



LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

BADANIE CZUJNIKÓW I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

BADANIE CZUJNIKÓW I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

1. Wprowadzenie.

Celem ćwiczenia jest poznanie konfiguracji systemów pomiarowych oraz metod pomiaru temperatury za pomocą termometrów termorezystancyjnych z wykorzystaniem czujnika Pt100/Pt1000. Z użyciem systemu pomiarowego zbudowanego na bazie komputera PC, platformy ELVIS II i dedykowanego oprogramowania zostanie zrealizowany pomiar podstawowych wielkości elektrycznych (U, R, C), rejestracja sygnałów z generatora funkcyjnego oraz wyznaczenie charakterystyk amplitudowych i fazowych filtrów reaktancyjnych.

2. Systemy pomiarowe.

System pomiarowy jest definiowany jako zbiór jednostek funkcjonalnych tworzących całość organizacyjną, objętych wspólnym sterowaniem przeznaczony do realizacji określonego celu metrologicznego. Sterowanie systemem jest realizowane przez nadrzędną jednostkę funkcjonalną nazywaną kontrolerem, działającą wg zaprogramowanego algorytmu. Cechą charakterystyczną systemów pomiarowych jest algorytmizacja procesów pomiarowych oraz współdziałanie (integracja) sprzętu i oprogramowania.

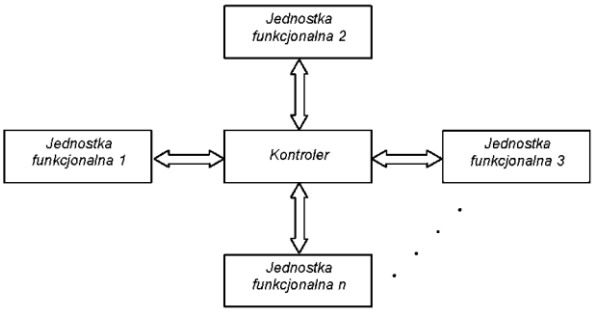
W zależności od przeznaczenia rozróżnia się trzy klasy systemów pomiarowych: badawcze, pomiarowo-kontrolne i pomiarowo-diagnostyczne.

- Systemy badawcze stosowane są w pomiarach naukowych, do empirycznej weryfikacji hipotez naukowych. Systemy te są wykorzystywane w wielu dziedzinach nauki, jak: elektronika, fizyka, chemia, mechanika, biologia, medycyna.
- Systemy pomiarowo-kontrolne używane są w przemyśle do automatyzacji procesów technologicznych. W systemach takich stosuje się zwykle znaczne ilości czujników rozmieszczonych na całym kontrolowanym obiekcie i przetworników formujących sygnały wykorzystywane dalej przez regulatory sterujące procesem technologicznym.
- Systemy pomiarowo-diagnostyczne służą do detekcji i lokalizacji uszkodzeń. Celem diagnozowania jest nie tylko stwierdzenie stanu obiektu, ale często również wskazanie uszkodzonego elementu.

Konfiguracje systemów pomiarowych

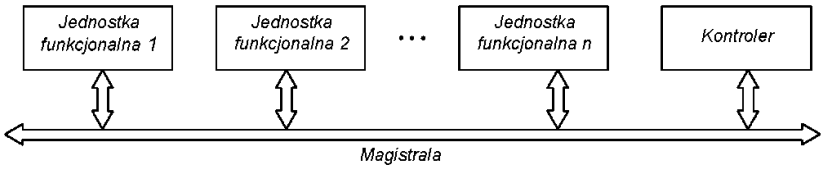
Konfiguracja systemu pomiarowego jest to sposób połączeń jednostek funkcjonalnych w systemie pomiarowym. Konfiguracja określa układ dróg przepływu informacji w systemie.
Podstawowe konfiguracje systemów pomiarowych: **gwiazdowa**, **magistralowa** i **pętlowa**.

W konfiguracji **gwiazdowej** (rys. 1.) centralna pozycja jest zarezerwowana dla kontrolera systemu. Kontroler pośredniczy w przekazywaniu każdej informacji między pozostałymi jednostkami funkcjonalnymi. Przesyłanie informacji jest możliwe jedynie między kontrolerem a jednostkami funkcjonalnymi. Oznacza to, że jednostka funkcjonalna nie może przesłać informacji do innej jednostki bezpośrednio, tylko za pośrednictwem kontrolera. Konfiguracja gwiazdowa jest stosowana w prostych systemach pomiarowych, o niewielkiej i ustalonej liczbie jednostek funkcjonalnych.



Rys. 1. Konfiguracja gwiazdowa systemu pomiarowego.

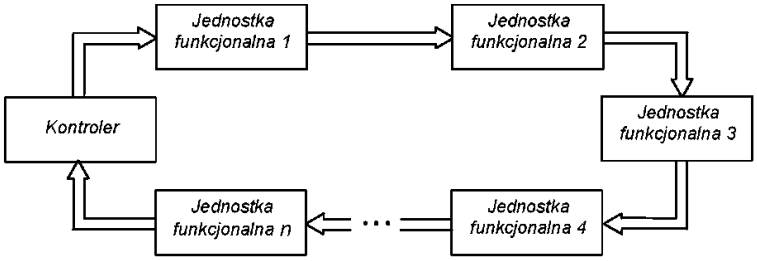
W konfiguracji **magistralowej** (rys. 2.) wszystkie współpracujące w systemie urządzenia są dołączone równolegle do magistrali cyfrowej. Sama magistrala jest zespołem linii, po których przekazywane są wszystkie informacje przesyłane pomiędzy dowolnymi urządzeniami pracującymi w systemie. W konfiguracji tej żadne z urządzeń systemu nie ma wyróżnionej pozycji. Kontrolerem systemu może być każde z urządzeń dołączonych do magistrali i mające zdolność sterowania systemem. W systemie tym może pracować kilka kontrolerów przekazujących sobie funkcje sterowania systemem, przy czym w danej chwili aktywny może być tylko jeden z nich.



Rys. 2. Konfiguracja magistralowa systemu pomiarowego

W systemie o konfiguracji magistralowej zachodzi konieczność udzielania zezwoleń poszczególnym urządzeniom na nadawanie informacji, jak i powiadamianie o konieczności przyjęcia nadawanej informacji. Te czynności organizacyjne nazywa się odpowiednio: adresowaniem do nadawania i adresowaniem do odbioru. W danej chwili aktywna może być dowolna liczba odbiorców, ale tylko jeden nadawca.
Konieczność adresowania powoduje, że rozmieszczenie inteligencji w systemie o konfiguracji magistralowej jest bardziej równomierne niż w konfiguracji gwiazdowej. Podnosi to koszt systemu, ale znacznie zwiększa jego elastyczność. Możliwa jest np. wymiana informacji między urządzeniami bez pośrednictwa kontrolera. Konfiguracja magistralowa zapewnia największą strukturalną i funkcjonalną elastyczność systemu i umożliwia jego rozbudowę podczas eksploatacji przez zamianę lub zwiększenie liczby jednostek funkcjonalnych.

