

Eligiusz PAWŁOWSKI
Politechnika Lubelska
Katedra Automatyki i Metrologii
e-mail: elekp@elektron.pol.lublin.pl

PRZYRZĄDY WIRTUALNE W POMIARACH MAGNETYCZNYCH

Streszczenie. Przedstawiono wirtualne przyrządy pomiarowe i ich porównanie z przyrządami klasycznymi. Podano podstawowe definicje, schematy strukturalne i zasady projektowania. Omówiono moduły sprzętowe i narzędzia programistyczne wspomagające projektowanie przyrządów wirtualnych. Wskazano możliwości zastosowań przyrządów wirtualnych w pomiarach magnetycznych.

VIRTUAL INSTRUMENTS IN MAGNETIC MEASUREMENTS

Summary. This paper presents some definition of virtual instruments. Software and hardware structure of a VI's and their features are described. Computer aided designing tools and hardware components are presented. At the end, VI's application for magnetic measurements are proposed.

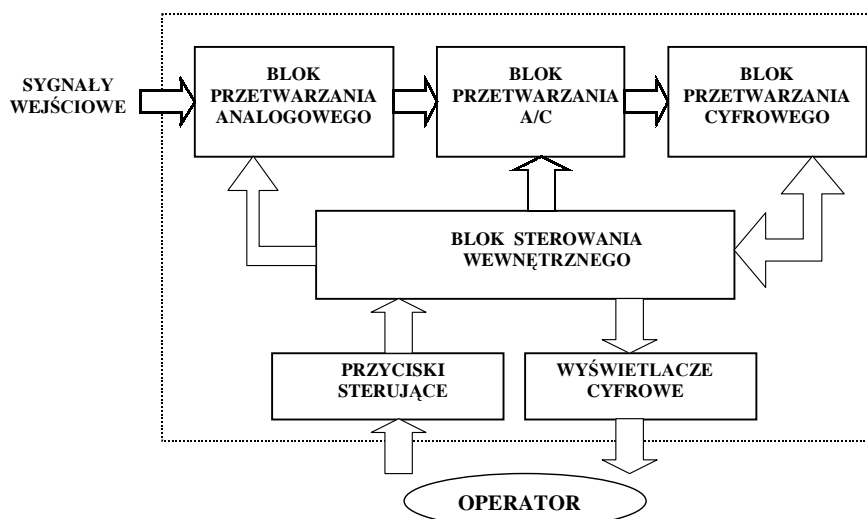
1. Wstęp

W technice i w życiu codziennym bardzo popularne stało się w ostatnim czasie pojęcie wirtualności. Wirtualna rzeczywistość kreowana przez zaawansowane oprogramowanie uruchamiane na komputerach najnowszej generacji otacza nas już zewsząd. A jednocześnie tak często używane słowo „wirtualny” nie jest wystarczająco jednoznacznie w naszym języku określone. Według słownika [1] „wirtualny” <śrdw. - łac. *Virtualis* = skuteczny, z łac. *Virtus*=moc, cnota> znaczy: mogący zaistnieć, (teoretycznie) możliwy. Wrażenie to przyjęło się stosować do określania czegoś, co w danej formie w rzeczywistości nie istnieje, ale faktycznie spełnia daną funkcję z punktu widzenia użytkownika, zazwyczaj wykorzystując do tego celu inne środki materialne i niematerialne niż te stosowane tradycyjnie. Przykładem może być chociażby wirtualna wycieczka oferowana przez *Louvre Museum* [2]. Wirtualna rzeczywistość z gier komputerowych przeszła do poważniejszych zastosowań w programach architektonicznych, medycznych, militarnych. Wirtualne sklepy i wirtualne banki proponują nam dokonywanie całkiem realnych zakupów za wirtualne pieniądze urzeczywistniane w plastikowych kartach płatniczych. Każdemu użytkownikowi systemu Windows znane jest pojęcie pamięci wirtualnej. Można więc przypuszczać, że intuicyjnie zrozumiałe jest również dla większości z nas pojęcie wirtualnego przyrządu pomiarowego. Niestety, trudno w literaturze znaleźć w tym zakresie jednoznaczną definicję. W materiałach firmowych National Instruments [3] występują dwie definicje: przyrząd wirtualny – (1) kombinacja sprzętu i/lub oprogramowania współpracująca typowo z komputerem klasy PC, która funkcjonalnie jest równoważna tradycyjnemu przyrządowi pomiarowemu, (2) moduł programowy LabView składający się z panelu czołowego stanowiącego interfejs użytkownika oraz algorytmu programu. Podobnie firma Hewlett-Packard [4] proponuje cztery możliwości w tym zakresie: przyrząd wirtualny – urządzenie wykorzystujące komputer klasy PC wraz z graficznym oprogramowaniem do przetwarzania i wyświetlania wyników pomiarów, które może być

rozumiane jako: (1) kompletny system pomiarowy, (2) programowalny panel graficzny, (3) technika programowania graficznego, (4) rekonfigurowalne bloki funkcjonalne. W podręczniku [5] stosunkowo krótko zdefiniowano, że przyrząd wirtualny to przyrząd którego funkcje i możliwości są określone przez oprogramowanie. W krajowej literaturze [6] zaproponowano natomiast, aby przez przyrząd wirtualny rozumieć przyrząd składający się z komputera ogólnego przeznaczenia i dołączonych do niego sprzętowych bloków funkcjonalnych (wewnętrznych i/lub zewnętrznych), którego funkcje i możliwości określone są zarówno przez sprzęt, jak i oprogramowanie, a obsługa odbywa się za pomocą ekranu komputerowego, klawiatury i/lub myszy z wykorzystaniem graficznego interfejsu użytkownika. Pozostawiając jednak wszystkie te definicje przez chwilę na boku, warto spróbować przybliżyć sobie koncepcję przyrządów wirtualnych poprzez ich odniesienie do klasycznych konstrukcji aparatury pomiarowej.

