

KOMPUTEROWE STEROWANIE PRZYRZĄDAMI POMIAROWYMI

1. CEL ĆWICZENIA

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie się z możliwościami sterowania przyrządów pomiarowych, tworzonych przez połączenie przyrządu autonomicznego z komputerem, na którym zainstalowano odpowiednie oprogramowanie.

2. WPROWADZENIE

Wraz z rozwojem nauki i techniki obserwuje się ewolucję przyrządów pomiarowych. Zmianie ulegają zarówno sposoby przetwarzania sygnałów, metody konstruowania przyrządów, jak i sposoby korzystania z urządzeń pomiarowych oraz stopień ich wzajemnej integracji.

Pierwszą generacją przyrządów pomiarowych były przyrządy wskazówkowe, zwane **analogowymi**. Wartość wskazana przez przyrząd analogowy była proporcjonalna do kąta wychylenia wskazówki.

Drugą generację przyrządów pomiarowych stanowią autonomiczne przyrządy **cyfrowe**. W przyrządach tych wynik przedstawiany jest na wyświetlaczu w postaci liczby o określonej liczbie cyfr znaczących. Odczyt eliminuje możliwość powstania błędu paralaksy podczas odczytu.

Do przyrządów trzeciej generacji zalicza się tzw. przyrządy „**systemowe**”, które oprócz pracy w trybie autonomicznym (jako samodzielne urządzenia pomiarowe) mogą być sterowane i obsługiwane za pomocą komputera. Jest to możliwe dzięki wyposażeniu tych przyrządów w odpowiedni interfejs cyfrowy. Przyrządy tego rodzaju mogą być wykorzystane w zautomatyzowanym systemie pomiarowym. Wynik pomiaru w odpowiednim kodzie przesyłany jest do komputera lub innego urządzenia. Pozwala to na wyeliminowanie możliwości pomyłki podczas odczytywania wyniku przez człowieka oraz na zautomatyzowanie pomiarów. Standaryzacja interfejsów znacząco wpłynęła nie tylko na dalszy rozwój i ewolucję przyrządów pomiarowych, lecz również na upowszechnienie się systemów pomiarowych.

Do czwartej generacji należą **wirtualne** przyrządy pomiarowe. Powstają one przez sprzężenie odpowiednio dostosowanego sprzętu pomiarowego¹ (który z reguły nie może funkcjonować jako autonomiczny przyrząd) z komputerem ogólnego przeznaczenia, na którym zainstalowano przyjazne dla użytkownika oprogramowanie. Oprogramowanie to umożliwia obsługę przyrządu pomiarowego za pośrednictwem komputera w sposób zbliżony do obsługi przyrządu autonomicznego. Główną zaletą takiego rozwiązania jest elastyczność wynikająca z faktu, że o funkcjonalności urządzenia decyduje głównie oprogramowanie. Pozwala ono na łatwą modyfikację właściwości przyrządu i szybkie dostosowywanie go do wymagań użytkownika. Na przykład można rozbudowywać algorytmy przetwarzania i analizy sygnałów oraz sposoby prezentacji wyników pomiarów. Zmiana oprogramowania jest tańsza i szybsza niż konstrukcja nowego urządzenia. Istotną zaletą przyrządów wirtualnych jest możliwość spełniania przez tę samą część sprzętową (komputer z układami

¹ zazwyczaj jest to komputerowa karta pomiarowa, ang. DAQ (Data Acquisition Card)

miarowymi) różnych funkcji. W zależności od potrzeb i wykorzystywanego oprogramowania może być to wirtualny oscyloskop, analizator widma, rejestrator, multimetr czy inny nietypowy przyrząd.

