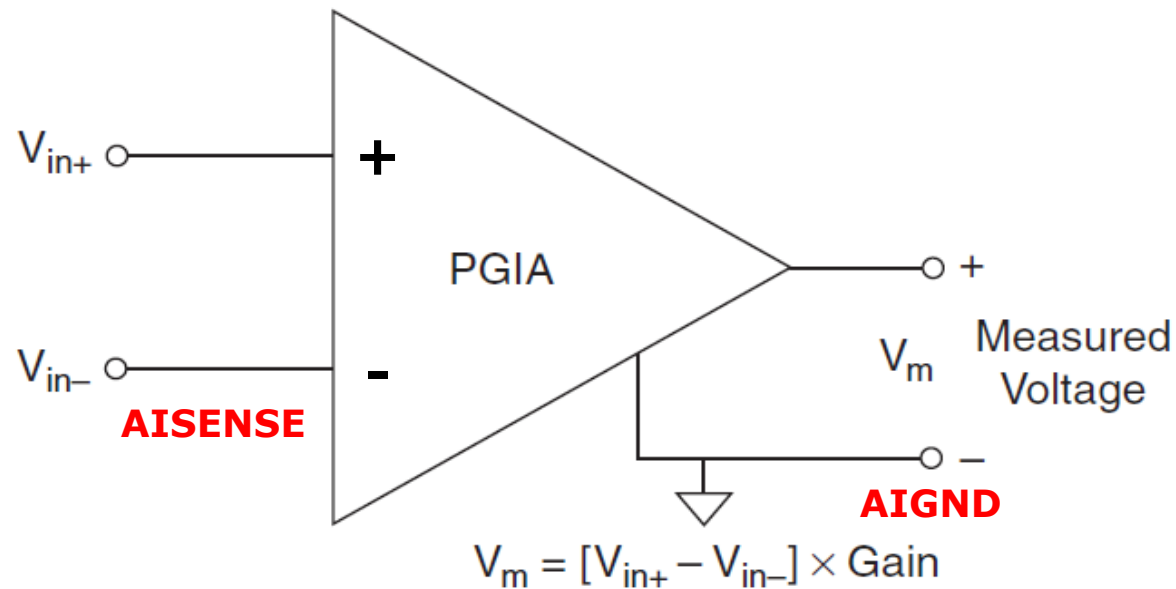
Referenciada a tierra: señal cuya referencia o masa es la toma de tierra de la instalación eléctrica.





Adquisición señales analógicas: Conexionado.

- Definición terminales de entrada:



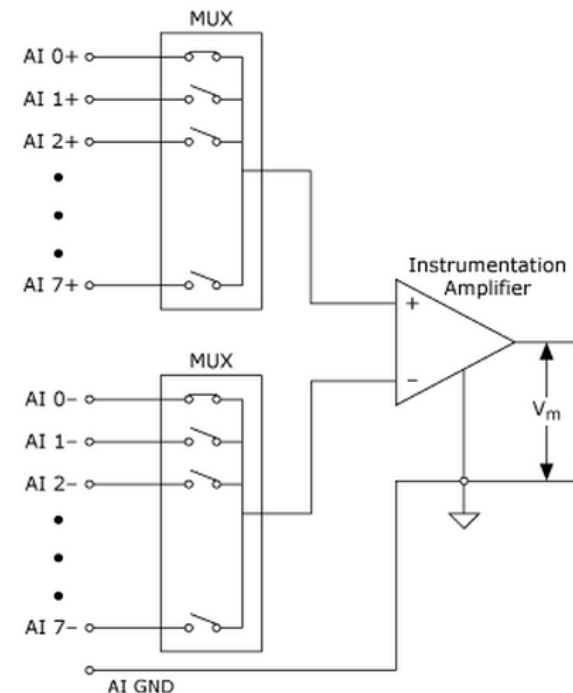
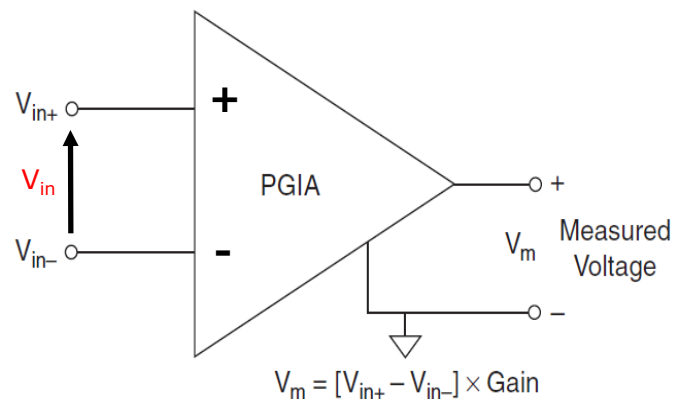
- **AISENSE** → entrada inversora (-) del amplificador.
- **AIGND** → masa de la tarjeta (conectada a toma de tierra de la instalación a no ser de que se trate de una tarjeta conectada a un ordenador con alimentación flotante, p.e un portátil).



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

- En función del tipo de señal de entrada, la tarjeta se puede configurar en uno de los siguientes modos:

- Diferencial:** En este modo los dos terminales de la señal diferencial de entrada se conectan a las entradas inversora (-) y no inversora (+) del amplificador

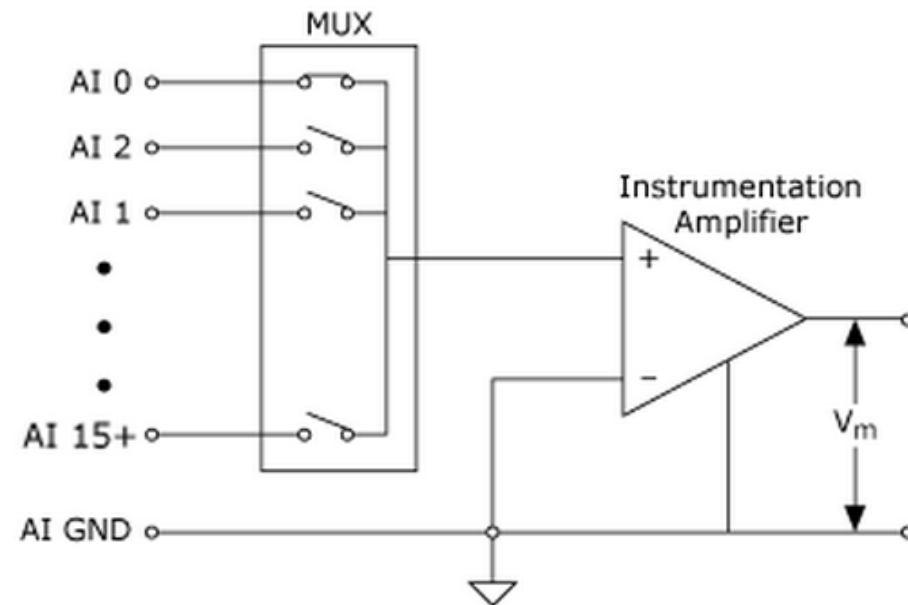
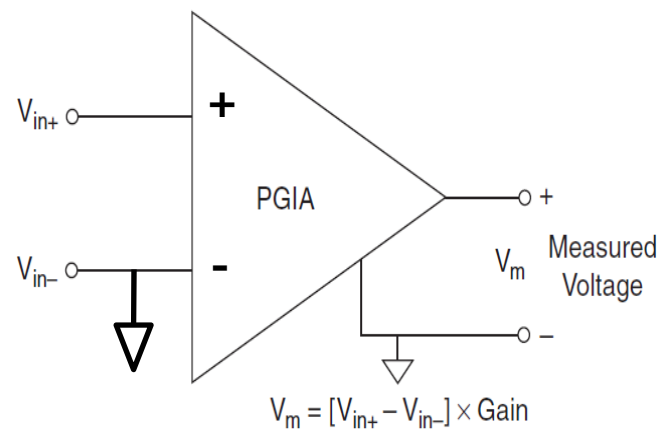




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

2. Asimétrico Referenciado: En el caso de las tarjetas de National Instruments utilizan el nemotécnico **RSE (Referenced Single-Ended)** para referirse a esta configuración.

- Al configurar este modo, la entrada inversora (-) del amplificador (AISENSE) se conecta a la masa de la tarjeta (AIGND).

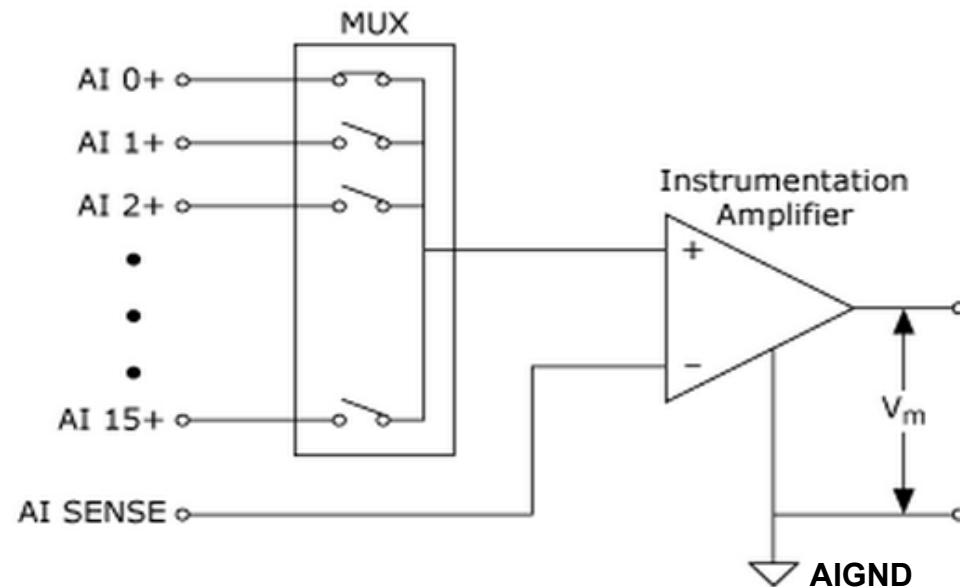
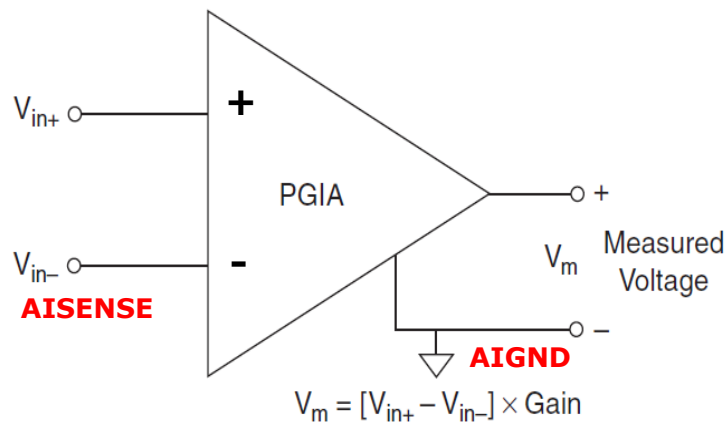




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

3. Asimétrico NO Referenciado: En el caso de las tarjetas de National Instruments utilizan el nemotécnico **NRSE (Non Referenced Single-Ended)** para referirse a esta configuración.

- En esta configuración, la entrada negativa (-) del amplificador denominada AISENSE **NO** se conecta a la masa de la tarjeta.
- A esta configuración se le denomina también **pseudodiferencial** ya que en realidad la configuración del amplificador es la misma que el caso de la configuración diferencial.





Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DIFERENCIAL:

- Es aconsejable trabajar con señales diferenciales en los siguientes supuestos:
 - La señal de entrada es de bajo nivel (tensiones inferiores a 1 V.).
 - Distancias entra la fuente de señal y la tarjeta superiores a 3 metros.
 - Entornos agresivos en los que puedan existir importantes fuentes de ruido.
 - Señales con tensiones en modo común elevadas.
- Debido al elevado rechazo al modo común (**CMRR**) que presenta el amplificador de instrumentación, el conexionado diferencial reduce el ruido que se pueda acoplar bien a través de los cables que conectan la fuente de señal a la tarjeta, bien a través de la propia electrónica de entrada.

Ruido → Tensión común → eliminado por el CMRR del amplificador.



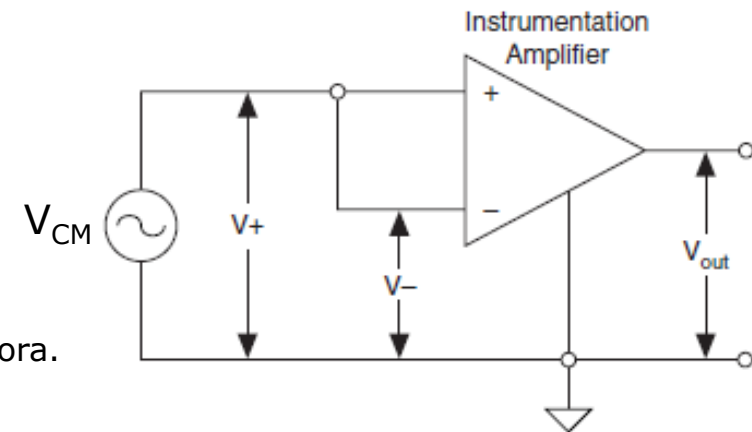
Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DIFERENCIAL:

- **Tensión en modo común (V_{CM}):**

- Se define como:

$$V_{cm} = (V_+ + V_-) / 2 \left. \begin{array}{l} V_+ = \text{Tensión en la entrada no inversora.} \\ V_- = \text{Tensión en la entrada inversora.} \end{array} \right\}$$



- La tensión en modo común V_{CM} que soporta el amplificador viene limitada por la máxima tensión que soporta el amplificador en cada una de sus entradas (V_+ y V_-) con respecto a la masa del sistema de medida.
- Si se supera la V_{CM} que soporta el amplificador deja de funcionar de forma lineal y puede incluso llegar a deteriorarse si se supera cierto límite.

Valores habituales de V_{CM} máxima soportada por amplificadores $\rightarrow |V_{CM}| < 12V$

Valores de V_{CM} para no deteriorar el amplificador $\rightarrow |V_{CM}| < 40V$



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DIFERENCIAL:

- **CMRR:**

- Cuantifica la capacidad del amplificador de instrumentación para amplificar la tensión diferencial que contiene la información que se desea adquirir y eliminar la tensión común (ruido y otras tensiones que nada tienen que ver con la información que se desea adquirir).
- A mayor CMRR mayor capacidad para amplificar señales diferenciales en presencia de ruido.
- Se define como:

$$CMRR(dB) = 20 \log\left(\frac{V_{IO}}{V_{CM}}\right) \quad ; \quad CMRR(dB) = 20 \log\left(\frac{G_D}{G_{CM}}\right) \quad ; \quad CMR\left(\frac{V}{V}\right) = \frac{V_{IO}}{V_{CM}}$$

- El CMRR es función de la frecuencia, se deteriora al aumentar la frecuencia. Normalmente en las especificaciones de los dispositivos se proporciona el CMRR a 60 Hz.
- **Para optimizar el efecto del CMRR es aconsejable que las entradas del amplificador se encuentran balanceadas → misma impedancia en las dos entradas del amplificador.**



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO ASIMÉTRICO:

- Es aconsejable trabajar con señales asimétricas en los siguientes supuestos:
 - La señal de entrada presenta niveles de tensión superiores a 1 V.
 - Distancias entra la fuente de señal y la tarjeta no muy elevadas (>3 metros).
 - Entornos no muy ruidosos.



