



BIULETYN WAT
VOL. LVII, Nr 2, 2008

Zdalny dostęp do zintegrowanego stanowiska pomiarowego w Laboratorium Układów Elektronicznych

JAKUB KAŻMIERCZAK, ZDZISŁAW CHUDY, PIOTR KOMUR

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych,
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

Streszczenie. W ostatnim czasie zauważalna jest coraz większa potrzeba tworzenia systemów pomiarowych, zwłaszcza bardzo złożonych lub wykorzystujących unikatową aparaturę, do której byłby nie tylko fizyczny dostęp w laboratorium, lecz także z zewnątrz, np. przez sieć komputerową. W artykule przedstawiona została architektura takiego stanowiska pomiarowego, opis funkcjonalny poszczególnych elementów systemu, sposób rozwiązania zdalnego dostępu oraz przede wszystkim opis korzyści i problemów, jakie wynikają z pracy takiego systemu.

Słowa kluczowe: elektronika, metrologia, laboratorium wirtualne, zdalny dostęp

Symbole UKD: 621.317

Wstęp

Rozwój technologiczny i informacyjny doprowadził w ostatnich latach do prawdziwej ekspansji wykorzystania zasobów wszechogarniających nas sieci internetowo-telekomunikacyjnych także do prowadzenia różnego rodzaju pomiarów i badań naukowych. Coraz częściej lokalna sieć komputerowa wykorzystywana jest jako rodzaj magistrali pomiarowej tworzonej dla potrzeb rozproszonych systemów pomiarowych. Poprzez standaryzację w zakresie funkcjonowania sieci oraz protokołów komunikacyjnych i interfejsów osiągnięto zdolność wielopoziomowego transferu danych. Zaowocowało to w ostatnim czasie rozwojem systemów pomiarowych (często rozproszonych terytorialnie), częstokroć bardzo złożonych, opartych na unikalnej i specyficznej aparaturze, która w dużej mierze bazuje na lokalnej sieci

komputerowej. Systemy takie tworzone są przede wszystkim dla potrzeb rozproszonych systemów pomiarowych (rozproszonych nie tylko w sensie terytorialnym, ale również w sensie zarządzania, sterowania i kontroli).

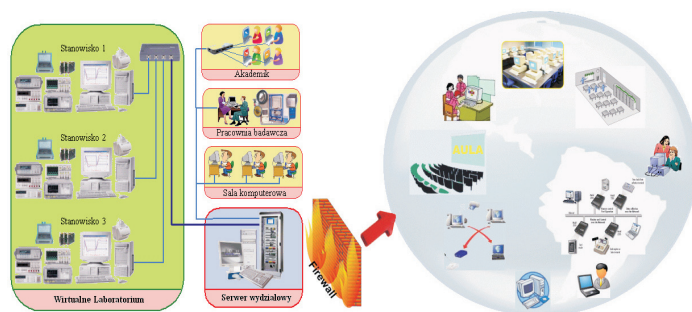
Osadzenie grupy przyrządów pomiarowych w takim rozproszonym systemie zlokalizowanym w sieci komputerowej daje szerokie możliwości tworzenia zaawansowanych i elastycznych systemów, które mogą służyć prowadzeniu eksperymentów naukowych poza pracownią laboratoryjną i wspomagać prace badawcze na odległość, bez fizycznej obecności w pracowni.

Wirtualne laboratorium

Zewnętrzny dostęp do przyrządów lub systemu pomiarowego spoza pracowni czy laboratorium, zwany zdalnym dostępem, stał się w ostatnim czasie przedmiotem zainteresowania wielu instytucji naukowych tzw. wirtualnych laboratoriów. Ich rosnąca popularność wynika z wielu zalet, jakie niesie za sobą koncepcja tego typu laboratoriów: łatwy dostęp do kosztownej i specjalistycznej aparatury naukowo-badawczej, możliwość współpracy wielu grup z różnych ośrodków naukowych w realizacji jednego wspólnego projektu czy wreszcie łatwiejszy i dogodniejszy proces kształcenia (szczególnie w ramach projektów kształcenia na odległość).

Wirtualne laboratorium to niejednolite (heterogeniczne), rozproszone środowisko przyrządów i systemów pomiarowych, umożliwiające pojedynczej osobie lub grupie osób interaktywne wykorzystanie zasobów tego laboratorium spoza miejsca jego osadzenia (z dowolnej lokalizacji — bez względu na swoje położenie), w taki sposób, jakby wykorzystywane było lokalnie, w dowolnym momencie czasu [1]. Schemat wirtualnego laboratorium przedstawiono na rysunku 1.

