

## Una piattaforma embedded riconfigurabile per l'automazione

VALERIO ALESSANDRONI

National Instruments ha rivoluzionato il mercato del controllo e dell'acquisizione dati introducendo CompactRIO, un sistema basato su Fpga

In occasione di NIWeek 2004, la mostra-convegno di National Instruments svoltasi come ogni anno presso il Centro Congressi di Austin (Texas), è stato presentato un nuovo sistema di acquisizione e controllo riconfigurabile che apre a LabVIEW la strada verso le applicazioni embedded. Si tratta di CompactRIO, una piattaforma basata sulla tecnologia RIO (Reconfigurable I/O) che permette agli sviluppatori di definire la propria circuiteria di misura custom utilizzando chip Fpga riconfigurabili e tool di sviluppo grafico LabVIEW. Ma vediamo più in dettaglio quali sono le novità fondamentali che questa famiglia ha portato nel campo dell'automazione industriale.



Il sistema embedded riconfigurabile CompactRIO di National Instruments

### Sistema di controllo e acquisizione

CompactRIO di NI si presenta come un avanzato sistema di controllo e acquisizione riconfigurabile progettato per applicazioni che richiedono livelli particolarmente elevati di prestazioni e affidabilità. Il sistema com-

bina un'architettura embedded a basso costo con moduli di I/O industriale di ridotte dimensioni, estremamente robusti e sostituibili a caldo. Il nuovo prodotto, che utilizza l'ambiente di programmazione grafica LabVIEW per uno sviluppo più rapido delle applicazioni, ha un accesso aperto alle risorse hardware a basso livello ed è caratterizzato da un processore embedded real-time a

sibile costruire rapidamente sistemi embedded di controllo o acquisizione le cui prestazioni e il cui livello di ottimizzazione sono paragonabili a quelli della circuiteria hardware di tipo custom.

### La gamma di prodotti

La gamma di prodotti CompactRIO include attualmente i controllori real-time cRIO-9002 e cRIO-9004 con processori a virgola mobile industriali e la famiglia di chassis riconfigurabili a 4 e 8 slot cRIO-910x con Fpga da 1 o 3 milioni di gate e un'ampia varietà di tipi di I/O. Ogni modulo di I/O include i componenti di connettività, una circuiteria di condizionamento del segnale, una circuiteria di conversione (tipo ADC o DAC) e una barriera di isolamento opzionale.



Lo chassis di espansione della Serie R

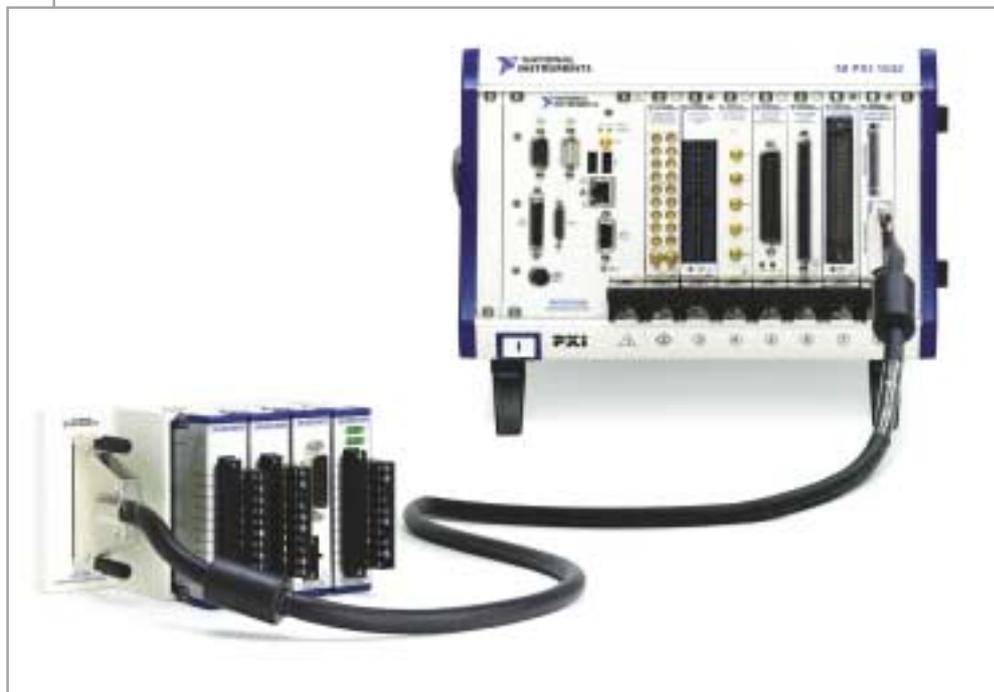
basso consumo e da un chipset Fpga riconfigurabile per realizzare affidabili applicazioni standalone embedded o distribuite. Il core RIO contiene meccanismi di trasferimento dati incorporati per passare i dati al processore embedded per analisi real-time, post processing, data logging, o la comunicazione a un host computer in rete.

