

El diseño de sistemas embebidos toma una nueva apariencia

Por T. Dobberstein y A. Stolpe. National Instruments



Con una lista de las limitaciones en el diseño que incluye una combinación de requisitos de tiempo real, solicitudes de fiabilidad y durabilidad y necesidades de rendimiento y funcionalidad, no es de extrañar que los ingenieros puedan encontrar sumamente difícil la forma de construir con éxito una solución embebida competitiva.

E/S permiten la rápida creación de aplicaciones embebidas y prototipos del sistema para las aplicaciones de medida y control eliminando la necesidad de implementar los detalles



Figura 1. El robusto CompactRIO de National Instruments es un sistema embebido de prestaciones ultra-elevadas que cabe en la palma de la mano.

Para hacer más fácil este proceso, National Instruments desarrolló *CompactRIO*, un sistema embebido de bajo coste, robusto y de altas prestaciones que combina la potencia de procesamiento y la flexibilidad de las FPGAs (Field-Programmable Gate Array) con la fiabilidad de un procesador en tiempo real en un solo paquete fácil de usar.

NI CompactRIO se basa en la nueva tecnología de Entradas/Salidas reconfigurables (RIO), su funcionalidad básica es proporcionada por una FPGA programable por el usuario. Se puede acceder y configurar la FPGA usando el software de desarrollo gráfico LabVIEW de NI. Normalmente, la programación de una FPGA requiere un conocimiento detallado de la configuración específica del hardware, así como la utilización de un lenguaje de descripción de bajo nivel como VHDL, que tiene una pronunciada curva de aprendizaje. Pero la tecnología NI RIO reduce la

complejidad del hardware embebido y de los lenguajes de bajo nivel para proporcionar un acceso sencillo, pero potente, a las FPGAs. Por ejemplo, se puede utilizar RIO en LabVIEW para configurar fácilmente la funcionalidad de hardware como E/S, PID, filtrado, procesamiento de señales o transferencia de datos mediante DMA (Direct Memory Access), con sólo unos pocos bloques de funciones. Una funcionalidad similar requeriría la implementación de muchas páginas de código VHDL. El resultado es un sistema embebido personalizable y disponible en el comercio que reduce el tiempo de desarrollo del sistema a los ingenieros de diseño de sistemas embebidos y proporciona un incremento del rendimiento y de la flexibilidad del sistema total.

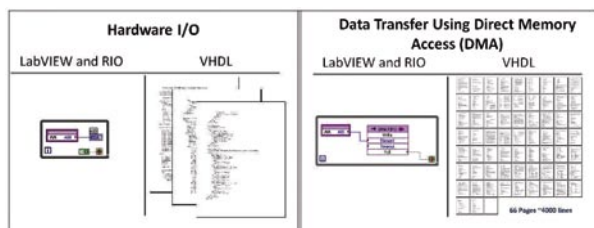
El diseño de sistemas embebidos toma una nueva apariencia

La arquitectura CompactRIO se compone de tres partes principales: el controlador de tiempo real embebido, el chasis embebido reconfigurable que contiene la FPGA y los módulos de E/S intercambiables en caliente. La integración del controlador embebido, el chasis que contiene la FPGA y los módulos conectables de

del hardware de bajo nivel que son requeridos en los sistemas embebidos. Gracias a la conexión directa entre los módulos de E/S y la FPGA se puede integrar perfectamente la sincronización y el disparo entre los módulos de E/S a través de la FPGA y obtener un alto nivel de flexibilidad del sistema.

