

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL CONTROLADOR Y LOS SENSORES

CompactRIO es un sistema industrial embebido de control y adquisición de datos pequeño y robusto, que está desarrollado con tecnología de entrada/salida reconfigurable de tipo FPGA para proveer un alto rendimiento y permitir su programación personalizada.

El sistema CompactRIO consta de un procesador de punto flotante de tiempo real de bajo consumo de potencia, de un FPGA reprogramable de alto rendimiento incorporado en un chasis reconfigurable de cuatro u ocho ranuras, y de módulos industriales de entrada/salida dedicados e intercambiables.

El procesador de tiempo real (RT) permite la ejecución de aplicaciones confiables e independientes o distribuidas, así como la adquisición y envío de señales a través de los módulos industriales intercambiables.

Los diversos módulos incluyen el acondicionamiento de señal necesario para poder conectar sensores y actuadores de manera directa, y se montan sobre las ranuras del chasis reduciendo significativamente los requerimientos de espacio y el costo de cableado en campo.

Por su parte, el FPGA posee una arquitectura digital reconfigurable con una matriz de bloques lógicos configurables (CLBs) rodeados por una periferia de bloques de entrada/salida, como se muestra en la Figura 3.1. Las señales pueden ser dirigidas dentro de la matriz FPGA de una manera arbitraria mediante interruptores (*switches*) programables interconectados y rutas cableadas. Con el FPGA se pueden diseñar códigos de adquisición y control personalizados con una resolución de disparo de 25 ns. Los equipos CompactRIO

pueden conformarse por chasis de cuatro u ocho ranuras con FPGAs de un millón o bien tres millones de compuertas.

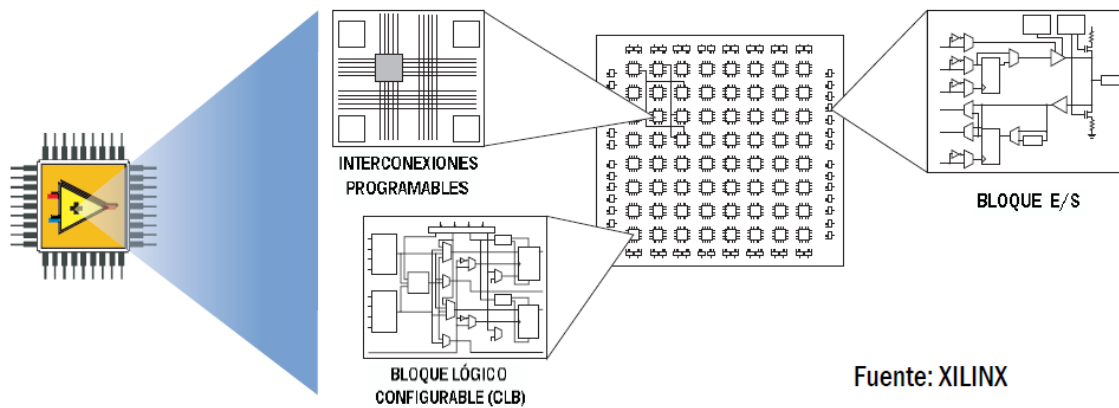


Figura 3.1 FPGA.

La arquitectura embebida de bajo consumo que presenta el CompactRIO permite un acceso abierto a los recursos de bajo nivel del hardware, con lo que puede lograrse un rápido desarrollo de sistemas independientes por medio de la programación gráfica en LabVIEW.

3.1 Conformación del sistema CompactRIO

El controlador empleado para el desarrollo del sistema de de adquisición, medición y análisis de vibraciones consta de los siguientes componentes:

- Controlador cRIO-9014
- Chasis cRIO-9104
- Módulos NI-9233
- Módulo NI-9219

3.1.1 Controlador cRIO-9014

El controlador embebido en tiempo real cRIO-9014 cuenta con un procesador industrial en tiempo real Freescale MPC5200 de 400 MHz para aplicaciones en tiempo real determinísticas y confiables. Contiene una memoria de 128 MB en DRAM y 2 GB de almacenamiento no volátil. El controlador está diseñado para extrema robustez, fiabilidad y bajo consumo de potencia (6 W) que brinda potencia aislada al chasis y a los módulos, y un rango de temperatura de operación de -40 a 70°C. Así puede funcionar por largos periodos de tiempo en aplicaciones remotas usando una batería o incluso alimentación solar.

El cRIO-9014 ejecuta el módulo LabVIEW Real-Time de *National Instruments* en el sistema operativo en tiempo real (RTOS) para fiabilidad y determinismo extremos. Este sistema operativo usa la tecnología VxWorks RTOS con la que se favorece el diseño, la generación de prototipos y el rápido despliegue de sistemas embebidos personalizados, mediante el uso de las herramientas de programación gráfica de LabVIEW.

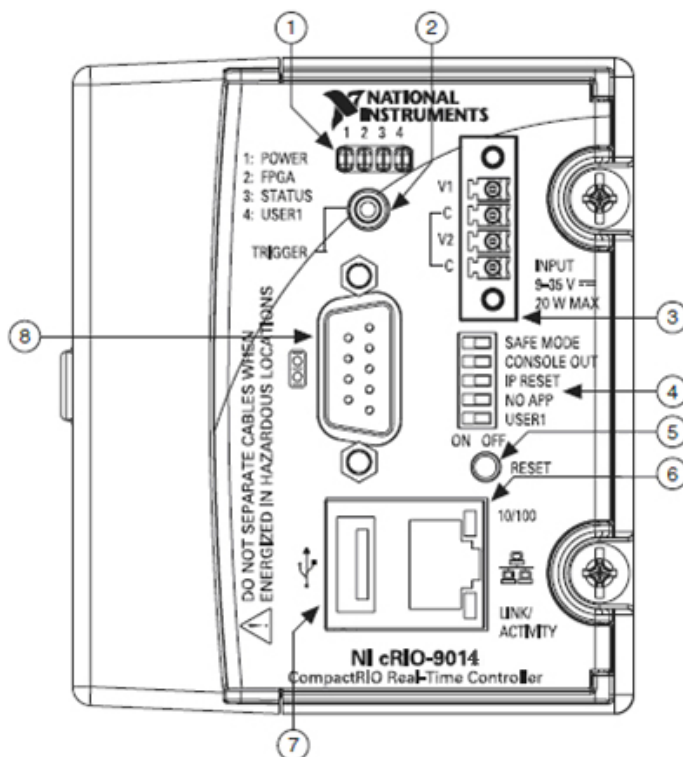


Figura 3.2 Frente del cRIO-9014.