2. Przyrządy wirtualne a konstrukcje klasyczne aparatury pomiarowej

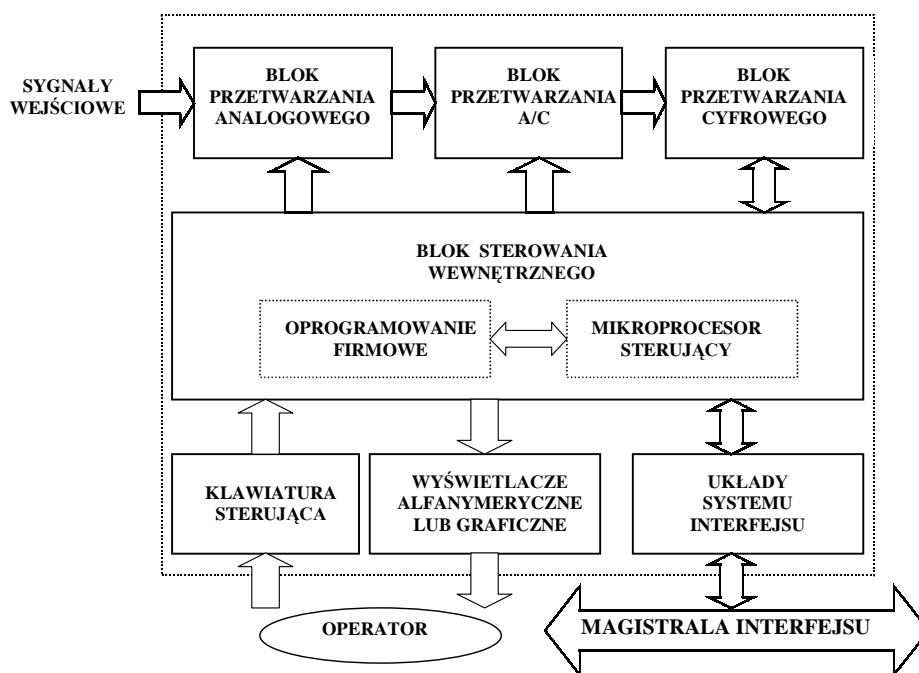
Jest oczywiste, że przyrządy wirtualne nie pojawiły się nagle i niespodziewanie w wyniku jakiegoś epokowego odkrycia, ale są naturalną konsekwencją ciągłej ewolucji aparatury pomiarowej. Warto sobie przypomnieć, że historia elektrycznych przyrządów pomiarowych jest stosunkowo krótka i rozpoczyna się skonstruowaniem galwanometru w 1820 roku przez Oersteda [7]. Mostek do pomiaru rezystancji Wheatston'a pochodzi z roku 1844, oscylograf katodowy Brauna z 1897 r. Na początku XX wieku znane były już w większości konstrukcje wszystkich analogowych ustrojów pomiarowych. Wynalezienie tranzystora 1948 r. znacząco wpłynęło na rozwój elektronicznych przyrządów pomiarowych. Przyrządy analogowe jednofunkcyjne i wielofunkcyjne (czyli popularne „uemki”), zarówno elektromechaniczne jak i elektroniczne zalicza się do przyrządów pierwszej generacji [8]. W roku 1952 zbudowano pierwszy woltomierz cyfrowy, który rozpoczął rozwój miernictwa cyfrowego. Autonomiczny, samodzielnie działający cyfrowy przyrząd pomiarowy zaliczamy do przyrządów drugiej generacji. Schemat blokowy przyrządu pomiarowego II generacji przedstawiono na rys.1.



Rys.1. Schemat blokowy przyrządu pomiarowego II generacji
Fig.1. Block diagram of the instruments II generation

Dla przyrządu drugiej generacji charakterystyczne jest wyłącznie ręczne sterowanie za pomocą przycisków elektromechanicznych, brak możliwości współpracy w systemie z innymi przyrządami, odczyt wyniku pomiaru z prostych wyświetlaczy cyfrowych oraz ewentualnie wyposażenie w niestandardowy interfejs do drukarki.

