

Instrumentación Electrónica

**Implementación de Sistemas de
adquisición de datos (SAD's).**

José A. Jiménez



❑ **Lección 0. Objetivos del tema.**

❑ Lección 1. Recursos hardware.

❑ Lección 2. Recursos software.



Implementación SAD's

Lección 0. Objetivos del tema



- ❑ Estudiar los elementos hardware necesarios para la implementación de un sistema de adquisición de datos.
- ❑ Estudiar los recursos software necesarios para el desarrollo de aplicaciones de adquisición de datos.
- ❑ Conocer diferentes técnicas de adquisición en función del tipo de señal a adquirir.



- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ **Lección 1. Recursos hardware.**
- ❑ Lección 2. Recursos software.



Implementación SAD's

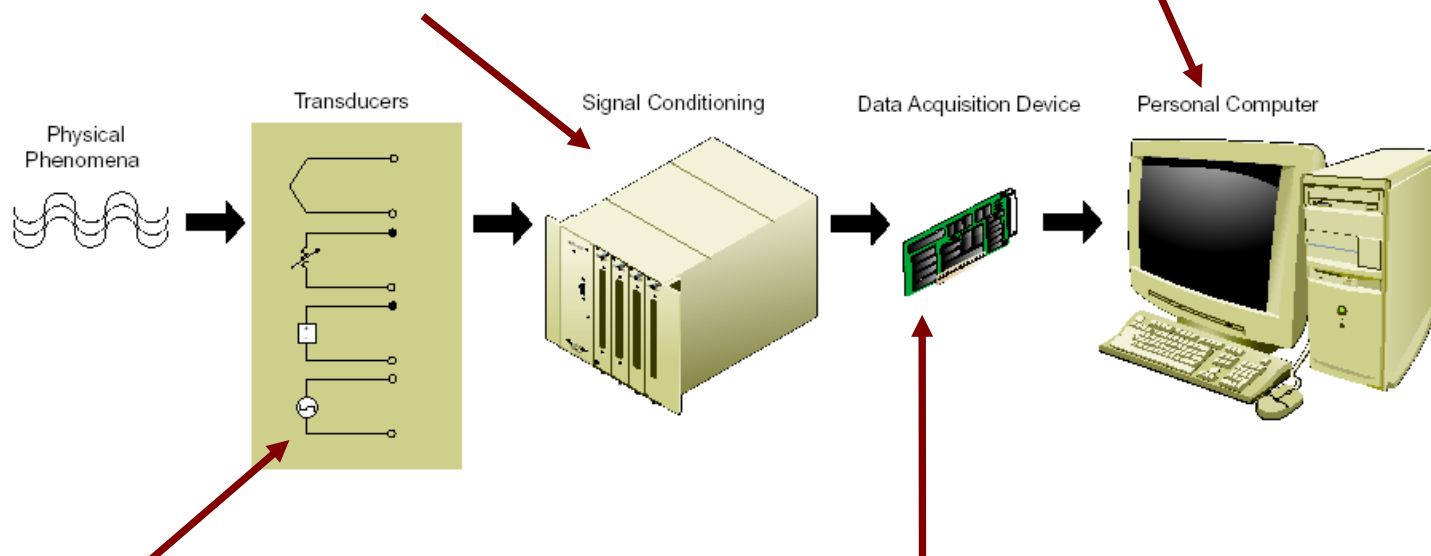
Lección 1. Recursos Hardware.



SAD: Conjunto de subsistemas electrónicos cuya finalidad es captar información de distintas magnitudes físicas tales como temperatura, fuerza, presión, etc.

Acondicionamiento: amplificación, Aislamiento, filtrado, etc.

PC: Ejecuta el programa que controla la adquisición, procesa los datos y presenta resultados



Transductores: transforman las magnitudes físicas en señales eléctricas

Tarjeta de adquisición de datos.



Implementación SAD's

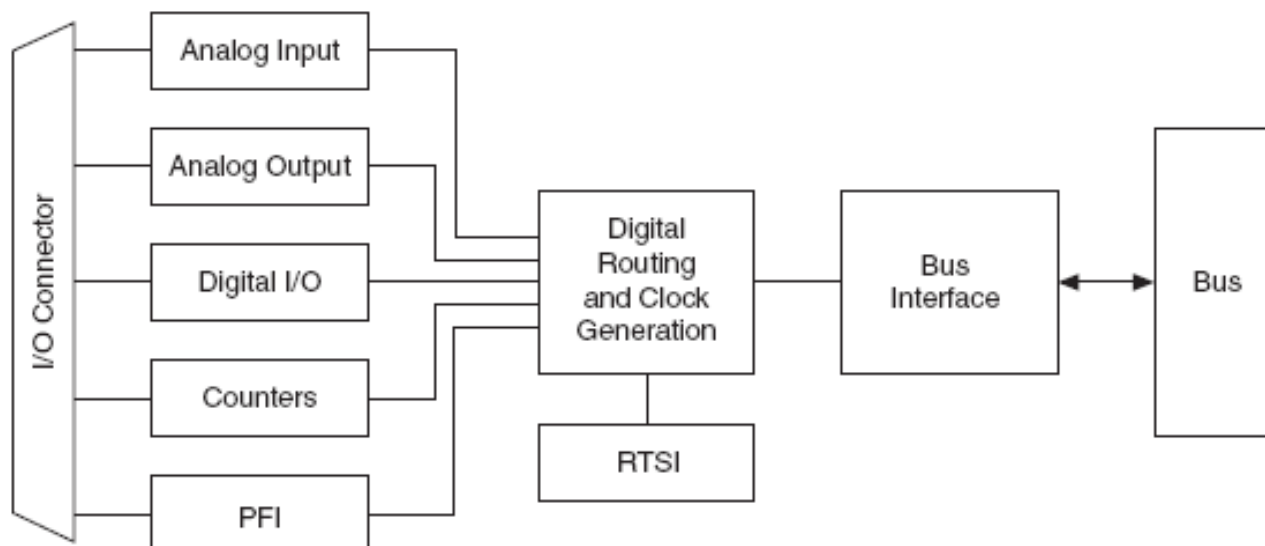
Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X): Características y diagrama de bloques.



- 16 entradas analógicas, 250 kS/s, resolución de 16 bits, ± 10 V
- Dos salidas analógicas, 900 kS/s, resolución de 16 bits, ± 10 V
- 24 líneas de E/S digital (8 temporizadas por hardware hasta 1 MHz)
- Cuatro contadores/temporizadores de 32 bits para PWM, codificador, contar eventos y más



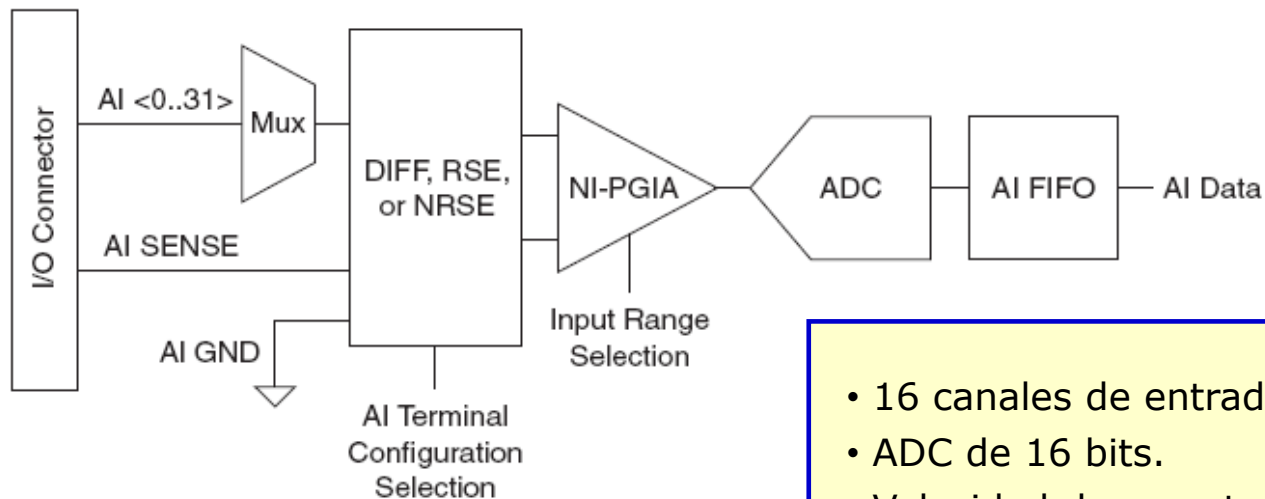


Implementación SAD's

Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X): Módulo entrada analógica.



- 16 canales de entrada (8 en modo diferencial).
- ADC de 16 bits.
- Velocidad de muestreo máxima: 250kS/s.
- Tamaño del buffer FIFO: 4095 muestras.

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)

➔ **Ancho de Código.**

$$\text{Resolución} \rightarrow \frac{10\text{V} - (-10\text{V})}{2^{16}} = 305\mu\text{V}$$

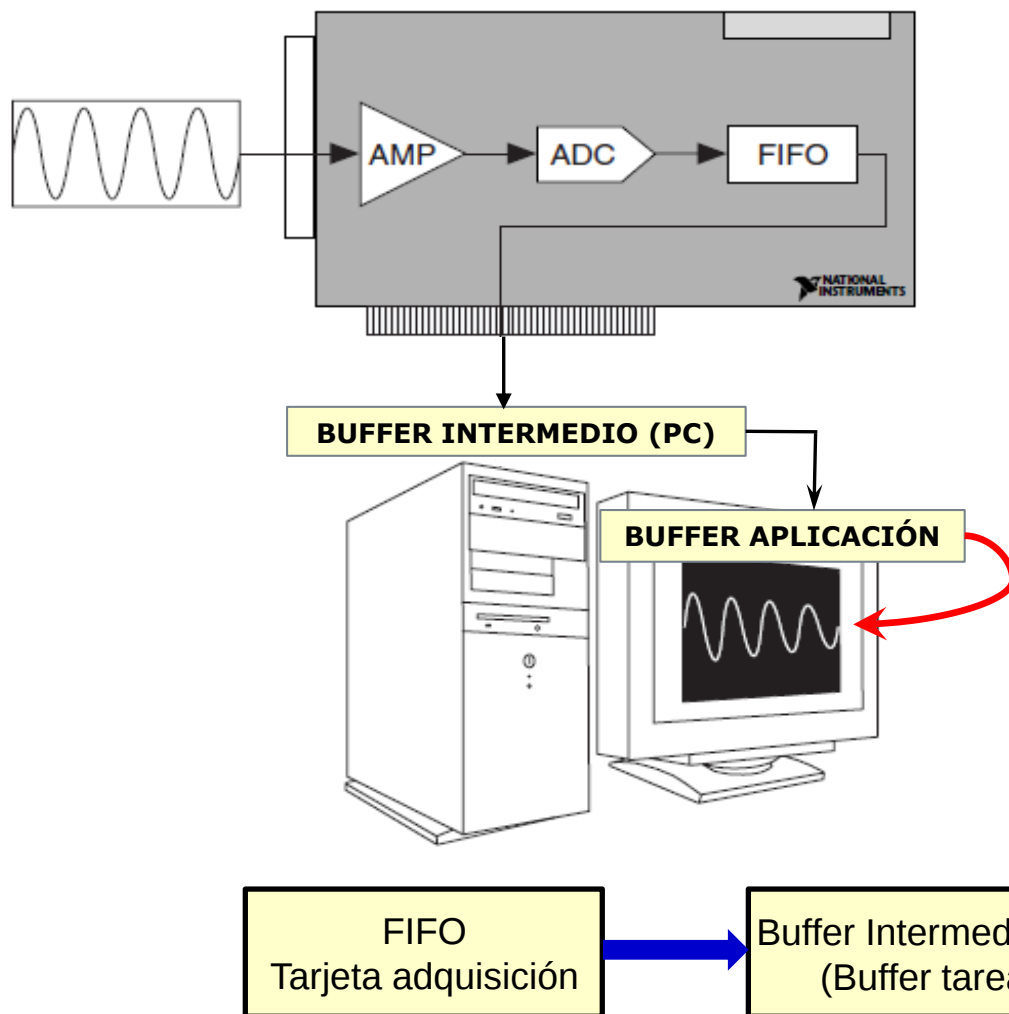


Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



¿QUÉ OCURRE CUANDO REALIZAMOS UNA ADQUISICIÓN?