Konfiguracja **pętlowa.** Wszystkie linie sygnałowe (rys. 3.) są w tej konfiguracji jednokierunkowe, wskutek czego kierunek obiegu informacji w pętli jest ustalony. Podobnie jak w konfiguracji magistralowej, kontroler systemu nie zajmuje tu wyróżnionego miejsca.

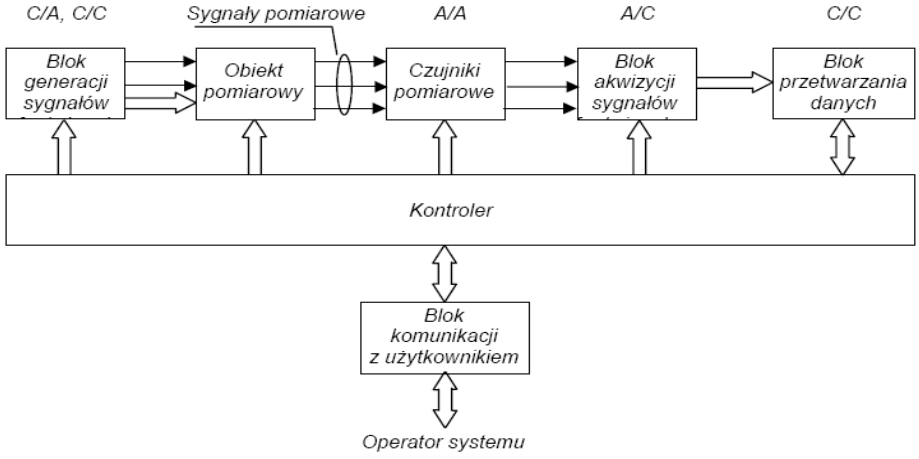


Rys. 3. Konfiguracja pętlowa systemu pomiarowego

Informacja w systemach o konfiguracji pętlowej nadawana przez kontroler wysyłana jest do najbliższej jednostki funkcjonalnej 1, w kierunku zgodnym z obiegiem pętli, gdzie zostaje ona przyjęta i przeanalizowana. Jeżeli jest przeznaczona właśnie dla jednostki funkcjonalnej 1, to zostaje wykorzystana, co oznacza albo przyjęcie danych, albo wykonanie instrukcji sterującej. Następnie informacja w niezmienionej postaci zostaje przesłana dalej. Jeśli zaś nie była przeznaczona dla jednostki funkcjonalnej 1, to jest bezzwłocznie przekazywana dalej. Powrót informacji do kontrolera oznacza, że przeszła ona przez wszystkie urządzenia i została wykorzystana przez te z nich, które były wcześniej wyznaczone (zaadresowane) do odbioru. Jest to więc jednocześnie potwierdzenie odbioru i zezwolenie na nadanie następnej informacji.
W systemach o konfiguracji pętlowej, zachodzi konieczność adresowania urządzeń do nadawania i odbioru informacji. W porównaniu z innymi konfiguracjami, konfiguracja pętlowa ma najmniejszą szybkość działania, natomiast ma najmniejszą liczbę linii sygnałowych.

W praktyce najczęściej stosuje się systemy pomiarowe o konfiguracji magistralowej, w których przesyłanie informacji odbywa się za pośrednictwem wieloprzewodowej magistrali.

Struktury systemów pomiarowych.
W skład typowego systemu pomiarowego (rys. 4.) wchodzi *kontroler* sterujący pracą systemu oraz zespół jednostek funkcjonalnych, wśród których są *czujniki pomiarowe* przetwarzające wielkości pomiarowe pochodzące z obiektu pomiaru na sygnały elektryczne, *blok akwizycji sygnałów* umożliwiający zbieranie sygnałów pomiarowych i przetwarzanie analogowo-cyfrowe (A/C), *blok przetwarzania* danych realizujący cyfrowe przetwarzanie sygnałów, *blok generacji wymuszeń* umożliwiający zwrotne oddziaływanie na obiekt oraz *blok komunikacji z użytkownikiem.*



Rys. 4. Struktura systemu pomiarowego

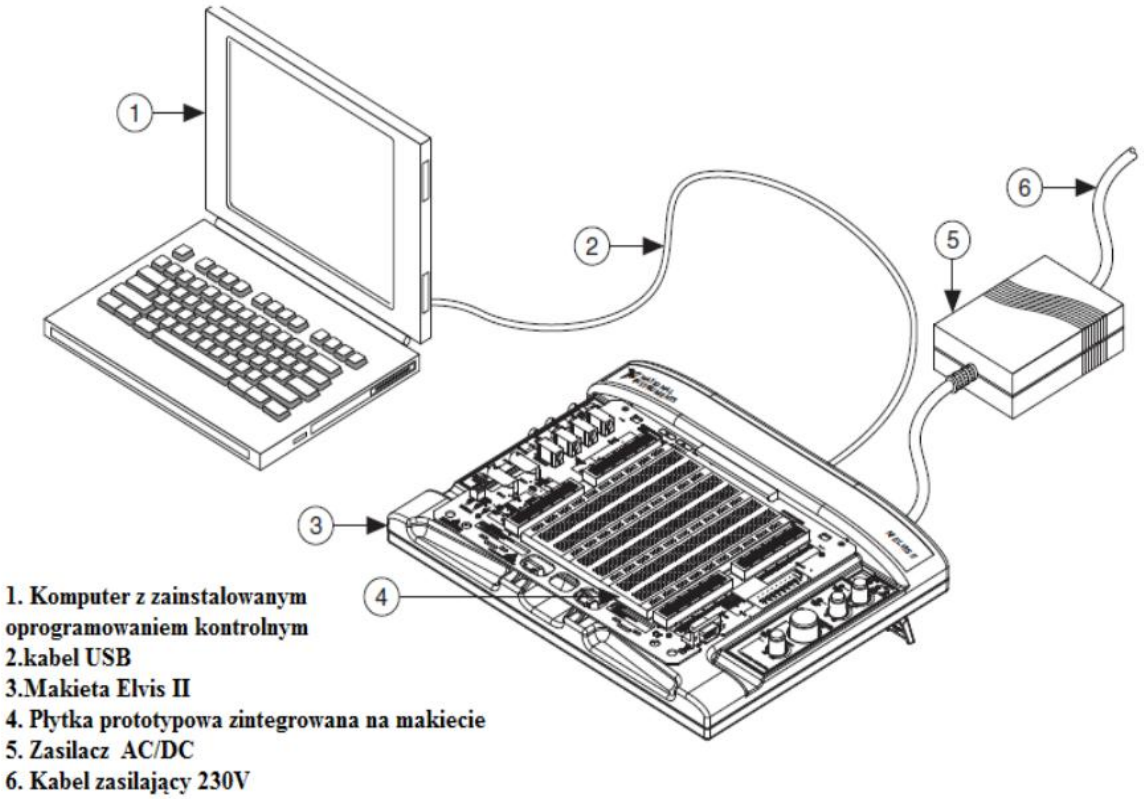
Kontroler systemu wykonuje czynności sterujące w systemie pomiarowym zgodnie z programem zawartym w pamięci. Najczęściej funkcję kontrolera pełnią systemy mikroprocesorowe, które obok czynności sterujących mogą także przetwarzać dane.
Blok komunikacji z użytkownikiem jest przeznaczony do wprowadzania i odbierania informacji z systemu przez użytkownika. W systemach bez komputera wprowadzanie informacji może być dokonywane np. za pomocą przełączników, natomiast w systemach komputerowych za pomocą klawiatury, stacji dyskietek, myszki, pióra świetlnego. Wyprowadzanie informacji odbywa się za pomocą rejestratorów cyfrowych bądź analogowych, monitorów ekranowych, drukarek oraz z użyciem zapisu do pamięci dyskowej.
Blok akwizycji pośredniczy między czujnikami pomiarowymi a blokiem przetwarzania danych. Jego zadaniem jest zbieranie sygnałów pomiarowych i przekształcenie ich na postać cyfrową.

