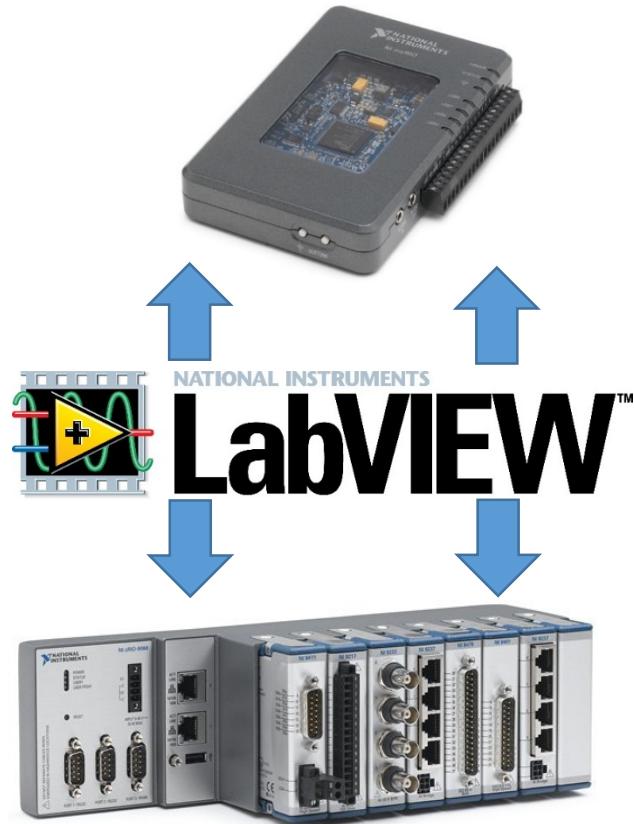


MANUAL DE
EJERCICIOS

Desarrollo de Sistemas con NI myRIO y CompactRIO

Versión 1.0 – Octubre de 2016



Contenido

.....	1
Introducción a LabVIEW	3
¿Qué es NI myRIO?.....	5
Requerimientos	6
Software.....	6
Hardware.....	6
Ejercicio 1: Conectando el NI myRIO.....	7
Parte A: myRIO USB Monitor	7
Parte B: Creando un proyecto de LabVIEW	9
Parte C: Creando un proyecto de LabVIEW	<u>12</u> Deleted: 1
Ejercicio 2: Crear un código de Tiempo Real para correrlo en un dispositivo NI myRIO	<u>20</u> Deleted: 1
Ejercicio 3: Control de Temperatura	<u>33</u> Deleted: 3
Ejercicio 4: Monitoreo de vibraciones.....	<u>43</u> Deleted: 3

Introducción a LabVIEW

Los estudiantes y los educadores necesitan tener cierta comprensión de LabVIEW antes de intentar tareas como la construcción de una aplicación en tiempo real o la personalización de una FPGA. Para ayudar a desarrollar este conocimiento, NI diseñó este taller práctico para aquellos que no tienen experiencia en LabVIEW. Sin embargo, no es un sustituto de la capacitación formal, no cubre todos los menús, botones o funciones en LabVIEW.

Las aplicaciones en LabVIEW imitan la apariencia de instrumentos reales (como multímetros, generadores de señal, osciloscopios, etc), por lo que son llamados instrumentos virtuales o VIs. Todas las aplicaciones de LabVIEW tienen un panel frontal, un panel de ícono / conector y un diagrama de bloques. El panel frontal sirve como la imitación de la interfaz de usuario en el mundo real del dispositivo que el VI está definiendo. Los programadores pueden representar los datos que el instrumento está analizando en múltiples formas.

El panel de ícono / conector es análogo a los terminales o enchufes en un instrumento en el mundo real que se conectan a otros dispositivos. Los VIs pueden llamar a otros VIs (conocidos como subVIs) que están todos conectados, y, a su vez, cada uno de esos subVIs puede contener más Vis, similar a llamar a las funciones en un lenguaje de programación basado en texto. Por último, el diagrama de bloques es donde el programador crea realmente el código. A diferencia de los lenguajes de programación basados en texto tales como C, Java, C++ y Visual Basic; LabVIEW utiliza íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones. Debido a esta diferencia clave, el control de ejecución está a cargo de un conjunto de reglas para el flujo de datos en lugar de secuencial. Los cables que conectan los nodos (elementos de codificación) y VIs en el diagrama de bloques determinan el orden de ejecución de código.

En resumen, los VIs de LabVIEW son gráficos, impulsados por el flujo de datos y la programación basada en eventos, y son multiobjetivos y multiplataforma. También tienen la flexibilidad orientada a objetos y características multithreading y de paralelismo. Los VIs se pueden implementar en tiempo real y en FPGA.



La ventana de inicio en LabVIEW

Utilizando del DVD de LabVIEW que viene con el dispositivo NI myRIO, siga las instrucciones para instalar LabVIEW y cualquier complemento que haya adquirido. Active los productos utilizando el Asistente para la activación del producto, y el software debe estar listo para su uso.

En Windows, usted puede abrir LabVIEW desde el menú de inicio, ya sea desde el atajo de LabVIEW o buscando "LabVIEW" en el cuadro de búsqueda.

Cuando el ejecutable de LabVIEW inicia y todos los complementos se hayan cargado, aparecerá la ventana de inicio de LabVIEW myRIO.

Desde la Ventana de Inicio, Ud. puede crear proyectos y VIs nuevos, así como abrir un trabajo existente o algún ejemplo que se encuentre dentro del NI Example Finder.

Ud. puede tener acceso a esta ventana cuando quiera seleccionando **VIEW»Getting Started Window** desde cualquier VI. Otras opciones adicionales se encuentran disponibles en la parte inferior de la ventana. Cada opción lo vinculará a información útil, tutoriales, ejercicios y soporte para usar su dispositivo NI myRIO. Utilice estos enlaces a menudo mientras aprende a navegar por el entorno de LabVIEW.

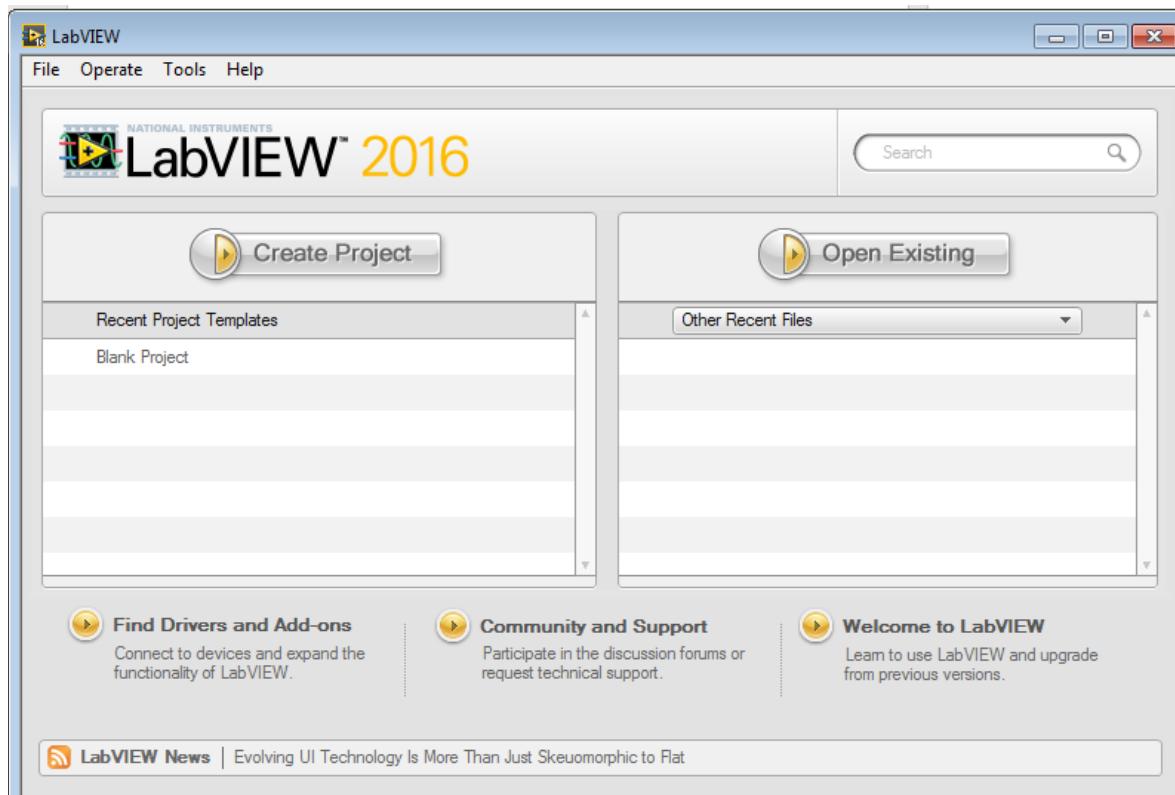


Figura 1. Ventana de Inicio de LabVIEW

Parte de la filosofía NI myRIO es cerrar la brecha entre el verdadero problema y su solución al crear el menor número de problemas intermedios como sea posible. Evite las confusiones como "El síndrome del VI blanco" (ser abrumado por el diagrama de bloques en blanco) mediante el uso de la ventana de introducción para encontrar ejemplos, crear proyectos a partir de plantillas y tomar ventaja de los foros en línea y soporte. Cuando se trata de sistemas y problemas sencillos, muchos usuarios e ingenieros de NI ya han creado material que hace exactamente lo que el sistema en cuestión requiere o algo muy similar. Reinventar la rueda puede ser doloroso, pero con el poder de LabVIEW y la red de ingenieros y científicos que crean código para soportar la plataforma, se puede evitar eso.

¿Qué es NI myRIO?

El diseño embebido del dispositivo NI myRIO fue creado para que los estudiantes realicen “ingeniería del mundo real” en un semestre. Contiene un procesador programable dual-core ARM Cortex-A9 de 667 MHz y un FPGA que los estudiantes pueden usar para empezar a desarrollar sistemas y resolver problemas de diseño complicado de manera más rápida — todo en una forma compacta. El dispositivo NI myRIO contiene el chip Zynq-7010, todo un sistema programable para liberar todo el poder de un sistema de LabVIEW, ya sea en una aplicación de tiempo real, como en el nivel de un FPGA. En lugar de usar grandes cantidades de sintaxis, depuración de código de tiempo o el desarrollo de interfaces de usuario, los estudiantes pueden utilizar el paradigma de la programación gráfica de LabVIEW para centrarse en la construcción de sus sistemas y la solución de sus problemas de diseño y sin la presión añadida de una herramienta pesada.



NI myRIO es una herramienta de enseñanza reconfigurable y reutilizable que ayuda a los estudiantes a aprender una gran variedad de conceptos de ingeniería, así como proyectos de diseño completos.

Utilizando herramientas de tiempo real, FPGA y capacidades integradas de Wi-Fi, junto con la memoria integrada; los estudiantes pueden desplegar aplicaciones de forma remota y ejecutarlos “headlessly” (sin conexión a un ordenador remoto). Tres conectores (dos puertos NI myRIO expansión [MXP] y un puerto de NI miniSystems [MSP] que es idéntico al conector NI myDAQ) envían y reciben señales desde los sensores y circuitos que los estudiantes necesitan en sus sistemas. Cuarenta líneas de E / S digitales, con el apoyo de SPI, PWM, entrada de codificador de cuadratura, UART e I2C; ocho entradas analógicas de una sola terminal; dos entradas analógicas diferenciales; cuatro salidas analógicas unipolares; y dos salidas analógicas con referencia a tierra permiten la conectividad a un sinnúmero de sensores y dispositivos y control de programación de sistemas. Toda esta funcionalidad está construida y pre configurada en la funcionalidad FPGA por defecto. En última instancia, estas características ayudan a los estudiantes hacer la ingeniería del mundo real en este momento, desde los vehículos de radio-control hasta la creación de dispositivos médicos independientes.

Amigable con estudiantes y completamente funcional desde el primer uso, el dispositivo NI myRIO es fácil de configurar, y los estudiantes pueden determinar fácilmente su estado de funcionamiento.

Una configuración para el FPGA se implementa en el dispositivo desde la fábrica, así que los principiantes pueden comenzar con una base funcional sin tener que programar una FPGA para realizar su trabajo. Sin embargo, el poder de E / S reconfigurable (RIO) se hace evidente cuando los estudiantes empezar a definir la personalidad FPGA y moldear el comportamiento del dispositivo a la aplicación. Con una escalabilidad del dispositivo, los estudiantes pueden usarlo desde cursos introductorios de sistemas embebidos hasta clases diseño de sistemas de control de último año.

Requerimientos

Software

- NI LabVIEW 2016 o versiones superiores.
- NI LabVIEW myRIO Toolkit 2016
- NI LabVIEW Real-Time 2016
- Xilinx Compilation Tools 14.4

Hardware

- Tarjeta NI myRIO
- Fuente de alimentación para NI myRIO
- Cable USB para NI myRIO
- Kit de inicio de NI myRIO (PCB proporcionada por el instructor)
- Sistema CompactRIO
- Cable de Poder
- Cable de Ethernet

Ejercicio 1: Conectando el NI myRIO

Parte A: myRIO USB Monitor

Asegúrese de encender el dispositivo NI myRIO utilizando el adaptador de corriente que viene con él. Conecte el extremo USB tipo B del cable USB en el dispositivo NI myRIO. Conecte el otro extremo del cable al puerto USB de su ordenador.

Sin iniciar LabVIEW o NI MAX, si el dispositivo está encendido, el sistema operativo debe reconocer el dispositivo NI myRIO e instalar y configurar los controladores correspondientes. Una vez completado esto, en el sistema operativo Windows se deberá iniciar automáticamente el monitor USB NI myRIO como se muestra a continuación.

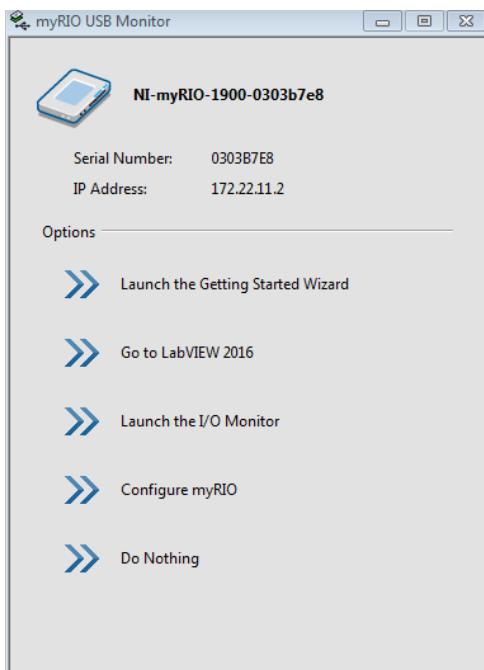


Figura 2. NI myRIO USB Monitor

Teniendo el número serial y la dirección IP, se tienen cinco opciones a elegir cuando se detecta un dispositivo myRIO

1. Abriendo el Wizard

Con el Wizard, Ud. puede rápidamente observar el estado del funcionamiento de la unidad NI. El wizard muestra los dispositivos myRIO conectados; se enlaza con el dispositivo seleccionado; verifica que el software este actualizado; sugerirá actualizaciones en caso de que este no esté

actualizado; ofrece la opción de renombrar el dispositivo; y muestra una ventana similar a un panel frontal que se puede utilizar para observar la funcionalidad del acelerómetro, para apagar y prender los leds que trae integrados y para hacer pruebas con el botón definido por el usuario.

La pantalla final del wizard presenta dos opciones:

Start my first project now

Seleccionando esta opción, se abre un tutorial similar al proyecto realizado en el ejercicio 2 de este seminario.

Go straight to LabVIEW

Seleccionando esta opción, se abre la ventana de inicio de LabVIEW.

2. Go to LabVIEW

Seleccionando esta opción, se abre la ventana de inicio de LabVIEW.

3. Launch the I/O Monitor

Muestra una ventana similar a un panel frontal que se puede utilizar para observar la funcionalidad del acelerómetro, para apagar y prender los leds que trae integrados y para hacer pruebas con el botón definido por el usuario.

4. Configure NI myRIO

Seleccionando esta opción se abre el navegador de configuración de myRIO.

5. Do Nothing

Si LabVIEW ya se encuentra abierto y un proyecto es configurado para myRIO, Ud. puede utilizar esta opción para cerrar el Monitor USB cuando una unidad es reseñada a la computadora de desarrollo.

Abriendo el Wizard

Desde el Monitor USB, seleccione **Launch the Getting Started Wizard**. Seleccione **Next** y el wizard se conectará a la unidad myRIO, buscará software en ella y nos dará la opción de renombrar el dispositivo. Si la unidad myRIO no tiene software instalado en ella, el wizard se encargará de instalar el software actualizado para su correcto funcionamiento. Después de esto se abrirá una ventana de diagnóstico. Con ella, usted podrá observar los valores que nos devuelve el acelerómetro en 3 ejes. Pruebe la funcionalidad de los botones y encienda o apague los cuatro leds integrados.

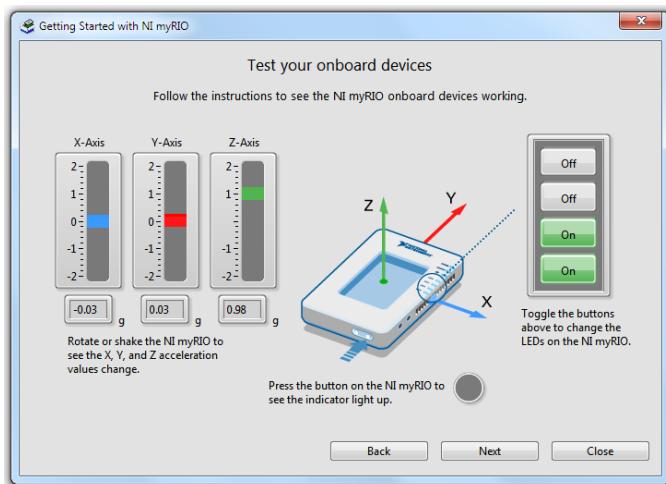


Figura 3. Ventana de Getting Started del NI myRIO

Ahora que ya se ha instalado y configurado el dispositivo myRIO, usted puede crear VIs de tiempo real y correrlos en el procesador con todo y los VIs de FPGA debido a la gran capacidad de procesamiento paralelo.

Parte B: Creando un proyecto de LabVIEW

Este ejercicio opcional es recomendado para nuevos usuarios de LabVIEW.

Objetivo:

- Crear un proyecto de LabVIEW.

Un proyecto de LabVIEW es requerido para desplegar código a dispositivos embebidos, tales como NI myRIO. Adicionalmente, usando proyectos de LabVIEW, aunque sea para aplicaciones sencillas, es una buena práctica de programación porque le ayuda a organizar la aplicación si ésta se convierte en algo más complejo a futuro.

El Explorador de proyectos de LabVIEW lo ayuda a gestionar todas las fuentes relacionadas con la aplicación. Estas fuentes pueden incluir múltiples VIs, interfaz de usuario, imágenes, documentos de texto, archivos de configuración e información de desarrollo. La estructura del proyecto permite un rápido control de archivos y dispositivos externos (targets).

El Explorador de proyectos de LabVIEW es similar a otros entornos de desarrollo integrados (IDEs). LabVIEW es una plataforma multilenguaje con soporte comprensivo para complementos y librerías. Usted puede escribir la mayoría de los VIs en la máquina de desarrollo y después dirigirlo fácilmente a un dispositivo NI embebido, como el NI myRIO, ya que estos objetivos ejecutan un sistema operativo que funciona con aplicaciones de LabVIEW y bibliotecas complementarias.

La jerarquía del Explorador de proyectos de LabVIEW para un proyecto individual no refleja la organización de los archivos de código fuente en el disco. Mover archivos en el proyecto no afecta la actual copia de disco de éstos, sólo la vista en el Explorador de proyectos de LabVIEW.



TIP: Un *target* es cualquier dispositivo que puede correr un VI.

Complete los siguientes pasos para crear un proyecto nuevo:

1. Si aún no está abierto, ejecute LabVIEW.
2. Seleccione el botón **Create Project** en la ventana de inicio de LabVIEW.
3. La ventana Create Project se abrirá y ofrecerá varias opciones. Usted puede explorar todas esas funciones utilizando el link de **More Information** asociando cualquier plantilla de proyecto de la cual Usted esté interesado.
4. Por ahora, seleccione la opción **Blank Project** como punto de inicio del proyecto.
5. Después seleccione el botón **Finish**. Esto crea un proyecto vacío y abre el Explorador de proyectos de LabVIEW.
6. Para guardar el nuevo proyecto:
 - a. Desde el explorador de proyectos de LabVIEW, seleccione **File»Save**.
 - b. Un cuadro de diálogo para guardar se abrirá y pedirá un directorio de destino y un nombre para el proyecto. Diríjase a **Desarrollo de Sistemas con NI myRIO y cRIO > Ejercicios\Ejercicio 1** en su escritorio. Nombre el **Ejercicio 0 Proyecto.lvproj**.

La ventana del Explorador de Proyectos de LabVIEW está mostrando un nuevo proyecto que está listo para ser poblado con recursos y código fuente. El Explorador de Proyectos de LabVIEW ofrece un menú estándar de opciones familiares (Archivo, Editar, Ver, etc.), junto con algunas opciones exclusivas para LabVIEW. El Explorador de Proyecto de LabVIEW en sí tiene dos paneles: artículos y archivos. La página de elementos muestra los elementos de un proyecto organizado en una jerarquía, y la página de los archivos muestra en donde los elementos del proyecto se almacenan en el disco duro.

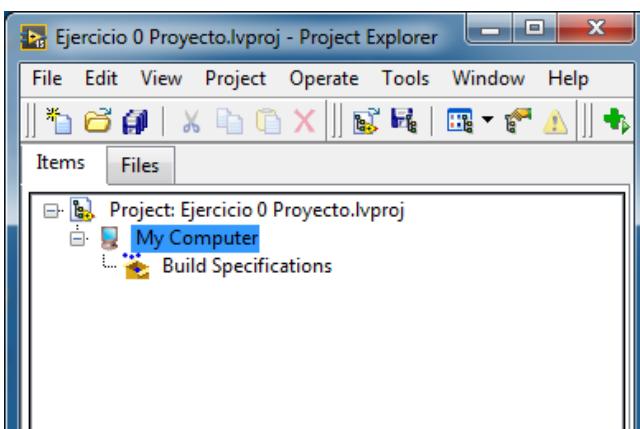


Figura 4. Explorador de proyectos de LabVIEW

En la ficha Elementos del Explorador de Proyectos, se puede ver la organización del proyecto. La raíz del proyecto, el primer elemento de la lista, muestra en qué proyecto se está trabajando.