La cara frontal del controlador se muestra en la Figura 3.2 y tiene los siguientes elementos:

1 Leds. Estos indicadores muestran el estado del controlador. Son cuatro:

- *Power*. Este indicador se enciende cuando el controlador está encendido. Cuando se alimenta por la terminal V1, el led enciende en color verde; y cuando se alimenta por la terminal V2 se ilumina en ámbar.
- *FPGA*. Este led puede ser personalizado dependiendo de las necesidades de los programas basados en FPGA.
- *Status*. El indicador de estado se encuentra apagado cuando el controlador opera correctamente. El controlador informa de errores específicos al destellar este led determinado número de veces, según se muestra en la Tabla 3.1.
- *User1*. El led de usuario es un indicador configurable según las necesidades de los códigos que se ejecuten en tiempo real.

- 2 Conector SMB. Puede usarse el conector SMB para conectar servicios digitales con el controlador. Por ejemplo, puede conectarse la salida de *pulsos-por-segundo* de un dispositivo de posicionamiento global (GPS) para corregir las pequeñas variaciones del reloj del sistema.
- 3 Conector de energía. Debe conectarse una fuente de alimentación con al menos un par de terminales V y C. El conector acepta tensiones de alimentación que se encuentren en un rango de 9 a 35 V de CD. Opcionalmente puede conectarse una fuente de alimentación al par V y C restante; esto como soporte en caso de que una de ellas falle. El controlador toma la energía de la fuente de mayor tensión. La terminal positiva de la fuente se conecta a la terminal V mientras la terminal negativa de la fuente se conecta con alguna terminal C.

Tabla 3.1 Indicaciones del led *Status*.

Número de destellos	Indicación
1	El controlador no se encuentra configurado. Debe configurarse usando el programa <i>MAX Explorer</i> .
2	El controlador ha detectado un error en el software base que tiene instalado para su funcionamiento. Para corregirlo debe reinstalar dicho software.
3	El controlador está en modo seguro ya que el <i>DIP Switch 'Safe Mode'</i> está en la posición de encendido (ON)
4	El software ha colapsado dos veces sin que haya ocurrido un reinicio o interrupción de la alimentación. Esto suele ocurrir debido a que el controlador no cuenta con memoria libre. Deben revisarse los programas instalados y modificarse para resolver este conflicto de uso de memoria.
Destellos continuos o siempre iluminado	El controlador ha detectado un error irrecuperable. Debe contactar a <i>National Instruments</i> para asistencia técnica.

- 4 Interruptores. Estos determinan la modalidad de operación del cRIO. Son cinco:

- *Safe Mode*. La posición del interruptor de modo seguro determina si el motor de tiempo real se ejecuta cuando se enciende o reinicia el controlador. Si está en posición de apagado (OFF), el motor de tiempo real se ejecuta. Si se encuentra en posición de encendido (ON) sólo se ejecutan los servicios esenciales requeridos para actualizar su configuración y la instalación de software. Aún si el interruptor no se encuentra en la posición ON, si no existe software instalado en el controlador, éste inicia directamente en modo seguro.

- *Console Out*. Puede emplearse este interruptor para leer la dirección IP y la versión de la firma del controlador. Se conecta por el puerto serial a una computadora, y empleando VIs especiales (los programas creados en LabVIEW son llamados VIs) se despliega dicha información. También alerta cuando se conecta un dispositivo USB que no es soportado por el controlador.
 - *IP Reset*. Al colocar este interruptor en la posición ON y reiniciar el controlador, la dirección IP (*Internet Protocol*) del controlador se reinicia a 0.0.0.0.
 - *NO App*. Al colocar este interruptor en la posición ON, se evita que la aplicación LabVIEW de inicio automático se ejecute al iniciar el controlador.
 - *User1*. Este interruptor es configurable según las necesidades de los VIs de tiempo real. Para configurarlo debe utilizarse el *RT Read Switch VI* en la programación de VIs de tiempo real.
- 5 Botón *Reset*. Al presionar el botón *Reset* se efectúa el reinicio del controlador, sin necesidad de desconectar y reconectar el cRIO de la alimentación.
- 6 Puerto Ethernet RJ-45. El puerto Ethernet de 10/100 Mb/s, permite llevar a cabo comunicación programática en la red, web integrada HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) y servicios de transferencia de archivos FTP (*File Transfer Protocol*).
- 7 Puerto USB. Al puerto USB de alta velocidad se pueden conectar medios de almacenamiento externos basados en USB, para aplicaciones de registro de datos embebido que requieran de almacenamiento adicional. El cRIO soporta dispositivos USB de almacenamiento masivo comunes tales como memorias Flash USB y adaptadores de USB a IDE, formateados con sistemas FAT16 y FAT32. Los dispositivos USB son referenciados a la unidad U.
- 8 Puerto serial. El controlador cuenta con un puerto serial RS-232 al cual pueden conectarse dispositivos como pantallas. Para leer y escribir al puerto serial se emplean los *Serial VIs*.

3.1.2 Chasis cRIO-9104

El chasis es el corazón del sistema CompactRIO ya que contiene el núcleo reconfigurable de entrada/salida (RIO). El núcleo RIO FPGA tiene una conexión individual a cada módulo, y dado que entre ellos no comparten un mismo bus de comunicación, las operaciones de entrada/salida en cada módulo pueden ser sincronizadas con precisión y con una resolución

de 25 ns. El núcleo RIO puede realizar procesamiento de señales y toma de decisiones de manera local, y transferir señales directamente de un módulo a otro.

Además, el núcleo está conectado con el controlador de tiempo real a través de un bus PCI local, con lo que el controlador de tiempo real puede obtener información de cualquier elemento contenido dentro de las aplicaciones FPGA.

El FPGA también puede generar petición de interrupciones (IRQ) para sincronizar la ejecución de la plataforma RT con las aplicaciones FPGA.

El acoplamiento físico del controlador con el chasis se muestra en la Figura 3.3.