Blok przetwarzania danych jest odpowiedzialny za cyfrową obróbkę sygnałów pomiarowych zgodnie z przyjętym algorytmem.
Blok generacji sygnałów wykorzystywany jest do wytwarzania sygnałów wymuszających (programowane źródła napięć i prądów), do generacji sygnałów wzorcowych oraz do wytwarzania sygnałów sterujących elementami wykonawczymi obiektu pomiarowego.

Wirtualne przyrządy pomiarowe.
Wirtualne przyrządy pomiarowe składają się z komputera ogólnego przeznaczenia i dołączonych do niego sprzętowych bloków funkcjonalnych. Funkcje i możliwości takich przyrządów określone są zarówno przez sprzęt, jak i oprogramowanie, a ich obsługa odbywa się za pomocą ekranu komputerowego, klawiatury i myszy z wykorzystaniem graficznego interfejsu użytkownika.
Cechą wirtualnego przyrządu pomiarowego jest funkcjonalna elastyczność i rekonfigurowalność. Umożliwia to stworzenie na bazie danego sprzętowego bloku funkcjonalnego szerokiego zbioru przyrządów wirtualnych realizujących różnorodne funkcje i redukcję kosztów przyrządów oraz skrócenie czasu ich opracowania i dalszych modyfikacji.

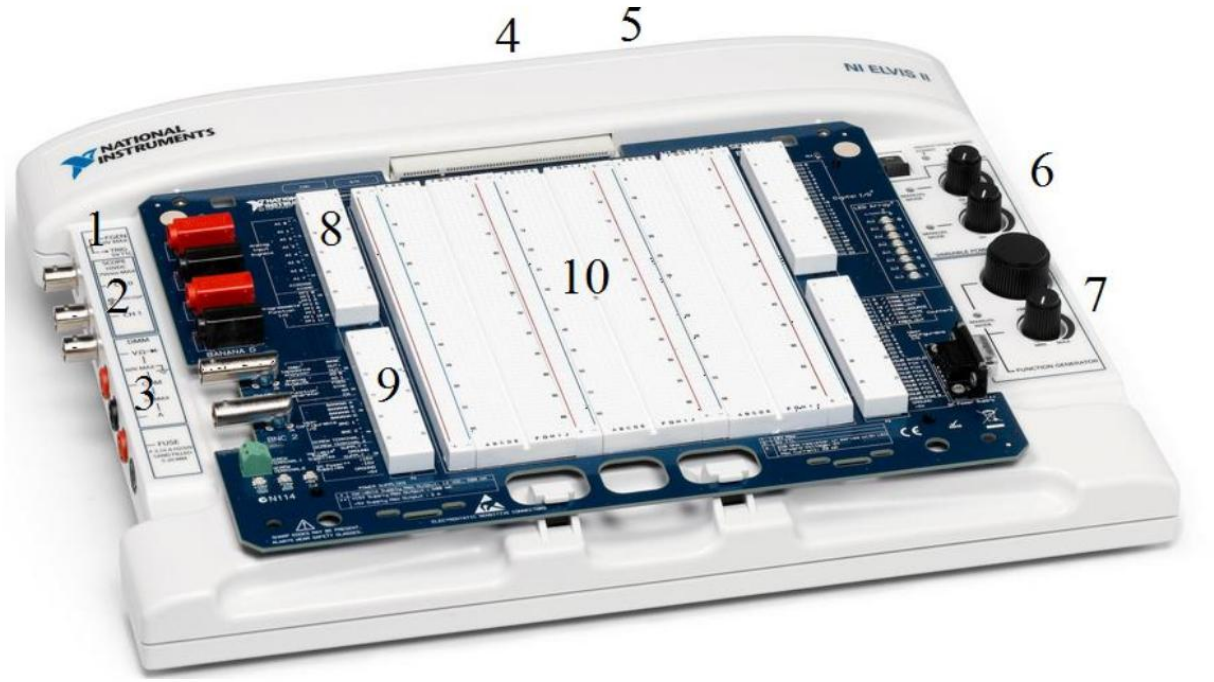
3. Platforma Elvis II

Platforma Elvis II jest uniwersalnym środowiskiem kontrolno - pomiarowym znajdującym zastosowanie w wielu projektach elektronicznych oraz systemach pomiarowych. W jego skład wchodzi makieta testowa posiadająca wiele zaimplementowanych układów analogowych jak i cyfrowych oraz środowisko programistyczne, kontrolujące te układy i pozwalające nimi sterować bezpośrednio z poziomu np. platformy programistycznej Labview. Ważnym aspektem konstrukcyjnym makiety jest również wbudowana w nią płytka prototypowa, która daje możliwość różnorakiej konfiguracji wyprowadzeń wejściowych i wyjściowych modułów elektrycznych NI Elvis II, jak również przeprowadzenia szybkiego testu budowanego na niej układu elektrycznego. Schemat sposobu podłączenia Elvis II i układu kontrolnego przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Elementy tworzące środowisko robocze Elvis II.

