

LABORATORIUM METROLOGII

ĆWICZENIE 2

**Wirtualny przyrząd pomiarowy**

## 1. Cel ćwiczenia

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie się z parametrami i metodami konstruowania wirtualnych przyrządów pomiarowych za pomocą graficznego środowiska programowania NI LabVIEW 8.6. Podczas ćwiczenia przedstawiona zostanie metodologia konstruowania i konfiguracji przyrządów wirtualnych wykorzystujących kartę pomiarową oraz komputer klasy PC z odpowiednim oprogramowaniem do algorytmicznego przetwarzania sygnałów pomiarowych.

## 2. Wprowadzenie

„Wirtualny” (ang. *virtual*, z łac. *virtualis* – możliwy) według Słownika wyrazów obcych PWN z 1980 roku to „mogący zaistnieć, (teoretycznie) możliwy”. Pojęcie to oznacza coś, co nie istnieje w danej formie w rzeczywistości, ale z punktu widzenia użytkownika spełnia daną rolę z wykorzystaniem innych środków niż tradycyjne. W Słowniku wyrazów obcych Wydawnictwa Naukowego PWN z 2004 roku określenie „wirtualny” związane już z techniką komputerową: „istniejący jedynie na ekranie i w pamięci komputera lub w sieci komputerowej, ale bardzo realistyczny lub zachowujący się jak w rzeczywistości”.

Wśród różnych rzeczy „wirtualnych” są również przyrządy wirtualne. Umożliwiają one wykonywanie prawdziwych pomiarów, chociaż niektóre funkcje są w nich zrealizowane innymi metodami. Dotyczy to szczególnie obsługi takiego przyrządu. W klasycznych przyrządach używamy do tego celu przycisków i przełączników na płycie czołowej, natomiast w przyrządzie wirtualnym taka płyta z elementami obsługi symulowana jest na ekranie komputera. Może być ona obsługiwana np. za pomocą myszy, klawiatury, ekranu dotykowego.

Wirtualne przyrządy pomiarowe, po przyrządach analogowych i cyfrowych, stanowią nową generację przyrządów pomiarowych. Pomiarowe przyrządy analogowe wykorzystujące zjawiska elektromagnetyczne traktowane są jako pierwsza generacja przyrządów pomiarowych. Odczyt wyniku pomiaru wymaga obserwacji położenia wskazówki, co wiąże się z niebezpieczeństwem popełnienia błędu. Drugą generację przyrządów pomiarowych stanowią przyrządy cyfrowe, których początek wywodzi się z połowy XX wieku. Wynik przedstawiany na wyświetlaczu cyfrowym zmniejszył niebezpieczeństwo popełnienia błędu odczytu. Kolejna generacja to przyrządy systemowe, czyli przyrządy cyfrowe wyposażone w interfejs umożliwiający wykorzystanie przyrządu w systemie pomiarowym. Wynik pomiaru w odpowiednim kodzie przesyłany jest do komputera lub innego urządzenia. Pozwoliło to wyeliminować błędy związane z odczytem wyniku pomiaru i zautomatyzować proces pomiarowy.

Najnowszą generację przyrządów pomiarowych stanowią przyrządy wirtualne. W przyrządach tych realizacja sprzętowa pewnych funkcji zastąpiona jest odpowiednim oprogramowaniem wykonywanym przez komputer ogólnego przeznaczenia. Dotyczy to głównie obsługi przyrządu oraz realizacji algorytmów przetwarzania sygnałów. Pozwala to na

łatwą modyfikację takiego przyrządu i szybkie dostosowywanie go do wymagań użytkownika. Można w prosty sposób rozbudowywać algorytmy przetwarzania i analizy sygnałów oraz sposoby prezentacji wyników pomiarów. Zmiana oprogramowania jest tańsza i szybsza niż konstrukcja nowego urządzenia. Kolejną zaletą przyrządów wirtualnych jest możliwość wypełniania przez tę samą część sprzętową (komputer z układami pomiarowymi) różnych funkcji. W zależności od potrzeb i wykorzystywanego oprogramowania może być to wirtualny oscyloskop, analizator widma, rejestrator, multimetr czy inny nietypowy przyrząd.