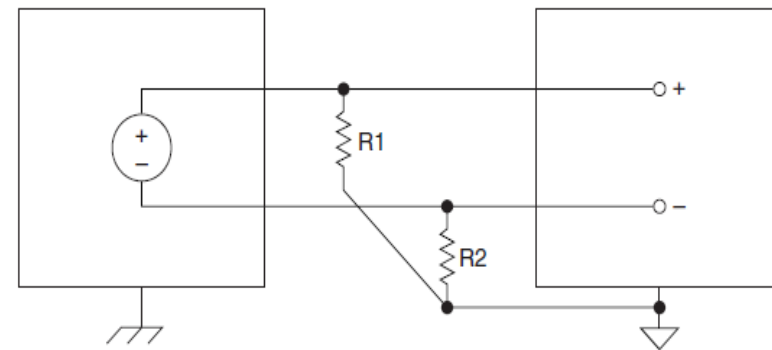
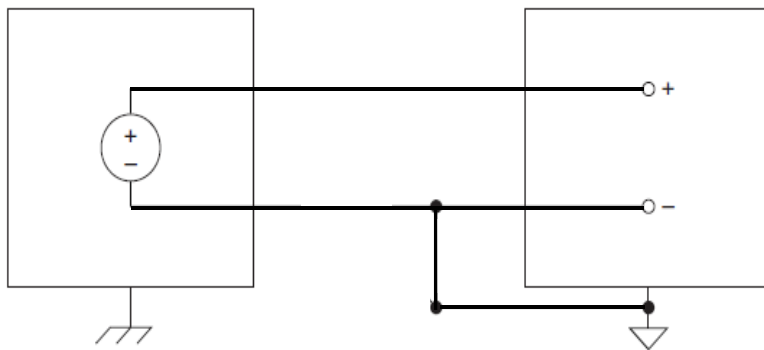
Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO SEÑALES FLOTANTES.

- **Para poder medir/adquirir adecuadamente, la masa/común de la fuente de señal (señal a adquirir) debe referenciarse a la masa del sistema de medida (tarjeta de adquisición).**

Masa señal a adquirir → Masa de la tarjeta

- Dependiendo de si es necesario balancear o no la impedancia en las entradas inversora y no inversora del amplificador para evitar acoplo de ruido electrostático, la señal de entrada se referencia bien directamente, bien a través de una o dos resistencias:

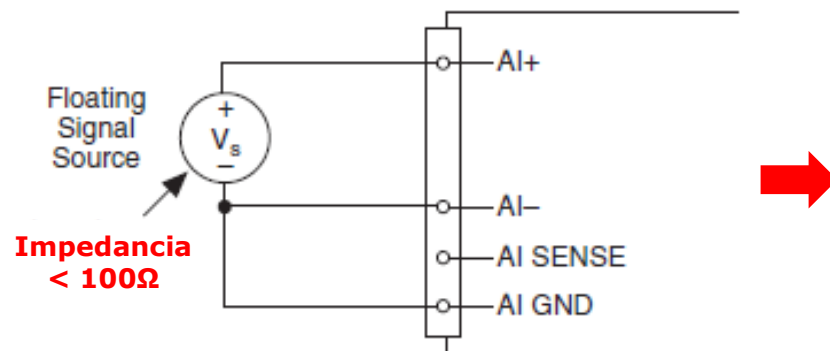




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO SEÑALES FLOTANTES EN MODO DIFERENCIAL.

- Al tratarse de una señal flotante, esta debe referenciarse a la masa/común del sistema de medida. Para ello se conecta el positivo de la señal a una entrada AI+ y la negativa a AI- y a AIGND bien directamente, bien a través de una resistencia.



Este conexionado funciona correctamente para fuentes acopladas en DC con impedancias de salida bajas (menores de 100Ω), ya que en estos casos la **entrada** se encuentra suficientemente **balanceada** y se acopla poco ruido.

Ejemplo conexionado de señal asimétrica flotante con tarjeta configurada en modo diferencial .

- Al referenciar la masa/común de la señal flotante a la masa de la tarjeta (AIGND) se garantiza un camino de retorno para las corrientes de polarización del amplificador con el fin de evitar que este pueda saturarse.

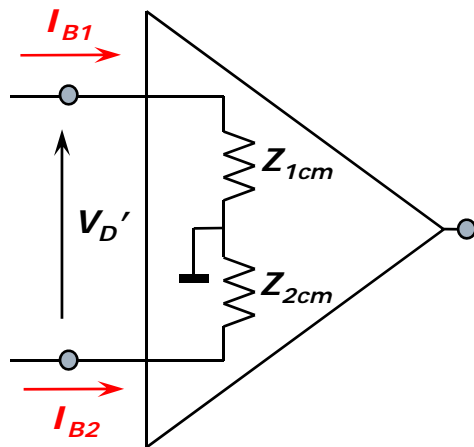


Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO SEÑALES FLOTANTES EN MODO DIFERENCIAL.

¿Por qué se puede saturar el amplificador si no se realiza la conexión adecuada para las señales diferenciales flotantes?

Si no se conecta el común de la señal flotante a la masa de la tarjeta (AIGND) las corrientes de polarización se cerrarían a través de las impedancias de entrada Z_{CM} .



$$Z_{CM} = 10^{10} \Omega$$

$$I_B = 30 \text{ nA}$$

$$V_{IN}(\text{equivalente}) = 10^{10} * 30 * 10^{-9} = 300 \text{ V}$$

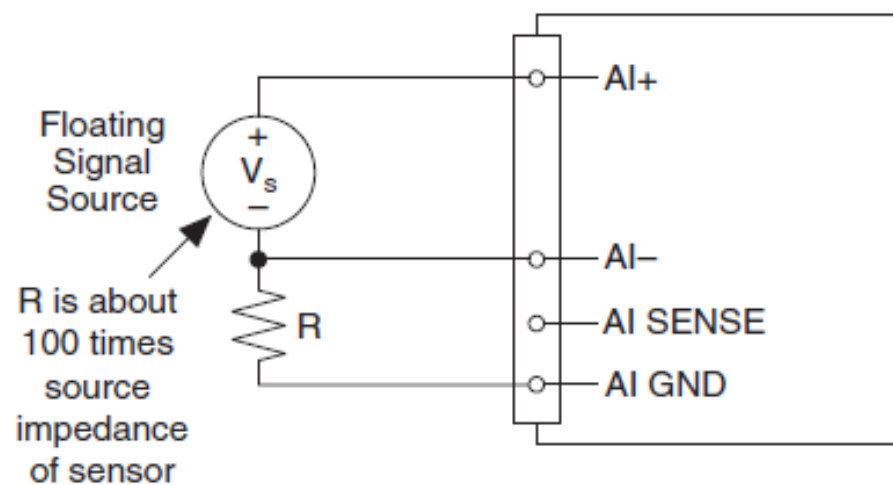


Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO SEÑALES FLOTANTES EN MODO DIFERENCIAL.

**Si la impedancia de la fuente es superior a 100Ω
¿cómo se realiza el conexionado para garantizar una buena adquisición de datos?:**

Se debe garantizar siempre que las entradas se encuentren balanceadas, para ello se realiza el conexionado entre AI- y AIGND a través de una resistencia que asegure que las impedancias vistas por las dos entradas del amplificador de instrumentación sean iguales o lo más parecidas posible → **Resistencia de valor 100 veces superior a la impedancia de salida de la fuente.**



Al estar balanceada la entrada la cantidad de ruido que se acopla por cada entrada es la misma (V_{CM}) y por tanto rechazada por el amplificador de instrumentación.

Ruido acoplado → tensión común

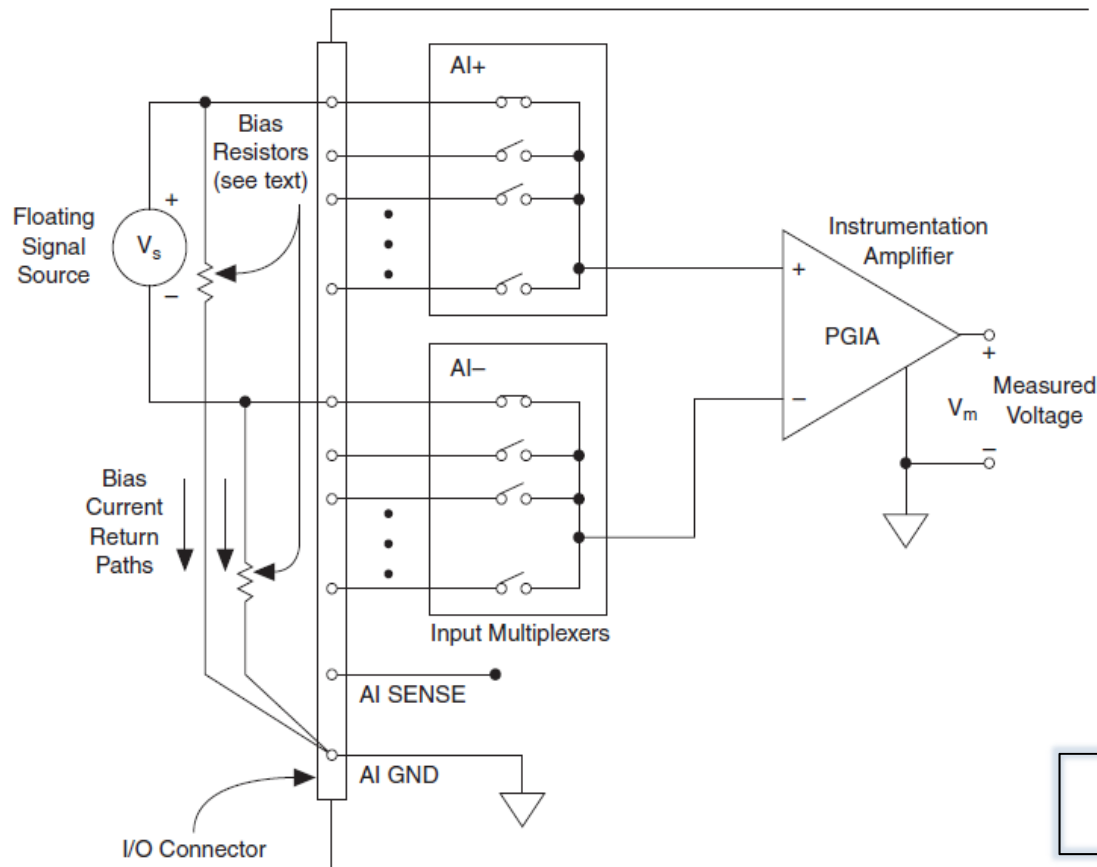
En esta configuración no se carga a la fuente debido a la alta impedancia de entrada del amplificador.



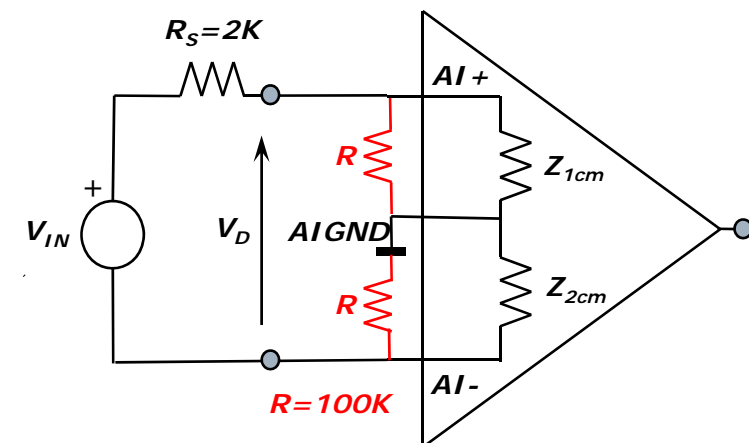
Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO SEÑALES FLOTANTES EN MODO DIFERENCIAL.

- **ENTRADA TOTALMENTE BALANCEADA** → Si se desea obtener un balanceo total se utiliza otra resistencia entre la entrada AI+ y la masa de la tarjeta (AIGND).



Esta configuración ofrece mejor rechazo al ruido acoplado pero tiene la desventaja de que se carga a la fuente de señal → atenuación señal de entrada

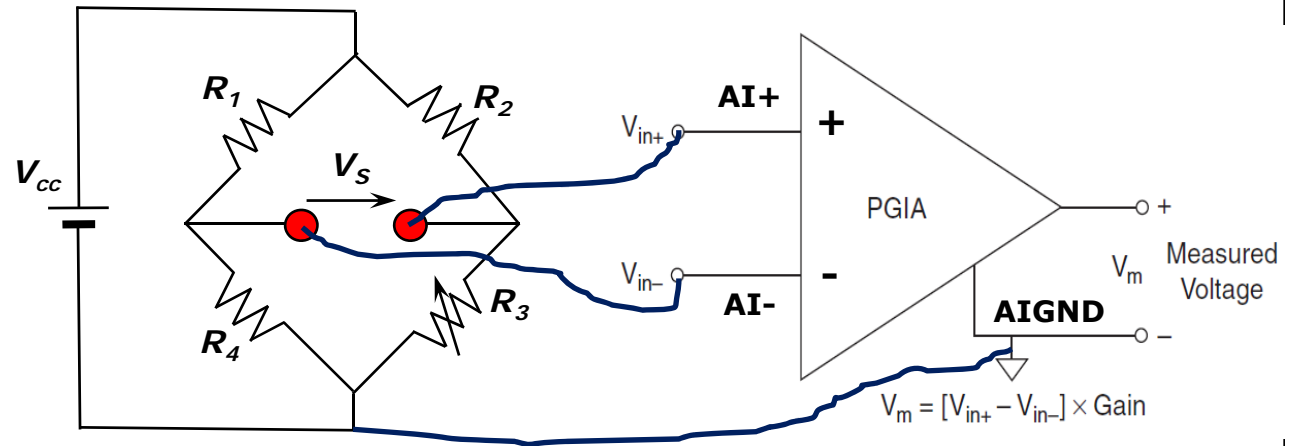
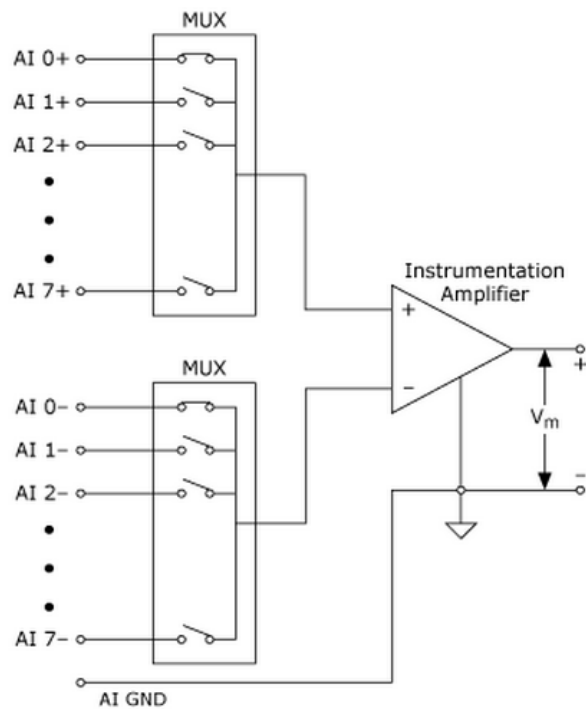


$$V_D = V_{IN} \frac{100 K}{102 K} \Rightarrow \text{Error ganancia} \cong 2\%$$



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES DIFERENCIALES FLOTANTES EN MODO DIFERENCIAL.

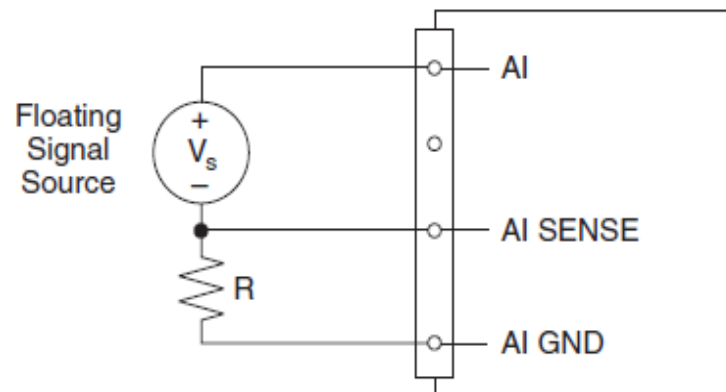




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES FLOTANTES EN MODO NO REFERENCIADO (NRSE).

- Físicamente el conexionado es el mismo que en el caso de la señal diferencial, solo cambia la configuración de pines de entrada del amplificador:
 - Al configurar la tarjeta en modo asimétrico el multiplexor de entrada cambia su configuración y se dispone del doble de canales de entrada.
 - La diferencia en este caso es que todos los canales comparten la entrada no inversora del amplificador (AI-) que ahora pasa a denominarse **AISENSE**.
 - En modo NRSE el conexionado entre AISENSE y AIGND se realiza bien cortocircuitando directamente estos dos pines, bien a través de una resistencia teniendo en cuenta los criterios de balanceo de entrada indicados en el caso de conexionado de señales diferenciales.