El controlador embebido de tiempo real CompactRIO incorpora un procesador industrial de Freescale MPC5200 de 400 MHz que ejecuta las aplicaciones de LabVIEW Real-Time de forma determinística y fiable. Se puede elegir entre miles de las funciones incorporadas de LabVIEW para construir un sistema embebido multi-hilo para control, análisis, registro de datos y comunicación en tiempo real. El módulo LabVIEW Real-Time amplía el entorno de desarrollo para proporcionar unas prestaciones deterministas y en tiempo real. Solo hay que desarrollar el código de la aplicación de tiempo real en un ordenador mediante la programación gráfica y luego descargar la aplicación para que se ejecute en el controlador de tiempo real de CompactRIO que contiene un sistema operativo en tiempo real comercial. Para ahorrar tiempo, también se puede integrar el código existente de C/C++ dentro de la aplicación de LabVIEW Real-

Figura 2. Implementación con LabVIEW y RIO del hardware de E/S y hardware con DMA en comparación con las implementaciones VHDL.



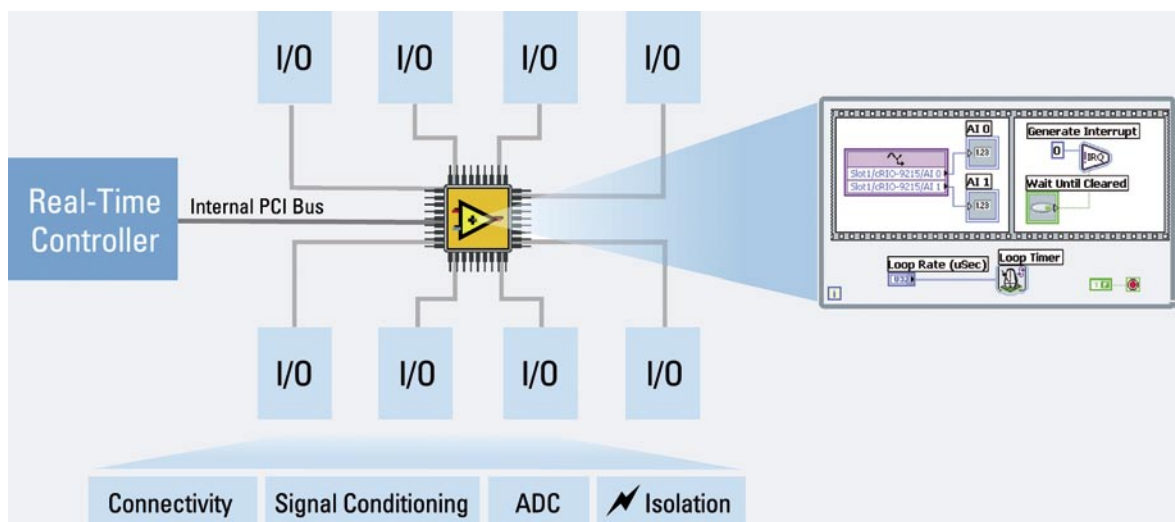


Figura 3. Arquitectura CompactRIO.

Time. El controlador de tiempo real de CompactRIO dispone de un puerto Ethernet de 10/100 Mb/s para los programas de comunicación a través de la red (incluyendo el correo electrónico), un servidor web (HTTP), servidores de archivos (FTP) y entradas de alimentación dobles entre 9 y 35VCC.

El chasis reconfigurable es el corazón de los sistemas embebidos de CompactRIO, contiene el núcleo RIO FPGA. El chip RIO FPGA se conecta a los módulos de E/S mediante una topología en estrella, proporcionando un acceso directo a cada módulo para un control preciso y una flexibilidad sin límites de la temporización, disparo y sincronización. La conexión a través de un bus local PCI proporciona una interfaz de alto rendimiento entre la RIO FPGA y el procesador en tiempo real. El chasis reconfigurable ofrece las mismas características de construcción metálica robusta que caracteriza a toda la plataforma CompactRIO.

Cada módulo de E/S de la serie C de NI contiene una función de acondicionamiento de señales incorporado y un borne de conexión de presión por tornillo, un borne de conexión de

presión por resorte, BNC o conectores D-Sub. Al integrar el conector en la caja de conexiones de los módulos, el sistema CompactRIO reduce significativamente las necesidades de espacio y el coste del cableado en campo. Hay disponibles varios tipos de E/S entre las que se incluyen: entradas para termopares; entradas para acelerómetros; entradas para células de carga y de deformación; entradas analógicas de hasta $\pm 60V \pm 20mA$; salidas analógicas hasta $\pm 10V \pm 20mA$; E/S digitales industriales de 12/24/48V con un suministro de corriente de hasta 1A y E/S digitales de 5V/TTL para encoders, contadores/temporizadores y generadores de pulsos.

