

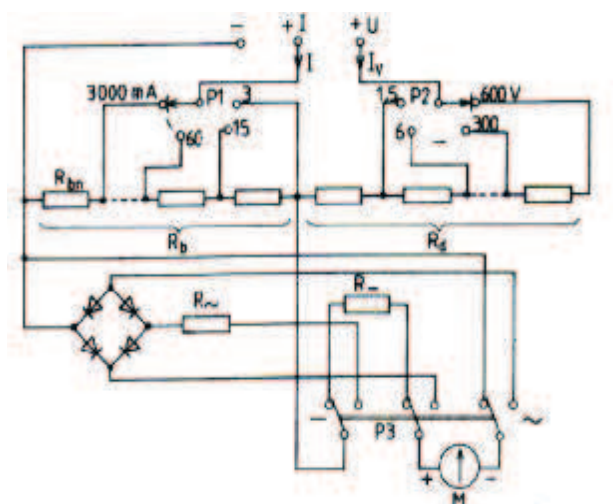
4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Uniwersalne mierniki analogowe i cyfrowe

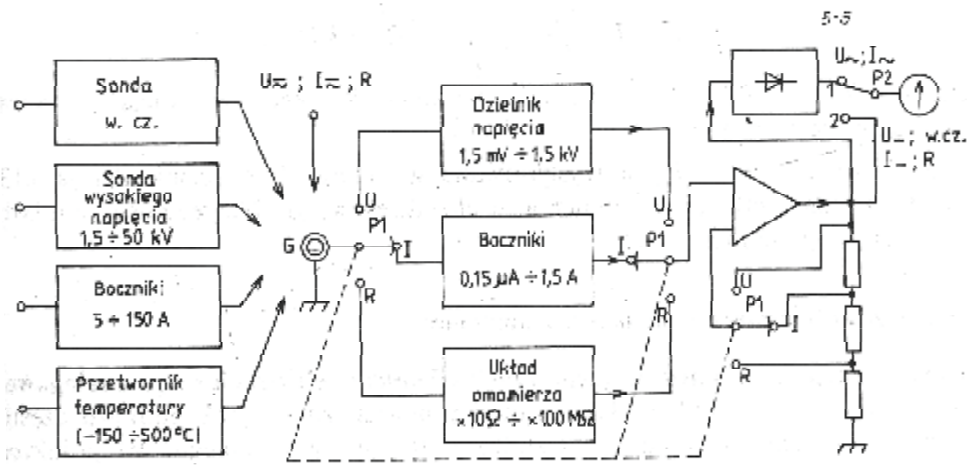
4.1.1. Materiał nauczania

Miernikiem elektronicznym nazywa się taki układ pomiarowy, w którym sygnał wejściowy zawierający informację o wielkości mierzonej zostaje zamieniony na sygnał elektryczny podlegający procesowi obróbki w układach elektronicznych, a następnie przetworzony na wartość liczbową wielkości mierzonej. Wyróżniamy dwa rodzaje elektronicznych przyrządów pomiarowych: analogowe i cyfrowe. W przyrządach analogowych elementem wskazującym jest najczęściej klasyczny miernik wskazówkowy (np. mikroamperomierz magnetoelektryczny) wyskalowany w jednostkach wielkości mierzonej. Mierniki cyfrowe pozwalają na bezpośredni odczyt wartości wielkości mierzonej ze wskaźnika cyfrowego lub z rejestratorów (np. drukarki), dzięki czemu unika się błędu popełnianego przy odczycie wskazań. Główną zaletą mierników cyfrowych jest ich duża dokładność. Ponadto mają one w porównaniu z przyrządami analogowymi następujące zalety: dużą szybkość pomiarów, automatyczny wybór polaryzacji, możliwość automatycznego wyboru zakresu, łatwość rejestracji czy „zapamiętywania” wyników pomiarów oraz możliwość współpracy z komputerowymi systemami pomiarowo-kontrolnymi i sterującymi. Cyfrowe metody pomiarowe mogą być zastosowane do pomiaru niemal wszystkich wielkości fizycznych zarówno elektrycznych, jak i nieelektrycznych, dyskretnych (ziarnistych) i ciągłych.