Przyrządy wirtualne, mimo szerokiego stosowania, nie doczekały się jednoznacznej definicji. W różnych opracowaniach spotkać można różne ich interpretacje. Zwykle jako przyrząd wirtualny określa się przyrząd pomiarowy stanowiący połączenie sprzętu pomiarowego z komputerem osobistym ogólnego przeznaczenia wraz z oprogramowaniem umożliwiającym użytkownikowi obsługę przyrządu z wykorzystaniem symulowanej na ekranie monitora płyty czołowej. Jak z tego wynika, część sprzętową przyrządu wirtualnego stanowi komputer ogólnego przeznaczenia (zwykle klasy PC), ale musi być on uzupełniony odpowiednimi układami pomiarowymi. Układy pomiarowe mogą być wykonane jako karty pomiarowe umieszczone w obudowie komputera lub w połączonej z komputerem kasecie, albo jako przyrządy autonomiczne połączone z komputerem interfejsem standardowym.

Brak jednoznaczności w określeniu przyrządu wirtualnego wynika z tego, że niektóre firmy opisują w ten sposób technikę programowania graficznego. Programy przygotowane w środowisku LabVIEW firmy National Instruments nazywane są przyrządami wirtualnymi (*Virtual Instruments*), stąd pliki źródłowe z tymi programami mają rozszerzenie vi. Nazwa taka jest stosowana nawet wtedy, gdy programy te nie wykorzystują żadnego sprzętu (oczywiście poza komputerem) i gdy nie mają nic wspólnego z pomiarami. Określenie aplikacji przygotowanych w środowisku LabVIEW jako przyrządy wirtualne, mimo że jest to niezgodne z wcześniej przedstawioną definicją, jest używane przez autora również w dalszej części książki.

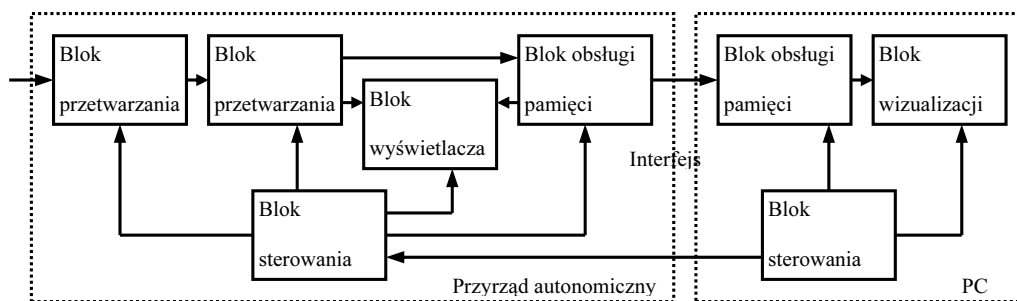
Przyrządy wirtualne można podzielić na dwie grupy:

1. przyrządy autonomiczne wyposażone w interfejs standardowy, połączone przez niego z komputerem;
2. przyrządy bez własnej płyty czołowej umieszczone w obudowie komputera lub z nim połączone.

Niektóre źródła zaliczają do przyrządów wirtualnych również komputer z odpowiednim oprogramowaniem, ale bez fizycznego przyrządu pomiarowego. Dane wejściowe pochodzą z plików zapisanych na dysku, pobrane są przez sieć komputerową z innych komputerów lub generowane w sposób pseudolosowy lub według zadanych algorytmów.

Przyrządy wirtualne wykorzystujące autonomiczne przyrządy pomiarowe umożliwiają obsługę przyrządów połączonych z komputerem odpowiednim interfejsem. Najczęściej stosowane interfejsy standardowe to RS-232, RS-485, IEEE-488, USB, IEEE-1394.

Na rys. 1 przedstawiony został przykładowy schemat funkcjonalny przyrządu wirtualnego zrealizowanego jako połączony z komputerem przyrząd autonomiczny.



Rys. 1. Struktura przyrządu wirtualnego jako połączonego z komputerem przyrządu autonomicznego

W bloku przetwarzania A/C napięcie wejściowe zostaje przetworzone na postać cyfrową. Po przeliczeniu w bloku C/C na wymagany format, dane zostają zapisane do pamięci RAM. Jednocześnie zarejestrowane wyniki mogą być przesłane przez interfejs do komputera i przedstawione na ekranie monitora. Parametry pomiaru zadawane są przez operatora za pomocą własnej płyty czołowej przyrządu autonomicznego lub przez panel na ekranie monitora.