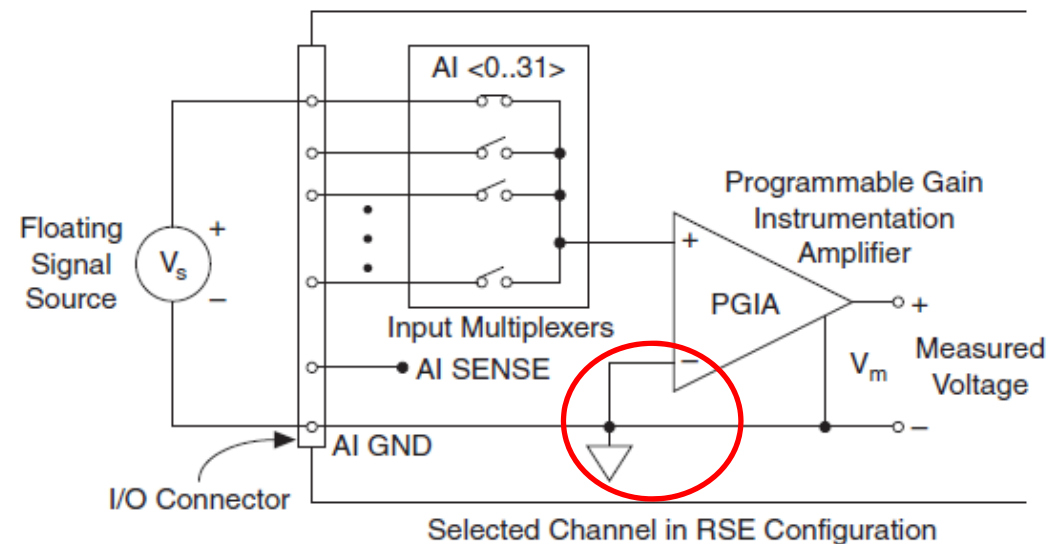




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES FLOTANTES EN MODO REFERENCIADO (RSE).

- Algunas tarjetas comerciales permiten realizar el conexionado entre AI- (entrada inversora del amplificador) y AIGND de forma programada (por software), en otras puede ser necesario cortocircuitar de forma manual con un jumper o similar.
- Al configurar la tarjeta e indicar modo de conexionado RSE se cortocircuitan internamente AI- y AIGND provocando el mismo efecto que si se cortocircuitaran externamente de forma manual.
- Obviamente, **esta configuración no sería válida en el caso de ser necesario el balanceo de impedancias de entrada.**

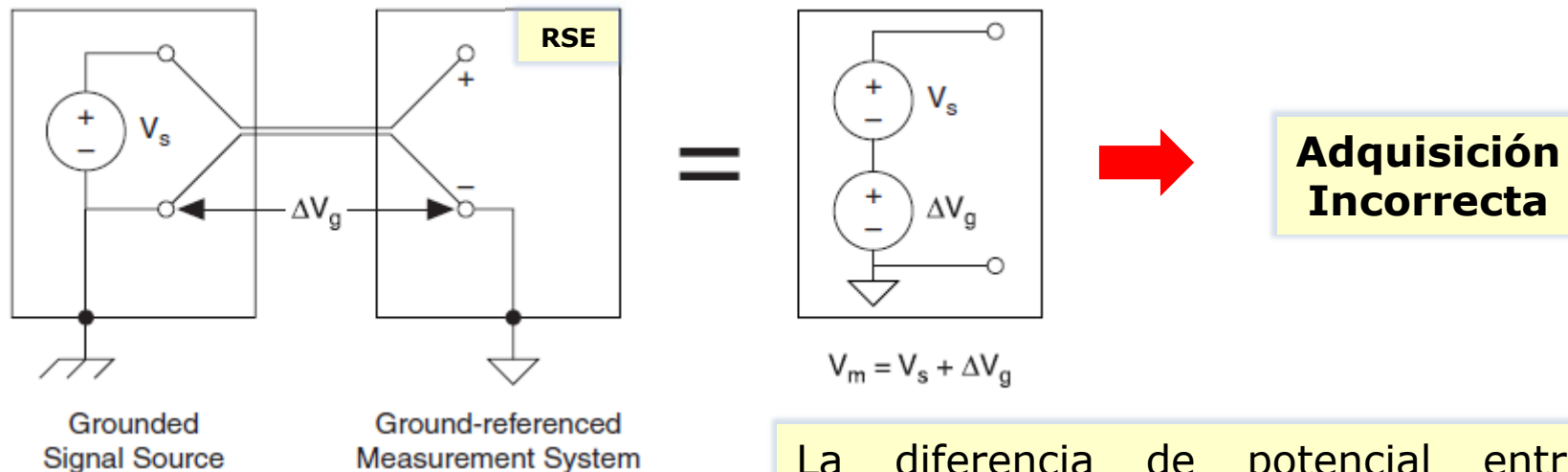




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES REFERENCIADAS A TIERRA.

- Cuando la señal a adquirir está referenciada a la toma de tierra de la instalación eléctrica, se debe tener la precaución de **NO conectar la masa de la fuente con la de la tarjeta (AIGND)** para evitar que la diferencia de potencial entre estos puntos, que idealmente es de cero voltios por tratarse del mismo punto (toma de tierra), se suma a la señal que lleva la información a adquirir, realizándose por tanto una adquisición incorrecta:

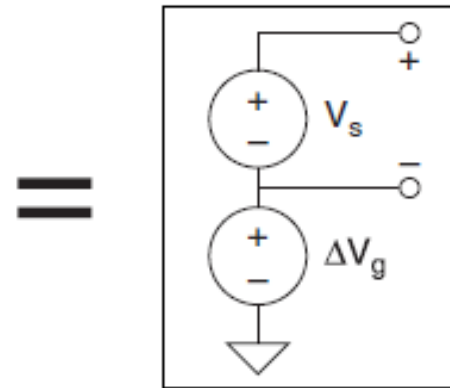
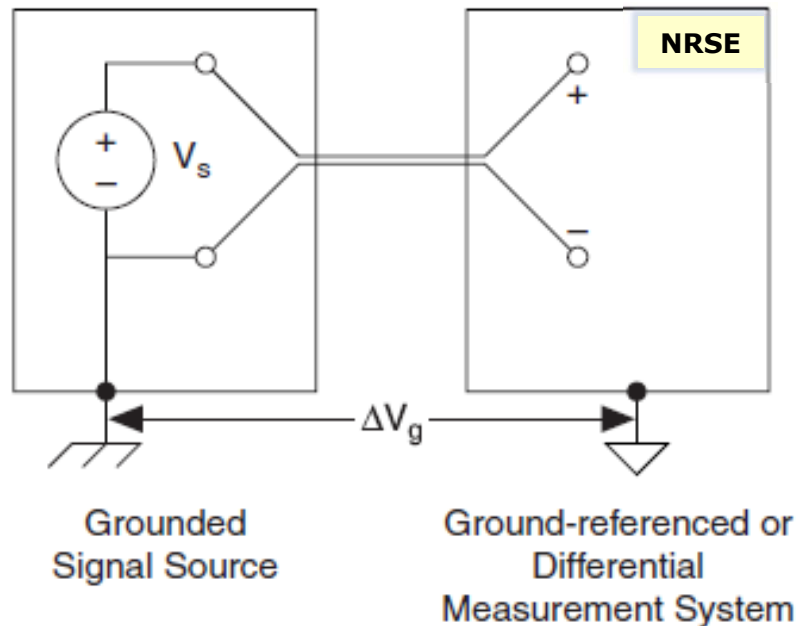


La diferencia de potencial entre la referencia de la fuente y la de la tarjeta se suma a la tensión que contiene la información a adquirir.



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES REFERENCIADAS A TIERRA.



$$V_m = (V_s + \Delta V_g) - (\Delta V_g) = V_s$$



Adquisición Correcta

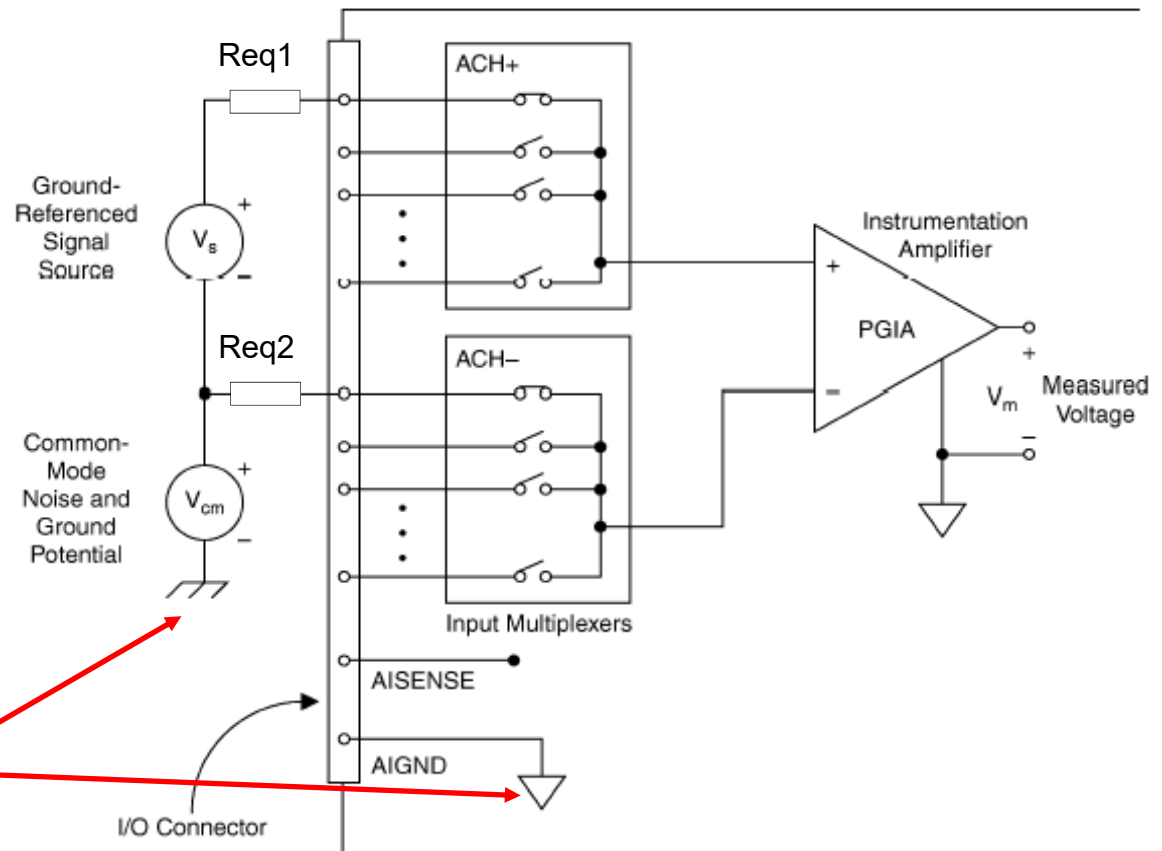
En este caso la diferencia de potencial entre la referencia de la fuente y la de la tarjeta aparece como tensión común y por tanto es eliminada por el amplificador.



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES REFERENCIADAS A TIERRA EN MODO DIFERENCIAL.

- No conectar **AIGND**
- La diferencia de potencial entre tomas de tierra aparece como tensión común.
- La tensión en las entradas del amplificador (AI+ y AI-) no debe superar $\pm 11V$

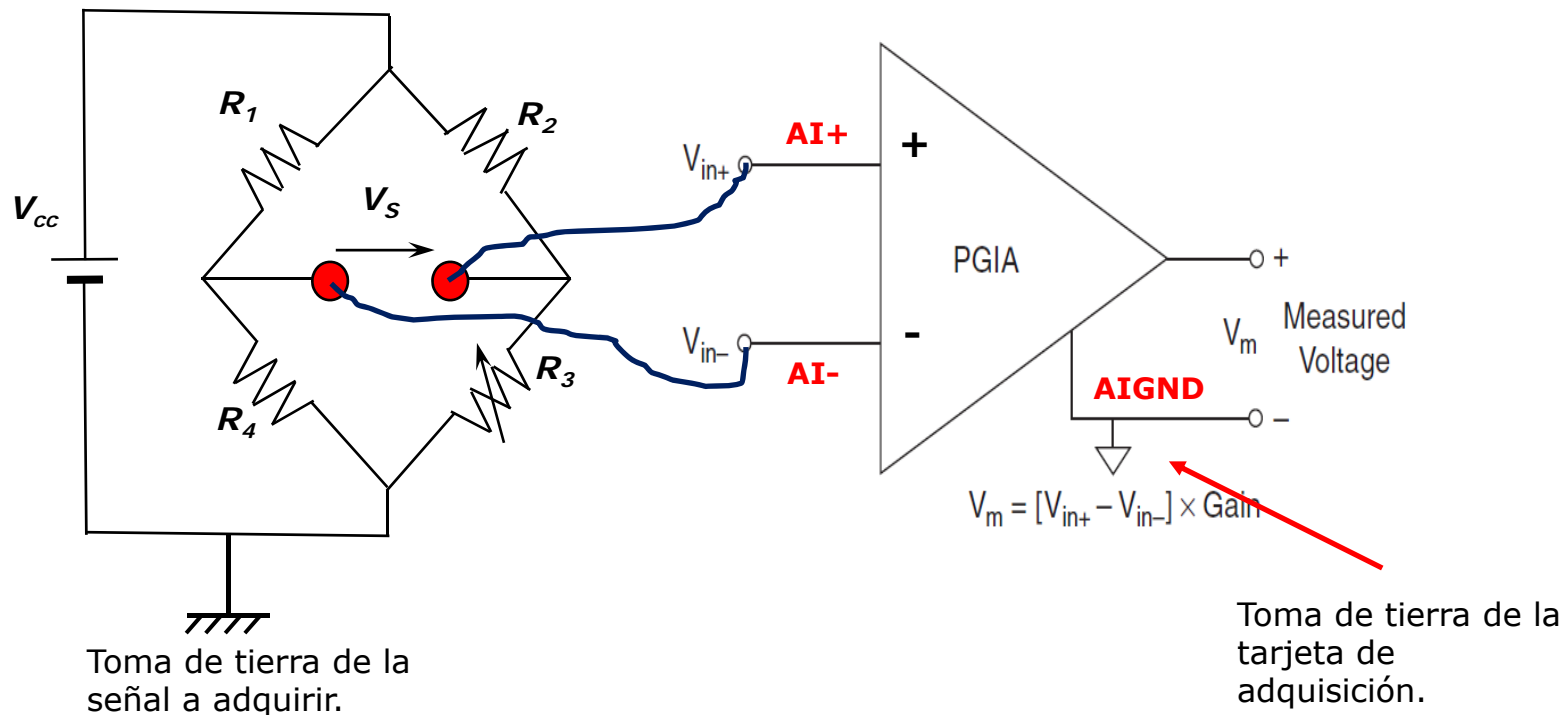


La señal y la tarjeta están referenciadas a tierra, pero pueden aparecer diferencias de potencial entre ellas.



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES DIFERENCIALES REFERENCIADAS A TIERRA EN MODO DIFERENCIAL.

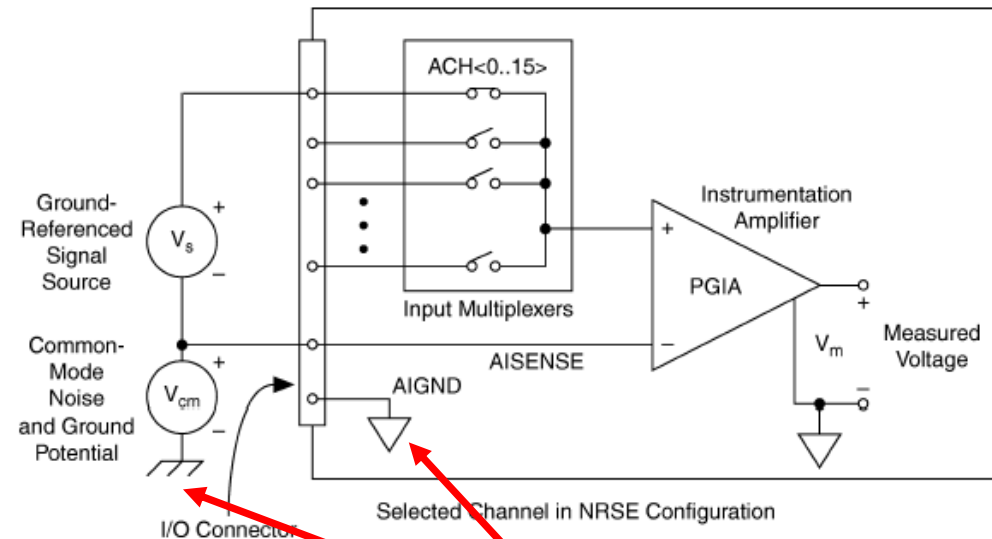




Adquisición señales analógicas: Conexionado.