Abajo de la raíz del proyecto, el siguiente nivel en el árbol contiene los “targets” a los cuales el proyecto está destinado. Un proyecto en blanco coloca por default a la computadora de desarrollo. Debajo de “My Computer”, se encuentran las especificaciones de construcción del proyecto. Las especificaciones de construcción incluyen las configuraciones de generación para la distribución de código fuente y otra se basa en herramientas de LabVIEW y módulos. Usted

utiliza éste a la hora de distribuir las aplicaciones a colegios / clientes o el despliegue de aplicaciones a sistemas embebidos.

El Explorador de Proyectos de LabVIEW se hace particularmente útil en el desarrollo de aplicaciones complejas. Sin embargo, a partir de proyectos, incluso para aplicaciones simples, es una buena práctica, ya que le ayuda a gestionar la aplicación, si se escala y se convierte en algo más complejo en el futuro.

Mantenga este proyecto abierto para que pueda utilizarlo en la siguiente sección.

Parte C: Creando un proyecto de LabVIEW

Este ejercicio opcional es recomendado para nuevos usuarios de LabVIEW

Objetivo:

- Crear una aplicación de LabVIEW desde cero.
- Familiarizarse con el ambiente de desarrollo de LabVIEW y sus conceptos fundamentales de programación gráfica.

Para entrar a la parte de programación en LabVIEW, usted deberá crear un VI nuevo. Para crear un VI que se ejecute en nuestra máquina de desarrollo haga clic derecho en “My Computer” y seleccione **New»VI** en el Explorador de Proyectos de LabVIEW.

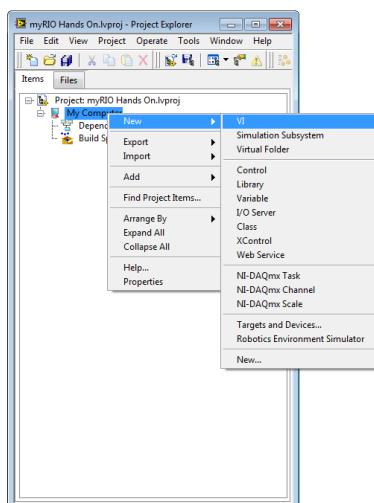


Figura 5. Creando un VI en blanco

Esto crea un VI en blanco dentro de **My Computer** en el proyecto. Este VI en blanco consiste en dos ventanas, el Panel Frontal y el Diagrama de Bloques.

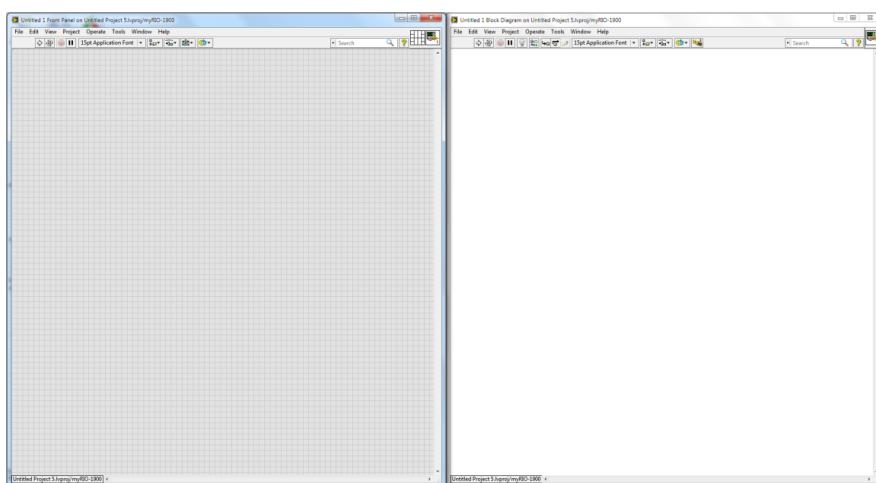


Figura 6. Panel Frontal y Diagrama de Bloques

Guarde el nuevo VI seleccionando **File»Save** ya sea desde el panel frontal o del diagrama de bloques. Cuando el cuadro de diálogo de guardar aparezca, asigne un nombre significativo al VI.

Ahora que ya ha guardado el VI, Usted puede crear un código de conversión de temperatura. Complete los siguientes pasos para diseñar el VI:

1. Usted quiere que su código se ejecute de forma continua, y, al igual que los lenguajes basados en texto, LabVIEW utiliza ciclos para ejecutar tareas de forma continua. Puede terminar ciclos con un botón en el panel frontal o mediante el uso de la lógica para determinar cuándo se ha completado una tarea.

Para este ejercicio, utilice un “While Loop” (Ciclo While) para monitorear continuamente la temperatura en Fahrenheit para después convertirla a Celsius. Use un botón en el panel frontal para detener el programa.

- a. Cambie al diagrama de bloques ya sea seleccionando su respectiva ventana o presionando <**Ctrl-E**> desde el panel frontal (Se puede utilizar este comando para cambiar rápidamente entre estas dos ventanas).



TIP: Aprender atajos de teclado acelera la navegación a través del entorno de LabVIEW. ¡A parte hacen verlo como un experto de LabVIEW!

- b. **Clic Derecho** en el diagrama de bloques para abrir la Paleta de Funciones. La paleta contiene todos los nodos y VIs que se usan para programar en LabVIEW. Usted puede personalizar la paleta, por default todos los complementos y VIs están disponibles. Diríjase a **Programming»Structures»While Loop** y seleccione While Loop.

Observe que el cursor cambia al ícono de **draw-loop**.

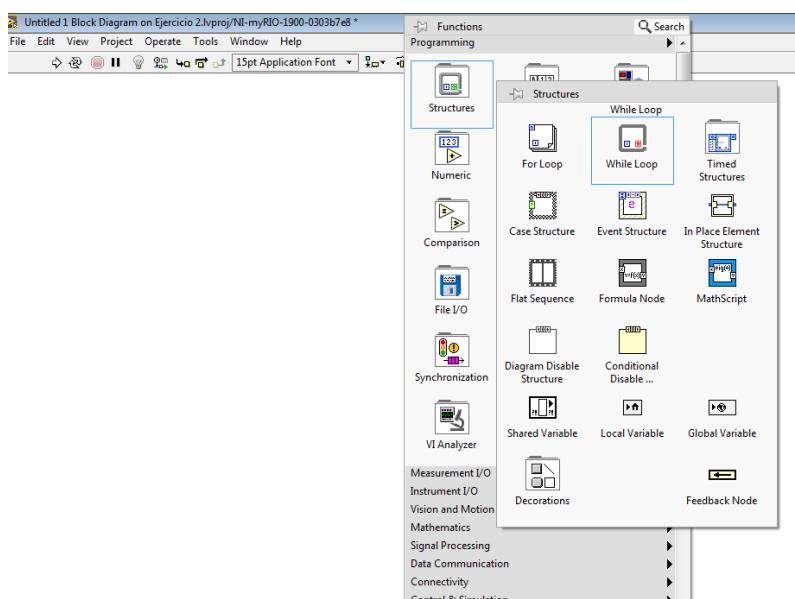


Figura 7. Seleccionando un While Loop

- c. Dibuje un **While Loop** en el Diagrama de Bloques. Clic izquierdo y arrastre el cursor para dibujar un recuadro y crear el “loop”. Usted puede redimensionar los ciclos colocando el cursor sobre el Loop y arrastrando uno de los ocho cuadrados azules para redimensionar.

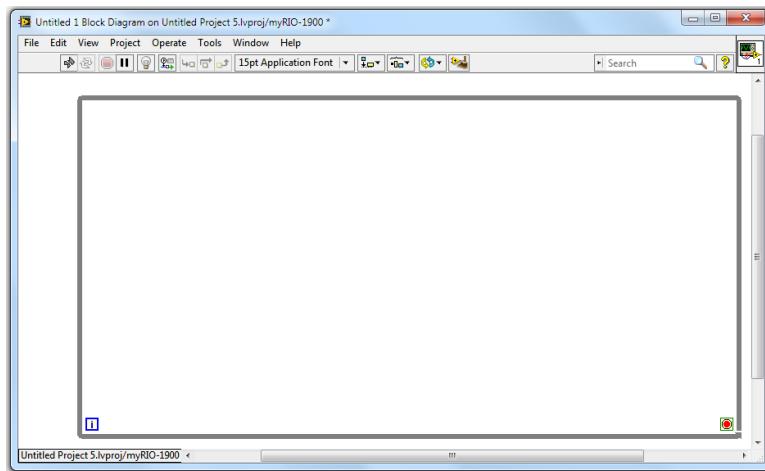


Figura 8. Diagrama de Bloques con un While Loop

- d. Regrese al panel frontal utilizando el atajo <Ctrl-E>. Ahora clic derecho para abrir la Paleta de Controles. Esta paleta contiene todos los elementos usados para crear la interfaz de usuario del VI. Diríjase a **Modern»Boolean»Stop Button**.

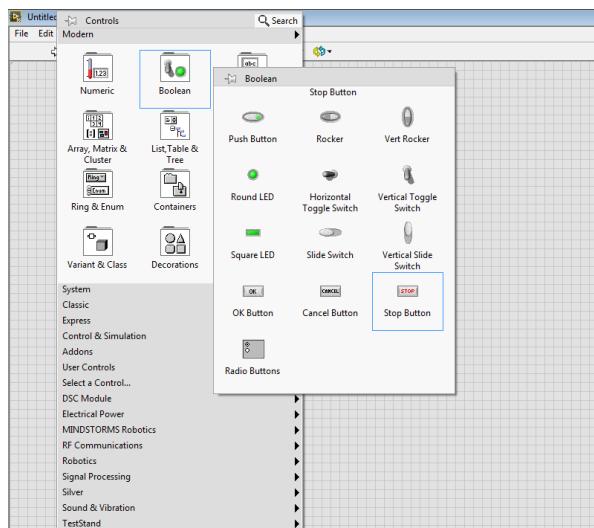


Figura 9. Seleccionando el botón “Stop” (Paro)

- e. Clic Izquierdo en el botón Stop en la Paleta, arrástrelo al panel frontal y clic izquierdo en un lugar apropiado.



TIP: Usted puede elegir entre estéticamente diferentes versiones (clásica y subpaletas plata) del botón de Paro (stop) en el sistema. Seleccione el botón que mejor se adapte a sus necesidades de interfaz de usuario. También puede utilizar LabVIEW para crear controles personalizados.

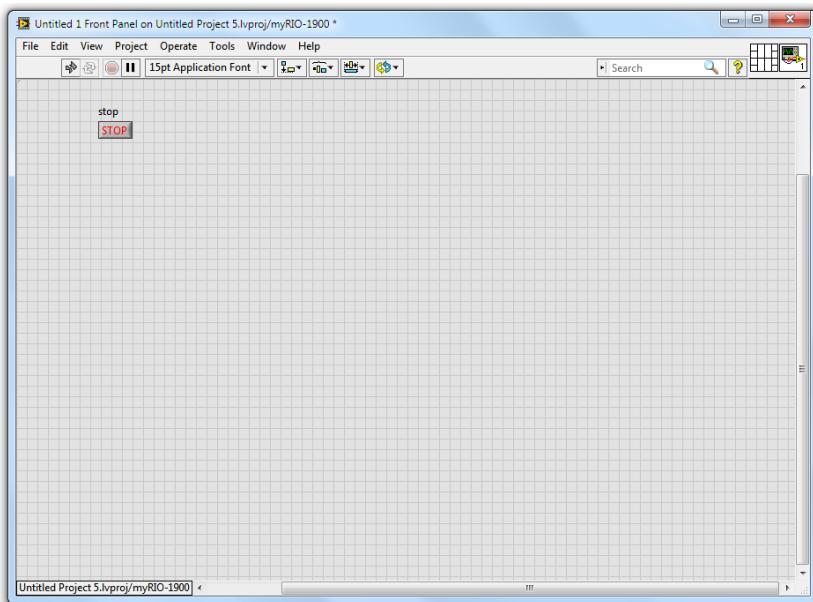


Figura 10. Panel frontal con el botón de Paro

- f. Diríjase al diagrama de bloques y localice la terminal del botón de paro que acaba de aparecer. Clic izquierdo y arrastre su respectiva terminal a la terminal “condicional” que se encuentra dentro del ciclo While, (Se localiza en la esquina inferior derecha del ciclo While) .
- g. Cablee el botón de paro a la terminal Condicional dando clic izquierdo en la terminal de “cableado” del botón de paro y después dando clic en la terminal de cableado del Condicional. Un cable verde deberá aparecer entre los dos íconos. El color verde nos dice que valores del tipo Booleanos pueden pasar a través del cable. (Otros tipos de datos tienen cables de colores diferentes)

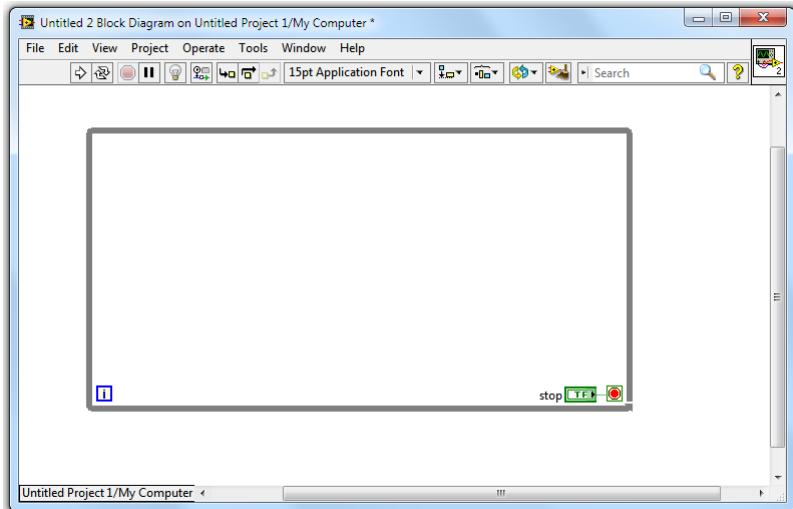
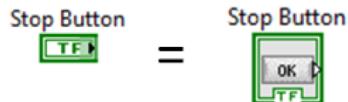


Figura 11. Ciclo While con la condición de Paro cableada



TIP: Terminales, que son las representaciones de diagrama de bloques de objetos del panel frontal, se pueden mostrar en dos estilos diferentes. Uno de ellos es más pequeño y más compacto. El otro es más grande pero más descriptivo.



Puede cambiar entre estos dos estilos haciendo clic derecho en el terminal y seleccionando **View As Icon**.

2. Cree ahora el control de Fahrenheit y el indicador de Celsius en el panel frontal.
 - a. Cámbiese al panel frontal y de clic derecho para abrir la paleta de controles. Diríjase a **Modern»Numeric»Numeric Control**.
 - b. Coloque el control en el panel frontal haciendo clic izquierdo en la paleta, después mueva el cursor sobre el panel frontal y nuevamente haga clic izquierdo para poder colocarlo.
 - c. Dese cuenta de que el control está etiquetado como "Numeric Control." Éste no es una etiqueta muy descriptiva para dicho control. Renombre el control dando doble clic en la etiqueta y escriba "Fahrenheit".
 - d. Abra la paleta de control (Clic derecho) y diríjase a **Modern»Numeric»Thermometer**. Coloque el termómetro en el panel frontal.
 - e. De la misma manera que se renombró el control "Fahrenheit", renombre el indicador del termómetro dando doble clic en la etiqueta. Escriba "Celsius".
 - f. Ahora añada un Led Virtual al panel frontal, este se iluminará cuando la temperatura caiga bajo cero. Coloque el Led en el panel frontal dirigiéndose a **Modern»Boolean»Round LED**.
 - g. Coloque el Led en el panel frontal.
 - h. Renombre el Led "Below Freezing?" (¿Bajo cero?)

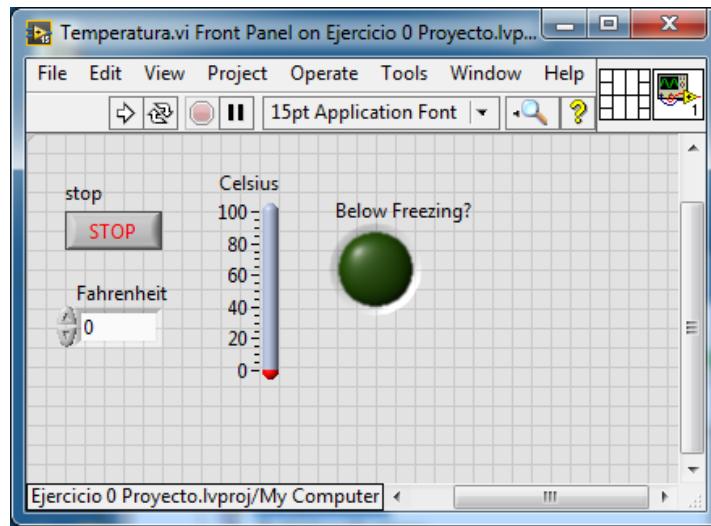


Figura 12. Panel frontal con controles e indicadores

3. Con los debidos controles e indicadores del panel frontal, se deben aplicar las matemáticas y la lógica para convertir grados Fahrenheit a Celsius en el diagrama de bloques.
- a. Cámbiese de nuevo al diagrama de bloques y observe los íconos nuevos de Fahrenheit, Celsius y Below Freezing. Mueva el ícono de Fahrenheit dentro del ciclo While en la parte izquierda, del lado derecho coloque Celsius y Below Freezing. Deje espacio suficiente para el código.



Figura 13. Diagrama de bloques con terminales de Control sin cablear

- b. Coloque un nodo de “resta” en el diagrama de bloques dando clic derecho para abrir la paleta de funciones, después diríjase a **Programming»Numeric»Subtract**. Coloque el nodo justo a la derecha del ícono de Fahrenheit.
- c. Cableé la terminal de salida del ícono de Fahrenheit al nodo de Resta, a la terminal superior.
- d. **Clic Derecho** en la terminal inferior del nodo resta y seleccione **Create»Constant**.
- e. Introduzca un valor de “32” en la constante.
- f. Coloque un nodo de “Multiplicación” en el diagrama de bloques, dando clic derecho para abrir la paleta de funciones, después diríjase a **Programming»Numeric»Multiply**. Coloque el nodo a la derecha del nodo Resta.
- g. Cableé la terminal de salida del nodo Resta a la terminal superior del nodo Multiplicación.

- h. Coloque un nodo “División” en diagrama de bloques dando clic derecho y dirigiéndose a **Programming»Numeric»Divide**. Coloque el nodo División por abajo del nodo Resta.
 - i. **Clic Derecho** en la terminal superior del nodo división y seleccione **Create»Constant**. Asigne un valor de “5” a esta constante.
 - j. **Clic Derecho** en la terminal inferior del nodo división y seleccione **Create»Constant**. Asigne un valor de “9” a esta constante.
 - k. **Cableé** la terminal de salida del nodo división a la terminal inferior del nodo Multiplicación.
 - l. **Cableé** la terminal de salida del nodo Multiplicación a la terminal de entrada del Indicador de Celsius.
 - m. Coloque un nodo “less than 0” (menor que cero) en el diagrama de bloques dando clic derecho y dirigiéndose a **Programming»Comparison»Less Than Zero?** Coloque el nodo en alguna parte a la derecha del nodo multiplicación.
 - n. **Cableé** la salida del nodo Multiplicación al nodo de “less-than-zero?” (menor que cero)
 - o. **Cableé** la salida del nodo less-than-zero? A la entrada del indicador de Below Freezing.
4. Ahora que ya ha escrito todo el código, ejecute el VI. Verifique que el VI haya sido cableado correctamente comparándolo con el VI completo que se encuentra en la página siguiente.
 - a. Diríjase al panel frontal utilizando <**Ctrl-E**>. Asegúrese de que pueda ver todos los controles e indicadores en la pantalla.
 - b. Localice la flecha de ejecución en la barra de herramientas y de clic en ella para ejecutar el programa. 
 - c. Por omisión, el termómetro muestra solo valores de 0 a 100 (Usted puede cambiarlos dando doble clic en la escala y asignando valores diferentes). Para este ejercicio introduzca valores en el control de Fahrenheit para ver como el indicador de Celsius se va actualizando con el valor correcto de la temperatura (en un intervalo de 0 a 100).
 - d. Mientras el código está corriendo, pruebe “execution highlighting” en el diagrama de bloques dando clic en el botón: . Dese cuenta como la ejecución de su código se alenta y LabVIEW anima el flujo de datos en su diagrama de bloques. Usted puede utilizar esta herramienta de depuración para visualizar el movimiento de los datos y el orden en que se ejecutan sus funciones.
 - e. Cuando termine de usar el VI, puede detenerlo presionando el botón de paro en el Panel Frontal.
5. Guarde y cierre el VI y el proyecto.

Al final de este ejercicio, usted debe sentirse bastante cómodo con el enfoque de programación gráfica. El modelo de LabVIEW hace que sea fácil de crear aplicaciones para varios dispositivos compatibles. En los próximos ejercicios del taller, utilice el mismo entorno para crear programas para el dispositivo NI myRIO. Trabaje con las mismas estructuras, controles, indicadores y funcionalidad que usted hizo aquí para este ejercicio.