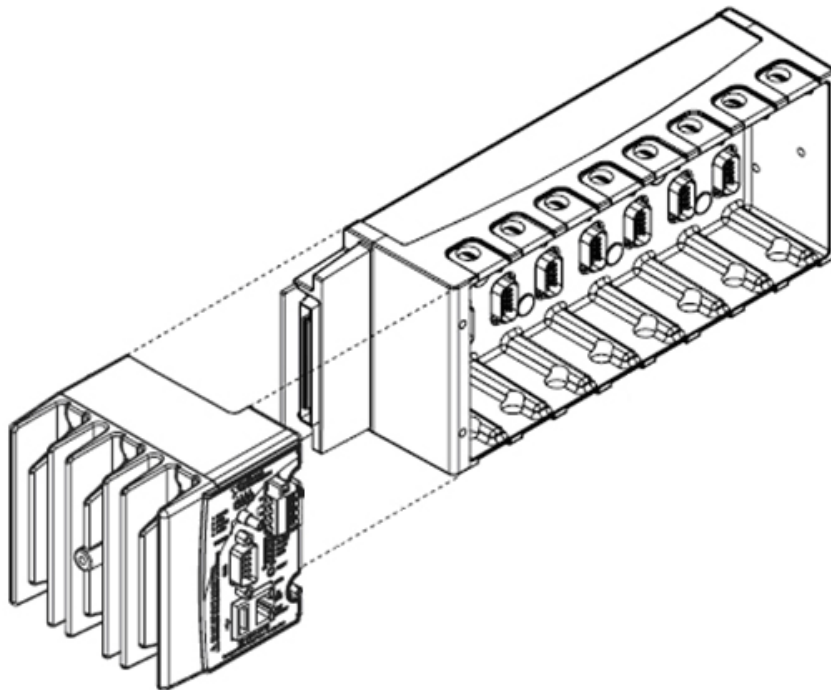


Figura 3.3 Acoplamiento del controlador con el chasis.

3.1.3 Módulos NI-9233 (módulos de vibración)

Cada módulo NI-9233 cuenta con cuatro canales de entrada para la adquisición simultánea de cuatro señales de vibración, como se observa en la Figura 3.4.

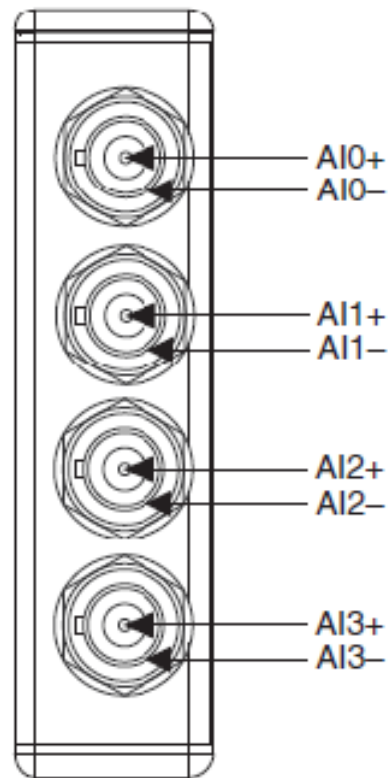


Figura 3.4 Asignación de canales del módulo NI-9233.

Cada canal tiene un conector BNC (*Bayonet Neill-Concelman*) al cual se puede conectar un sensor IEPE. La terminal central del conector, AI+, provee la excitación en CD y la conexión para la señal de CA. El cuerpo del conector, AI-, provee la vía de retorno de la excitación de CD y la referencia a tierra para la señal de CA.

Típicamente los sensores IEPE se encuentran eléctricamente aislados de la electrónica IEPE, de tal forma que al conectar un sensor al módulo NI-9233 se tiene una conexión flotante, aún cuando el cuerpo del sensor esté referenciado a tierra. De cualquier forma, al módulo NI-9233 se pueden conectar sensores IEPE, tanto referenciados a tierra como flotantes.

Todos los canales del módulo NI-9233 se encuentran referenciados a la tierra del chasis a través de una resistencia de $50\ \Omega$.

El módulo NI-9233 provee una corriente IEPE de excitación para cada señal de entrada. La señal de CA de entrada se acopla, amplifica y acondiciona para luego ser muestreada por un convertidor analógico a digital (ADC) de 24 bits. El diagrama esquemático del circuito interno del módulo se muestra en la Figura 3.5

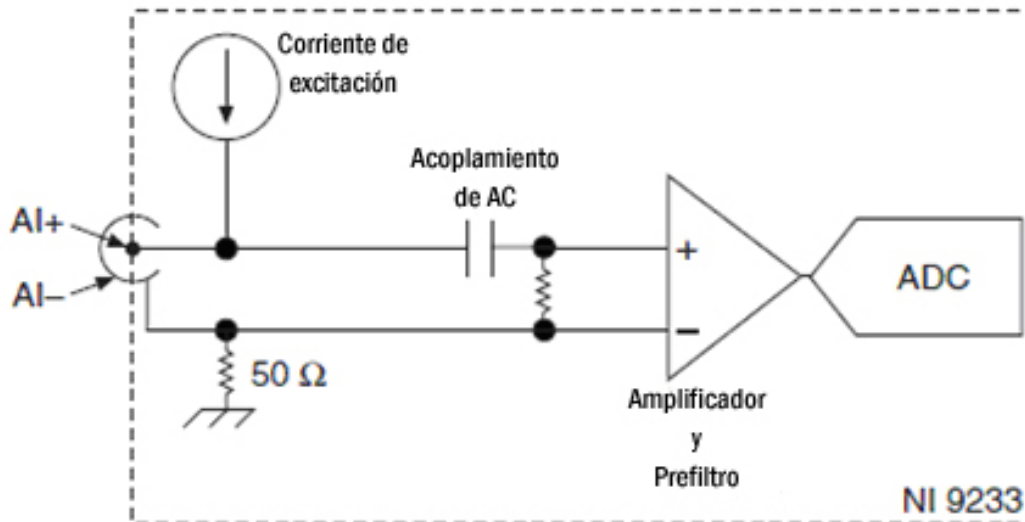


Figura 3.5 Circuitería interna de un canal del módulo NI-9233.