CONEXIONADO DE SEÑALES ASIMÉTRICAS REFERENCIADAS A TIERRA.

- La señal de entrada se conecta entre AI+(i) y el terminal **AISENSE (configuración NRSE)**.
- Al igual que en el caso del conexionado diferencial, **NO** se debe conectar la masa/común de la señal a AIGND para evitar que la diferencia de potencial entre tomas de tierra aparezca en serie con la señal de entrada (V_s).
- **El modo RSE NO puede utilizarse cuando se trabaja con señales referenciadas.**



Ambas están referenciadas a tierra, pero pueden aparecer diferencias de potencial entre ellas.

$$V_{CM \text{ tarjeta}} = V_{CM \text{ entrada}} + \Delta V_{\text{entre masas}}$$



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 3. Adquisición de señales analógicas: conversión A/D.



Adquisición señales analógicas: Conexionado.

RESUMEN.

| Input | Signal Source Type | |
|--|---|---|
| | Floating Signal Source (Not Connected to Building Ground) | Grounded Signal Source |
| | Examples <ul style="list-style-type: none"> • Ungrounded Thermocouples • Signal Conditioning with Isolated Outputs • Battery Devices | Examples <ul style="list-style-type: none"> • Plug-In Instruments with Nonisolated Outputs |
| Differential (DIFF) | | |
| Single-Ended — Ground Referenced (RSE) | | <p>NOT RECOMMENDED</p> <p>Ground-loop losses, V_2, are added to measured signal.</p> |
| Single-Ended — Nonreferenced (NRSE) | | |



Adquisición señales analógicas: Modos de adquisición.

La adquisición de datos puede estar controlada por software o hardware:

1. Adquisición controlada por software (*Software-timed acquisition*).

Como su nombre indica el control de la adquisición lo realiza el propio software de forma que es el propio software el que controla el inicio de cada conversión ADC o lectura de datos. En definitiva, la frecuencia de adquisición se gestiona vía software.

Se utiliza fundamentalmente para leer muestras en aplicaciones en las que se monitorizan variables de muy baja frecuencia, por ejemplo temperatura.

2. Adquisición controlada por hardware (*Hardware-timed acquisition*).

En este caso una señal de reloj de la tarjeta de adquisición es la que controla la frecuencia de adquisición de datos. La mayoría de tarjetas comerciales soportan que esta señal de reloj pueda generarse con sistemas externos a la propia tarjeta.

Ventajas de la adquisición controlada por hardware con respecto a la controlada por software:

- Permite frecuencias de muestreo más elevadas.
- El periodo de muestreo es determinístico.
- Permite disparo hardware para el inicio de conversión.
- Las muestras adquiridas se almacenan en la FIFO de la tarjeta desde donde se transfieren a un buffer del PC vía DMA.



Adquisición señales analógicas: Modos de adquisición

2. Adquisición controlada por hardware (*Hardware-timed acquisition*) (cont.).

Soporta dos tipos de adquisición: continua y finita.

- **Adquisición finita:** Se determina el número de muestras a adquirir de forma que cuando se adquiere el número de muestras indicado finaliza el proceso de adquisición.

NOTA: En el caso de utilizar *Reference Trigger* se debe configurar la tarjeta para adquisición finita.

- **Adquisición continua:** una vez iniciado el proceso de adquisición este continua hasta que se de la orden de finalizarlo.

A este tipo de adquisición se le denomina también adquisición de **dobles buffer** o **buffer circular**.

Se debe tener precaución en el caso de aquellas aplicaciones en las que la frecuencia de adquisición sea elevada, ya que en estos casos el buffer circular se llena muy rápidamente. En este caso si los datos no se leen del buffer intermedio a suficiente velocidad se puede producir un error de *overwrite*.

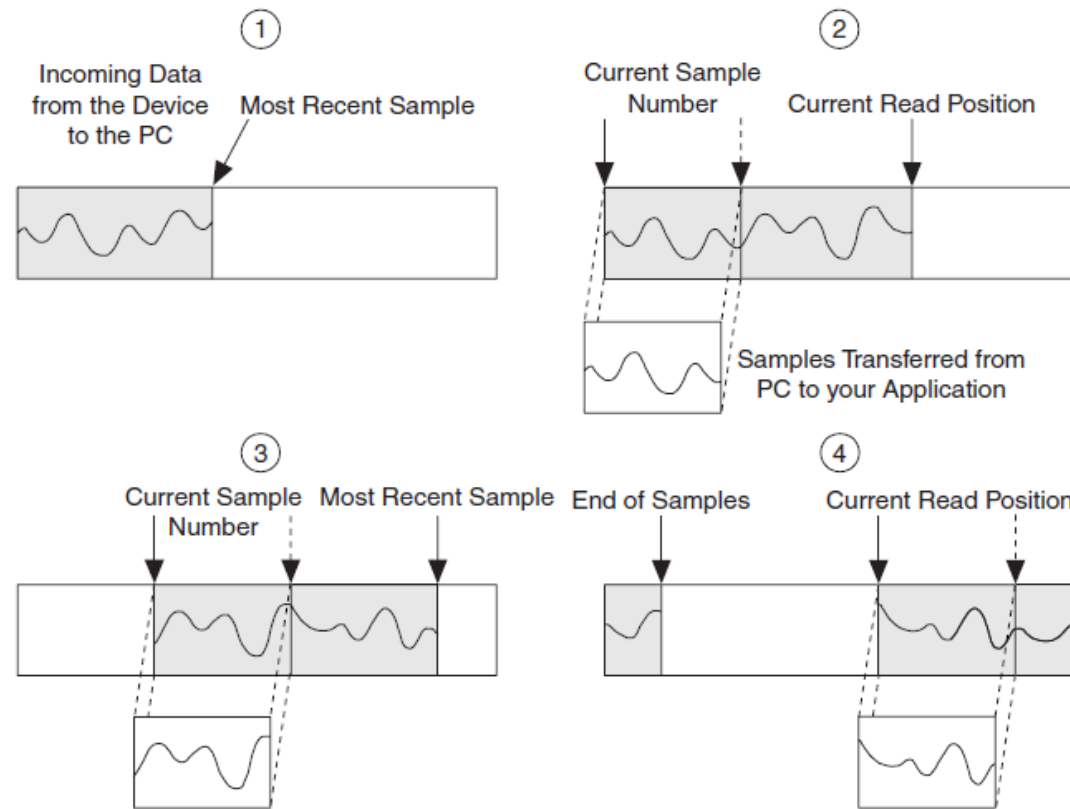


Adquisición señales analógicas: Modos de adquisición

2. Adquisición controlada por hardware (*Hardware-timed acquisition*) (cont.).

- **Adquisición continua:**

Esquema:



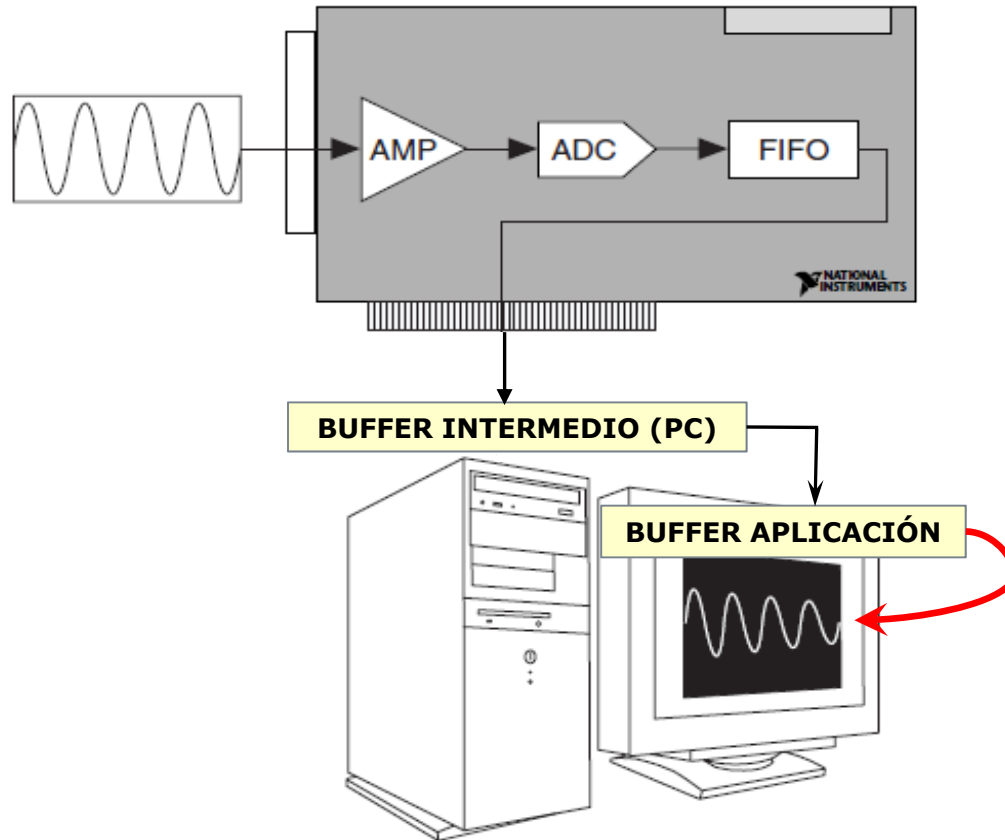


Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 3. Adquisición de señales analógicas: conversión A/D.

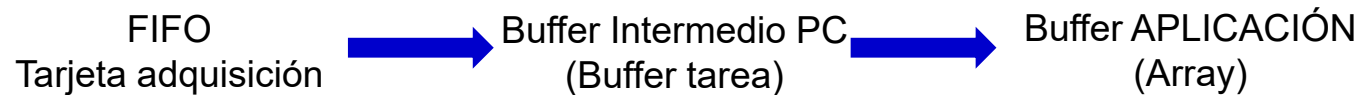


Adquisición señales analógicas: Acceso a las muestras adquiridas.



1. El código digital de cada muestra se almacena en la memoria **FIFO** de la tarjeta.
2. De la FIFO se transfieren a un **buffer intermedio** que el driver reserva en nuestro ordenador.
3. El software de nuestra aplicación accede a este buffer intermedio a leer las muestras.

Cuando se realiza una lectura de datos, el vi de lectura extrae los datos del buffer intermedio.





Adquisición señales analógicas: Disparo (*Triggering*).

- El disparo se utiliza para comenzar un proceso de adquisición de datos.

Ejemplo: Se desea testear la respuesta de un circuito a una entrada escalón.

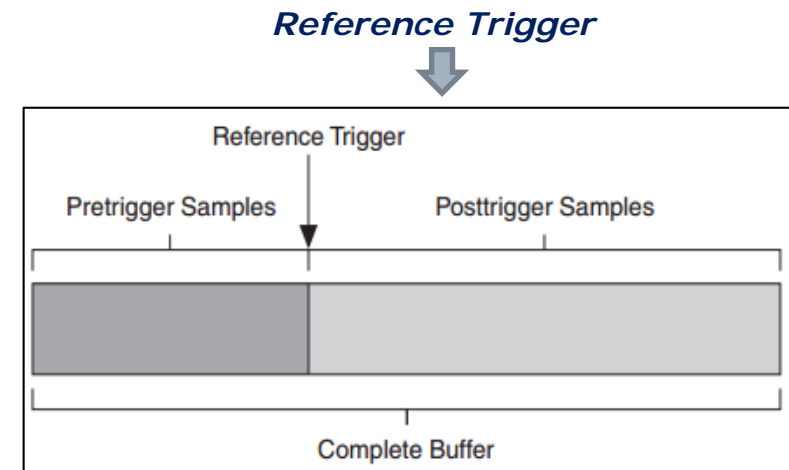
- Se puede utilizar el pulso de entrada como disparo para decirle al sistema de adquisición que comience a adquirir muestras en el flanco de subida del escalón.
- Si no se utiliza esta señal como disparo se debería comenzar la adquisición antes de aplicar la entrada al circuito.

- Decisiones a tomar a la hora de configurar el disparo:

1. La acción que se desea cause el disparo:

- Inicio de un proceso de adquisición.
- Adquisición de datos antes del disparo (*pretrigger*)
- Adquisición o captura de muestras antes y después del disparo (*reference trigger*).

2. Fuente del disparo: puede ser analógico o digital. No todas las tarjetas soportan los dos tipos de disparo.

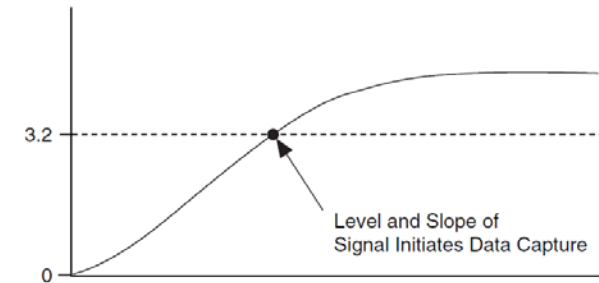




Adquisición señales analógicas: Disparo (*Triggering*).

Disparo Analógico.

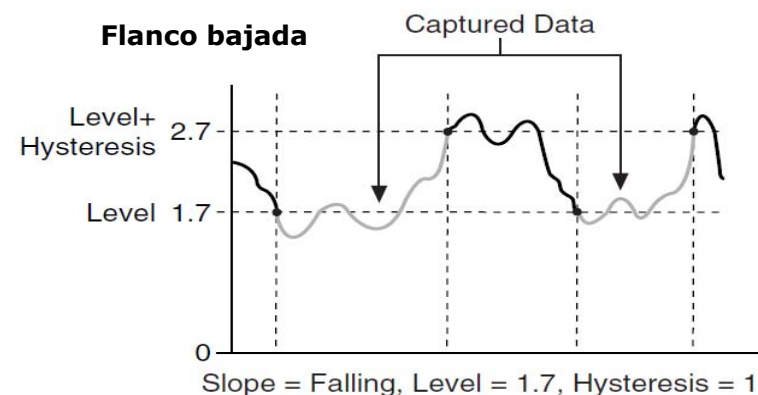
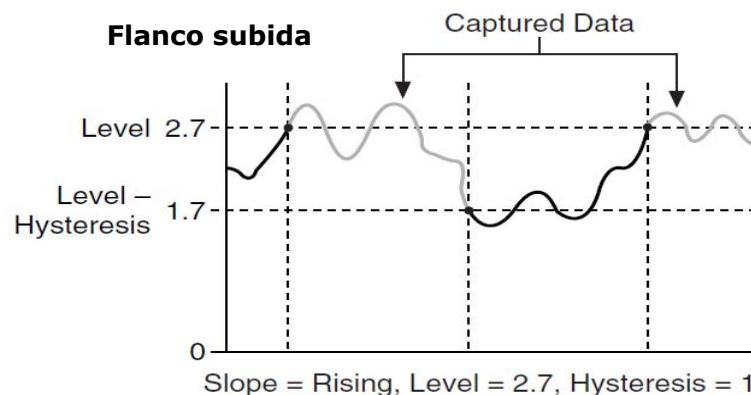
- Se produce cuando una señal analógica configurada para actuar como señal de disparo alcanza el nivel de tensión especificado, bien sea en el flanco de subida o en el de bajada de la señal.



- **Histéresis (Multi Edge):** añade una ventana por encima y por debajo del nivel de disparo con el fin de reducir posibles falsos disparos debidos a ruido o *jitter* en la señal.

- **Flanco de subida** → el trigger se activa cuando la señal está por debajo del nivel de disparo configurado (*Level*) y lo supera y se desactiva cuando está por debajo del nivel *Level* menos la histéresis configurada (*Level-Histéresis*).

