

Przenośny system akwizycji danych pomiarowych na bazie modułu NI USB-6009

PAWEŁ JAMRÓZ, PAWEŁ LIGEZA

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania złącza USB do przeprowadzania procesów akwizycji danych z wykorzystaniem modułów pomiarowych dedykowanych pod tę magistralę. Dokonano krótkiej charakterystyki złącza USB oraz przeprowadzono analizę parametrów określających moduły pomiarowe. Zaprezentowano także przegląd dostępnych kart do akwizycji danych pięciu firm z uwzględnieniem oprogramowania dołączanego do danych produktów oraz wybrano optymalny moduł pomiarowy do zastosowań termooanemometrycznych.

Słowa kluczowe: akwizycja danych, karty pomiarowe, przetworniki A/D D/A

1. Wstęp

Celem opracowywanego przenośnego systemu do akwizycji danych będą zastosowania termooanemometryczne w układzie wielopunktowych, współczesnych pomiarów pól prędkości i temperatury przepływu gazu. Zadaniem systemu będzie śledzenie różnych parametrów medium w różnych punktach badanego obiektu. Zebrane dane pomiarowe zostaną wykorzystane do wyznaczania profilu prędkości, a także strumienia objętości, co w konsekwencji umożliwi wyznaczenie bilansu płynu na przykład w zagadnieniach wentylacyjnych.

System akwizycji danych pomiarowych stanowi zespół urządzeń, pozostających pod wspólnym sterowaniem służących do zbierania, przetwarzania oraz wizualizacji wyników pomiarowych. W skład takiego systemu można zaliczyć wszelkiego rodzaju czujniki, układy służące do kondycjonowania sygnałów, urządzenia do przetwarzania oraz przechowywania danych uzyskanych w trakcie procesu pomiarowego. Po uprzednim przygotowaniu stanowiska metrologicznego, praca takiego systemu wykonuje się automatycznie.

Współczesny rynek przyrządów pomiarowych daje bardzo duże możliwości doboru odpowiednich narzędzi do wymagań stawianych przez dokonujących pomiary. W ostatnich latach szczególnie popularne stały się karty do akwizycji danych, dzięki którym przekształcić można proste narzędzie pracy jakim jest komputer klasy PC w wyrafinowany system pomiarowy. Już w 2000 roku większość z czołowych dostawców tego typu urządzeń oferowała od 25 do 75 modeli kart pomiarowych, co umiejscawiało je w czołówce klasyfikacji dotyczącej różnorodności asortymentu danej klasy instrumentów pomiarowych [3]. Główne wymagania w stosunku do tych urządzeń stawiane przez użytkowników określają odpowiednią ilość wejść oraz wyjść zarówno analogowych jak i cyfrowych, precyzują też szybkość działania oraz odpowiednią dokładność wymaganą w danym projekcie metrologicznym.

Najpopularniejszymi do tej pory układami akwizycji danych były karty pomiarowe oparte o magistralę ISA oraz PCI. Karty te posiadają szereg zalet związanych z prędkościami transmisji danych (ISA – 3 do 5 MB/s, PCI – 135 MB/s teoretycznie, 95 MB/s zazwyczaj) [5]. Prędkości te oznaczają możliwość jednoczesnego wykorzystania wszystkich układów zawartych w karcie takich jak przetworniki A/D oraz D/A. Ponadto moduły oparte o magistralę PCI mają bezpośredni dostęp do pamięci komputera, dzięki czemu zminimalizowano ilość wymaganej pamięci wbudowanej bezpośrednio do karty.

2. Akwizycja danych poprzez magistralę USB

Dzięki powstaniu i spopularyzowaniu standardu przesyłania danych Universal Serial Bus możliwe stało się stworzenie prawdziwie mobilnego systemu akwizycji danych o dużo lepszych właściwościach niż dotychczasowe rozwiązania przenośnych systemów pomiarowych takich jak: RS232, PCMCIA. Krótka charakterystyka tego złącza pozwala zrozumieć zasadność jego stosowania oraz przybliżyć szansę którą stworzono dla konstruktorów kart I/O. Budowa standardu USB zapewnia:

- możliwość podłączenia do komputera aż 127 urządzeń z tym złączem,
- dużą szybkość przesyłania danych – USB 2.0 do 480 Mb/s (60 MB/s), USB 1.1 do 12 Mb/s (1,5 MB/s) – około 10 razy większą niż w przypadku RS232 115 kb/s (14,375 kB/s),
- możliwość zasilania końcowego urządzenia (napięcie zasilające +5V),
- możliwość bezproblemowego dołączania i odłączania urządzenia w trakcie pracy PC tzw. „Hot Plugging” – dołączane podczas pracy komputera urządzenia są automatycznie rozpoznawane i adresowane,
- jeden rodzaj gniazda i pasującego do niego wtyku, każdy wtyk można podłączyć do pierwszego napotkanego w okolicy gniazda [4, 2].

Transmisja danych z prędkością 480 Mb/s lub 12 Mb/s stwarza nie tylko możliwość zbierania dużych ilości danych pomiarowych w krótkim czasie, ale również jednoczesną prezentację ich w czasie rzeczywistym. Powoduje to brak konieczności wyposażania kart akwizycyjnych w dodatkową pamięć. Podłączenie wielu urządzeń oraz budowanie dzięki nim złożonych, wielokanałowych systemów pomiarowych daje akwizycji danych poprzez USB dużą przewagę nad dotąd stosowanymi układami akwizycyjnymi opartymi o kartę PCMCIA. Ponadto moduły na bazie złącza PCMCIA nie posiadają optoizolacji oraz mają ograniczoną liczbę wejść. Zastosowanie standardu USB oddaliło także urządzenie pomiarowe od komputera, dzięki czemu moduł pomiarowy może znajdować się teraz w odległości 5 metrów od jednostki centralnej, a po odpowiednim zastosowaniu wzmacniaczy i koncentratorów nawet do 30 metrów.

3. Kryteria doboru karty akwizycji danych

Wybór odpowiedniej karty do akwizycji danych pomiarowych nie ogranicza się do podjęcia decyzji na jakiej magistrali karta ta ma pracować. O właściwościach metrologicznych karty decydują takie parametry jak przetwornik A/D, wejścia/wyjścia analogowe, wejścia/wyjścia cyfrowe, możliwość kalibracji, wejścia typu counter/timer oraz odpowiednie oprogramowanie zapewniające bezproblemową pracę z danym układem.

Jednym z podstawowych wymagań użytkowników kart pomiarowych jest odpowiednia liczba wejść analogowych. Standardowo liczba ta wynosi od 8 do 16 w konfiguracji SE¹, które można wykorzystać również jako wejścia typu DI². W tym przypadku liczba wejść analogowych spada o połowę.

Przy doborze odpowiedniego układu istotnym elementem jest przetwornik A/D. W układach typu DAQ dominują konwertery w zakresie od 12 do 16 bitów, chociaż niektóre firmy wprowadziły na rynek moduły 22 bitowe. Maksymalne wykorzystanie przetwornika A/D możliwe jest dzięki odpowiedniemu doborowi wzmocnienia sygnału wejściowego. Dzięki wybraniu właściwej wartości tego parametru, na przetwornik podawany jest sygnał o zbliżonej (trochę mniejszej) wartości zakresu, do zakresu pracy przetwornika. Wzmocnienie często nie jest podawane w postaci współczynnika wzmocnienia, lecz jako zakres sygnału wejściowego (*input range*) co jest znacznie wygodniejsze dla użytkownika. Dzięki sterowaniu programowemu ustawienie zakresu tak przetwornika, jak i sygnału wejściowego jest proste, a program sam dobiera maksymalne wzmocnienie takie, by sygnał mieścił się w zakresie konwertera A/D [1].

Bardzo istotnym parametrem pracy całego układu jest również częstotliwość próbkowania. Obecnie konstruowane są karty pomiarowe pracujące z częstotliwościami nawet do 3 MHz (PCI Express, PXI).

W przypadku, w którym niemożliwy staje się transfer danych do pamięci komputera wystarczająco szybko do dyspozycji podręczny blok pamięci zwany FIFO (First In First Out). FIFO ma szczególne znaczenie w kartach pomiarowych pracujących z dużymi częstotliwościami w szczególności z systemami Windows, gdzie występują duże opóźnienia związane z przerwaniem.

¹ Single-ended – konfiguracja asymetryczna – połączenie wszystkich wejść w odniesieniu do wspólnej masy.