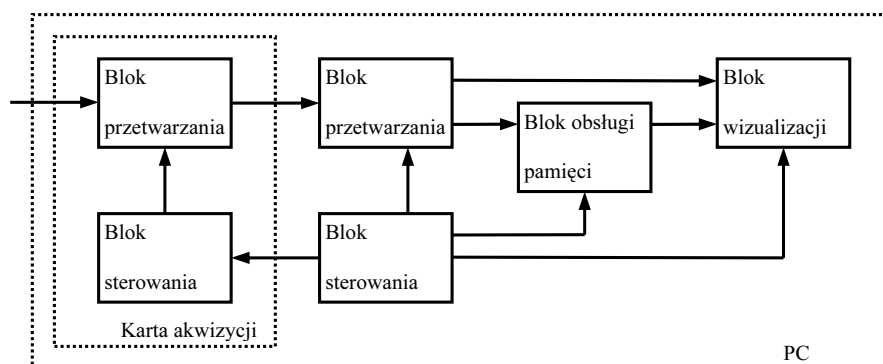
Zastąpienie obsługi takiego przyrządu za pomocą własnej płyty czołowej przez panel symulowany na ekranie monitora pozornie nie wnosi nowej jakości. W rzeczywistości przyrządzie do dyspozycji jest tylko jeden wyświetlacz, na którym przedstawiane są wszystkie informacje, zmieniane w zależności od trybu pracy. W przypadku przyrządu wirtualnego nie ma takich ograniczeń – każdy zadawany parametr pomiaru może posiadać oddzielny wskaźnik. Dzięki temu obsługa przyrządu wirtualnego jest intuicyjna i prostsza niż obsługa za pomocą panelu przyrządu autonomicznego. Szersze są również możliwości przedstawienia wyników. Nie muszą to być pojedyncze liczby, ale można je przedstawiać w postaci bardziej złożonej, np. tabel i wykresów. Nie ma też ograniczenia przetwarzania wyników zgodnie z funkcjami wbudowanymi do przyrządu autonomicznego. Odpowiednie oprogramowanie pozwala dowolnie rozszerzyć możliwości przetwarzania i analizy wyników. Inną zaletą przyrządu wirtualnego jest możliwość wykonywania pomiarów w miejscu odległym, trudno dostępnym lub w środowisku stanowiącym zagrożenie dla obsługi.

Duże możliwości dostosowania do potrzeb użytkownika dają przyrządy należące do drugiej grupy. Opracowanie nowych przyrządów nie wymaga ingerencji w część sprzętową, a jedynie przygotowania nowego oprogramowania. Ten sam sprzęt, w zależności od stosowanego oprogramowania może pełnić najróżniejsze funkcje.

Najprostszy przyrząd tego typu wykorzystuje moduł akwizycji sygnałów pomiarowych umieszczony w komputerze lub podłączony do niego przez magistralę USB. Jego zaletą jest duża szybkość przesyłania danych bezpośrednio do pamięci komputera. Przyrząd taki zajmuje również mało miejsca.

Przykładowa struktura przyrządu wirtualnego opartego o umieszczony w komputerze moduł akwizycji sygnałów pomiarowych przedstawiona jest na rys. 2.

Karta akwizycji nazywana również kartą pomiarową, jak już wspomniano, może być również dołączona do komputera poprzez port zewnętrzny i takie rozwiązanie będzie realizowane oraz testowane podczas wykonywania ćwiczenia.



Rys. 2. Struktura przyrządu wirtualnego opartego o moduł akwizycji sygnałów pomiarowych

Napięcie mierzone doprowadzone jest na wejście analogowe modułu akwizycji sygnałów pomiarowych. Wynik pomiaru, po przeliczeniu na wymagany format, przedstawiany jest na ekranie monitora i zapisywany do pamięci. Moduły pomiarowe wykonane w postaci karty umieszczanej w komputerze łączone są z zasobami komputera przy wykorzystaniu magistrali PCI, w starszych komputerach magistrali ISA, a w przypadku komputerów przenośnych PCMCIA. Dla urządzeń przenośnych stosuje się też standard CompactFlash.