El sistema CompactRIO ofrece un diseño robusto y un factor de forma que proporcionan una carcasa segura para los componentes internos del sistema, eliminando la necesidad de invertir recursos en el desarrollo de una carcasa mecánica personalizada. El diseño del producto está pensado para funcionar dentro de un rango de temperatura nominal de -40 a $70^{\circ}C$ (-40 a $158^{\circ}F$), resistir choques de 50g y funcionar en lugares peligrosos o ambientes potencialmente explosivos (Clase I, División 2). La mayoría

de módulos de E/S disponen de un aislamiento que resiste tensiones de corta duración hasta 2.300Vrms y aislamiento para 250Vrms continuos. Cada componente viene con diversas certificaciones y calificaciones internacionales de seguridad, compatibilidad electromagnética (EMC) y de medio ambiente.

El CompactRIO también está diseñado para aplicaciones extremas en ambientes adversos, tales como plantas de energía y otros entornos industriales desafiantes y para sitios pequeños, como el control de vehículos submarinos no tripulados, donde el espacio es una limitación. Tamaño, peso, densidad de canales de E/S y consumo de potencia son requisitos críticos de diseño en muchas de estas aplicaciones embebidas. Aprovechando la naturaleza determinista y reconfigurable de los dispositivos FPGA, CompactRIO es capaz de proporcionar capacidades de control y adquisición fiables y reconfigurables en un formato compacto y resistente. Un sistema embebido reconfigurable de 4 slots mide 179,6 x 88,1 x 88,1mm (7,07 x 3,47 x 3,47 pulgadas) y pesa sólo 1,58 kg (3,47 libras). Un sistema de ocho slots en el que se han instalado módulos de



Figura 4. Módulos de E/S de la serie C

E/S de 32 canales proporciona un peso por canal de 9,7gr/ch (0,34 oz/ch) y una densidad volumétrica por canal de 8,2 cm³/ch (0,50 in³/ch). El consumo típico de potencia de todo el sistema embebido CompactRIO es del orden de 7 a 10W.

Plataforma Abierta

Con la plataforma abierta CompactRIO se pueden desarrollar módulos de E/S personalizados para satisfacer las necesidades particulares de los productos y de las aplicaciones. NI ofrece un kit de desarrollo de módulos para los ingenieros que incluye herramientas para la creación de módulos personalizados CompactRIO - software de desarrollo de módulos CompactRIO personalizados, documentación técnica completa y derechos de licencia para desarrollar y fabricar módulos de CompactRIO personalizados. Algunos ejemplos de módulos personalizados para la plataforma CompactRIO incluyen módulos para el estándar inalámbrico 802.11, GPS, GSM, MIL-1553 y protocolos ARINC 429, así como el prototipado de motores de vehículos.

Prestaciones y flexibilidad

Utilizando la potencia del núcleo de la FPGA de CompactRIO se pueden diseñar lazos de control digital de 1MHz sin reducción de las prestaciones cuando se aumenta el número de los cálculos lógicos y también hacer funcionar lazos de control PID analógicos a 100 kHz utilizando cálculos basados en números enteros de 32 bits en la FPGA. Los constructores de máquinas están utilizando la velocidad y la capacidad de personalización de CompactRIO para integrar el control de movimiento de velocidad ultra-elevada para servomotores multi-eje y motores paso a paso. Con CompactRIO y NI SoftMotion se pueden implementar algoritmos de control de movimiento personalizados en la FPGA del CompactRIO y obtener tiempos de control del lazo tan bajos como 5µs. Con el módulo NI SoftMotion Development Module para LabVIEW los constructores de máquinas y los OEMs pueden crear controladores de movimiento personalizados para mejorar el rendimiento de las máquinas y los investigadores pueden implementar algoritmos avanzados para el diseño

del control del movimiento. El módulo incluye funciones para la generación de la trayectoria, interpolación de tipo 'spline', posición y velocidad del control PID (Proporcional Integral Derivativo) e implementación de encoder sobre LabVIEW Real-Time y/o LabVIEW FPGA.