- **Flanco de bajada** → el trigger se activa cuando la señal está por encima del nivel de disparo configurado (*Level*) y cruza por debajo de este nivel y se desactiva cuando está por encima del nivel *Level* más la histéresis configurada (*Level+Histéresis*).





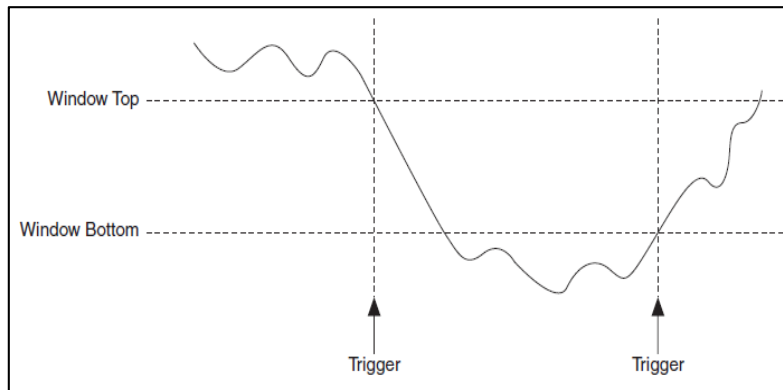
Adquisición señales analógicas: Disparo (*Triggering*).

Disparo Analógico.

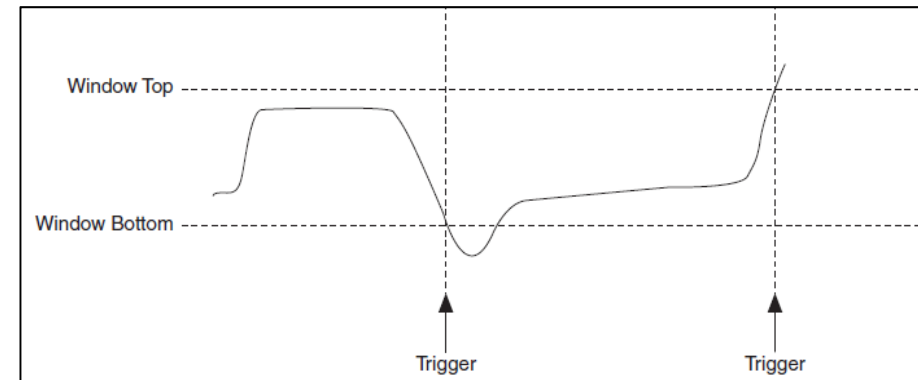
• **Eventanado analógico (*Analog Window*)**: Se produce el disparo cuando se entra o se abandonan los dos niveles que definen la ventana.

Para ello se configuran tres parámetros:

1. Nivel superior (*Window Top*).
2. Nivel inferior (*Window Bottom*).
3. Momento en el que se produce el disparo: Cuando la señal entra en la ventana o cuando la señal sale o deja la ventana.



Disparo cuando la señal entra en la ventana.



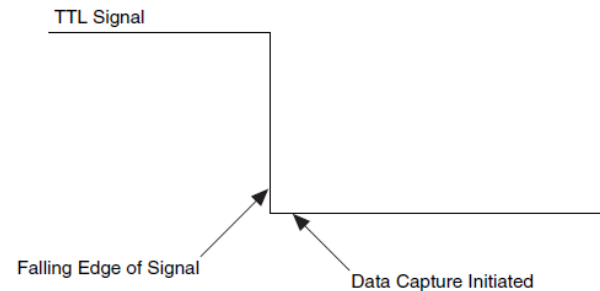
Disparo cuando la señal sale de la ventana.



Adquisición señales analógicas: Disparo (*Triggering*).

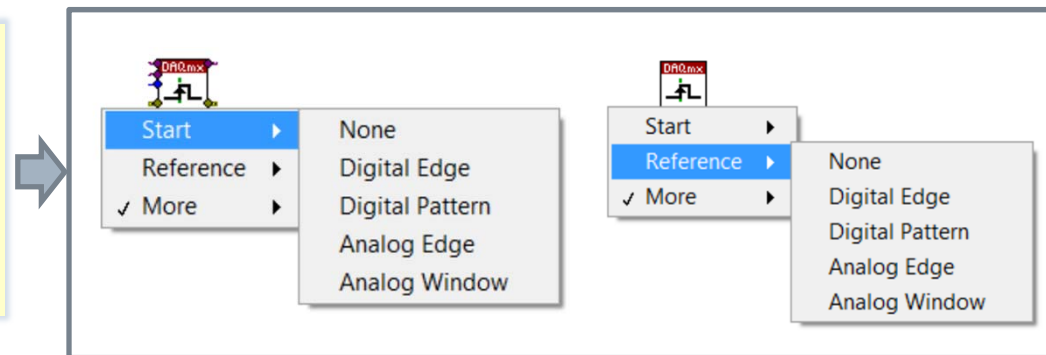
Disparo Digital.

- Normalmente se trata de señales TTL y el disparo se puede configurar para que la acción se inicie bien en el flanco de subida bien en el de bajada de la señal digital configurada como señal de disparo.



Configuración del Disparo: acción y fuente.

Tanto la acción a realizar (inicio de adquisición, *pretrigger*, *reference Trigger*, *Window Trigger* e histéresis como la fuente de disparo (analógica o digital) se configura con una función (vi) del driver software de la tarjeta de adquisición.





Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice

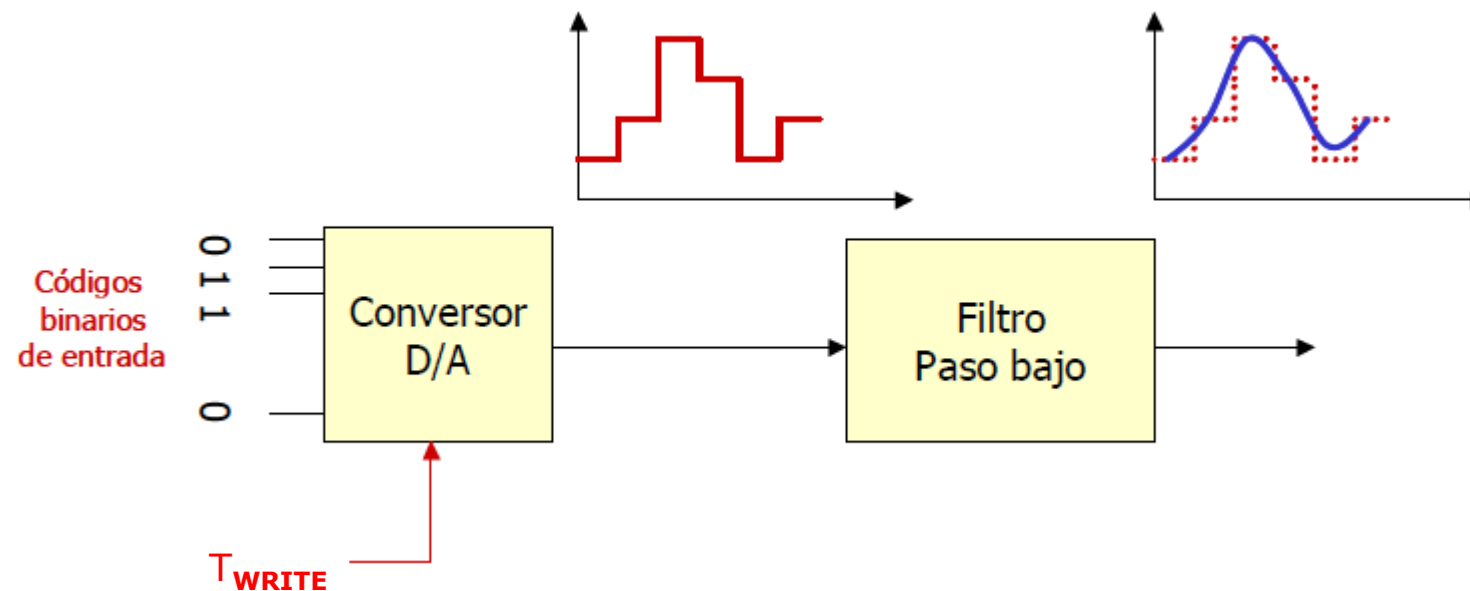


- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ **Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.**
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.



Salida Analógica.

- Se trata de generar una señal analógica a partir de muestras previamente almacenadas o generadas por software.

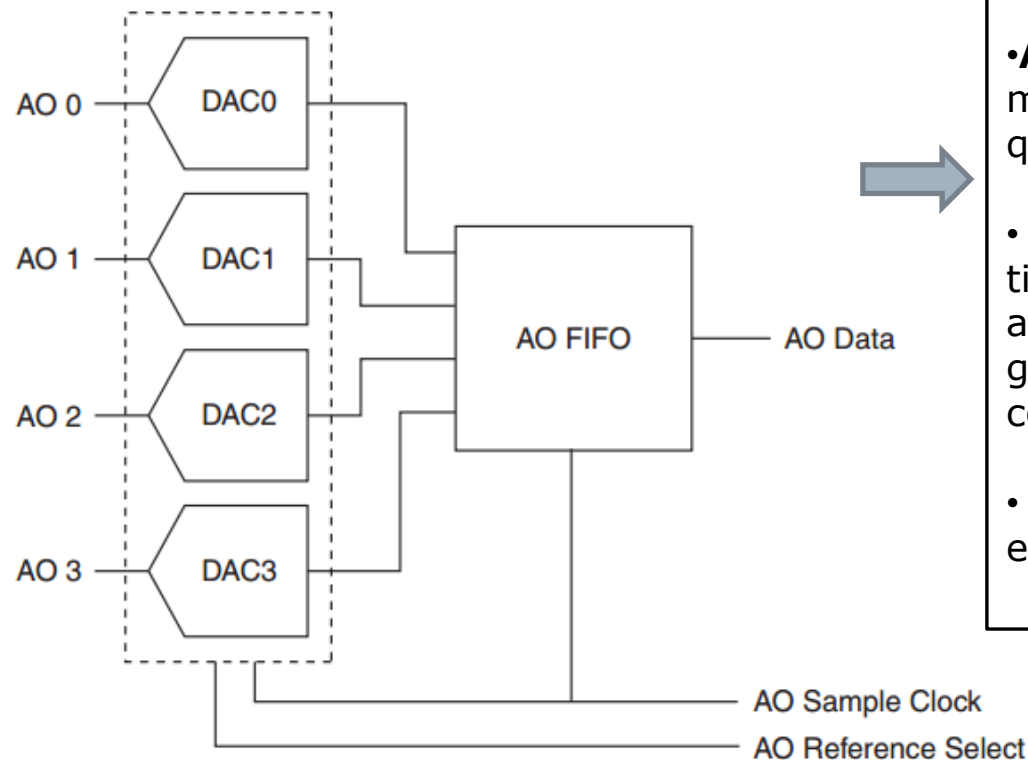


- El filtro paso bajo a la salida del convertor tiene la finalidad de eliminar las componentes de alta frecuencia (transiciones rápidas) a la salida del convertor D/A. En definitiva suaviza la señal a la salida.



Salida Analógica.

- Normalmente las tarjetas de adquisición multifunción disponen de dos o cuatro canales de salida analógica, si bien hay tarjetas de bajo coste que no disponen de salida analógica.



• **AO FIFO:** Es donde se “escriben” las muestras o puntos de la señal analógica que se desea generar.

• **AO Sample Clock:** Marca el periodo de tiempo en el que se leen los valores almacenados en la FIFO para que el DAC genere la tensión analógica de salida correspondiente.

• **AO Reference Select:** Permite cambiar el rango de la señal de salida analógica.



Salida Analógica: Métodos de generación de señal.

- Se puede generar señal mediante uno de los siguientes métodos:

- 1. Generación controlada por software (*Software-Timed Generation*):** el software envía la orden al hardware para que inicie la conversión DAC.
- 2. Generación controlada por hardware (*Hardware-Timed Generation*):** una señal de reloj controla el proceso de generación de señal. Esta señal de reloj puede ser generada internamente a partir del reloj de la propia tarjeta o externamente.

Frente a la generación de señal controlada por software presenta las siguientes ventajas:

- Permite frecuencias de generación de señal más elevadas.
- El periodo de generación (espacio entre muestras generadas) de señal es determinista.
- Permite la generación de señal controlada por disparo hardware (*triggering*).

En este caso los datos se escriben en la AO FIFO y el DAC va generando las correspondientes tensiones de salida a la frecuencia indicada por el reloj que controla el proceso de generación.



Salida Analógica: Métodos de generación de señal.

2. Generación controlada por hardware (*Hardware-Timed Generation*) (Cont):

Permite dos modos de generación de señal:

- **Finita:** Se genera un número finito de muestras configurado previamente. Generado el número de muestras indicado el proceso finaliza.
- **Continua:** Se generan muestras de manera indefinida hasta que el usuario decide finalizar el proceso.

Hay diferentes modos para controlar el modo de generación continuo:

- **Regeneración:** se generan de manera repetitiva los datos que están disponibles en la FIFO. Permite que estos datos puedan ser actualizados en cualquier momento.
- **Regeneración FIFO:** se vuelcan los datos a la FIFO y se generan de manera continua. A diferencia del caso anterior, no permite actualización de datos una vez iniciado el proceso y además se deben volcar/escribir a la FIFO tantos datos como quepan para que funcione adecuadamente.
- **Sin regeneración:** no se repite la generación de datos, hay que volcar los datos a generar de manera continua.



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 4. Salida Analógica: conversión D/A.

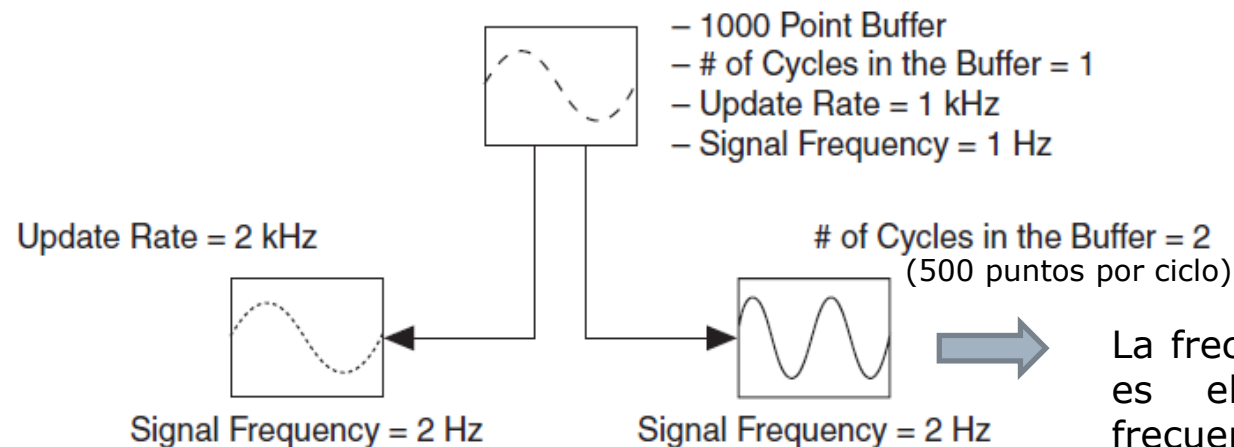


Salida Analógica: Frecuencia de la señal generada.