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.



Implementación SAD's

Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X):

Resumen de características del módulo de entrada analógico.

Entrada Analógica	
Canales	16 , 8
Canales de una sola terminal	16
Canales Diferenciales	8
Resolución	16 bits
Velocidad de Muestreo	250 kS/s
Rendimiento (Todos los Canales)	250 kS/s
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V
Rango de Voltaje Máximo	-10 V - 10 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	2.2 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-0.2 V - 0.2 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	69 μ V
Número de Rangos	4
Muestreo Simultáneo	No

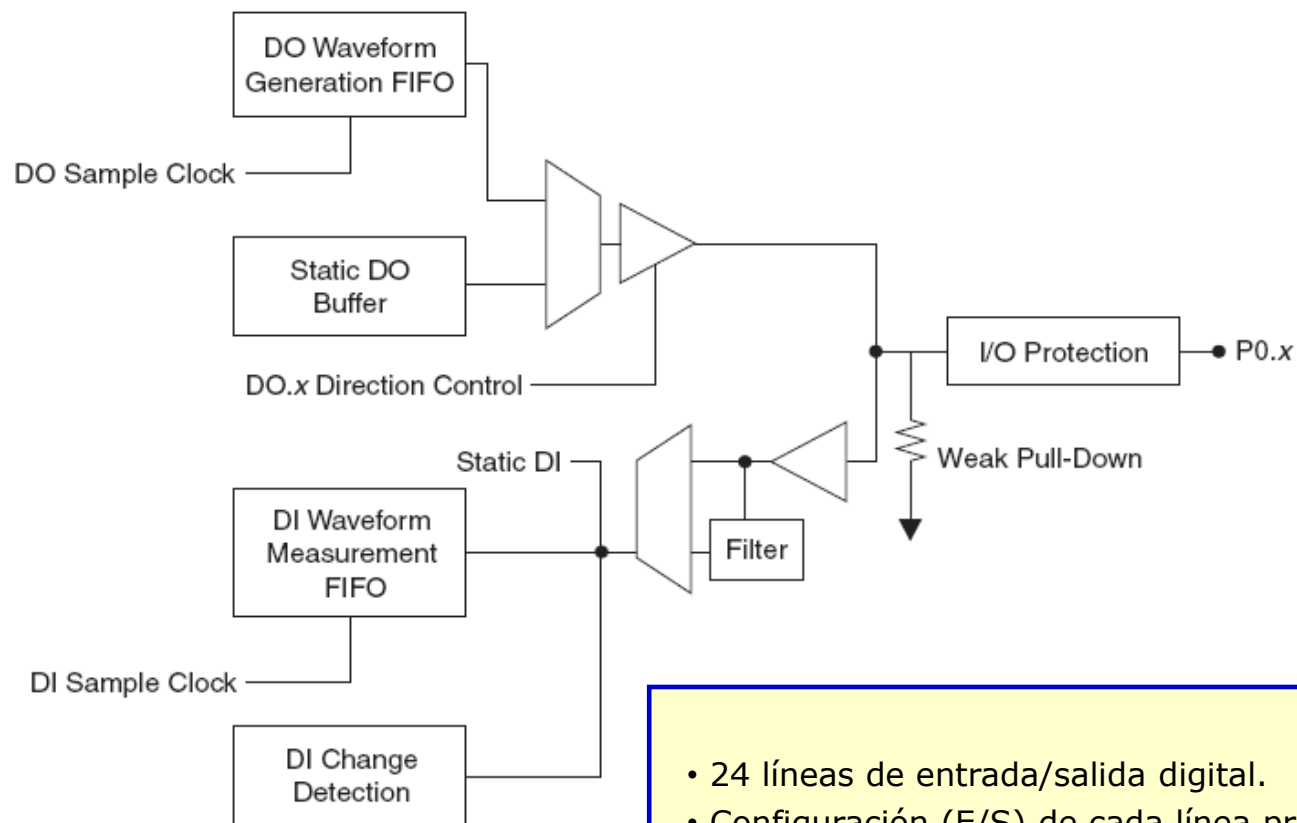


Implementación SAD's

Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X): Módulo entrada/salida digital.



- 24 líneas de entrada/salida digital.
- Configuración (E/S) de cada línea programable individualmente.
- Detección de cambio en entradas digitales (interrupciones/disparo).
- Generación y adquisición de señales digitales a altas velocidades.



Implementación SAD's

Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X)

Resumen de características del módulo de entrada/salida digital.

E/S Digital	
Canales Bidireccionales	24
Canales de Entrada Únicamente	0
Canales de Salida Únicamente	0
Temporización	Software , Hardware
Líneas Sincronizadas	8
Máximo Rango de Tiempo	1 MHz
Niveles Lógicos	TTL
Entrada de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing
Salida de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing
Filtros de Entrada Programables	Sí
¿ Soporta Estados de Encendido Programables?	Sí
Capacidad de Corriente Simple	24 mA
Capacidad de Corriente Total	576 mA
Temporizador Watchdog	Sí
¿ Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No
¿ Soporta E/S de Patrones?	Sí
Máximo Rango de Entrada	0 V - 5 V
Máximo Rango de Salida	0 V - 5 V

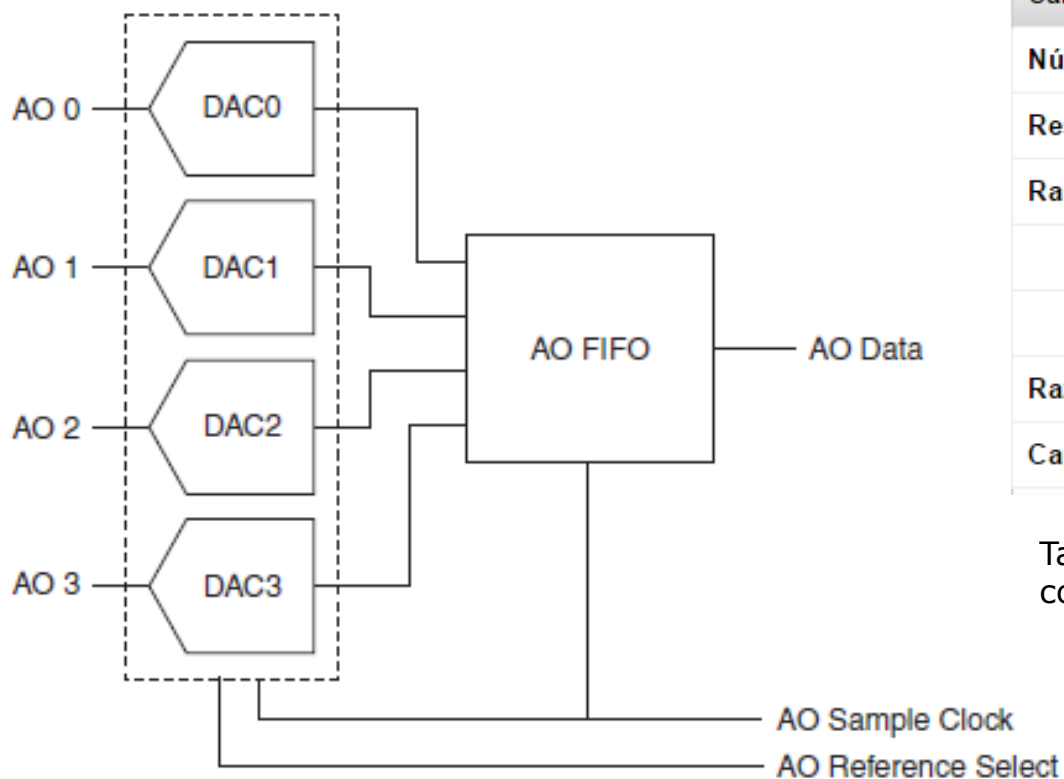


Implementación SAD's

Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X): Módulo salida analógica.



Salida Analógica	
Número de Canales	2
Resolución	16 bits
Rango de Voltaje Máximo	
Rango	-10 V - 10 V
Precisión	3.27 mV
Razón de Actualización	900 kS / s
Capacidad de Corriente Simple	5 mA

Tamaño AO FIFO: 8.191 muestras compartidas entre los dos canales.

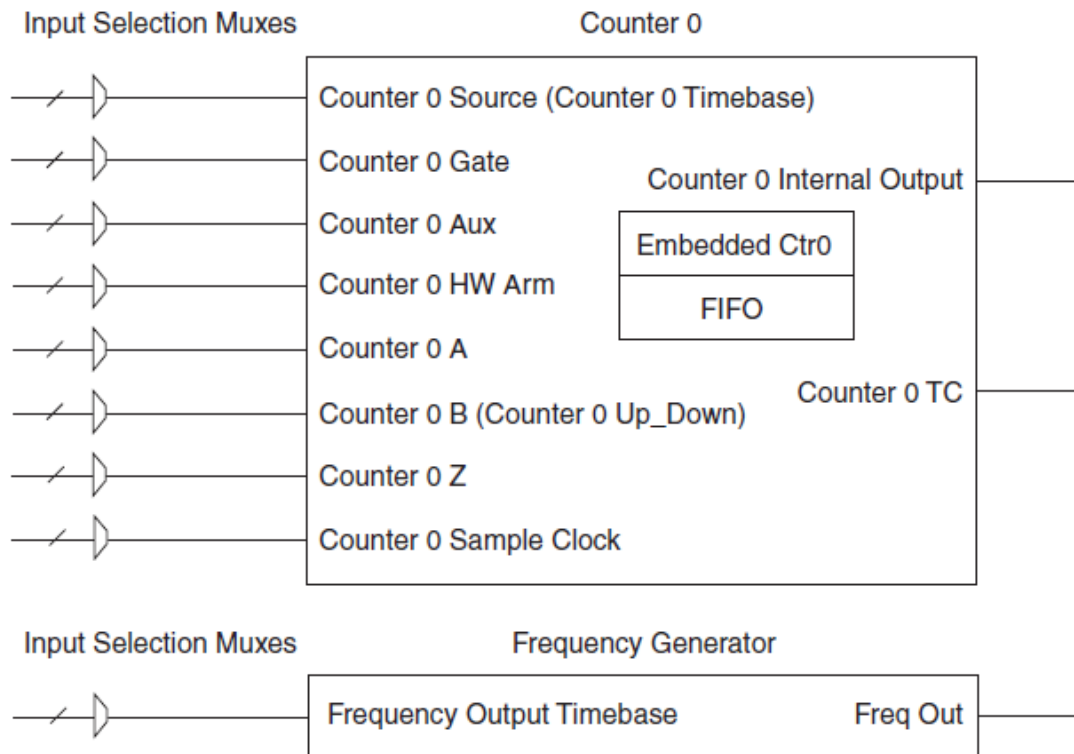


Implementación SAD's

Lección 1. Recursos Hardware.