Należy jednak podkreślić, iż generalnie słowo „wirtualne” kojarzy się raczej z czymś, czego nie ma fizycznie, a formą realizacji są pewne procesy symulacyjne. W przypadku „wirtualnego laboratorium” mamy do czynienia z rzeczywistością, ist-



Rys. 1. Architektura wirtualnego laboratorium

niejącą pracownią wyposażoną w aparaturę czy system badawczy, konfigurowaną i obsługiwaną jedynie z różnych miejsc zlokalizowanych poza tą pracownią (w zdecydowanej większości przy wykorzystaniu sieci internetowej).

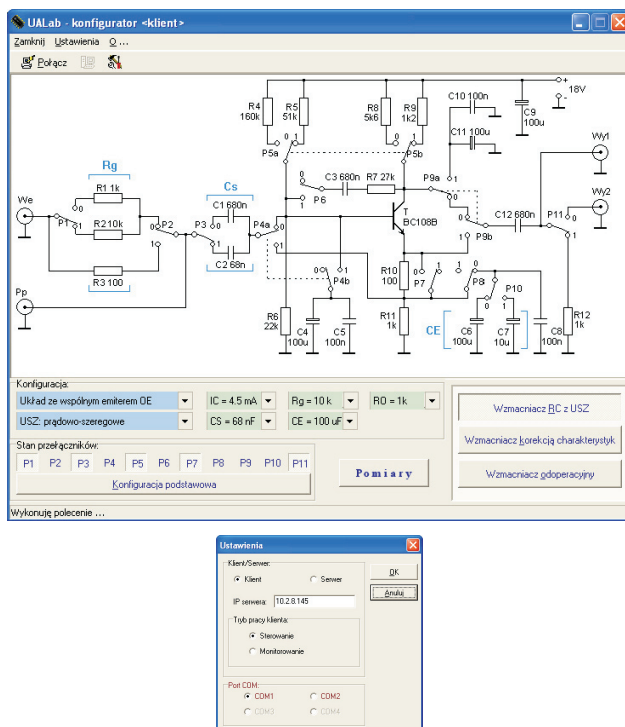
Zdalny dostęp do systemu pomiarowego

W zespole Układów Elektronicznych Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej opracowano wstępną koncepcję budowy laboratorium wirtualnego. Podstawą do budowy takiego laboratorium był już istniejący zintegrowany system pomiarowy do badania właściwości wzmacniaczy i układów czwórnikowych. System ten w chwili obecnej ze względu na bardzo duże obciążenia dydaktyczne pracowni UA w głównej mierze wykorzystywany jest do zajęć laboratoryjnych w przedmiocie *Układy analogowe*. W związku z tym postanowiono opracować możliwość zdalnego dostępu do wybranych ćwiczeń laboratoryjnych. Tematyka tych ćwiczeń obejmuje badanie podstawowych parametrów wzmacniaczy w różnych konfiguracjach pracy.

Wirtualne laboratorium UA umożliwia uzyskanie dostępu do trzech ćwiczeń (każde o własnym adresie IP). Zdalny dostęp (do różnych stanowisk przez właściwy wybór portu *Com*) zapewnia napisana na te potrzeby aplikacja konfiguratora UALab (rys. 2).

Zarówno umożliwia ona określenie funkcji sterującej dla użytkownika z poziomu sieci, jak i jest aplikacją wykonawczą dla całego zintegrowanego systemu pomiarowego. Zapewnia również możliwość monitorowania poczynąń innego użytkownika, który w danym momencie korzysta ze zdalnego dostępu do stanowiska (również poprzez sieć).

Z poziomu konfiguratora UALab możliwy jest wybór danego ćwiczenia oraz wybór odpowiedniej konfiguracji układu pomiarowego modelu laboratoryjnego (poprzez moduł sterujący wykorzystujący magistralę RS232). Modele przeznaczone do badania zostały specjalnie pod tym kątem zaprojektowane i wykonane. Opracowany specjalnie dla potrzeb zdalnego sterowania moduł sterujący (z wykorzystaniem mikrokontrolera AT89C2051 z 16 liniami wejścia-wyjścia) zapewnia dwa tryby pracy modeli wzmacniacza: lokalny (ręczny) umożliwiający konfigurację badanego układu bezpośrednio poprzez klawiaturę dołączoną do modelu oraz tryb pracy zdalnej (sterowanej), gdzie odpowiednią konfigurację wzmacniacza uzyskuje się poprzez wspomniany konfigurator UALab (z komputera lokalnego lub podłączonego z sieci). Zmianę konfiguracji uzyskuje się na dwa sposoby: poprzez bezpośrednie kliknięcie myszą na danym kluczu schematu układu lub wybierając gotowy zestaw zmian konfiguracyjnych. Załączenie odpowiednich kluczy sygnalizowane jest podświetleniem odpowiedniego przełącznika na modelu (dla użytkowników bezpośrednio badających układ) oraz zaznaczeniem tego w konfiguratorze UALab. Dzięki temu na bazie jednego modelu wzmacniacza



