

**Maciej Drabik\*, Alina Gil\***

## **WIRTUALNE LABORATORIUM POMIAROWE**

**Streszczenie.** W artykule przedstawiona została krótka ewolucja systemu pomiarowego w kierunku programowania graficznego. Opisano konstrukcję wirtualnego przyrządu w programie LabVIEW, metodologię projektowania systemów pomiarowych w tym programie, cechy przyrządów wirtualnych, i możliwości ich zastosowania w pomiarach laboratoryjnych.

### **WSTĘP**

W historii pomiarów wielkości fizycznych wyróżnić można kilka etapów. Najwcześniejszy z nich to bezpośrednie porównywanie wielkości mierzonej ze wzorcem i dominacja mierników wskaźnikowych. Drugi etap to wprowadzenie czujników pomiarowych, które zamieniały wielkość nieelektryczną na elektryczną i sprowadzały pomiar różnych wielkości fizycznych do pomiaru wielkości elektrycznych, za pomocą coraz to nowocześniejszych i bardziej dokładnych przyrządów. Klasyczny układ pomiarowy składał się wówczas z czujnika (przetwornika) odpowiednio dobranego do mierzonego parametru (czujnik termometru, manometr, siłomierz itp.), układu przetworzenia sygnału i miernika (oscylloskopu, woltomierza, częstotściomierza). W kolejnym etapie zastosowano do pomiarów komputer. Pozwoliło to sterować pomiarami w sposób automatyczny i dowolnie przetwarzać wyniki pomiarów. Oprogramowanie, a nie sprzęt zaczęło decydować o możliwościach układu pomiarowego [1].

### **KOMPUTER W SYSTEMIE POMIAROWYM**

Klasyczny sposób budowania systemów pomiarowych z wykorzystaniem komputera polegał początkowo na opracowaniu od zera programu sterującego wraz z poleceniami do komunikacji komputera z urządzeniami wejścia i wyjścia. Używano do tego celu języków wysokiego poziomu (Basic, Pascal, C). Sposób ten bardzo pracochłonny umożliwiał odbiór informacji z czujników, przetwarzanie informacji oraz wysyłanie poleceń.

---

\* Maciej DRABIK, Alina GIL – Instytut Edukacji Technicznej i Informatycznej, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie.

Drugim krokiem w kierunku uproszczenia projektowania i uruchamiania systemów pomiarowych było opracowanie standardu, który określał metody programowania przyrządów pomiarowych. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku powstał standard SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). Był to zestaw instrukcji pozwalających na pełne zaprogramowanie pracy przyrządu pomiarowego niezależnie od jego rodzaju.

Kolejnym osiągnięciem w dziedzinie projektowania oprogramowania systemów pomiarowych było powstanie zintegrowanych środowisk pomiarowych. W początku lat dziewięćdziesiątych rozwój języków programowania wyższego poziomu (Pascal czy C) i graficzny system operacyjny Windows stworzyły warunki dla rozwoju tych środowisk. Na tej bazie różne firmy (National Instruments, Hewlett-Packard i inne) zaczęły budować pakiety programowe wspomagające projektowanie systemów pomiarowych o dużych możliwościach pomiarowych i łatwej obsłudze. Powstały środowiska tekstowo-graficzne (np. LabWindows/ CVI) i typowo graficzne (LabVIEW). Środowiska tekstowo-graficzne są połączeniem projektowania graficznego z pisanem kodu programu, zaś graficzne pomijają zupełnie pisanie kodu programu.

Okazało się wkrótce, że lepiej są odbierane środowiska czysto graficzne, a klasyczne języki programowania odchodzą do lamusa. Obecnie znakomita większość środowisk programowania systemów pomiarowych, to środowiska graficzne [2]. Wynika to z faktu, że korzystać z takich środowisk może zwykły użytkownik komputera, nie znający żadnych języków programowania.

## PROGRAMOWANIE W LABVIEW

Spośród kilku środowisk programowania graficznego największą popularnością cieszy się obecnie środowisko LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) opracowane przez firmę National Instruments. Jest to bez wątpienia środowisko najlepiej opracowane, posiadające najszersze biblioteki i bardzo przyjazne dla użytkownika.