Makieta Elvis II jest zbudowana w kształcie prostokątnej płytki, w której lewą i prawą stronę stanowią wyprowadzenia i układy kontroli manualnej najróżniejszych zintegrowanych w nią popularnych urządzeń laboratoryjnych. W środkowej części makiety wbudowana jest płytka prototypowa pozwalająca na dowolną konfigurację budowanych na niej układów elektronicznych. Przykładowy schemat platformy przedstawiono na rysunku 6.
Główne zalety wynikające z zastosowania tej makiety to przede wszystkim ograniczenie rozmiarów stanowiska pracy związane ze zintegrowaniem w makiecie takich układów laboratoryjnych jak np. oscyloskop, zasilacz generator funkcji bądź multimetr . Dodatkową zaletą Elvisa jest możliwość tworzenia tak zwanych wirtualnych systemów pomiarowych w oparciu o zaimplementowane w środowisku NI Labview sterowniki sterujące platformą.



Rys. 6. Makieta Ni Elvis II wraz z rozmieszczeniem elementów składowych.

1.Wyjście generatora funkcyjnego. Ilość kanałów: 1; Podstawa zegara: 10MHz, 100kHz; Dzielniki: 1-16; Maksymalna częstotliwość 1Mhz; Dokładność podstawy zegara: 50 ppm 32;
2.Oscyloskop. Ilość kanałów: 2; Przepustowość: 35Mhz (40mVpp zakres); 50MHz (wszystkie zakresy); Maksymalny zakres próbkowania: 1.25MS/s - pojedynczy kanał; 100MS/s dwa kanały;
3.Multimetr: Pomiar rezystancji, pojemności, indukcyjności, napięć oraz prądów, test diody.
4.Wejścia/wyjścia analogowe
5. Złącze USB 2.0
6. Pokrętła do manualnej regulacji zasilania 0 do +12V przy dodatniej polaryzacji napięcia - 500mA maksymalny prąd wyjściowy; 0 do -12V przy ujemnej polaryzacji napięcia - 500mA maksymalny prąd wyjściowy;
7. Generator funkcyjny: Ilość kanałów: 1 Kształt przebiegów: sinusoidalny, trójkątny
8,9. Wejścia/wyjścia:

AI - 8 wejść różnicowych;
AI SENSE -Punkt zerowy dla kanałów analogowych w trybie NRSE;
AI GND - Masa dla wejść analogowych;
BASE - Złącze analizatora dla urządzeń trójprzewodowych. Podstawowe różnicowoprądowe wzbudzenie tranzystorów bipolarnych;
DUT+ DMM, impedancja, analizator 2 i 3 przewodowy. Terminal wzbudzenia pojemności i indukcyjności(DMM), analizator impedancji, 2 i 3 żyłowy analizator;

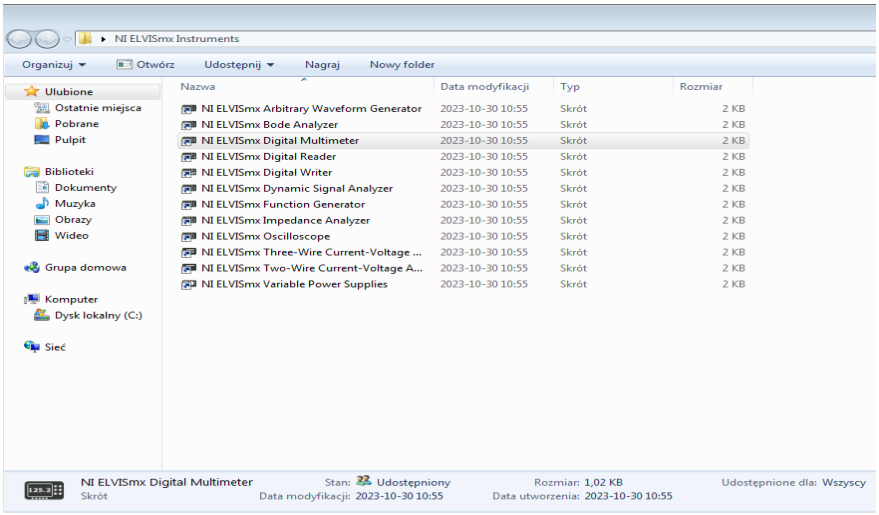
DUT- DMM, impedancja, analizator 2 i 3 przewodowy. Wirtualna masa i prąd pomiaru pojemności i indukcyjności(DMM), analizator impedancji, 2 i 3 żyłowy analizator;
FGEN - Generator funkcyjny. Wyjście generatora funkcyjnego;
SYNC - Generator funkcyjny. Wyjście TTL zsynchronizowane z sygnałem FGEN;
AM - Generator funkcyjny. Wejście analogowe wykorzystywane do modulacji amplitudy sygnału generatora;
FM - Generator funkcyjny. Wejście analogowe wykorzystywane do modulacji częstotliwości sygnału generator 33;
BANANA ±Wejścia/wyjścia konfigurowane przez użytkownika;
SCREW TERMINAL Wejścia/wyjścia konfigurowane przez użytkownika;
SUPPLY+ - Dodatnie regulowane źródło od +12V do 0V;
GROUND - Uziemienie;
SUPPLY- - Ujemne regulowane źródło od -12V do 0V;
+15V - +15V stałe zasilanie;
-15V - -15V stałe zasilanie;
+5V - +5V stałe zasilanie;

10. Uniwersalna płytka montażowa. Uniwersalna płytka montażowa posiada 2800 gniazd. Jest ona podłączona do makiety NI ELVIS II za pomocą standardowego gniazda PCI. Daje możliwość badania układów elektronicznych

4. Program ćwiczenia.

4.1. Czynności wstępne.

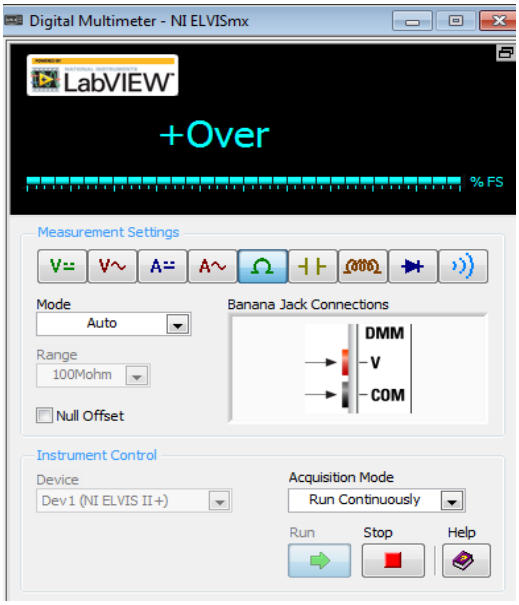
Zapoznaj się z dokumentacją i sposobem wykorzystania makiety Elvis II oraz oprogramowaniem dedykowanym do jej obsługi. Oprogramowani znajduje się w katalogu Pulpit/NI ELVISmx Instruments.