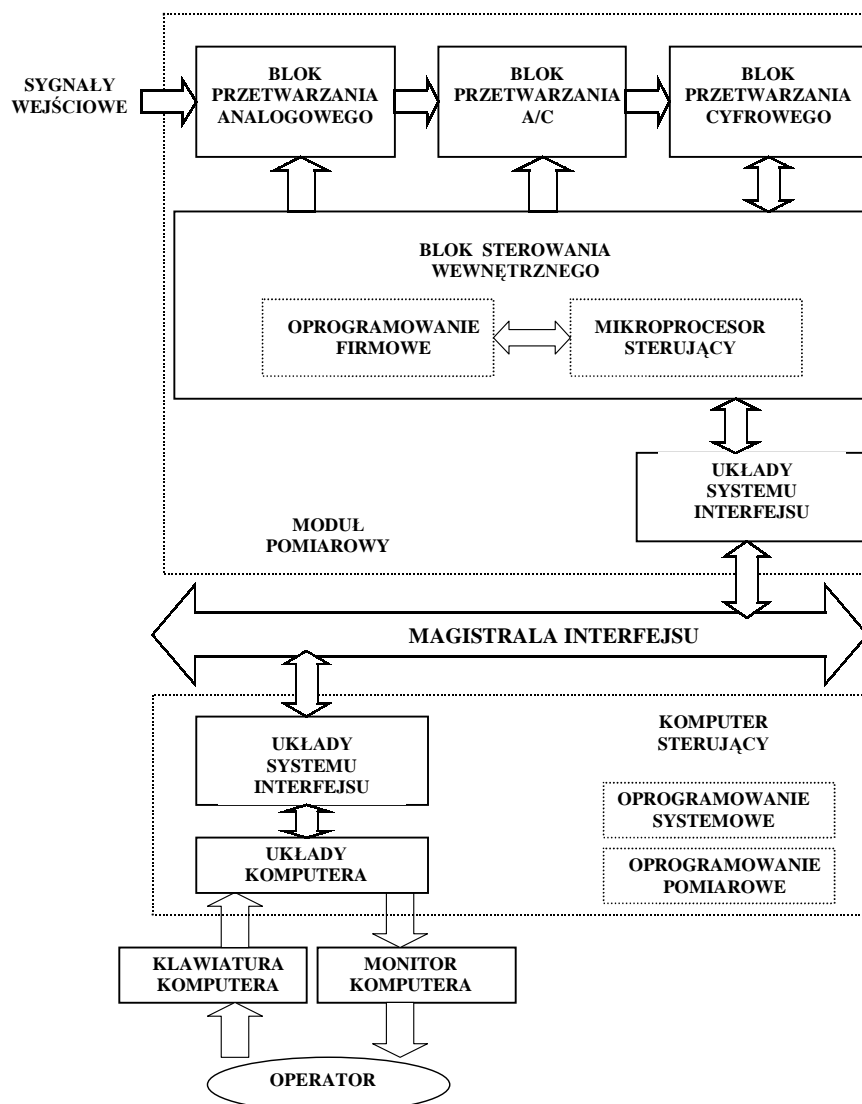
Kolejnym etapem rozwoju są przyrządy cyfrowe systemowe, wyposażone w standardowy interfejs umożliwiający współpracę z innymi przyrządami w systemie pomiarowym sterowanym przez komputer. Schemat blokowy przyrządu pomiarowego III generacji przedstawiono na rys.2. Znaczne rozszerzenie funkcjonalności tych przyrządów oraz wprowadzenie zaawansowanych algorytmów obróbki danych stało się możliwe dzięki zastosowaniu w ich budowie układów mikroprocesorowych oraz specjalistycznego oprogramowania firmowego. Przyrząd taki może być sterowany ręcznie za pomocą klawiatury sterującej z przyciskami typu „soft key” lub automatycznie poprzez standardowy interfejs do współpracy z komputerem (RS232 i GPIB). Wyposażony jest w wyświetlacze alfanumeryczne do prezentacji wyników pomiarów oraz komunikatów tekstowych. Posiada wiele użytecznych funkcji takich jak: automatyczny wybór zakresu, sygnalizację przekroczenia ustalonych poziomów wartości, pamięć wyników, obliczenia statystyczne itp.



Rys.2. Schemat blokowy przyrządu pomiarowego III generacji
Fig.2. Block diagram of the instruments III generation

Przyrządy wirtualne zaliczamy do IV generacji przyrządów pomiarowych. Do pierwszych konstrukcji tego rodzaju należy zaliczyć system przyrządów PC - Instruments firmy Hewlett Packard z1986 roku [9]. Schemat blokowy wirtualnego przyrządu pomiarowego IV generacji przedstawiono na rys.3. Składa się on z modułu pomiarowego i komputera sterującego. Przyrząd taki sterowany może być zarówno ręcznie jak i automatycznie wyłącznie za pośrednictwem komputera. Moduł pomiarowy nie jest zdolny do samodzielnej pracy, gdyż nie posiada wbudowanych wyświetlaczy i klawiatury sterującej. Magistrala interfejsu w standardzie firmowy PCIB umożliwia jednoczesne podłączenie do jednego komputera wielu modułów pomiarowych, takich jak: multimetr cyfrowy, częstotściomierz, generator, multiplexer, oscyloskop, co w połączeniu z oprogramowaniem komputera pozwala na

zrealizowanie zaawansowanych procedur pomiarowych. Jednym z istotnych elementów programu sterującego jest graficzny panel sterowania przyrządem wirtualnym, który zastępuje elementy płyty czołowej klasycznego miernika i pozwala na jego pełną obsługę.