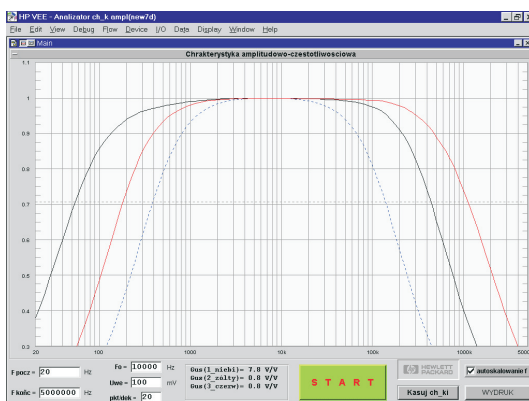
Rys. 2. Okno konfiguratora UALab

możliwe jest przeprowadzenie kilkudziesięciu różnych pomiarów i eksperymentów (różne układy pracy tranzystora, zmiana jego punktu pracy, zmiany rezystancji wejściowych i wyjściowych, możliwość kształtowania różnych sprzężeń zwrotnych czy zmiany wartości pojemności kondensatorów w układzie).

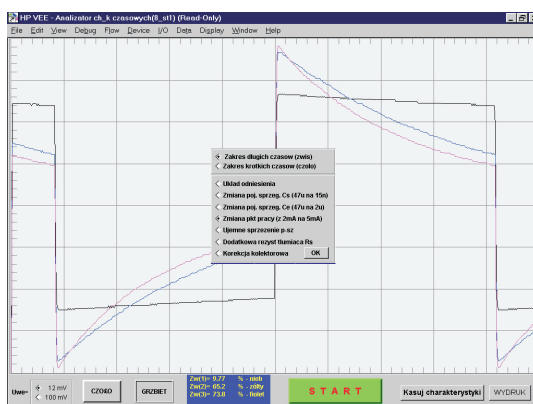
Zazwyczaj idea pracy wirtualnego laboratorium opiera się na dwóch warstwach funkcjonalnych: głównym serwerze tzw. zarządcy systemu oraz serwerze pomiarowym (wykonawczym). W naszym przypadku idea dostępu w znacznym stopniu została uproszczona. System sam w sobie zawiera serwer pomiarowo-sterujący oraz ma zdolność komunikowania się z innymi komputerami, wykorzystując specjalną aplikację (konfigurator UALab) wchodzącą w skład zintegrowanego stanowiska pomiarowego.

Zintegrowane stanowisko pomiarowe

Konfigurator UALab ściśle współpracuje z Interaktywnym Pakietem Sterującym (IPS), który umożliwia zarządzanie zintegrowanym systemem pomiarowym. Zintegrowane stanowisko laboratoryjne (rys. 3) [2] obejmuje jednostkę centralną



Rys. 4a. Okna analizatora charakterystyk częstotliwościowych



Rys. 4b. Okna analizatora charakterystyk czasowych

wych i wyjściowych, szeregu wzmocnień oraz określenie stopnia wprowadzanych zniekształceń nieliniowych (TDH) przez badane układy.

Pomiarów tych dokonuje się dla różnych układów pracy tranzystora, przy zastosowaniu różnych rodzajów sprzężeń, dla różnych wartości elementów polaryzujących i sprzęgających element aktywny. Wszystkie zebrane w drodze pomiarów dane można porównywać ze sobą i z danymi uzyskanymi z symulacji pracy badanych układów dzięki wbudowanemu modułowi symulatora układów elektronicznych.

Podsumowanie

Dynamicznie rozwijająca się technologia informatyczna połączona z potrzebą przeprowadzania badań za pomocą coraz bardziej złożonych przyrządów pomiaro-

wych (a przez to i drogich) sprawia, że wirtualne laboratoria pomiarowe są w ostatnich latach przedmiotem zainteresowania wielu instytucji naukowych. Zaczyna się je traktować jako pewną alternatywę dla zakupu drogich, specjalistycznych czy unikatowych urządzeń, zwłaszcza jeśli ich wykorzystanie ma być tylko chwilowe.

Reasumując, można wskazać kilka praktycznych zastosowań „wirtualnego laboratorium”. Po pierwsze — jednostka lub laboratorium posiadająca unikatową czy specjalistyczną aparaturę (dostępną np. tylko w specjalistycznych ośrodkach naukowych) udostępnia ją innym jednostkom czy ośrodkom. Wariantem takiego rozwiązania jest zdalny nadzór (obserwacja) prowadzonych w oddalonym laboratorium badań lub eksperymentu.