Tarjeta de adquisición NI PCIe-6321 (serie X): Módulo Contadores.



- Dispone de 4 contadores y 1 generador de frecuencia.
- Cada contador dispone de 8 líneas si bien para la mayoría de aplicaciones se utilizan las entradas GATE y SOURCE y la salida OUT.

Contadores / Temporizadores	
Temporizador Watchdog <i>i</i>	Sí
Contadores	4
Número de Canales DMA <i>i</i>	8
Operaciones a Búfer	Sí
Debouncing / Glitch Removal	Sí
Frecuencia Máx. de la Fuente	100 MHz
Generación de Pulso	Sí
Tamaño	32 bits
Estabilidad de Tiempo	50 ppm
Niveles Lógicos	5 V
Temporización / Disparo / Sincronización	
Disparo	Digital
Bus de Sincronización (RTSI)	Yes



¿Qué parámetros relacionados con el hardware debemos configurar en una aplicación de adquisición?

1. Número de canales a adquirir.
2. Rango de entrada → Ganancia amplificador.
3. Frecuencia de muestreo → 5 ó 10 veces la frecuencia máxima de la señal.
4. Tipo de conexionado a utilizar en función de la señal a medir/adquirir → diferencial, asimétrica (RSE o NRSE).
5. Tipo de adquisición → controlada por software o por hardware (finita o continua).
6. Configuración de disparo → inicio de adquisición, *pretrigger* o *reference trigger*.



Todos los parámetros se configuran con el driver (software) de la tarjeta de adquisición.

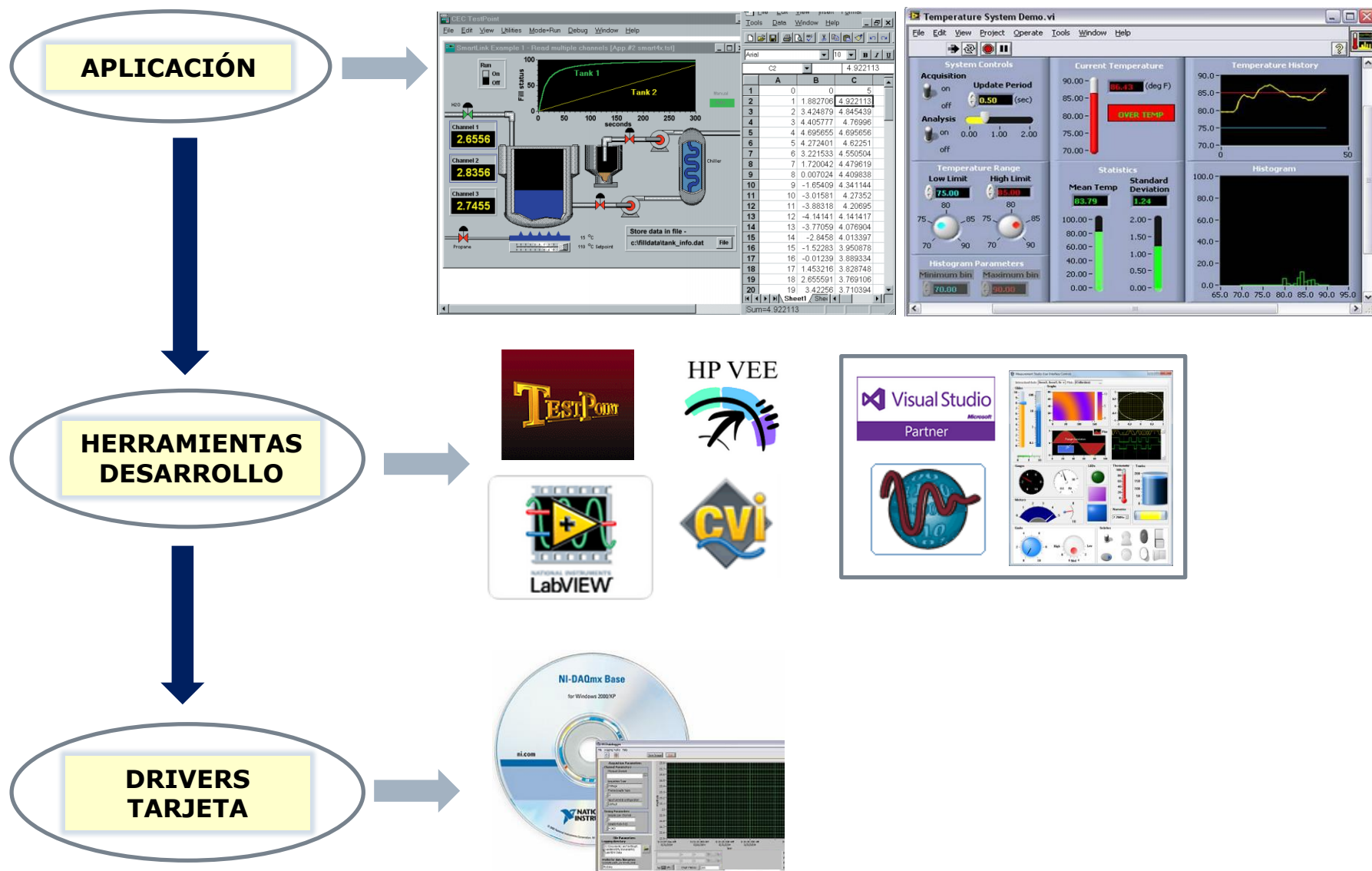


- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Recursos hardware.
- ❑ **Lección 2. Recursos software.**
- ❑ Lección 3. Aplicación MAX (*Measurement and Automation Explorer*).



Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



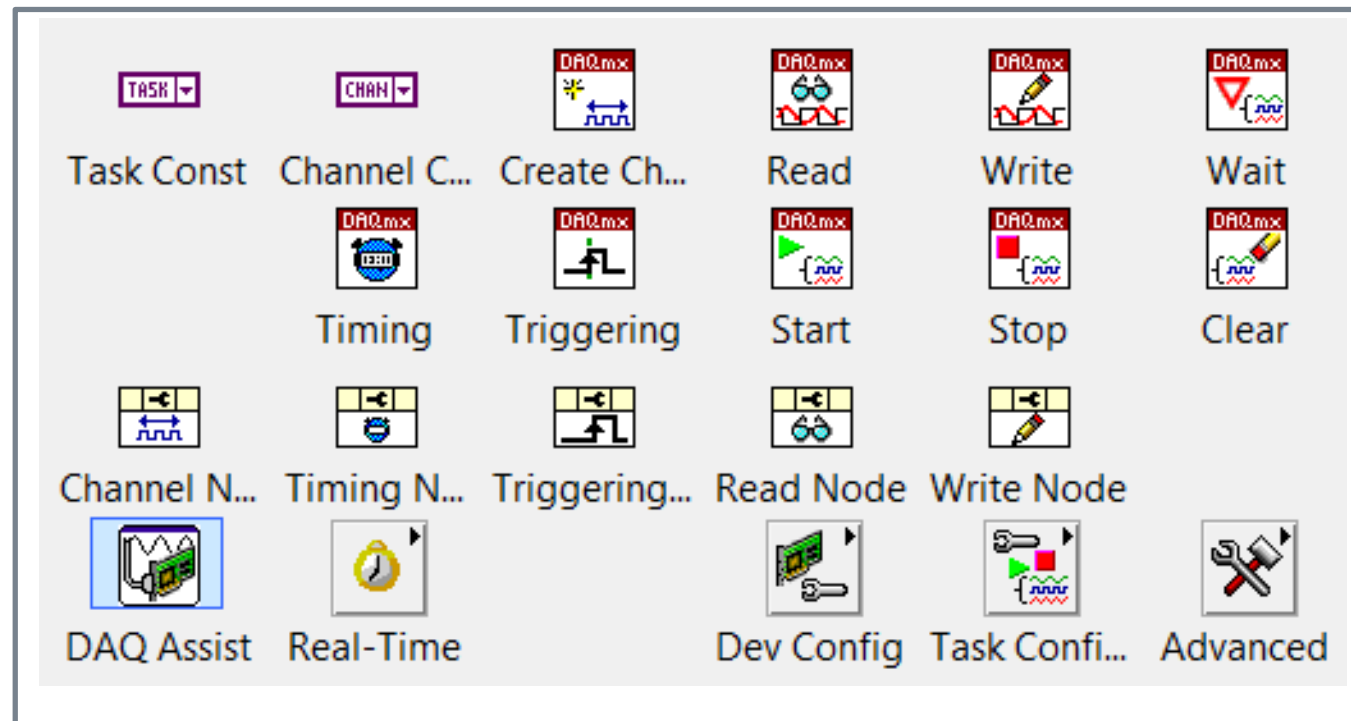


Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



DRIVER TARJETAS NI → DAQmx: vi's.





DRIVER TARJETAS NI → DAQmx: Conceptos.

Conceptos para la programación de aplicaciones utilizando DAQmx:

Canal físico: Se corresponde con un canal de la tarjeta de adquisición utilizado para medir o generar una señal analógica o digital.

Canal virtual: Entidad software que encapsula uno o varios canales físicos con otra información específica del canal como rango de entrada, configuración de terminales (RSE, NRSE o DIFF), escala, tipo de medida (tensión, corriente, temperatura, etc.).

Tarea: Es una colección de uno o más canales virtuales que **comparten** la temporización (frecuencia de muestreo), los disparos (*triggering*) y otras propiedades.

Conceptualmente una tarea representa la adquisición de señal que se quiere llevar a cabo.