W aplikacjach, w których wymagane jest specjalne kondycjonowanie sygnałów lub wykorzystanie dużej liczby kanałów pomiarowych, należy zastosować zewnętrzny system akwizycji sygnałów pomiarowych. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość rozbudowy dla dużej liczby kanałów pomiarowych, możliwość zastosowania różnego rodzaju układów kondycjonowania sygnałów, możliwość wykonania kasety do zastosowań przemysłowych np. pyłoszczelnej. Nie jest wymagane również dodatkowe miejsce w obudowie komputera. Zewnętrzna kaseeta może być wykonana np. w standardzie SCXI, VXI lub PXI.

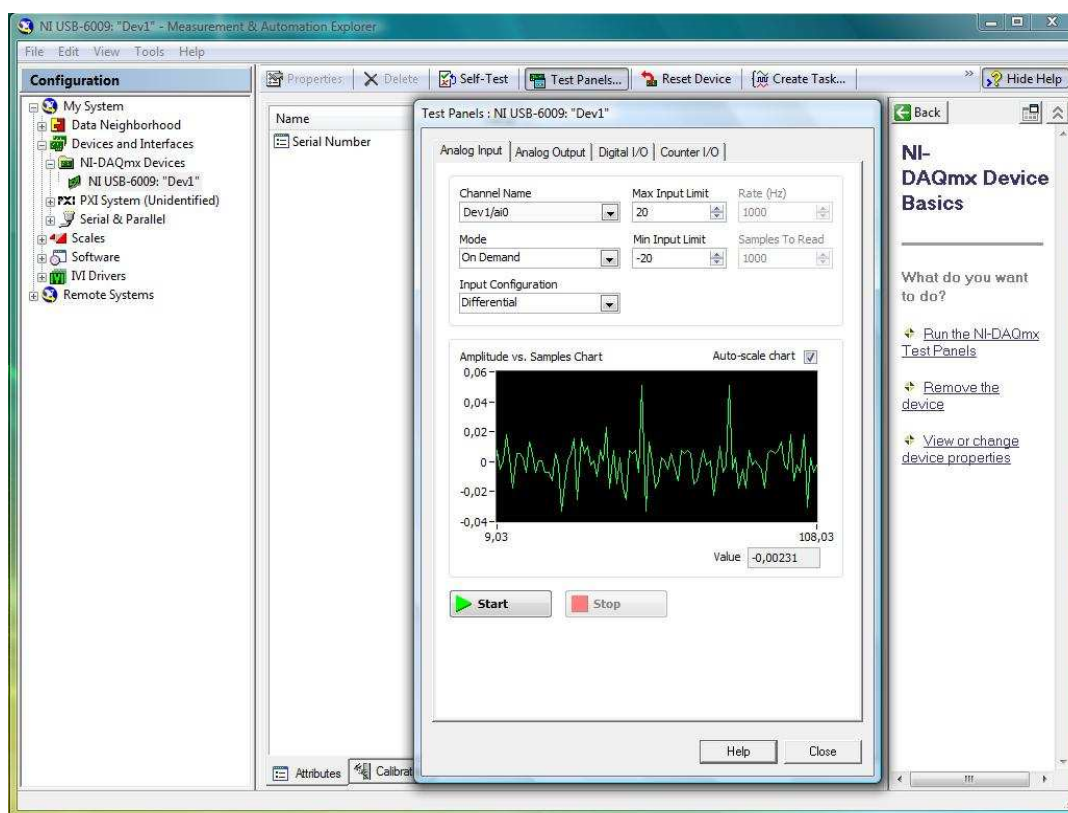
Na bazie układów akwizycji sygnałów pomiarowych mogą być budowane różnorodne przyrządy wirtualne ogólnego przeznaczenia, np.: oscyloskop, analizator widma, multimetr, rejestrator, generator, częstościomierz, okresomierz oraz specjalizowane, przeznaczone do konkretnego zastosowania.

W niektórych źródłach do przyrządów wirtualnych zaliczane są również komputery z odpowiednim oprogramowaniem, bez dodatkowego sprzętu pomiarowego. Dane wejściowe takiego przyrządu pochodzą z plików zapisanych na dysku, mogą być pobrane przez sieć komputerową lub generowane w sposób pseudolosowy lub według zadanych algorytmów.

