

LabView dla praktyków (2)

Rodzina systemów akwizycji danych X Series z interfejsem USB



Akwizycja danych to proces pomiaru wartości elektrycznych, takich jak napięcie czy prąd, albo cech opisujących zjawiska fizyczne, jak temperatura, ciśnienie lub natężenie dźwięku. W poprzedniej części przedstawiliśmy podstawowe elementy systemu akwizycji danych i kluczowe czynniki decydujące o poprawności doboru lub budowy takiego systemu. Teraz opiszemy przykładowy, wielofunkcyjny system pomiarowy X Series firmy National Instruments.

Produkowana przez National Instruments rodzina przyrządów pomiarowych X Series jest nową generacją wysokowydajnych, wielofunkcyjnych urządzeń do akwizycji danych. System pomiarowy wykonany z ich użyciem pozwala na obsługę wejść-wyjść cyfrowych, analogowych, ma cztery liczniki i wbudowane układy czasowe i synchronizacyjne. Co więcej, wszystkie te cechy zostały zaimplementowane w urządzeniach pomiarowych przypominających tzw. „przystawkę USB”, gdyż mogą one być dołączone i sterowane z komputera poprzez interfejs USB 2.0.

W ramach rodziny X Series znaleźć można 8 wielofunkcyjnych urządzeń, które obsługują do 32 wejść analogowych, 4 wyjść analogowych oraz do 48 cyfrowych wejść/wyjść. Mają wbudowane 4 liczniki oraz po-



Fotografia 1. Nowa rodzina urządzeń USB X Series wyposażona jest w aluminiową obudowę z magnetyczną osłoną wyprowadzeń

zwalają na próbkowanie sygnałów z szybkością od 500 tysięcy do 2 milionów próbek na sekundę (500 kS/s...2 MS/s).

Wykaz urządzeń z rodziny X Series oraz ich podstawowe parametry zamieszczono w tabeli 1.

Nowoczesna obudowa aluminiowa

Urządzenia z rodziny X Series przeznaczone do dołączania do komputera za pomocą interfejsu USB są wyposażone w opracowaną specjalnie na ich potrzeby, aluminiową obudowę z magnetycznym wieczkiem. Pokazano ją na fotografii 1. Taka konstrukcja pozwala zarówno na ochronę połączeń przed uszkodzeniami mechanicznymi, jak i przed zakłóceniami elektromagnetycznymi, a jednocześnie ułatwia do nich dostęp, gdy zajdzie taka potrzeba. Na spodniej stronie aluminiowej pokrywy znajduje się schemat rozmieszczenia wyprowadzeń, dzięki czemu użytkownik łatwo może ustalić, które ze złączy śrubowych odpowiada któremu z kanałów urządzenia. Co więcej, port USB, za pomocą którego system jest łączony z komputerem, wyposażono w mechanizm blokowania,

Dodatkowe materiały na CD/FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 16344, pass: 52qof741
 • pierwsza część artykułu

dzięki czemu jest niemożliwe przypadkowe odłączenie go podczas pracy „przystawki”. Dostępne są też akcesoria pozwalające na montaż urządzenia na szynie DIN lub bezpośrednio na ścianie.

Technologia NI-STC3

Kluczem do dużej wydajności wszystkich urządzeń z rodziny X Series jest technologia synchronizacji czasowej NI-STC3. Odpowiada ona za synchronizację oraz zwalanie podsystemów analogowych, cyfrowych i liczników. Układy NI-STC3 zawierają cztery 32-bitowe liczniki, które pozwalają nie tylko na zliczanie ale i generowanie impulsów oraz na pomiary częstotliwości i obsługę enkoderów. Do technologii NI-STC3 należy także zegar pracujący z częstotliwością 100 MHz, który umożliwia generowanie pochodnych sygnałów zegarowych z rozdzielczością pięciokrotnie większą, niż w urządzeniach pomiarowych poprzedniej generacji.

Tabela 1. Wykaz dostępnych typów urządzeń pomiarowych z rodziny X Series z interfejsem USB