El módulo NI-9233 emplea una combinación de filtrado analógico y digital para proveer una representación precisa de las señales que se encuentran dentro del ancho de banda permitido, y rechazar eficientemente aquéllas que quedan fuera de ese ancho de banda. Los filtros analógicos considerados son el pasa banda y el pasa bajas.

Los filtros digitales del módulo ajustan el ancho de banda permitido por el pasa banda para que coincida con la tasa de muestreo (f_s).

El filtro pasa bajas se escala para coincidir con la tasa de muestreo, y atenúa significativamente todas las señales que se encuentran por encima de la frecuencia de corte.

El módulo incluye internamente una base de tiempo maestra (f_M) a una frecuencia de 12.8 MHz, aunque también puede aceptar una base de tiempo externa. La frecuencia de esta base de tiempo maestra controla la tasa de muestreo.

Las siguientes expresiones corresponden a las frecuencias de muestreo disponibles en el módulo NI-9233:

$$\text{Cuando } f_s \leq 25.65 \text{ kS/s}, \quad f_s = \frac{f_M}{256 n}$$

donde n es un entero de 2 a 25.

$$\text{Cuando } f_s > 25.65 \text{ kS/s}, \quad f_s = \frac{f_M}{128 n}$$

donde n es un entero de 2 a 3.

Por lo tanto, al emplear la base de tiempo maestra interna de 12.8 MHz, el resultado son tasas de muestreo desde 2 kS/s hasta 50 kS/s, dependiendo del valor de n .

3.1.4. Módulo NI-9219 (módulo de entradas analógicas)

El módulo NI-9219 es un módulo universal para la adquisición simultánea de cuatro entradas analógicas.

Como se muestra en la figura 3.6, cada canal tiene un conector de seis terminales. Los sensores se conectan en estas terminales dependiendo del tipo de señal analógica que se vaya a detectar.

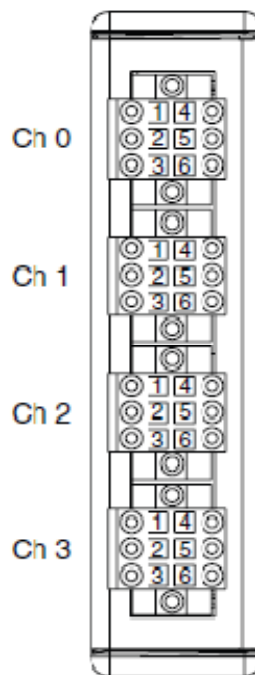


Figura 3.6 Módulo NI-9219.

La Tabla 3.2 muestra el nombre de las señales que se conectan a las terminales del módulo. Dependiendo de la modalidad, las terminales 3 y 5 pueden ser señales de excitación o bien señales de entrada.

Tabla 3.2 Nombres de las señales para el módulo NI-9219.

Terminal	Nombre de la señal	Descripción de la señal
1	T+	TEDS datos
2	T-	TEDS común
3	EX+ / HI	Excitación o señal de entrada positiva
4	HI	Señal de entrada positiva
5	EX / LO	Excitación o señal de entrada negativa
6	LO	Señal de entrada negativa

La Tabla 3.3 muestra las diferentes modalidades que presenta el módulo NI-9219 y las terminales asociadas a las señales en cada modalidad.

Tabla 3.3 Asignación de terminales en el NI-9219 por modalidad.

Modalidad	Terminal					
	1	2	3	4	5	6
Voltaje	T+	T-	-	HI	LO	-
Corriente	T+	T-	HI	-	LO	-
Resistencia de cuatro hilos	T+	T-	EX+	HI	EX-	LO
Resistencia de dos hilos	T+	T-	HI	-	LO	-
Termopar	T+	T-	-	HI	LO	-
Termoresistencia de cuatro hilos	T+	T-	EX+	HI	EX-	LO
Termoresistencia de tres hilos	T+	T-	EX+	-	EX-	LO
Cuarto de puente	T+	T-	HI	-	LO	-
Medio puente	T+	T-	EX+	HI	EX-	-
Puente completo	T+	T-	EX+	HI	EX-	LO
Entrada digital	T+	T-	-	HI	LO	-
Contacto abierto	T+	T-	HI	-	LO	-

El módulo NI-9219 se encuentra aislado canal por canal. Cuatro convertidores analógico a digital de 24 bits convierten simultáneamente todos los canales analógicos de entrada. El NI-9219 habilita un circuito de excitación para todas las modalidades de entrada que requieran excitación, y reconfigura el ADC y los circuitos de excitación en cada modalidad para que se acople cada tipo de sensor.

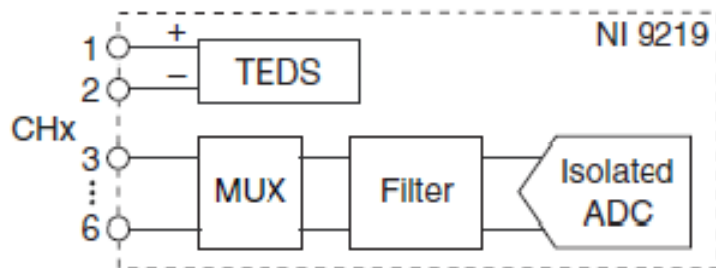


Figura 3.7 Circuitería interna de un canal del módulo NI-9219.

Para el sistema de adquisición, medición y análisis aquí presentado se ha configurado el módulo NI-9219 para que trabaje en la modalidad de voltaje. Por medio de este módulo se realiza el registro de la velocidad del tren y la indicación de llegada a una estación. La obtención de estos datos, así como el diagrama de conexiones correspondiente, se tratan a detalle en el Capítulo 5.

3.2 Sensores

Para realizar la medición de las vibraciones a las que se encuentran expuestos los trenes, son necesarios sensores capaces de detectar dichas señales.

Los transductores empleados en un análisis de vibraciones convierten la energía mecánica en energía eléctrica, lo que significa que producen una señal eléctrica la cual está en función de la vibración.

A continuación se mencionan diferentes tipos de transductores usados para la medición de vibraciones:

- Acelerómetros piezoresistivos
- Acelerómetros capacitivos
- Acelerómetros piezoeléctricos
- Acelerómetros de efecto Hall
- Acelerómetros magnetoresistivos
- Acelerómetros de transferencia de calor
- Vibrómetros Láser Doppler
- Transductores de piezovelocity (PVT)
- Transformadores Diferenciales de Variable Lineal (LVDT)
- Transductores de corriente Eddy.