I fornitori di sistemi di controllo ed acquisizione utilizzano oggi largamente i componenti Fpga (Field-programmable gate array) per le loro caratteristiche di elevate prestazioni, riconfigurabilità, piccole dimensioni e bassi costi di sviluppo ingegneristico. Con l'introduzione di CompactRIO, i programmatori LabVIEW non hanno più la necessità di conoscere linguaggi di progettazione hardware specializzati come il Vhdl per realizzare sistemi di controllo e acquisizione ottimizzati, basati su Fpga. E' infatti pos-

sibile. CompactRIO permette l'accesso hardware diretto alla circuiteria di ogni modulo di I/O utilizzando le funzioni di I/O elementari di LabVIEW Fpga. Ciascun



La gamma di prodotti CompactRIO include un'ampia varietà di tipi di I/O



CompactRIO è disponibile anche nella versione di espansione (Serie R)

modulo di I/O viene collegato mediante connettori a vite, BNC o Dsub. Integrando la morsetteria di connessione nei moduli, il sistema CompactRIO riduce nettamente lo spazio richiesto e i costi di cablaggio sul campo.

Fra i moduli di I/O disponibili, vi sono quelli con ingressi per termocoppie a +/- 80 mV, I/O analogici con campionamento simultaneo a +/- 10 V, I/O digitali industriali a 24 V con corrente di pilotaggio fino a 1 A, moduli con ingressi digitali differenziali/TTL con uscita di alimentazione a 5 V regolata per encoder e moduli d'ingresso digitale universali a 250 Veff.

Poiché tutti i moduli hanno un condizionamento di segnale incorporato per gamme di tensione estese o tipi di segnali industriali, è normalmente possibile collegare direttamente il modulo CompactRIO con sensori ed attuatori. Lo chassis riconfigurabile è il cuore dei sistemi embedded CompactRIO NI, contenendo il core Fpga

RIO. Quest'ultimo è un'implementazione hardware custom della propria logica di controllo, compresi I/O, timing, triggering e sincronizzazione. Il chip Fpga RIO si collega ai moduli di I/O con una topologia a stella, per l'accesso diretto a ciascun modulo del controllo preciso e una flessibilità illimitata in termini di timing, triggering e sincronizzazione.

Una connessione su bus locale PCI assicura un'interfaccia a elevate prestazioni fra l'Fpga RIO e il processore real-time.

Lo chassis riconfigurabile ha la stessa robusta struttura metallica che distingue l'intera piattaforma CompactRIO.

## Due configurazioni

CompactRIO è disponibile in due configurazioni: un sistema embedded e un sistema di espansione. Il sistema embedded offre un processore embedded real-time, uno chassis riconfigurabile a quattro od otto slot contenente un Fpga programmabile dall'utente e moduli di I/O indu-

## La progettazione di applicazioni di controllo real-time

I sistemi di controllo e acquisizione riconfigurabili contengono tipicamente quattro componenti principali. Il primo è l'applicazione core Fpga RIO per ingresso, uscita, comunicazione e controllo. Vi è quindi un loop critico nel tempo per il controllo a virgola mobile, l'elaborazione dei segnali, l'analisi e la presa di decisioni punto a punto. Il terzo componente è un loop a priorità normale per il data logging embedded, l'interfaccia a Web panel remoto e la comunicazione Ethernet/seriale.

Vi è infine un PC host in rete per l'interfaccia grafica di utente remota, il data logging storico e il postprocessing. In base ai requisiti della propria applicazione, si può decidere di implementare tutti questi componenti o una loro parte.

striali sostituibili a caldo. Questa architettura embedded a basso costo offre un accesso aperto alle risorse hardware a basso livello per il rapido sviluppo di sistemi di



**CompactRIO utilizza un processore real-time**

controllo e acquisizione custom standalone o distribuiti. Il sistema CompactRIO embedded è dotato di un processore classe Pentium a 200 MHz che esegue in modo affidabile e deterministico le applicazioni LabVIEW Real-Time sviluppate dall'utente.