Przyrządy te nadają się szczególnie do celów szkoleniowych jako symulatory. Pozwalają na szkolenie obsługi różnorodnych systemów w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Programy takie wykorzystywane są również w trakcie nauczania studentów. Pozwalają przedstawić pewne zjawiska w spowolnionej skali czasowej, a przez to ułatwić ich zrozumienie.

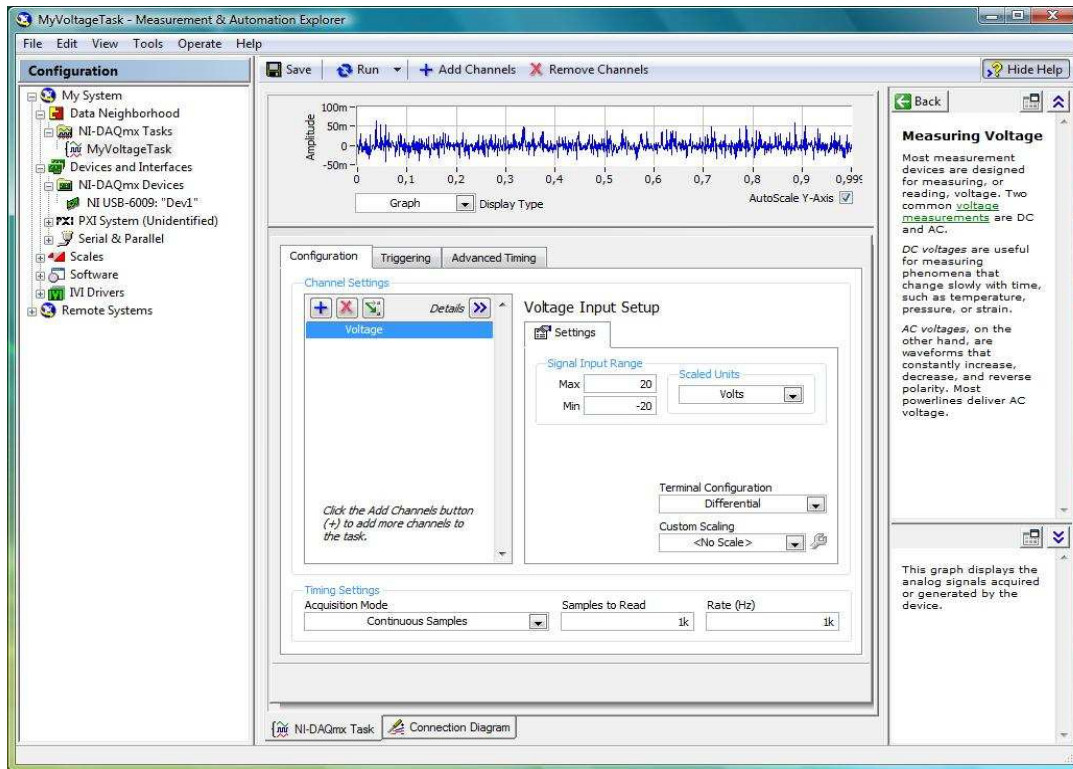
Umożliwiają również obserwację przebiegu procesów odbywających się w znacznej odległości, a nawet niedostępnych w normalny sposób.

Jednym z programów do testowania i konfigurowania kart akwizycji jest Measurement & Automation Explorer potocznie nazywany MAX-em. Aby przetestować podłączoną do komputera klasy PC kartę akwizycji należy w MAX-ie wybrać ją w panelu Configuration My System\Devices and Interfaces\NI-DAQmx Devices\... a następnie przeprowadzić autotest (Self-Test) lub wywołując Test Panels dokonać jej wstępnej konfiguracji i sprawdzić działanie zarówno wejść i wyjść analogowych jak i cyfrowych (rys. 3).