Para el sistema que se desarrolló se emplearon acelerómetros piezoeléctricos IEPE Delta Tron modelo 4507 B 004 de la marca *Brüel&Kjær*, puesto que el laboratorio contaba con ellos.

Los acelerómetros son dispositivos que convierten la aceleración de un sistema o mecanismo, sometido a vibración o aceleración, en una señal eléctrica analógica proporcional.

Los acelerómetros piezoeléctricos aprovechan los fenómenos piezoeléctricos de algunos materiales cristalinos, para generar una señal eléctrica proporcional a la aceleración de la vibración a la que son sometidos.

El efecto piezoeléctrico fue descubierto por Jaques y Pierre Curie en 1980, empleando cristales de cuarzo, y consiste en la aparición de una cierta carga eléctrica cuando el cristal es sometido a algún tipo de deformación bajo la acción de un esfuerzo. Dado que la fuerza aplicada sobre el cristal piezoeléctrico es proporcional a la carga eléctrica generada por él, puede ser utilizado como sensor para medir esfuerzos, o cualquier magnitud física que pueda ser convertida en fuerza.

El principio de operación de los acelerómetros piezoeléctricos se ilustra en la Figura 3.8 y se describe a continuación.

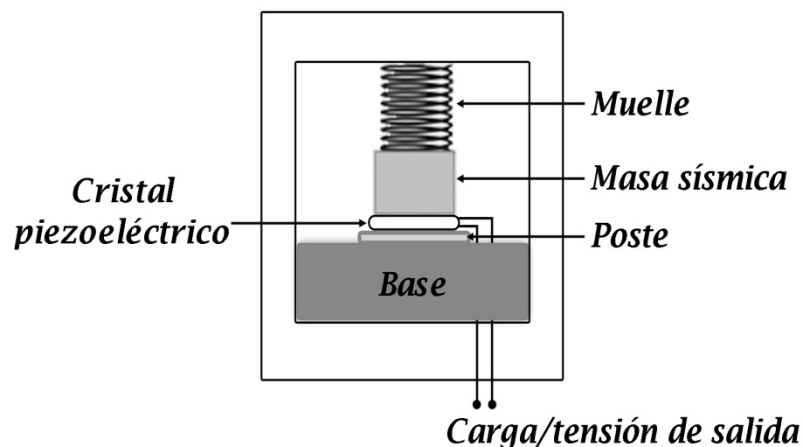


Figura 3.8 Principio de operación de un acelerómetro piezoeléctrico.

El elemento activo del acelerómetro es un cristal piezoeléctrico pegado a una masa conocida. Un lado del cristal está conectado a un poste rígido en la base del acelerómetro, y por el otro lado se encuentra adjunto un material llamado masa sísmica. Cuando el acelerómetro se encuentra sometido a vibración, se genera una fuerza que actúa directamente sobre el elemento piezoeléctrico. Esta fuerza es igual al producto de la aceleración por la masa sísmica.

$$F = ma$$

Debido al efecto piezoeléctrico, se genera una salida de carga, Q , proporcional a la fuerza aplicada.

$$Q \propto ma$$

Puesto que la masa sísmica es constante, la señal de salida de carga es proporcional a la aceleración de la masa.

$$Q \propto a$$

Sobre un amplio rango de frecuencias, tanto la base del sensor como la masa sísmica presentan la misma magnitud de aceleración, de esta forma el sensor mide la aceleración del objeto bajo prueba.

En general los acelerómetros pueden ser pasivos o activos. Los acelerómetros pasivos envían la carga generada por el elemento sensor, y debido a que dicha señal es muy pequeña, estos acelerómetros requieren de un amplificador para incrementar la señal. Los acelerómetros activos incluyen circuitos internos para convertir la carga del acelerómetro a una señal de voltaje, pero requieren de una fuente constante de corriente para alimentar el circuito.

Los acelerómetros piezoeléctricos pueden también clasificarse en acelerómetros de alta impedancia y acelerómetros de baja impedancia.

En los acelerómetros de alta impedancia, la salida de carga del cristal tiene una impedancia de salida muy alta, por lo que debe ser convertida a baja impedancia con un convertidor de impedancia, o un amplificador de carga, antes de ser conectado a un sistema de adquisición de datos. Generalmente, la sensibilidad de los acelerómetros de alta impedancia es especificada en unidades de pC/g.

Por otra parte, en un acelerómetro de baja impedancia deben emplearse sistemas microelectrónicos, ubicados dentro de la carcasa del sensor, para detectar la carga generada por el cristal piezoeléctrico. De esta manera, la transformación de alto a bajo es hecha en el punto de medición y solo se transmiten señales de baja impedancia desde el sensor. Generalmente, la sensibilidad de los acelerómetros de baja impedancia está especificada en mV/g.

Los acelerómetros utilizados para el sistema de adquisición, medición y análisis son de baja impedancia, y constan de un acelerómetro ThetaShear y un preamplificador Delta Tron en un contenedor de titanio de bajo peso con conectores 10 – 32 UNF (*Unified Fine*) integrados.

Aunque el principio de operación es el mismo para todo acelerómetro piezoeléctrico, la configuración interna varía dependiendo de la manera en cómo la fuerza inercial de la masa sísmica actúa sobre el material piezoeléctrico. Las tres configuraciones más comunes son: compresión (*compression*), corte (*shear*) y doblamiento (*bending*).

El acelerómetro Delta Tron 4507 B 004 presenta una configuración tipo corte, en el cual, los discos piezoeléctricos se encuentran ubicados entre un anillo de compresión y la masa sísmica. Cuando se presenta una aceleración, la masa sísmica aplica una fuerza cortante a los discos piezoeléctricos. El resultado es una salida eléctrica proporcional, que es transmitida al preamplificador para la obtención de una señal de tensión. Dado que los discos piezoeléctricos se encuentran aislados de la base y del encapsulado, se evitan transitorios térmicos y efectos de esfuerzos en la base. Además, las dimensiones reducidas que permite la geometría de la configuración tipo corte favorecen la respuesta a altas frecuencias y minimiza los efectos del peso de la masa sísmica sobre la estructura de prueba.