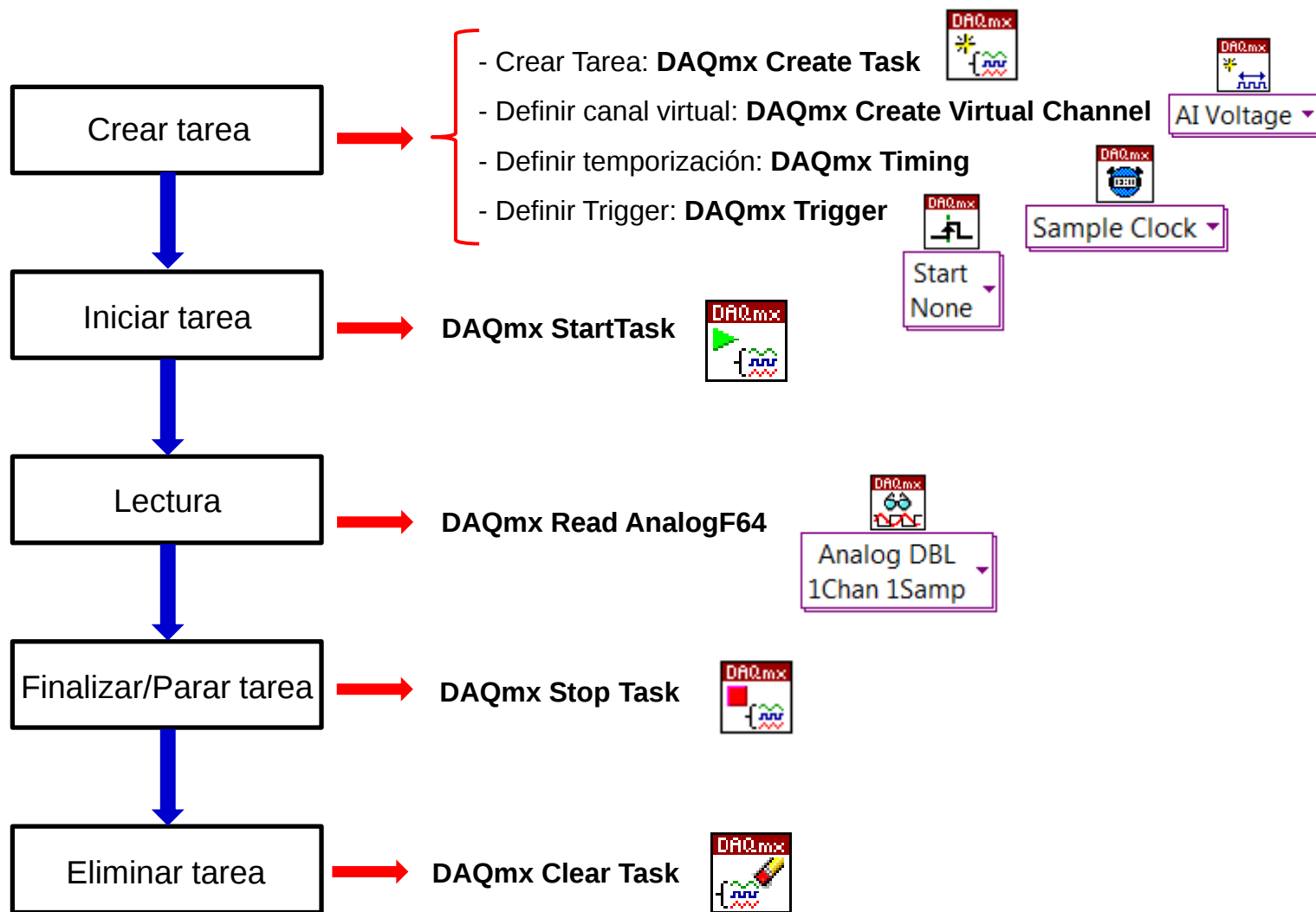


Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



DRIVER TARJETAS NI → DAQmx: Estructura de un programa de adquisición (AI).





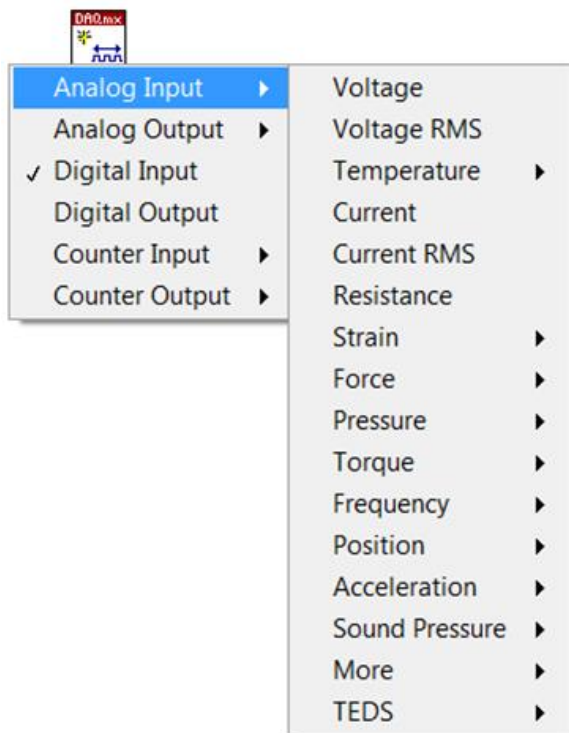
Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.

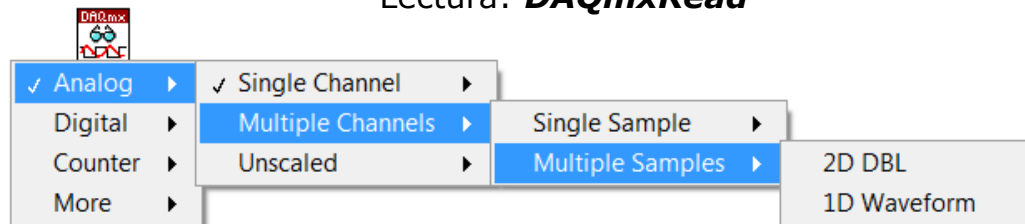


DAQmx: Concepto VI Polimórfico.

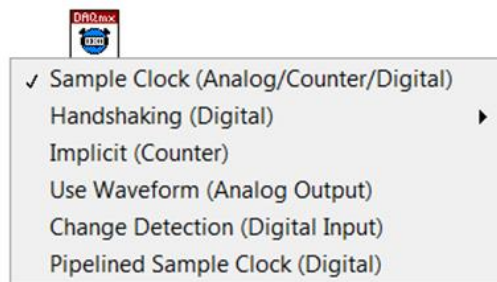
Definir canal virtual: **DAQmxCreateAnalogVoltageCHAN**



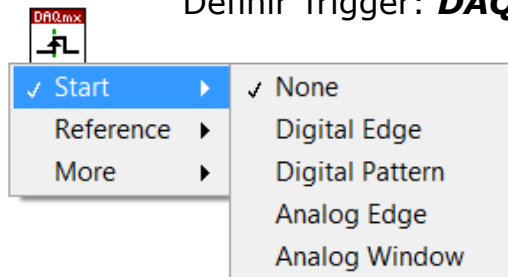
Lectura: **DAQmxRead**



Definir temporización: **DAQmxSampCfgCLKTiming**



Definir Trigger: **DAQmxStartTrigger**





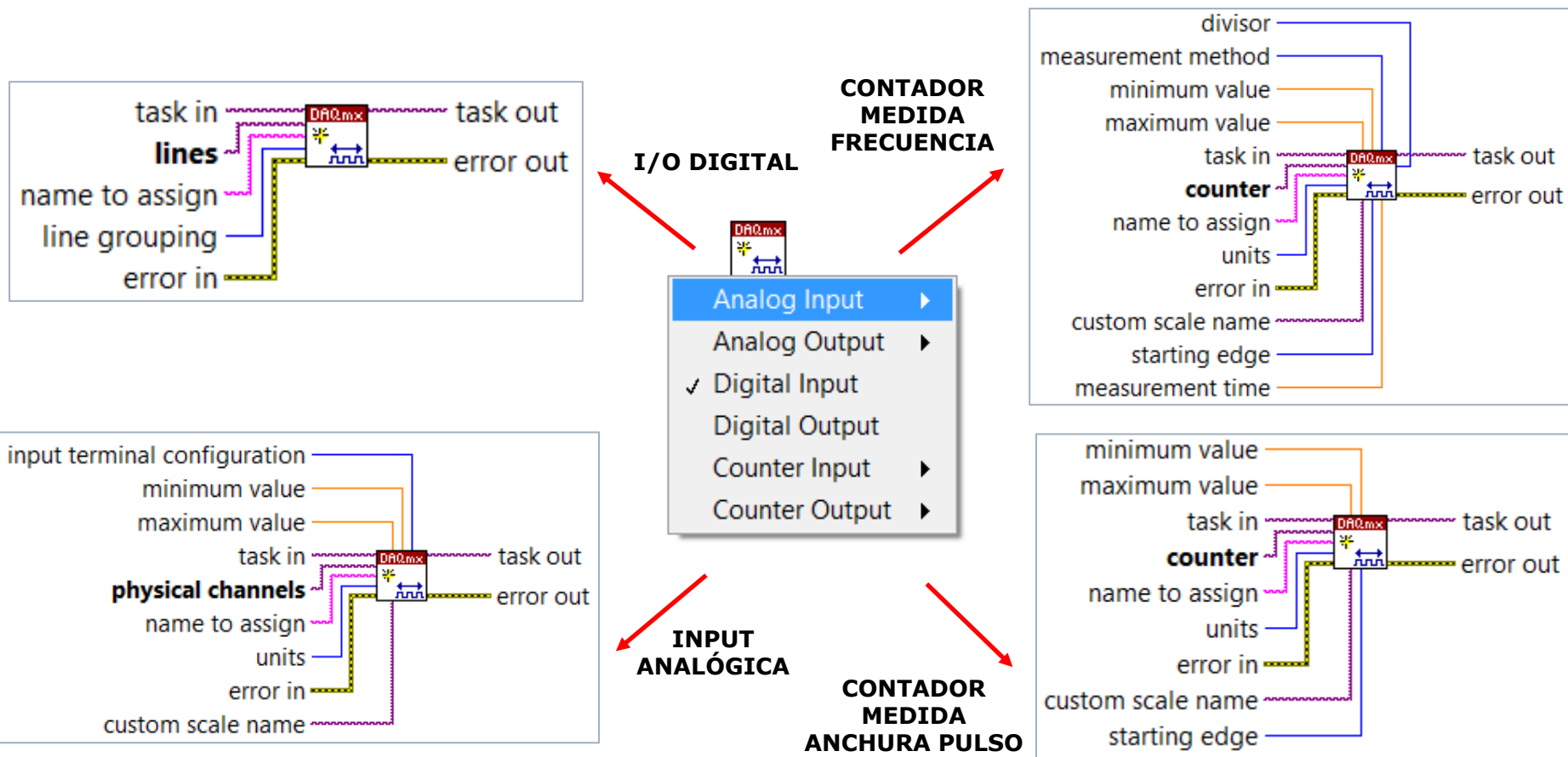
Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



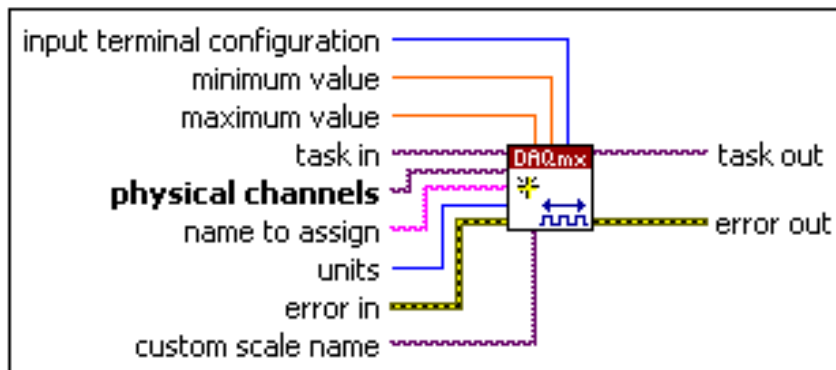
Driver DAQmx: Definición de canales virtuales (vi DAQmx Create Virtual Channel).