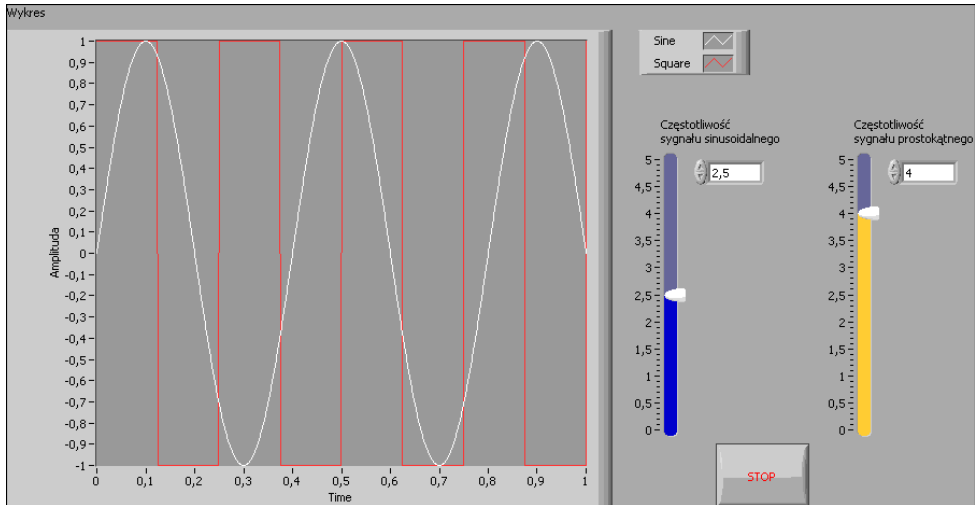
Przyjęta terminologia, stosowane symbole graficzne oraz blokowy sposób przedstawienia działania programu w LabVIEW nie różnią się od notacji powszechnie używanej przez inżynierów. Ponadto „obrazkowy” charakter środowiska ułatwia graficzną prezentację danych [3].

Programowanie w LabVIEW przebiega następująco:

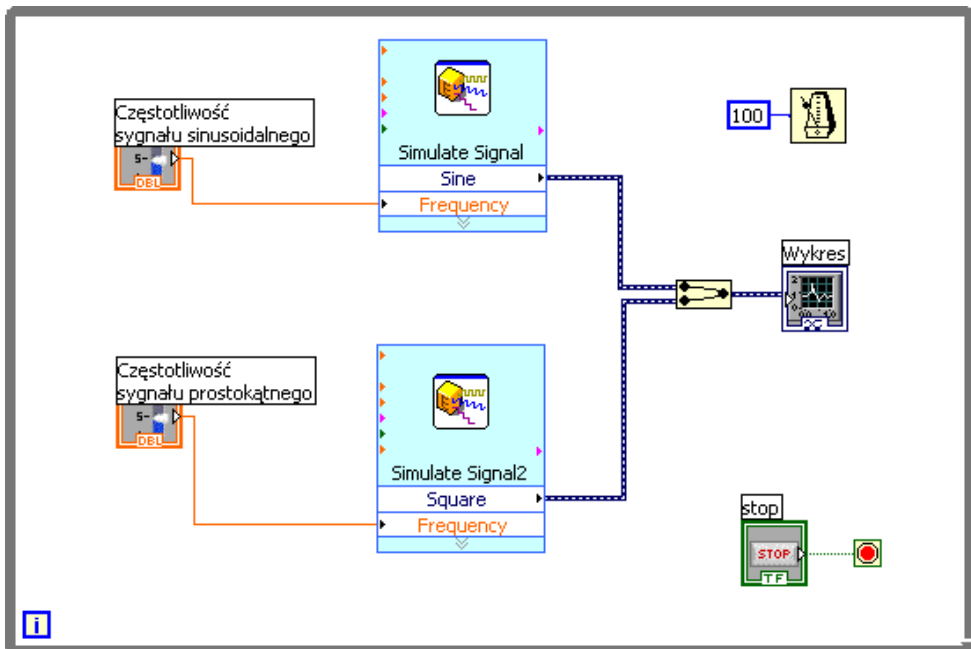
- projektuje się panel sterowania urządzenia wirtualnego w oknie panelu,
- tworzy się program graficzny w oknie diagramu,
- projektuje się ikonę (złącze) reprezentującą program, umożliwiającą jego dołączenie do innych programów.