Multimetrami lub miernikami uniwersalnymi nazywa się mierniki wielofunkcyjne (np. umożliwiające pomiary prądu i napięcia stałego oraz przemiennego, pomiar rezystancji). Są wielozakresowe (np. mają zakresy: 0,15; 3; 15; 60; 300; 1500 mA). Niektóre multimetry umożliwiają również pomiary pojemności, stosunku dwóch napięć oraz temperatury. Klasa dokładności multimetrów analogowych jest nie lepsza niż 1 przy pomiarach stałoprądowych i 1,5 przy zmiennoprądowych. Rozszerzenie zakresu mierzonych napięć (np. od 1,5 mV) uzyskuje się po zastosowaniu wzmacniacza pomiarowego.



Rys.1. Schemat funkcjonalny woltoamperomierza prostownikowego analogowego [5,s.100]



Rys.2. Schemat strukturalny elektronicznego multimetru typu V-640[5, s.101]

Przed włączeniem przyrządu do układu pomiarowego (rys.2), w celu ochrony przyrządu przed przeciążeniem, należy nastawić maksymalne zakresy prądu (przełącznikiem P1) i napięcia (przełącznikiem P2). Przełącznik P3 służy do nastawiania rodzaju prądu: stałego (-) lub przemiennego (~). Mierzony prąd I , np. 3000mA, powoduje spadek napięcia na bardzo małej rezystancji bocznika R_{bn} . Ten spadek napięcia jest mierzony przez miernik magnetoelektryczny M , szeregowo połączony z rezystorem R_{-} i pozostałą częścią rezystancji bocznika, czyli $R_b - R_{bn}$. Przy pomiarze napięcia na zakresie np. 600 V, prąd $I_V = U/(R_d + R_b)$ powoduje spadek napięcia na rezystancji bocznika R_b ($R_b \ll R_d$) mierzony przez miernik M . Przy pomiarze prądu lub napięcia przemiennego, przełącznik P3 należy ustawić w pozycji „~”. W tej pozycji spadek napięcia na rezystancji R_b bocznika jest prostowany dwu półokwowo i mierzony przez miernik M . Podziałka miernika M jest wyskalowana w wartościach skutecznych przebiegu sinusoidalnego. Podziałka jest zagęszczona na początku z powodu nie liniowości diod półprzewodnikowych. Na rysunku (rys.3) przedstawiono schemat strukturalny multimetru elektronicznego. Można nim mierzyć prąd i napięcie o częstotliwości 0 ÷ 20 kHz. Umożliwia pomiar prądu 0,15μA ÷ 150A (z sondą), napięcia 1,5mV ÷ 50kV (z sondą), rezystancji 10 Ω ÷ 100 MΩ i temperatury od -150°C do 500°C (z sondą). Sonda wysokonapięciowa umożliwia pomiar napięcia stałego do 50kV i przemiennego do 30kV. Mierzoną wielkość U, I, R bezpośrednio lub przez odpowiednią sondę doprowadza się do gniazda G . Potrójnym przełącznikiem P1, sprzężonym mechanicznie (linie przerywane), nastawia się konkretną wielkość mierzoną (np. prąd I). Przełącznik P2 ustawia się w pozycji 1- przy pomiarach prądu i napięcia m.cz., a w pozycji 2 – przy pomiarach stałoprądowych, wielkiej częstotliwości poprzez sondę w.cz, pomiarach rezystancji i temperatury (poprzez przetwornik).