- Se trata de un vi polimórfico, en función del tipo de canal a crear (entrada/salida analógica, entrada/salida digital, contador) y del tipo de medida (frecuencia, contador de eventos, anchura de pulso, etc.) en el caso de los contadores cambian los parámetros a configurar:





ENTRADA ANALÓGICA: Definición de canales virtuales ANALÓGICOS.



(vi DAQmx Create Virtual Channel)

Parámetros:

- **Configuración de terminales de entrada:** NRSE, RSE o DIFF (valor por defecto: DIFF).
- **Valor máximo y mínimo de la tensión de entrada:** Estos valores son necesarios para el ajuste de la ganancia del amplificador de instrumentación. Recordar que el número de ganancias del amplificador es limitado.
- **Nombre de la tarea:** si la tarea no se ha creado previamente, se crea automáticamente y genera una referencia a la misma (*task out*). **Task Out** es una referencia a la tarea después de que el VI correspondiente se haya ejecutado.
- **Canales físicos:** se indican los nombres de los canales físicos asociados al canal virtual.

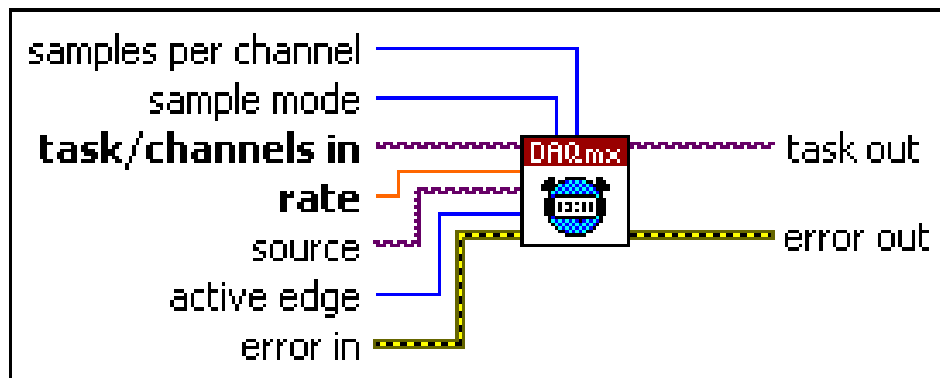
Ejemplos sintaxis:

- Dev1/ai0 → Canal 0 de la tarjeta Dev1.
- Dev1/ai7:ai10 → canales del 7 al 10 de la tarjeta Dev1.
- Dev1/ai0, Dev1/ai3 → canales 0 y 3 de la tarjeta Dev1.

Si se indica el canal virtual no es necesario crear la tarea, se crea automáticamente.



ENTRADA ANALÓGICA: TEMPORIZACIÓN.



(vi *DAQmx Timing*)

- Desde **DAQmx Timing** se configuran los siguientes parámetros:

- **Frecuencia de muestreo (*rate*):** se especifica en muestras por segundo.
- **Fuente de reloj control de adquisición:** permite especificar la fuente de reloj que fija la frecuencia de muestreo. En caso de utilizar fuente de reloj externa, se especifica el terminal para la entrada de la fuente de reloj externa, si no se cablea nada se utiliza el reloj interno de la tarjeta.
- **Flanco activo para toma de muestras (*active edge*):** flanco de subida o bajada.
- **Tipo de adquisición (*mode*):** finita o continua.
- **Tamaño del buffer intermedio (*samples per channel*):** Dimensión buffer intermedio.



ENTRADA ANALÓGICA: TEMPORIZACIÓN (Cont.).

Tamaño del buffer intermedio

- **Adquisición finita:** NI-DAQmx reserva memoria para un buffer de tamaño igual al valor indicado en el parámetro ***samples per channel*** del vi ***DAQmx Timing***.

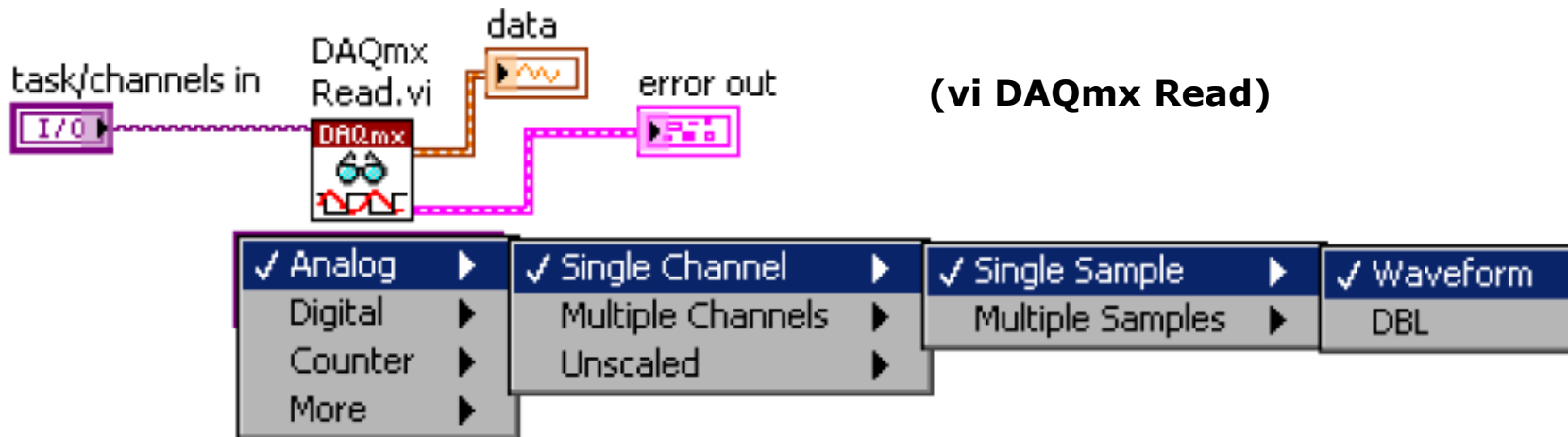
Ejemplo → se configura *samples per channel*=1.000 y el canal virtual comprende dos canales físicos, entonces NI-DAQmx reserva memoria para 2.000 muestras.

- **Adquisición continua:** NI-DAQmx reserva memoria para un buffer de tamaño igual al valor indicado en el parámetro ***samples per channel*** del vi ***DAQmx Timing*** a menos que este valor sea inferior a los indicados en la siguiente tabla, en ese caso DAQmx utiliza el valor indicado en la tabla:

Sample Rate	Buffer Size
No rate specified	10 kS
0-100 S/s	1 kS
100-10,000 S/s	10 kS
10,000-1,000,000 S/s	100 kS
>1,000,000 S/s	1 MS



ENTRADA ANALÓGICA: LECTURA MUESTRAS.



- Permite configurar:
 - **Tipo de canal a leer:** analógico, digital y contador (*analog, digital, counter, more (raw data)*).
 - **Número de muestras a leer:** *single sample o multiple samples*.
 - **Número de canales a leer:** *single channel o multiple channels*.
 - **Formato de los datos de salida:** array 1D/2D, o *Waveform*.



ENTRADA ANALÓGICA: LECTURA MUESTRAS (Cont.).

- **TIPO DE DATO *WAVEFORM*** → se trata de un *cluster* que contiene la siguiente información:
 - **Y**: array 1D de datos tipo double que en este caso contiene el valor de las muestras adquiridas.
 - **TO**: es un valor escalar que representa el tiempo, según el reloj del sistema, en el que fue adquirida la primera muestra del array Y. A este parámetro se le denomina tiempo inicial o *TimeStamp*.
 - **Δt**: es un escalar que representa el tiempo entre los puntos/muestras del array Y.
 - **Attributes**: es un string que permite añadir información adicional relacionada con el waveform (número de dispositivos, canal asociado, tipo de variable adquirida, etc.).
- Los datos de tipo *Waveform* se representan en un gráfico de tipo **waveform chart** de forma que al cablear el dato a este tipo de gráfico el eje x se convierte automáticamente en un eje de tiempos.

NOTA: el gráfico de tipo **waveform graph** no adapta el eje x al valor temporal de las muestras.



Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



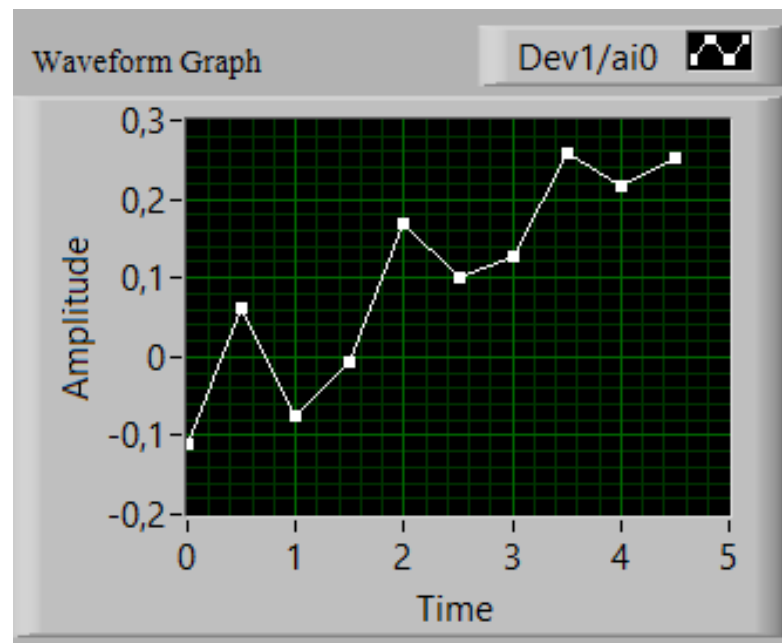
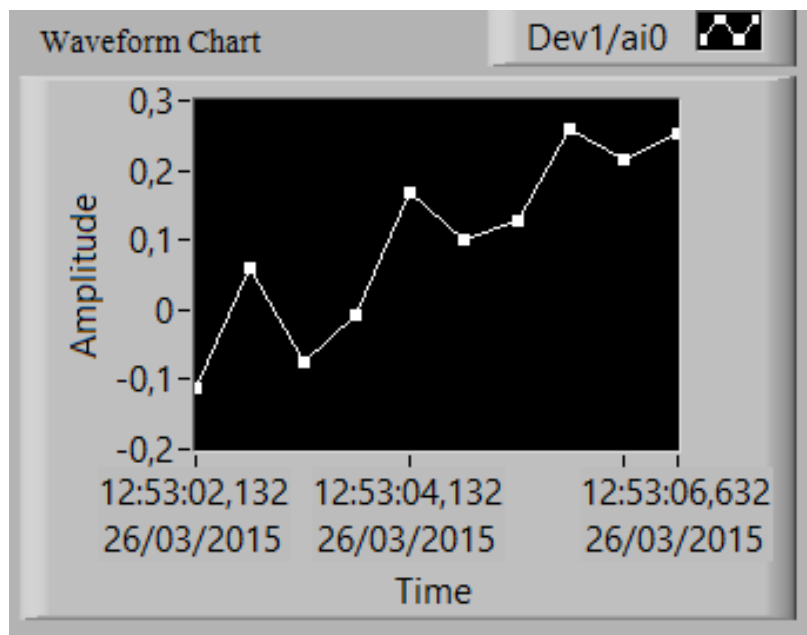
TIPO DE DATO WAVEFORM: ejemplo representación en gráficos de tipo *Graph* y *Chart*.

