

# Systemy pomiarowe – sprzęt

## CZĘŚĆ 1

W poprzednich odcinkach z cyklu Miernictwo (EdW 6/97 i 8/97) omówiono oscyloskopy cyfrowe. Przedstawiona tam idea (zamiany przebiegu analogowego na postać cyfrową) nasuwa pytanie, czy do wszelkiego rodzaju pomiarów można w jeszcze szerszym zakresie wykorzystać technikę cyfrową oraz komputery. Obecnie coraz częściej przy pomiarach wykorzystuje się komputery. Jest to trend wyraźnie nasilający się z upływem czasu.

Jeśli w nowoczesnym oscyloskopie badany przebieg jest zapamiętany w pamięci półprzewodnikowej, to nic nie stoi na przeszkodzie, by te informacje przesłać do komputera, na przykład do dalszej analizy, porównania, obróbki czy choćby dla dokonania wydruku na drukarce. Prawie wszystkie oscyloskopy cyfrowe mają taką możliwość.

Przepływ informacji następuje też w drugą stronę. Przy współczesnych możliwościach technicznych przełączanie funkcji i rodzaju pracy przyrządu wcale nie musi następować za pomocą przełączników mechanicznych i potencjometrów umieszczonych na płycie czołowej. Można do tego wykorzystać nowoczesne elementy elektroniczne, i obok zwiększenia niezawodności uzyskać możliwość zdalnego sterowania wszystkimi nastawami przyrządu. Przy takiej konstrukcji wszystkie nastawy (np. oscyloskopu cyfrowego) można zmieniać za pomocą komputera.

Nowoczesny przyrząd ma możliwość dwukierunkowej komunikacji do i z komputera. W takiej sytuacji nasuwa się pytanie o sens stosowania płyty czołowej z regulatorami i wyświetlaczem. Łatwo sobie wyobrazić przyrząd pomiarowy (na przykład oscyloskop, multimetr czy miernik częstotliwości), który nie ma żadnego wyświetlacza ani płyty czołowej z pokrętkami, ma tylko gniazda wejściowe. Wyniki wyświetlane są na ekranie komputera. Tak samo wybór funkcji i nastaw odbywa się na ekranie komputera, choćby za pomocą myszki. Nie ulega

wątpliwości, że „odchudzenie” przyrządów pomiarowych przez usunięcie wyświetlacza i regulatorów na płycie czołowej pozwala budować większe systemy pomiarowe mniejszym kosztem. Prowadzi to do modułowej budowy systemu pomiarowego.

Modułowe systemy pomiarowe znane są od wielu lat. Swego czasu popularny był system CAMAC, opracowany pierwotnie dla urządzeń techniki jądrowej (zdefiniowany normami w 1966). Dziś CAMAC jest zdecydowanym przeżytkiem.

### GPIB

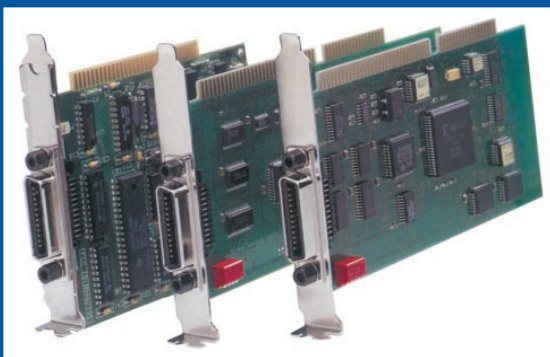
Nie stał się przeżytkiem opracowany w roku 1965 przez firmę Hewlett-Packard system interfejsu dla przyrządów pomiarowych, zwany pierwotnie HP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus). Interfejs ten wykorzystywał kilkanaście linii (żył kabla) i pozwalał przesyłać informacje między przyrządami pomiarowymi i kontrolerem (komputerem) z dość dużą szybkością do 1MB/s na odległość do 20m. Interfejs ten nie był przeznaczony dla jakichś specjalnych modułowych przyrządów, tylko dla klasycznych przyrządów wyposażonych w wyświetlacze i regulatory na płytach czołowych. Taki interfejs ogromnie rozszerzał możliwości tych przyrządów (generatorów, mierników poziomu, oscyloskopów czy analizatorów), pozwalając na przykład zestawie sterowany komputerem system, automatycznie testujący urządzenia wytwarzane na taśmie produkcyjnej. Program komputerowy sterował zasilaczami i generatorami, a potem zbierał, przetwarzał i wyświetlał informacje odbierane z oscyloskopów, mierników napięcia, prądu i częstotliwości, itp. Główne informacje w sprzęgu GPIB przesyłane są równoległe przez ośmiobitową szynę danych w postaci kodów ASCII. Dodatkowe informacje synchronizujące przekazywane są w innych liniach o ściśle określonym przeznaczeniu.