² Differential – konfiguracja połączenia różnicowego.

Oprócz akwizycji danych moduły pomiarowe spełniają też rolę urządzeń wielofunkcyjnych. Oferują one możliwości nie tylko dokonania pomiarów ale jednocześnie pozwalają na sterowanie innymi urządzeniami poprzez wbudowane kanały wyjść analogowych oraz części cyfrowej układu składającej się z wejść/wyjść cyfrowych licznikowych i zegarowych.

4. Porównanie różnych typów kart do akwizycji danych po USB

Zalety jakie wynikają ze stosowania łącza USB do akwizycji danych spowodowały, że większość firm zajmujących się sprzętem pomiarowym wprowadziła na rynek produkty wykorzystujące tę magistralę. Wiodącymi w tej dziedzinie są National Instruments, IOtech, Eagle Technology, Measurement Computing czy Keithley. W zależności od potrzeb firmy te oferują różnego rodzaju karty pomiarowe. Standardowo karty te występują w konfiguracjach 12/14 oraz 16 bitowe. Podział można także przeprowadzić ze względu na szybkość działania oraz możliwe zastosowania.

Wprowadzenie do użytku standardu USB 2.0 zwiększyło możliwości prędkości transmisji danych, które zostały wykorzystane w bardzo krótkim czasie. W lipcu 2005 roku firma National Instruments zaprezentowała 8 nowych kart pomiarowych bazujących na tym złączu (seria USB-9000). Dysponują one możliwościami pracy z częstotliwościami do 800 kHz. Większość z nich posiada także ze względów bezpieczeństwa, izolację kanał-uziemienie 250 Vrms, odporność na zakłócenia i zakres wysokiego napięcia równoległego. Porównanie poszczególnych rodzin produktów National Instruments prezentuje tabela 1 [10].

Tab. 1. Porównanie poszczególnych grup sprzętowych NI DAQ USB

MODELE W POSZCZEGÓLNYCH GRUPACH: USB High Performance DAQ: NI DAQPad-6015/6016, NI DAQPad-6020E, NI USB-9201/9221, NI USB-9215/9215A USB DAQ with Signal Conditioning: NI USB-9211/9211A, NI USB-9221, NI USB-9233 Low-Cost Multifunction DAQ: NI USB-6008, NI USB-6009		USB High Performance DAQ	USB DAQ with Signal Conditioning	Low-Cost Multifunction DAQ
Analogowe Wejścia	Liczba kanałów	Do 16 SE/8 DI	4 DI	8 SE/4 DI
	Rozdzielczość	Do 16 bitów	Do 24 bitów	Do 14 bitów
	Maksymalna częstotliwość próbkowania	Do 800 kS/s	Do 20 kS/s	Do 48 kS/s
	Maksymalny zakres wejściowy	Do ± 60 V	± 10 V	± 20 V
	Synchroniczne próbkowanie	—	◇	—
	Kondycjonowanie sygnału	—	◇	—
	Izolacja analogowa	—	◇	—
Analogowe Wyjścia	Liczba kanałów	Do 2	0	2
	Rozdzielczość	Do 16 bitów	—	12 bitów
	Częstotliwość	Do 300 S/s	—	Do 150 S/s
Cyfrowe wejścia/ wyjścia Liczniki, Wyzwalanie	Liczba wejść/wyjść	Do 32	0	12
	Liczniki	Do 2, 24 bitowych	0	1, 32 bitowy
	Wyzwalanie	◇	—	Cyfrowe
Kalibracja	Autokalibracja	●	—	—

● obejmuje wszystkie moduły, ◇ tylko niektóre moduły, — niedostępne na żadnym module