Ejemplo: 10 Muestras
adquiridas con $fs=2$ samples/s

WAVEFORM DATA	
t0	Y
12:53:02	-0,111698
26/03/2015	0,060732
dt	
0,500000	-0,074007
	-0,006867
	0,169836

WAVEFORM CHART

WAVEFORM GRAPH

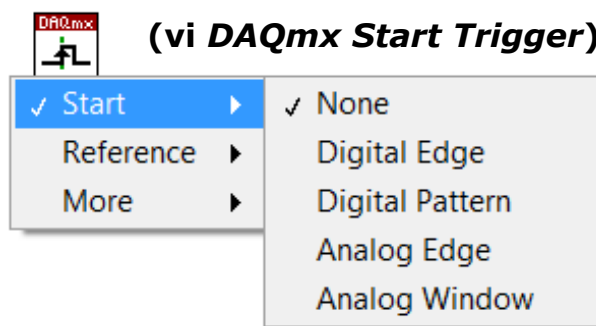




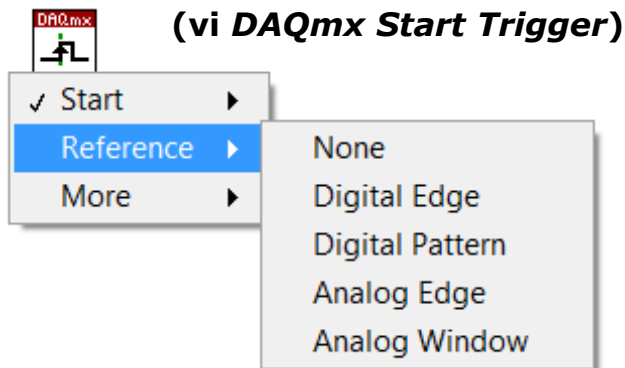
ENTRADA ANALÓGICA: DISPARO.

- Para configurar adquisiciones con Trigger se utiliza el vi **DAQmx Start Trigger**.
- La configuración del Trigger se realiza de la siguiente manera:

1. Se configuración el tipo de disparo (analógico, digital, etc.)



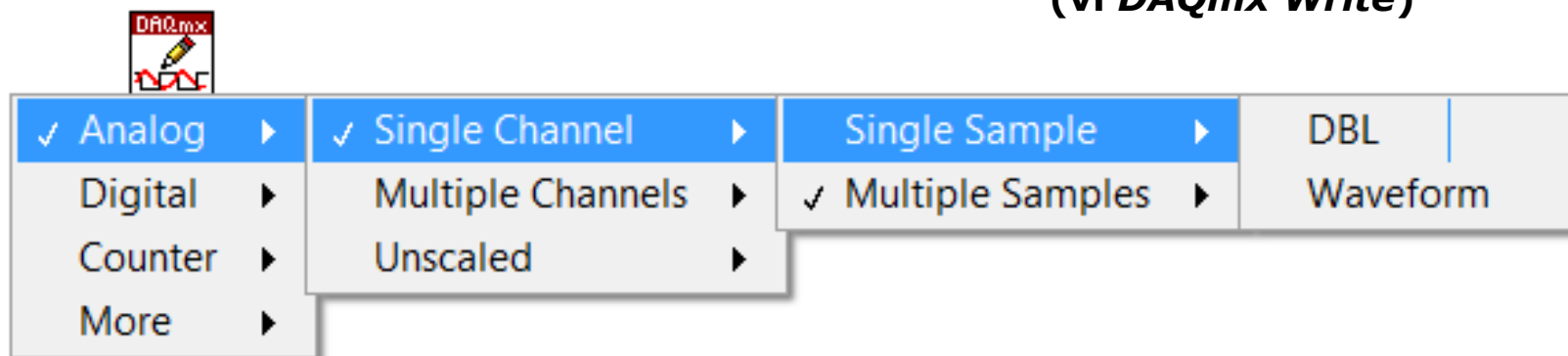
2. En caso de ser requerido, se configura el pre-trigger (adquisición de **n** muestras previas al disparo):





SALIDA ANALÓGICA: ESCRITURA DE MUESTRAS.

(vi **DAQmx Write**)



- La escritura de muestras permite configurar básicamente los mismos parámetros que la lectura (DAQmx Read):
 - **Tipo de canal a escribir:** analógico, digital y contador (*analog, digital, counter, more (raw data)*).
 - **Número de muestras a escribir:** *single simple o multiple samples*.
 - **Número de canales a escribir:** *single channel o multiple channels*.
 - **Formato de los datos de salida:** array 1D/2D, o *Waveform*.



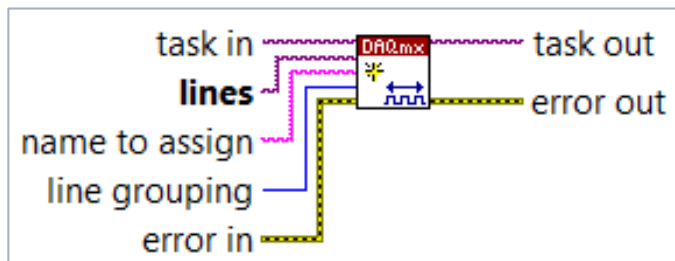
Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.



ENTRADA/SALIDA DIGITAL: Definición de canales virtuales DIGITALES.

- Las tarjetas de adquisición suelen disponer de uno o varios puertos digitales de 8 líneas.
- Cuando se crean canales virtuales de entrada/salida digital se debe indicar el modo de acceso a las líneas digitales que los forman:



(vi **DAQmx Create Virtual Channel**)

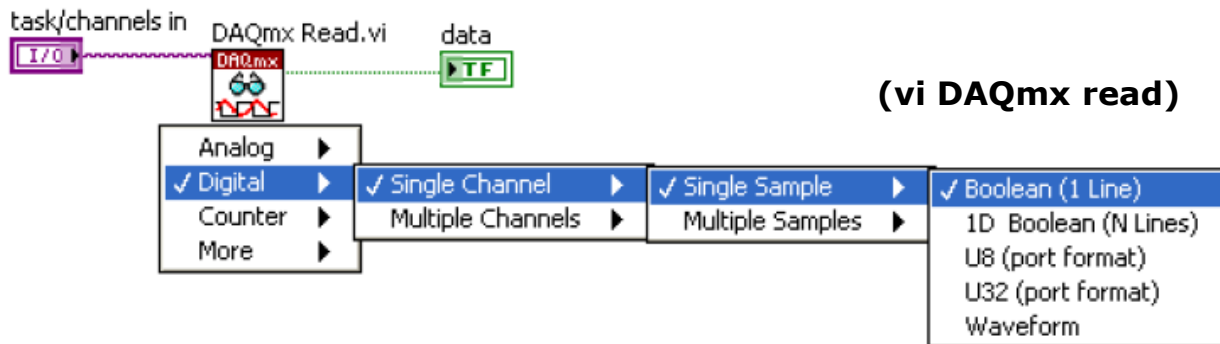
- Se debe indicar a través del parámetro de entrada **lines** las líneas digitales asignadas al canal virtual.
 - Dev1/port0/line0 → Línea 0 del puerto 0 de la tarjeta Dev1.
 - Dev1/port1/line7 → Línea 7 del puerto 1 de la tarjeta Dev1.
 - Dev1/port0/line0, Dev1/port1/line7 → Línea 0 del puerto 0 y Línea 7 del puerto 1 de la tarjeta Dev1.
 - Dev1/port0/line0:7 → Líneas 0 a 3 del port 0 de la tarjeta Dev1.
- A través del parámetro **line grouping** se puede indicar la forma en la que se agrupan las líneas que forman el canal virtual digital a crear:

one channel for all lines (1)	Combine all digital lines into a single virtual channel.
one channel for each line (0)	Create a separate virtual channel for each digital line.



ENTRADA/SALIDA DIGITAL: LECTURA.

- La lectura de datos digitales se puede realizar en varios formatos: lectura de una sola línea, lectura de un puerto digital en formato de 8 bits o de 32 bits e incluso en formato *Waveform*.

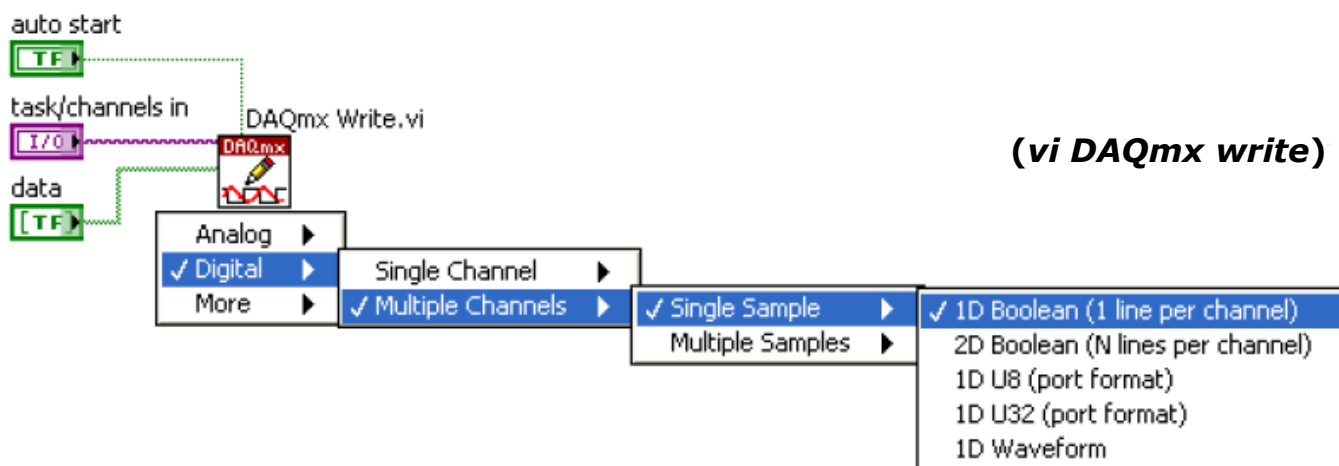


- La lectura se puede realizar de distintas maneras que depende del número de líneas que forman el canal virtual digital y de su agrupación (un canal por línea o un canal para todas la líneas).
- Lectura de una sola línea digital (opción *Boolean (1 Line)*):** se obtiene un valor booleano que indica el estado de la línea digital leída.
 - Lectura de N líneas en formato booleano (*1D Boolean (N lines)*):** se obtiene un array con los valores booleanos correspondientes a cada línea.
 - Lectura de un puerto completo (*U8 (port format)* para puertos de 8 bits y *U32* para puertos de 32 bits):** devuelve un número entero que contiene codificado el estado de cada línea del puerto digital.
 - Para poder leer el puerto completo al crear el canal virtual se debe indicar que se agrupen todas las líneas en un solo canal.
 - Se puede utilizar el vi *Number to Boolean Array function* localizado en la paleta **Numeric»Conversion** para convertir el número en un array de valores booleanos.