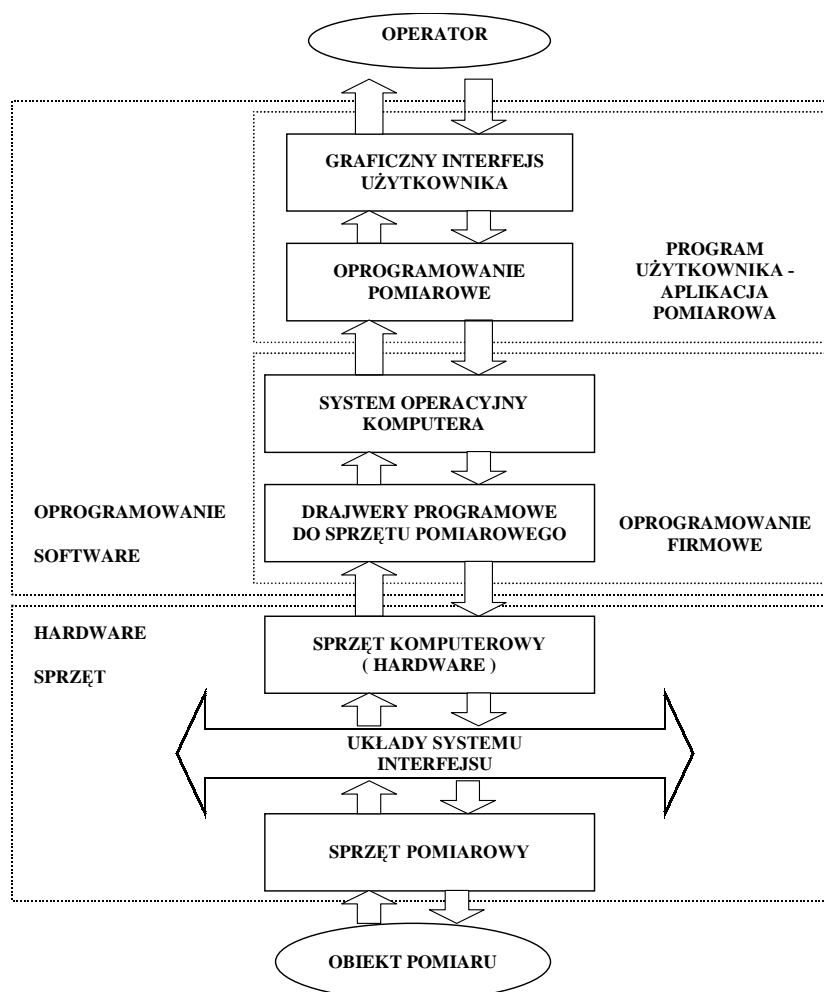
Rys.3. Schemat blokowy wirtualnego przyrządu pomiarowego IV generacji

Fig.3. Block diagram of the virtual instruments IV generation

3. Sprzęt i oprogramowanie współczesnych przyrządów wirtualnych

Przedstawiony na rys.3. schemat blokowy przyrządu wirtualnego ma dziś znaczenie głównie tylko historyczne. Zarówno standard interfejsu PCIB jak i koncepcja modułów PC - Instruments nie rozpowszechniły się, rozwinęła się natomiast sama idea przyrządów wirtualnych. Strukturę współczesnego przyrządu wirtualnego przedstawiono na rys.4. Można na nim wyróżnić dwie zasadnicze części: sprzęt i oprogramowanie stanowiące jedną funkcjonalną całość. W części sprzętowej można wyróżnić układy komputera i sprzęt pomiarowy połączone ze sobą magistralą interfejsu, a w części programowej oprogramowanie firmowe, na które składa się system operacyjny komputera i specjalizowane sterowniki modułów pomiarowych oraz oprogramowanie użytkownika stanowiące właściwą aplikację

pomiarową, na którą składa się graficzny interfejs operatora przyrządu oraz oprogramowanie realizujące zasadnicze procedury pomiarowe.



Rys.4. Struktura współczesnego przyrządu wirtualnego - sprzęt + oprogramowanie
Fig.4. Structure of the modern virtual instruments - hardware & software

Konfigurację zarówno części sprzętowej jak i oprogramowania określa samodzielnie użytkownik odpowiednio do potrzeb realizowanego zadania. Bogata oferta dostępnego sprzętu komputerowego, specjalistycznego oprogramowania pomiarowego oraz modułów pomiarowych skutkuje bardzo dużą różnorodnością możliwych praktycznych rozwiązań, zapewniając jednocześnie elastyczność i łatwą rekonfigurowalność zbudowanego układu. Struktura przyrządu wirtualnego jest więc określona poprzez:

A. Sprzęt:

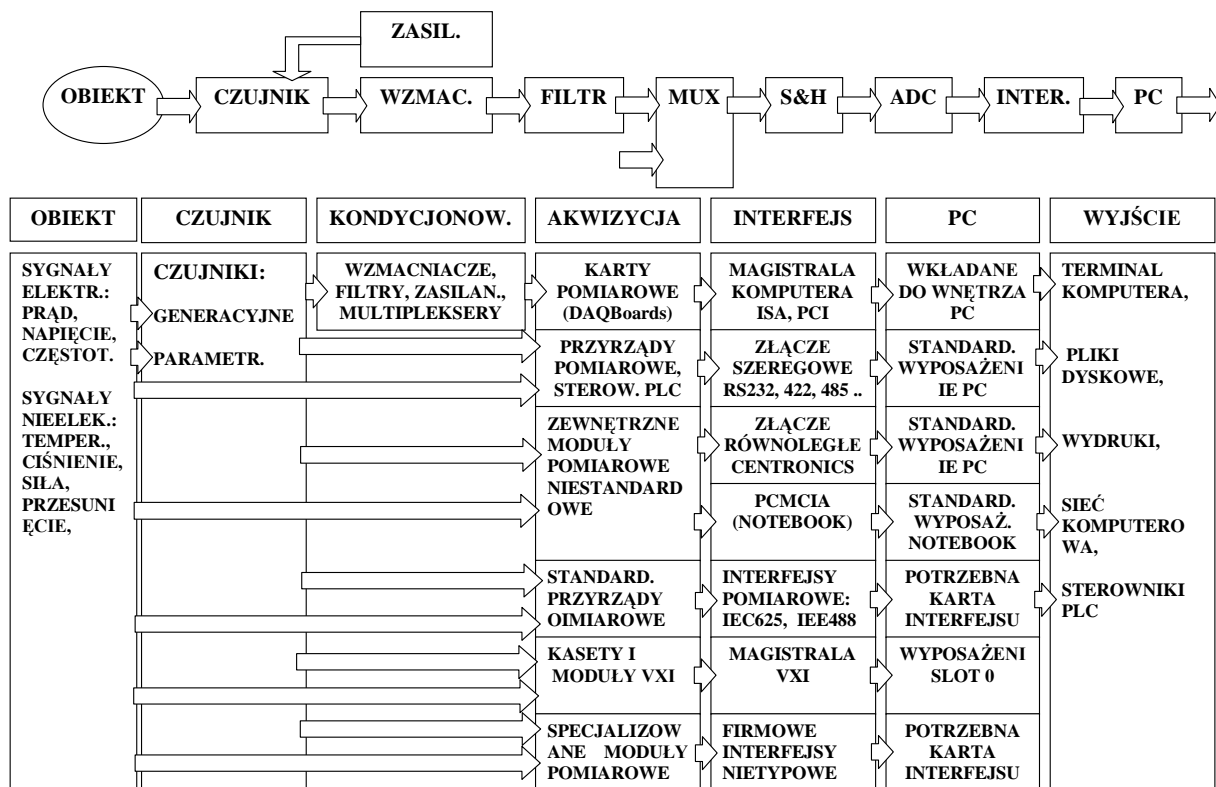
- platformę sprzętową zastosowanego komputera (IBM PC, Macintosh, VXI, PXI, ...)
- system interfejsu (ISA, PCI, HPIB, RS232, RS485, ...)
- moduły pomiarowe (karty pomiarowe, moduły VXI, moduły PXI, systemowe przyrządy pomiarowe, ...)

B. Oprogramowanie:

- system operacyjny komputera (DOS, Windows 9x, Windows NT, UNIX, Mac OS, ...)
- środowisko programistyczne do tworzenia aplikacji pomiarowej (LabView, LabWindows, C++, Pascal, Delphi, Basic, Visual Basic, assembler, ...)

- drajwery programowe do sprzętu pomiarowego (własne procedury użytkownika, oprogramowanie firmowe: biblioteki procedur, sterowniki ULI, ...)

Praktycznie spotykane obecnie konfiguracje części sprzętowej przyrządów wirtualnych przedstawia diagram na rys.5. Zasadnicze znaczenie ma w tym zakresie wybór systemu interfejsu, przy czym wyróżnić tu należy przede wszystkim możliwość wykorzystania magistrali wewnętrznej komputera (ISA, PCI), interfejsów stanowiących standardowe wyposażenie komputera (RS 323, Centronics, PCMCIA) oraz innych systemów wymagających dodatkowych specjalizowanych kart rozszerzających (RS 485, GPIB). Wybrany system interfejsu w zasadniczym stopniu determinuje konfigurację części pomiarowej. Wykorzystanie magistrali wewnętrznej komputera narzuca zastosowanie do akwizycji danych karty pomiarowej DAQ, wymagającej w większości przypadków dołączenia zewnętrznych układów kondycjonowania sygnałów i czujników pomiarowych. Dla odmiany, zastosowanie interfejsu GPIB umożliwia wykorzystanie do akwizycji danych przyrządów pomiarowych systemowych, które praktycznie nie wymagają stosowania dodatkowych układów kondycjonowania.