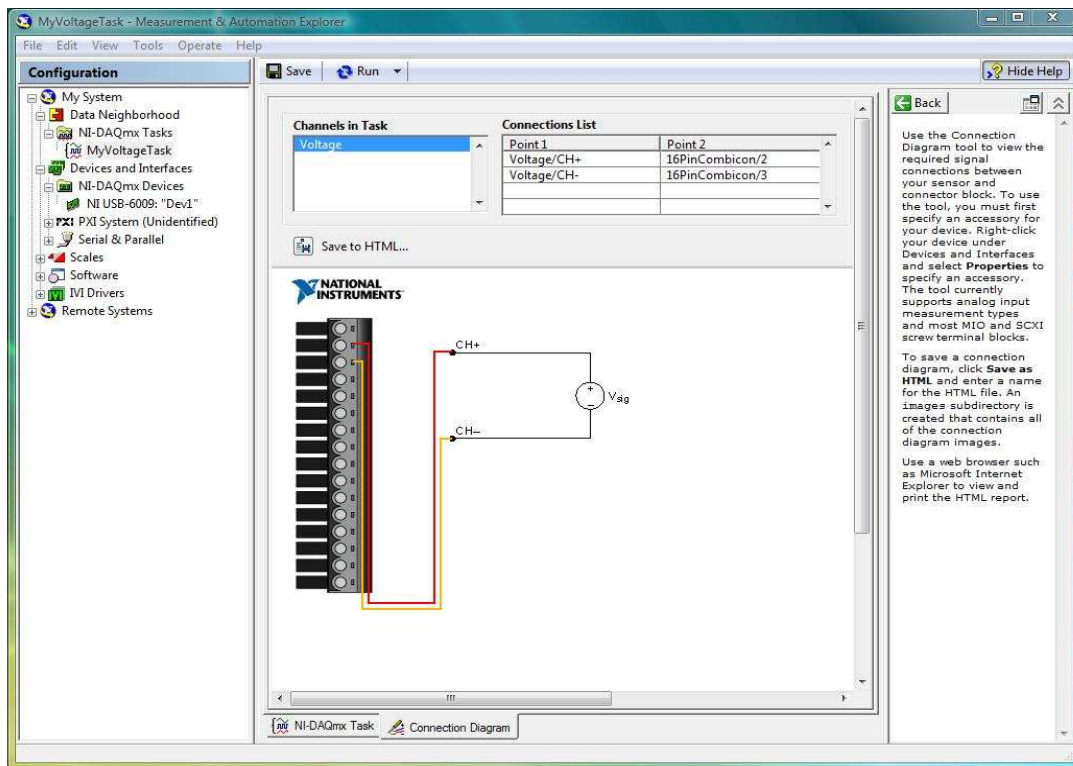


Rys. 3. Okno Test Panels w programie Measurement & Automation Explorer

Program MAX umożliwia również szybkie wykonanie rejestracji sygnałów z wykorzystaniem różnych wejść karty akwizycji poprzez odpowiednie zaprogramowanie zadania pomiarowego (Create Task). W tym celu należy określić rodzaj mierzonych sygnałów (np. napięcie) oraz numer wejścia analogowego do którego sygnał jest doprowadzony (np. ai0). W zakładce NI-DAQmx Task można skonfigurować parametry odpowiadające wybranemu wejściu analogowemu oraz planowanej rejestracji sygnału (rys. 4) oraz sprawdzić prawidłową konfigurację podłączenia sygnału do wejść karty akwizycji (rys. 5).