ENTRADA/SALIDA DIGITAL: ESCRITURA.

- Los parámetros para la escritura de las líneas digitales son los mismos que en el caso de la lectura:



- Por defecto, el parámetro **auto start** es verdadero cuando se escribe una única muestra y falso cuando se escriben múltiples muestras.
- Cuando se utilizan los vi's DAQmx Start y Stop Task el parámetro **auto start** debe estar configurado como false, de esta manera se consigue un mayor control del modelo de estado de la tarea y mejora la velocidad de ejecución del programa.



Implementación SAD's

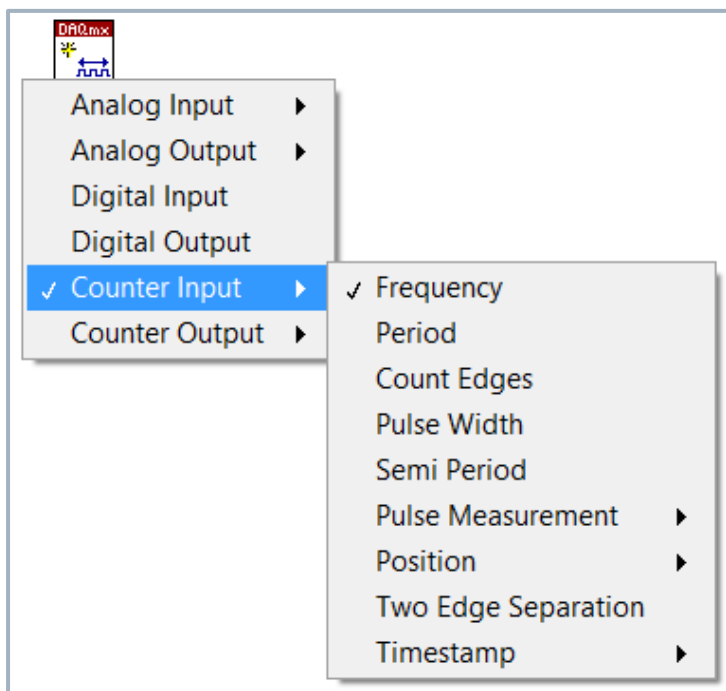
Lección 2. Recursos Software.



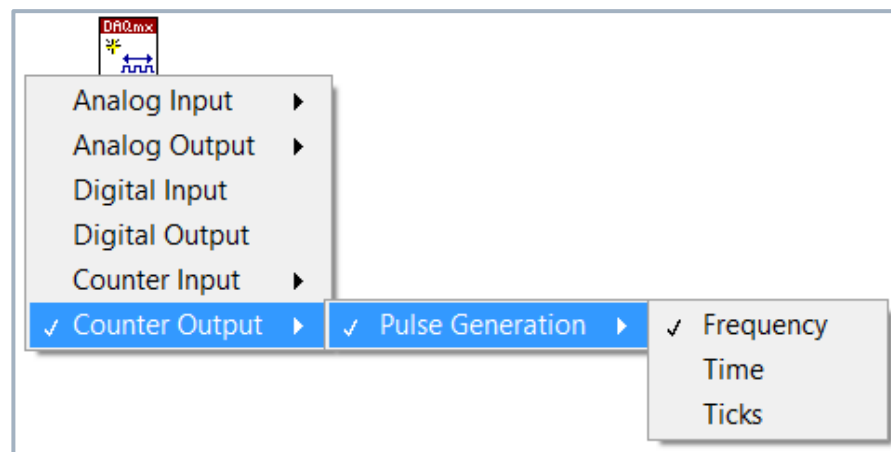
CONTADORES: Definición de canales virtuales para CONTADORES.

- Entrada → se define el tipo de medida que se desea realizar con el contador.
- Salida → Generación de señal.

Entrada



Salida





Implementación SAD's

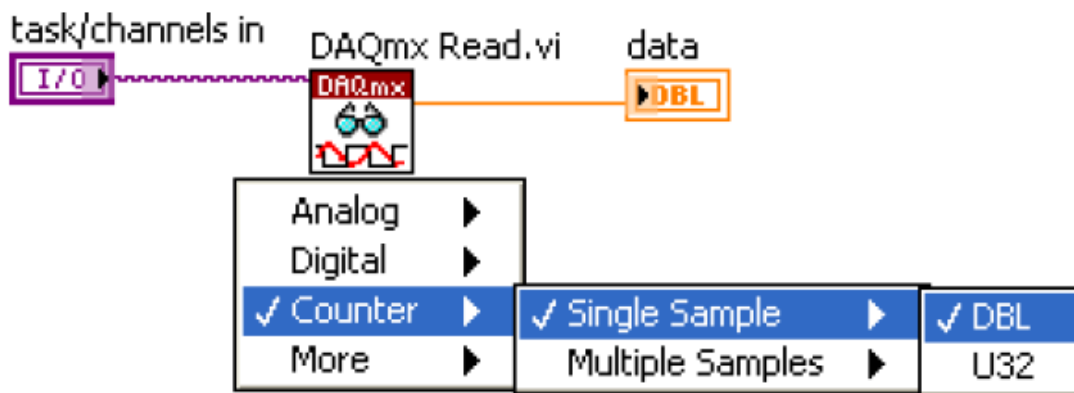
Lección 2. Recursos Software.



CONTADORES: LECTURA.

- Se puede realizar la lectura de una o múltiples muestras.
- El resultado de la lectura se puede obtener en dos formatos: Como un número de doble precisión (DBL) o como entero sin signo de 32 bits.
- Cuando se leen múltiples muestras el vi de lectura devuelve un array 1D con el valor de las muestras leídas en formato DBL o U32 según se indique.

Driver DAQmx: Lectura contadores (vi DAQmx read) .





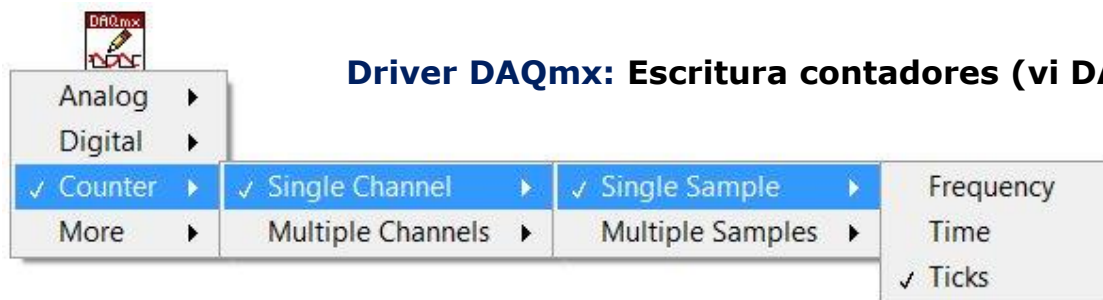
Implementación SAD's

Lección 2. Recursos Software.

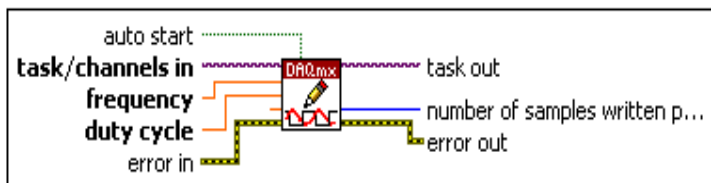


CONTADORES: ESCRITURA.

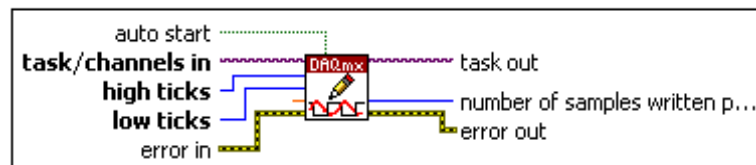
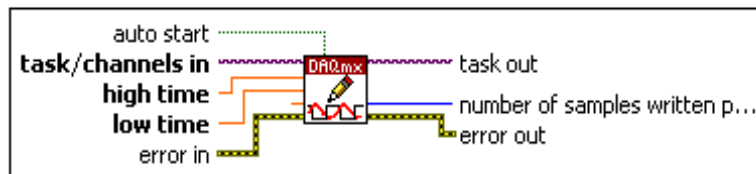
- Los contadores en modo escritura se utilizan para generar trenes de pulsos de diferentes frecuencia y ciclos de trabajo:



Opción Frequency: genera un tren de pulsos con la frecuencia y ciclo de trabajo indicados.



Opción Time y Ticks: genera un tren de pulsos con una anchura de pulsos a nivel alto y bajo indicados bien en tiempo (opción *Time* o en ticks (opción *Ticks*).



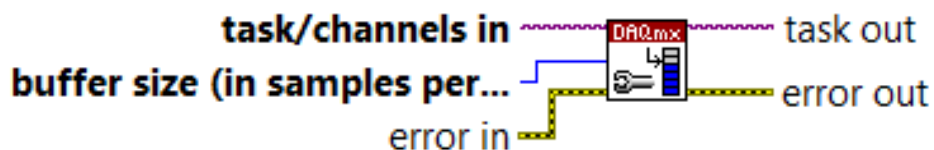


OTROS VI'S DE INTERÉS:

- **DAQmxIsTaskDone:** Permite verificar si la tarea a finalizado.



- **DAQmxConfigureInputBuffer:** Permite definir el tamaño del buffer de la tarea.