- La frecuencia de la señal generada depende de la frecuencia de actualización (F_{Write}) y del número de muestras por ciclo almacenadas en el buffer de datos que se escribe en la FIFO.
- La frecuencia de la señal generada viene dada por la siguiente expresión:

$$F_{Señal} = \frac{F_{Write}}{\text{número de muestras por ciclo}} = \frac{N^{\circ} \text{ ciclos en el buffer} \times F_{Write}}{N^{\circ} \text{ muestras en el buffer}}$$

$$T_{Señal} = \text{número de muestras por ciclo} \times T_{write}$$

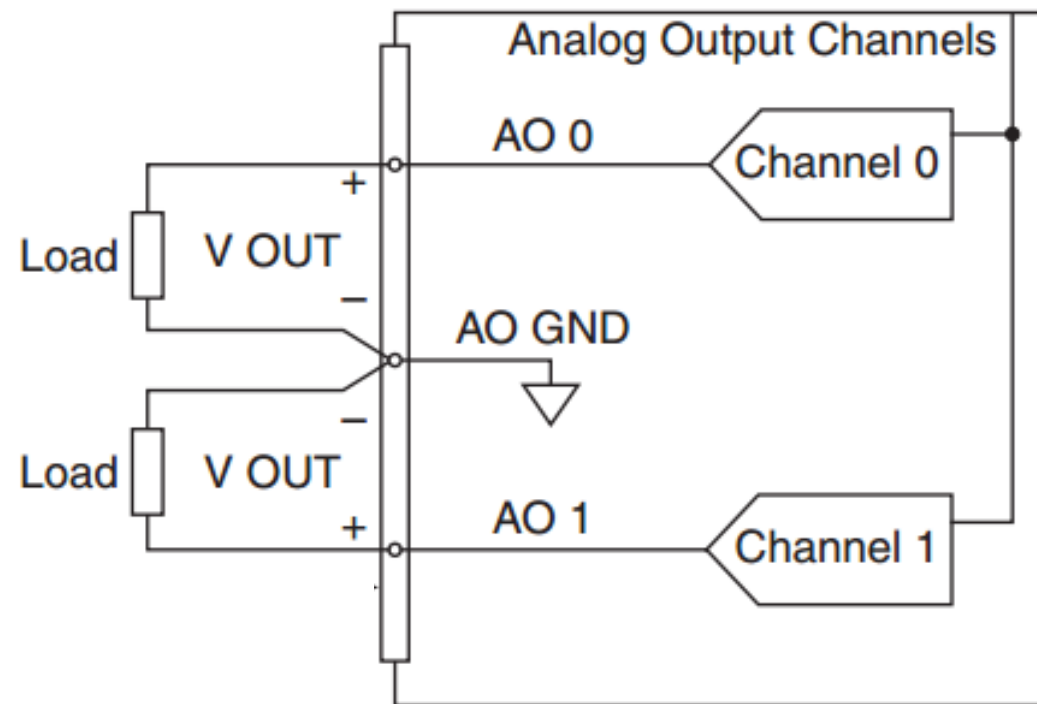


La frecuencia de la señal generada es el doble si aumenta la frecuencia de generación o el número de ciclos en el buffer.



Salida Analógica: Conexionado.

- La señal generada se presenta entre el pin AOx correspondiente y la masa de salida analógica AO GND.





Salida Analógica: Parámetros.

- Los parámetros más significativos relacionados con el hardware de salida analógica son:
 - Resolución.
 - Rango de tensiones de salida.
 - Máxima frecuencia de actualización.
 - Tamaño de la FIFO.
 - Parámetros eléctricos: impedancia de salida, máxima corriente, etc.
 - Exactitud.



Salida Analógica: Parámetros.

| | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| Number of channels..... | 2 | Overdrive current..... | 15 mA |
| DAC resolution..... | 16 bits | Power-on state..... | ±20 mV |
| DNL..... | ±1 LSB | Power-on/off glitch..... | 2 V for 500 ms |
| Monotonicity..... | 16 bit guaranteed | Output FIFO size..... | 8,191 samples shared among channels used |
| Maximum update rate | | Data transfers..... | DMA (scatter-gather), programmed I/O |
| 1 channel..... | 900 kS/s | AO waveform modes..... | Non-periodic waveform, periodic waveform regeneration mode from onboard FIFO, periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update |
| 2 channels..... | 840 kS/s per channel | | |
| Timing accuracy..... | 50 ppm of sample rate | | |
| Timing resolution..... | 10 ns | | |
| Output range..... | ±10 V | | |
| Output coupling..... | DC | | |
| Output impedance..... | 0.2 Ω | | |
| Output current drive..... | ±5 mA | | |
| Overdrive protection..... | ±15 V | | |

DNL (No linealidad diferencial): diferencia de la anchura de escalones entre cambios sucesivos de código.

Monotonicidad: Un conversor NO es monotónico si al incrementar la señal de entrada, se produce un decremento en la señal a la salida. Es muy importante asegurar la monotonicidad de los conversores.



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice

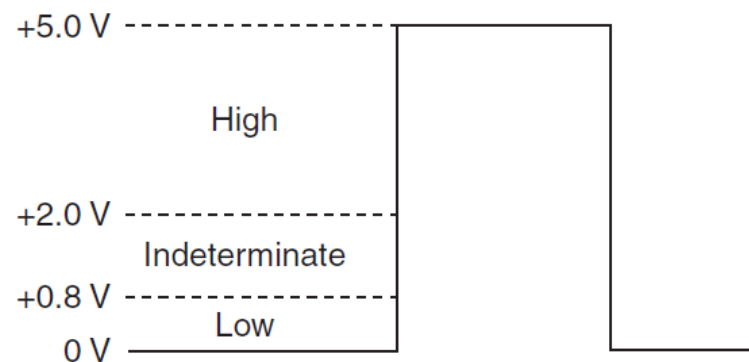


- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ **Lección 5. Entrada/salida digital.**
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.



Entrada/Salida digital.

- La mayoría de tarjetas de adquisición de datos comerciales disponen de líneas de entrada/salida (I/O) digital.
- Normalmente estas líneas de I/O digital son compatibles TTL:



- Dependiendo de la tarjeta suelen disponer de uno o varios puertos de 8 bits o líneas de I/O digital bidireccionales de forma que se puede acceder a leer y escribir al puerto completo o a líneas de manera aislada.
- Al igual que los módulos de I/O analógica, el módulo de I/O digital permite configurar una señal de disparo (*Trigger*) para iniciar la lectura/escritura de las líneas/puertos de I/O digital.



Entrada/Salida digital: funcionalidades.

- Dirección y función de cada terminal controlable individualmente.
- Lectura y escritura: activar dispositivos, leer entradas digitales tales como botones y switches.
- Generación y adquisición de señales digitales de alta frecuencia.

Waveform Characteristics (Port 0 Only)

| | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Terminals used..... | Port 0 (P0.<0..7>) |
| Port/sample size..... | Up to 8 bits |
| Waveform generation (DO) FIFO..... | 2,047 samples |
| Waveform acquisition (DI) FIFO..... | 255 samples |
| DO or DI Sample Clock frequency..... | 0 to 1 MHz, |

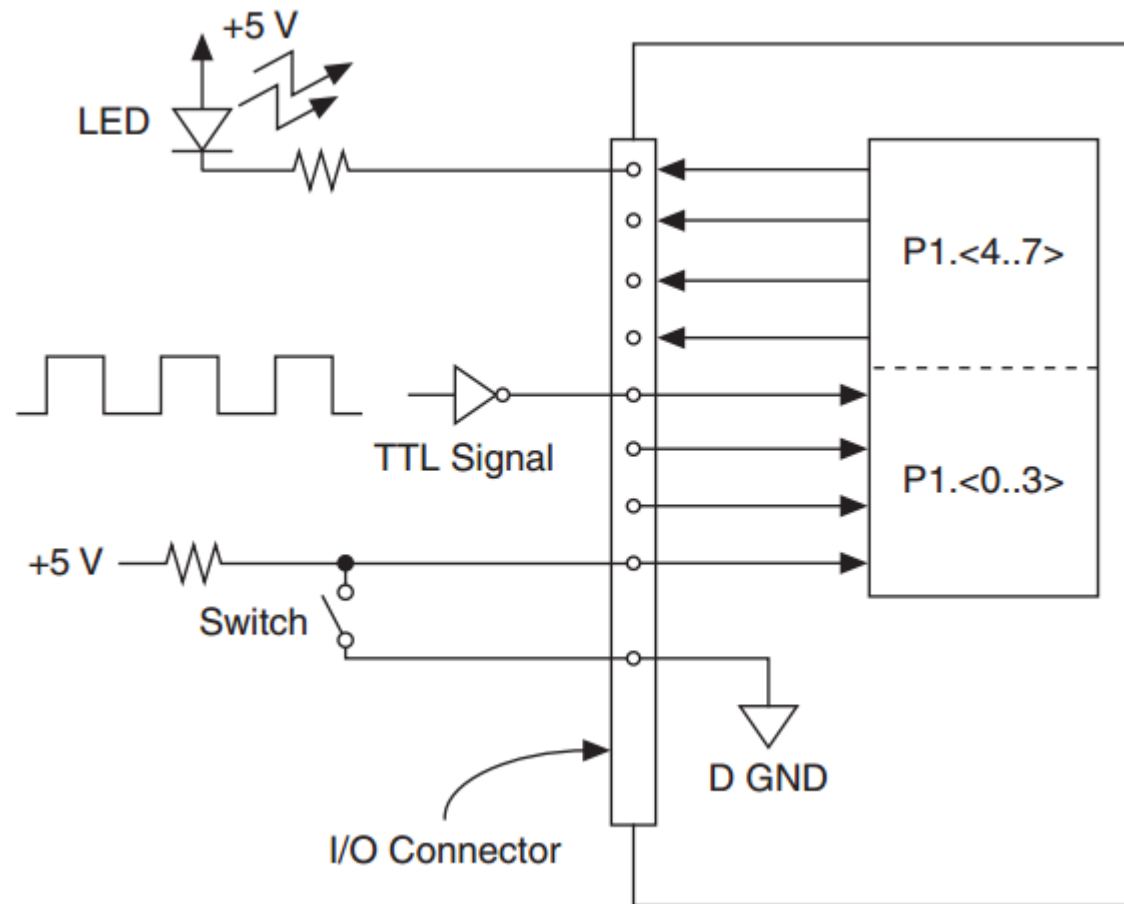


- Al igual que los módulos de I/O analógicos soporta adquisición/generación de señales controlada por software y por hardware, este último en modo finito y continuo.
- En el caso de generación de señal digital en modo continuo pueden soportar diferentes modos de generación: regeneración, regeneración FIFO y sin regeneración.

- Detección de señales de Trigger y/o interrupción.



Entrada/Salida digital: conexionado de señales de I/O.





Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice

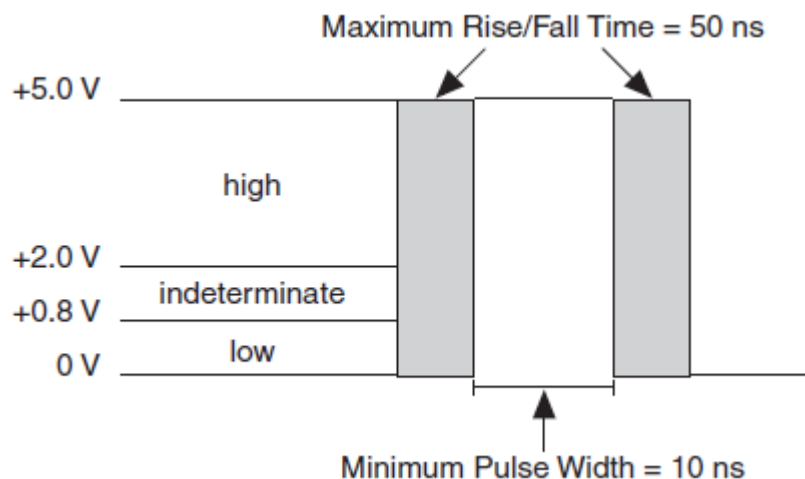


- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ **Lección 6. Contadores.**
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ Referencias y Bibliografía.



Contadores: Introducción.

- Las tarjetas de adquisición además de los contadores (*timers*) que utilizan para las propias tareas de adquisición/generación de señal (p.e. fijar frecuencia de muestreo, scan entre canales, etc.), suelen disponer de contadores de propósito general que el usuario puede utilizar para cualquiera de las aplicaciones en las que se pueden utilizar timers:
 - Contar flancos.
 - Medida de frecuencia.
 - Medida de anchura de pulsos.
 - Generación de pulsos.
- Normalmente las entradas y salidas de los contadores son compatibles con niveles TTL:

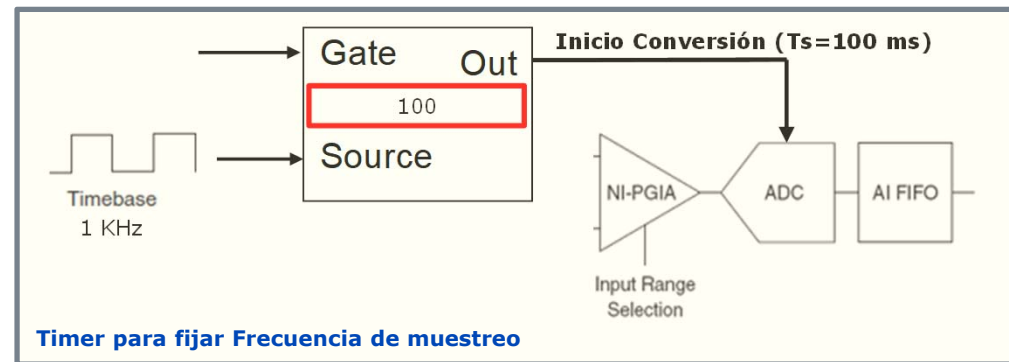
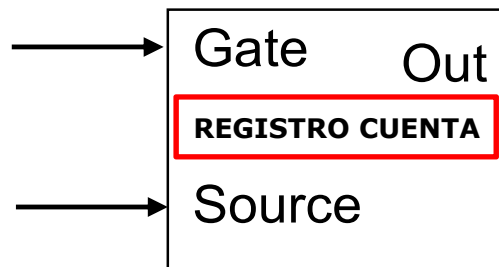


- **Máximo tiempo de subida/bajada:** fija el tiempo en el que como máximo se debe producir los flancos de subida o bajada para que estos puedan ser detectados por el contador.
- **Mínima anchura de pulso:** establece el tiempo mínimo que debe transcurrir entre dos flancos para que ambos puedan ser detectados.



Contadores: Introducción.

- Los contadores disponen de tres terminales: **OUT**, **GATE** y **SOURCE** y un registro interno denominado **registro de cuenta** en el que se almacena el número de cuenta.



- El contador incrementa o decrementa el valor de cuenta almacenado en el registro de cuenta en una unidad por cada flanco activo de la señal de entrada SOURCE. Como SOURCE se puede utilizar el reloj interno de la tarjeta como base de tiempos o señales externas.
- La entrada GATE es activa por nivel y habilita la cuenta del contador. Cuando GATE está activa reconoce los pulsos que llegan a la entrada SOURCE y el contador incrementa/decrementa su cuenta, en caso contrario el contador no cuenta y el registro de cuenta mantiene su valor independientemente del número de pulsos que lleguen por la entrada SOURCE.
- La salida OUT genera un pulso cuando el contador llega al fin de cuenta.



Contadores: Parámetros.

Algunos de los parámetros más relevantes de los contadores.

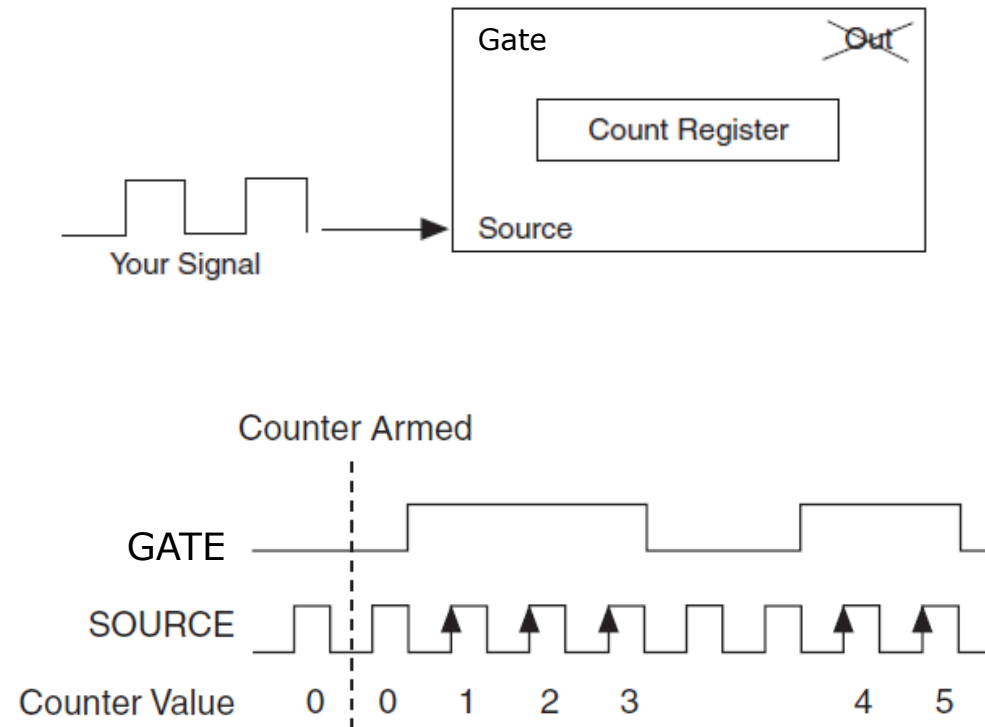


| | |
|------------------------------------|---|
| Number of counter/timers..... | 4 |
| Resolution..... | 32 bits |
| Counter measurements..... | Edge counting, pulse, pulse width, semi-period, period, two-edge separation |
| Position measurements..... | X1, X2, X4 quadrature encoding with Channel Z reloading; two-pulse encoding |
| Output applications..... | Pulse, pulse train with dynamic updates, frequency division, equivalent time sampling |
| Internal base clocks..... | 100 MHz, 20 MHz, 100 kHz |
| External base clock frequency..... | 0 to 25 MHz |
| Base clock accuracy..... | 50 ppm |
| Inputs..... | Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down, Sample Clock |
| Routing options for inputs..... | Any PFI, RTSI, many internal signals |
| FIFO..... | 127 samples per counter |



Aplicaciones de los contadores: cuenta de flancos.