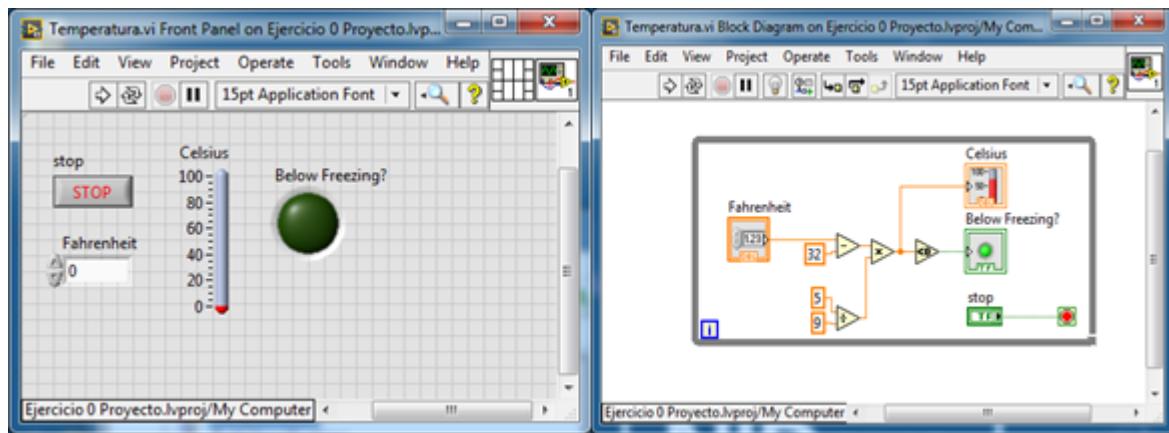


Figura 14. Panel Frontal y Diagrama de Bloques del Ejercicio 0

Fin del Ejercicio 1

Ejercicio 2: Crear un código de Tiempo Real para correrlo en un dispositivo NI myRIO

Objetivo:

Completar un VI para habilitar control manual de un display de siete segmentos con selector del valor de referencia que habilita una salida digital

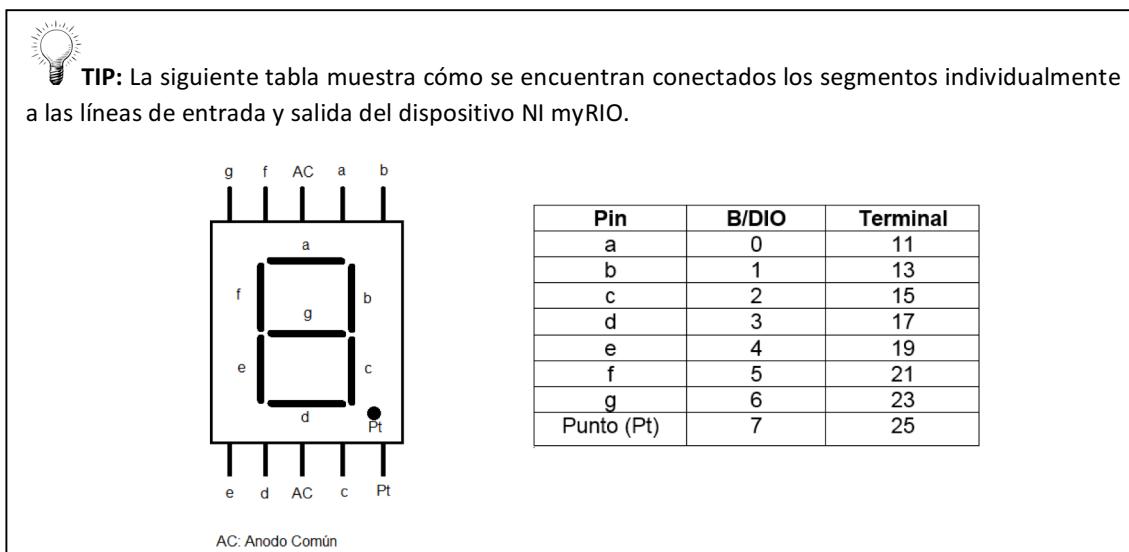
1. Conecte la tarjeta PCB a la entrada B del conector MXP como se muestra



Figura 15. PCB Conectada a la NI myRIO

2. Regrese a la ventana de inicio de LabVIEW cerrando todas las aplicaciones de LabVIEW que aun estén abiertas. Ahora seleccione **File»Open Project**, diríjase a **Desarrollo de Sistemas con NI myRIO y cRIO > > Ejercicios\Ejercicio 2** en su escritorio y abra **Ejercicio 2.lvproj**.
3. Expanda las jerarquías en el Proyecto de Ejercicio 2.lvproj. Este proyecto ya contiene nombradas cada una de las Entradas/Salidas que usted usará en este ejercicio. Para mostrar los componentes del proyecto, expanda las jerarquías del árbol de proyecto haciendo clic en las casillas “+”. En este ejercicio se utilizan las siguientes características de la NI myRIO:
 - 7 salidas digitales del puerto B para activar los segmentos del display (8 si se quiere incluir el punto)
 - 1 entrada analógica del puerto A asociada al voltaje presente en el potenciómetro

- 1 salida digital adicional representada en el **LEDO** ubicado en la parte frontal de la myRIO



4. De clic derecho en la NI myRIO del proyecto y en el menú seleccione la opción.

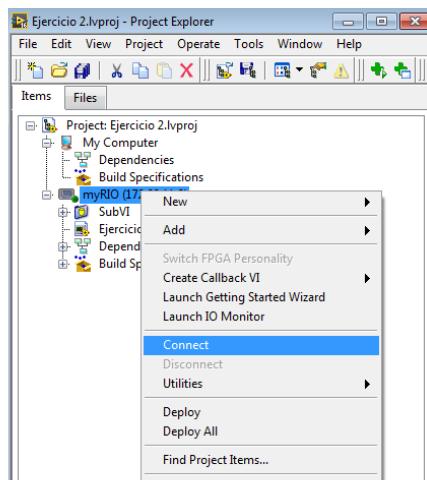
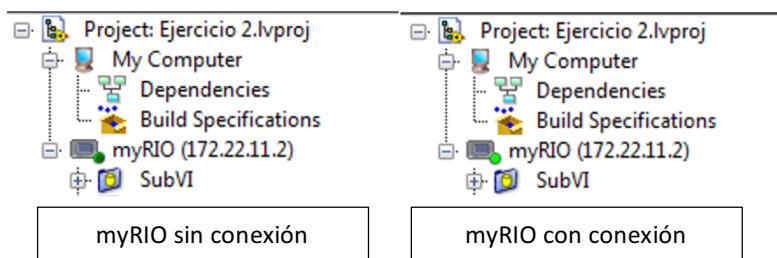


Figura 16. Conectando con el Hardware

TIP: Observe que cuando se establece la conexión con la myRIO, el punto ubicado en el ícono cambia a color verde.



5. Abra el **Ejercicio 2.vi** haciendo doble clic en el archivo ubicado en la parte superior de la ventana del explorador de Proyecto de LabVIEW (LabVIEW Project Explorer) como se muestra en la siguiente figura:

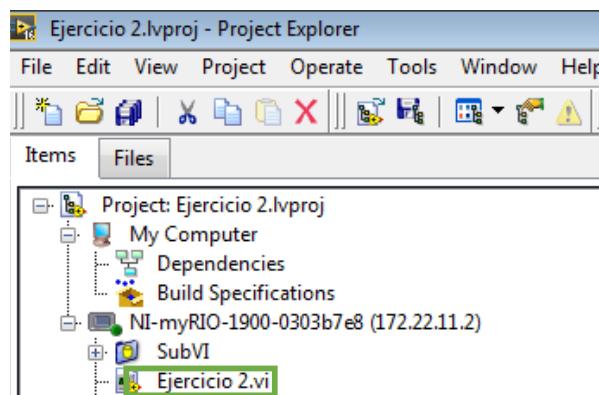


Figura 17. Ubicación del Ejercicio 2.vi

6. Presione <Ctrl-E> o de clic en **Window » Show Block Diagram** para alternar entre el diagrama de bloques y el panel frontal como se muestra en la Figura 18. Note que ya se encuentra construida una interfaz gráfica para usted.

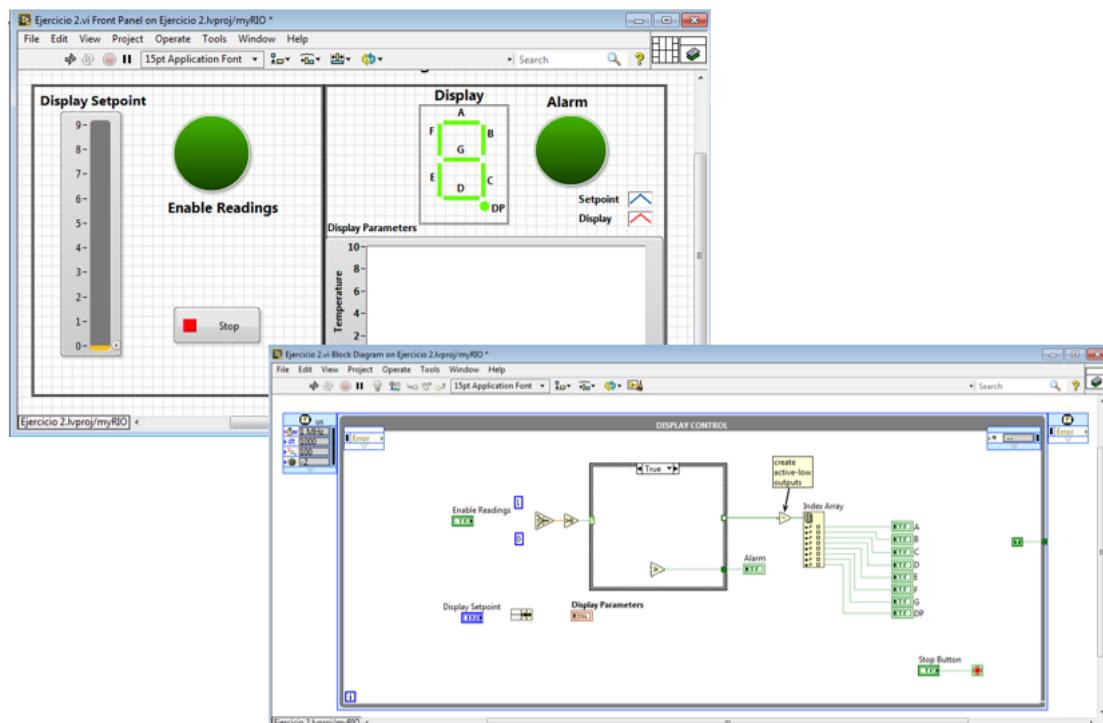


Figura 18. Panel frontal y Diagrama de bloques del ejercicio

7. Diríjase al diagrama de bloques. Ahora agregaremos un Express VI que representará la entrada analógica de voltaje presente en el potenciómetro de la tarjeta PCB. Para esto, de clic derecho en cualquier parte del diagrama de bloques y navegue en **myRIO > Analog In**, a continuación de clic izquierdo para seleccionar el Express VI. Ahora usted puede ubicar en el lugar deseado para el Express VI haciendo nuevamente clic izquierdo.

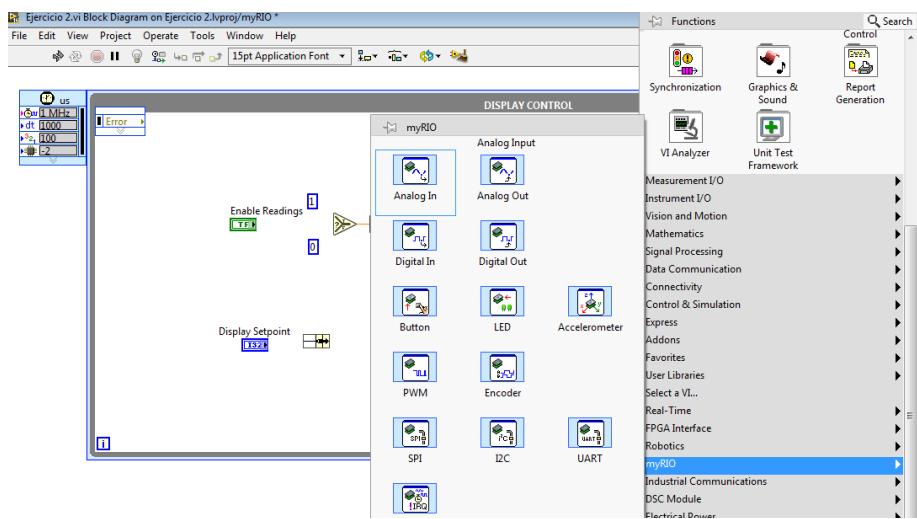


Figura 19. Seleccionando el Express VI para la entrada analógica

8. Note que cuando ubica el Express VI en el diagrama de bloques se despliega una ventana de configuración. En el menú **Channel** seleccione la opción **B/AI1 (Pin 5)** que es el pin que físicamente esta ruteado en la tarjeta PCB para el potenciómetro, para terminar de clic en el botón **OK**

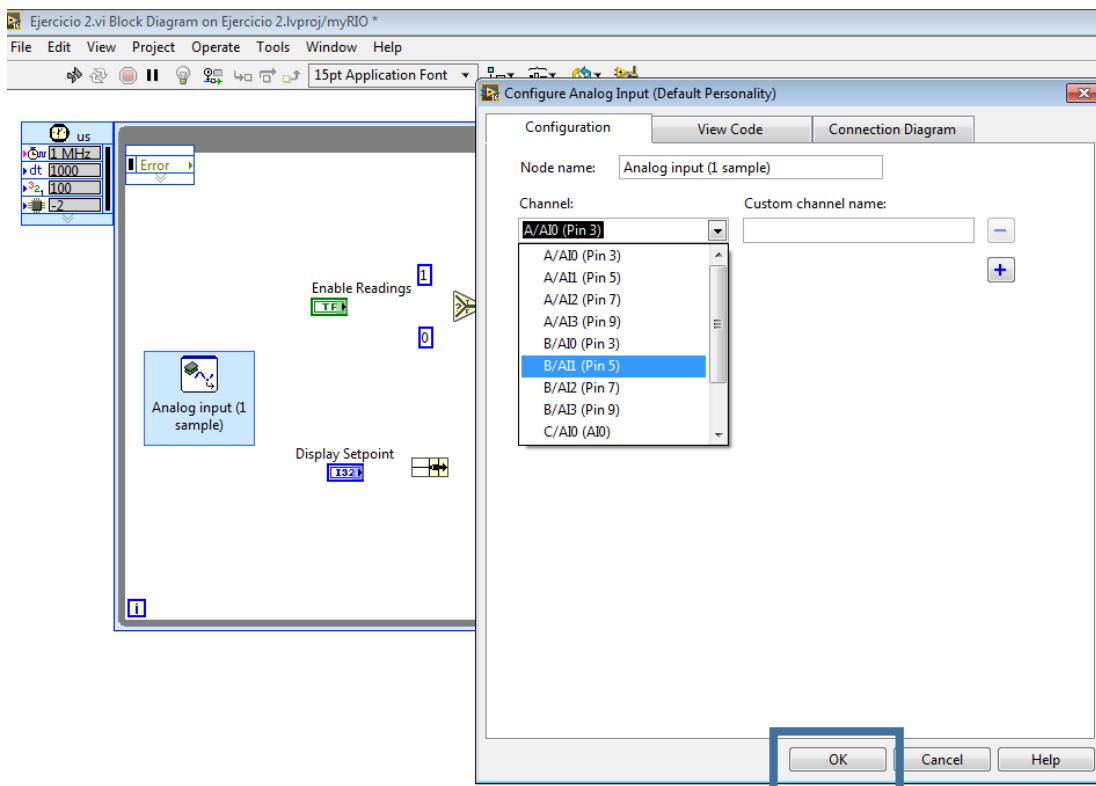


Figura 20. Configurando la entrada analógica del potenciómetro

9. Desde la ventana del Explorador de Proyecto, arrastre y coloque el SubVI **AI to LED Converter.vi**. Este SubVI convierte las lecturas analogicas en un arreglo booleano y en valores de 0 a 9.

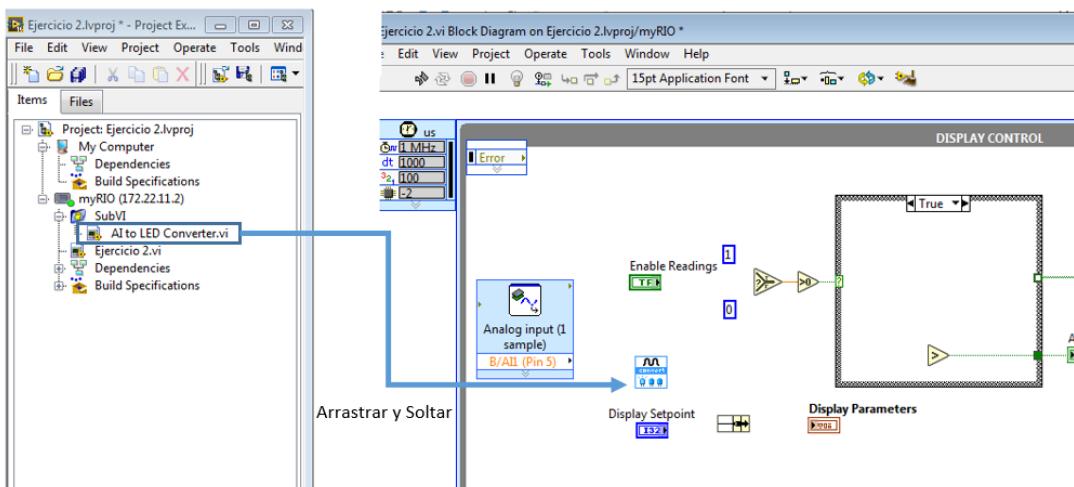


Figura 21. Arrastrando el SubVI al diagrama de bloques

10. Cablee la salida del Express VI con la entrada **Analog Reading (In)**

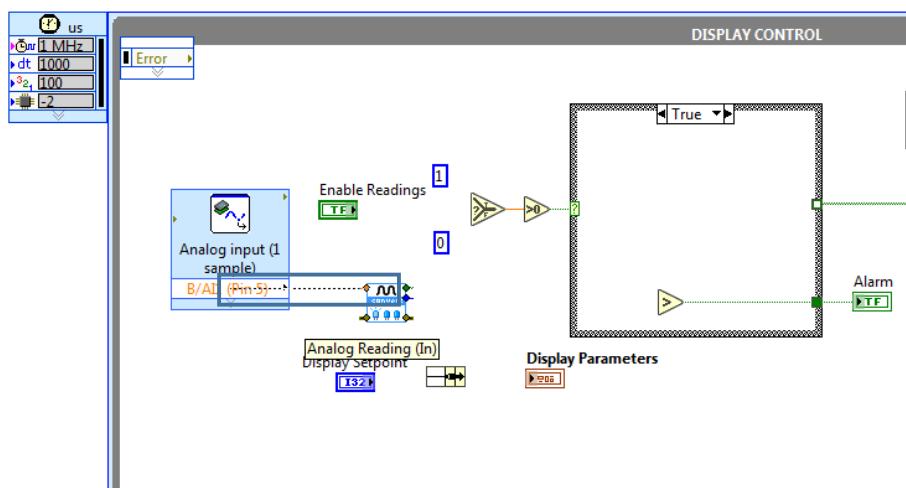


Figura 22. Cableando la entrada analógica

11. Cablee la salida **LED Values (out)** del SubVI a través del **Case Structure** hasta el túnel como se muestra en la siguiente figura.

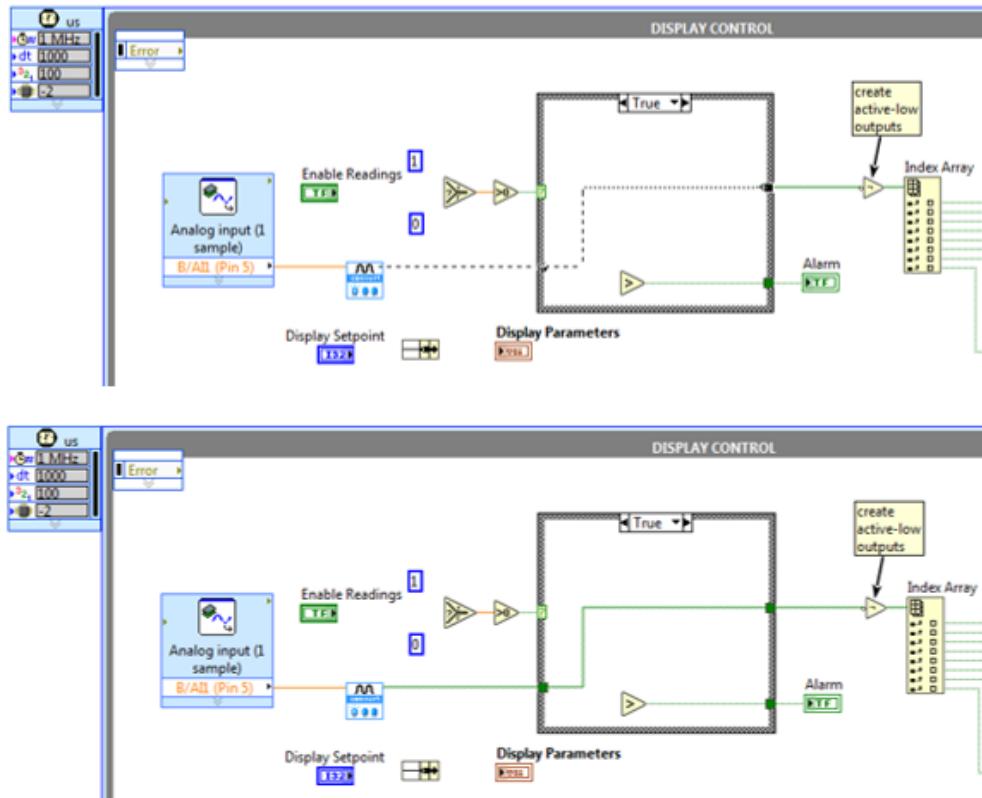


Figura 23. Cableando la terminal LED Values (out)

12. Cablee la constante **1** a la entrada verdadera (**t**) de la función **Select**. Cablee la constante **0** a la entrada falsa (**f**) de la función **Select**. Finalmente, cablee el botón booleano **Enable Readings** a la terminal de selección (**s**).

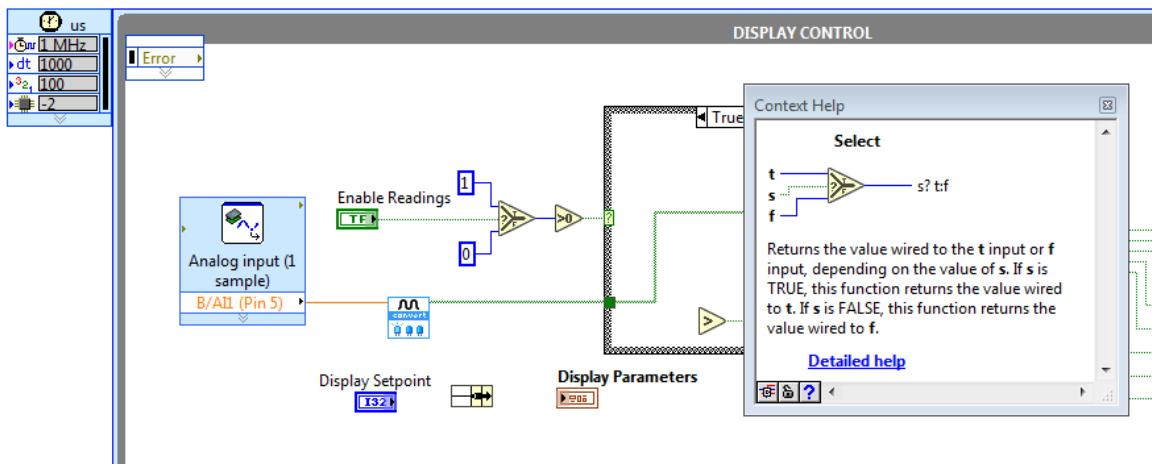


Figura 24. Cableando la función de selección

13. Conecte la salida **Number (0-9)** a la terminal **x** de la función **Greater?**. Conecte la salida del control **Display Setpoint** a la terminal **y** de la función **Greater?**.