- ❑ Lección 0. Objetivos del tema.
- ❑ Lección 1. Recursos hardware.
- ❑ Lección 2. Recursos software.
- ❑ **Lección 3. Aplicación MAX (*Measurement and Automation Explorer*).**



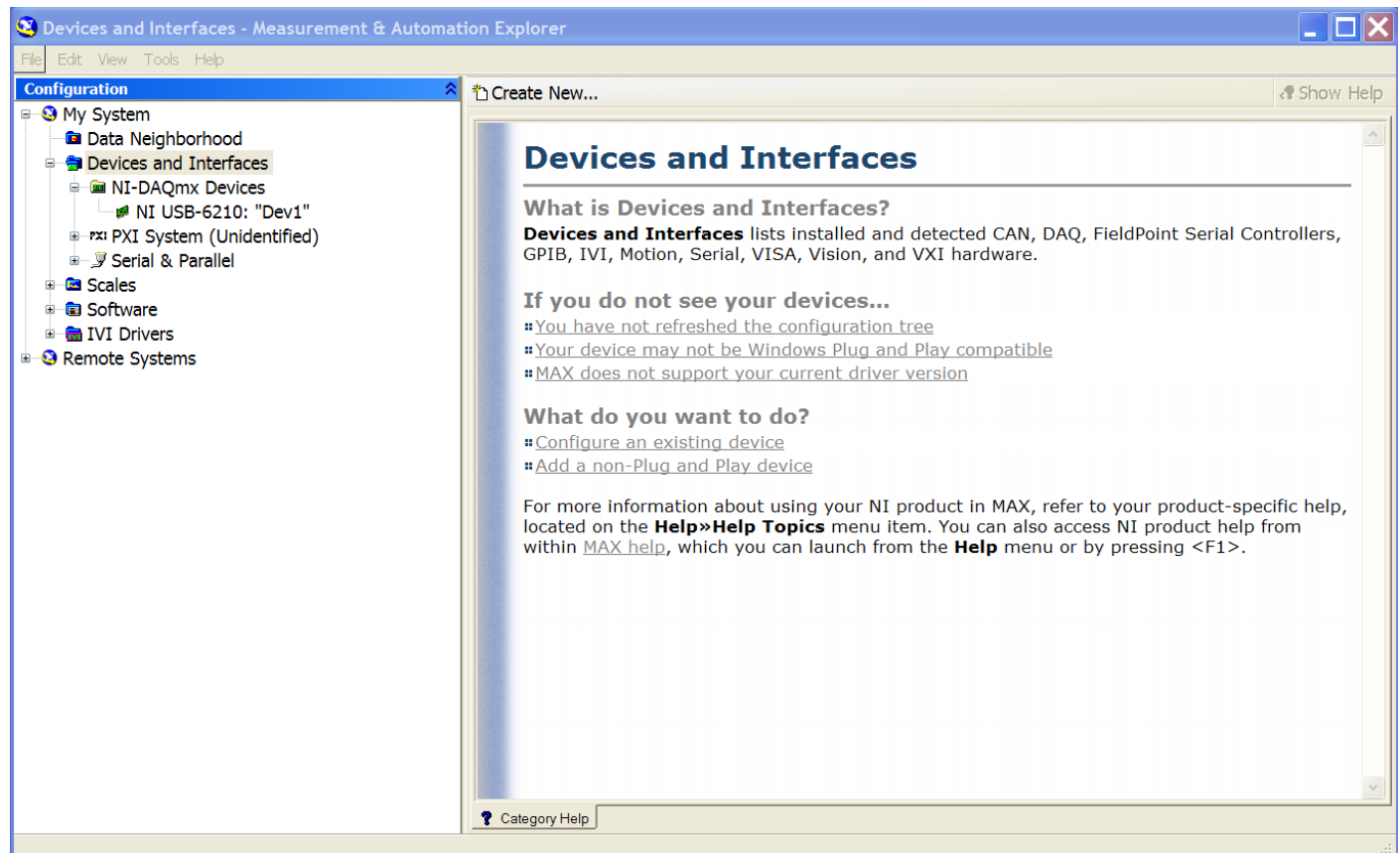
Implementación SAD's

Lección 3. Aplicación MAX.



Software *Measurement & Automation Explorer (MAX)*

Se trata de una aplicación de *National Instrument* que permite el control del hardware y software de sus productos.





Implementación SAD's

Lección 3. Aplicación MAX.



Software Measurement & Automation Explorer (MAX)

Carpeta *Devices and Interfaces*: Muestra y permite editar las propiedades de los distintos dispositivos (GPIB, RS232, DAQ, etc.) conectados al ordenador.

NI USB-6210: "Dev1" - Measurement & Automation Explorer

File Edit View Tools Help

Configuration

- My System
 - Data Neighborhood
 - Devices and Interfaces
 - NI-DAQmx Devices
 - NI USB-6210: "Dev1"
 - PXI System (Unidentified)
 - Serial & Parallel
 - Scales
 - Software
 - IVI Drivers
 - Remote Systems

Name	Value
Serial Number	0x130D22F

NI-DAQmx Device Basics

What do you want to do?

- Run the NI-DAQmx Test Panels
- Remove the device
- View or change device properties

To view or change device properties, right-click on the device name in the configuration tree and select **Properties**.

Self-Test
Test Panels...
Reset Device
Create Task...
Configure TEDS...
Rename
Delete
Device Pinouts
Properties
Help
Self-Calibrate



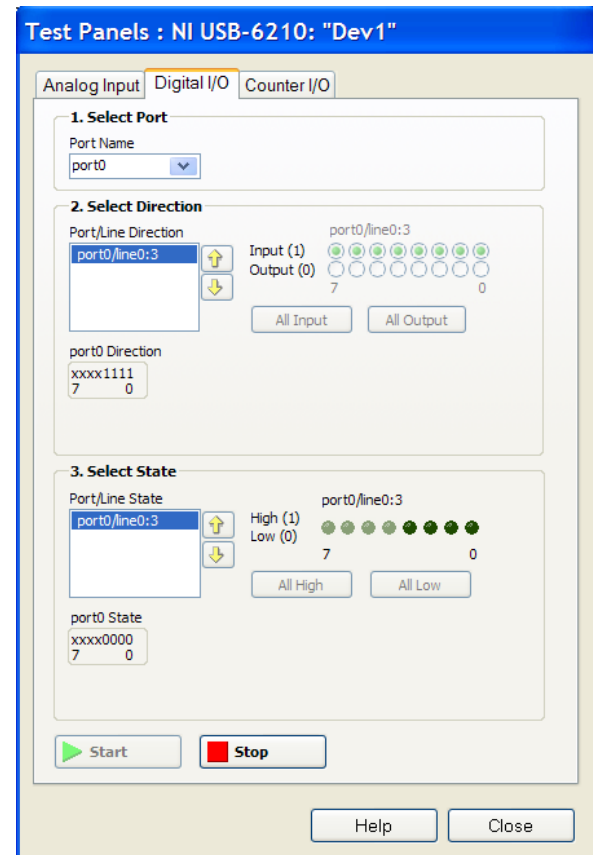
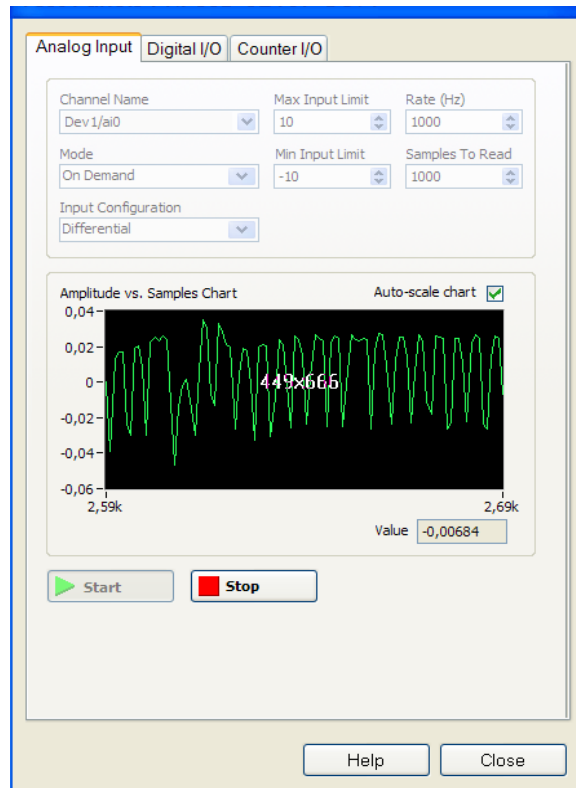
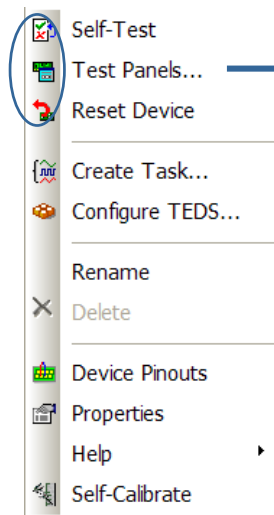
Implementación SAD's

Lección 3. Aplicación MAX.



Software *Measurement & Automation Explorer (MAX)*

Carpeta *Devices and Interfaces*: Seleccionando **Test Panels** se puede comprobar el comportamiento de los dispositivos.





Implementación SAD's

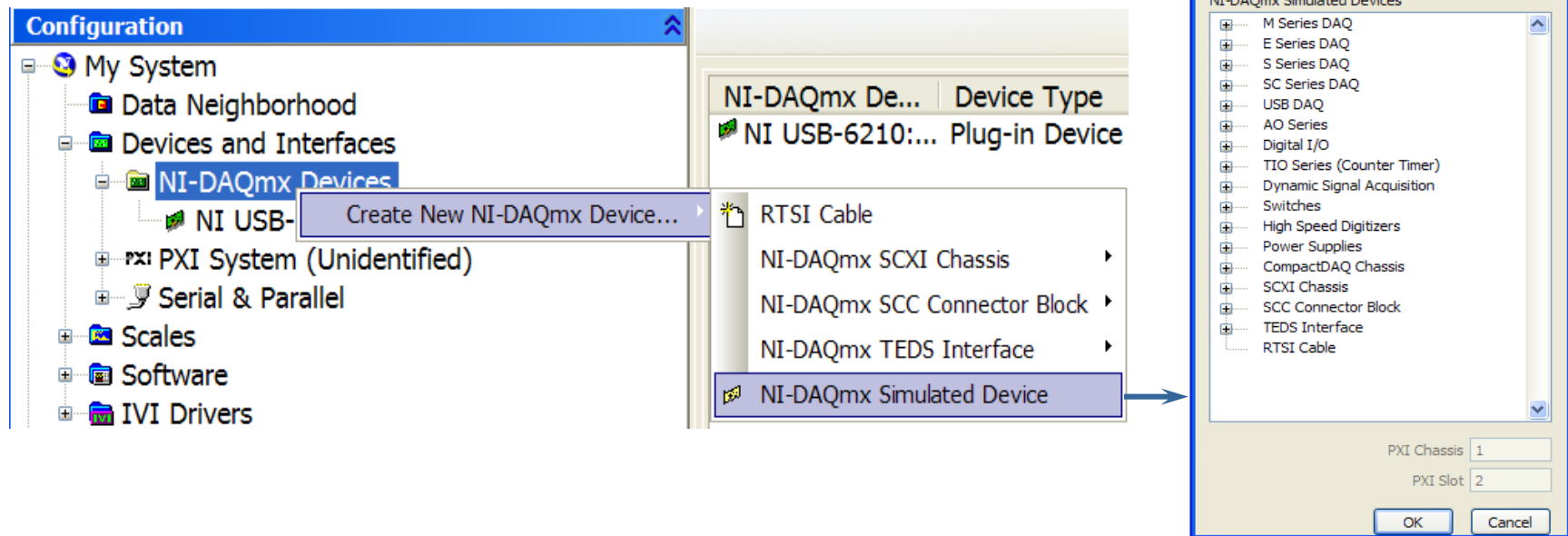
Lección 3. Aplicación MAX.



Software Measurement & Automation Explorer (MAX)

Carpeta Devices and Interfaces: Permite crear dispositivos simulados de manera que se puede crear una **tarjeta de adquisición de datos virtual**.

- En la tarjeta de adquisición virtual se pueden probar los programas antes de ejecutarlos sobre la tarjeta física.
- Para crear una tarjeta virtual: **NI-DAQmx Devices → Create New NI-DAQmx device → NI-DAQmx Simulated Device**





Software *Measurement & Automation Explorer (MAX)*

Carpeta *Devices and Interfaces*:

- Las tarjetas de adquisición virtuales aparecen en el MAX con un icono de color amarillo.
- Las tarjetas de adquisición reales aparecen en el MAX con un icono de color verde.