E' possibile scegliere fra migliaia di funzioni LabVIEW incorporate per costruire il proprio sistema embedded multithread per controllo real-time, analisi, data logging e comunicazione.

Il controllore è altresì dotato di una porta Ethernet a 10/100 Mb/s per la comunicazione programmatica sulla rete (e-mail comprese), nonché di Web server (Http) e file server (FTP).

Utilizzando il Web server, è possibile pubblicare automaticamente l'interfaccia grafica di utente del pannello frontale della propria applicazione embedded per il monitoraggio o controllo remoto multiclient. Il processore real-time ha inoltre ingressi di alimentazione a 11... 30 Vcc, uno switch DIP disponibile all'utente, indicatori di stato a LED, un clock real-time, più watchdog timer e altre caratteristiche a elevata affidabilità.

Il sistema di espansione CompactRIO Serie R utilizza gli stessi moduli di I/O industriali sostituibili a caldo per il condizionamento di segnale a elevate prestazioni e I/O di espansione industriali per dispositivi Fpga Serie R su PCI

o PXI/CompactPCI. In questa configurazione, uno chassis di espansione CompactRIO è collegato alla porta digitale su un dispositivo Fpga PCI or PXI Serie R. E' possibile

installare il dispositivo Serie R in qualsiasi computer desktop o PXI con Windows o uno dei sistemi operativi LabVIEW Real-Time. L'Fpga RIO risiede sul sistema Serie R, mentre il CompactRIO converte una delle porte digitali in un sistema di espansione degli I/O e condizionamento dei segnali a elevate prestazioni.

Con i prodotti PXI-7831R o PCI-7831R, è possibile collegare fino a due chassis di espansione per un massimo di otto moduli di I/O per apparecchiatura Serie R. Con il PXI-7811R, è invece possibile collegare fino a quattro chassis di espansione per un massimo di 16 moduli di I/O per apparecchiatura Serie R.

In particolare, il sistema di espansione aggiunge capacità di misura custom ad applicazioni come l'ac-

quisizione dati plug-in tradizionale, la visione, il motion control e la strumentazione modulare.

## I sistemi operativi

Come abbiamo visto, un sistema di espansione CompactRIO Serie R può essere utilizzato con un computer desktop o PXI su cui siano disponibili Windows o uno dei sistemi operativi LabVIEW Real-Time. Il Modulo Real-Time LabVIEW di National Instruments (versione 7.1 e successive) accetta PC desktop standard come target LabVIEW Real-Time.

Più in dettaglio, LabVIEW Real-Time ETS mette a disposizione la selezione più ampia di chassis PXI, controllori e moduli plug-in per acquisizione dati, visione, strumentazione modulare e networking industriale (CAN, Gpib, seriale, ecc.).

LabVIEW Real-Time for RTX può essere invece eseguito solo su alcuni computer desktop e con una selezione limitata di moduli plug-in. RTX è un sistema operativo real-time basato su estensioni, installato su un kernel real-time e un kernel non real-time che condividono lo stesso processore. Con questa architettura a doppio kernel, è possibile eseguire sia l'applicazione host che il sistema real-time sulla stessa macchina.

LabVIEW e il modulo LabVIEW Fpga mettono a dispo-

sizione uno sviluppo grafico per i chip Fpga su hardware vRIO National Instruments. Con il modulo LabVIEW Fpga, è possibile sviluppare applicazioni Fpga su un host computer con Windows.

Successivamente, LabVIEW compila e implementa il codice su hardware.

Utilizzando il modulo LabVIEW Fpga, è possibile definire una circuiteria hardware di I/O e controllo custom senza una precedente conoscenza del progetto hardware o del linguaggio Vhdl.

Il modulo LabVIEW Fpga, il modulo LabVIEW Real-Time e l'ambiente di sviluppo LabVIEW for Windows mettono a disposizione una gamma di tool e tecnologie per accelerare lo sviluppo di sistemi embedded riconfigurabili avanzati, affidabili e altamente ottimizzati.

## Esempi applicativi

Nonostante la recente introduzione, gli esempi applicativi di successo di CompactRIO sono già numerosi, grazie alle caratteristiche di basso costo, affidabilità e idoneità per applicazioni di misura e controllo in volumi elevati della nuova famiglia. CompactRIO può essere infatti adattato per risolvere le esigenze di un'ampia varietà di settori e applicazioni.