Firma IOtech posiada w swym asortymencie 3 grupy kart do akwizycji danych opartych na magistrali USB. Pierwsza z nich (Personal Daq/50 series) to grupa modułów I/O o wysokiej rozdzielczości (22 bity). Ponadto karty te wyposażone są w wejścia do pomiarów termoparowych oraz częstotliwościowych (do 1 MHz). Liczba wejść i wyjść może być łatwo powiększana poprzez dołączanie dodatkowych modułów (do 80 kanałów analogowych lub cyfrowych w jednym pakiecie). Drugą grupę kart pomiarowych stanowi seria DaqBoard/3000USB przeznaczona dla wbudowanych systemów pomiarowych. Posiada ona podobne parametry techniczne jak ostatnia grupa Personal Daq/3000, która może być stosowana do bardzo szybkich pomiarów. Modele tej serii wyposażone są w 1 MHz, 16 bitowy przetworniki A/D. Dysponują również możliwością synchronicznej pracy części analogowej i cyfrowej (jednoczesne odczytywanie wejść analogowych

i cyfrowych oraz sterowanie wyjściami analogowymi i cyfrowymi). Standardowo urządzenia te posiadają 16 wejść analogowych w konfiguracji single-ended, 24 wejścia/wyjścia cyfrowe, 2 wyjścia zegarowe oraz cztery 32 bitowe liczniki. Istnieje opcja zwiększenia ilości wejść analogowych poprzez dołączenie modułów PDQ30 (dodatkowe 48 kanałów SE). W konsekwencji otrzymujemy moduł pomiarowy z 64 kanałami SE lub 32 wejściami różnicowymi, które można wykorzystać również jako wejścia termoparowe. Dodatkową zaletą tych modułów jest możliwość kalibracji karty z wykorzystaniem dołączonego oprogramowania i bez konieczności podłączania innych urządzeń. Do produktów firmy IOtech dołączane jest oprogramowanie DaqView pozwalające na odpowiednie ustawienia karty pomiarowej, przeprowadzanie procesu pomiaru oraz zapisu danych jak i również podglądu wyników akwizycji danych w czasie rzeczywistym. Za dodatkową opłatą można rozszerzyć funkcje DaqView o możliwości eksportu danych do Excela, analizę FFT oraz analizę statystyczną. Dołączone oprogramowanie zawiera również sterowniki do najpopularniejszych języków, w których można stworzyć system pomiarowy takich jak: LabVIEW, VisualBasic, C/C++, MATLAB itd. [7].

Firma Measurement Computing wprowadziła podział swoich modułów akwizycyjnych w zależności od liczby bitów przetworników A/C. Pierwsza grupa obejmuje modele z serii miniLAB1008, USB-1208LS, USB-1208FS. Karty te cechują się 12 bitowymi przetwornikami A/D, posiadają 8 wejść analogowych (SE) lub 4 kanały DI. W zależności od modeli dysponujemy częstotliwościami pracy od 1,2 kHz do 50 kHz. Dwa pierwsze modele wyposażone są również 2 wyjściowe analogowe kanały obsługiwane przez 10 bitowy przetwornik D/A, w modelu USB-1208FS zastosowano 12 bitowy przetwornik D/A. MiniLAB1008 posiada moduły rozszerzeń wejść/wyjść cyfrowych do maksymalnej liczby 28, reszta modeli posiada standardowo 16 kanałów cyfrowych. Dodatkowo karty te posiadają po jednym 32 bitowym liczniku. Do drugiej grupy urządzeń 16 bitowych zaliczają się modele USB-1608FS oraz USB-1616FS. Ich podstawowe parametry techniczne zamieszcza tabela 2.

Tab. 2. PMD-1608/16FS podstawowe parametry

Model	USB-1608FS	USB-1616FS
Rozdzielczość	16 bit	16 bit
Przepustowość	200 kHz (max)	200 kHz (max)
Synchroniczne Próbkowanie	+	+
Wejścia Analogowe	8 SE	16 SE
Wyjścia Analogowe	2	2
Wyjścia/Wejścia Cyfrowe	8	8
Liczniki/Zegary	1 (32 bit)	1 (32 bit)

Bardzo dużą zaletą obu kart jest możliwość synchronicznego próbkowania. Oznacza to, że na każdy kanał analogowy przypada jeden przetwornik A/D. Dane pomiarowe mogą być zapamiętywane w buforze wejściowym FIFO o wielkości 64 kB co daje miejsce na zapamiętanie 32,768 próbek. Układy te wyposażone są dodatkowo w pamięć EEPROM o wielkości 1 kB.