La Figura 3.9 muestra el despiece de un acelerómetro DeltaTron en el cual se detallan sus componentes.

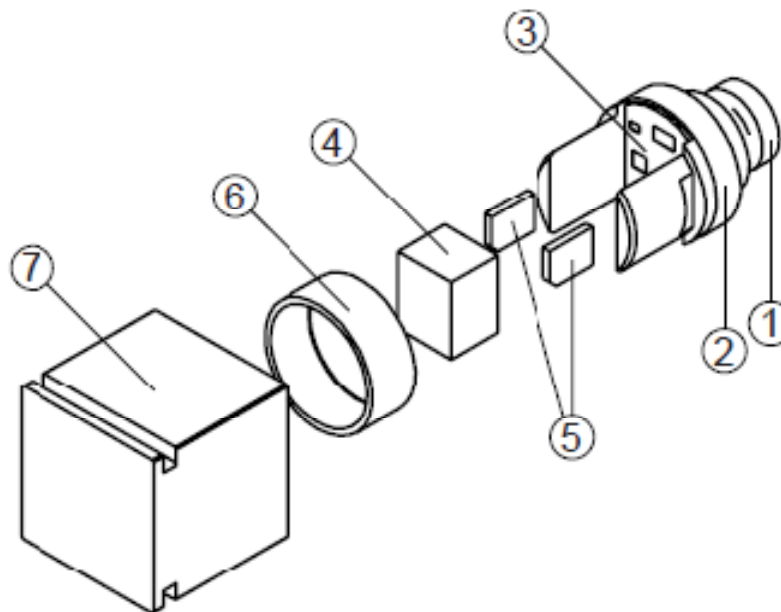


Figura 3.9 Despiece de acelerómetro Delta Tron.

El acelerómetro cuenta con un conector 10 – 32UNF (1) integrado en la pieza superior (2), la cual también contiene al preamplificador (3). Una sujeción cilíndrica ranurada posee la masa

sísmica central (4), flanqueada por dos discos cerámicos piezoeléctricos (5). Este ensamblaje está sujeto rígidamente por un anillo (6). Todos los componentes se encuentran unidos sin necesidad de agentes adherentes; esto proporciona extrema confiabilidad al acelerómetro. El ensamblaje está herméticamente soldado a un contenedor de titanio (7).

El contenedor tiene una ranura que permite el uso de sujetadores, para que el acelerómetro pueda ser colocado y retirado fácilmente sobre los objetos de prueba. Además, presenta una flecha grabada en una de las caras en la dirección que representa un desplazamiento en sentido positivo.

Cada acelerómetro está calibrado individualmente y posee una carta de calibración.

Típicamente, los acelerómetros Delta Tron 4507 B 004 operan bajo las siguientes especificaciones:

- Corriente de alimentación constante: 2 a 20 mA
- Sensibilidad: 10 mV/(m/s²)
- Rango de medición: 700 m/s²
- Frecuencia de resonancia: 18 kHz
- Rango de frecuencias: 0.3 Hz a 6 kHz
- Impedancia de salida: < 30 Ω
- Rango de temperatura: -54° a 121°C (-65° a 250°F)
- Polaridad: positiva (para una aceleración en dirección de la flecha grabada).

3.3 Configuración del controlador

Antes de iniciar con el desarrollo del sistema de adquisición, medición, y análisis, es necesario llevar a cabo la configuración del controlador y la instalación del software correspondiente en el mismo. Para ello es necesario instalar el módulo Real-Time en una computadora con LabVIEW.

El CompactRIO y la PC se comunicarán a través del puerto Ethernet mediante un cable cruzado. Como la comunicación será directa, se establecen IPs estáticas para los dispositivos.

La Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*, ICANN) ha reservado los siguientes tres bloques de direcciones IP para redes privadas.

- 10.0.0.0 – 10.255.255.255
- 172.16.0.0 – 172.31.255.255
- 192.168.0.0 – 192.168.255.255
- 169.254.0.0 – 169.254.255.255.

Para lograr una comunicación efectiva y organizada, se asignarán las direcciones IPs a los dispositivos involucrados en el sistema de la siguiente manera:

- A la PC se le asignará la dirección IP: 192.168.10.1
- Al CompactRIO se le asignará la dirección IP: 192.168.10.2
- La máscara de subred se establecerá como: 255.255.255.0.

La asignación de estas direcciones es arbitraria, y pueden modificarse siempre y cuando se asegure una correcta comunicación entre los dispositivos; es decir, si se modifica una dirección IP debe cerciorarse que ningún otro dispositivo en la red tenga la misma dirección; también es importante que todos los dispositivos del sistema tengan la misma máscara de subred. Una mala asignación y administración de estas direcciones puede conllevar a problemas como la falta de comunicación entre la PC y el CompactRIO, y con ello a la imposibilidad de realizar la instalación del sistema en el CompactRIO.

Para asignar la dirección IP a la PC, se accede a las propiedades de protocolo de Internet (TCP/IP) dentro de las propiedades de conexión de área local, y ahí se asigna tanto la dirección IP como la máscara de subred, como se muestra en la Figura 3.10.

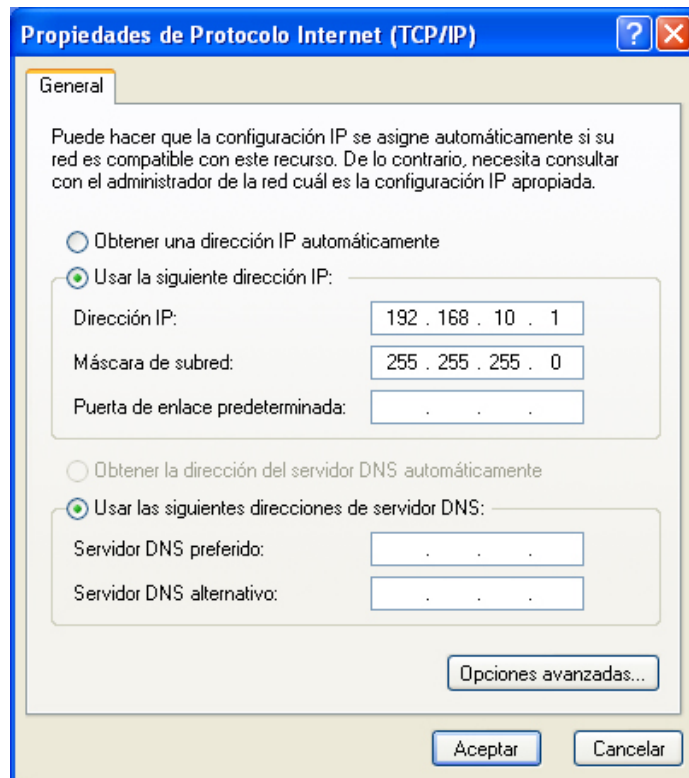


Figura 3.10 Propiedades de Protocolo de Internet (TCP/IP).