Interfejs opracowany pierwotnie przez firmę Hewlett-Packard dla własnych przyrządów, po pewnym czasie (1975) został zaakceptowany jako światowy standard IEEE-488. W naszym kraju interfejs ten nazywano IEC-625, a dziś w literaturze często spotyka się skrót GPIB (General Purpose Interface Bus). Z czasem standard ten ewoluował i dziś przyrządy pomiarowe wyposażane są w interfejs zgodny z zaleceniem IEEE488.2, umożliwiając jeszcze szybsze przesyłanie danych.

Obecnie zdecydowana większość „klasycznych” przyrządów pomiarowych wyposażona jest w interfejs GPIB.

Tym samym przyrządy te mogą współpracować z komputerem. Interfejs GPIB nie może być podłączony do szeregowego lub równoległego portu komputera. Komputer musi być wyposażony w kartę rozszerzenia z układem pośredniczącym i gniazdem wyjściowym GPIB. Dopiero obecność takiej karty oraz odpowiedniego programu umożli-

Fot. 1



## Miernictwo

wia współpracę nie tylko z jednym, ale z wieloma przyrządami pomiarowymi, połączonymi równoległe do jednej szyny GPIB. **Fotografia 1** pokazuje karty pośredniczące między komputerem a szyną GPIB, karty produkcji firmy Hewlett-Packard dla komputerów PC z magistralą ISA/EISA.

Należy podkreślić, że sama karta pełni tylko rolę pomocniczą – sprzęga komputer z szyną GPIB i dalej z przyrządem pomiarowym. Rozwiązanie takie, popularne w laboratoriach profesjonalnych, wygodne ze względu na możliwość pracy w systemie urządzeń różnych producentów, jest jednak drogie.

W ostatnich latach notuje się powolny spadek zainteresowania „klasycznymi” urządzeniami pomiarowymi, wzrastającą popularnością cieszą się natomiast urządzenia i systemy „od urodzenia” przewidziane do współpracy w specjalizowanych systemach pomiarowych, nie mające wyświetlacza ani regulatorów na płycie czołowej.

### Karty rozszerzenia typu plug-in

Jednym z rozwiązań o rosnącej popularności są specjalizowane karty rozszerzeniowe dla komputerów.

Najprostszym przykładem jest obecna w większości współczesnych komputerów karta muzyczna. Karta taka zawiera przetwornik analogowo-cyfrowy (A/D), jak i cyfrowo-analogowy (D/A). Możliwa jest zamiana przebiegów zmiennych na postać cyfrową, czyli wykorzystanie karty muzycznej w roli oscyloskopu czy miernika napięcia. Karta muzyczna może być także generatorem przebiegów o dowolnym kształcie, może też sterować napięciem zasilacza. Niestety, typowe karty muzyczne nie są projektowane pod kątem zastosowań elektronicznych i ich przydatność dla elektroników, chcących zbudować „oscyloskop na PC-cie” są bardzo ograniczone. Przede wszystkim chodzi o pasmo przenoszenia, sięgające w karcie muzycznej co najwyżej do 20kHz. Do tego dochodzą kłopoty z synchronizacją (wyzwalaniem) i niemożnością zmiany czułości wejściowej.

W literaturze elektronicznej spotyka się czasem artykuły dotyczące wykorzystania karty muzycznej, ale jedynie do analizy sygnałów audio, a nie w roli oscyloskopu.

Profesjonaliści od dość dawna używają komputerowych kart rozszerzeniowych do zbierania danych i do sterowania. W zdecydowanej większości przypadków są to karty specjalnie projektowane pod kątem specyficznych potrzeb. Spotyka się karty o różnych możliwościach, o różnej liczbie wejść i wyjść analogowych i cyfrowych. Niektóre karty mogą przetwarzać sygnały analogowe o częstotliwościach ponad 1MHz, ale większość przeznaczona jest do pomiaru przebiegów wolnozmiennych. Często spotyka się karty przeznaczone do współpracy z określonymi źródłami sygnałów, na przykład z typowymi czujnikami temperatury Pt100 czy termoparami. Nierzadko wejścia są odseparowane galwanicznie, co zdecydowanie zmniejsza wpływ zakłóceń związanych z przewodem masy. Dla zmniejszenia zakłóceń, obok wejść niesymetrycznych, wykorzystuje się wejścia symetryczne.