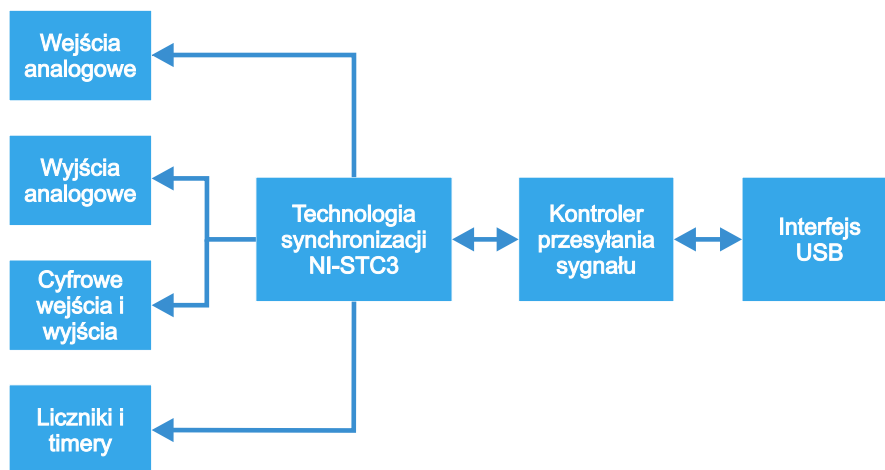
Typ	Liczba wejść analogowych	Maksymalna szybkość próbkowania dla pojedynczego kanału	Łączna maksymalna szybkość próbkowania	Liczba wyjść analogowych	Maksymalna szybkość aktualizacji wyjść analogowych	Liczba cyfrowych wejść/wyjść	Wbudowane liczniki
USB-6341	8/16	500 kS/s	500 kS/s	2	900 kS/s	24	4
USB-6343	16/32	500 kS/s	500 kS/s	4	900 kS/s	48	4
USB-6351	8/16	1,25 MS/s	1 MS/s	2	2,8 MS/s	24	4
USB-6353	16/32	1,25 MS/s	1 MS/s	4	2,8 MS/s	48	4
USB-6361	8/16	2 MS/s	1 MS/s	2	2,8 MS/s	24	4
USB-6363	16/32	2 MS/s	1 MS/s	4	2,8 MS/s	48	4
USB-6356	8	1,25 MS/s	10 MS/s	2	3,3 MS/s	24	4
USB-6366	8	2 MS/s	16 MS/s	2	3,3 MS/s	24	4

Technologia strumieniowania sygnałów

Wyposażone w interfejs USB urządzenia z rodziny X Series obsługują opatentowaną przez National Instruments technologię NI Signal Streaming. Zapewnia ona niezawodną i szybką komunikację dwukierunkową poprzez interfejs USB, w praktyce niedostępną dla rozwiązań konkurencyjnych. O ile teoretyczną granicą przepustowości interfejsu USB 2.0 w trybie Hi-Speed jest 60 MB/s, zdecydowana większość urządzeń korzystająca z tego połączenia nie pozwala na wykorzystanie tej prędkości, ponieważ akwizycja danych wymaga częstych odwołań do różnych wejść i wyjść analogowych, cyfrowych oraz obsługi liczników i timerów. Aby to zrealizować, konieczne jest jednoczesne przetwarzanie wielu strumieni danych. W przypadku interfejsów PCI i PCI Express, które nie tylko są szybsze niż USB 2.0, ale też obsługują kanały DMA dające bezpośredni dostęp do pamięci komputera, sprawna wymiana danych jest znacznie łatwiejsza do implementacji, niż z użyciem USB. Brak kanałów DMA i konieczność sterowania interfejsem zawsze za pomocą kontrolera znacząco utrudnia szybką komunikację. To system operacyjny musi każdorazowo wysłać do dołączonego urządzenia żądanie przesłania danych, co zwiększa liczbę przesyłanych pakietów kontrolnych, służących jedynie do koordynacji pracy urządzeń. Typowe urządzenia USB nie są w stanie samodzielnie „zająć” interfejsu i przesłać danych bez uprzedniego odbioru zapytania ze strony jednostki nadrzędnej. Co więcej, jeśli rozpocznie się już transfer, dane nie mogą być bezpośrednio przesyłane do pamięci z pominięciem procesora. Jednostka CPU musi pośredniczyć w komunikacji, co nie tylko wprowadza dodatkowe opóźnienia, ale też może istotnie zwiększyć jej obciążenie.

Dawniej projektanci systemów akwizycji danych mieli tylko dwie możliwości radzenia sobie z tym problemem: starali się go w pewien sposób skompensować lub go ignorowali. Podstawową metodą kompensacji było znaczące zwiększenie pamięci urządzenia pomiarowego, co niestety wiązało się z dużym wzrostem kosztu jego wyprodukowania. Dodatkowa pamięć pozwalała zapamiętywać duże ilości danych do czasu, gdy procesor będzie w stanie je przetworzyć. O ile te metody umożliwiały znaczne ograniczenie problemów związanych z przepełnieniem bufora danych, nie tylko nie rozwiązywały problemu opóźnień, ale nawet go zwiększały. Dane mogły bowiem przez dłuższy czas przebywać w buforze, zanim zostały przetworzone. Ignorowanie problemu sprowadzało się do takiego zaprojektowania urządzenia, by mogło ono jednocześnie obsługiwać tylko jeden kanał szybko zmieniających się sygnałów.

