

Tworzenie aplikacji czasu rzeczywistego z użyciem sprzętu i oprogramowania National Instruments

Aplikacje czasu rzeczywistego znajdują zastosowanie przede wszystkim w przemyśle, ale są też bardzo użyteczne w wielu innych dziedzinach, takich jak miernictwo, w których konieczne jest utrzymanie precyzyjnych rygorów czasowych. Stworzenie aplikacji spełniającej to wymaganie nie musi być trudne. Zadanie to można sobie ułatwić korzystając z oprogramowania NI LabVIEW lub NI LabWindows/CVI i kompatybilnego z nim sprzętu firmy National Instruments. W artykule pokażemy, jak to zrobić.

W celu tworzenia aplikacji czasu rzeczywistego, w oparciu o produkty firmy National Instruments, konieczne jest wybranie środowiska programistycznego. Firma ta oferuje dwa produkty: bardziej popularne i rozbudowane, a zarazem rekomendowane graficzne środowisko NI LabVIEW oraz oprogramowanie NI LabWindows/CVI, w którym programuje się z użyciem języka ANSI C.

Programowanie w LabVIEW

W przypadku aplikacji czasu rzeczywistego tworzonych w LabVIEW konieczny jest zakup pakietu oprogramowania wraz z modułem LabVIEW Real-Time. Pozwala on na projektowanie zaawansowanych, niezawodnych programów pracujących w pełni zgodnie z wymaganiami tzw. twardych systemów czasu rzeczywistego (hard real-time OS), uruchamianie ich na kompatybilnym sprzęcie i debugowanie, bez konieczności stosowania dodatkowych narzędzi.

Użycie modułu LabVIEW Real-Time pozwala też na skorzystanie z większości dostępnych w LabVIEW algorytmów DSP i procedur matematycznych – w tym funkcji sterowania PID – na urządzeniach wbudowanych. Ponadto, dodatkowy moduł LabVIEW MathScript RT pozwala na uruchamianie skryptów matematycznych, pracujących z rygorami czasu rzeczywistego. Alternatywnie, moduł LabVIEW Simulation Interface Toolkit pozwala na korzystanie z modeli tworzonych w aplikacji Simulink firmy Mathworks.

Tworzenie, ładowanie i uruchamianie aplikacji w LabVIEW RT

Tworząc aplikacje czasu rzeczywistego w LabVIEW, wykorzystuje się okno Project Explorer, które pozwala na organizowanie programów (przyrządów wirtualnych – VI) i dzielenie ich na kategorie, w zależności od platformy sprzętowej, na której mają być uruchamiane. Warto zauważyć, że projekt tworzony jest na dowolnym, klasycznym komputerze PC, pracującym pod kontrolą systemu Windows. Podłączenie do sprzętu przystosowanego do pracy w czasie rzeczywistym dokonuje się dopiero później, poprzez Ethernet.

Proces tworzenia aplikacji czasu rzeczywistego jest praktycznie identyczny z programowaniem standardowych aplikacji LabVIEW dla komputera PC. Kilka do-

datkowych funkcji, typowych dla systemów RT, jest dostępnych z przybornika funkcji (przyrządów wirtualnych) czasu rzeczywistego. Wśród nich znaleźć można:

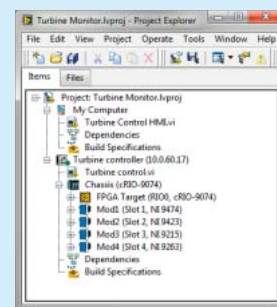
- funkcje watchdog, automatycznie restartujące wskazane platformy sprzętowe, w sytuacji, gdy program przestanie odpowiadać,
- funkcje komunikacyjne do deterministycznego czasowo przesyłania danych pomiędzy poszczególnymi elementami aplikacji RT,
- narzędzia do konfiguracji funkcji podziału zadań pomiędzy poszczególne rdzenie procesorów w systemach wielordzeniowych,
- funkcje nadzorujące wykonywanie poszczególnych zadań i pętli w określonym czasie.