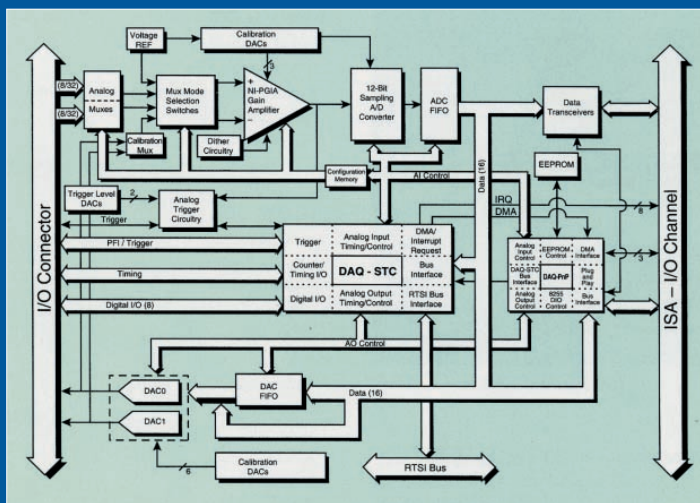
Nie trzeba przekonywać, że umieszczenie na takiej karcie przełączników (tłumików) wejściowych,

przetwornika A/D i obwodów synchronizacji pozwoliłoby uzyskać doskonały oscyloskop, a przy tym radykalnie obniżyć koszty. Karta zawierałaby tylko niezbędne obwody do współpracy „ze światem zewnętrznym”, a zbieranie, przetwarzanie i pamiętanie informacji wykonywałby komputer.

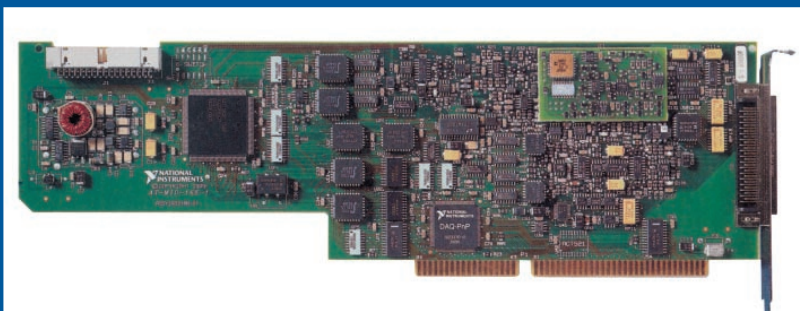
Perspektywa jest kusząca. Mimo wszystko popularne współczesne karty pomiarowe nie są przystosowane do pracy z sygnałami o dużych częstotliwościach. Rzadko spotyka się karty o częstotliwości próbkowania (podczas przetwarzania analogowo-cyfrowego) powyżej 1MHz. Znając „osiągi” współczesnych cyfrowych oscyloskopów stacjonarnych – pasmo do kilku gigaherców i częstotliwość próbkowania miliardy próbek na sekundę – można się spodziewać, że istnieją karty rozszerzeniowe do komputerów, pełniące rolę oscyloskopu, mające zbliżone parametry. Niestety, tak nie jest. Jedną z przyczyn jest ogromne „zaśmiecenie” wnętrza komputera przebiegami występującymi podczas jego pracy. Należy pamiętać, że w obwodach komputera występują sygnały o częstotliwościach rzędu dziesiątek, a nawet setek megaherców. Powoduje to powstanie silnych zakłóceń elektromagnetycznych. Tymczasem precyzyjne przyrządy pomiarowe muszą być odporne na zakłócenia. Wymaga to między innymi skutecznego ekranowania delikatnych obwodów sygnałowych. Jest to bardzo trudne, czasem wręcz niemożliwe w przypadku realizacji układu pomiarowego w formie typowej karty komputerowej. Występujące trudności są jedną z przyczyn wysokich cen dobrych kart tego typu.

Na **fotografii 2** i **rysunku 1** pokazano wygląd i schemat blokowy karty AT-MIO-16E-1 firmy National Instruments. Karta przeznaczona jest do komputerów PC z magistralą ISA lub EISA (dostępna jest podobna wersja dla szyny PCI), posiada 16 wejść analogowych o maksymalnej częstotliwości próbkowania 1,25MS/s, rozdzielczości 12 bitów, programowanym wzmocnieniem (1, 2, 5, 10, 20, 50, 100). Karta posiada też dwa wyjścia analogowe o rozdzielczości 12 bitów, osiem dwukierunkowych wejść/wyjść cyfrowych i dwa liczniki/timery o pojemności 24 bitów pracujące do częstotliwości 20MHz. Jedna taka karta dzięki obecności wielu wejść i wyjść umożliwia budowę sporego systemu

Rys. 1







Fot. 2

pomiarowego. Cena takiej karty jest poza zasięgiem hobbyistów (ponad 2500 dolarów). Podobna karta o mniejszej częstotliwości próbkowania wejść analogowych (100kS/s) kosztuje ponad 1000 dolarów.