3. PRZYRZĄDY SYSTEMOWE

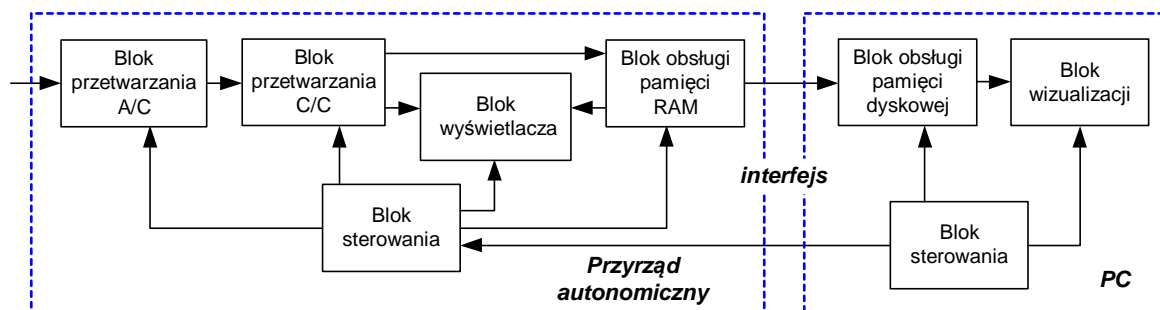
Przyrząd pomiarowy stanowiący połączenie autonomicznego sprzętu pomiarowego z komputerem osobistym ogólnego przeznaczenia wraz z oprogramowaniem umożliwiającym użytkownikowi obsługę przyrządu z wykorzystaniem symulowanej na ekranie monitora płyty czołowej przyrządu najczęściej nazywamy przyrządem **systemowym**. Prekursorem w dziedzinie przyrządów systemowych była amerykańska firma Hewlett-Packard² (obecnie Keysight), zajmująca się między innymi produkcją sprzętu pomiarowego. W latach sześćdziesiątych XX wieku wprowadziła ona interfejs IEEE-448. Hewlett-Packard nazwał swój interfejs HP-IB, natomiast inne firmy używały nazwy GPIB.

Przyrządy systemowe sterowane są za pomocą komputera wyposażonego w kartę dedykowanego interfejsu. Najczęściej wykorzystuje się w systemach pomiarowych następujące interfejsy:

- IEEE-488 (znane jako GPIB³),
- RS-232,
- USB.

Graficzny interfejs użytkownika umożliwia wygodne zarządzanie poszczególnymi przyrządami oraz tworzenie bardziej złożonych systemów pomiarowych.

Na rys. 1 przedstawiono przykładowy schemat funkcjonalny przyrządu systemowego zrealizowanego jako połączony z komputerem przyrząd autonomiczny. W bloku przetwarzania analogowo-cyfrowego A/C napięcie wejściowe zostaje przetworzone na postać cyfrową. Po przeliczeniu w bloku cyfrowym C/C na wymagany format, dane zostają zapisane do pamięci RAM. Jednocześnie zarejestrowane wyniki mogą być przesłane przez interfejs do komputera i wyświetlone na ekranie monitora. Parametry pomiaru zadawane są przez operatora za pomocą własnej płyty czołowej przyrządu autonomicznego lub przez panel na ekranie monitora.



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

² Hewlett-Packard uznała, że urządzenie wykorzystujące komputer do przetwarzania i wyświetlania wyników pomiarów to przyrząd wirtualny, w przeciwieństwie do firmy National Instrument, która nazwała przyrządem wirtualnym warstwę programową i sprzętową dodaną do komputera ogólnego przeznaczenia

³ ang. General Purpose Interface Bus

Zastąpienie obsługi przyrządu autonomicznego panelem symulowanym na ekranie monitora pozornie nie wnosi nowej jakości. Jednakże w rzeczywistym przyrządzie do dyspozycji jest tylko jeden wyświetlacz, na którym przedstawione są wszystkie informacje, zmieniane w zależności od trybu pracy. W przypadku przyrządu systemowego nie ma takich ograniczeń - każdy zadawany parametr pomiaru może posiadać oddzielny wskaźnik. Dzięki temu obsługa przyrządu systemowego jest intuicyjna i prostsza niż obsługa za pomocą panelu przyrządu autonomicznego. Szersze są również możliwości prezentowania wyników. Nie muszą być to pojedyncze liczby, ale można przedstawić wynik w postaci bardziej złożonej, np. w postaci tabel czy 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 systemowego jest możliwość wykonywania pomiarów w miejscu odległym, trudno dostępnym lub w środowisku stanowiącym zagrożenie dla obsługi.

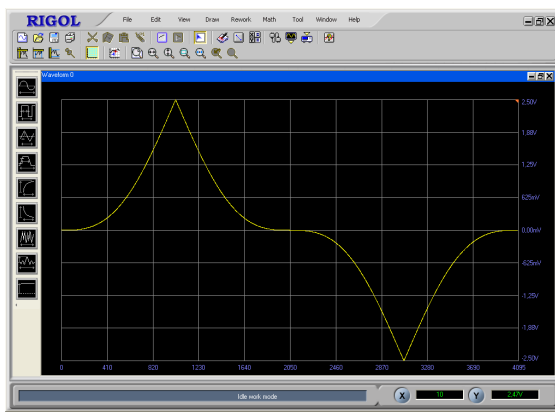
4. OPROGRAMOWANIE RIGOL

Rigol - producent przyrządów pomiarowych wykorzystywanych w laboratorium Metrologii Elektrycznej - dostarcza przy zakupie przyrządów oprogramowanie, pozwalające na współpracę z komputerem na zasadach takich, jakby obsługiwano tradycyjny przyrząd autonomiczny. Oprogramowanie umożliwia utworzenie z każdego urządzenia niezależnego przyrządu wirtualnego. Dodatkowo istnieje możliwość połączenia wszystkich urządzeń w system pomiarowy. Przyrządy Rigol wyposażono w dwa interfejsy: RS232 i USB, przy czym producent rekomenduje używanie interfejsu USB.