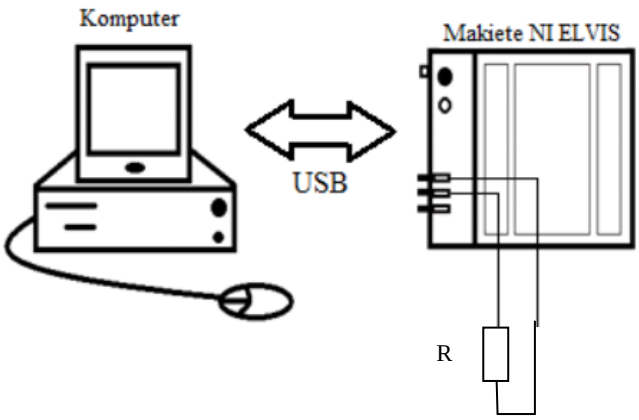
4.2. Pomiar rezystancji.

Do pomiaru rezystancji użyj multimetru wbudowanego w platformę Elvis II wraz z dedykowanym oprogramowaniem Digital multimetr – NI ELVISmx.

Zmierz rezystancje dla oporników stałych, rezystora dekadowego oraz potencjometru (rys. 8.). Oblicz niepewność pomiarową wyznaczenia rezystancji (porównaj z wartościami podanymi przez producenta i z ich tolerancjami).



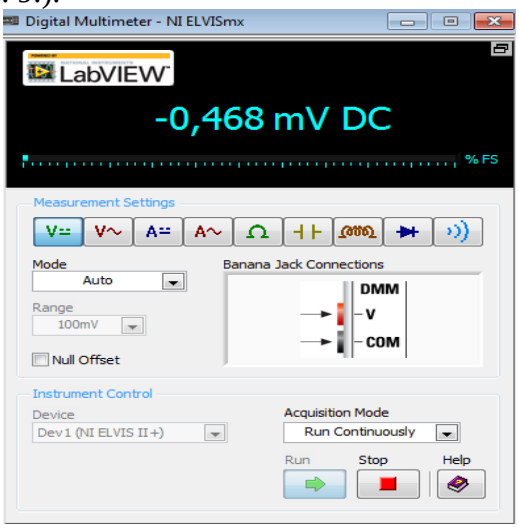
Rys. 7. Panel oprogramowania do pomiaru rezystancji - Digital multimeter - NI ELVISmx.



Rys. 8. Schemat połączeń urządzeń do pomiaru rezystancji.

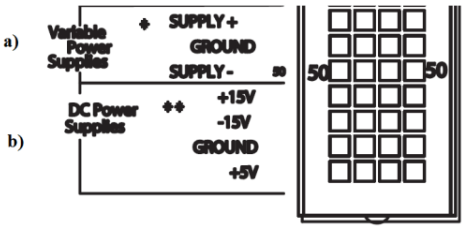
4.3. Pomiar napięcia stałego DC.

Do pomiaru napięcia stałego użyj zintegrowanego multimetru wraz z oprogramowaniem Digital multimeter – NI ELVISmx (rys. 9.).



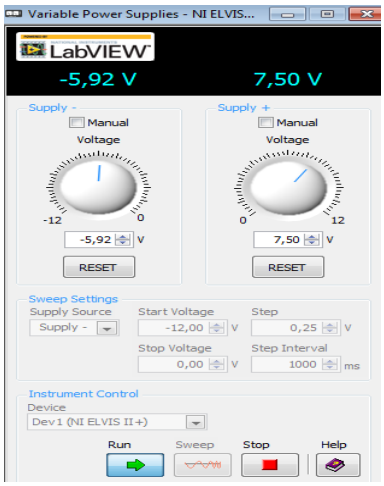
Rys. 9. Panel oprogramowania do pomiaru napięcia stałego - Digital multimeter - NI ELVISmx.

Zintegrowany zasilacz laboratoryjny oraz regulowane źródło napięcia stałego.
Makieta Elvis II posiada wbudowane źródła napięcia stałego (±15V oraz + 5V) ich wyprowadzenia są umieszczone w dolnej lewej stronie płytki prototypowej rysunek 10. b). Układ zasilacza posiada wspólną masę (GROUND) oraz charakteryzuje się zadowalającą stabilnością pracy. Regulowane źródło napięcia jest szczególnie istotnym wykorzystanym w projekcie elementem makiety Elvis II. Wyprowadzenia tego modułu oznaczone Supply+ oraz Supply- znajdują się w dolnej lewej części makiety (rys. 10. a) tuż nad wyprowadzeniami zasilacza DC. Regulowane źródło napięcia charakteryzuje się możliwością regulacji manualnej bądź programowej w zakresie od wartości (0,5 do 12V dla kanału Supply+ oraz od -12 do -0,5 dla kanału Supply-).



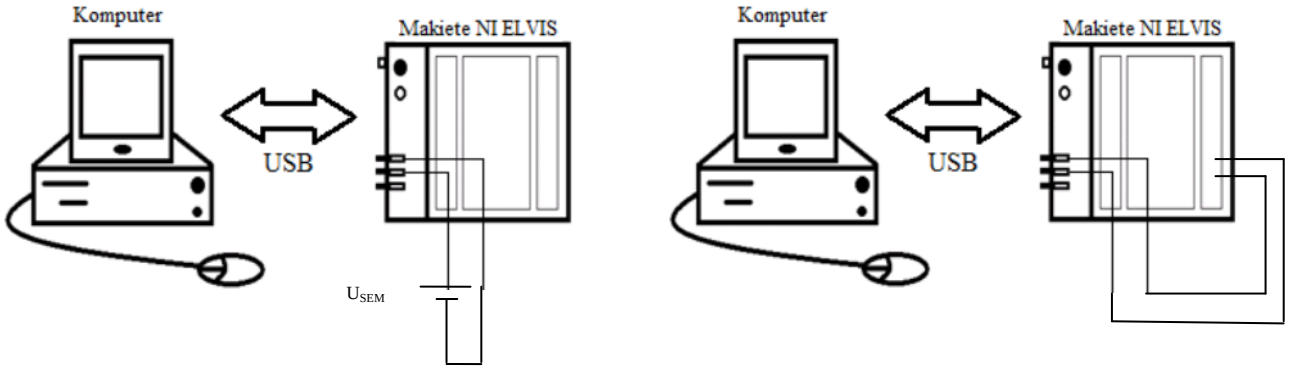
Rys. 10. Wyjścia wbudowanego zasilacza laboratoryjnego makiety Elvis II: a) wyjścia regulowanego źródła napięcia stałego, b) wyjścia nie regulowane zasilacza.

Wykonam pomiary napięcia +5V, +15V oraz minimum czterech wartości napięci z regulowanego źródła napięcia stałego wbudowanego w makietę Elvis II, regulację napięcia wykonaj poprzez dedykowane oprogramowanie oraz w trybie manualnym.