W celu przetestowania stworzonego programu wystarczy kliknąć na ikonkę uruchamiania aplikacji. Zostanie ona wtedy automatycznie przeniesiona przez sieć Ethernet na docelową platformę sprzętową i uruchomiona. Następnie możliwe jest użycie standardowych narzędzi do debugowania, takich jak podświetlanie wykonywanych aktualnie operacji, praca krokowa i dodawanie punktów wstrzymania wykonywania programu. Wszystko to z poziomu komputera PC, pomimo że sama aplikacja uruchomiona jest na zdalnym systemie podłączonym przez Ethernet.

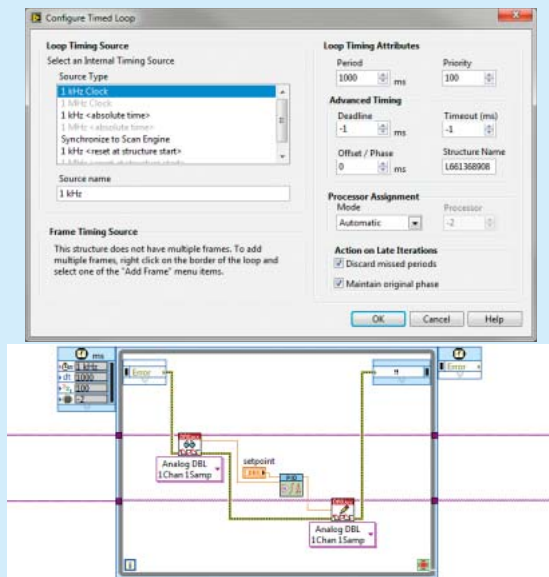
Po zakończeniu programowania, możliwe jest utworzenie pliku wykonywalnego (.rtexe) i załadowanie go do docelowego sprzętu, jako programu uruchamianego na starcie urządzenia. To wystarczy, by działał on jako niezależna aplikacja czasu rzeczywistego.

Priorytetyzacja sekcji kodu w LabVIEW

Programowanie w oparciu o przepływ danych w LabVIEW uwalnia programistę od konieczności tworzenia sekwencyjnej architektury programu, typowej dla języków tekstowych. Ponieważ kolejność wykonywania



Rysunek 1. Okno „Project Explorer” pozwala na zarządzanie programami tworzonymi w LabVIEW.



Rysunek 2. Konfiguracja priorytetów dla poszczególnych sekcji kodu w LabVIEW

kodu wynika ze sposobu przepływu danych pomiędzy poszczególnymi elementami zdefiniowanymi w postaci graficznej, łatwo jest tworzyć aplikacje przystosowane do równoległego wykonywania wielu operacji. LabVIEW pozwala ponadto na ręczne sterowanie kolejnością wykonywania kodu poprzez przypisywanie priorytetów w ramach struktur pętli czasowych. Każda z pętli może mieć określone niezależnie źródło taktowania, okres, priorytet i kilka innych opcji.

Obsługa wielu rdzeni w LabVIEW

Moduł LabVIEW Real-Time obsługuje wykonywanie kodu w oparciu o wiele rdzeni procesora. Automatycznie tworzy oddzielne wątki dla równoległe działających sekcji kodu. Dzięki temu nie ma potrzeby ręcznego ich kreowania i zarządzania nimi. Domyślnie, wątki te są dynamicznie przypisywane do wykonywania na rdzeniach procesorów dostępnych w danej aplikacji. Jednakże, w celu dalszego zwiększenia wydajności i niezawodności, możliwe jest ręczne przypisanie poszczególnych pętli czasowych do poszczególnych rdzeni. Przykładowo, można zarezerwować wybrany rdzeń procesora tylko i wyłącznie do obsługi jednej, krytycznej czasowo pętli, i uniezależnić ją od mniej istotnych zadań, uruchamianych na pozostałych rdzeniach.

Projekt w LabWindows/CVI

W przypadku, gdy preferowanym językiem tworzenia kodu jest ANSI C, aby skorzystać z zalet sprzętu i algorytmów oferowanych przez National Instruments, można użyć środowiska programistycznego NI LabWindows/CVI. Obsługę pracy w czasie rzeczywistym zapewnia moduł LabWindows/CVI Real-Time, który pozwala na tworzenie i uruchamianie takich programów na sprzęcie NI. Zostanie on omówiony w dalszej części artykułu.