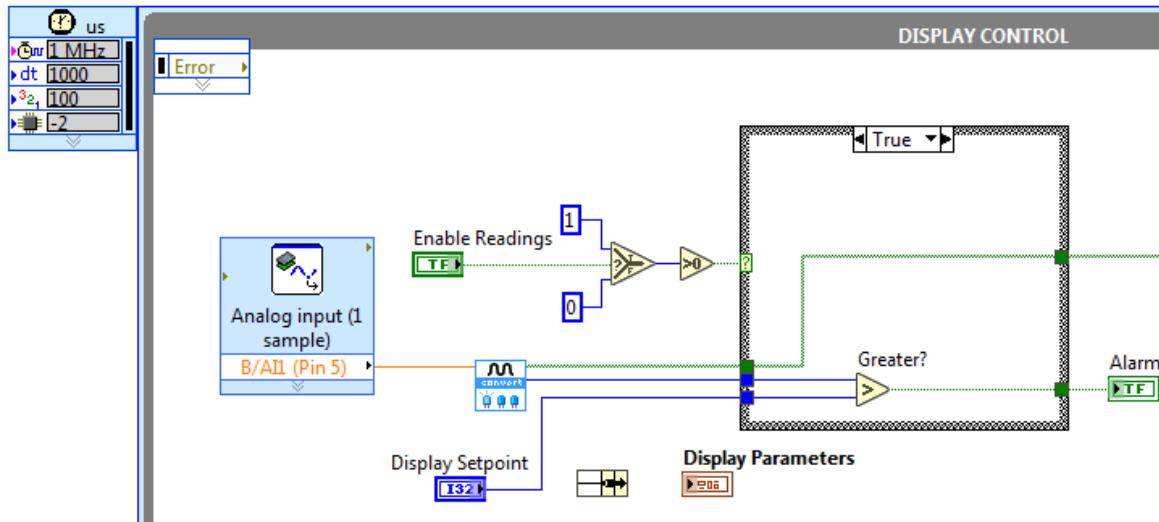


Figura 25. Conectando la función Greater?

14. Conecte nuevamente la salida **Number (0-9)** a la primer terminal de la función **Bundle**. Conecte la salida **Display Setpoint** a la segunda termina de la función **Bundle**. Para terminar conecte la salida de la función **Bundle** al indicador gráfico **Display Parameters**.

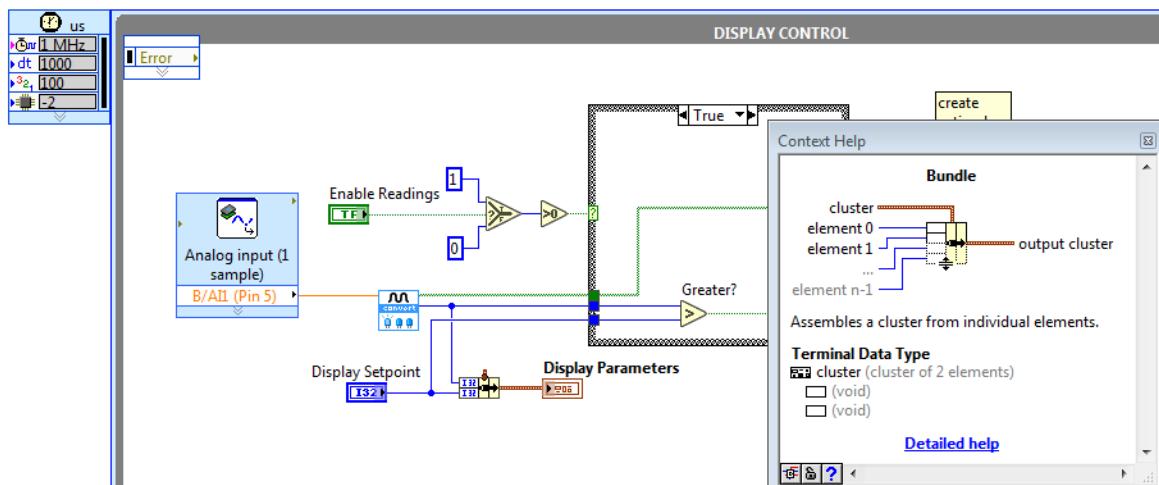


Figura 26. Conectando el indicador gráfico

15. Con la función **Index Array** tiene acceso a los elementos individuales de arreglo booleano invertido, usted debe enviar los valores a las líneas digitales del dispositivo NI myRIO. Estas líneas digitales están conectadas físicamente al display de siete segmentos.

- De **Clic derecho** y diríjase a **myRIO»Digital Out**. Coloque una función **Digital Output** a la derecha de la función **Index Array**. Esto abrirá la ventana de configuración.
- Por omisión solo un canal digital es mostrado: A/DIO0 (pin 11). Estamos hablando de una entrada/salida digital (**Digital IO Line**) en la conexión A de MXP.

- c. Utilizando el menú desplegable de **Channel** (para seleccionar las líneas digitales), cambie el canal a **B/DIO0 (Pin 11)**.
- d. Ya que se ha seleccionado la primera línea digital, añada siete canales nuevos dando clic en el botón **Add Channel** siete veces más. LabVIEW automáticamente incrementa el número de líneas digitales. La ventana de configuración debe verse como la siguiente imagen.

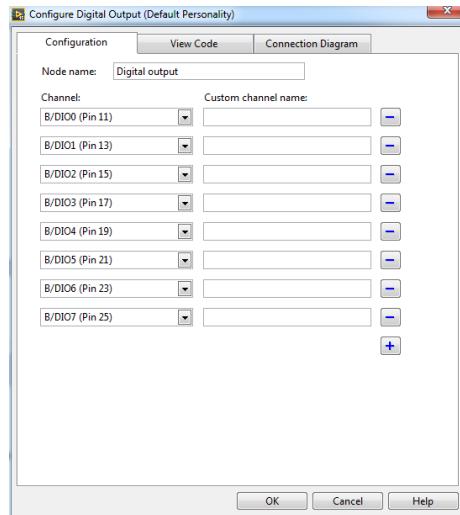


Figura 28. Configure Digital Output

- e. El VI Express automáticamente genera código de bajo nivel requerido para realizar esta tarea. Si Usted desea ver como se ve el código, presione el botón de "VIEW CODE" (ver código).

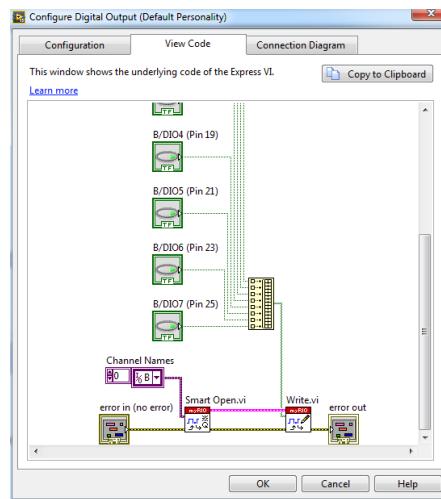


Figura 29. Configure Digital Output. View Code

- f. Si está de acuerdo con la configuración de un clic en **OK**.

16. Volviendo al diagrama de bloques, Usted deberá de conectar los valores Booleanos del Index Array a la entrada booleana del "Digital Output".

- Cableé el primer elemento de la función **Index Array** a **B/DIO0 (Pin 11)**.
- Cableé el segundo elemento de la función **Index Array** a **B/DIO1 (Pin 13)**.
- Continúe de la misma manera hasta que los elementos de Index Array estén conectados a su respectiva salida en Digital Output.

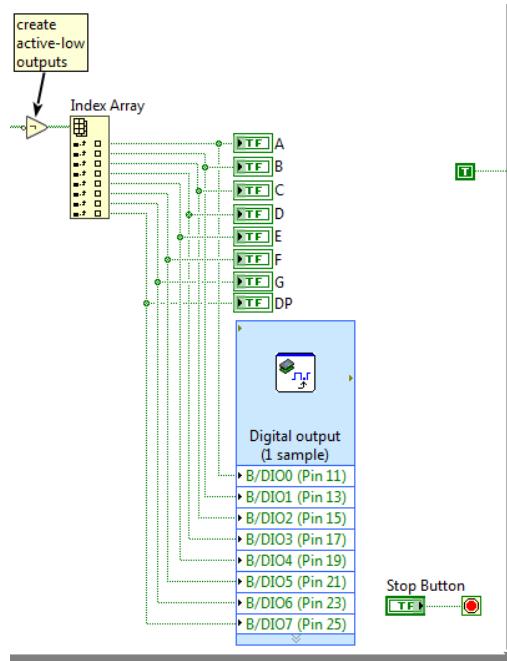


Figura 30. Conectando las salidas digitales

- De clic derecho en el diagrama de bloques y navegue a **myRIO >> LED**. Se abrirá una ventana de configuración en la que debe elegir uno de los LEDs que quiere que se enciendan en su myRIO representando una alarma. Para este caso seleccione el LED0.

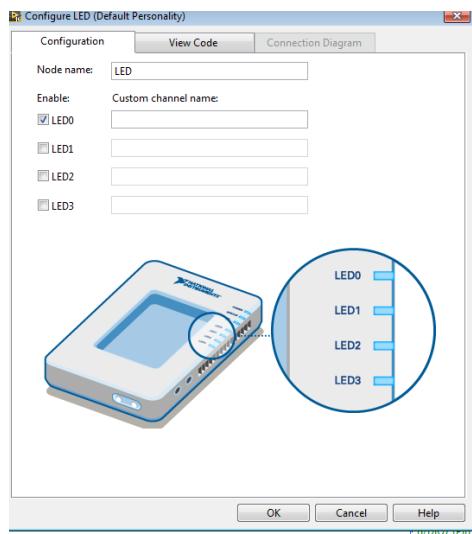


Figura 31. Seleccionando el LED0

18. Cablee la salida booleana **Alarm** a la entrada del Express VI **LED**.

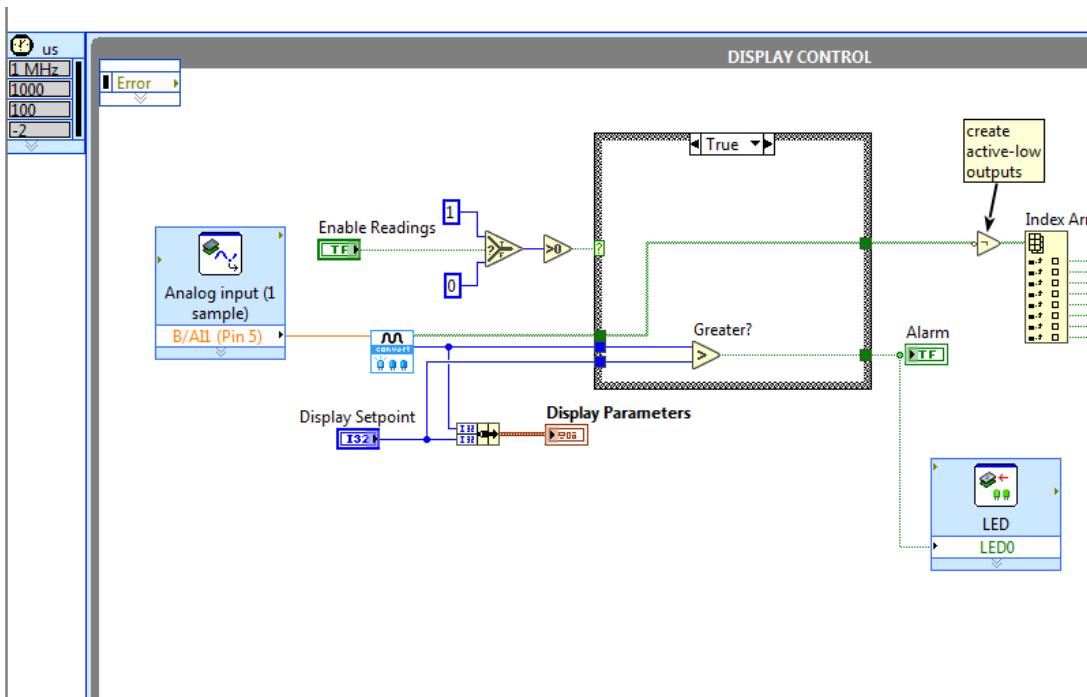


Figura 32. Agregando el Express VI LED

19. Agregue un Express Digital Output como lo hizo en el paso 15 y cabléelo como se muestra en la siguiente figura:

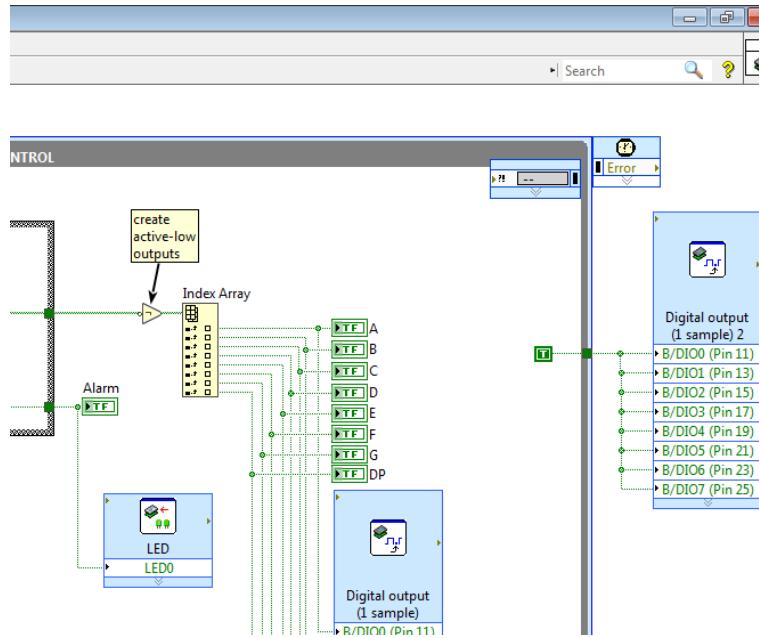


Figura 33. Cableando el Express VI Digital Output

20. Finalmente, su diagrama de bloques debe verse de la siguiente manera:

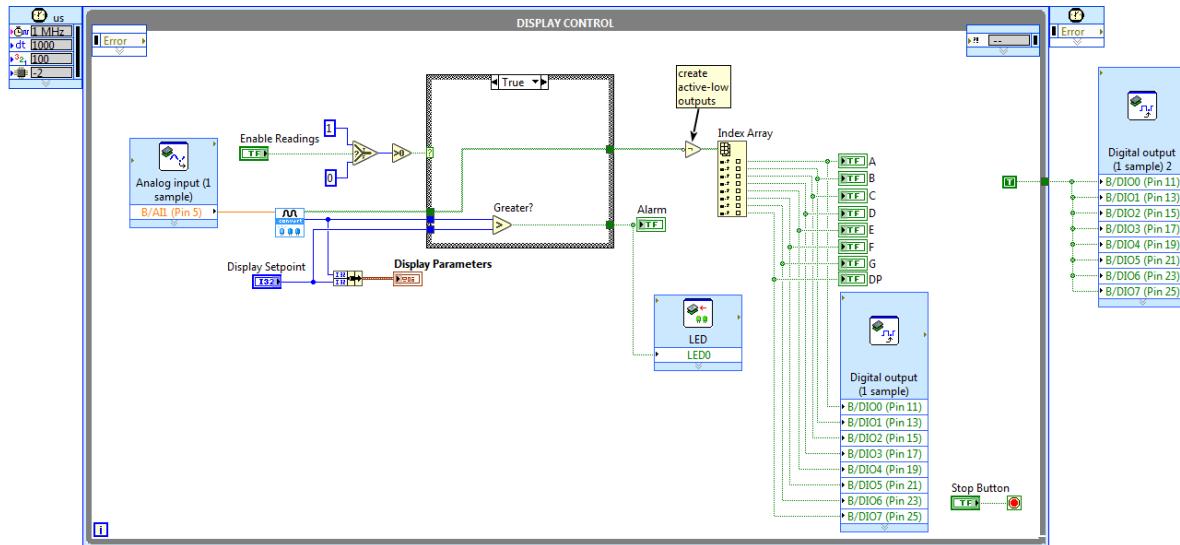


Figura 34. Diagrama de bloques terminado

21. Diríjase al panel frontal y corra su programa.

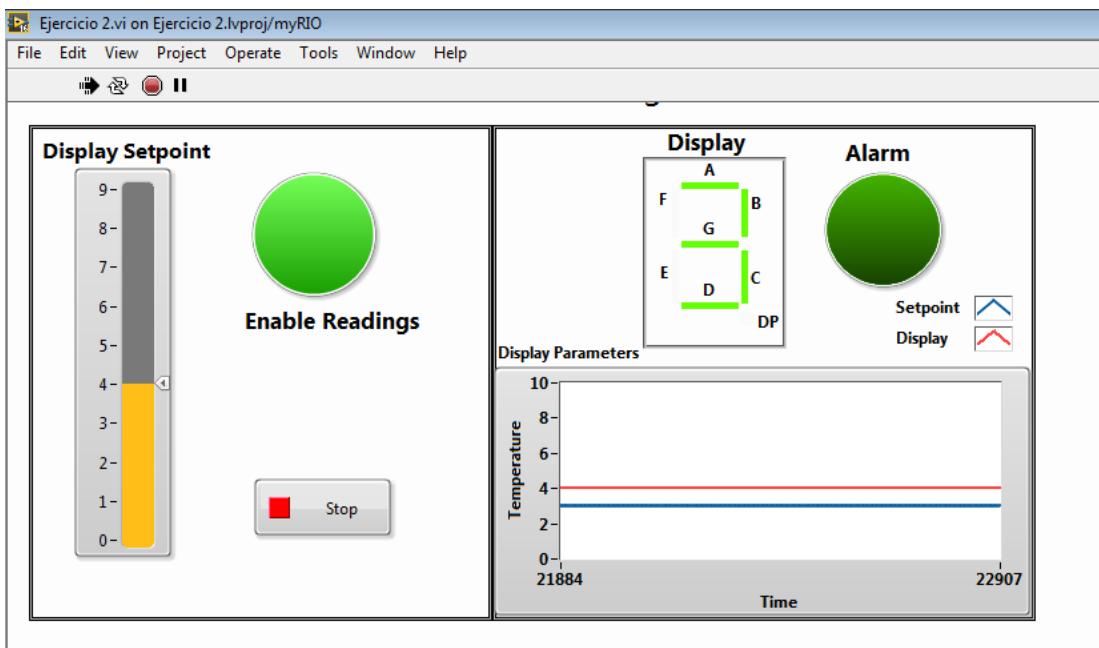


Figura 35. Programa en ejecución

22. Interactúe con el potenciómetro y observe los resultados en el panel frontal y en el display de siete segmentos

Fin del Ejercicio 2

Ejercicio 3: Control de Temperatura

Objetivo:

Utilizar el software de desarrollo de sistemas LabVIEW y el controlador CompactRIO configurado en Scan Mode para interactuar con sensores y actuadores situados en la cámara de temperatura del kit de demostración CompactRIO.

En este ejercicio, usará LabVIEW y CompactRIO, configurado en “Scan Mode” para implementar un algoritmo de control PID de lazo cerrado con salida condicional para controlar la temperatura dentro de la cámara de temperatura.

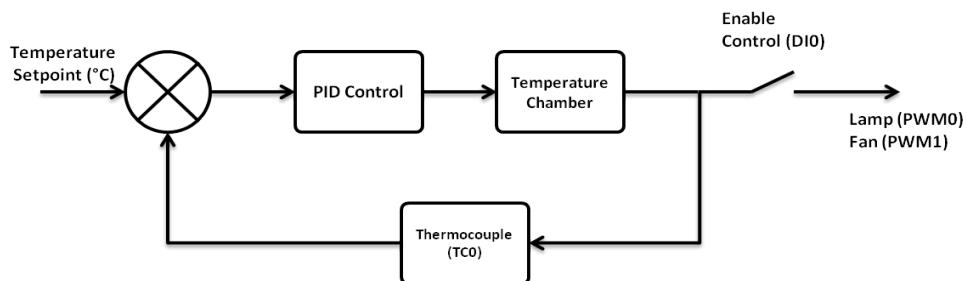


Figura 36. Control de temperatura

1. Abra el proyecto Control de Temperatura.lvproj.

Inicie LabVIEW y abra el proyecto existente Temperature Control.lvproj.

En este ejercicio, utilizará un proyecto de LabVIEW existente como punto de partida de la aplicación.

- Inicie LabVIEW

Inicie LabVIEW navegando a Start » All Programs » National Instruments » LabVIEW 2016 » LabVIEW.

- Abrir un proyecto existente de LabVIEW

De clic en botón Open Existing al lado derecho de la pantalla principal de LabVIEW y abra el archivo Proyecto de LabVIEW llamado Temperature Control.lvproj que se encuentra en:

Taller CompactRIO\Exercises\Exercise1\Temperature Control.lvproj

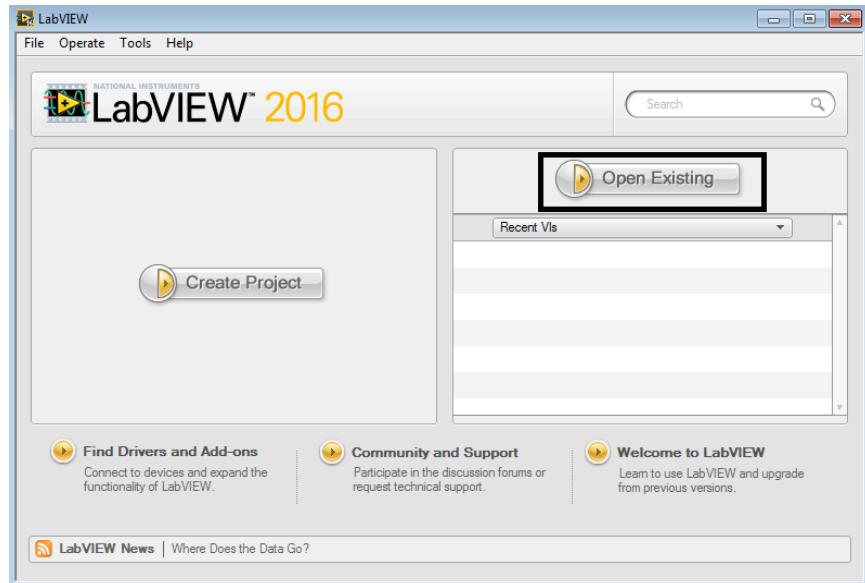


Figura 37. Pantalla de inicio de LabVIEW

2. Explore el proyecto y revele sus componentes.

- Expanda cada jerarquía en el proyecto para mostrar los módulos de medición y los canales de E/S que usted va a utilizar durante el ejercicio.

