

# NIDays

**FORUM TECNOLOGICO  
SULLA PROGETTAZIONE GRAFICA DI SISTEMI**

---

**SOLUZIONI E APPLICAZIONI 2012**

—— 19<sup>a</sup> edizione ► [nidays.it](http://nidays.it) ——

# Sistema unificato di caratterizzazione per bitumi e asfalti basato su NI CompactRIO e NI LabVIEW

G. Pizzocolo – IPSES

## LA SFIDA

Implementare un sistema integrato hardware e software per la caratterizzazione fisico-meccanica di bitumi e asfalti mediante prove di resistenza e di durata che effettui differenti tipologie di test, gestisca in maniera precisa i carichi e le pressioni necessarie durante le prove e permetta la raccolta e la visualizzazione dei dati.

## LA SOLUZIONE

Un sistema real-time, implementato su NI CompactRIO, a due anelli chiusi con setpoint autoregolanti in grado sia di controllare carichi fino a 100kN, spostamenti di pochi micrometri e pressioni di centinaia di kPa in tempi brevi e certi, sia di adattarsi dinamicamente e autonomamente alle caratteristiche del provino da caratterizzare.

## Prodotti utilizzati

LabVIEW

NI CompactRIO

*Per conto della Controls, leader mondiale per macchine e sistemi di prova per materiali da costruzione, è stato sviluppato un sistema di test automatico per la caratterizzazione di provini di asfalti e di bitumi interamente controllabile da PC mediante l'interfacciamento Ethernet ad un CompactRIO.*

*Il sistema gestisce in particolare:*

- un attuatore verticale e un regolatore di pressione, con estrema precisione, velocità e dinamica;
- ogni singola prova in maniera autonoma, svincolando il PC da qualsiasi intervento, pur mostrando più informazioni possibili a video;
- diverse tipologie di prove, come definito nelle normative europee e internazionali;
- procedure di calibrazione, verifiche e reportistiche.

viene sottoposto a pressione radiale costante mentre è caricato assialmente. Anche in questo caso, il sistema deve intervenire in tempi rapidissimi per compensare tutte le variazioni a cui è sottoposto il campione e lo spazio a esso circostante durante la prova di compressione.

Il sistema deve gestire numerose tipologie di prove, descritte da normative europee e internazionali:

- Trazione indiretta – modulo: il provino deve essere verticalmente compresso mediante dieci impulsi, 5 di condizionamento e 5 di prova effettiva, da un profilo di forza emiseno verso di ampiezza costante e di durata di 124ms. Gli impulsi devono intervallarsi ogni 3 secondi e il primo deve generare una deformazione orizzontale di 5 o 7 micrometri (a seconda della dimensione del provino). La prova caratterizza la variazione di deformazione orizzontale dopo 5 cicli di carico verticale.

**“L'impiego di LabVIEW e di CompactRIO ha permesso di ridurre tempi e rischi di sviluppo e di riutilizzare alcuni algoritmi già implementati nello sviluppo di un precedente sistema di caratterizzazione di provini di terra. CompactRIO ha confermato la sua affidabilità ed elevate prestazioni, anche per applicazioni real-time critiche come questa che richiedono massima precisione con cicli di lavoro stressanti e prolungati.”**

La macchina sviluppata è composta da due parti:

- un sistema elettromeccanico, realizzato da Controls, composto da un telaio di acciaio ad alta rigidità per l'applicazione di carichi dinamici mediante attuatore servo-idraulico, cilindro di prova per sollecitazione radiale del campione mediante acqua in pressione, camera di prova termoregolata per mantenere costante la temperatura durante il test;
- un sistema di controllo costituito da un CompactRIO interfacciato via Ethernet al PC e software di gestione sviluppato in LabVIEW.

L'applicazione, finalizzata a sollecitare meccanicamente provini di bitume per caratterizzarli fisicamente, deve controllare in real-time, mediante una valvola proporzionale, in posizione o in carico un attuatore che genera forze sino a 100kN (equivalente della forza generata da una massa di 10 tonnellate): da qui deriva la complessità del sistema che deve essere estremamente rapido nei tempi di risposta e molto preciso e stabile nel controllo di variazioni di posizione di pochi micrometri con elevate forze in atto. Inoltre, il sistema deve controllare accuratamente la pressione interna di confinamento del campione: infatti, il provino durante alcune prove

- Trazione indiretta – fatica: simile alla prova precedente, ma con impulsi di 0,1s intervallati di 0,5s che continuano sino a quando la deformazione orizzontale non raggiunge un valore limite definito dall'utente.
- Deformazione permanente uniassiale o triassiale: il provino viene ciclicamente compresso mediante un profilo di forza sinusoidale o quadra con frequenza tra 0,5 e 5Hz e di ampiezza fissa. In questo caso i cicli sono migliaia e la prova caratterizza l'andamento della deformazione in funzione del numero dei cicli.
- Flessione su 4 e su 2 punti: il provino viene vincolato in quattro punti (due fissi e altri due sull'attuatore) oppure in due punti (uno fisso e il secondo sull'attuatore) e si applicano decine di migliaia di cicli di deformazione costanti con frequenze sino a 70Hz, valutando la variazione di carico necessaria per mantenere tale deformazione.