Ważnym elementem nierzadko decydującym o zakupie danego modułu jest dołączone oprogramowanie. W przypadku produktów Measurement Computing wraz z zakupem modułu USB DAQ otrzymujemy pakiet obejmujący programy do konfiguracji, testowania oraz kalibracji kart pomiarowych (InstaCal), jak i również do wykonywania pomiarów, zapisu i eksportu danych pomiarowych, podglądu wyników pomiarów w czasie rzeczywistym i wiele innych funkcji (TracerDAQ). Pakiet zawiera dodatkowo biblioteki sterowników do takich języków programowania jak VisualStudio, C/C++, LabVIEW oraz MATLAB [9].

Oferta wielofunkcyjnych kart do akwizycji danych firmy Keithley obejmuje 4 podstawowe produkty. Parametry techniczne poszczególnych modułów przedstawia tabela 3.

Na szczególną uwagę zasługuje model KUSB-3108 posiadający regulowane wzmocnienia o dużych wartościach dzięki czemu bardzo dobrze nadaje się do pomiarów sygnałów analogowych o bardzo niskim poziomie pochodzących na przykład z czujników ciśnienia. Moduł ten wyposażony jest w jedno wejście z tzw. CJC (Cold Junction Compensation) czyli kompensacją temperatury spoin odniesienia termoelementów, która zapewnia pomiar z dokładnością do 10 mV/°C. Połączenie różnicowe daje możliwość pomiaru termopar różnych typów [8].

Tab. 3. Podstawowe dane techniczne DAQ USB firmy Keithley

Model	KUSB-3100	KUSB-3102	KUSB-3108	KUSB-3116
Opis	Niski koszt	Małe wzmocnienie	Duże wzmocnienie	Wysoka jakość
Rozdzielczość	12 bit	12 bit	16 bit	16 bit
Przepustowość	50 kHz	100 kHz	50 kHz	500 kHz
Wejścia Analogowe	8 SE	16 SE/8 DI	16 SE/8 DI	16 SE/8 DI
Wyjścia Analogowe	2	2	2	4
Wyjścia/Wejścia Cyfrowe	16	17	17	33
Liczniki/Zegary	1	2	2	5
Wzmocnienia	1,2,4,8	1,2,4,8	1,10,100,500	1,2,4,8

Podstawowym produktem z serii USB DAQ firmowanym przez Eagle Technology jest MicroDAQ-Lite. Jest to tanie urządzenie pozwalające na przeprowadzanie podstawowych pomiarów z 12 bitowym przetwornikiem A/D. Bardziej rozbudowanymi jednostkami pomiarowymi są karty z serii USB-26/30. Są to karty 14 bitowe występujące w różnych konfiguracjach pracujących z maksymalną częstotliwością 250 lub 400 kHz (w zależności od obsługiwanego złącza USB 1.1 lub 2.0). Moduły te występują także w konfiguracji BNC, która daje możliwość wykorzystania do 8 analogowych kanałów w połączeniu różnicowym poprzez złącze BNC. Dostyc nietypowym rozwiązaniem zaproponowanym przez Eagle Technology są moduły pomiarowe R-USB_26/30. Są to karty do akwizycji danych dedykowane dla przemysłu i ciężkich warunków pomiarowych takich jak zwiększona wilgotność czy duże zapylenie. Urządzenia te wyposażone są w aluminiową obudowę, własny 60 watowy zasilacz. Opcjonalnie mogą one działać z wykorzystaniem akumulatorów [6].

5. Termooanemometryczny system pomiarowy na bazie NI USB-6009

W projektowanym systemie akwizycji danych wykorzystane zostaną następujące rodzaje sond pomiarowych:

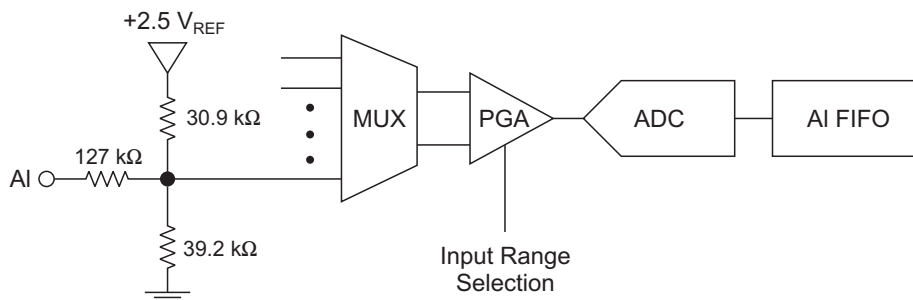
- INT 05 TP – sonda pomiaru temperatury, czujnik platynowo-ceramiczny, zakres pomiarowy -20 do 100°C , pasmo przenoszenia 0.05 Hz,
- INT 05 TW – sonda pomiaru temperatury, czujnik wolframowy drutowy $5\ \mu\text{m}$, zakres pomiarowy -20 do 100°C , pasmo przenoszenia 100 Hz,
- INT 05 AP – sonda pomiaru prędkości z kompensacją temperatury, czujnik platynowo-ceramiczny, zakres pomiarowy 0 do 50 m/s, pasmo przenoszenia 20 Hz,
- INT 05 AW – sonda pomiaru prędkości z kompensacją temperatury, czujnik wolframowy drutowy $5\ \mu\text{m}$, zakres pomiarowy 0 do 50 m/s, pasmo przenoszenia 20 kHz,
- INT 05 DAP – dwukierunkowa sonda pomiaru prędkości z kompensacją temperatury, czujnik platynowo-ceramiczny, zakres pomiarowy 0 do 50 m/s, pasmo przenoszenia 20 Hz,
- INT 05 DAW – dwukierunkowa sonda pomiaru prędkości z kompensacją temperatury, czujnik wolframowy drutowy $5\ \mu\text{m}$, zakres pomiarowy 0 do 50 m/s, pasmo przenoszenia 20 kHz.

Na bazie kryteriów takich jak mobilność systemu oraz posiadanych wiadomości na temat wykorzystywanych sond pomiarowych dokonano optymalnego wyboru odpowiedniej karty do akwizycji danych. Układ wykorzystywał będzie moduł do akwizycji danych firmy National Instruments o nazwie NI USB-6009.

Moduł ten posiada 8 wejść analogowych w konfiguracji SE lub 4 w konfiguracji DI (układ wejścia analogowego przedstawia rysunek 1). Maksymalny zakres każdego z kanałów wynosi $\pm 10\text{V}$, co dla połączenia różnicowego daje maksymalny zakres $\pm 20\text{V}$ (Rys. 2).

W omawianym produkcie firmy National Instruments liczba wejść analogowych wynosi 8 dla konfiguracji asymetrycznej (single-ended) tzn. dla połączenia wszystkich wejść w odniesieniu do wspólnej masy. Dla połączenia różnicowego (differential) liczba wejść analogowych ogranicza się do 4. Maksymalny zakres każdego z kanałów wynosi $\pm 10\text{V}$, co dla połączenia różnicowego daje maksymalny zakres $\pm 20\text{V}$.

Moduł NI USB-6009 dla wejścia różnicowego posiada następujące stopnie zakresów: ± 20 , ± 10 , ± 5 , $\pm 4 \pm 2.5$, ± 2 , ± 1.25 oraz $\pm 1\ \text{V}$. Dopasowanie do tych zakresów następuje dzięki programowanemu wzmac-



Rys. 1. Schemat wejścia analogowego modułu NI USB-6009

niaczowi (PGA) dostarczającemu wzmocnienia sygnału wejściowego o wartościach 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16 i 20. Podłączenie poprzez wejście typu single-ended daje możliwy tylko jedną wartość zakresu tj. ± 10 V (wzmocnienie o wartości 1).

Układ wykorzystuje 14 bitowy przetwornik ADC typu SAR (successive approximation). Rozdzielczość ta odnosi się to jedynie dla połączenia typu DI, dla połączenia SE liczba bitów spada do 13. Układ pracuje z częstotliwością próbkowania 48kHz dla podłączenia pojedynczego kanału i 42kHz gdy pomiar przeprowadzany jest z wykorzystaniem większej liczby kanałów.

Moduł wyposażony jest w bufor wejściowy (FIFO) wynoszący 512 B, co przy akwizycji danych pomiarowych z wykorzystaniem 14 bitów daje miejsce na zapamiętanie 292 próbek.