Obsługa i eksploatacja

a) Pomiar napięć stałych. Przed przystąpieniem do pomiaru napięć stałych przyrząd należy wyzerować. Następnie należy wybrać żądany zakres pomiaru napięcia przełącznikiem obrotowym. Zmiany biegunowości miernika dokonuje się dzięki przełącznikowi „+/-”. W przypadku pomiaru napięć stałych o wartościach powyżej 1500V należy dołączyć na miejsce przewodu pomiarowego sondę wysokiego napięcia typ V4023, która wprowadza podział mierzonego napięcia w stosunku 1:1000.

Uwaga: maksymalne napięcie mierzone za pomocą sondy wysokiego napięcia nie może przekraczać 30kV. Na zakresach pomiaru napięć stałych przyrząd posiada własności tłumienia zakłócających sygnałów b.w.cz.

b) Pomiar napięć zmiennych

Pomiaru napięć zmiennych w zakresie częstotliwości w zakresie częstotliwości od 10Hz do 20kHz dokonuje się bezpośrednio dołączając przewód pomiarowy do źródła mierzonego napięcia, oraz wciskając klawisz oznaczony "/m. cz. /LF/". Żądany zakres pomiaru wybiera się przełącznikiem obrotowym. W zakresie częstotliwości 40 ...60 Hz przy użyciu sondy w. n. typ V-40.23 można mierzyć napięcie większe od 1500V podobnie jak w przypadku pomiaru napięć stałych. **UWAGA:** maksymalna wartość szczytowa napięcia mierzona przy pomocy sondy w. n. nie może przekroczyć 30kV. Do pomiaru napięć zmiennych o częstotliwościach od 10kHz do 1000MHz służy sonda w. cz. typ V-40.25, którą należy dołączyć na miejsce przewodu pomiarowego. Przy pomiarach napięć zmiennych w. cz. należy wcisnąć klawisz oznaczony "/w. cz. /HF/" oraz przełącznikiem obrotowym wybrać jeden z zakresów pomiaru napięć zmiennych w. cz. /1,5V, 5V, 15V/. **Uwaga:** maksymalne napięcie skuteczne mierzone sondą w. cz. nie może przekraczać 15V. Składowa stała może wynosić maksymalnie 250V. W przypadku pomiaru napięć w zakresie częstotliwości powyżej 100MHz sondę w. cz., do punktu pomiarowego należy dołączyć poprzez trójnik pomiarowy typ V-40.31, który zapewnia bezodbiornicowe połączenia sondy przyrządu z kablem koncentrycznym. Do pomiaru napięć zmiennych b. w. cz. większych od 15V służy dzielnik pojemnościowy napięcia typ V-40.30. Dzielnik ten skonstruowany jest jako nakładka nakręcona na sondę w. cz. Maksymalna wartość napięcia na wejściu dzielnika nie może przekraczać 500V wartości szczytowej. Pomiaru napięć zmiennych przy pomocy sondy do pomiaru wartości międzyszczytowych V -40.29A dokonuje się przy wciśnięciu klawisza "/+\". Maksymalna wartość międzyszczytowa napięcia na wejściu sondy nie może przekroczyć 1000V.

c) Pomiar prądów stałych

Przed przystąpieniem do pomiaru prądów stałych przyrząd należy wyzerować jak w pkt. a. Następnie należy wybrać żądany zakres pomiaru prądu przełącznikiem obrotowym. Zmiany biegunowości miernika dokonuje się identycznie jak przy pomiarach napięć stałych. Przy pomiarach prądu można również sprowadzić wskazówkę miernika na środek skali.

d) Pomiar prądów zmiennych

Przyrządem można mierzyć prądy zmienne w zakresie częstotliwości 30Hz do 20kHz na podzakresach $15\mu A$ do 1,5A oraz w zakresie częstotliwości 10Hz do 1000Hz na podzakresach 150nA i 1,5mA. Pomiaru dokonuje się bezpośrednio wciskając klawisz /m. cz./LF/ i wybierając żądany zakres prądu przełącznikiem obrotowym. Pomiaru dużych prądów przy użyciu zewnętrznego bocznika typ V-40.32 można dokonywać w zakresie częstotliwości 30°Hz do 1000Hz. Sposób przeprowadzania pomiaru jest identyczny jak w pkt. c z tym, że trzeba wcisnąć klawisz oznaczony /m. cz. /LF/.