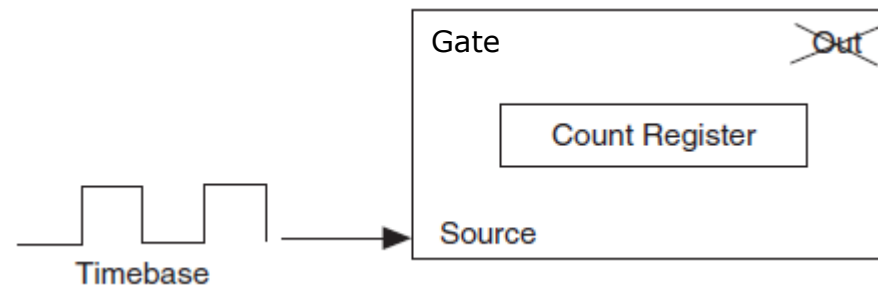
- Normalmente se puede configurar mediante software si se desea que cuente en los flancos de subida o en los de bajada.





Aplicaciones de los contadores: medida de tiempos.

- Configuración utilizada cuando se desea medir tiempos con exactitud. Para ello se conecta a la entrada SOURCE una señal de frecuencia conocida y lo más exacta posible que actúa como base de tiempos (*Timebase*).



- El tiempo transcurrido vendrá determinado por la siguiente expresión:

$$T_{TRANSCURRIDO} = T_{TIMEBASE} \times N^{\circ}_{CUENTA}$$

- La resolución del contador (número de bits) limita el número de flancos o el tiempo que se puede medir ya que cuando el contador llega al final de cuenta vuelve a cero.

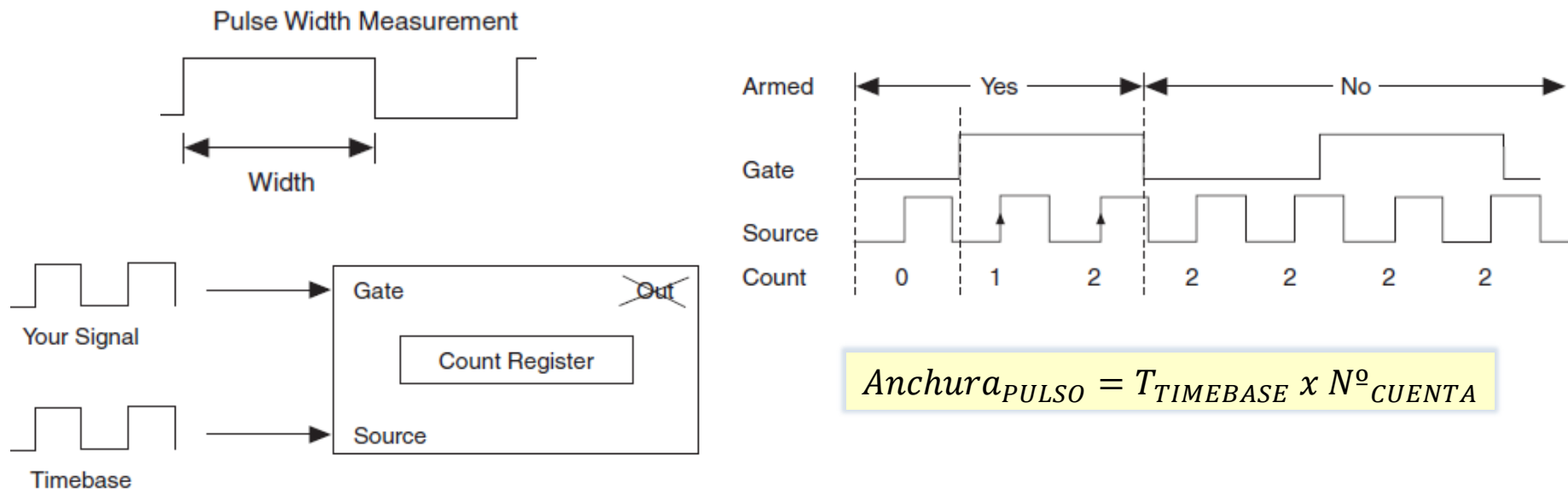
$$N^{\circ}_{CUENTA_MÁXIMO} = 2^n - 1 \rightarrow \text{Siendo } n \text{ el número de bits del contador}$$

$$\text{Si } n=32 \text{ bits} \rightarrow N^{\circ}_{CUENTA_MÁXIMO} = 4.294.967.295 \text{ cuentas}$$



Aplicaciones de los contadores: medida anchura de pulsos.

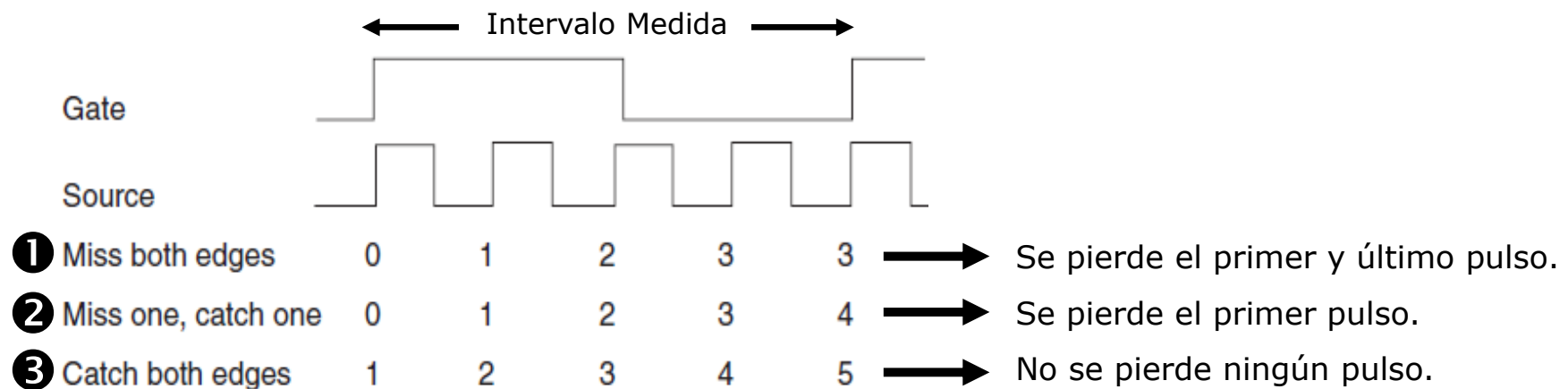
- En este caso se conecta a la entrada GATE la señal cuya anchura de pulso se desea medir y a la entrada SOURCE una base de tiempos conocida.
- Obteniendo la cuenta del número de pulsos contados mientras la entrada GATE se encuentra activa se puede determinar la anchura del pulso.
- Para cometer el menor error posible en la medida, la frecuencia de la señal utilizada como base de tiempos debe ser lo más elevada posible con respecto a la señal cuya anchura de pulso se desea obtener.





Aplicaciones de los contadores: medida anchura de pulsos.

- En la medida de anchura de pulsos se comete habitualmente un **error de ± 1** ciclo de la señal utilizada como base de tiempos conectada a la entrada SOURCE.
- Este error es normalmente aceptable cuando un ciclo de la señal SOURCE (base de tiempos) tiene una duración inferior al 1% de la anchura del pulso que se está midiendo.
- Esto se conoce como **error de sincronización** y se puede resolver utilizando otros esquemas de medida tal y como se describirá posteriormente.





Aplicaciones de los contadores: medida anchura de pulsos.

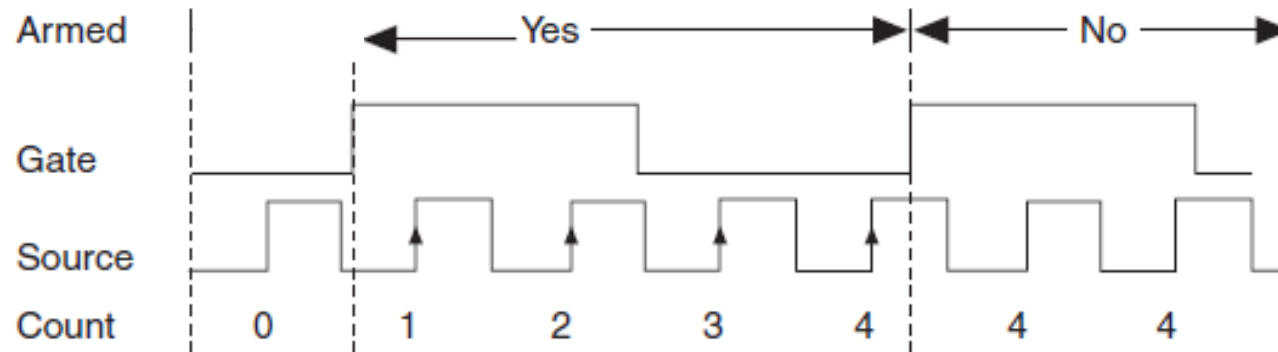
- **Ejemplo de cálculo del error de sincronización:** Medida de dos frecuencia de 50 kHz y 5 MHz afectadas por un error de un ciclo de la base de tiempos supuesta una base de tiempos de 20 MHz (50 ns):

| Actual Frequency | Number of 50 ns Cycles | Measurement Error or +1 Cycle | Measurement Error of -1 Cycle | Frequency with Error of +1 Cycle | Frequency with Error of -1 Cycle |
|------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 50 kHz | 400 | 401 | 399 | 49.88 kHz 0,24% | 50.13 kHz 0,26% |
| 5 MHz | 4 | 5 | 3 | 4 MHz 20 % | 6.67 MHz 33,4% |



Aplicaciones de los contadores: medida periodo de una señal.

- En este caso se cuentan los flancos de la señal utilizada como base de tiempos durante un periodo de la señal GATE (dos flancos de subida o de bajada consecutivos). En definitiva **se configura el contador para medir durante un periodo de la señal GATE:**



$$T_{SEÑAL_GATE} = T_{TIMEBASE} \times N^{\circ}CUENTA$$

- También se puede medir el semiperiodo de una señal, en este caso se cuentan los flancos de la señal utilizada como base de tiempos durante un semiperiodo de la señal GATE (un flanco de subida y uno de bajada consecutivos):

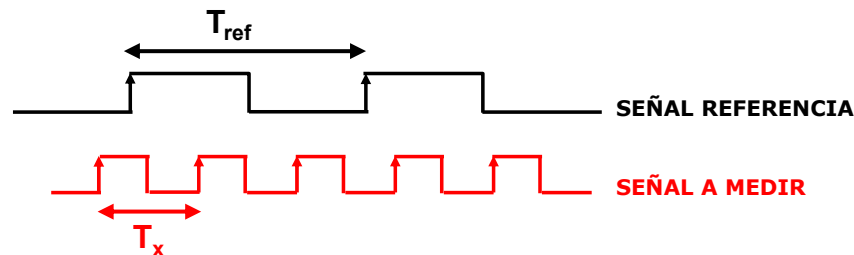
$$SEMIPERIODO_{SEÑAL_GATE} = \frac{T_{TIMEBASE}}{2} \times N^{\circ}CUENTA$$



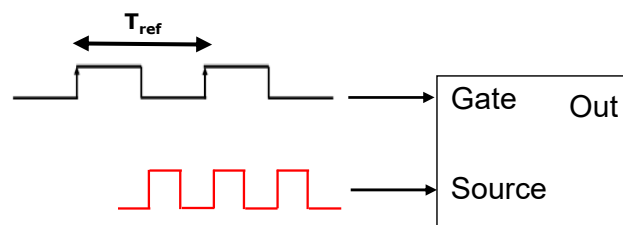
Aplicaciones de los contadores: medida frecuencia de una señal.

Dependiendo de la magnitud de la frecuencia de la señal a medir se utilizan distintas técnicas:

A. Promediando eventos (medida frecuencias altas)



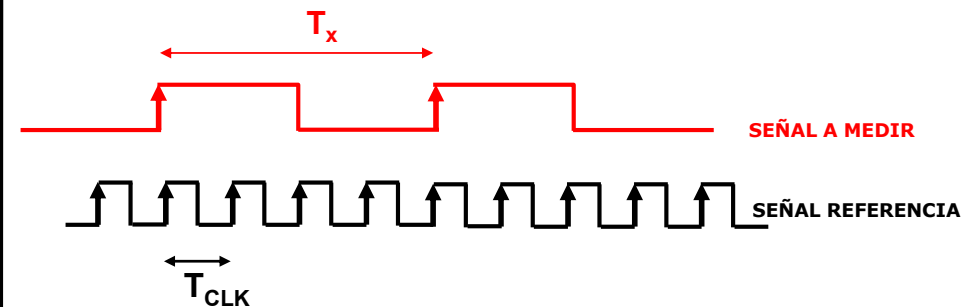
$$T_{ref} = T_x \cdot n$$



Señal Fx cuya frecuencia se quiere medir

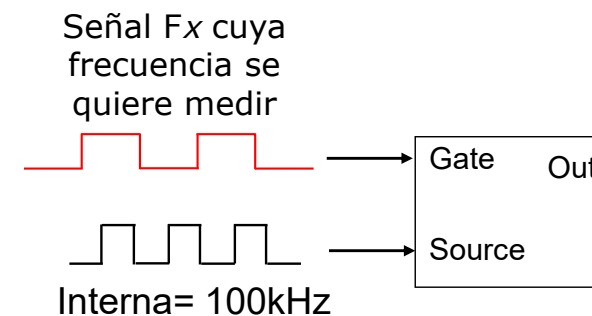
$$Frecuencia_{fx} = \frac{n}{T_{ref}}$$

B. Método de baja división (medida frecuencias bajas)



$$T_x = T_{CLK} \cdot n$$

El contador se configura para que cuente durante el periodo T



Señal Fx cuya frecuencia se quiere medir

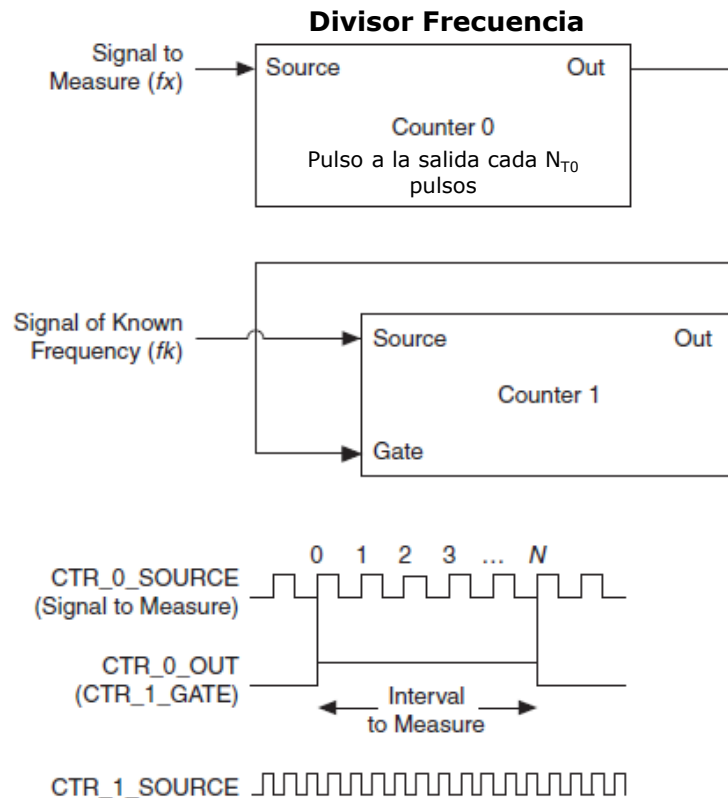
Interna= 100kHz



Aplicaciones de los contadores: medida frecuencia de una señal.