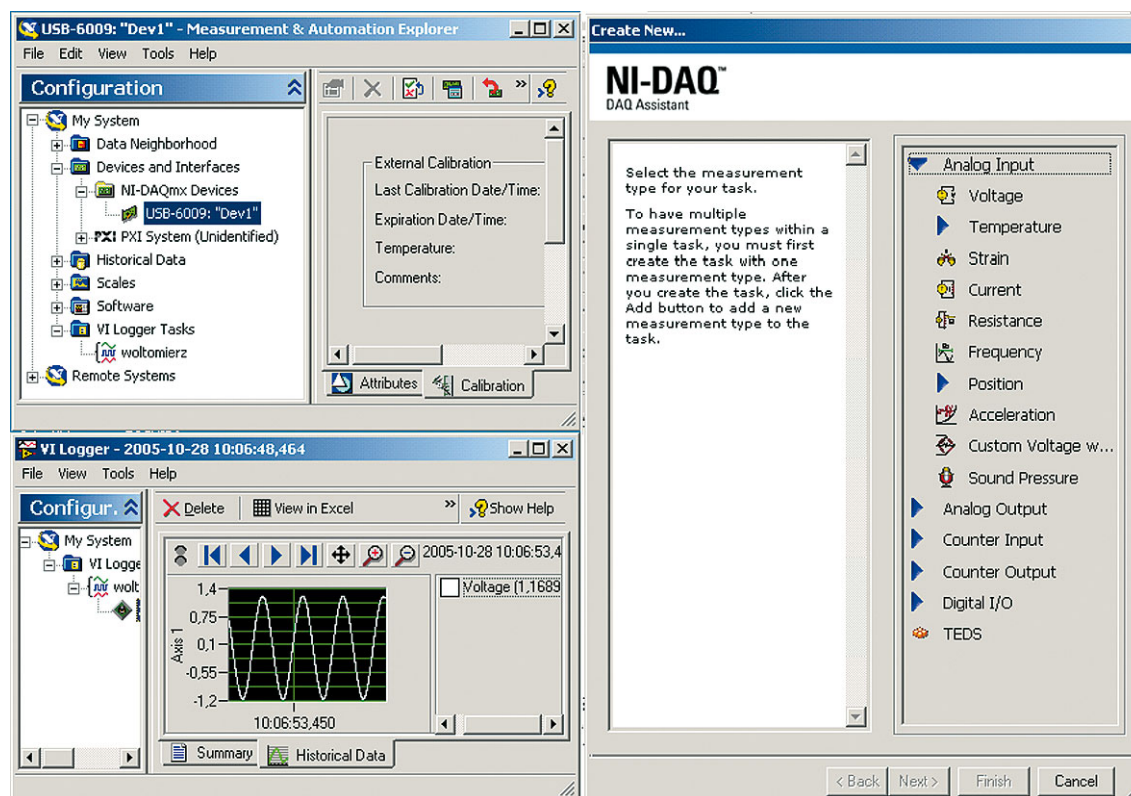
Omawiana karta zawiera ponadto w dwa wyjścia analogowe. Obsługiwane są one przez 12 bitowy przetwornik D/A o maksymalnej częstotliwości przetwarzania 150 Hz i zakresie wyjściowym od 0 do +5 V.

Cyfrowa część układu składa się z dwunastu kanałów cyfrowych oraz licznika. Kanały te mogą być w zależności od potrzeb dowolnie programowane jako wejścia lub wyjścia zapewniające kompatybilność pracy z układami wykonanymi w technice TTL, CMOS oraz LVTTTL. Karta dodatkowo wyposażona jest w prosty 32 bitowy licznik reagujący na zbocza opadające pracujący z maksymalną wejściową częstotliwością 5 MHz. Wejście licznikowe może być też wykorzystany jako cyfrowy trigger. Oprócz takiej możliwości istnieje również możliwość programowego wyzwalania pomiarów.

6. Przykładowe oprogramowanie NI USB-6009

Standardowo moduły pomiarowe firmy National Instruments wyposażone są w pakiet sterowników NI DAQmx, który umożliwia proste wykorzystywanie tych kart w akwizycji i prezentacji danych. Jim Mayhew asystent profesora inżynierii mechanicznej w Rose-Hulman Institute of Technology – stwierdził, iż nie bierze pod uwagę systemu akwizycji danych, jeżeli nie może wykonać pomiarów w 60 minut od otwarcia paczki. Z wykorzystaniem NI USB DAQ był w stanie to zrobić w 30 minut od otwarcia pudełka. Dzięki zawartemu w NI DAQmx pakiecie DAQ Assistant (kreator DAQ), użytkownik nie musi już sam generować kodu programu odpowiedzialnego za dany pomiar. Kod ten po określeniu odpowiednich wymagań generowany jest automatycznie. Rysunek 2 przedstawia przykład utworzenia prostego woltomierza z wykorzystaniem DAQ Assistant.