Rys. 11. Panel oprogramowania zasilacza regulowanego – Variable Power Supplies - NI ELVISmx.

a) b)

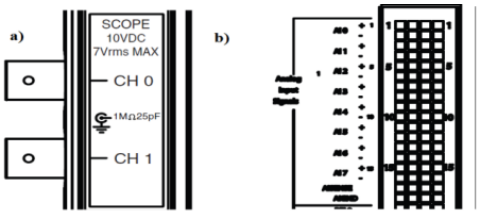


Rys. 12. Schemat połączeń urządzeń do pomiaru napięcia stałego: a) ogniwa Westonea, b) napięcia z zasilacza regulowanego.

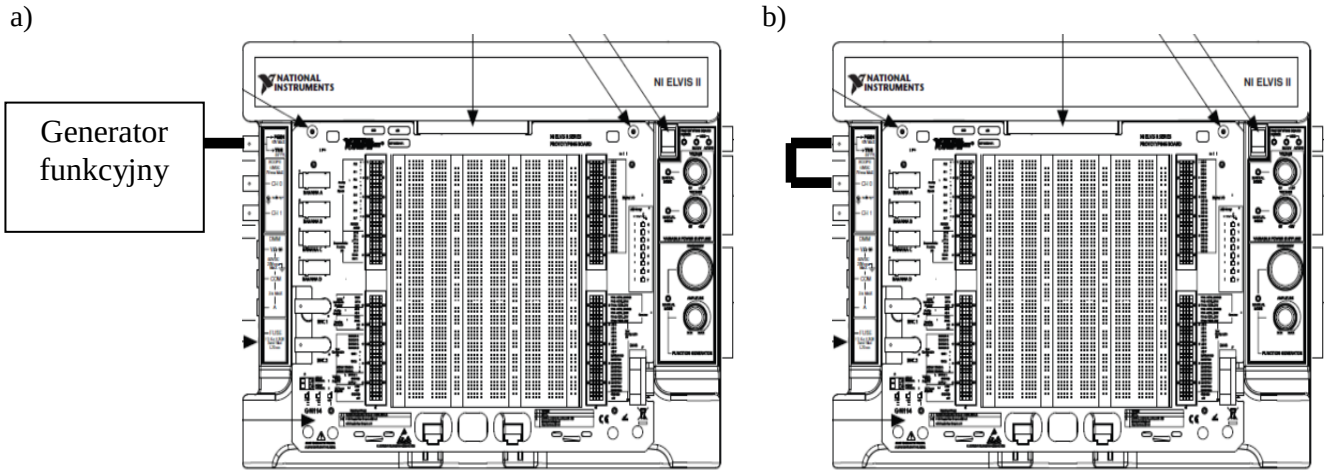
4.4. Badanie wirtualnego oscyloskopu.

Zintegrowany oscyloskop laboratoryjny NI Elvis II

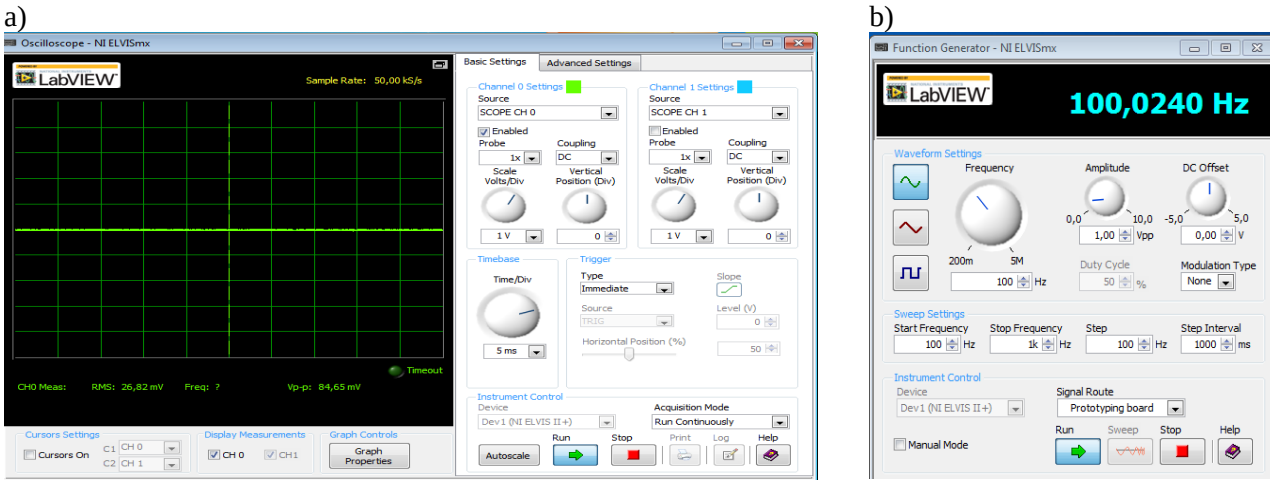
Przyrząd ten posiada funkcjonalność standardowego oscyloskopu jaki można znaleźć w typowych zwykłych laboratoriach. Moduł oscyloskopu posiada dwa wyjścia analogowe i jedno cyfrowe do układu wyzwalacza. Wyprowadzeniami analogowymi są wyjścia CH1 oraz CH2 umieszczone na boku modułu Elvis II oraz w zależności od konfiguracji programowalnego sterownika DaQ mogą nimi być kanały analogowo-cyfrowe od AI0 do AI7 umieszczone na płytce prototypowej przedstawionej na rysunku 13. Maksymalny zakres napięcia doprowadzonego do tych kanałów nie powinien przekroczyć ±10 V. Oscyloskop posiada maksymalną częstotliwość próbkowania rzędu 1,25 MS/s gdy działa wyłącznie jeden kanał.



Rys. 13. Analogowe wyjścia oscyloskopu makiety Elvis II: a) wyjścia na panelu bocznym, b) programowalne wyjścia AI (Analog Inputs) na płytce prototypowej.



Rys. 14. Schemat podłączeń oscyloskopu: a) z generatorem zewnętrznym, b) z generatorem zintegrowanym w makiecie Elvis II.



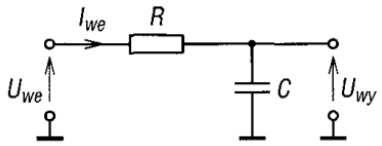
Rys. 15. Panel oprogramowania: a) oscyloskopu – Oscilloscope - NI ELVISmx, b) generatora funkcyjnego – Function Generator - NI ELVISmx.

Dokonaj rejestracji sygnałów z generatora funkcyjnego dla przebiegów: sinusoidalnych, prostokątnych i trójkątnych o różnych amplitudach i częstotliwościach. Jako źródło sygnału użyj zewnętrznego generatora funkcyjnego i zintegrowanego generatora NI Elvis II (rys. 14.).