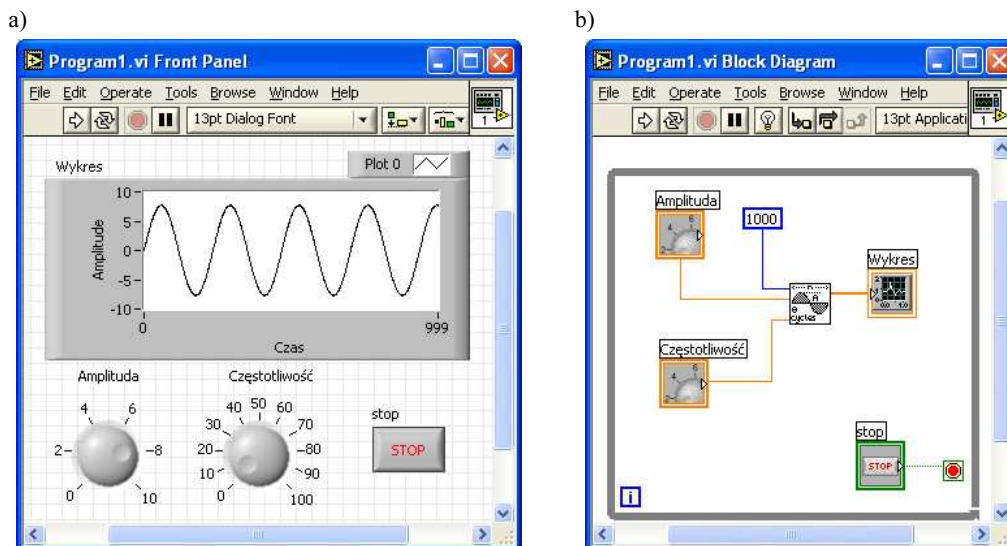


Rys. 4. Zakładka NI-DAQmx Task przeznaczona do konfiguracji zadania rejestracji sygnału pomiarowego



Rys. 5. Zakładka Connection Diagram przedstawiająca konfigurację podłączenia sygnału pomiarowego do wejść karty akwizycji

W trakcie przygotowania aplikacji w środowisku LabVIEW wykorzystywane są dwa główne okna: panel i diagram (rys. 6).



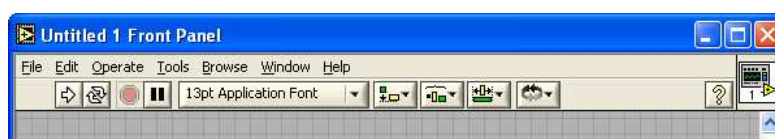
Rys. 6. Okna systemu LabVIEW: a) panel, b) diagram

Panel stanowi interaktywny interfejs z użytkownikiem. Symuluje on płytę czołową rzeczywistego przyrządu. Umieszczone są na nim zadajniki (Controls) służące do wprowadzania danych do programu, np.: przełączniki, pokrętła, oraz wskaźniki (Indicators) służące do wyprowadzania danych z programu do użytkownika, np.: wyświetlacze, wykresy. Do obsługi elementów na panelu wykorzystywana jest mysz lub klawiatura.

Diagram zawiera program źródłowy aplikacji w języku graficznym.

W górnej części obu okien znajduje się pasek tytułu z przyciskami minimalizacji okna na pasku zadań, maksymalizacji okna do trybu pełnoekranowego (lub przywrócenia poprzedniego rozmiaru) i zamknięcia okna. Na pasku tytułu znajduje się nazwa edytowanego przyrządu wirtualnego. W oknie panelu nazwa ta jest rozszerzona o słowa „Front Panel”, w oknie diagramu o słowo „Diagram”. Gwiazdka przy nazwie informuje, że po ostatnim zapisie do pliku w edytowanym przyrządzie wirtualnym dokonane zostały zmiany.

Poniżej paska tytułu znajduje się menu i linijka przycisków narzędziowych, a po prawej stronie kwadrat z rysunkiem ikony przyrządu wirtualnego (rys. 7).

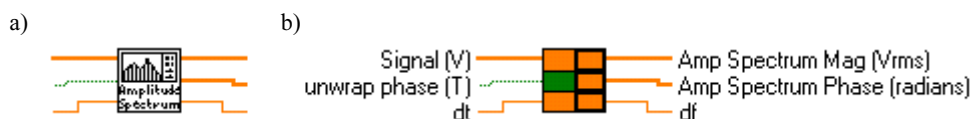


Rys. 7. Górna część okna panelu w LabVIEW



Strzałka na linijce przycisków narzędziowych służy do uruchomienia skonstruowanego przyrządu wirtualnego.

Z przyrządem wirtualnym związana jest ikona (Icon) i zaciski (Connector) (rys. 8), umożliwiające umieszczenie danego przyrządu w innej aplikacji jako podprogramu.



Rys. 8. Ikona (a) i zaciski (b) przyrządu wirtualnego

Jeżeli aktywnym oknem jest okno panelu, to w każdej chwili możemy przejść do diagramu, wybierając z opcji Window menu polecenie Show Diagram lub naciskając klawisze Ctrl-E. Podobnie z panelu przechodzimy do diagramu, wybierając z opcji Window menu polecenie Show Panel lub naciskając klawisze Ctrl-E.