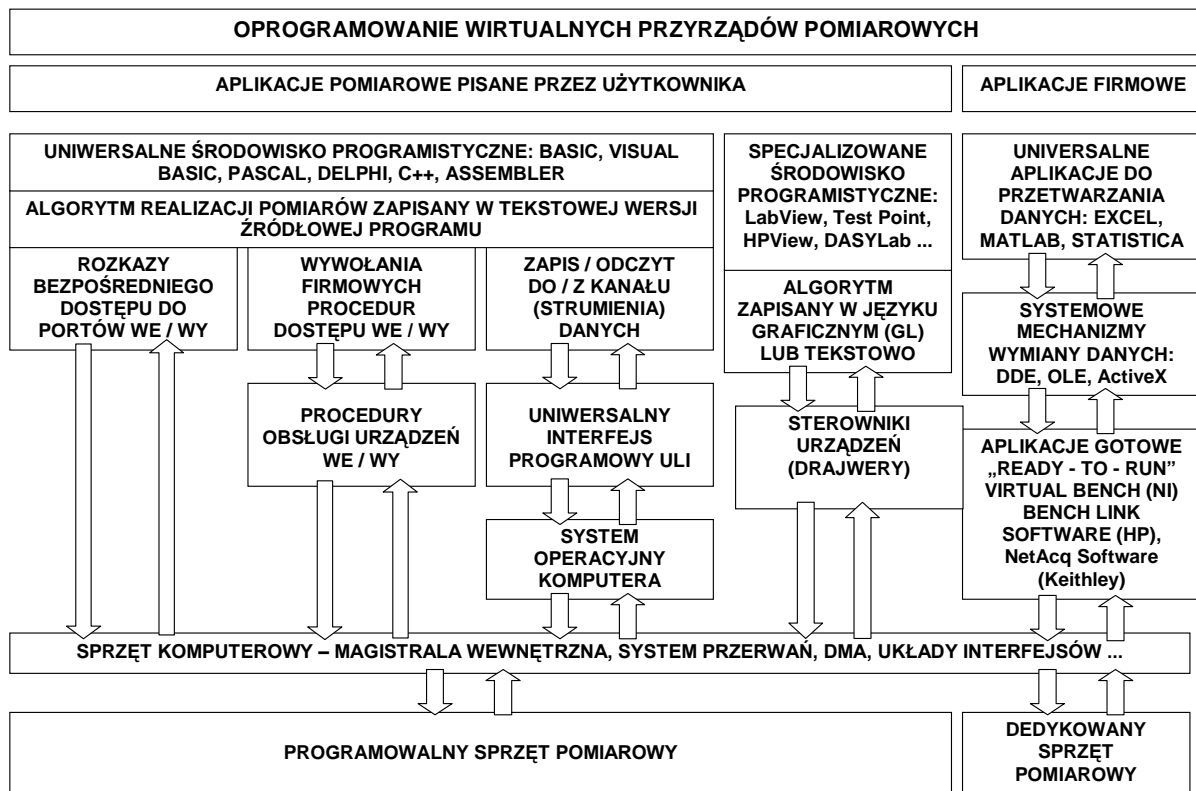


Rys.5. Konfiguracje części sprzętowej przyrządów wirtualnych

Fig.5. Hardware configurations of the virtual instruments

Również część programowa przyrządu wirtualnego może być zrealizowana na wiele różnych sposobów, co przedstawiono na rys.6. Przede wszystkim aplikacja pomiarowa może być pisana przez użytkownika lub też może być gotowym produktem firmowym. Użytkownik ma możliwość zrealizowania własnej aplikacji za pomocą uniwersalnych środowisk programistycznych takich jak C+, Delphi, Pascal itp. lub, co jest częstsze i bardziej efektywne, za pomocą specjalizowanych środowisk zorientowanych na zastosowania pomiarowe, z których do najbardziej znanych można zaliczyć: LabView, LabWindows, Test

Point, HPView itp. Zależnie od stopnia zaawansowania użytkownika może on wykorzystywać bezpośredni dostęp do układów pomiarowych lub korzystać z firmowych bibliotek lub sterowników urządzeń. Zawsze jednak samodzielne napisanie aplikacji pomiarowej wymaga od użytkownika dużej wiedzy programistycznej i doświadczenia w uruchamianiu programów. Dla pozostałych, mniej zaawansowanych użytkowników przygotowane są gotowe aplikacje firmowe typu "Ready to Run", które wykorzystując systemowe mechanizmy dynamicznej wymiany danych DDE, OLE, ActiveX umożliwiają bezpośrednie sterowanie sprzętem pomiarowym z poziomu aplikacji typu Excel, Matlab czy Statistica. Podobnie działają aplikacje typu „Virtual Bench” NI [10], „Bench Link” HP [11] czy też „NetAcq” Kethley [12], które bezpośrednio po uruchomieniu są gotowe do obsługi wybranych modeli układów pomiarowych.



Rys.6. Konfiguracje części programowej przyrządów wirtualnych

Fig.6. Software configurations of the virtual instruments

4. Projektowanie i realizacja przyrządów wirtualnych

W odróżnieniu od klasycznych przyrządów produkowanych fabrycznie, współczesne przyrządy wirtualne są projektowane i budowane przez użytkownika, dzięki czemu są one lepiej zorientowane na konkretną aplikację, wymagają mniejszych nakładów finansowych oraz krótszego czasu projektowania i późniejszej konserwacji, są elastyczniejsze w zastosowaniu i łatwiejsze do przekonfigurowania oraz modernizacji.

Proces projektowania i realizacji przyrządu wirtualnego obejmuje kolejno etapy:

A. Wyboru niezbędnego sprzętu: określenie platformy sprzętowej komputera, standardu systemu interfejsu, rodzaju modułów pomiarowych,

B. Wyboru wersji oprogramowania: systemu operacyjnego komputera, środowiska programistycznego do stworzenia aplikacji, drajwerów programowych do sprzętu pomiarowego (zazwyczaj wybór ten powiązany jest z wybranym już sprzętem pomiarowym),

C. Przygotowania oprogramowania sterującego: projekt algorytmu działania, napisanie aplikacji w wybranym środowisku, uruchomienie i testowanie programu,

D. Przygotowania sprzętu: projekt połączeń interfejsu i przewodów pomiarowych, połączenie systemu interfejsu, dołączenie czujników do układu i obiektu,

E. Uruchomienia i testowania: testowanie transmisji danych w interfejsie, testowanie poprawności zbierania danych pomiarowych, testowanie poprawności przetwarzania danych.