4.5. Badanie filtrów reaktancyjnych.

Filtr dolnoprzepustowy (FDP) RC

Filtr dolnoprzepustowy jest układem przenoszącym sygnały o małej częstotliwości bez zmian, a powodującym tłumienie i opóźnienie fazy sygnałów o większych częstotliwościach. Na rysunku 16 przedstawiono schemat filtru dolnoprzeopustowego.



Rys. 16. Schemat filtru dolnoprzepustowego RC.

Transmitancja zespolona filtru dolnoprzepustowego:

$$\underline{k}_u(f) = \frac{\underline{U}_{\mathrm{wy}}}{\underline{U}_{\mathrm{we}}} = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\,2\pi f RC}$$

Charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową (moduł tramsitancji operatorowej) określamy:

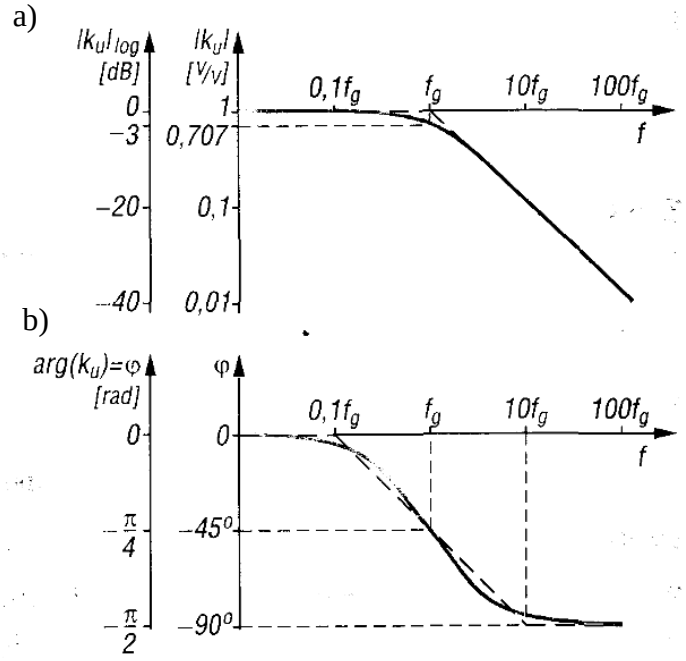
$$|k_u(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi f RC)^2}}$$

Charakterystykę fazowo-częstotliwościową (argument tramsitancji operatorowej) określamy:

$$\varphi(f) = -\operatorname{arc\,tg}(2\pi f RC)$$

Częstotliwość graniczna:

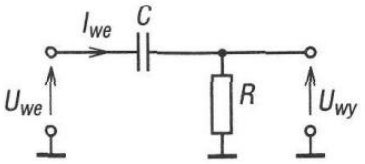
$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$



Rys. 17. Charakterystyka: a) amplitudowa, b) fazowa filtru dolnoprzepustowego FDP.

Filtr górnoprzepustowy (FGP) RC

Filtr górnoprzepustowy jest układem przenoszącym wielkie częstotliwości bez zmian, a powodujący tłumienie sygnałów o małej częstotliwości. Układ filtru górnoprzepustowego RC przedstawiono na rysunku 18.



Rys. 18. Schemat filtru górnoprzepustowego RC.

Transmitancja zespolona filtru dolnoprzepustowego:

$$\underline{k}_u(f) = \frac{\underline{U}_{wy}}{\underline{U}_{we}} = \frac{j2\pi fRC}{1+j2\pi fRC} = \frac{1}{1-j(2\pi fRC)^{-1}}$$

Charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową (moduł tramsitancji operatorowej) określamy:

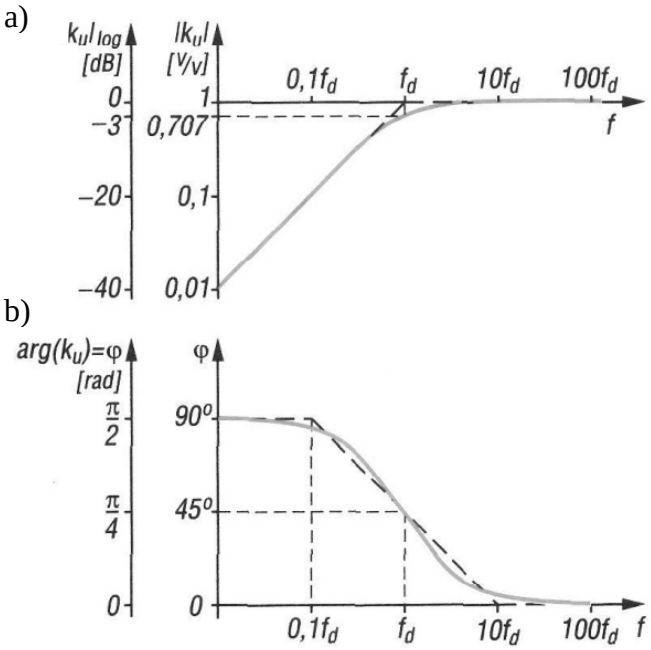
$$|\underline{k}_u(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+(2\pi fRC)^{-2}}}$$

Charakterystykę fazowo-częstotliwościową (argument tramsitancji operatorowej) określamy:

$$\varphi(f) = \operatorname{arc\,tg}(2\pi fRC)^{-1}$$

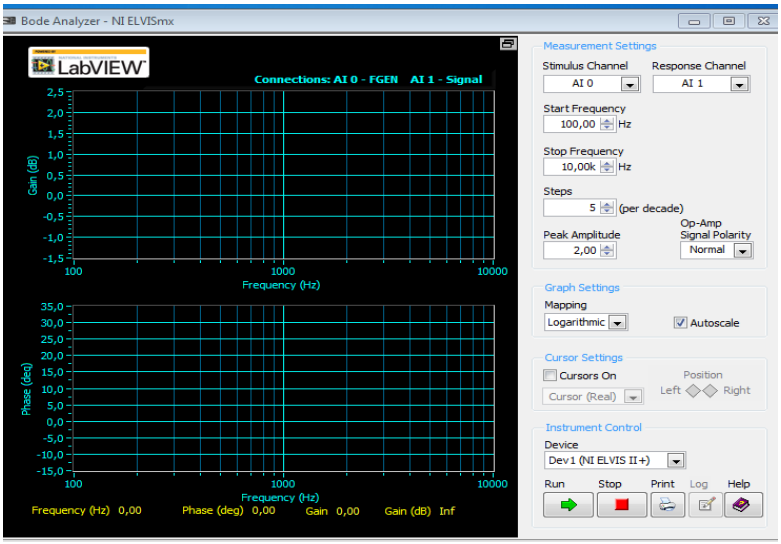
Częstotliwość graniczna:

$$f_d = \frac{1}{2\pi RC}$$



Rys. 19. Charakterystyka: a) amplitudowa, b) fazowa filtru górnoprzepustowego FGP.