Gli esempi includono il controllo batch e discreto, il motion control, l'acquisizione dati su veicoli, il monitoraggio delle condizioni di macchine, la prototipazione rapida (RCP), applicazioni di controllo e acquisizione industriali, acquisizione dati e controllo distribuiti e numerosi tipi di analisi (rumore, vibrazioni, durezza, ecc.). Riportiamo allo scopo due significativi esempi.

## La tecnologia RIO

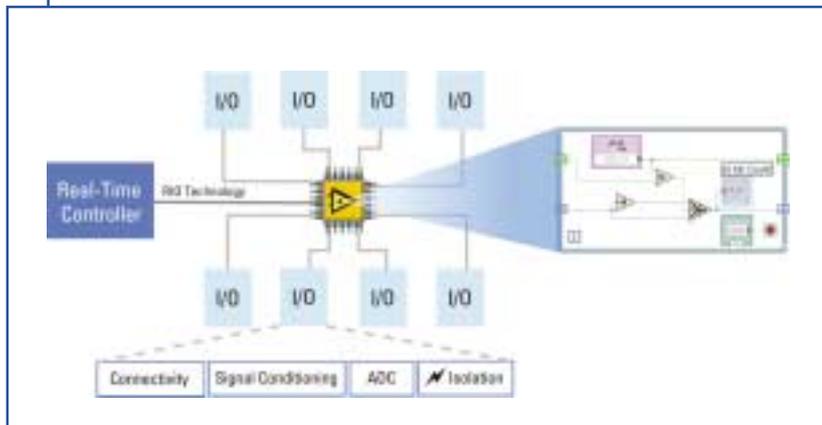
La circuiteria Fpga è un motore di calcolo riconfigurabile, a elaborazione parallela, che esegue l'applicazione sviluppata dall'utente attraverso una circuiteria su silicio all'interno di un chip. L'Fpga ha al suo interno una matrice di blocchi logici riconfigurabili (CLB), circondata da una periferia di blocchi di I/O. I segnali possono essere instradati nella matrice Fpga in qualsiasi modo arbitrario mediante switch di interconnessione programmabili e route filari.

I dispositivi basati su Fpga erano tradizionalmente definiti dai fornitori più che dagli utenti, a causa dell'elevata complessità dei tool di progettazione elettronica.

Oggi, grazie alla tecnologia RIO, l'utente può definire liberamente la propria circuiteria hardware di misura custom in modo molto più semplice, basandosi su chip Fpga riconfigurabili e tool di sviluppo grafico LabVIEW. In questo modo, egli può sfruttare in modo completo i vantaggi offerti dalla tecnologia Fpga riconfigurabile, per sintetizzare automaticamente e velocemente un'implementazione circuitale ottimizzata della propria applicazione di I/O, comunicazione o controllo.

In particolare, utilizzando l'hardware Fpga RIO embedded, è possibile implementare sistemi di controllo PID analogici multiloop con velocità di loop maggiori di 100 kS/s o filtri FIR del quinto ordine, tabelle di look-up monodimensionali, interpolazioni lineari, il rilevamento del passaggio per lo zero e la sintesi digitale diretta di sinusoidi. E' altresì possibile implementare sistemi di controllo digitali con velocità di loop fino a 1 MS/s e valutare più rlung di logica

Booleana con un ciclo singolo, mentre vengono eseguiti loop a 40 MHz (con una risoluzione di 25 ns). Grazie alla natura parallela del core RIO, l'aggiunta di calcolo non riduce necessariamente la velocità dell'applicazione Fpga.



**La tecnologia RIO  
(Reconfigurable I/O)**

La prima applicazione è stata sviluppata dalla National Oceanic and Atmospheric Administration di Boulder, Colorado, che si proponeva di creare una soluzione di strumentazione avionica custom con hardware di serie in grado di sopravvivere alle difficili condizioni di un funzionamento ad alta quota.

La soluzione, compatta, embedded e robusta, è stata ottenuta con i prodotti CompactRIO e la tecnologia di I/O riconfigurabile National Instruments. Afferma David Thomson: "Abbiamo trovato nel sistema embedded CompactRIO la soluzione migliore per le estreme condizioni ambientali del collaudo in alta quota.