3. Medida de diferentes rangos de frecuencia con dos contadores:

Se utilizan dos contadores:



- **Contador 0:** se conecta a su entrada SOURCE la señal f_x cuya frecuencia se quiere medir. Se configura para que cada N pulsos de la señal f_x genere un pulso a su salida de duración T . En definitiva actúa como un divisor de frecuencia.
- **Contador 1:** se conecta a su entrada SOURCE una señal de frecuencia f_k conocida y muy superior a la frecuencia de f_x y a su entrada GATE la salida OUT del primer contador y se configura para medir periodo
- La frecuencia de la señal f_x viene dada por la siguiente expresión:

$$N_{T0} T_{fx} = N_{T1} T_{fk}$$



$$Frecuencia_{fx} = \frac{N_{T0}}{N_{T1} T_{fk}}$$

N_{T0} → Número de cuenta del contador 0.
 N_{T1} → Número de cuenta del contador 1.
 T_{fk} → Periodo de la señal de referencia f_k .



Aplicaciones de los contadores: medida frecuencia de una señal.

3. Medida de diferentes rangos de frecuencia con dos contadores (cont):

EJERCICIO: Obtener la frecuencia de la señal f_x en el siguiente supuesto:

- El contador 0 se configura para generar un pulso de duración igual a 10 periodos de la señal de entrada: $N_{T_0}=10$.
- La base de tiempos del contador 1 es $f_{fk}=20$ MHz: $T_{fk}=50$ ns.
- El contador 1 alcanza un valor de cuenta de 100: $N_{T_1}=100$.

Obtenga el error que se cometería en la medida de la frecuencia de la señal f_x supuesto que el contador 1 pueda cometer un error de cuenta de ± 1 pulso.

Solución:

Frecuencia de f_x 2 MHz

Error en la medida de frecuencia: -19.801 Hz a 20.202 Hz



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice



- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ **Lección 7. Selección de SAD's. Productos comerciales.**
- ❑ Referencias y Bibliografía.



Productos comerciales.

- Se puede encontrar una gran diversidad de tarjetas con diferentes especificaciones y arquitecturas.
- Parámetros a considerar a la hora de seleccionar una tarjeta de adquisición:
 1. Número de canales analógicos de entrada.
 2. Número de canales analógicos de salida.
 3. Posibilidad de I/O digital.
 4. Resolución.
 5. Frecuencia de muestreo.
 6. Exactitud.
 7. Aislamiento.
 8. Capacidad de procesamiento.
 9. Acondicionamiento específico para determinado tipo de sensores.



Productos comerciales.

- Número de canales de entrada analógicos:** se pueden encontrar tarjetas de 1,2,4,8,16,32 y hasta 80 canales de entrada analógicos.



NI PCI-6255

80 Entradas Analógicas de 16 Bits,
1.25 MS/s (máx), 750 kS/s (escaneo)

[Funciones](#) | [Especificaciones](#) | [Hoja de Datos](#)

~~€ 2,484~~ € 2,235.60

| Entrada Analógica | |
|---------------------------------|------------------|
| Canales de una sola terminal | 80 |
| Canales Diferenciales | 40 |
| Resolución de Entrada Analógica | 16 bits |
| Rango de Voltaje Máximo | |
| Rango | -10 V - 10 V |
| Precisión | 1920 μ V |
| Sensibilidad | 112 μ V |
| Rango de Voltaje Mínimo | |
| Rango | -100 mV - 100 mV |
| Precisión | 52 μ V |
| Sensibilidad | 6 μ V |
| Número de Rangos | 7 |
| Muestreo Simultáneo | No |
| Memoria Interna | 4095 muestras |



Productos comerciales.

- Parámetro a considerar a la hora de seleccionar una tarjeta de adquisición (cont.):
 - **Número de canales de salida analógicos:** se comercializan tarjetas de 1,2,4, y 8 canales de salida analógicos. Se comercializan tarjetas que proporcionan exclusivamente salida analógica con hasta 80 canales de salida analógicos.
 - **Número de líneas de entrada/salida digital:** se pueden encontrar tarjetas con 8, 16 y 32 líneas de I/O digitales. Se comercializan también tarjetas que únicamente disponen de I/O digital.



NI PCI-6509

E/S Digital de 96 Canales de 5 V
TTL/CMOS con Capacidad de Alta
Corriente a Bajo Costo

[Funciones](#) | [Especificaciones](#) | [Hoja de Datos](#)

~~€347~~ € 312.30

- **Disparo:** se comercializan tarjetas que permiten disparo digital y/o analógico.
- **Frecuencia de muestreo:** a partir de 250 Ks/s hasta 10 Ms/s.
- **Tipo de entrada:** entrada en tensión, 4-20 mA, termopares, etc.



Productos comerciales.

- **Tipo de muestreo:** multiplexado o simultáneo.

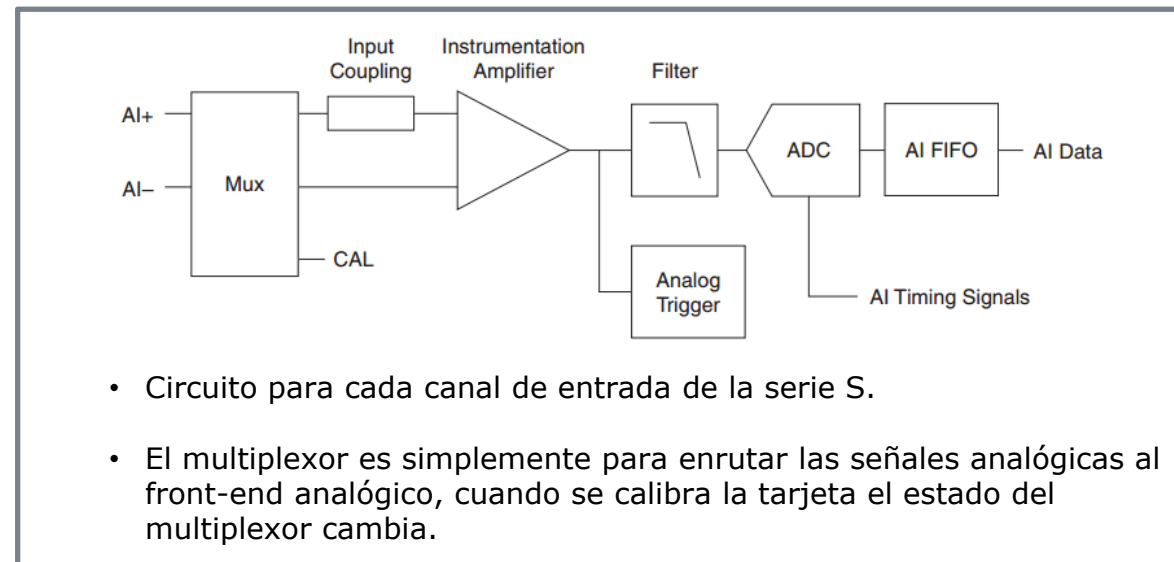
Ejemplo tarjeta de National Instruments con muestreo simultáneo → Serie S (NI- PCI 6133)

NI PCI-6133



€ 3.550 cada uno
€ 3.195 cada uno

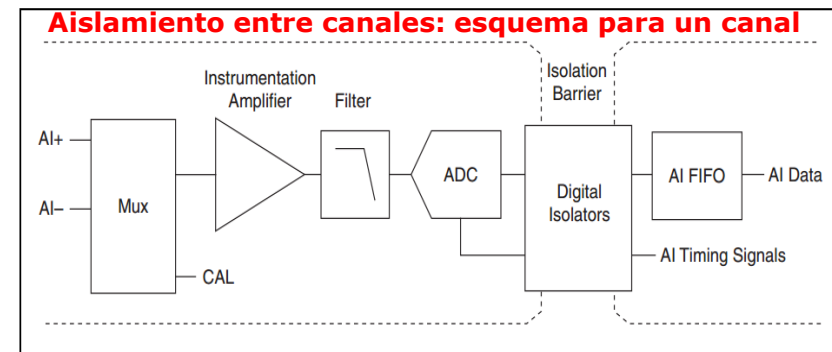
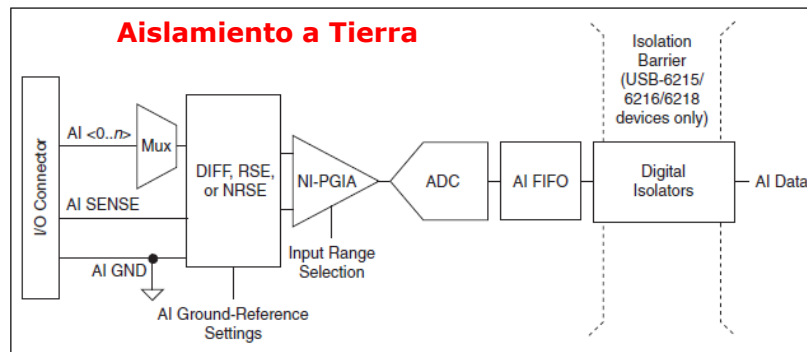
- 8 entradas analógicas muestreadas simultáneamente, hasta 2.5 o 3 MS/s en modo de máxima velocidad (ver sección Información General)
- 4 rangos de entrada de ± 1.25 a ± 10 V
- Memoria interna de mayor capacidad (16 o 32 MS)
- 8 líneas de E/S digitales temporizadas por hardware; dos contadores de 24 bits; disparo analógico y digital





Productos comerciales.

- **Aislamiento:** aislamiento a tierra, entre canales y entre bancos de canales.



- **Alta precisión:** se trata de dispositivos de alta precisión basados diseñados especialmente para medidas de temperatura (termopares, RTDs, termistores), medidas cromatográficas y señales analógicas de baja frecuencia entre ± 15 V.

Se caracterizan por la alta exactitud que proporcionan en sus medidas.



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 6. Selección de SAD's.



Productos comerciales: Comparativa.

| Características | DAQ Portátil | DAQ de Escritorio | NI CompactDAQ | Plataforma PXI |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| <u>Bus</u> | USB | PCI, PCI Express | USB, Wi-Fi, Ethernet, Autónomo | PXI, PXI Express |
| <u>Portabilidad</u> | Excelente | Bueno | Mejor | Bueno |
| <u>Número de Canales de E/S</u> | 1 a 100 | 1 a 100 | 1 a 250 | 1 a 1000+ |
| <u>Configuración de E/S</u> | Fijo | Fijo | Modular | Modular |
| <u>Razón de Muestreo Máx.</u> | 2 MS/s | 10 MS/s | 1 MS/s | 10 MS/s |
| <u>Acondicionamiento de Señales Integrado</u> | Disponible | No | Sí | Disponible |
| <u>Sincronización/Disparo</u> | Bueno | Mejor | Mejor | Excelente |
| <u>Lenguajes de Programación</u> | LabVIEW, C, C++, VB .NET, C# .NET | | | |
| <u>Sistemas Operativos</u> | Windows, Linux, Mac OS X | Windows, Linux, Mac OS X, Real-Time | Windows, Real-Time | Windows, Linux, Real-Time |



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Lección 6. Selección de SAD's.



Productos comerciales: Comparativa.

| Bus | Model Number | Analog Inputs (AI) | Max AI Sampling Rate (1-Channel) | Max Total AI Throughput | Analog Outputs (AO) | Max AO Update Rate | Digital I/O Lines | Max Digital I/O Rate | Triggering |
|-------------------------------|--------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| PCI Express | 6320 | 16 | 250 kS/s | 250 kS/s | 0 | - | 24 | 1 MHz | Digital |
| PCI Express | 6321 | 16 | 250 kS/s | 250 kS/s | 2 | 900 kS/s | 24 | 1 MHz | Digital |
| PCI Express | 6323 | 32 | 250 kS/s | 250 kS/s | 4 | 900 kS/s | 48 | 1 MHz | Digital |
| USB, PCI Express, PXI Express | 6341 | 16 | 500 kS/s | 500 kS/s | 2 | 900 kS/s | 24 | 1 MHz | Digital |
| USB, PCI Express | 6343 | 32 | 500 kS/s | 500 kS/s | 4 | 900 kS/s | 48 | 1 MHz | Digital |
| USB, PCI Express | 6351 | 16 | 1.25 MS/s | 1.25 MS/s | 2 | 2.86 MS/s | 24 | 10 MHz | Analog, Digital |
| USB, PCI Express | 6353 | 32 | 1.25 MS/s | 1.25 MS/s | 4 | 2.86 MS/s | 48 | 10 MHz | Analog, Digital |

| Bus | Model Number | Analog Inputs (AI) | Max AI Sampling Rate (1-Channel) | Max Total AI Throughput | Analog Outputs (AO) | Max AO Update Rate | Digital I/O Lines | Max Digital I/O Rate | Triggering |
|-------------------------------|--------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| USB, PCI Express, PXI Express | 6361 | 16 | 2 MS/s | 2 MS/s | 2 | 2.86 MS/s | 24 | 10 MHz | Analog, Digital |
| USB, PCI Express, PXI Express | 6363 | 32 | 2 MS/s | 2 MS/s | 4 | 2.86 MS/s | 48 | 10 MHz | Analog, Digital |
| USB, PXI Express | 6356 | 8 simultaneous | 1.25 MS/s/channel | 10 MS/s | 2 | 3.33 MS/s | 24 | 10 MHz | Analog, Digital |
| PXI Express | 6358 | 16 simultaneous | 1.25 MS/s/channel | 20 MS/s | 4 | 3.33 MS/s | 48 | 10 MHz | Analog, Digital |
| USB, PXI Express | 6366 | 8 simultaneous | 2 MS/s/channel | 16 MS/s | 2 | 3.33 MS/s | 24 | 10 MHz | Analog, Digital |
| PXI Express | 6368 | 16 simultaneous | 2 MS/s/channel | 32 MS/s | 4 | 3.33 MS/s | 48 | 10 MHz | Analog, Digital |



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Índice



- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Introducción a los sistemas de adquisición de datos.
- ❑ Lección 2. Muestreo y conversión A/D.
- ❑ Lección 3. Adquisición señales analógicas: Conversión A/D.
- ❑ Lección 4. Salida analógica: conversión D/A.
- ❑ Lección 5. Entrada/salida digital.
- ❑ Lección 6. Contadores.
- ❑ Lección 7. Selección de SAD's.
- ❑ **Referencias y Bibliografía.**



Sistemas de adquisición de datos (SAD).

Referencias y Bibliografía



1. El rol de la adquisición de datos en la automatización industrial, Ciclo de Conferencias sobre Automatización e Ingeniería CCAI 2006/07, National Instruments.
2. Data Acquisition and Signal Conditioning Course Manual, National Instruments.
3. www.ni.com
4. Apuntes "Tema 4: Conversión Analógica-Digital de señales". Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
(http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7054/7054671/tema_4_2007_2008_a.pdf)
5. Apuntes Introducción a la Ingeniería, "Tema 3: Digitalización de señales: conversión analógica/digital", Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels –Universidad Politécnica de Cataluña,
https://ocw.upc.edu/curs_publicat/E5005/2009/1/apunts
6. Transparencias "Análisis de Fourier", F. Javier Cara, ETSII-UPM.
7. Apuntes Teoría de señales, Universidad de Almería, Rodríguez Herrera J.F., González Ruiz V., <https://w3.ual.es/~vruiz/Docencia/Apuntes/Signals/Theory/index.html#x1-60003>
8. Universidad Nacional de Ingeniería Comunicación II Conferencia 5: Formateo de Señales Analógicas, Israel M. Zamora. <https://es.slideshare.net/nica2009/lecture-5-formateo-de-seales-analgicas>.