Dzięki temu oprogramowaniu praca pomiarowa ogranicza się do skonfigurowania karty akwizycji danych, a następnie w kolejnych krokach odpowiedniemu doborowi rodzaju pomiaru (do dyspozycji pozostaje szereg różnych typów pomiarów takich jak napięcie, temperatura, rezystancja, itd.), obsługiwanych kanałów zarówno wejściowych jak i wyjściowych, dobraniu zakresów oraz szereg typowych ustawień jak dobór częstotliwości próbkowania, trybu pracy (określona ilość próbek, praca ciągła), ustawienie wyzwalania itd. Odpowiedni dobór typu pomiaru uzależniony jest oczywiście od posiadanej karty pomiarowej, która musi dysponować właściwymi wejściami typu pomiaru termopar. Otrzymywane dane mogą być również na bieżąco skalowane. W zależności od potrzeb mamy do dyspozycji różne funkcje skalujące. Sama wizualizacja zrealizowana jest na zasadzie oscyloskopu cyfrowego. Odczyt poszczególnych parametrów takich jak częstotliwość czy amplituda następuje po zatrzymaniu pomiaru i ustawieniu kursorów na ekranie wykresowym. Dane pomiarowe zapisywane są w plikach tekstowych z możliwością odpowiedniego ustawienia separatorów. Program daje możliwość również bezpośredniej konwersji tych plików do Excela.



Rys. 2. Wirtualny woltomierz

7. Podsumowanie

Powstanie standardu przesyłania danych USB zaowocowało już nie tylko możliwością przekształcenia komputera klasy PC w system pomiarowy, ale także dało możliwość przeprowadzania mobilnych pomiarów w krótkim czasie, bez konieczności dostępu do zasilania. Oddaliło ono również odległość pomiędzy komputerem a urządzeniem pomiarowym. Stworzenie specjalistycznych oprogramowań dało szansę łatwego dokonywania pomiarów i gromadzenia danych nie tylko projektantom torów pomiarowych i programistom.

Sondy pomiarowe i oparty na nich system są dedykowane dla przeprowadzenia eksperymentalnej weryfikacji numerycznej symulacji przepływu powietrza w wyrobisku górniczym. Może on również znaleźć zastosowanie w innych zagadnieniach metrologii przepływów. W dalszym etapie prac układ pomiarowy zostanie połączony z notebookiem oraz stworzone zostanie specjalistyczne oprogramowanie do akwizycji i wizualizacji danych pomiarowych.

8. Literatura

- [1] Jamielniak K.: *Przyrządy wirtualne*, <http://www.cim.pw.edu.pl/labview/>
- [2] Kalista C.: *Akwizycja danych przez magistralę USB*, *Elektronika Praktyczna* 11/1999 – Automatyka, s. 33.
- [3] Kalista C.: *Karty I/O do systemów akwizycji danych*, *Elektronika Praktyczna* 4/2000 – Systemy, s. 29.
- [4] Metzger P., Jełowicki A.: *Anatomia PC*, wyd. III popr. i uzup., Wydawnictwo HELION, Gliwice 1997.
- [5] http://www.datx.com/solution_center_data_acq/bpci.pdf, Data Acquisition Solution Center „Benefits of the PCI Bus for Data Acquisition and Imaging”
- [6] <http://www.eagledaq.com>
- [7] <http://www.iotech.com>
- [8] <http://www.keithley.com>
- [9] <http://www.measurementcomputing.com>
- [10] <http://www.ni.com>

Mobile Data Acquisition system with use the NI USB-6009**Abstract**

Selection of systems data acquisition is a very important matter for Metrologists. The article presents possibilities of using USB to data acquisition. The paper deals with problem of selection Data Acquisition Device for multi-points measurements system of flow. Theoretical discussion is based on real measurement hardware which are produced by the several companies such as National Instruments, Iotech, etc.

Keywords: data acquisition, multifunction DAQ, A/D D/A converters

Recenzował: prof. dr hab. *Stanisław Gumuła*, Akademia Górniczo-Hutnicza