Panel stanowi interaktywny interfejs z użytkownikiem (rys. 1). Symuluje on płytę czołową rzeczywistego przyrządu pomiarowego [4]. Umieszczone są na nim zadajniki (Controls) służące do wprowadzania danych do programu (przełączniki,

pokręta, wyświetlacze) oraz wskaźniki (Indicators) służące do wyprowadzania danych z programu do użytkownika (wyświetlacze, wykresy itp.). Do obsługi elementów panelu używa się myszy, klawiatury lub ekranu dotykowego.



Rys. 1. Panel oscyloskopu w środowisku LabVIEW



Rys. 2. Diagram oscyloskopu w środowisku LabVIEW

Diagram na rysunku 2 zawiera program źródłowy aplikacji w języku graficznym. Na diagramie umieszczone są ikony reprezentujące poszczególne elementy programu (bloki funkcjonalne) oraz połączenia między elementami wskazujące kierunek przepływu danych. Programy w LabVIEW są sterowane przepływem danych, co oznacza, że kolejny węzeł diagramu blokowego zaczyna działać, kiedy ma potrzebne dane na wszystkich swoich wejściach, a kończy działanie generując dane na wszystkie swoje wyjścia. Brak jest tutaj ograniczeń sekwencyjnego programowania tekstowego, bloki funkcjonalne mogą mieć wiele niezależnych wejść danych, wiele operacji może być wykonywanych jednocześnie.

## Metodyka projektowania systemu pomiarowego

Metodykę projektowania systemu pomiarowego w LabVIEW podzielić można na kilka etapów [2]:

1. Wstęp do projektu:
  - a) określenie funkcji i parametrów projektowanego przyrządu,
  - b) dobór właściwej części sprzętowej (czujniki, urządzenia akwizycji itp.),
  - c) analiza sterownika części sprzętowej lub zaprojektowanie własnego sterownika.
2. Tworzenie panelu graficznego przyrządu pomiarowego:
  - a) umieszczenie w oknie edytora panelu elementów niezbędnych do działania przyrządu tj.: pokręteł, suwaków, wyświetlaczy itp.,
  - b) odpowiednie rozmieszczenie i konfiguracja elementów panelu.
3. Tworzenie diagramu blokowego (graficznego kodu źródłowego):
  - a) rozmieszczenie istniejących ikon (przenoszą się one na diagram automatycznie z tworzonego panelu graficznego – ikony są odpowiednikami elementów panelu),
  - b) wstawianie dodatkowych elementów i procedur (o ile są one konieczne):
    - pętle np.: *while*, *case*,
    - funkcje interfejsu,
    - sterowniki rzeczywistych przyrządów,
    - struktury typu *sequence* itp.,
  - c) łączenie elementów w taki sposób aby przyrząd działał prawidłowo.
4. Uruchomienie i testowanie programu.

## WIRTUALNE PRYZRĄDY POMIAROWE

W klasycznym laboratorium pomiarowym jest wiele różnych mierników. Każdy z nich umożliwia pomiar przeważnie jednej wielkości fizycznej i posiada odpowiednie pokręta, przyciski, wyświetlacze dostosowane do jego zadań. Użytkownik przyrządu nie może zmienić sposobu działania i rodzaju wielkości fizycznej mierzonej przez przyrząd. Jeśli chce mierzyć inną wielkość musi nabyć kolejny przy-

rząd. Podobnie ma się rzecz z przyrządami generującymi różne sygnały analogowe lub cyfrowe [5].

Rozwój programowania graficznego i środowisk takich jak LabVIEW stworzył alternatywę dla klasycznych przyrządów pomiarowych. Pojawiły się bowiem „wirtualne przyrządy pomiarowe”.