Ponieważ funkcjonalność i możliwości przyrządu wirtualnego są określone przede wszystkim przez jego oprogramowanie, zasadniczego znaczenia nabiera wybór odpowiedniego środowiska programistycznego. Do najbardziej znanych dziś należą: LabVIEW (National Instruments), LabWindows/CVI (National Instruments), Visual Basic + Comonet Works (National Instruments), Virtual Bench (National Instruments), Measure + MS Excel (National Instruments), TestPoint (Keithley), HP VEE (Hewlett Packard), DASyLab (Dasytec), GENIE (Advantech). Porównanie zintegrowanych środowisk programistycznych można znaleźć w materiałach konferencyjnych [8], [13] oraz w skryptach uczelnianych [14], [15], a ostatecznego wyboru można dokonać na podstawie katalogów firmowych głównych producentów specjalistycznego sprzętu i oprogramowania [10], [11], [12]. Niektóre firmy udostępniają również odpowiednie programy i bazy danych wspomagające proces projektowania przyrządów wirtualnych [16], obejmujące zarówno wybór środowiska programistycznego jak również i sprzętowych modułów pomiarowych.

5. Zastosowania przyrządów wirtualnych

Wirtualne przyrządy pomiarowe znajdują zastosowanie praktycznie we wszystkich rodzajach pomiarów. W literaturze opisuje się przyrządy wirtualne realizujące funkcje znanych klasycznych przyrządów, jak na przykład analizatora widma [17], przetworników parametrów sieci energetycznej [18], dwusystemowego watomierza [19], oscyloskopu cyfrowego [20]. Znaczna liczba opisów dotyczy również konstrukcji, które nie mają swoich pierwowzorów w klasycznych konstrukcjach przyrządów, np.: analizator widm czasowo-częstotliwościowych sygnałów sonarowych [21]. Możliwości symulacji sygnałów pomiarowych w przyrządach pomiarowych znalazły zastosowania w dydaktyce, dzięki możliwości uruchamiania przyrządów wirtualnych bez części sprzętowej [22], [23].

Należy jednak zwrócić uwagę, że przyrządy wirtualne są szczególnie efektywne w zastosowaniach wykorzystujących pośrednie metody pomiarowe, wymagające wielokanałowych pomiarów wielu różnych wielkości o znacznie różniących się zakresach wartości. Dodatkowo należy pamiętać, że przyrządy wirtualne mogą mieć dowolnie, zależnie od aktualnych potrzeb, skompletowaną część sprzętową. Poza pomiarami, możliwe jest więc również generowanie sygnałów testujących i zasilających badane układy.

W pomiarach magnetycznych dominują metody pośrednie, wymagające wielokanałowych, jednoczesnych lub rozłożonych w czasie pomiarów wartości chwilowych, maksymalnych lub średnich prądów i napięć, czasu, częstotliwości, ładunku, mocy i innych wielkości fizycznych. Z uzyskanych, surowych wyników pomiarów konieczne jest następnie wyliczenie wymaganych parametrów mierzonego pola magnetycznego, statycznych lub dynamicznych właściwości magnetycznych badanych materiałów lub ich rozkładów

przestrzennych, czasowych i innych wzajemnych zależności. Wszystkie te zadania są możliwe do zrealizowania w odpowiednio zaprojektowanym przyrządzie wirtualnym.

6. Podsumowanie

Przyrządy wirtualne są projektowane i budowane przez użytkownika, producenci dostarczają jedynie niezbędnych komponentów sprzętowych oraz zintegrowanych środowisk programistycznych zorientowanych na zastosowania pomiarowe. Zaprojektowane i zbudowane przez użytkownika przyrządy wirtualne są pod wieloma względami konkurencyjne w stosunku do przyrządów tradycyjnych – zaprojektowanych i wyprodukowanych przez ich producenta. Przyrządy wirtualne optymalnie zaspakajają potrzeby aplikacji użytkownika, redukują koszty poprzez ograniczenie aparatury do niezbędnego minimum bez niepotrzebnej nadmiarowości, są elastyczne w zastosowaniu, łatwe w modyfikacji, rozbudowie i serwisowaniu. Dla użytkowników mniej zaawansowanych oferowane są gotowe do natychmiastowego uruchomienia aplikacje przyrządów wirtualnych typu „Ready to Run”.

Przyrządy wirtualne sprawdzają się szczególnie dobrze w aplikacjach wykorzystujących pośrednie metody pomiarowe, bazujące na rozbudowanych algorytmach przetwarzania danych. Klasyczne przyrządy pomiarowe często nie mogą sprostać takim wymogom i ich zastosowanie wymaga wykonywania dodatkowych obliczeń na zewnętrznym komputerze. Przyrząd wirtualny umożliwi efektywne połączenie w jedną aplikację wszystkich elementów procesu pomiarowego: akwizycji danych z obiektu, przetwarzania danych i prezentacji wyników. Dodatkowo również może on być źródłem sygnałów wymuszających. Z tych powodów przyrządy wirtualne mogą znaleźć liczne zastosowania również w pomiarach magnetycznych. Umożliwiają one efektywne pomiary zarówno parametrów pola magnetycznego jak i statycznych oraz dynamicznych właściwości magnetycznych materiałów, z uwzględnieniem również ich rozkładów przestrzennych, czasowych, wzajemnych korelacji i innych związków.