La actualización de los sistemas embebidos para satisfacer las nuevas demandas de las aplicaciones ha sido siempre un difícil proceso que implica la incorporación y la integración de nuevo hardware, así como la creación de software para implementar la funcionalidad requerida. Con el diseño modular de CompactRIO se puede rediseñar y actualizar fácil y rápidamente los nuevos sistemas embebidos cuando una aplicación necesita cambiar sin tener que implementar interfaces de hardware complejas. La FPGA embebida en CompactRIO está programada con LabVIEW, por lo que los sistemas embebidos se pueden personalizar y rediseñar en un corto espacio de tiempo. Si se necesita modificar la funcionalidad del sistema, basta con conectar un nuevo módulo, cambiar el código de LabVIEW y descargar una nueva configuración en el hardware de la FPGA.

Áreas de aplicación

Debido a su bajo costo, fiabilidad e idoneidad para las aplicaciones de medida y control embebidas de gran volumen, se puede adaptar CompactRIO para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de industrias y aplicaciones. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Adquisición de datos, registro de datos y control en el interior de vehículos.
- Vigilancia y protección del estado de máquinas.
- Creación de prototipos de sistemas embebidos.
- Vigilancia remota y distribuida.
- Registro de datos embebido.
- Control de movimiento multi-eje personalizado.
- Monitorización de la potencia eléctrica y control de la electrónica de potencia.
- Control de la maquinaria pesada y servo-hidráulica.
- Control discreto y por lotes.
- Análisis móvil/portátil de NVH (Noise, Vibration, Harshness).

CompactRIO se está utilizando para mejorar el rendimiento y la calidad de los trenes de laminación de acero; para monitorizar aerogeneradores y

generadores de potencia; para crear prototipos de sistemas de control embebidos y para registrar datos de una gran variedad de vehículos, incluyendo aviones, trenes y automóviles. Las aplicaciones CompactRIO continúan evolucionando en áreas tales como el control de maquinaria pesada, el control de semiconductores, el control rápido de prototipos, la monitorización del estado de máquinas y el análisis móvil y portátil de señales dinámicas. Un ejemplo de ello es la excavadora Nexans Spider en el Mar del Norte. Para el control de la excavadora hay tres sistemas CompactRIO que están expuestos al rudo entorno marino, incluyendo rangos de temperatura extremos, aire marino y alta humedad durante largos períodos de tiempo a bordo de los buques de Nexans cuando se ejecuta la compensación del arrastre, el cabrestante, el control de potencia, y la comunicación con la aplicación principal.

Conclusión

La arquitectura CompactRIO ayuda a diseñar rápidamente una solución embebida personalizada utilizando la potencia de procesamiento de una FPGA y la fiabilidad de un procesador en tiempo real en un factor de forma robusto y de bajo coste. CompactRIO proporciona a los ingenieros de sistemas embebidos una respuesta definitiva a la larga lista de limitaciones de diseño, reduciendo el coste de los sistemas embebidos e incrementando las prestaciones y la flexibilidad de los sistemas embebidos. Para obtener más información visite www.ni.com/compactrio.

Acerca de los autores

Todd Dobberstein es el director de marketing del producto CompactRIO de National Instruments. Se incorporó a NI en marzo de 2002 como ingeniero de aplicaciones y tiene una licenciatura de ciencias en ingeniería eléctrica de la universidad del estado de Kansas.

Arves Stolpe es el ingeniero de marketing del producto CompactRIO de National Instruments. Se incorporó a NI, en junio de 2005 como ingeniero de aplicaciones y tiene una licenciatura de ciencias en ingeniería eléctrica e informática de la universidad del estado de Utah.