W czasopiśmie zachodnich spotyka się liczne ogłoszenia różnych drobnych firm produkujących znacznie tańsze karty i przystawki pełniące rolę oscyloskopu, pracujące z szybkością kilku MS/s (milionów próbek na sekundę) lub jeszcze większą. Najczęściej są to przystawki umieszczane na zewnątrz i sprzęgnięte za pomocą któregoś portu, a nie karty umieszczane na płycie głównej komputera. Póki co, w naszym kraju takie karty i przystawki nie są szerzej znane. Istnieją wprawdzie opisy samodzielnego wykonania takich kart, jednak ich praktyczna przydatność jest co najmniej wątpliwa i mają przede wszystkim znaczenie dydaktyczne. Zaprojektowanie bardzo szybko i precyzyjnej karty tego typu jest trudne, bo konstruktor (raczej grupa konstruktorów) musi mieć duże doświadczenie w kilku dziedzinach elektroniki. Trzeba zaprojektować nie tylko układ cyfrowy i stworzyć oprogramowanie, ale też opracować część analogową: zdalnie regulowane tłumiki i wzmacniacze o szerokim paśmie przenoszenia.

Dlatego ewentualne ogłoszenia prasowe o rewelacyjnych parametrach i zaskakująco niskich cenach tego typu przystawek

i kart nieznanymi producentów należy traktować z dużą ostrożnością.

## VXI

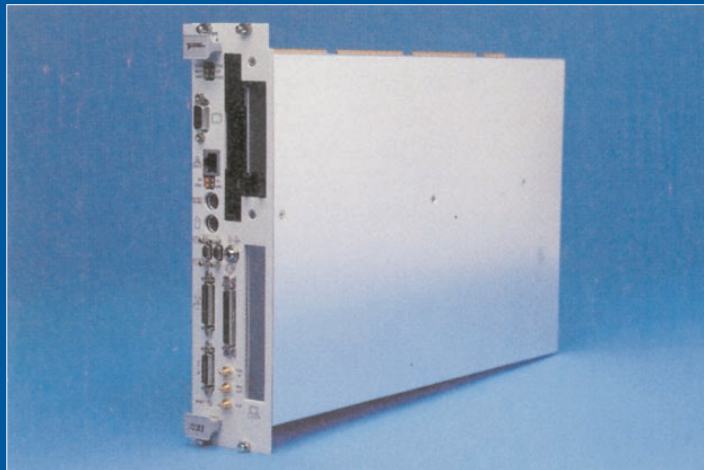
W roku 1987 konsorcjum składające się z głównych producentów sprzętu pomiarowego, wprowadziło standard modułowej architektury przyrządów pomiarowych, zwany VXI (czytaj: wi-eks-aj). Standard ten przeznaczony był pierwotnie dla przenośnej aparatury, zwłaszcza do celów wojskowych, ale z czasem zdobył sobie znaczące miejsce także na rynku przemysłowej aparatury pomiarowej.

Urządzenia standardu VXI to niewielkie moduły, umieszczone we wspólnej obudowie (mainframe). Standard VXI bazuje na innym popularnym standardzie urządzeń przemysłowych, zwanym VMEbus.

**Fotografia 3** pokazuje niewielką obudowę i kilka modułów standardu VXI firmy National Instruments. Jednym z modułów może być autonomiczny sterownik, będący w istocie komputerem. **Fotografia 4** przedstawia taki komputer o oznaczeniu VXIpc-850, wyposażony w procesor Pentium 166MHz, 16M DRAM, kartę graficzną Trident z 2MB RAM, twardy dysk, napęd dyskietek, itd...

Komputer taki, umieszczony we wspólnej obudowie z innymi modułami, współpracuje bezpośrednio z monitorem, klawiaturą i myszką. Gdy takiego komputera nie ma w obudowie, moduły VXI mogą współpracować ze zwykłym komputerem typu PC, Mac, HP czy innym. Wtedy trzeba zainsta-

Fot. 4



Fot. 3



lować w komputerze kartę pośredniczącą między tym komputerem a urządzeniami standardu VXI.

Urządzenia standardu VXI są czymś pośrednim między klasycznymi przyrządami pomiarowymi, a kartami rozszerzeniowymi komputerów. Łączą w sobie zalety jednych i drugich. Przy porównywalnych możliwościach są tańsze od klasycznych przyrządów wyposażonych w wyświetlacz i regulatory na płycie czołowej. Osiągają też lepsze parametry, niż komputerowe karty rozszerzeń.

W następnym odcinku omówiona zostanie bardzo ważna i interesująca kwestia oprogramowania. (red)