Literatura

- [1] *Słownik wyrazów obcych PWN*, wyd. XXVII, Warszawa 1993.
- [2] *Louvre Museum Official Website*. <http://mistral.culture.fr/louvre/louvre.htm>
- [3] National Instruments: *Instrupedia, Your Interactive Encyclopedia of Instrumentation*, CDROM, Austin 1998
- [4] Hewlett-Packard: *Test and Measurement Catalog*, 1997.
- [5] Syndeham P., Thorn R.: *Handbook of Measurement Science, vol.3*, Wiley & Sons 1992.
- [6] Winiecki W.: *Przyrządy wirtualne*, materiały konferencyjne XXVIII MKM'96, wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 22-25.09.1996 r.
- [7] Jaworski J.: *Wstęp do historii metrologii*, materiały XXVI MKM'94, wyd. WSI w Opolu, Opole 1994
- [8] Winiecki W.: *Projektowanie przyrządów wirtualnych z wykorzystaniem zintegrowanych środowisk programowych*, Materiały III Szkoły-Konferencji Metrologia Wspomagana Komputerowo, tom 1. Zegrze, 19-22.05.1997.
- [9] *Low-Cost Automated Instruments for Personal Computers*, Hewlett-Packard Journal, vol 37, number 5, may 1986.
- [10] National Instruments: *Instrumentation Reference and Catalogue*, 1999.
- [11] Hewlett-Packard: *Test and Measurement Catalog*, 1998.

- [12] Keithley: *Catalog and Reference Guide 1998*.
- [13] Rak R. J: *Projektowanie systemów pomiarowych*, Pierwsza Szkoła - Konferencja: Metrologia Wspomagana Komputerowo, Zegrze k/W-wy, 1993.
- [14] Winiecki W.: *Organizacja komputerowych systemów pomiarowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
- [15] Świsulski D.: *Laboratorium z Systemów Pomiarowych*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1998.
- [16] National Instruments: *DAQ Designer 2000, Interactive Configuration Advisor for PC-Based Data Acquisition*, CDROM, Austin 2000.
- [17] Majkowski A.: *Cyfrowy analizator widma jako przyrząd wirtualny*, XXVIII MKM'96, wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 22-25.09.1996 r.
- [18] Bolikowski J., Kaczmarek J.: *Wirtualne przetworniki pomiarowe serii P7V*, IV Szkoła - Konferencja: Metrologia Wspomagana Komputerowo, Rynia k/W-wy, 1999.
- [19] Wepa R.: *Systemy wirtualne w pomiarach mocy obwodów trójfazowych*, XXX MKM'98, wyd. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2-4.09.1998 r.
- [20] Wollek A.: *Wykorzystanie karty DACC jako wirtualnego systemu pomiarowego*, Materiały III Szkoły Konferencji Metrologia Wspomagana Komputerowo, tom 1. Zegrze, 19-22.05.1997.
- [21] Djurović I., Stanković L.: *A Virtual Instrument for Time-Frequency Analysis*, IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, vol. 48, no.6, december 1999.
- [22] Paton B.: *Fundamentals of Digital Electronics*. National Instruments, Austin 1998.
- [23] Referowski L., Roskosz R., Świsulski D.: *Wspomaganie zajęć wykładowych przyrządami wirtualnymi*, Materiały Krajowego Kongresu Metrologii, tom 2. Gdańsk 15-18.09.1999.

Abstract. Virtual Instruments are the latest innovation for test and measurements systems. With virtual instruments, users build their own design using standard computer hardware and software, standard instrumentation hardware and virtual instruments software. Users can define the functionality to meet exact needs – a fundamentally change from traditional instrumentation, where, the instruments manufacturer defines the functionality and usability of traditional stand-alone instruments. Virtual instruments is the combination of the hardware and hardware-specific tools that define the functionality and flexibility of the system. Thus, the users choice of hardware is as important as their choice of software. The tools that transform the general-purpose PC into a true measuring device can take advantage of new technological developments sooner than traditional instruments. Because of the nature of mainstream hardware and software tools, users can choose between products from an increasing number of hardware and software manufacturers.

A virtual instrument is designed and built by the users. A virtual instruments includes a general-purpose computer along with any or all of the following hardware components: GPIB, VXI, serial, Plug-In Data Acquisition Boards and other instrumentation. Each component is connected to the PC – either by a plug-in board connected to the PC host bus, or externally through a standard or special I/O port. There are numerous benefits of virtual instrumentation. Users reduce systems cost by using hardware and software tools that are mainstream, high volume and designed for general use, not for a specific application. The virtual instruments is highly flexible because its capability is only limited by the tools chosen. Users can also easily modify and reuse system components for other application, which prolongs the life of systems and decreases development time for subsequent system. Virtual instruments are easy to modify, so users can respond quickly to new technology, industry changes and general enhancements.