Expandir las jerarquías en el Proyecto de LabVIEW Temperature Control.lvproj

Este proyecto ya contiene el sistema CompactRIO y los módulos de medición que usted va a utilizar durante este ejercicio. Para revelar los componentes del proyecto, expanda las jerarquías en el árbol del proyecto, dando clic en las casillas "+". Tenga en cuenta que las entradas y salidas de su aplicación ya están enumeradas en los módulos de medición correspondientes.

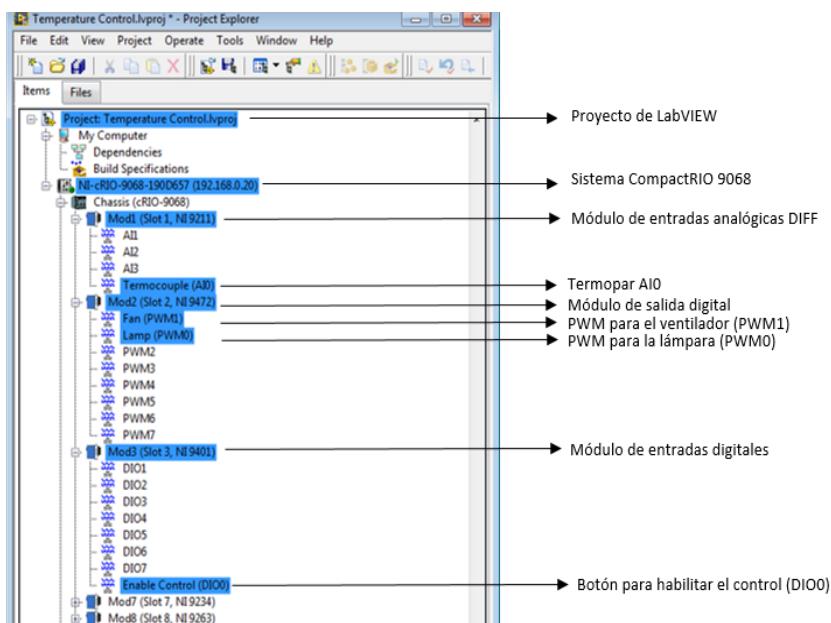


Figura 38. Proyecto de LabVIEW

3. Abra el archivo Real-Time Scan Mode.vi

Este archivo ya contiene un panel frontal con una interfaz de usuario y un diagrama de bloques con el código que usted utilizará para completar la aplicación de control de temperatura.

- Abra el archivo Real-Time Scan Mode.vi

De doble clic en el archivo llamado Real-Time Scan Mode.vi localizado en la parte inferior de la ventana del explorador de Proyecto LabVIEW (LabVIEW Project Explorer), como se muestra en la Figura A.

Este archivo consta de dos ventanas: el panel frontal, que contiene la interfaz de usuario de la aplicación, y el diagrama de bloques, que contiene el código de la aplicación.

- Ver el Diagrama de Bloques

Presione <Ctrl-E> o de clic en Window » Show Block Diagram para alternar entre el diagrama de bloques y el panel frontal como se muestra en la Figura B.

Complete el código en el diagrama de bloques agregando los canales de medida de E/S y el algoritmo PID dentro del While Loop llamado Temperature Control, que está sincronizado con el Scan Engine con un período de barrido de 100 ms.

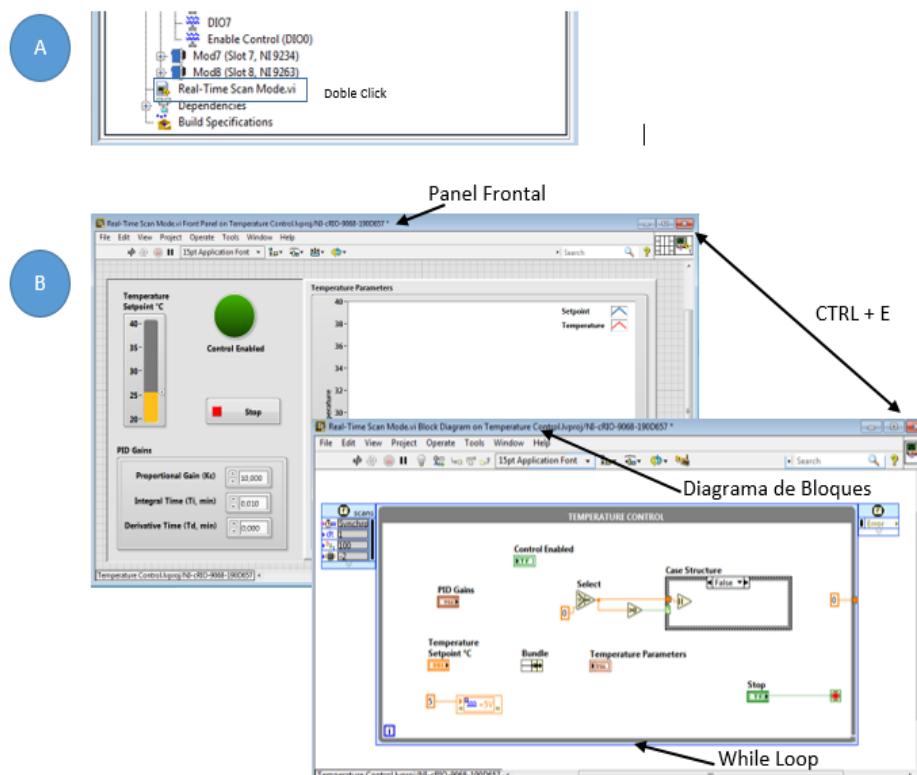


Figura 39. Diagrama de bloques y panel frontal

4. Agregue las entradas del algoritmo de control al diagrama de bloques.

Arrastre y coloque la variable Enable Control (habilitar control) y los canales de E/S de Termopares en el diagrama de bloques.

- Agregue el Nodo de E/S de Termopar Desde la ventana del Explorador de Proyecto, arrastre y coloque el elemento con la etiqueta Thermocouple (AIO) dentro de Mod1 (Slot1, NI 9211) en el diagrama de bloques.
- Añada el nodo de E/S Enable Control Desde la ventana del Explorador de Proyecto, arrastre y coloque el elemento con la etiqueta Enable Control (DIO) dentro de Mod3 (Slot 3, NI 9401) en el diagrama de bloques.

Gracias a Scan Mode, usted puede acceder a las entradas del algoritmo de control, simplemente arrastrando y colocando los canales requeridos en el diagrama de bloques.

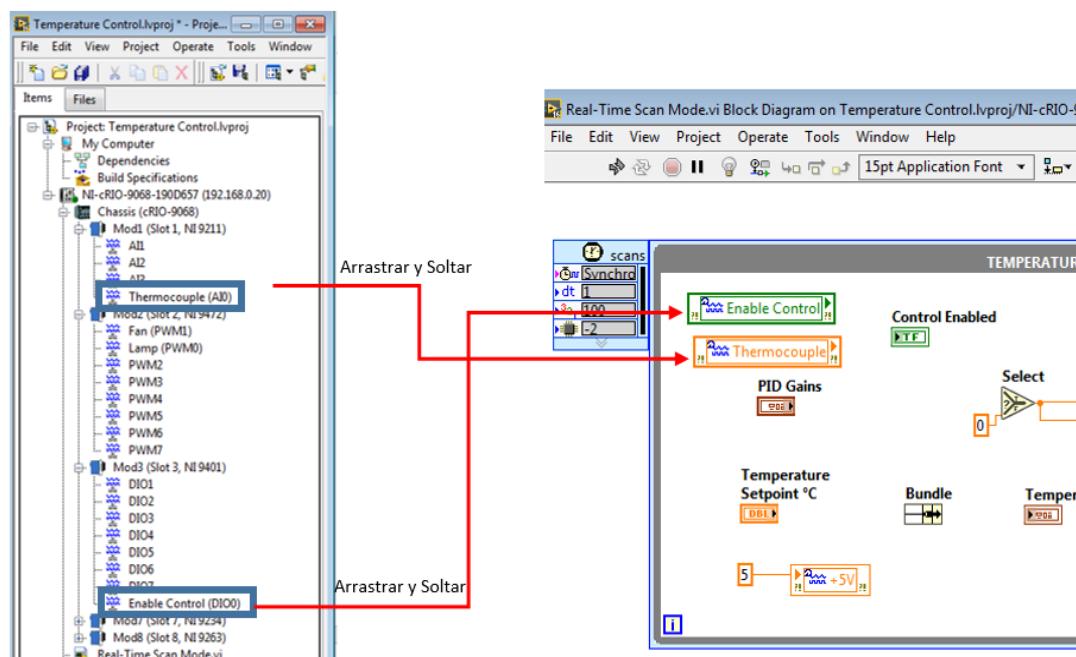


Figura 40. Arrastrando entradas

5. Construya el código para la salida condicional del algoritmo de control.

Conecte la terminal de E/S Enable Control con el indicador de Control Habilitado (Control Enabled) y la terminal "s" de la función de selección.

- Conecte la terminal de E/S Enable Control al Indicador Control Enabled. Mueva el cursor cerca de la terminal Enable Control (DIO) hasta que cambie a la herramienta wiring tool como se muestra en la Figura A.

Con el cursor en el modo wiring mode, haga clic y mueva el cursor al indicador Control Enabled [1]. De un segundo clic [2] en la terminal de entrada del Control Enabled como se muestra en la Figura B. Esto crea una interconexión entre estos dos elementos para que pueda visualizar el estado de la terminal física Enable Control (botón Azul) en la interfaz de usuario a través del indicador Enable.

- Conecte la terminal Enable Control I/O a la terminal "s" de la función de selección: Cree una nueva extensión de la conexión [1] creada en el paso anterior y conéctela a la terminal "s"

[2] de la función Select como se muestra en la Figura C. Este es el selector que le permite activar o desactivar la salida del algoritmo de control.

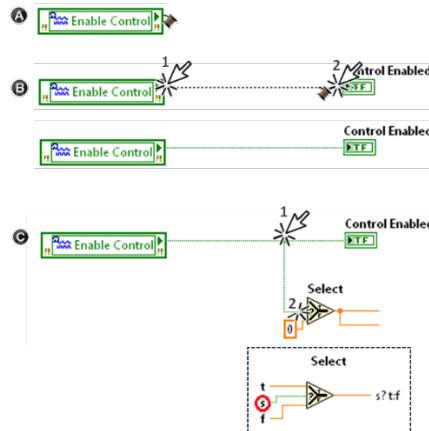


Figura 41. Conectando nodos

6. Integrar el algoritmo PID en el código.

Añadir la función PID.vi al diagrama de bloques.

- Agregue la función PID.vi al diagrama de bloques

Incluya el algoritmo PID dentro del While Loop para empezar a construir la aplicación alrededor.

De clic en cualquier sección del diagrama de bloques para abrir la Paleta de Funciones. En esta paleta, vaya a las siguientes secciones: Control Design & Simulation » PID » PID.vi.

Seleccione la función PID.vi y arrástrela dentro del Temperature Control While Loop. Con esta función, usted puede especificar un punto de referencia (setpoint), una variable de proceso y un conjunto de características para generar una salida de control para el ventilador y la lámpara en la cámara de temperatura.

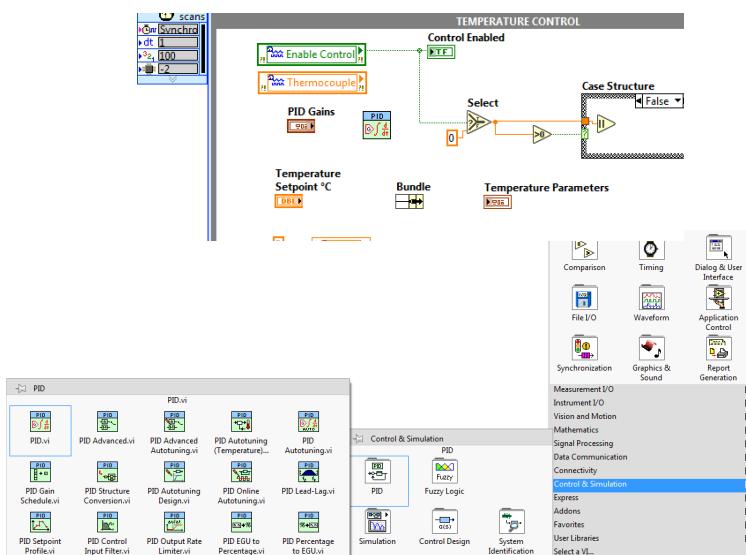


Figura 42. Bloque PID

7. Conecte las entradas del algoritmo PID.

Conecte las entradas Thermocouple, PID Gains, y Temperature Setpoint °C a las entradas correspondientes en el VI PID.vi como se muestra en la Figura A

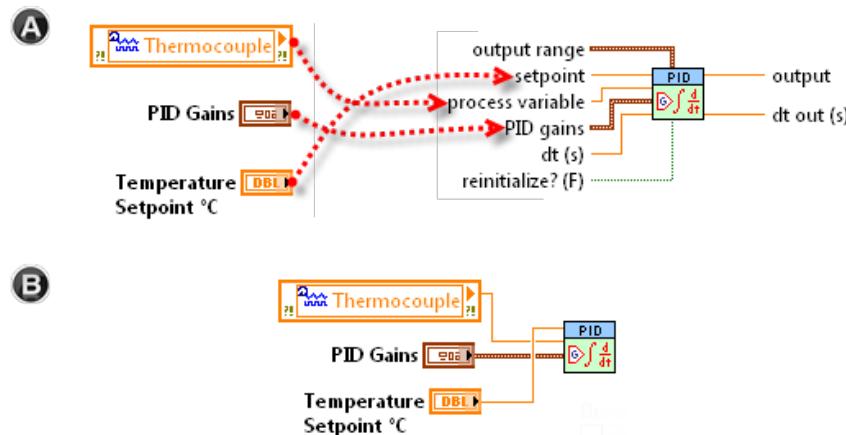


Figura 42 Conexión de nodos

8. Visualice la variable de proceso y el setpoint en una gráfica en la interfaz de usuario.

Utilice la función Bundle para visualizar la variable de proceso y el setpoint en la misma gráfica.

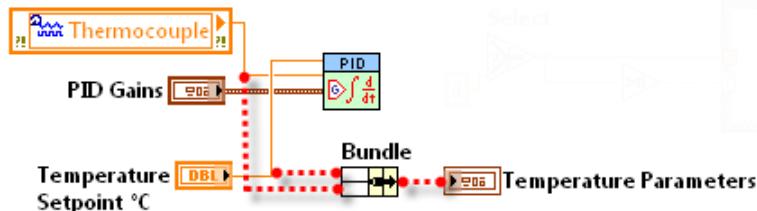


Figura 43 Conexión de nodos

9. Cierre el ciclo de control.

Conecte la salida del VI PID a la terminal "t" de la función de selección. Cierre el ciclo de control. Para completar el ciclo de control, conecte la salida de la PID.vi function a la terminal "t" de la función de selección.

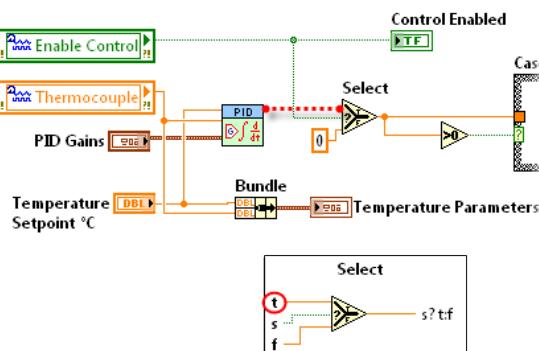


Figura 44 Conexión de nodos

10. Genere las salidas del algoritmo de control a través del sistema CompactRIO.

Arrastre y coloque las instancias de los terminales de salida de la Lámpara (Lamp) y el Ventilador (Fan) para proporcionar salidas a través del sistema CompactRIO. Genere salidas a través del sistema CompactRIO - Coloque una instancia de la terminal Lamp dentro del caso True de la Case Structure y continúe la conexión que sale de la función de selección a esta terminal. En el caso False, arrastre y coloque una instancia de la terminal Fan y conecte la salida de la función Absolute Value a la entrada de esta terminal.

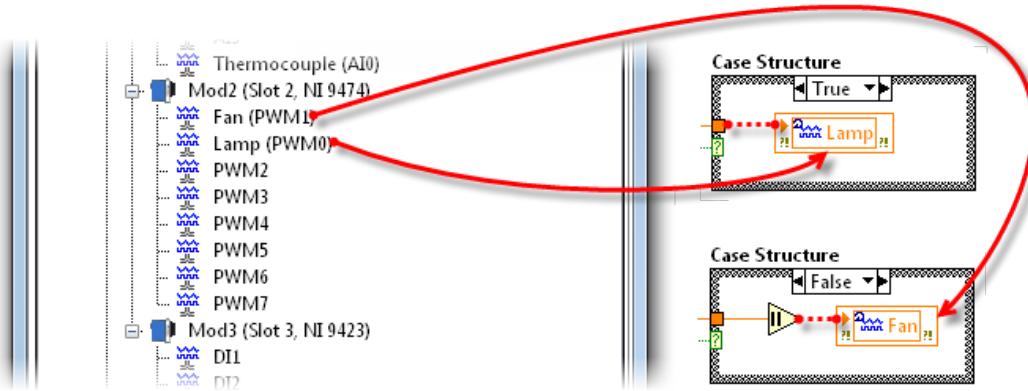


Figura 45 Conectando la estructura de casos

11. Proveer los estados de apagado del ventilador y la lámpara.

Definir los estados de apagado para el sistema de control mediante la colocación de las instancias de las terminales del Ventilador (Fan) y de la Lámpara (Lamp) fuera del While Loop, conectando una constante con valor 0 a estos terminales. Proporcionar un estado de apagado al sistema de control - Coloque las instancias de las terminales Fan y Lamp fuera del While Loop y continúe la interconexión que viene de la constante DBL con valor 0 para proporcionar un estado de apagado a estos elementos.

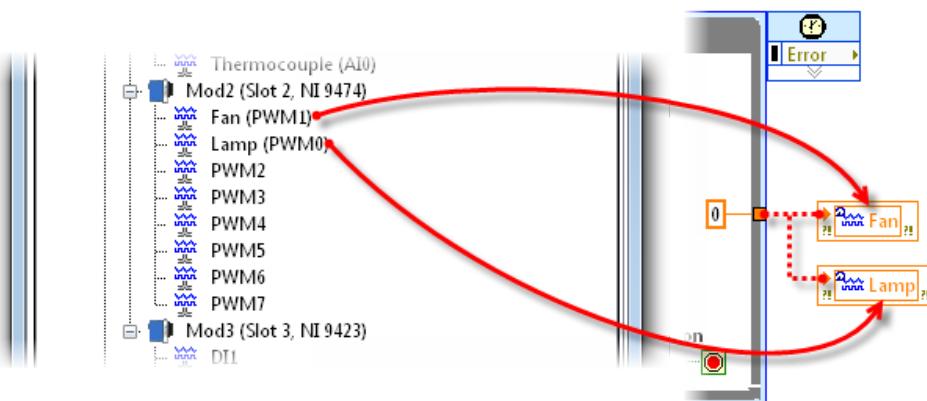


Figura 46 Estados de apagado

12. El diagrama de bloques completo debería ser similar a la imagen de abajo.

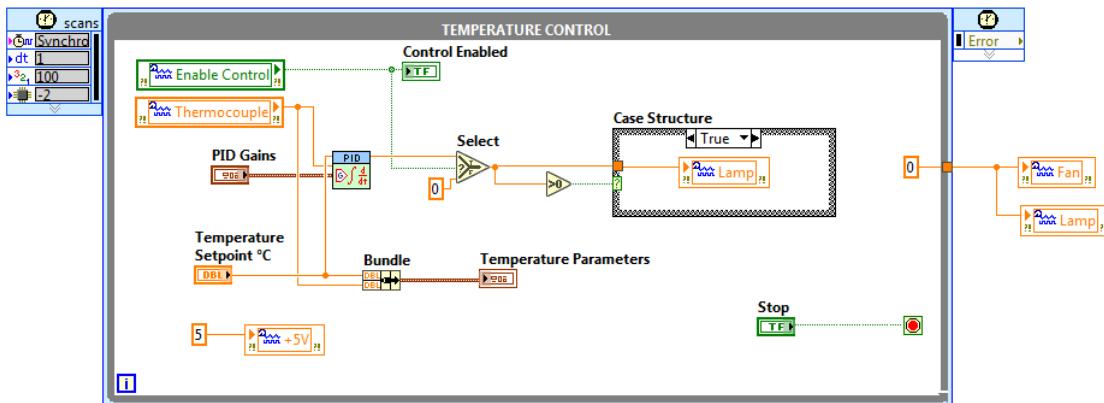


Figura 47 Diagrama de bloques terminado

13. Ejecución la aplicación.

Ejecute el VI Real -Time Scan Mode.vi dando clic en la flecha de ejecución para implementar el código en el sistema CompactRIO. Vuelva al panel frontal <Ctrl-E> y ejecute el programa dando un clic en el botón de flecha en la parte superior del panel frontal, como se muestra en la Figura A. Guarde el VI cuando se le solicite. Al ejecutar el VI se implementa el código a través del cable Ethernet al controlador en tiempo real del sistema CompactRIO como se muestra en la Figura B, y se inicia una ejecución interactiva del código en el que el código es ejecutado en el sistema CompactRIO mientras usted monitorea y controla las entradas y salidas desde la interfaz de usuario en la máquina de desarrollo.