Zaawansowane debugowanie

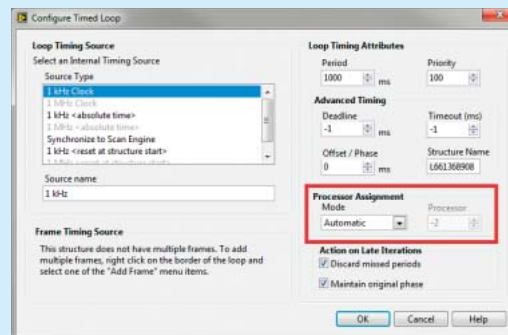
Środowisko programistyczne oferowane przez National Instruments pozwala też na zaawansowane debugowanie aplikacji wielordzeniowych. W tym celu należy użyć pakietu Real-Time Execution Trace Toolkit, który pozwala przeanalizować wydajność tworzonych programów, bez

wstrzymywania wykonywania kodu. Wystarczy drobne modyfikacje, by aplikacja zapisywała informacje o szybkości swojej pracy do pliku i przesyłała je do komputera w celu podglądu i analizy. Narzędzie do śledzenia sposobu wykonywania kodu w czasie prezentuje przebiegi wątków, założone muteksy i zaalokowane bloki pamięci. Pozwala zoptymalizować wydajność aplikacji poprzez wykrywanie niepożądanych zdarzeń i hazardów wprowadzających opóźnienia lub grożących błędami w wykonywanych operacjach.

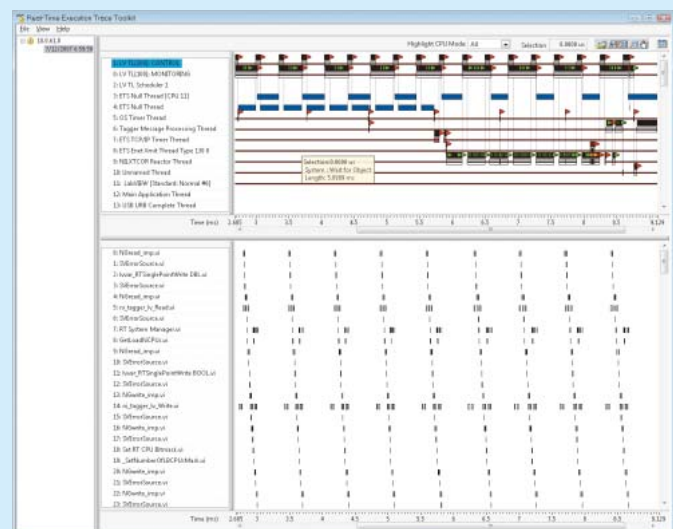
Wybór platformy sprzętowej i modułów wejść/wyjść

Wszystkie platformy sprzętowe National Instruments, przygotowane do pracy z systemami operacyjnymi czasu rzeczywistego mają wspólną architekturę, co oznacza, że programy napisane w LabVIEW Real-Time Module będą poprawnie działać na różnych platformach, bez konieczności wprowadzania większych modyfikacji. Konkretnie rzecz ujmując, każda z platform sprzętowych zawiera takie komponenty, jak mikroprocesor, pamięć RAM, pamięć nieulotną i interfejs do magistrali wejść i wyjść. Niektóre z platform sprzętowych mają ponadto wbudowane układy FPGA, które można programować za pomocą modułu LabVIEW FPGA.

Platformy sprzętowe National Instruments istotnie różnią się między sobą i są przystosowane do różnych rodzajów aplikacji. W zależności od tego, czy potrzebna jest bardzo duża wydajność, czy niewielkie wymia-



Rysunek 3. Stworzone w aplikacji pętle można automatycznie lub ręcznie przypisywać do dostępnych rdzeni procesora.



Rysunek 4. Narzędzie Real-Time Execution Trace Toolkit dla LabVIEW i LabWindows/CVI.