e) Pomiar rezystancji

Pomiaru rezystancji dokonuje się po wyzerowaniu przyrządu ustawiając przełącznik obrotowy na wybranym podzakresie pomiaru rezystancji oraz wciskając klawisz "/+\" lub "/-\". Przed pomiarem należy pokrętelem "/ ZERO R\" sprowadzić wskazówkę miernika na działkę zerową górnej skali /R/. Przy wciśnięciu klawisza "/+\" na wtyku bananowym koloru czerwonego pojawia się biegun "/-\" napięcia pomiarowego. Wciśnięcie klawisza "/-\" powoduje odwrócenie polaryzacji napięcia pomiarowego. Maksymalne napięcie, prądy i moce występujące na elemencie mierzonym podczas pomiaru rezystancji na poszczególnych zakresach są następujące.

f) Pomiar napięć ze źródeł nie uziemionych

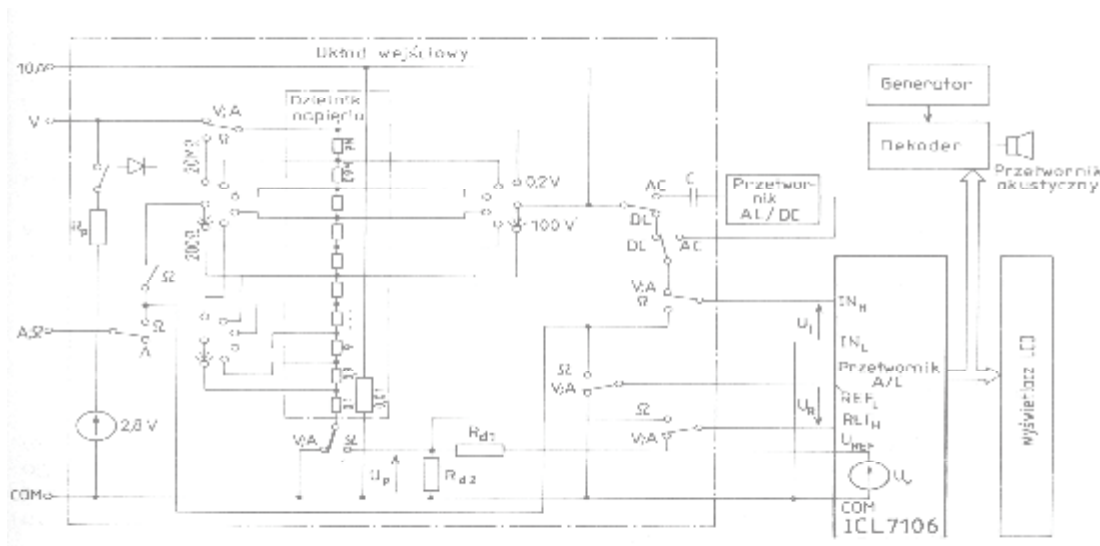
Multimetrem elektronicznym typ V-640 można mierzyć sygnały ze źródeł nie uziemionych. W tych przypadkach przyrządu nie należy uziemiać a maksymalna wartość napięcia między

"zimnym" zaciskiem pomiarowym a ziemią nie może przekraczać 1000V. Należy jednak pamiętać, że podczas użytkowania przyrządu nie uziemionego należy zachować szczególną ostrożność z uwagi na niebezpieczeństwo porażenia mierzonym napięciem.