Il sistema assicura un range di temperature di funzionamento di -40°C +70°C ed è dotato di un alimentatore a doppia ridondanza in grado di utilizzare una tensione d'ingresso in c.c., nonché di moduli di segnale di I/O isolati, ed è collaudato per urti fino a 50 g. Thomson aggiunge che il sistema embedded CompactRIO assorbe una potenza elettrica minore di 20 W, cosa che si è rivelata molto utile negli ambienti a bassa pressione.

Nella seconda applicazione, CompactRIO e LabVIEW Fpga sono stati utilizzati per misurare le caratteristiche di magnetizzazione di una macchina SR (a riluttanza commutata) presso il Virginia Tech - Elec & Comp Engineering di Blacksburg, Virginia. L'obiettivo era quello di sviluppare un algoritmo in grado di misurare ed eliminare le perdite per correnti parassite e le variazioni di resistenza provocate dal calore, nonché misurare le caratteristiche di magnetizzazione.

"Allo scopo abbiamo utilizzato LabVIEW 7.1, il modulo LabVIEW Fpga, un PXI-7831R, vari moduli CompactRIO e un circuito d'interfaccia per rilevare la corrente di fase e attenuare la tensione di fase", afferma Keunsoo Ha. "Abbiamo così ottenuto una calibrazione automatica dei sensori, un ambiente sperimentale user-

friendly e un'uscita grafica della curva flusso-concatenamento per l'osservazione e la memorizzazione".

## Altre testimonianze

Ma vi sono molte altre testimonianze a favore di CompactRIO. Afferma per esempio Daren Williamson di AmFax: "Utilizzando la tecnologia RIO abbiamo ridotto del 50% il nostro tempo di sviluppo, ridotto il costo dei nostri sistemi di test automatizzati e, soprattutto, permesso ai nostri clienti di riutilizzare al 90-95% la loro piattaforma per applicazioni future".

Riferisce Corey Jaskolski di Hydro Technologies (ricerca sui trasporti): "La tecnologia RIO ci offre un enorme vantaggio. Non solo assicura significativi risparmi di costi e tempi rispetto alle soluzioni completamente custom, ma la sua riconfigurabilità ci permette di eseguire cambiamenti rapidi in risposta alla ridefinizione dei piani di test e degli obiettivi di progetto".

George Cheng di CyboSoft, un'azienda che opera nel campo del controllo di processo e del motion control, afferma: "I nostri controllori MFA embedded che funzionano in LabVIEW Real-Time offrono una soluzione di controllo adattativo di serie, ad alta velocità ed elevata precisione. I controllori MFA funzionanti in CompactRIO, offrono velocità dei loop di controllo di 100 microsecondi, con una precisione degli I/O analogici di 16 bit".

"Utilizzando la nostra ampia esperienza con LabVIEW e la nuova piattaforma CompactRIO, abbiamo creato un'applicazione di acquisizione dati dinamica intelligente da veicoli in un quarto del tempo che sarebbe stato necessario se avessimo creato hardware custom completamente nuovo", afferma invece Joel Gorsegner di Roush Industries. "Abbiamo scelto CompactRIO perché nessun'altra soluzione sul mercato offre questo livello di customizzazione in un formato abbastanza robusto da sopportare il duro terreno dei moderni siti di prova".

Concludiamo con la testimonianza di Rainer Lindner di Göpel electronic (acquisizione dati in-vehicle): "I vantaggi di CompactRIO sono le piccole dimensioni e la flessibilità.

Il nostro reparto di sviluppo ha trasferito questa flessibilità nel nuovo sistema Carlos. Con CompactRIO, abbiamo creato algoritmi altamente customizzati da integrare nel Carlos, sviluppando un sistema di analisi e diagnostica di bordo portatile e definito dall'utente". ■

## Condizioni d'uso e certificazioni

Il sistema embedded CompactRIO unisce capacità standalone affidabili con certificazioni industriali e condizioni d'uso estreme per l'applicazione anche in ambienti particolarmente ostili. Il range di temperatura nominale è di -40... +70°C, la resistenza agli urti è di 50 g ed è possibile l'uso in ambienti pericolosi o potenzialmente esplosivi (Classe I, Div. 2). La maggior parte dei moduli di I/O ha un isolamento massimo di 2.300 Veff (continui). Ogni componente è provvisto di certificazioni internazionali di sicurezza, compatibilità elettromagnetica (EMC) e ambientali. L'assorbimento è minimo: tipicamente da 7 a 10 W.