Rysunek 5. Platforma PXI



Rysunek 6. Przykładowy sterownik przemysłowy firmy National Instruments

ry, czy też odporność na trudne warunki środowiskowe, optymalne będzie inne rozwiązanie. Warto zaznaczyć, że wszystkie platformy oferowane przez NI i przystosowane do pracy w czasie rzeczywistym mogą działać w pełni autonomicznie.

Platforma PXI

PXI to przemysłowy standard, na który składają się wytrzymałe obudowy ze zintegrowanymi układami wyzwalania i timerami, wbudowanym układem sterującym oraz miejscami na montaż kart z modułami wejść i wyjść. Wbudowany kontroler zawiera też porty szeregowo, USB, ethernetowe i GPIB. Urządzenia PXI mogą być programowane z użyciem zarówno LabVIEW Real-Time Module, jak i LabWindows/CVI Real-Time Module. Co więcej, kontrolery PXI pracujące pod kontrolą systemu Windows można przekształcić w systemy RTOS, nabywając licencję LabVIEW Real-Time Deployment. Możliwe jest również skonfigurowanie sprzętu do pracy w trybie dual-boot, kiedy to, czy platforma będzie działać pod kontrolą systemu czasu rzeczywistego czy Windows jest określone w konfiguracji BIOS. Pomocna w tworzeniu własnej, kompletnej platformy PXI może być aplikacja internetowa dostępna pod adresem: <http://ohm.ni.com/advisors/pxi>.

Platforma PXI jest często używana do najbardziej wymagających aplikacji, takich jak np. testowanie urządzeń elektronicznych na linii produkcyjnej lub analiza wibracji w systemach monitorowania stanu maszyn przemysłowych. Zastosowanie platformy PXI w aplikacjach czasu rzeczywistego pozwala na dostęp do zaawansowanych funkcji synchronizacji, które umożliwiają precyzyjne wyzwalanie wejść i wyjść oraz współpracę wielu modułów sprzętowych ze sobą.

Sterowniki przemysłowe

Sterowniki przemysłowe oferowane przez National Instruments to odporne na trudne warunki środowiskowe, bezwentylatorowe urządzenia o dużej wydajności, wyposażone w pojedyncze gniazdo PCI lub PCIe pozwalające na montaż kart rozszerzeń. Mają wbudowane porty

szeregowo, USB, czytnik kart CF i gniazdo ethernetowe. Mogą być programowane zarówno z poziomu LabVIEW, jak i LabWindows/CVI.

Sterowniki przemysłowe firmy National Instruments stanowią idealny wybór w przypadku aplikacji czasu rzeczywistego, uruchamianych w trudnych warunkach środowiskowych, gdzie użycie aktywnego chłodzenia z zastosowaniem wentylatorów nie jest możliwe. Sterowniki można podłączać do innych urządzeń za pomocą sieci EtherCAT lub poprzez rozszerzenia zgodne z interfejsem MXIe.

CompactRIO

Ciekawą platformą sprzętową jest CompactRIO (Compact Reconfigurable I/O), które łączy w sobie procesor pracujący w czasie rzeczywistym, układ FPGA i moduły wejść i wyjść. Dodatkowo, posiada wbudowane interfejsy szeregowo, USB i ethernetowe. Bloki wejść i wyjść w CompactRIO są bezpośrednio podłączone do układu FPGA, co pozwala na bardzo szybkie przetwarzanie danych. Rezultaty tego przetwarzania są następnie dostępne dla głównego mikroprocesora platformy. Internetowa aplikacja do konfiguracji platformy CompactRIO znajduje się pod adresem: <http://ohm.ni.com/advisors/crio>.

Moduł LabVIEW Real-Time pozwala na programowanie wbudowanego w CompactRIO procesora czasu rzeczywistego, a moduł LabVIEW FPGA umożliwia konfigurację bramek w układzie FPGA. Alternatywnie, można zastosować mechanizm NI Scan Engine modułu LabVIEW Real-Time, który pozwala bezpośrednio komunikować główny mikroprocesor z modułami wejść i wyjść. Pomijamy w ten sposób konieczność samodzielnego programowania FPGA.