La prova di trazione indiretta, a livello di prestazioni real-time, è quella più articolata: infatti, non è sufficiente definire e trasmettere il profilo dei setpoint di carico dal PC al CompactRIO (e quindi al PID) e utilizzarli durante la prova, poiché tale profilo di carico



Figura 1: Pannelli dell'applicazione PC durante una prova di Trazione Indiretta (modulo)



Figura 2: CompactRIO (con relativi moduli) inscatolato nell'apposito rack, con i LED e il tasto di emergenza sul fronte e i connettori di I/O sul retro

verticale deve adattarsi durante i primi 5 cicli di setup in modo da produrre una certa deformazione orizzontale. Inoltre gli impulsi devono essere applicati a istanti precisi e fissi, quindi il PC non può gestire l'elaborazione dei dati e calcolare un nuovo profilo di carico da mandare al PID perché non è in grado di garantire la necessaria rapidità di risposta. Si è quindi implementato all'interno dell'FPGA di CompactRIO un algoritmo di "inseguimento" automatico che verifica la deformazione massima raggiunta dal provino al termine di ogni ciclo e ricalcola automaticamente l'intero nuovo profilo di carico per il ciclo successivo. In questo modo, una volta avviata la prova, l'intero processo è gestito soltanto da CompactRIO e il PC è utilizzato solo per visualizzare e salvare i dati raccolti.

Il sistema gestisce indipendentemente e velocemente due PID durante la prova di caratterizzazione del provino: uno per il controllo dello spostamento (o del carico) e uno per il controllo della pressione interna. Per poter ottenere la precisione e la reattività richiesta, sono stati implementati direttamente sull'FPGA di CompactRIO due PID con 10kHz di banda (ciclo di 100 $\mu$ s).

La lunghezza e la composizione dello streaming dei setpoint è tipicamente di qualche decina di Hertz (sino ad un massimo di 70Hz). Il periodo di campionamento è stato fissato a 12,5 $\mu$ s per i 4 trasduttori afferenti al PID (su cui viene poi effettuata una media mobile su otto campioni) e a 100 $\mu$ s per i restanti 8. I setpoint dei PID sono generati e calibrati sul PC, dopodiché vengono inviati a CompactRIO che autonomamente si occupa di controllare la prova: il PC raccoglie e visualizza i dati dai vari trasduttori. Si è ottenuto così un controllo molto preciso che non è influenzato da eventuali momentanee saturazioni della rete o da rallentamenti del PC.

I dati trasmessi al PC (12 trasduttori la cui misura viene codificata a 32bit e trasmessa a 2,5kHz, più un canale aggiuntivo di sincronizzazione e timestamp) hanno un payload di dati utili di 130kbaud a cui va aggiunto anche l'overhead del TCP/IP e della gestione dei relativi pacchetti, efficacemente gestiti dai VI di "Network Stream" recentemente introdotti in LabVIEW e in grado di garantire un trasferimento continuo di dati con elevata velocità di trasmissione e bassa latenza.

Poiché il sistema è stato concepito per essere venduto in tutto il

mondo, sono state implementate sia le prove di caratterizzazione normative più diffuse, sia diverse prove customizzabili per rispettare normative differenti non prese direttamente in considerazione o per effettuare test di studio e ricerca.

Il software multilingua implementa una procedura di calibrazione guidata e la relativa verifica per soddisfare le normative ISO in fatto di ripetibilità e accuratezza delle misure, gestendo anche le esportazione dei parametri in Excel.

L'impiego di LabVIEW e di CompactRIO ha permesso di ridurre tempi e rischi di sviluppo e di riutilizzare alcuni algoritmi già implementati nello sviluppo di un precedente sistema di caratterizzazione di provini di terra. CompactRIO ha ancora una volta confermato la sua affidabilità ed elevate prestazioni, anche per applicazioni real-time critiche come questa che richiedono massima precisione con cicli di lavoro stressanti e prolungati.



Figura 3: Il sistema completo (da sinistra a destra: il rack di controllo contenente il compactRIO, il PC, il sistema di test meccanico e il relativo sistema di gestione dell'idraulica)