Multimetr cyfrowy posiada cyfrowy woltomierz napięcia stałego oraz przetworniki innych wielkości mierzonych na napięcie stałe. Możliwe są pomiary następujących wielkości: napięcia stałego, wartości skutecznej prądu przemiennego i rezystancji. Są również multimetry, które umożliwiają pomiar częstotliwości i okresu, pojemności, kontrolę stanów logicznych cyfrowych układów scalonych, kontrolę diod i tranzystorów.

Spotkać się możemy z multimetrami cyfrowymi:

- jako przyrządy laboratoryjne o klasie dokładności: 0,05; 0,1; 0,2; (zasilane z sieci)
- jako przyrządy przenośne o klasie dokładności: 0,5; 1; 1,5;(zasilane z baterii)



Rys. 3. Schemat multimetru cyfrowego typu V561[5, s.159]

Schemat przedstawia układy (bloki) realizujące następujące funkcje:

- pomiar napięć stałych i przemiennych w zakresie 200mV -1000V;
- pomiar prądów stałych i przemiennych w zakresie 200 μ A – 10A;
- pomiar rezystancji w zakresie 200 Ω – 2 M Ω ;
- testowanie złączy półprzewodnikowych;
- kontrolę ciągłości obwodu elektrycznego za pomocą sygnalizacji dźwiękowej.

Przykłady mierników uniwersalnych



Rys.4. Miernik uniwersalny (MS8216)

(MS8216) Multimetr kieszonkowy z automatyczną zmianą zakresów

Solidny, uniwersalny miernik z automatyczną zmianą zakresów pomiarowych. Służy do **pomiaru napięć, rezystancji, pojemności, częstotliwości i testu diody**. Wyposażony jest w akustyczny sygnalizator ciągłości obwodu. Jego cechą charakterystyczną jest bardzo cienka budowa.

Max. wskazanie LCD	3999
Wybór zakresu	automatyczny
Zakres napięciowy DC	600 V
Zakres napięciowy AC	600 V
Pomiar rezystancji	do 40 MOhm
Pomiar pojemności	do 200 μ F
Pomiar częstotliwości	do 200 kHz
Test diody	tak
Sygnalizacja akustyczna	tak
Wypełnienie okresu	0.1% ÷ 99.9%
Pamięć odczytu	tak
Wskaźnik stanu baterii	tak
Zabezpieczenie	tak
Zasilanie	1.5 V



Rys.5. Multimetr cyfrowy MAS343.

MAS343 Multimetr cyfrowy

Przydatny multimetr cyfrowy do pomiaru prądów stałych i zmiennych, wyposażony w akustyczny sygnalizator ciągłości obwodu, automatyczną zmianę zakresów, podświetlany wyświetlacz oraz interfejs RS-232 wraz z oprogramowaniem.

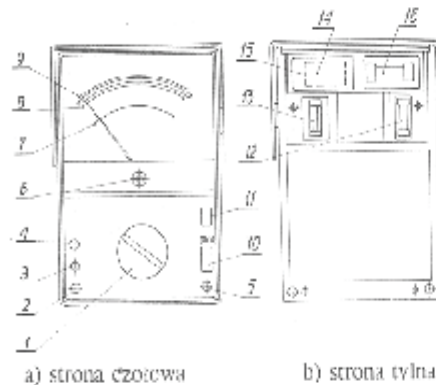
Max. wskazanie LCD	3999
Bargraf	tak
Wybór zakresu	automatyczny / ręczny
Zakres napięciowy DC	1000 V
Zakres napięciowy AC	750 V
Zakres prądowy DC	10 A
Zakres prądowy AC	10 A
Pomiar rezystancji	do 40 MOhm
Błąd	0.5%
Test diody	tak
Test hFE	tak
Sygnalizacja akustyczna	tak
Pamięć odczytu	tak
Podświetlany LCD	tak
Wskaźnik stanu baterii	tak
Zabezpieczenie	tak
Zasilanie	bateria 9V 6F22
Inne	interfejs RS232

Miernik uniwersalny UM- 112B

Miernik uniwersalny typu UM- 112B jest przeznaczony do pomiarów:

- napięcia stałego i przemiennego,
- prądu stałego i przemiennego,
- rezystancji.