Sterowniki CompactRIO są często używane w aplikacjach przemysłowych, w tym do monitorowania stanu maszyn, sterowania ruchem i logowania danych. Ponadto CompactRIO są idealne do szybkiego prototypowania systemów wbudowanych, co pozwala skrócić czas potrzebny na wprowadzenie produktu na rynek.

Komputery jednopłytkowe – sbRIO

Urządzenia platformy NI Single-Board RIO mają identyczną architekturę jak CompactRIO, ale oferowane są w postaci pojedynczych płytek drukowanych. Zawierają, tak samo jak CompactRIO, mikroprocesor zdolny do pracy w czasie rzeczywistym i programowalny układ FPGA. Dostępne są też liczne moduły wejść i wyjść, również oferowane w postaci płytek drukowanych.

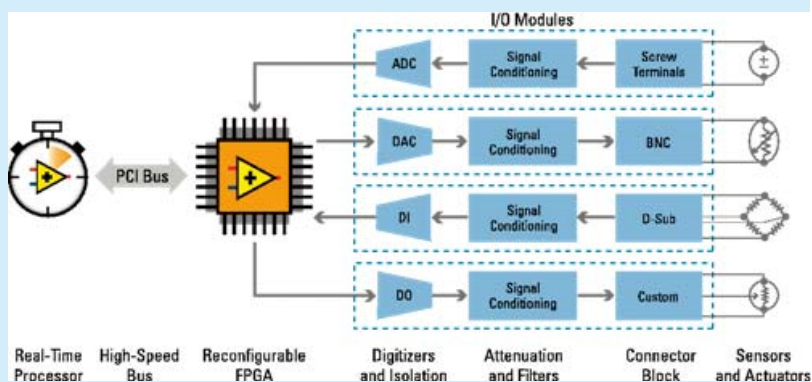
Platforma NI Single-Board RIO sprawdza się najlepiej w przypadku systemów produkowanych w dużej liczbie sztuk, wymagających elastyczności konfiguracji, dużej wydajności i niezawodności. Omawiane kontrolery cieszą się popularnością m.in. w zastosowaniach medycznych, robotyce i sterowaniu pojazdami bezzałogowymi.

Systemy wizyjne

National Instruments oferuje szeroki zakres sprzętu do systemów wizyjnych czasu rzeczywistego. Przykładem jest platforma Smart Camera, która sprawdza się w rozwiązaniach typu „wszystko w jednym”, Compact Vision System, który pozwala na przetwarzanie danych z wielu



Rysunek 7. Platforma CompactRIO



Rysunek 8. Architektura platformy CompactRIO

kamer oraz bardzo wydajne, bezwentylatorowe urządzenia Embedded Vision System.

Urządzenia z serii Smart Camera łączą w sobie wysokiej jakości sensor obrazu z procesorem umożliwiającym pracę w czasie rzeczywistym, możliwym do programowania z użyciem modułu LabVIEW Real-Time. Dokupienie licencji na oprogramowanie NI Vision Development Module daje dostęp do setek funkcji związanych z przetwarzaniem obrazu i systemami wizyjnymi. Omawiane produkty mają też dwa optoizolowane cyfrowe wejścia, dwa optoizolowane cyfrowe wyjścia, jeden port szeregowy RS232 i dwa porty gigabitowego Ethernetu.

Platforma Compact Vision System (CVS) zawiera wbudowany procesor czasu rzeczywistego, układ FPGA i interfejsy IEEE1394 do podłączania kamer. Mają też wbudowane wyjście wideo, port ethernetowy, 15 cyfrowych wejść i 14 cyfrowych



Rysunek 9. Platforma NI Single-Board RIO

Nieźródnane możliwości i elastyczność w zautomatyzowanych testach



Urządzenia oparte na platformie NI PXI oraz środowisko NI LabVIEW przyczyniają się do redukcji kosztu budowy testerów, zwiększenia przepustowości systemu oraz skrócenia czasu potrzebnego na implementację oprogramowania. Ponad 500 oferowanych przyrządów PXI umożliwia opracowanie kompleksowych rozwiązań do nawet najbardziej wymagających, zautomatyzowanych testów.