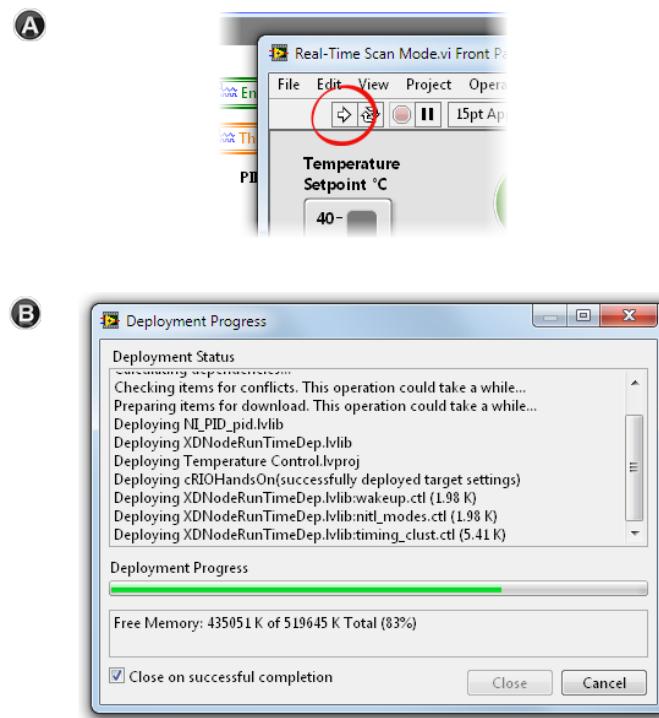


Figura 48 Ejecución de la aplicación

14. Interactúe con el sistema mediante la modificación del setpoint y las ganancias de PID

Presione el tercer interruptor en la parte frontal del Equipo de Demostración CompactRIO e interactúe con los controles del panel frontal para modificar la temperatura de referencia y las ganancias del PID.

Para permitir la salida de control, presione el Interruptor en la parte frontal del Equipo de Demostración CompactRIO como se muestra en la Figura A.

Modifique el valor del control Temperature Setpoint °C para cambiar el punto de referencia del sistema, como se muestra en la Figura B. El algoritmo PID luego intenta alcanzar y mantener el setpoint, encendiendo la Lámpara o el Ventilador

Experimente con diferentes valores en PID Gains para ajustar el comportamiento del sistema de control

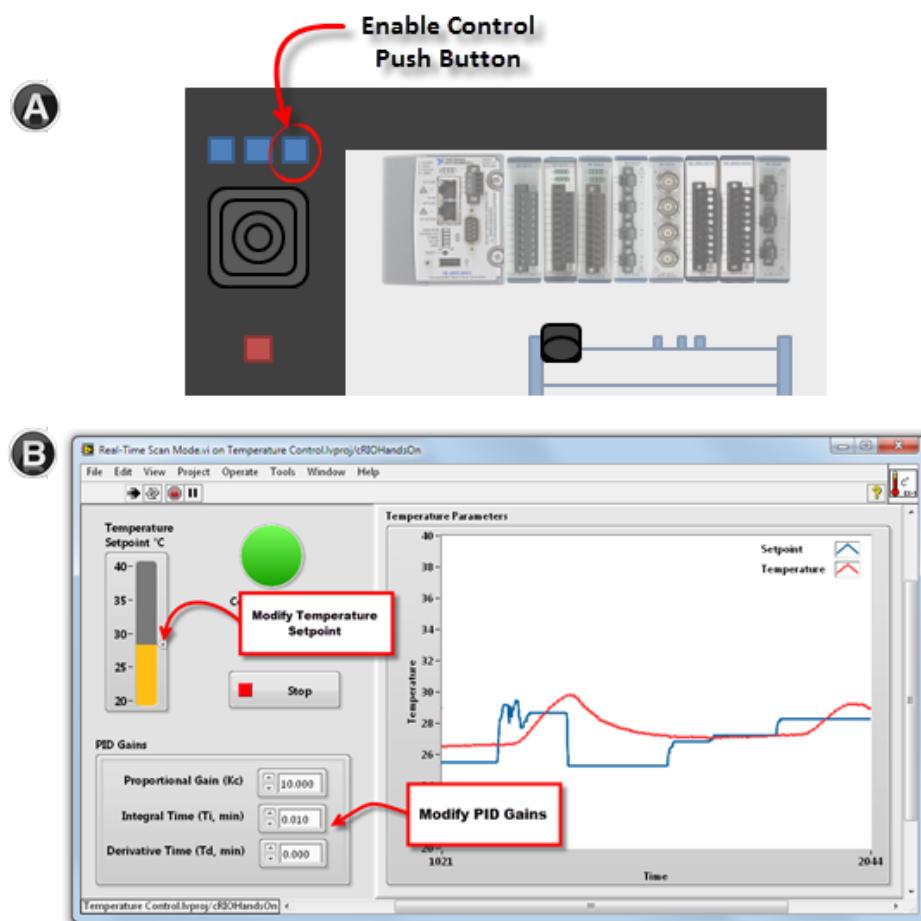


Figura 49 Ejecución de la aplicación

15. Detenga la aplicación.

Detenga la ejecución del código pulsando el botón Stop (Detener) en el panel frontal.

Fin del ejercicio 3

Ejercicio 4: Monitoreo de vibraciones

En el ejercicio, utilizará LabVIEW y el FPGA en el sistema CompactRIO para crear un sistema de control de velocidad basado en señales adquiridas de un acelerómetro y un tacómetro conectados a un ventilador desbalanceado. Posteriormente, utilizará el FPGA para procesar estas señales para obtener el valor RMS de la señal del acelerómetro y la velocidad del Ventilador. Finalmente, utilizará el procesador en tiempo real para generar una interfaz de usuario para mostrar la información producida por el FPGA.

1. Abrir el archivo Vibration Monitoring.lvproj. En el ejercicio, utilizará un proyecto de LabVIEW existente como un punto de inicio para la aplicación.

- Arrancar LabVIEW

Arrancar LabVIEW navegando a Start » All Programs » National Instruments » LabVIEW 2016.

- Abra un Proyecto Existente de LabVIEW

De clic en el botón Open Existing en el lado derecho de la pantalla principal de LabVIEW y abra el archivo LabVIEW Project llamado Vibration Monitoring.lvproj.

Taller CompactRIO\Exercises \Exercise 2\Vibration Monitoring.lvproj

2. Explorar el proyecto y revelar sus componentes.

Expandir cada jerarquía en el proyecto para revelar el procesador en tiempo real y el FPGA en el sistema CompactRIO. Expandir las Jerarquías en el Proyecto de LabVIEW Vibration Monitoring .lvproj. Este proyecto contiene el sistema CompactRIO exponiendo el FPGA y los módulos de medición que se van a utilizar. Note que los módulos de medición están localizados debajo de la jerarquía del FPGA. Para revelar los componentes del proyecto, expandir las jerarquías en el árbol de proyecto haciendo clic en los cuadros “+”.

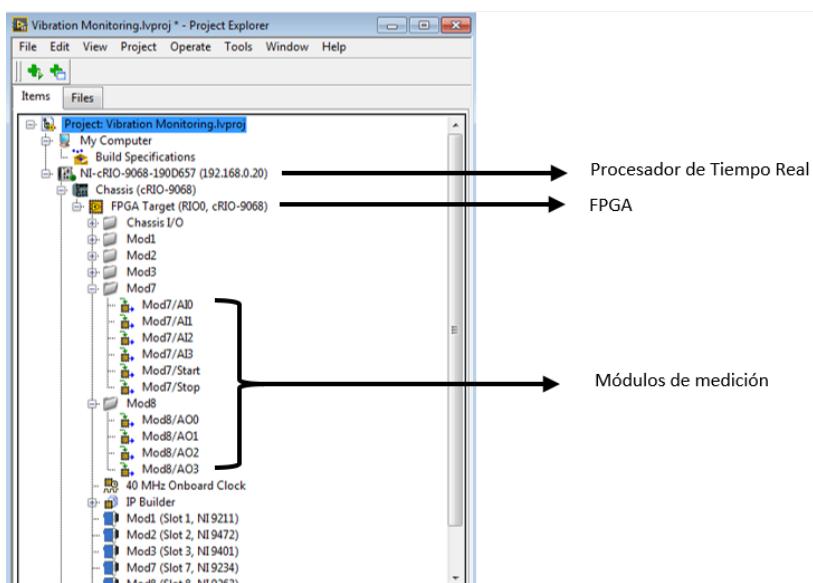


Figura 50 Proyecto de LabVIEW

3. Abrir el VI FPGA Main.vi y mostrar su diagrama de bloques.

Este VI FPGA Main.vi está localizado debajo de la jerarquía del FPGA y ya contiene un código para utilizarse en la aplicación de monitoreo de vibraciones.

- Abrir el FPGA Main.vi

De doble clic en el archivo llamado FPGA Main.vi localizado bajo la jerarquía mostrada en la Figura A.

- Mostrar el Diagrama de Bloques

Presione <Ctrl-E> o haga clic en Window » Show Block Diagram para pasar del diagrama de bloques al panel frontal y viceversa tal como se muestra en la Figura B.

Este archivo contiene dos ciclos que se ejecutan en paralelo:

- Ciclo de Monitoreo de Vibraciones

Agregue código a este ciclo para adquirir las señales del acelerómetro y del tacómetro. Este ciclo también incluye el análisis de RMS y de Velocidad.

- Ciclo de Control de Velocidad

Este ciclo controla la velocidad del Ventilador basado en la Alarma de Nivel de RMS.

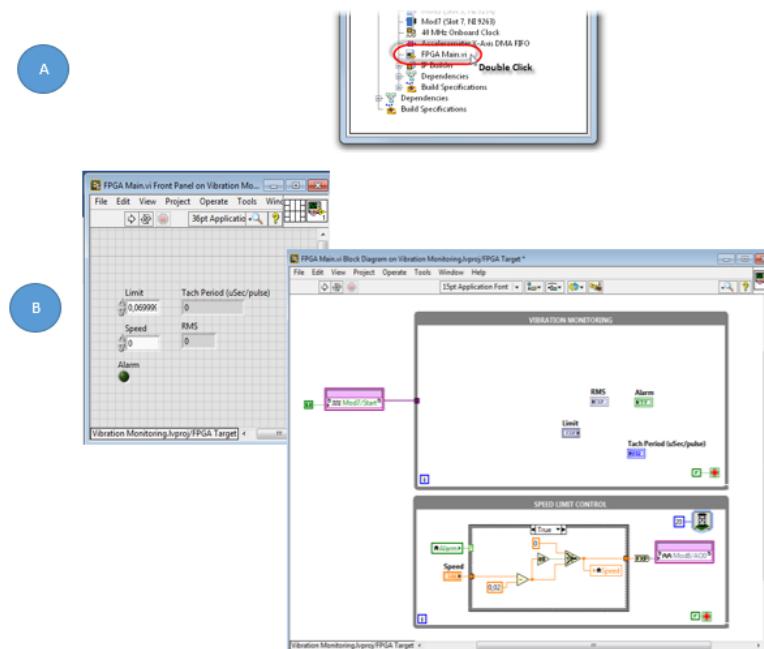


Figura 51. Diagrama de bloques y panel frontal

4. Agregar los canales de acelerómetro y tacómetro al diagrama de bloques.

Arrastrar y soltar el nodo de E/S AIO del modulo de medición de la Serie C NI 9234 (Mod7) en el ciclo Vibration Monitoring. Expandir el nodo de E/S para mostrar también la terminal AI1.

- Arrastrar y Soltar el Mod7/AIO En el Ciclo Vibration Monitoring

De clic en la terminal Mod7/AI0 localizada en el proyecto de LabVIEW debajo del modulo de medición NI 9234 de la jerarquía del FPGA como se muestra en la Figura A. Arrastrar y soltar la terminal en el diagrama de bloques y colocarla dentro del ciclo Vibration Monitoring.

- Expandir el Nodo I/O para Mostrar la Terminal Mod7/AI1

Mueva el cursor sobre el nodo de E/S para mostrar los puntos azules desde los cuales puedes expandir el nodo. Expanda el nodo para mostrar la terminal adicional Mod7/AI1 como se muestra en la Figura B.

Mod7/AI0 Acelerómetro

Mod7/AI1 Tacómetro

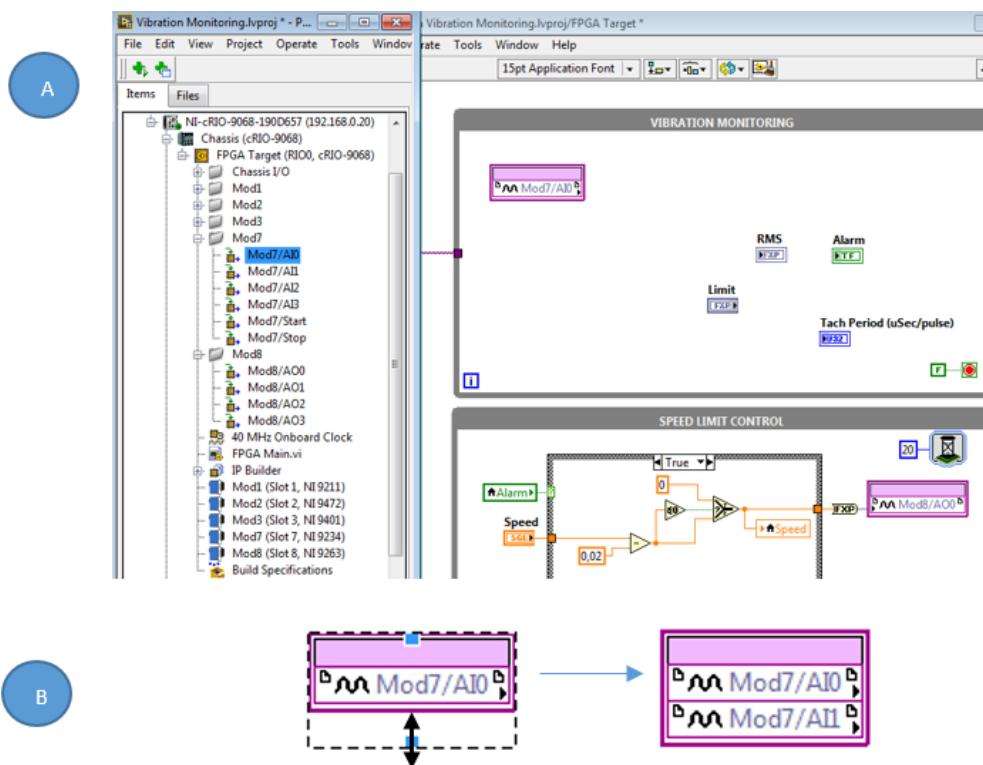


Figura 52. Expanding nodes

5. Agregar el canal de comunicación entre el FPGA y el procesador en tiempo real.

Arrastrar y soltar el elemento DMA FIFO con el nombre Accelerometer X-Axis DMA FIFO en el ciclo Vibration Monitoring.

- Arrastrar y Soltar Accelerometer X-Axis DMA FIFO en el Diagrama de Bloques

De clic en el nodo Accelerometer X-Axis DMA FIFO localizado en el proyecto de LabVIEW bajo la jerarquía FPGA. Arrastre y suelte el nodo en el diagrama de bloques y coloacarlo dentro del Ciclo Vibration Monitoring.

Con esta función, puede transferir datos del FPGA al procesador de tiempo real (Real-Time Processor).

El Accelerometer X-Axis DMA FIFO ha sido preconfigurado de la siguiente manera:

- Tipo: Target to Host-DMA
- 8191 Elementos
- Single precision floating-point

De doble clic en Accelerometer X-Axis DMA FIFO para abrir la ventana de configuración.

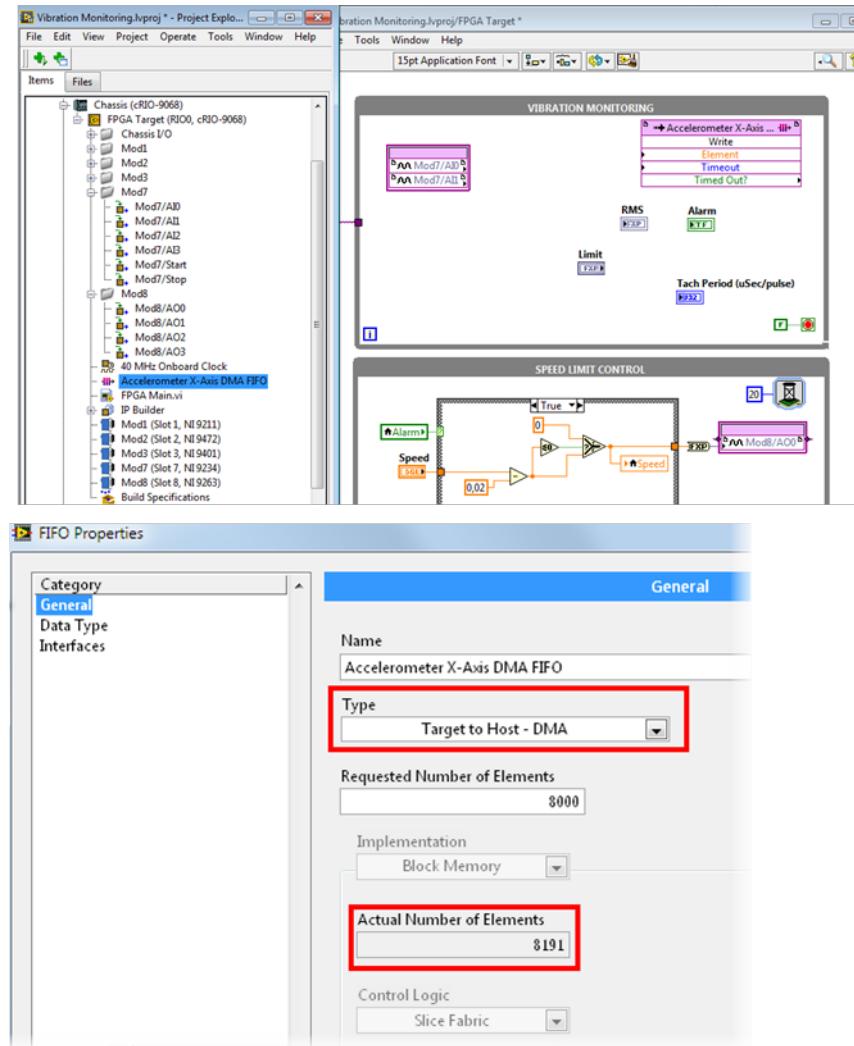


Figura 53. Canal de comunicación entre FPGA y el procesador

6. Transferir los datos del acelerómetro al procesador en tiempo real.

Conectar la terminal Mod7/AIO a la terminal Element de Accelerometer X-Axis DMA FIFO.
Conectar una constante con valor 0 a la terminal de Timeout del Accelerometer X-Axis DMA FIFO.

- Conectar la Terminal Mod7/AIO a la Terminal Element del Accelerometer X-Axis DMA FIFO como se muestra en la Figura A

Cuando este cable es creado, LabVIEW automáticamente crea un punto de coerción (punto rojo) para convertir del tipo de dato de punto fijo al tipo de dato flotante de precisión simple (single-precision).

- Conectar una Constante Con Valor 0 a la Terminal de Timeout del Accelerometer X-Axis DMA FIFO

De clic derecho en la terminal Timeout del Accelerometer X-Axis DMA FIFO y seleccione create » constant del menú corto como se muestra en la Figura B. Una constante con valor 0 indica que el método no espera por espacio disponible en la FIFO para ejecutarse.

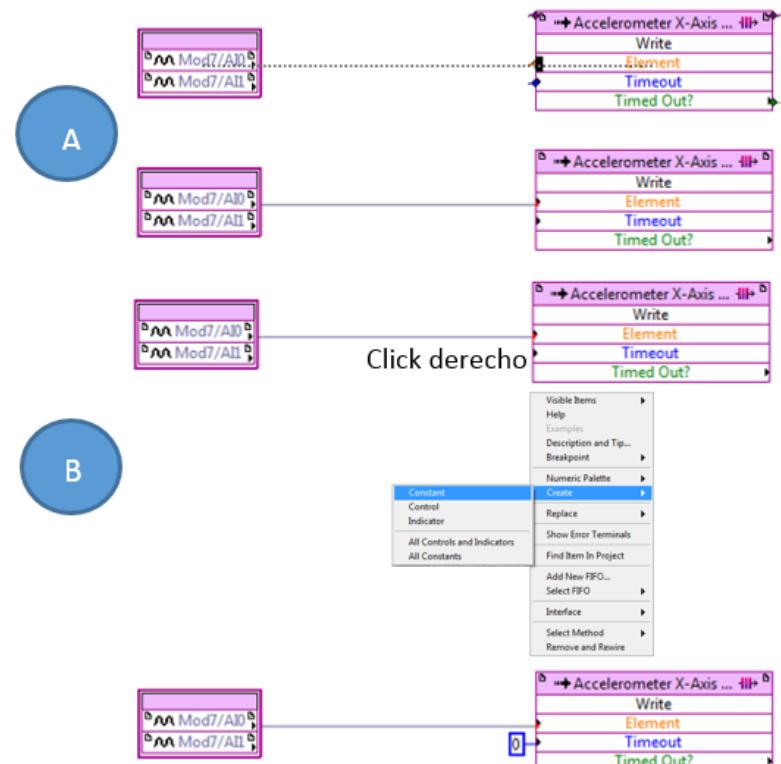


Figura 54. Transferir los datos del acelerómetro al procesador en tiempo real

7. Obtener el valor RMS de la señal de acelerómetro.

Agregar la función DC-RMS al diagrama de bloques. Conectar la terminal AI0 y el indicador RMS a la función DC-RMS.

Agregar la Función DC-RMS al Diagrama de Bloques. De clic derecho en el diagrama de bloques para abrir la Paleta de Funciones. Navegue a Programming » FPGA Math & Analysis » DC-RMS. Arrastre y suelte la función DC-RMS en el diagrama de bloques como se muestra en la Figura A. Configure la función como se muestra en la Figura B utilizando los siguientes parámetros:

Measurement time (s): 20 m

Expected sample rate (S/s): 51.2 k

Number of measurement samples: 1024

Measurements: RMS

- Conectar la Terminal AIO y el Indicador RMS a la Función DC-RMS como se muestra en la Figura A. Cree una nueva rama del cable creado en el paso previo para conectar la terminal Mod7/AIO a la terminal input data de la función DC-RMS. Adicionalmente, conecte la terminal RMS output de esta función al indicador RMS.