Wirtualny (z łac. *virtualis* – możliwy) to „mogący zaistnieć lub teoretycznie możliwy” [4]. Jest to coś, co nie istnieje w rzeczywistości, lecz spełnia swoją rolę za pomocą innych środków lub metod niż tradycyjne. Obecnie pojęcie „wirtualny” wiąże się ściśle z techniką komputerową jako: „istniejący jedynie na ekranie i w pamięci komputera, ale zachowujący się jak w rzeczywistości”. Często spotykamy się z pojęciami określanymi jako „wirtualne”. Bankowe karty płatnicze nazywamy wirtualnymi pieniędzmi. Nie są one podobne do monet czy banknotów, ale pełnią ich rolę, czyli pozwalają dokonywać płatności.

Przyrządy wirtualne umożliwiają wykonywanie prawdziwych pomiarów, chociaż innymi metodami. W klasycznych przyrządach używamy przycisków i przełączników umieszczonych na płycie czołowej. W przyrządzie wirtualnym płyta czołowa z przyciskami, przełącznikami jest symulowana na ekranie komputera i obsługiwana za pomocą myszy, klawiatury lub ekranu dotykowego.

Większość tradycyjnych układów pomiarowych zastąpić możemy przez nowy układ składający się z czujnika, modułu przygotowania sygnału i komputera wyposażonego w kartę akwizycji sygnałów (DAQ) wraz z odpowiednim oprogramowaniem (DasyLab, LabWindows/CVI, LabVIEW i inne). Oprogramowania te pozwalają budować wirtualne przyrządy pomiarowe i sterujące. Wykorzystują one ogromne i wciąż rosnące możliwości komputerów w obliczeniach i prezentacji wyników. Tak, więc w przyrządzie wirtualnym sygnał podawany jest nie na wejście np. oscyloskopu, lecz karty DAQ komputera, w którym jest program realizujący zadania oscyloskopu, czyli „oscyloskop wirtualny”. Gdy jest nam potrzebny inny przyrząd np. woltomierz, to wyłączamy program oscyloskopu i włączamy inny program realizujący zadania woltomierza, czy dowolnego innego przyrządu. Jeśli nie mamy odpowiedniego programu realizującego potrzebny przyrząd wirtualny, to możemy sobie sami taki program napisać wykorzystując np. środowisko programowania LabVIEW.

Do najistotniejszych zalet przyrządu wirtualnego należy jego elastyczność funkcjonalna tzn. jeden blok sprzętowy (komputer + karta akwizycji sygnałów DAQ) umożliwia tworzenie szerokiego zbioru różnych przyrządów wirtualnych realizujących różne funkcje [6]. Fakt ten oraz redukcja części sprzętowej przyrządu do minimum, spowodowały znaczne zmniejszenie kosztu przyrządu. Oprócz tego, czas opracowania nowego przyrządu i jego modyfikacji w środowiskach programowych typu LabVIEW jest bardzo krótki.

W rzeczywistym (autonomicznym) przyrządzie pomiarowym jest tylko jeden wyświetlacz lub skala, na których przedstawiane są wszystkie informacje. Dla przyrządu wirtualnego brak jest takich ograniczeń – każdy zadany parametr pomiaru może mieć oddzielny wskaźnik. Dlatego obsługa przyrządu wirtualnego jest intuicyjna