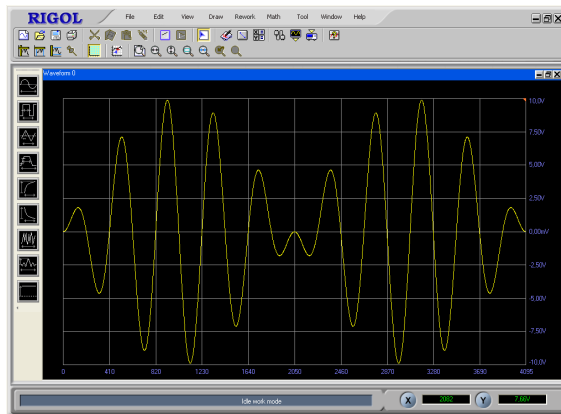
4.1. Oprogramowanie *UltraWave* dla generatorów serii DG1000

UltraWave, jako oprogramowanie dla programowanych generatorów funkcyjnych, pozwala na tworzenie i przesyłanie do generatora dowolnych przebiegów, jak również importowanie i obserwację przebiegów z oscyloskopu cyfrowego i generatora funkcyjnego. *UltraWave* oprócz generacji 9 standardowych przebiegów (lewy pasek narzędzi na rys. 3), pozwala także w szybki i wygodny sposób tworzyć własne przebiegi arbitralne. Przebiegi mogą być zapisywane (i odczytywane) w plikach tekstowych, plikach programu Microsoft Excel (.csv) i jako przebiegi arbitralne (pliki .rdf).

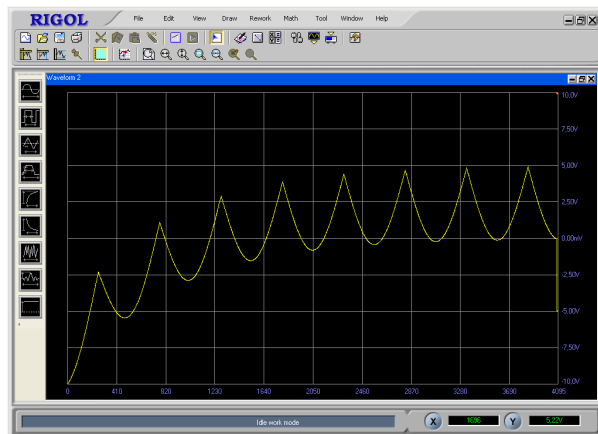
Każdy z wygenerowanych przebiegów może być wysłany do generatora (ikona Send Waveform). Użytkownik może dodatkowo zdefiniować cztery przebiegi, które zostaną umieszczone w pamięci trwałej generatora (NonVolatile Waveform, patrz rys. 6). Podobnie jak pięć standardowo zaprogramowanych przebiegów arbitralnych, mogą one być przywoływane w dowolnej chwili za pomocą okna Stored Waveform (rys. 6).



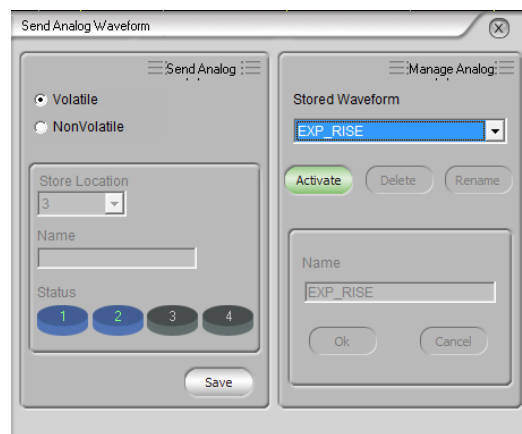
Rys. 3. Okno programu *UltraWave* amplitudy