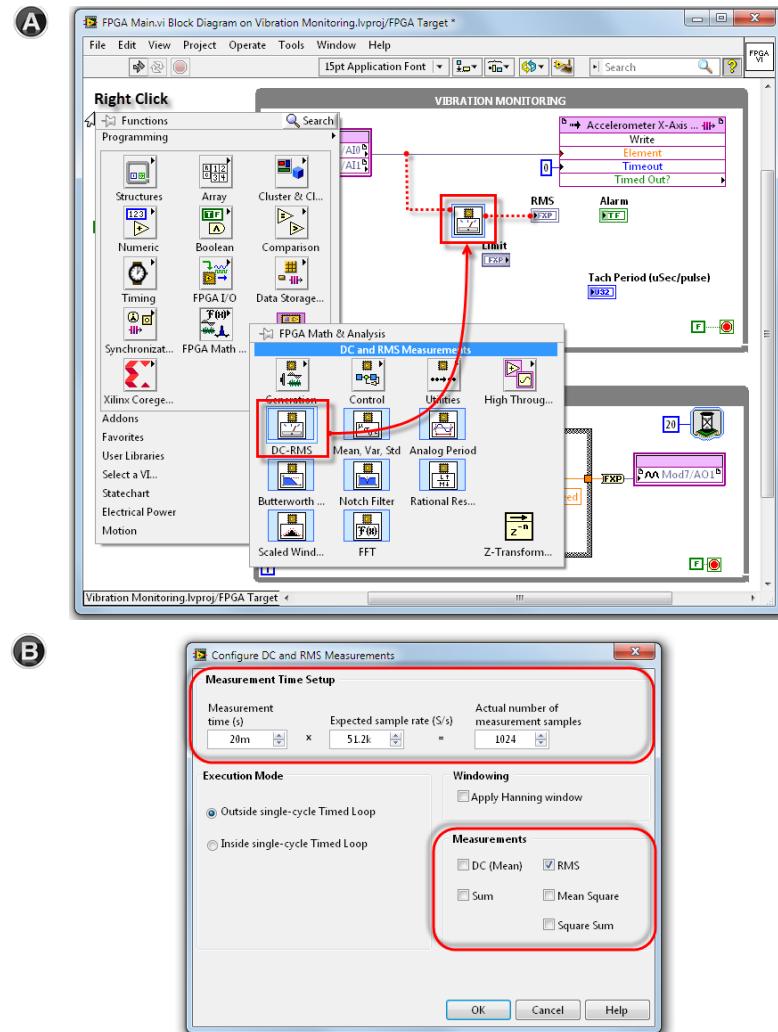


Figura 55. Valor RMS

8. Generar una alarma basada en el límite de RMS.

Agregar la función Greater? y el nodo USER FPGA LED para completar el código para la alarma basada en el valor RMS. Conecte el diagrama como se muestra en la siguiente figura.

- Agregar la Función Greater?

De clic derecho en el diagrama de bloques para abrir la Paleta de Funciones. Navegue a Programming » Comparison » Greater?. Arrastre y suelte la función Greater? en el diagrama de bloques como se muestra en la Figura A.

- Agregar el Nodo USER FPGA LED

Del árbol de proyecto, arrastre y suelte el nodo USER FPGA LED localizado bajo la carpeta Chassis I/O de la jerarquía del FPGA como se muestra en la Figura A.

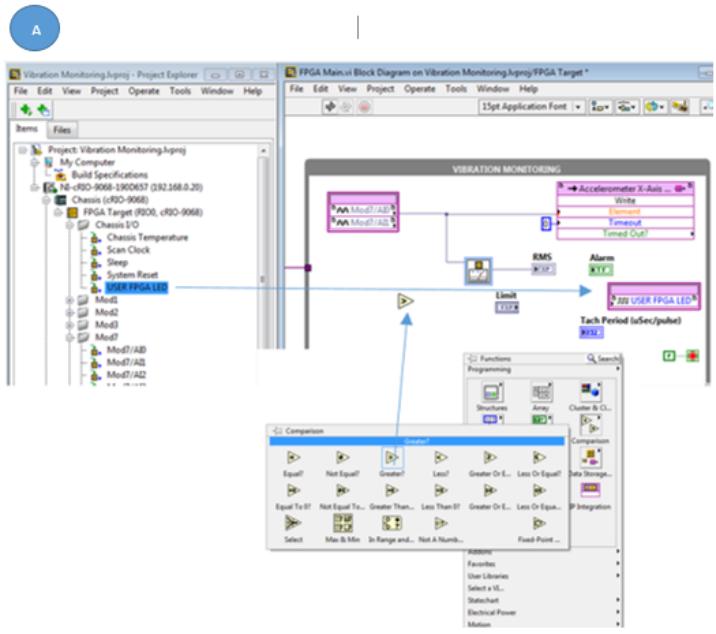


Figura 55. Alarma

- Conectar el Diagrama como se muestra en la Figura B

Conecte el valor RMS a la entrada "x" de la función Greater?. Conecte el Control Limit a la entrada "y" de la función Greater?. Conecte la salida de la función Greater? a una función Select (Terminal S) y al indicador Alarm, cree una constante con valor 1 a la terminal Verdadera (True) y una constante con valor 0 a la terminal Falsa (False). Finalmente cablee la salida de la función Select al indicador y el nodo USER FPGA LED.

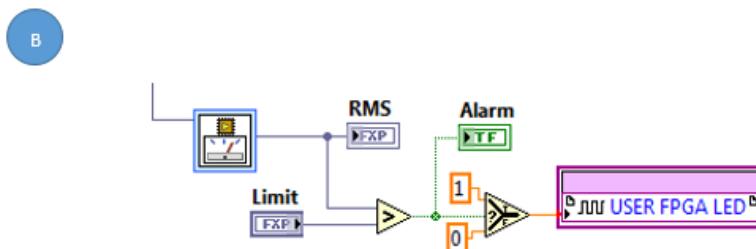


Figura 56. Generación de la alarma

9. Obtener el periodo del tacómetro.

Agregar el VI FPGA Tach.vi de la carpeta FPGA SubVIs y conectar el diagrama como se muestra en la siguiente imagen.

- Agregar el VI Tach.vi

En el proyecto de LabVIEW, navegue a la carpeta llamada FPGA SubVIs localizada debajo de la jerarquía del FPGA. Arrastre y suelte FPGA Tach.vi en el diagrama de bloques como se muestra en la Figura A.

Este archivo es una función pre-fabricada que usted va a reutilizar para obtener el periodo de la señal del tacómetro.

- Conectar las Entradas y Salidas del VI FPGA Tach.vi como se muestra en la Figura B

Conecte la terminal Mod7/AI1 a la terminal Analog In (Tach) del VI FPGA Tach.vi. Conecte la salida de este VI al indicador Tach Period (uSec/Pulse).

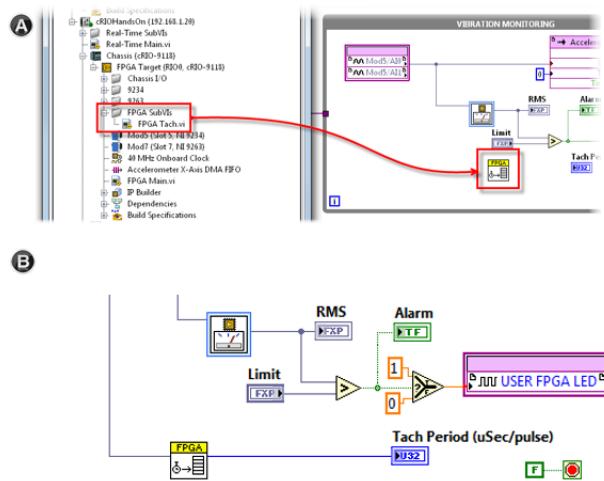
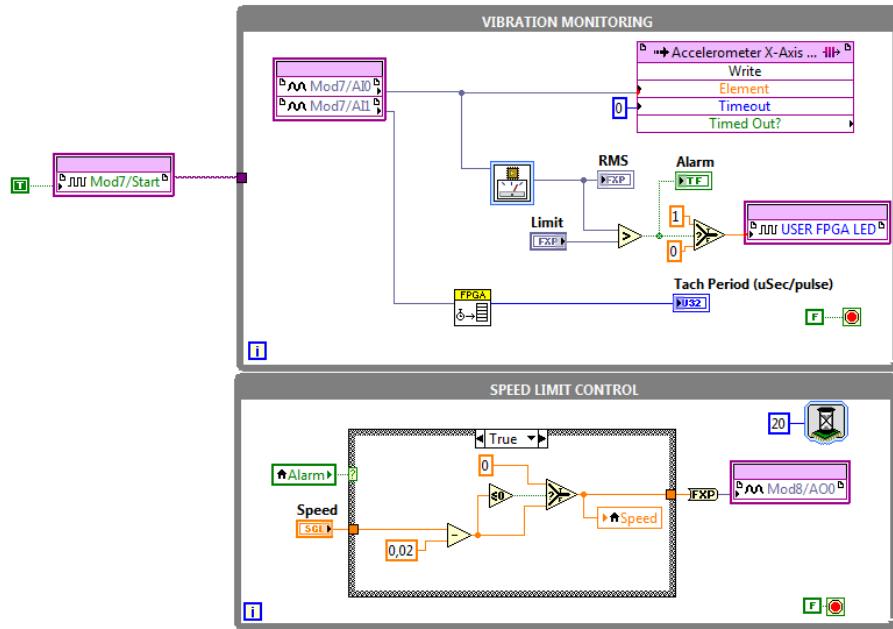


Figura 57. Obtención del periodo del tacómetro

10. El diagrama de bloques completo de FPGA Main.vi debe verse como se muestra en la siguiente imagen.



Figur 58. Diagrama de bloques terminado

11. Guardar y compilar el VI FPGA Main.vi.

El proceso de compilación del FPGA Main.vi toma aproximadamente 15 minutos. Mientras compila, puede continuar trabajando en la parte de real-time de la aplicación.

- Guardar el VI FPGA Main.vi

Presione <Ctrl-S> o de clic File » Save.

- Compilar el FPGA Main.vi

De clic en el botón Run desde el diagrama de bloques o desde el panel frontal para que se compile el proyecto y para que se pueda cargar en la FPGA del CompactRIO

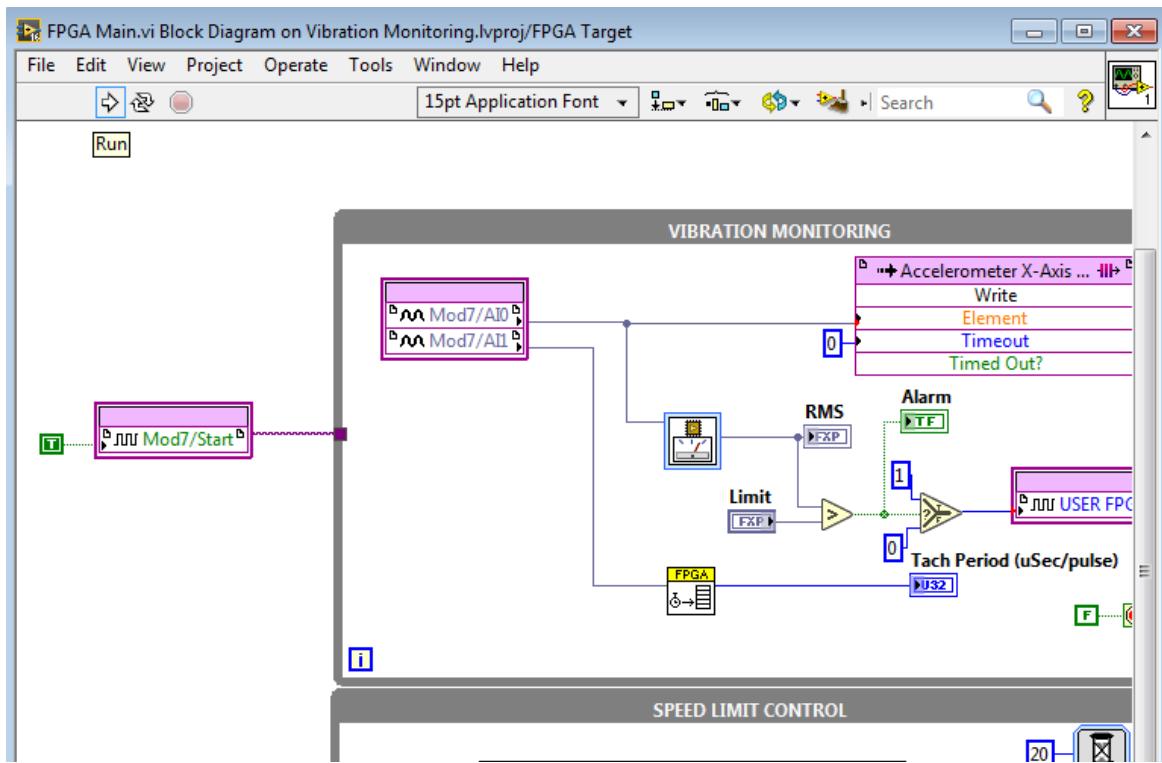


Figura 59. Guardar y compilar el VI

LabVIEW le pedirá que seleccione el servidor de compilación (compile server). Seleccionar Use the local compile server y hacer clic en OK como se muestra en la Figura B. Esto iniciará el proceso de compilación. Durante el proceso de compilación, LabVIEW genera archivos HDL intermedios que serán procesados por el Compilador de Xilinx, que generará un bitfile que contiene información de ubicación y rutas del diseño del FPGA.

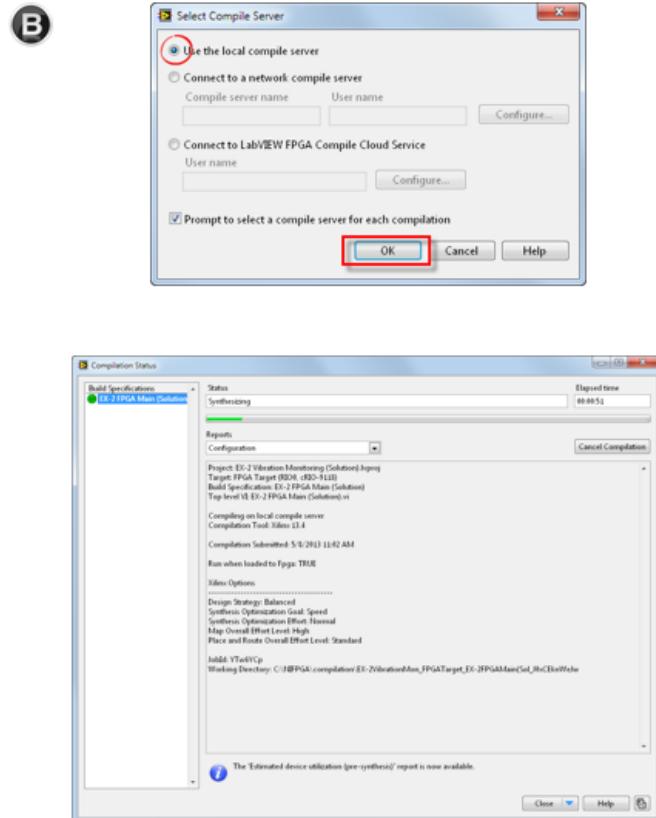


Figura 60. Compilando en la FPGA

12. Abrir el VI Real-Time.vi y mostrar el diagrama de bloques.

- Abrir el VI Real-Time Main.vi

De doble clic en el archivo llamado Real-Time Main.vi localizado bajo la jerarquía NI-cRIO-9068 como se muestra en la Figura A.

- Mostrar el Diagrama de Bloques

Presione <Ctrl-E> o de clic en Window » Show Block Diagram para alternar entre el diagrama de bloques y el panel frontal como se muestra en la Figura B.

Este archivo contiene código para implementar una interfaz de comunicación con el código del FPGA y proveer visualización al usuario.

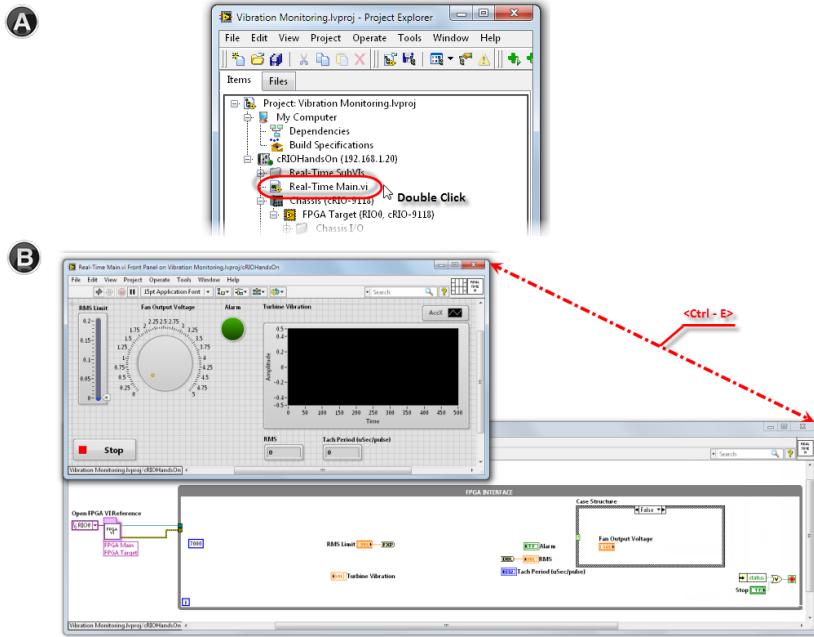


Figura 61. VI del procesador

13. Obtener los datos del acelerómetro y mostrarlos en la gráfica.

De clic derecho en el diagrama de bloques para abrir la Paleta de Funciones. Navegue a **FPGA Interface** » **Invoke Method**. Arrastre el nodo de **Invoke Method** al diagrama de bloques como se muestra en la Figura A. Este nodo invoca un método o acción del VI en el host al VI en el FPGA. En el ejercicio, lo utilizará para acceder al FIFO DMA que contiene los datos del acelerómetro.

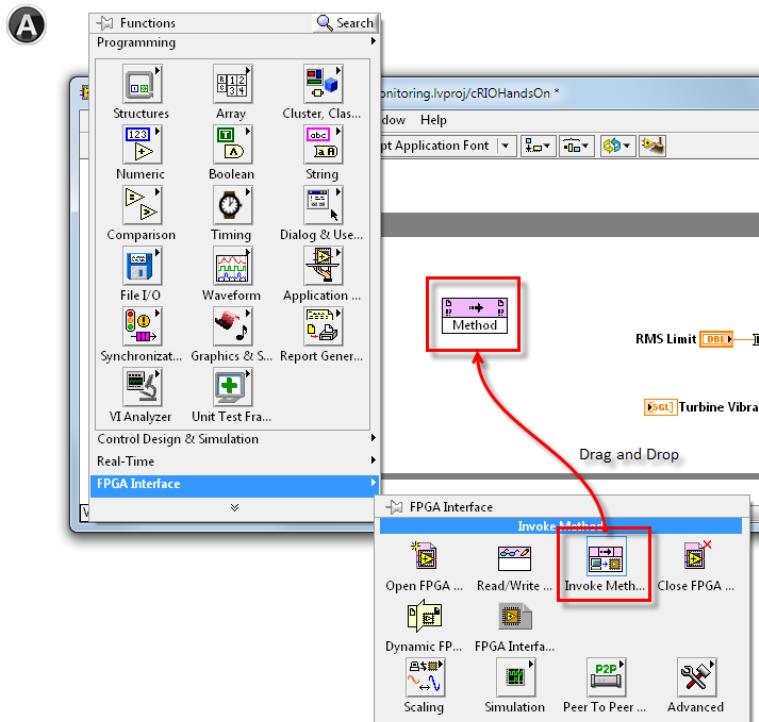


Figura 62. Invoke Node

- Configurar el Invoke Method

Conecte los cables Reference (aqua) y Error (amarillo) que vienen de la función Open FPGA VI Reference y conéctelos al nodo Invoke Method como se muestra en la Figura B. Esta acción permitirá seleccionar en el nodo información del diseño descrito en el VI FPGA Main.vi.

De clic en el nodo Invoke Method y navegue a Accelerometer X-Axis DMA FIFO » Read. Esto le dará acceso a los datos incluidos en este FIFO.

- Mostrar los Datos del Accelerometer X-Axis DMA FIFO en una Gráfica

Conecte la constante numérica con un valor de 7000 a la terminal Number of Elements. Conecte la terminal Data output a la gráfica Turbine Vibration como se muestra en la Figura C. Con esta configuración, usted obtendrá 7000 puntos de datos a la salida de la FIFO que serán desplegados en la gráfica.

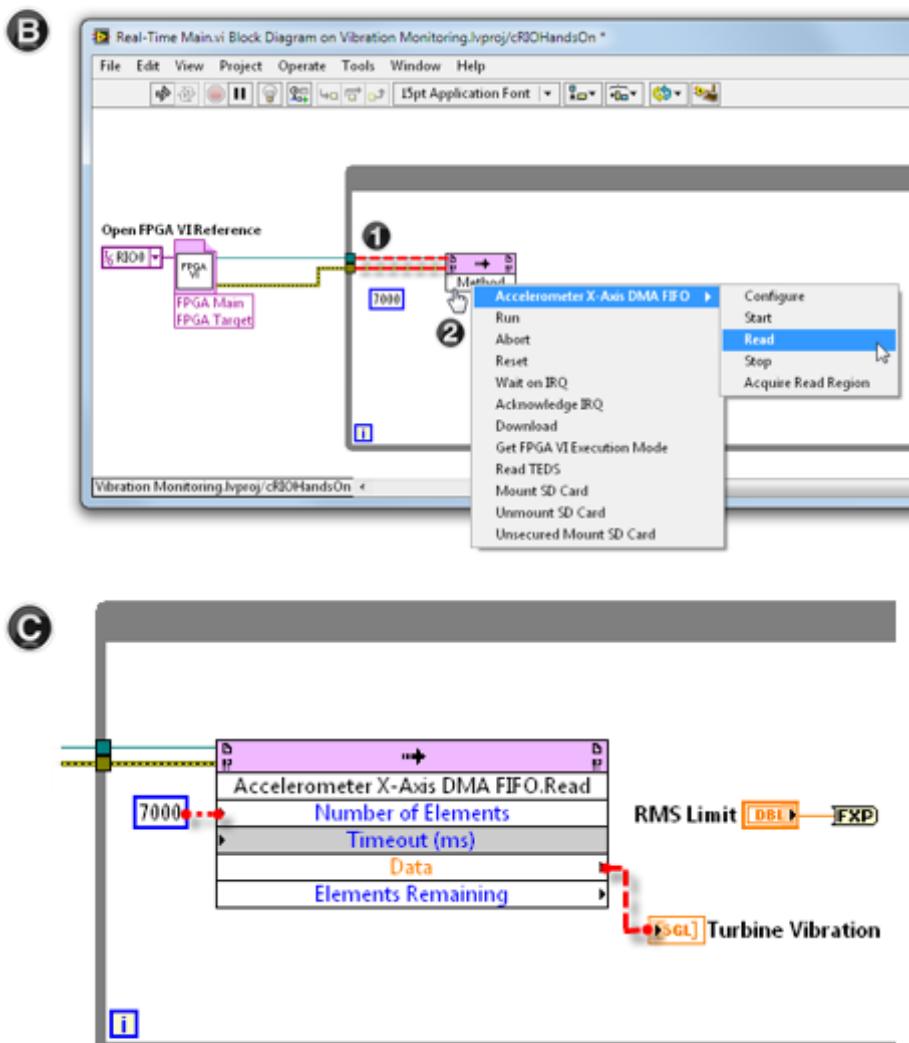


Figura 63. Configuraciones de la FIFO

14. Relacionar los controles e indicadores del FPGA Main VI a la interfaz de usuario.

- Colocar un Nodo Read/Write Control

De clic derecho en el diagrama de bloques para abrir la Paleta de Funciones.