La asignación de la dirección IP al CompactRIO se realiza mediante el programa *Measurement & Automation Explorer (MAX)*.

MAX es el programa que permite administrar directamente desde la PC, o bien a través de una conexión de red, todos los dispositivos y sistemas de National Instruments. Cuando se realiza la instalación de LabVIEW, se instala conjuntamente el programa MAX.

Para la configuración del CompactRIO se ejecuta el programa MAX. Una vez abierto, se oprime el botón derecho del ratón (da clic derecho) sobre *Remote Systems* y se selecciona *Create New* para que el programa detecte la existencia del CompactRIO. Cuando el programa lo detecta, se puede establecer la dirección IP, la máscara de subred, y asignar un nombre para identificar al controlador, como se muestra en la Figura 3.11.

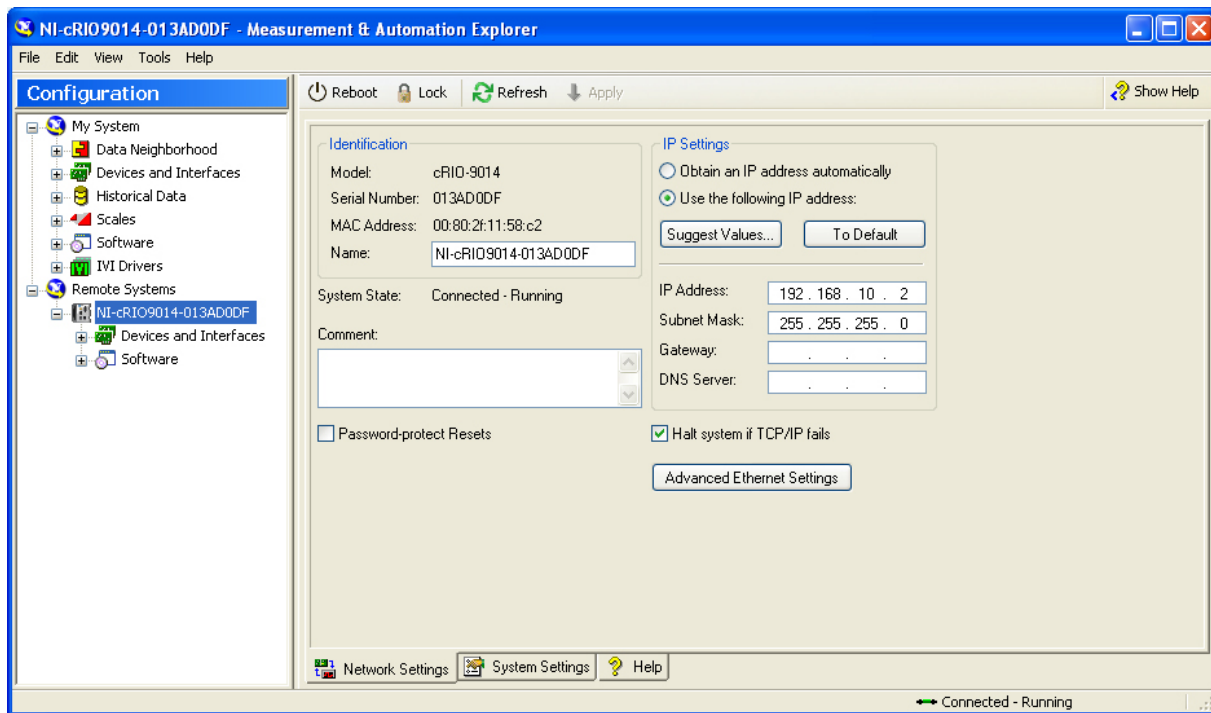


Figura 3.11 Asignación de IP, máscara de subred y nombre al CompactRIO.

En seguida se continúa con la instalación del software de tiempo real en el CompactRIO. Para ello se da clic derecho sobre *Software*, se selecciona *Add/Remove Software* y se elige la paquetería NI-RIO más reciente para su instalación. En el momento de su configuración, al CompactRIO de este trabajo le fue instalada la versión NI-RIO 3.2.0 con soporte para motor de barrido correspondiente a la versión 9.0 de LabVIEW Real-Time, como se muestra en la figura 3.12.