Rys. 4. Przykład modulacji



Rys. 5. Przykład nietypowego przebiegu arbitralnego generatora



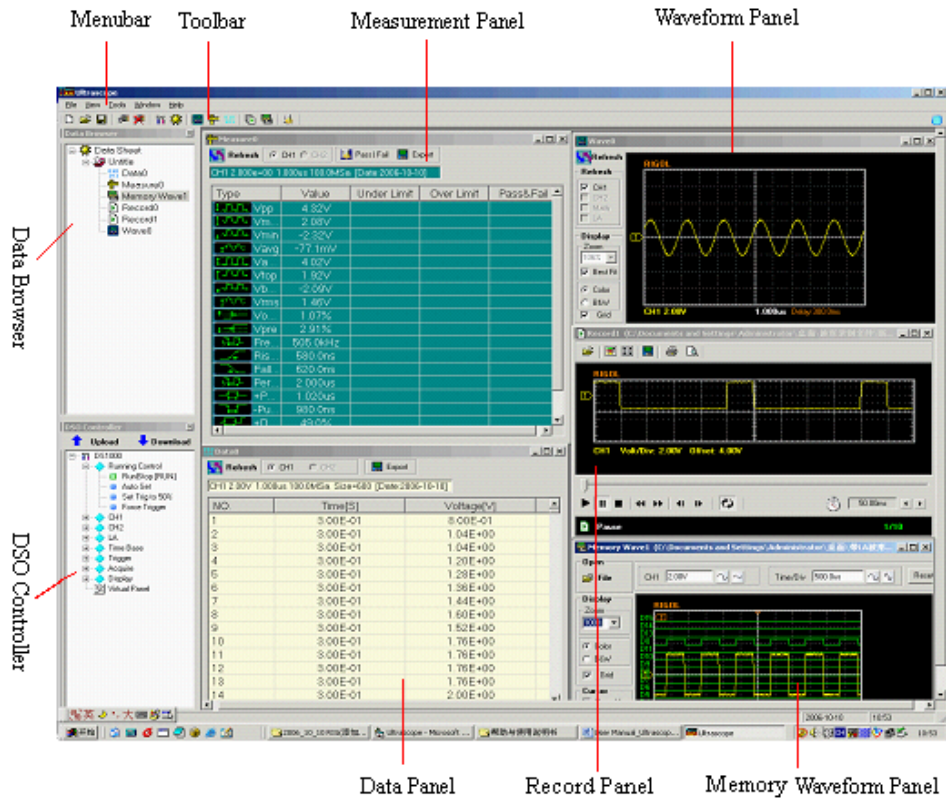
Rys. 6. Okno przesyłu danych do

4.2. Oprogramowanie *UltraScope* dla oscyloskopów serii DS1000

UltraScope jest oprogramowaniem przeznaczonym dla oscyloskopów firmy Rigol, pozwalającym na obserwację i rejestrację przebiegów z oscyloskopu na ekranie komputera. Oprócz rejestracji przebiegów (okno Wave na rys. 7) oprogramowanie pozwala na:

- 1) zmianę ustawień oscyloskopu z poziomu programu (za pomocą rozwijanego menu lub wirtualnego panelu, którego wygląd odpowiada wyglądowi rzeczywistego przyrządu) – okno DSO Controller,
- 2) pomiar i zapis wielkości i parametrów charakteryzujących przebieg (np. częstotliwość, V_{pp} , V_{avg} , czas narastania i opadania zbocza i inne) – okno Measure,
- 3) rejestrację przebiegu w postaci ciągu próbek – okno Data,
- 4) obserwację przebiegu w postaci dynamicznej – okno Record (oprogramowanie pozwala odtwarzać pliki zapisane w formacie .rcd, są to pliki niekomercyjnego programu Arcade służącego do symulacji i animacji, utworzonego na Uniwersytecie w Virginii),
- 5) odtwarzanie i zapis przebiegów w różnych formatach (.bmp, .txt, .csv, .wfm).

Pliki o rozszerzeniu .wfm mogą być wyświetlane i konwertowane na inne formaty, (np. csv lub .bmp) przy użyciu zakładki Memory Wave.



Rys. 7. Interfejs użytkownika programu *UltraScope*

Oprogramowanie nie stwarza możliwości bezpośredniego dostępu do pamięci wewnętrznej oscyloskopu. Można natomiast przesać do komputera przebieg zapisany wcześniej w pamięci oscyloskopu poprzez wywołanie go na ekranie oscyloskopu i wczytanie za pomocą zakładki Wave (polecenie: Add New Waveform i Refresh). Można wtedy przekonwertować plik na inny format.

5. PROGRAM ĆWICZENIA

Włączyć komputer, otworzyć program *UltraWave* i zapoznać się z jego obsługą.

Połączyć generator DG1011 z notebookiem kablem USB, włączyć generator i uaktywnić komunikację w programie *UltraWave* (ikona „Connect to instrument”).

Uwaga! Wyświetlacz generatora powinien pracować w trybie graficznym!