Navegue a FPGA Interface » Invoke Method. Arrastre y suelte el nodo Read/Write Control en el diagrama de bloques como se muestra en la Figura A. Los nodos Read/Write Control le dan acceso a los controles e indicadores en el panel frontal del VI FPGA Main.vi.

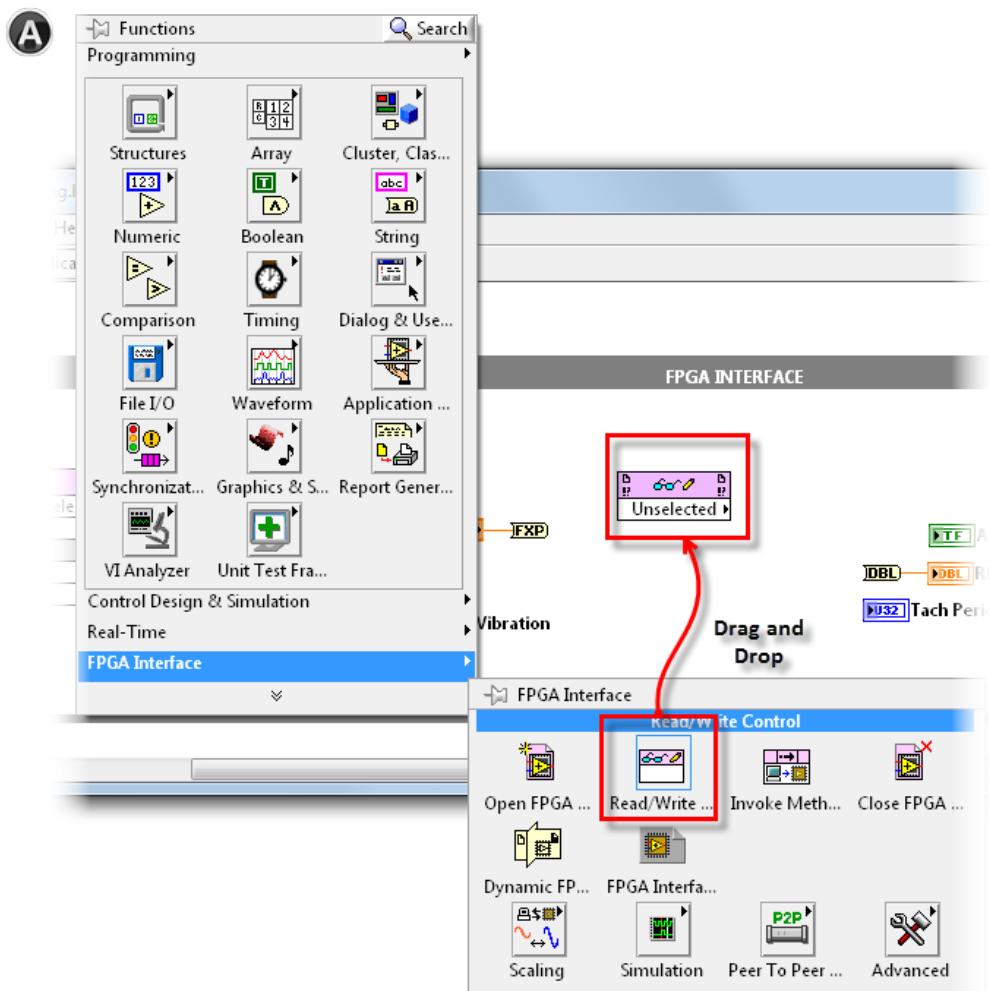


Figura 64. Controles e indicadores del FPGA Main

- Configurar el Nodo Read/Write Control

Conecte los cables Reference (agua) y Error (amarillo) que vienen del nodo Invoke Method y conéctelos al nodo Read/Write Control como se muestra en la Figura B. Esta acción permitirá seleccionar en el nodo la información de los controles e indicadores del VI FPGA Main.vi.

- Expandir el nodo para contar con cuatro casillas disponibles. De clic en cada casilla y seleccione el control o indicador apropiado tal como se muestra en la Figura B.
- Conectar el Nodo Read/Write Control a los Controles e Indicadores en la Interfaz de Usuario

Conecte cada una de las terminales de las casillas del nodo Read/Write Control a sus controles e indicadores correspondientes en la interfaz de usuario como se muestra en la Figura C.

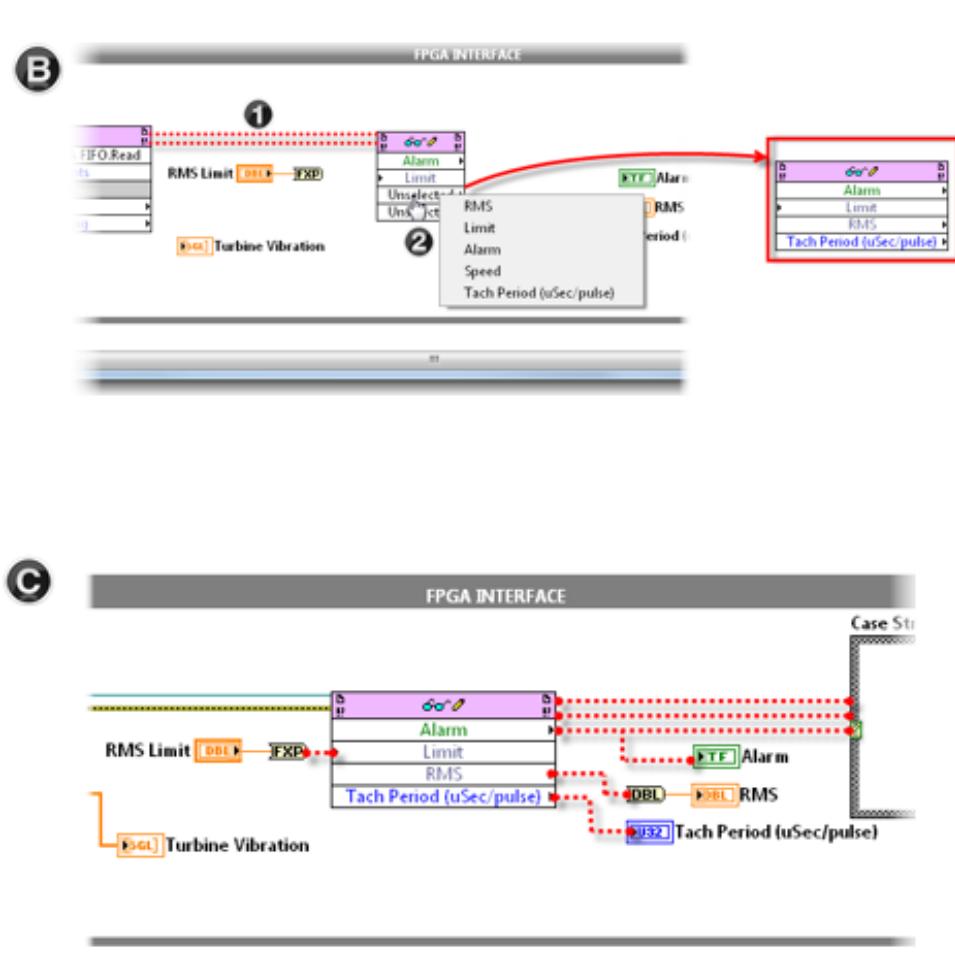


Figura 65. Controles e indicadores del FPGA Main

15. Completar el algoritmo de control de velocidad para interactuar con la interfaz de usuario.

- Completar la Estructura Case

La estructura Case completa la lógica del ciclo Speed Limit Control en el FPGA para reducir gradualmente la velocidad en el ventilador en caso de alarma.

- Caso Falso

Si no hay alarma, el ventilador opera en modo manual enviando el valor del control Fan Output Voltage al FPGA. Para hacer esto, agregue un nodo Read/Write Control como se hizo en el punto A del paso anterior y continúe los cables Reference y Error a través de la estructura. Configure el nodo para mostrar la terminal Speed y conecte la terminal Fan Output Voltage a Speed como se muestra en la Figura A.

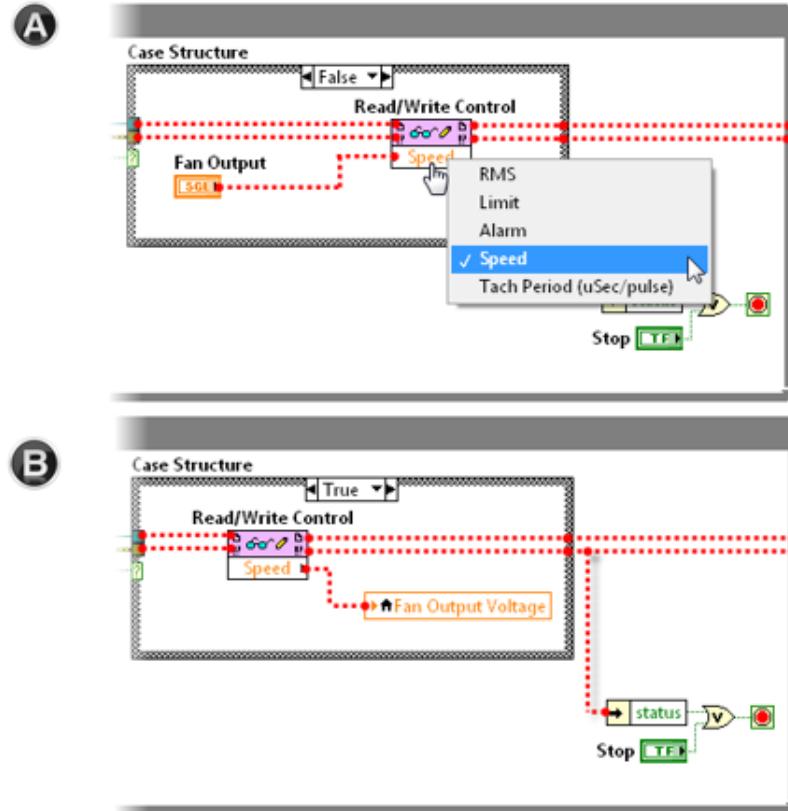


Figura 66. Control de velocidad

- Caso Verdadero

Si existe una alarma, opere el ventilador en modo automático para reducir su velocidad gradualmente. Para lograr esto, agregue un nodo Read/Write Control mostrando la terminal Speed.

Conecte el nodo Read/Write Control a la variable local del control Fan Output Voltage como se muestra en la Figura B.

Para ambos casos de la estructura Case, continúe la conexión de los cables Reference y Error a través de la estructura Case y por fuera, hacia el ciclo While. Adicionalmente, continúe el cable de error hasta el cluster de status. Esto hará que se detenga el VI de real-time en caso de error.

NOTA: Para cambiar el Método de Acceso de la terminal, de clic derecho en el nodo Read/Write Control [1] y seleccione Change to Read [2] como se muestra en la Figura C.

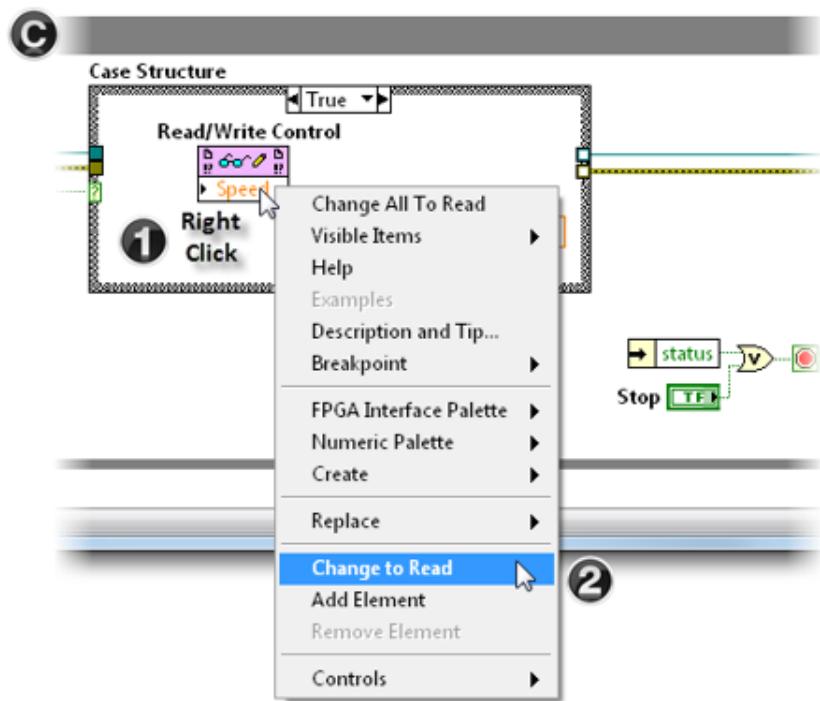


Figura 67. Control de velocidad

16. Proveer un estado de paro para el ventilador cuando la aplicación se detenga.

- Proveer un Estado Seguro para el Ventilador

Agregue un nodo Read/Write Control fuera del Ciclo While y configúrelo para mostrar la terminal Speed. Conecte la constante con valor 0 a esta terminal y continúe los cables Reference y Error hasta la función Close FPGA VI Reference. Esto asegura que el Ventilador se detenga cuando la aplicación deje de ejecutarse.

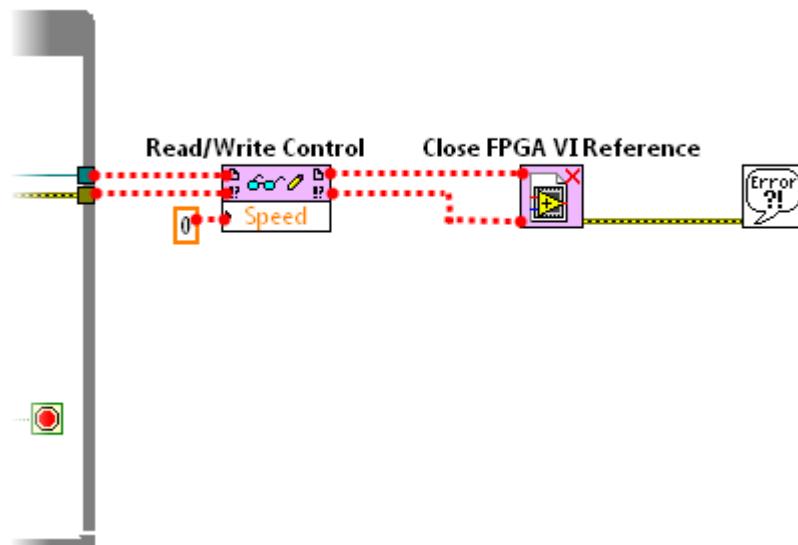


Figura 68. Estado de paro para el ventilador

17. El diagrama de bloques completo para el VI Real-Time Main.vi debe verse como se muestra en la siguiente imagen.

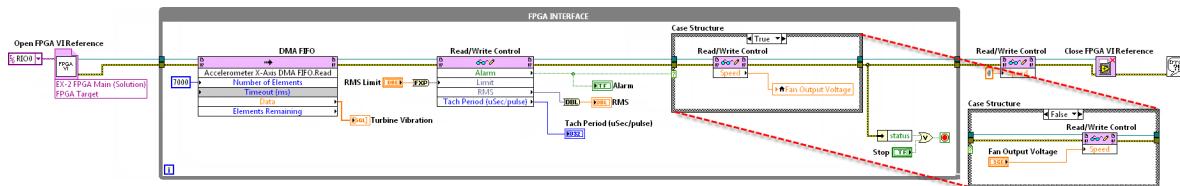


Figura 69. Diagrama de bloques

18. Ejecutar el VI Real-Time Main.vi.

Para este momento, la compilación del FPGA Main.vi debe haberse completado. Puede ejecutar el VI Real-Time Main.vi e interactuar con los controles RMS limit y Fan Output Voltage en la interfaz de usuario para verificar el correcto comportamiento de la aplicación.

- Proceso Completo de Compilación

Verificar que el proceso de compilación ha sido exitoso. La ventana Compilation Status muestra un resumen del desempeño y utilización de los recursos en el FPGA como se muestra en la Figura A.

- Proceso Completo de Compilación

Verificar que el proceso de compilación ha sido exitoso. La ventana Compilation Status muestra un resumen del desempeño y utilización de los recursos en el FPGA como se muestra en la Figura A.

NOTA: Si cierra la ventana Compilation Status, esta se puede abrir nuevamente con un clic derecho en la especificación FPGA Main y seleccionando Display Compilation Result.

Device Utilization indica el porcentaje de elementos del FPGA que la aplicación utiliza. Timing es un resumen de los relojes del FPGA, de acuerdo a lo estimado durante el mapeo del VI del FPGA. Compilation time depende del tamaño del VI, velocidad de procesamiento y cantidad de memoria en la computadora en la que se está realizando la compilación.

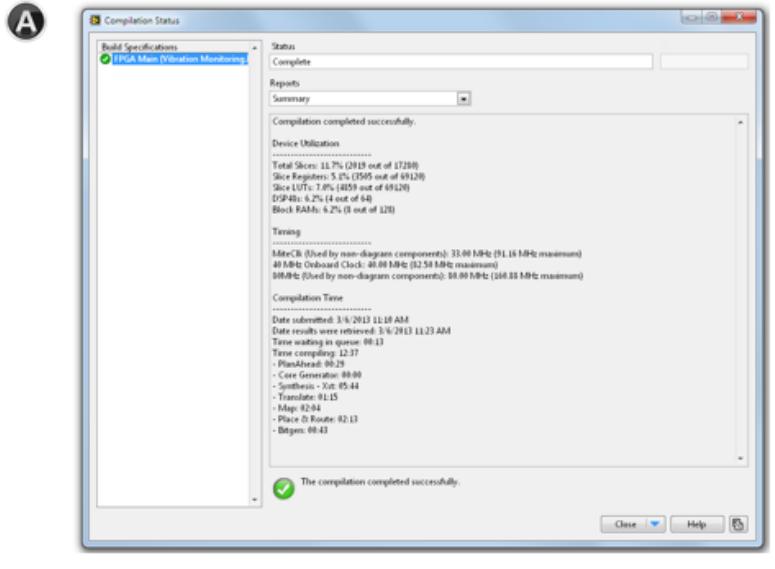


Figura 70. Proceso de compilación completo

- Ejecute el VI Real-Time Main.vi

Regrese al panel frontal del VI Real-Time Main.vi <Ctrl-E> y ejecute el programa dando clic en el botón de flecha en la parte superior, como se muestra en la Figura B. Guarde este VI cuando se le indique.



Figura 71. Ejecución del VI Real-Time

NOTA: Una ventana de advertencia puede aparecer indicando que el chasis está configurado en Scan Mode.

Cierre la ventana de advertencia, vaya al árbol de proyecto, de clic derecho en el chasis, y seleccione Deploy como se muestra en la Figura B.

De clic en el botón Apply y en cualquiera de las advertencias que pueden surgir posteriormente durante el proceso. Esto cambian la configuración del chasis a modo FPGA.

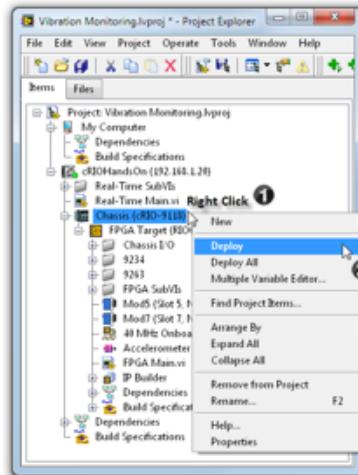
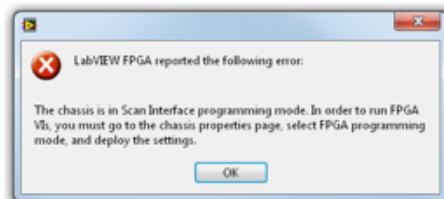
C

Figura 72. Deploy en el chasis del CompactRIO

- Interactuar Con el Panel Frontal del VI Real-Time Main.vi

En el panel frontal, configure el control RMS Limit al valor deseado e incremente manualmente la velocidad del ventilador modificando el valor del control Fan Output Voltage como se muestra en la Figura D. El Ventilador incrementa la velocidad y la vibración que produce, lo que dispara la alarma. Cuando la alarma se apaga, el control Fan Output Voltage automáticamente reduce su valor para controlar la velocidad del Ventilador.

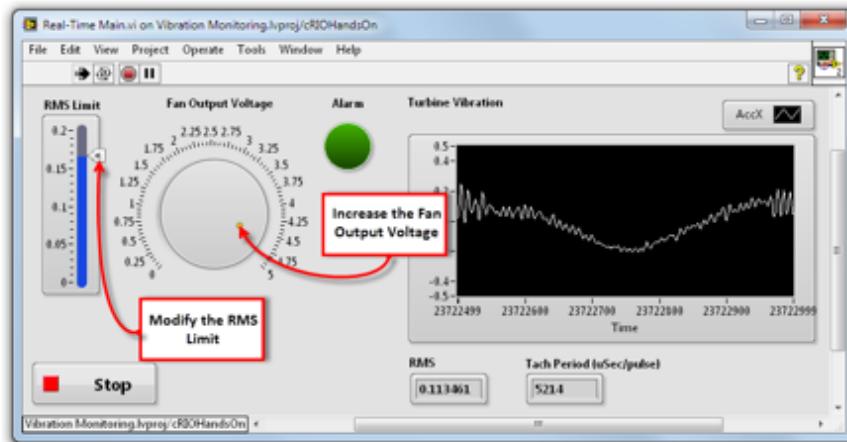
D

Figura 73. Proyecto en ejecución

19. Detener la aplicación.

Detenga la ejecución del código presionando el botón Stop en el panel frontal del VI Real-Time Main.vi.

Fin del ejercicio 4