**Zwiększ swoją efektywność.
Odwiedź ni.com/pxi**



©2013 National Instruments Corporation. Wszystkie prawa zastrzeżone. LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com to zarejestrowane znaki handlowe National Instruments. Inne wymienione produkty i firmy to zarejestrowane znaki handlowe i nazwy firmowe odpowiednich firm. 09580

800 889 897

National Instruments Poland Sp. z o.o. • Salzburg Center, ul. Grójecka 5, 02-025 Warszawa • Tel: +48 22 328 90 10 • Fax: +48 22 331 96 40
Strona internetowa: <http://poland.ni.com> • Adres e-mail: ni.poland@ni.com
KRS 86646, Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy, XIII Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego • Kapitał zakładowy: 100,000.00 PLN • NIP 527-22-69-641

Tabela 1. Platformy sprzętowe NI i dostępność modułów wejść i wyjść

Dostępność wejść i wyjść	PXI	CompactRIO	Systemy wizyjne	Zwykłe lub przemysłowe PC
Różnorodność	●	◐	○	●
Standardowe sterowniki	◐	◐	◐	◐
Możliwość dostosowania do własnych potrzeb	◐	●	◐	◐
Możliwość rozszerzania o dodatkowe wyjścia i wejścia	●	◐	○	●

Legenda: ○ Dobra ◐ Lepsza ● Najlepsza

Tabela 2. Porównanie wydajności poszczególnych platform sprzętowych

Wydajność	PXI	CompactRIO	Systemy wizyjne	Zwykłe lub przemysłowe PC
Determinizm pracy	●	●	●	◐
Kontrola czasu wyzwania i synchronizacji	●	●	◐	◐
Szybkość przetwarzania danych	◐	◐	◐	●
Przetwarzanie wielordzeniowe	●	○	○	●

Legenda: ○ Dobra ◐ Lepsza ● Najlepsza

Tabela 3. Cechy fizyczne platform sprzętowych oferowanych przez NI

Cechy fizyczne	PXI	CompactRIO	Systemy wizyjne	Zwykłe lub przemysłowe PC
Odporność na trudne warunki środowiskowe	◐	●	●	różna
Przenośność	◐	●	●	◐

Legenda: ○ Dobra ◐ Lepsza ● Najlepsza

**Rysunek 10. Platforma NI SmartVision**

wyjść. Programowanie wbudowanego procesora możliwe jest za pomocą modułu LabVIEW Real-Time, a FPGA – poprzez moduł LabVIEW FPGA. Układ programowalny komunikuje się bezpośrednio z cyfrowymi wejściami i wyjściami.

Platformy NI Embedded Vision System to odporne, bezwentylatorowe systemy zoptymalizowane do aplikacji wizyjnych. Obsługują zarówno kamery podłączone przez gigabitowy Ethernet, jak i przez interfejs IEEE1394 oraz mają 29 cyfrowych wejść/wyjść, a także porty sze-

regowe, USB i ethernetowe. Wbudowany mikroprocesor i układ FPGA są używane i programowane w ten sam sposób, co w przypadku platformy CVS. Omawiana platforma jest idealna do zastosowań związanych ze zautomatyzowaną inspekcją podzespołów, odczytem kodów paskowych i 2D, odczytem tekstu, a nawet pomiarów temperatur za pomocą kamer podczerwieni.

Pozostałe platformy sprzętowe

W praktyce, na potrzeby aplikacji pisanych w LabVIEW lub LabWindows, można przystosować praktycznie każdy przemysłowy komputer PC, komputer jednopłytkowy, czy też klasyczny PC biurkowy, o ile tylko jego podzespoły spełniają określone wymagania systemowe. W tym celu wystarczy nabyć licencję na LabVIEW Real-Time Deployment.

Porównanie platform

Każda z opisanych platform sprzętowych jest przeznaczona do innego rodzaju aplikacji. Platforma PXI zapewnia największą wydajność, podczas gdy Compact Vision System składa się ze sprzętu najbardziej odpornego na trudne warunki środowiskowe. Platforma CompactRIO łączy w sobie obydwie te cechy, a wbudowany w nią programowalny układ FPGA umożliwia elastyczne tworzenie wydajnych aplikacji.