Technologia NI Signal Streaming rozwiązuje powyższe problemy w zupełnie inny sposób. Pozwala na zapewnienie szybkiej, dwu-



Rysunek 2. Technologia NI Signal Streaming zastosowana w urządzeniach pomiarowych rodziny X Series umożliwia przesyłanie za pomocą interfejsu USB wielu strumieni danych jednocześnie

kierunkowej łączności nie tylko z użyciem interfejsu USB, ale także w sieciach kablowych Ethernet, w tym bezprzewodowych.

Aby to było możliwe, konieczne było zaimplementowanie dwóch funkcjonalności:

- szybkiego, cyklicznego odpytywania urządzenia przez komputer PC o kolejne dane,
- błyskawicznego odpowiadania na zapytanie o dane.

Od strony komputera PC, za zapewnienie ciągłego strumienia zapytań odpowiada sterownik programowy NI-DAQmx. Zapytania są przygotowywane „na zapas” i kolejowane w trakcie odbierania i przetwarzania żądanych wcześniej danych, tak aby mogły być szybko wysłane, gdy tylko zajdzie taka potrzeba (rysunek 2).

Od strony urządzenia pomiarowego, dane są multipleksowane, by sygnały próbkowane w poszczególnych kanałach można było przesłać w odpowiedzi na jedno i to samo żądanie. Dane te są tak mapowane do wbudowanych kanałów DMA, by ich pobranie i przygotowanie do wysłania odbywało się bez zbędnych opóźnień. Technologia Signal Streaming wraz z NI-STC3 pozwala na jednoczesną obsługę do 7 strumieni danych, natomiast współpracując ze starszymi układami NI-STC2 obsługuje do 4 kanałów.

Warto dodać, że omawiana technologia komunikacji pozwala uniknąć problemu opóźnień w przesyłaniu ważnych poleceń, które mogą pojawiać się w trakcie przesyłania dużych bloków danych. Wbudowane w urządzeniu pomiarowe funkcje kontrolne mogą w razie potrzeby przerwać transmisję dużych ilości danych, by odpowiedzieć na inne żądanie wymagające transmisji niewielkiego bloku danych, bez poświęcania spójności przesyłanych informacji.

Rezultatem implementacji omówionej technologii są m.in. dwa urządzenia pomiarowe, które pozwalają na jednoczesne próbkowanie każdego z 8 kanałów analogowych z szybkością do 1,25 MS/s lub 2 MS/s, wypo-

sażone w pamięć na 32 lub 64 miliony próbek (odpowiednio). Tak duża szybkość próbkowania w każdym z kanałów pomiarowych sprawia, że świetnie sprawdzają się np. jako przenośne ultrasonografy oraz narzędzia do rejestracji szybkich przebiegów czasowych. Długotrwała praca ciągła możliwa jest w zależności od wydajności komputera PC, z którym współpracują oraz od skonfigurowanej częstotliwości próbkowania i liczby używanych kanałów. Wymagania sprzętowe nie są jednak duże. Przykładowo, laptop Dell Latitude D630 z dwurdzeniowym procesorem Intel Core 2 Duo taktowanym zegarem 2 GHz, wyposażony w 2 GB pamięci RAM i pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego Windows 7, pozwala na ciągłe próbkowanie wszystkich 8 kanałów z szybkością 2 MSa/s każdy (32 MB/s) – bez ograniczeń czasowych.

Podsumowanie

Omówione przyrządy pomiarowe pozwalają na budowę niemal dowolnego rodzaju systemu akwizycji danych. Różnorodne platformy sprzętowe oraz liczne możliwości zastosowania oprogramowania pozwalają na swobodne skonfigurowanie kompletnego systemu pomiarowego. Zdaniem specjalistów z National Instruments, najlepszym rozwiązaniem, które pozwala na integrację obsługi różnego rodzaju sprzętu pomiarowego – w tym kart PCI, PCI Express, modułów PXI, PXI Express oraz akcesoriów łączonych przez interfejsy USB, Ethernet czy nawet sieci bezprzewodowe – jest użycie NI LabVIEW. Zawiera ono sterowniki, które umożliwiają oprogramowanie każdego z wymienionych rodzajów urządzeń. Ponadto, graficzny język programowania LabVIEW pozwala w łatwy sposób wykonać wygodny interfejs użytkownika do obsługi zmontowanego systemu.

Artykuł opracowany na podstawie materiałów dostarczonych przez firmę National Instruments.