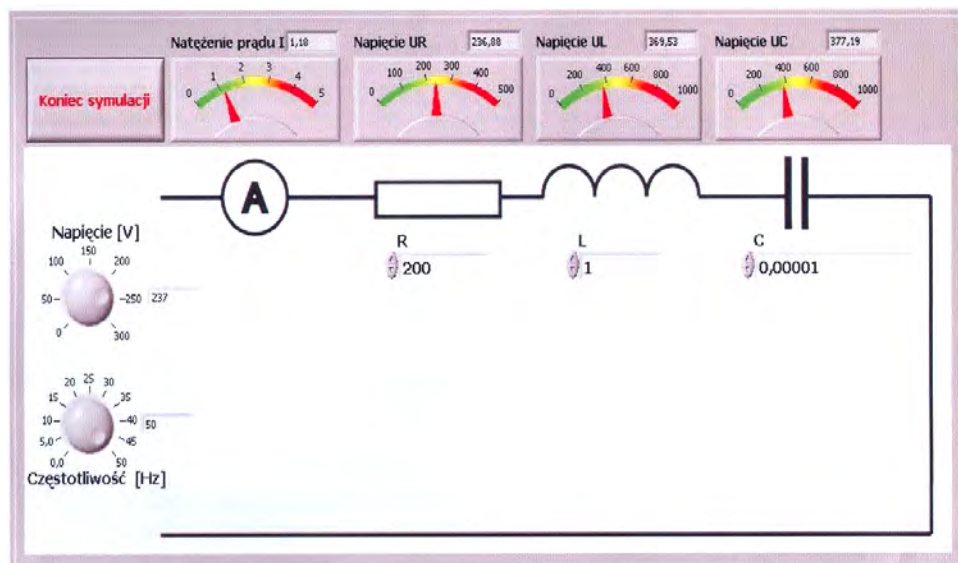
i prosta. Istnieje również duża dowolność kształtowania płyty czołowej. Można dowolnie rozmieszczać wskaźniki, wybierać ich kształt, styl i wielkość. Można dobrać kształt i rozmiar wyświetlaczy, kolory poszczególnych elementów i tła, rodzaje linii wykresowych itp. Szersze są również możliwości przedstawiania wyników. Nie muszą to już być pojedyncze liczby, ale również tabele, tablice, macierze, wykresy. Brak jest też tych ograniczeń w przetwarzaniu wyników, jakie narzuca przyrząd klasyczny. Oprogramowanie pozwala dowolnie rozszerzyć zakres przetwarzania i analizy wyników.

### Wirtualny obwód szeregowy RLC

Poniżej przedstawiono panel (rys. 3) i diagram (rys. 4) przyrządu wirtualnego symulujący działanie prostego idealnego obwodu szeregowego RLC [7]. W przyrządzie tym eksperymentator ma możliwość zadawania wartości częstotliwości napięcia zasilającego oraz wartości oporu, indukcyjności i pojemności. Przyrząd oblicza wartość natężenia prądu w obwodzie oraz wartości napięć na poszczególnych elementach obwodu.

Panel czołowy przyrządu zawiera następujące obiekty:

- cztery wskaźniki wskazówkowe (Natężenie prądu, Napięcie UR, Napięcie UL, Napięcie UC) z umieszczonymi dodatkowo wskaźnikami numerycznymi;
- trzy kontrolki numeryczne R, L, C do zadawania wartości elementów układu;
- dwie kontrolki numeryczne w postaci gałek (Napięcie, Częstotliwość) do zadawania parametrów napięcia zasilającego;



Rys. 3. Panel czołowy przyrządu wirtualnego

- przycisk logiczny Stop (Koniec symulacji) który służy do kończenia pracy programu;
- elementy graficzne.

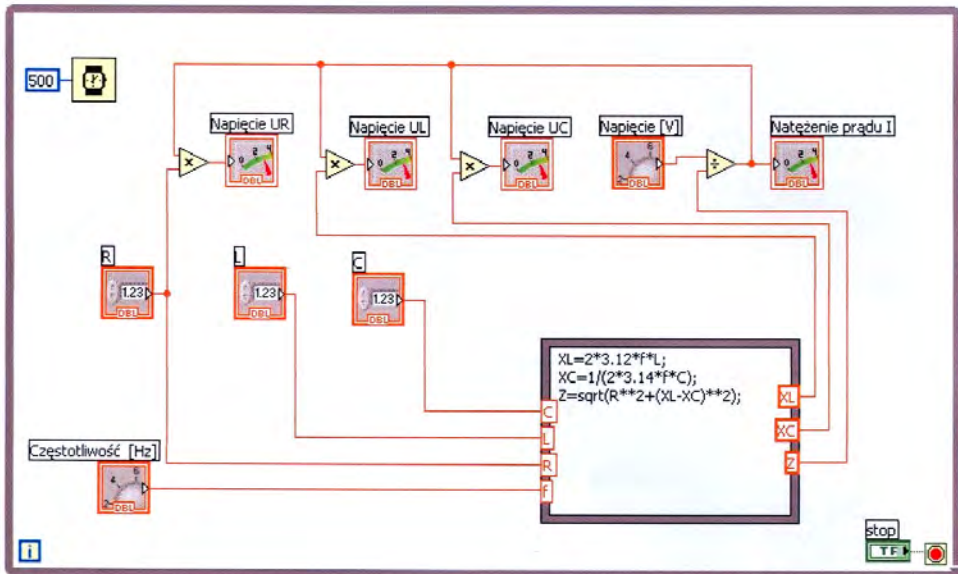
Wartości zadawane przez eksperymentatora:

- U – wartość napięcia zasilającego w V (voltach),
- F – częstotliwość napięcia zasilającego w Hz (hercach),
- R – opór rezystora w obwodzie w  $\Omega$  (omach),
- L – indukcyjność cewki w H (henrach),
- C – pojemność kondensatora w F (faradach).

Wartości pośrednie i poszukiwane:

- $X_L$  – reaktancja indukcyjna w  $\Omega$  (omach),  $X_L = 2\pi fL$ ;
- $X_C$  – reaktancja pojemnościowa w  $\Omega$  (omach),  $X_C = 1/(2\pi fC)$ ;
- Z – impedancja obwodu w  $\Omega$  (omach),  $Z = R^2 + (X_L - X_C)^2$ ;
- I – wartość natężenia prądu w obwodzie w A (amperach),  $I = U/Z$ ;
- $U_R$  – wartość napięcia na rezystorze R w V (voltach),  $U_R = I \cdot R$ ;
- $U_L$  – wartość napięcia na indukcyjności L w V (voltach),  $U_L = I \cdot X_L$ ;
- $U_C$  – wartość napięcia na pojemności C w V (voltach),  $U_C = I \cdot X_C$ .

Na diagramie przyrządu (rys. 4) widzimy wszystkie elementy umieszczone w panelu. Są to zadajniki napięcia, częstotliwości, oporu, indukcyjności i pojemności, wskaźniki napięcia V, natężenia I oraz napięć  $U_R$ ,  $U_L$ ,  $U_C$ . Jest też wyłącznik stop. Obliczanie potrzebnych parametrów  $X_L$ ,  $X_C$ , Z odbywa się w strukturze *Formuła*



Rys. 4. Diagram przyrządu wirtualnego

*Node*. Dla zapewnienia ciągłości funkcjonowania programu wprowadzono pętlę *While*. Moduł oczekiwania *Wait* zapobiega monopolizacji zasobów komputera przez nieustannie wykonywaną pętlę.

## PODSUMOWANIE

Komputer z odpowiednim oprogramowaniem może zastąpić wiele (niejednokrotnie bardzo drogie) przyrządów pomiarowych.

Wirtualne przyrządy pomiarowe to nowoczesne narzędzia pomiarowe, które coraz częściej stanowią podstawę stanowisk laboratoryjnych wykorzystywanych w procesie dydaktycznym, łącząc aspekty edukacyjne, pomiarowe i symulacyjne. Dzięki nim studenci zapoznają się z możliwością wykorzystania w codziennej pracy nowoczesnych technik badawczych i obsługą zintegrowanych systemów pomiarowych.

## LITERATURA

1. Winiecki W., Organizacja komputerowych systemów pomiarowych. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1997.
2. Winiecki W., Nowak J., Stanik S., Graficzne zintegrowane środowiska pomiarowe. Wydawnictwo MIKOM, Warszawa 2001.
3. Tłaczała W., Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo. WNT, Warszawa 2002.
4. Świsulski D., Komputerowa technika pomiarowa. Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2005.
5. Jemielniak K., Przyrządy wirtualne. [www.cim.pw.edu.pl/LabVIEW](http://www.cim.pw.edu.pl/LabVIEW)
6. Winiecki W., Nowak J., Stanik S., Graficzne zintegrowane środowiska programowe. Wydawnictwo MIKOM, Warszawa 2001.
7. [www.ni.com](http://www.ni.com)

## Virtual measuring laboratory

### Summary

This article presents history and the present of graphical programming. It describes construction of virtual instrument in the programme LabVIEW, and methodology of projects of measuring systems in this programme and qualities of virtual instruments, and possibilities of their applications in measuring laboratory.