Dostępność wejść i wyjść

Platformy sprzętowe National Instruments obsługują wiele różnorodnych modułów wejść i wyjść, wliczając w to gotowe produkty, oferowane bezpośrednio przez NI, moduły projektowane samodzielnie oraz produkty firm trzecich. Moduły NI korzystają ze standardowych sterowników, dostępnych z poziomu LabVIEW i LabWindows/CVI. Wiele z platform oferowanych przez NI można rozszerzać poprzez łączenie ze sobą kilku obudów, kom-



Rysunek 11. Moduły rozszerzeń dla platformy CompactRIO

puterów lub sterowników, każdy z osobnym zestawem modułów wejść i wyjść.

Moduły wejść i wyjść PXI i PCI kompatybilne z platformami NI czasu rzeczywistego to m.in.: moduły akwizycji danych (analogowych i cyfrowych), moduły dynamicznej akwizycji sygnałów, akwizycji obrazu, sterowania ruchem, rekonfigurowalne wejścia i wyjścia w oparciu o FPGA (RIO), interfejsy CAN, szeregowy, GPIB, ethernetowe, moduły rozszerzeń poprzez magistralę MXI, moduły IEEE1394 dla dysków twardych i kamer, zewnętrzne dyski twarde na USB i inne oferowane przez niezależnych producentów.

Platforma CompactRIO może korzystać z następujących modułów rozszerzeń: wejścia analogowe, wyjścia analogowe (napięciowe i prądowe), interfejsy CAN, moduły sterowania ruchem, cyfrowe wejścia i wyjścia, wyjścia przekaźnikowe, liczniki, generatory impulsów i inne moduły oferowane przez niezależnych producentów.

Wejścia i wyjścia oferowane przez urządzenia Smart Camera to dwa optoizolowane cyfrowe wejścia, dwa optoizolowane cyfrowe wyjścia, jeden port szeregowy RS232 i dwa gigabitowe porty ethernetowe. System CVS umoż-

liwia podłączenie trzech kamer IEEE1394, wyświetlacza, urządzeń przez Ethernet i 15 cyfrowych wejść oraz 14 cyfrowych wyjść.

Wydajność

Wydajność omawianych platform może być oceniana pod kątem determinizmu wykonywania programu, opóźnień na wejściach i wyjściach, wyzwalania, synchronizacji, szybkości przetwarzania i dostępności wielordzeniowych procesorów. W systemach czasu rzeczywistego najważniejszy jest determinizm, który definiuje, z jaką pewnością system wykona zadane operacje w określonym czasie.

Cechy fizyczne

Dobierając platformę sprzętową należy też zwrócić uwagę na warunki, w których będzie pracować. Przykładowo, platformy CompactRIO i Compact Vision Systems są wykonywane bez korzystania z ruchomych elementów, co maksymalizuje ich odporność na wstrząsy i wibracje. Porównanie cech fizycznych omawianych platform przedstawiono w tabeli 3.

REKLAMA

Bezprzewodowe stacje pogodowe

Bezprzewodowa stacja pogodowa
Kod WS1060
Cena 359 zł

zegar DCF
pomiar temperatury
pomiar wilgotności
zapis wielkości opadów
kierunek wiatru
współczynnik chłodzenia wiatrem
kalendarz
alarm

Bezprzewodowa stacja pogodowa
Kod WS8710N
Cena 155 zł

Dodatkowy czujnik
WS87105
Cena 39,00 zł

zegar DCF
alarm
kalendarz
barometr
pomiar temperatury i wilgotności
zewnętrznej i wewnętrznej

Bezprzewodowa stacja pogodowa
Kod E0010
Cena 160 zł

zegar DCF
prognoza pogody
pomiar wilgotności
pomiar ciśnienia
pomiar temperatury zewnętrznej i wewnętrznej
kalendarz
budzik

www.sklep.avt.pl • tel. 22 257 84 50