Na uniwersalnej płytce montażowej – prototypowej - według poleceń prowadzącego połącz filtr górnoprzepustowy lub dolnoprzepustowy. Zmierz i zarejestruj charakterystyki amplitudowe i fazowe z wykorzystaniem oprogramowania Bode Analyzer - NI ELVISmx (rys. 20.).

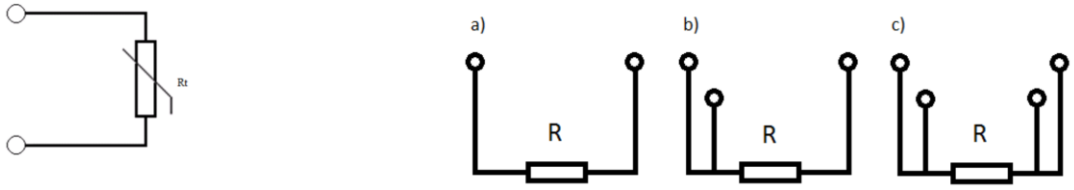


Rys. 20. Panel oprogramowania Bode Analyzer - NI ELVISmx.

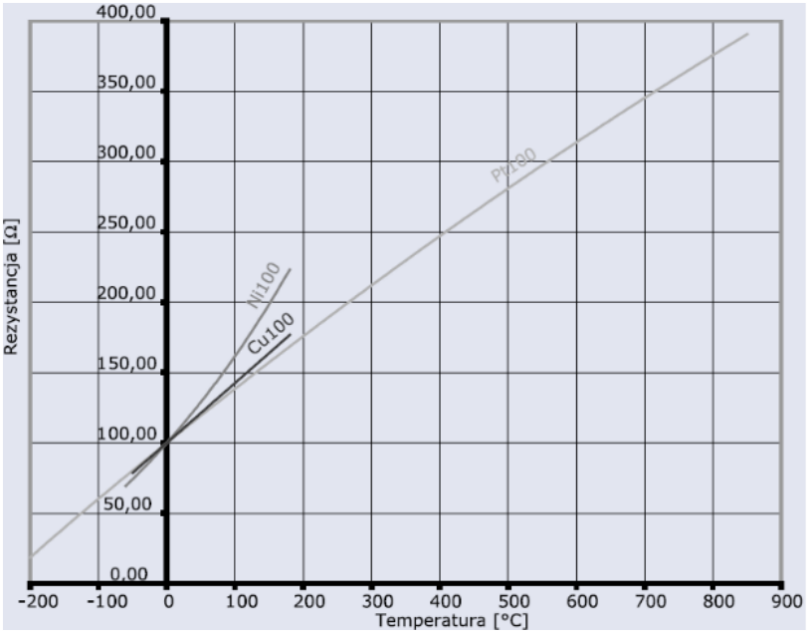
4.5. Badanie czujnika temperatury Pt100/Pt1000.

Czujnik temperaturowy **Pt100/Pt1000** jest przyrządem umożliwiającym pomiar temperatury poprzez zjawisko zmiany rezystancji platyny pod wpływem działania temperatury na ten metal. Pt100 tworzą przewody (rys. 21. 2)) oraz czujnik wykonany z platynowego drutu. Czujnik z platyny znajduje się w ceramicznej osłonie (sondzie) przybierającej kształt pręta. Ciepło jakie dostarczy się do czujnika doprowadza do amplitudy drgań jąder atomów w platynie. Ponadto prowadzi do wzmożonych zderzeń swobodnych elektronów i jonów. Zderzenia mają bezpośredni wpływ na wartość rezystancji gdyż spowalniają ruchy elektronów, a tym samym zwiększają rezystancję metalu termometrycznego. Czujnik Pt100 osiąga znamionową rezystancję 100Ω w chwili gdy temperatura mierzona będzie równała się 0^{o}C. W czujnikach temperaturowych typowym zakresem pomiarowym temperatury dla platyny jest zakres od -200 do ok. 850^{o}C. Rezystywność metalu wacha się między 0,10 10^{-6} Ωm, a 0,11 10^{-6} Ωm. Natomiast wartość współczynnika cieplnego oporności w zakresie temperatur 0÷100 ^{o}C wynosi 0,0039.

1) 2)



Rys. 21. 1) Symbol graficzny czujnika temperaturowego rezystancyjnego, 2) Sposoby podłączenia czujnika rezystancyjnego w celu kompensacji rezystancji przewodów: a) 2- przewodowa, b) 3-przewodowa i c) 4- przewodowa.



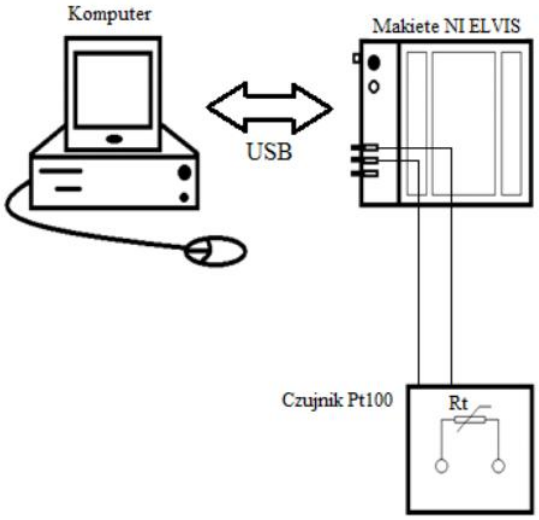
Rys. 22. Charakterystyka przetwarzania czujnika Pt100 oraz czujników Cu100 i Ni100.

Mierząc rezystancje podgrzewanego czujnika Pt100 wyznacz temperaturę w dowolnych chwilach czasowych.

Lp.	1	2	3	…
R_{Pt100} [Ω]				
T_{Pt100} [^oC]				

Podgrzany czujnik umieść w temperaturze otoczenia, rejestrując co 5 s jego rezystancje R_{Pt100}, narysuj charakterystykę T_{Pt100}=f(t).

Lp.	1	2	3	…
t [s]	0	5	10	…
R_{Pt100} [Ω]				
T_{Pt100} [^oC]				



Rys. 23. Schemat połączeń urządzeń.

5. Literatura.

1. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia elektryczna, WNT, Warszawa, 2002;
2. Kampik M., Zakrzewski J., Sensory i przetworniki pomiarowe, wyd. I, Wyd. Politechniki Śląskiej 2013;
3. Kaczmarek Z., Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi, Skrypt PŚk nr 215, Kielce 1991;