W osobnych oknach (ustawionych na maksymalne zakresy równe 20V_{pp} i 4k próbek) wygenerować dwa różne przebiegi (np. sinusoidalny i trójkątny) o amplitudach znacznie mniejszych niż ustawiony zakres. Wysłać kolejno przebiegi do generatora.

Wykonać różne operacje matematyczne na wygenerowanych przebiegach, a także na innych przebiegach standardowych. Zwrócić uwagę na różnice pomiędzy opcjami Wave Math i

Window Math. Wysłać wybrane przebiegi do generatora. Zapisać otrzymane przebiegi na dysku. Zaimportować pliki z powrotem do programu w celu sprawdzenia poprawności zapisu (funkcja: „Open Analog Saved”)

Wygenerować i zapisać przebieg o kształcie jak na rys. 3 lub 4, bądź też inny, wskazany przez prowadzącego.

Zapoznać się z pozostałymi opcjami edycji przebiegów zawartymi w menu Rework i Math (Resize, Invert, Mirror, Absolute, Filter). Wysłać do pamięci generatora i zapisać na dysk wybrane przebiegi otrzymane podczas realizacji tego punktu ćwiczenia.

Wygenerować i zapisać przebieg o kształcie jak na rys. 5 lub inny, wskazany przez prowadzącego.

Zapoznać się z trybami szybkiej generacji własnych przebiegów (HandDraw Mode i LineDraw Mode). Przesłać do przyrządu i zarejestrować wybrane przebiegi.

Zapisać jeden z przebiegów w pamięci trwałej generatora i wywołać go do okna edycyjnego za pomocą funkcji „Upload Waveform”.

Zaimportować do programu przebiegi z oscyloskopu (.wfm) zapisane w katalogu Waveforms. Wysłać przebiegi do generatora. Zapisać je w postaci pliku tekstowego.

Połączyć oscyloskop z generatorem, włączyć przyrządy i otworzyć program *UltraScope*. Utworzyć nowy dokument (New Data Sheet), a w nim kolejno wg potrzeb okna: Waveform, Measure, Data, Memory Waveform.

Uaktywnić komunikację z przyrządem (ikona Connect to Oscilloscope). Sprawdzić zdalne sterowanie oscyloskopem przy użyciu okna DSO Controller.

Uwaga! Podczas aktywnego połączenia z komputerem możliwe jest tylko zdalne sterowanie przyrządem. W celu uaktywnienia panelu przyrządu należy użyć przycisku FORCE na płycie czołowej.

Przy użyciu okna Measure dokonać pomiaru charakterystycznych wielkości i parametrów dla różnych przebiegów zadanych na generatorze.

Za pomocą zakładki Memory Waveform otworzyć kolejno pliki .wmf z katalogu Waveforms na pulpicie. Zaobserwować otrzymane przebiegi. Zapisać je w formacie .csv.

Dokonać pomiaru wartości międzyszczytowych i częstotliwości przebiegów z pkt.12.

6. PYTANIA KONTROLNE

Co to jest przyrząd wirtualny i jakie są jego rodzaje?

Jakie są wady i zalety przyrządów wirtualnych?

Omówić strukturę przyrządu wirtualnego utworzonego przez połączenie przyrządu autonomicznego z komputerem z odpowiednim oprogramowaniem.

Wyjaśnić na przykładzie różnice pomiędzy przyrządami systemowymi i wirtualnymi.

W jaki sposób otrzymano przebiegi przedstawione na rysunkach 3, 4 i 5?

7. LITERATURA

Świsulski D.: „Komputerowa technika pomiarowa. Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabView”. Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2005.

Nawrocki W., „Komputerowe systemy pomiarowe”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002

Rak R.: „Wirtualny przyrząd pomiarowy. Realne narzędzie współczesnej metrologii”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

Rak R.: „Wirtualne przyrządy pomiarowe”, Elektronizacja nr 9, 1999, s. 9-13.

Dobrowolski A.: „Wirtualne przyrządy pomiarowe w laboratorium układów elektronicznych WAT”, Materiały XXXVI Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów, 2004, s. 373-380.

Rigol, „Generatory przebiegów funkcyjnych i arbitralnych serii DG1000. Instrukcja obsługi”, Rigol Technologies Inc. 2007, NDN/wrzesień 2008.

Rigol, „Oscyloskopy cyfrowe serii DS1000, DS1000CD, DS1000C, DS1000M. Instrukcja obsługi”, NDN, Warszawa 2007.

Rigol, „Multimetry cyfrowe serii DM3000. Instrukcja obsługi”, Rigol Technologies Inc. 2007, NDN/październik 2008.