### 3. Program ćwiczenia

1. Zapoznać się ze specyfikacją i parametrami technicznymi karty akwizycji wykorzystywanej podczas wykonywania ćwiczenia a następnie połączyć kartę z komputerem klasy PC za pomocą magistrali USB.
2. Uruchomić program Measurement & Automation Explorer (MAX) i wybrać w panelu Configuration My System\Devices and Interfaces\NI-DAQmx Devices\... kartę akwizycji podłączoną do komputera a następnie przeprowadzić jej autotest.
3. Korzystając z Test Panels w MAX-ie dokonać wstępnej konfiguracji karty akwizycji i sprawdzić działanie wejść analogowych dla różnych trybów pracy (Mode), różnych zakresów (Min, Max Input Limit) i różnych częstotliwości próbkowania (Rate) wykorzystując jako sygnał testowy przebieg sinusoidalny o amplitudzie 5V i częstotliwości 50Hz zadawany z generatora funkcyjnego. Przy podłączaniu sygnału testowego do karty akwizycji wybrać różnicową konfigurację wejścia (Differential Input Configuration) oraz dowolny kanał (ai0 ... ai7).
4. Wykonać rejestrację sygnału testowego z wykorzystaniem analogowego wejścia karty akwizycji (Analog Input) poprzez odpowiednie zaprogramowanie zadania pomiarowego (Create Task) w programie MAX. W tym celu należy określić rodzaj mierzonego sygnału (np. napięcie) oraz numer wejścia analogowego do którego sygnał jest doprowadzony (np. ai0). W zakładce NI-DAQmx Task można skonfigurować parametry odpowiadające wybranemu wejściu analogowemu oraz planowanej rejestracji sygnału, natomiast w zakładce Connection Diagram można sprawdzić prawidłową konfigurację podłączenia sygnału do wejść karty akwizycji.

5. Uruchomić graficzne środowisko programowania LabVIEW w celu zaprojektowania prostego wirtualnego przyrządu pomiarowego do rejestracji i wizualizacji przebiegów czasowych sygnałów pomiarowych zadawanych z generatora funkcyjnego. Wybrać New Blank VI i w oknie Diagram osadzić poprzez przeciągnięcie z pola Funkcji DAQ Assistant, który znajduje się w Express Input. Sposób konfiguracji tego modułu jest podobny do poznanej konfiguracji NI-DAQmx Task w programie MAX. Przy wyborze trybu pracy skorzystać z Continuous Samples w celu automatycznego wygenerowania pętli w programie VI. W oknie Panel zaprojektować interfejs użytkownika umożliwiający podgląd przebiegów czasowych (Graph Indicators) oraz odczyt charakterystycznych parametrów badanych sygnałów (Signal Processing Waveform Measurements) np.: wartość średnia, skuteczna, maksymalna, minimalna, amplituda. Zapoznać się z parametrami i konfiguracją tworzonych obiektów. Wejścia i wyjścia poszczególnych obiektów na diagramie powinny być łączone z zachowaniem torów przepływu przetwarzanego sygnału.
6. Zapisać i przedstawić w sprawozdaniu kod źródłowy skonstruowanego przyrządu wirtualnego (VI) oraz uwagi i spostrzeżenia dotyczące konfiguracji karty akwizycji i jej charakterystycznych parametrów technicznych.

## 4. Pytania kontrolne

1. Co to są wirtualne przyrządy pomiarowe i jakie są ich zalety w stosunku do tradycyjnych przyrządów analogowych i cyfrowych?
2. Przedstawić i opisać dwie podstawowe struktury przyrządów wirtualnych?
3. Jaka jest funkcjonalność programu Measurement & Automation Explorer?
4. Jakie są dwa podstawowe okna graficznego środowiska programowania LabVIEW i w jaki sposób można wybierać okno aktywne?
5. Do czego służy Express VI DAQ Assistant i na czym polega jego konfigurowanie?

## 5. Literatura

1. Świsulski D.: Komputerowa technika pomiarowa. Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabVIEW. Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2005.
2. Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.
3. Nawrocki W.: Rozproszone systemy pomiarowe. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.