Po drugie — zastosowanie takiego laboratorium uzasadnia sytuacja, w której kilka jednostek badawczych pracuje w swoich laboratoriach, na swojej aparaturze badawczej nad tym samym zagadnieniem lub projektem. Efektem współpracy jest wzajemne uzupełnianie zebranych wyników eksperymentu (na bieżąco) w celu ich weryfikacji, zwiększenia poziomu wiarygodności i budowy jednego wspólnego modelu matematycznego badanego zjawiska.

Najważniejszym jednak zastosowaniem obecnie (obserwując duże zainteresowanie właśnie tą problematyką) jest wykorzystanie zdalnego dostępu do laboratorium w dydaktyce. Tutaj można wskazać aż dwa aspekty przemawiające za tego typu laboratorium. Biorąc pod uwagę koszt rzeczywistego laboratorium dla studiów na kierunkach technicznych i wynikające z tego tytułu ograniczenia w liczbie stanowisk, zdalny dostęp może ułatwić przeprowadzanie zajęć. Wykonywanie ich można swobodnie „rozciągać” w czasie i nie wiąże się to specjalnie z planami zajęć grup studenckich. Drugim walorem jest fakt, iż wirtualne laboratoria są w tej chwili znakomitym rozwiązaniem dla nowego rodzaju kształcenia tzw. na odległość (e-learning). Ponadto umożliwiają one doświadczalną weryfikację wiedzy zdobytej na zajęciach lub w wyniku samodzielnej nauki.

Przy wszystkich zaletach wirtualnych laboratoriów należy jednak także zwrócić uwagę na fakt, że tego typu laboratoria budzą jednak pewne wątpliwości czy zastrzeżenia. Otóż, niestety, pomimo najlepszych programów obsługujących tego typu rozwiązania, z kamerkami pokazującymi eksperymenty, zdalny dostęp do laboratorium czy wirtualne laboratorium nie wyeliminuje konieczności prowadzenia rzeczywistych badań i eksperymentów, jak również nie zastąpi w pełni korzyści z bezpośredniej pracy przy przyrządach laboratoryjnych.

Kolejnym problemem jest zapewnienie właściwego nadzoru nad dostępem do takiego laboratorium, zlecenie i przydzielanie tego dostępu. Wirtualne laboratoria powinny udostępniać również mechanizmy komunikacji pomiędzy jego użytkownikami, stwarzać warunki do wymiany danych, obliczeń czy wniosków i wiedzy na temat przeprowadzanych eksperymentów. Tutaj największe pole do popisu mają programiści. Ostatnią bolączką wirtualnych laboratoriów jest fakt, że laboratoria badawcze wyposażone w aparaturę czy systemy pomiarowe, komunikujące się

przez wszelkiego rodzaju sieci lub łącza, na zewnątrz laboratorium muszą spełniać bardzo restrykcyjne wymogi, aby takie laboratorium mogło ubiegać się o akredytację. Specjalistyczna aparatura jest jednym z wymogów uzyskania odpowiedniej akredytacji, jednocześnie próba wykorzystania tej aparatury do budowy wirtualnego laboratorium wręcz uniemożliwia ubieganie się o taką akredytację.

Niemniej jednak przed wirtualnymi laboratoriami rysuje się świetlana przyszłość. Pojawiają się głosy, by takie laboratoria rozszerzać jeszcze o narzędzia umożliwiające szeroko rozumianą współpracę pomiędzy nimi oraz narzędzia do wirtualnych spotkań i badań pomiędzy zespołami naukowców korzystających z tych laboratoriów.

Artykuł wpłynął do redakcji 14.04.2008 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w kwietniu 2008 r.

LITERATURA

- [1] R. J. RAK, *Virtual Instrument — the Main Part of Internet Based Distributed System*, International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Bussiness, Science, and Education on the Internet SSGRR'2000, LAquila, Italy, 2000.
- [2] W. MIELCZAREK, *Urządzenia pomiarowe i systemy kompatybilne ze standardem SCPI*, Wydawnictwo HELION, Gliwice, 1999.
- [3] A. DOBROWOLSKI, *Wirtualne przyrządy pomiarowe w laboratorium układów elektronicznych*, XXXVI Międzyuczelniana Konferencja Metrologów, Ustroń, 2004.

J. KAŹMIERCZAK, Z. CHUDY, P. KOMUR

Remote access to integrated measuring stand at electronic circuits laboratory

Abstract. A need to create measurement systems with complex and unique devices, accessible not only at a laboratory but also remotely, e.g., via computer networks, is noticeable. The paper presents architecture of such a system, description of its elements, explanation of the method applied for remote access to the system, and most importantly, a list of advantages and problems connected with its exploitation.

Keywords: electronics, metrology, virtual laboratory, remote access

Universal Decimal Classification: 621.317