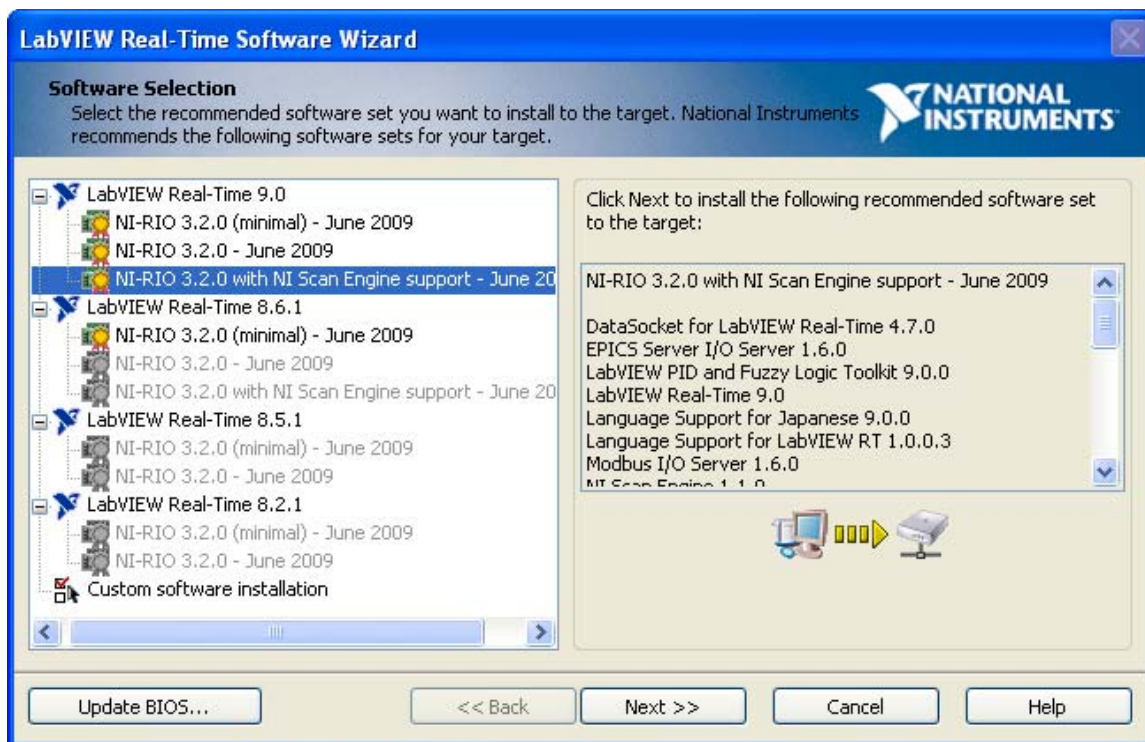


Figura 3.12 Selección del software para su instalación en el CompactRIO.

3.4 Prueba de funcionamiento

Antes de iniciar con la programación del sistema de medición y su instalación en el CompactRIO, se debe verificar que se haya instalado el software correctamente y que exista comunicación entre el controlador y la PC.

Para verificar que se encuentre instalado completamente el software en el CompactRIO, en el mismo MAX se expande el menú *Software* de la sección *Remote Systems* y se pueden observar los componentes instalados en el dispositivo, como se muestra en la Figura 3.13. De igual forma, si se expande el menú *Software* de la sección *My System*, se observa el software instalado en la PC.

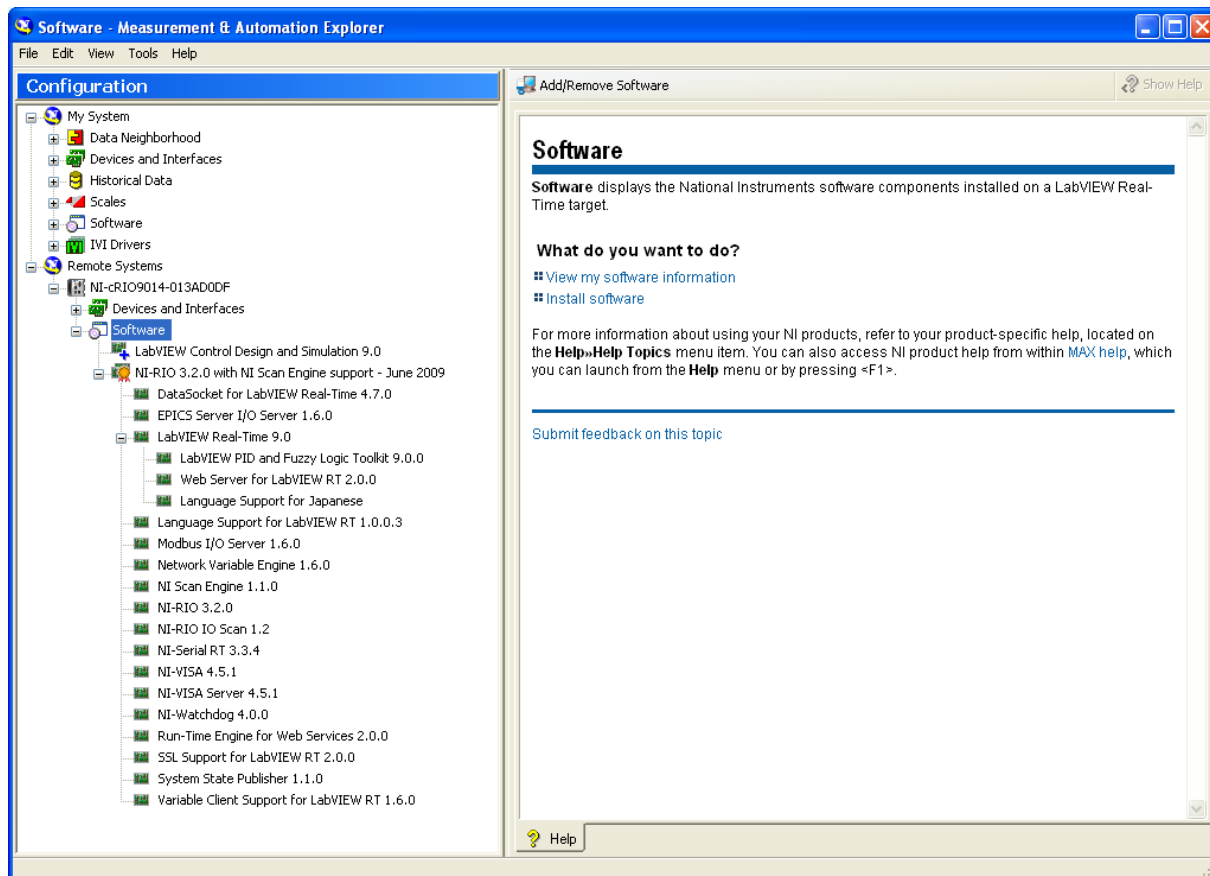


Figura 3.13 Verificación del software instalado en el CompactRIO.

Para verificar el funcionamiento del software instalado basta con reiniciar el CompactRIO. Al reiniciar, el controlador ejecuta una rutina de prueba inicial denominada POST en la cual el led Status se enciende por unos segundos. Al finalizar dicho POST, el led se apaga indicando que el software instalado funciona correctamente, de lo contrario se presenta alguno de los casos mencionados en la Tabla 3.1.

Para verificar que existe comunicación entre el CompactRIO y la PC, con la herramienta *Ejecutar...* del menú de inicio en la PC, se escribe la dirección IP del CompactRIO, *ftp://192.168.10.2*, y si puede accederse al directorio raíz del CompactRIO queda verificada la existencia de comunicación.

Una vez finalizada la instalación del software en el controlador y verificado lo anterior ya se encuentra todo listo para iniciar la programación.