Dzięki wielu zakresom, niewielkim wymiarom i prostej obsłudze mierniki znajdują szerokie zastosowanie w laboratoriach pomiarowych, warsztatach naprawczych sprzętu elektronicznego oraz wszędzie tam, gdzie są wymagane pomiary w szerokim zakresie mierzonych wartości napięcia, prądu i rezystancji.



- | | | |
|---------|---|---|
| 1 | - | przełącznik zakresów |
| 2,3,4,5 | - | gniazda wtykowe |
| 6 | - | nastawnik zera mechanicznego |
| 7 | - | podziałka dla zakresów rezystancji |
| 8,9 | - | podziałki dla napięć i prądów stałych oraz przemiennych |
| 10 | - | pokrętło potencjometru do nastawiania wskaźnika na kreskę "0" podziałki omomierza |
| 11 | - | przełącznik rodzaju mierzonego napięcia lub prądu (stały - przemienny) |
| 12,13 | - | bezpiecznik typu WTA 3,15 A/250V |
| 14 | - | bateria 1,5V typu R6 |
| 15 | - | bateria 9V typu 6F22 |
| 16 | - | bezpiecznik 10A/500V |
- Uwaga: bateria typu R6 1,5V jest umieszczona w komorze pod baterią typu 6F22 9V.

Rys. 6. Płyta czołowa miernika UM-112 B

SYMBOLE BEZPIECZEŃSTWA



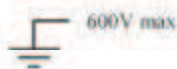
Znak ten sąsiadujący z innym znakiem, znajdującym się na urządzeniu informuje, że użytkownik musi odwołać się do wyjaśnień w instrukcji obsługi, aby uniknąć uszkodzenia urządzenia, czy zranienia użytkownika.



WARNING - PRZESTROGA - znak WARNING oznacza ryzyko. Informuje on o tym, że jeżeli w trakcie pracy urządzenia nie będą przestrzegane zasady podane w instrukcji, może to spowodować zranienie użytkownika.



CAUTION - UWAGA- znak CAUTION oznacza ryzyko. Informuje on o tym, że jeżeli w trakcie pracy urządzenia nie będą przestrzegane zasady podane w instrukcji, może to spowodować częściowe lub całkowite zniszczenie urządzenia.



Znak ten wskazuje użytkownikowi, że tak oznaczone elementy urządzenia nie mogą być podłączone do takich punktów badanego obwodu, gdzie napięcie w odniesieniu do potencjału ziemi przekracza wartość wskazaną na symbolu (w tym przypadku 600V).



Znak ten wskazuje, że możemy mieć do czynienia z napięciami o niebezpiecznych wartościach

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz zalety mierników cyfrowych?
2. Narysuj schemat strukturalny elektronicznego multimetru typu V-640?
3. Jaka jest zasada działania multimetru cyfrowego?
4. Jakie pomiary można wykonywać multimetrem cyfrowym?
5. Jakie znasz symbole bezpieczeństwa stosowane na mierniku?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Należy dokonać pomiaru napięcia wyjściowego dla podanego zakresu prądu obciążenia, wyniki pomiarów zestawień w tabeli 1.

Tabela wyników pomiarów 1

Napięcie znamionowe	V	+5	-5	+12	-12	+15	-15
Napięcie pomierzone	V						

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią ćwiczenia,
- 2) zastosować się do poleceń nauczyciela,
- 3) sprawdzić wskazanie przyrządu przy zwartych gniazdach wejściowych (błąd zera),
- 4) sprawdzić cechowanie przetwornika A/C (kalibracja przyrządu),
- 5) pomierzyć napięcia wyjściowe zasilacza stabilizowanego,
- 6) przystąpić do obliczeń: ΔU ,
- 7) zaprezentować wykonane ćwiczenie,

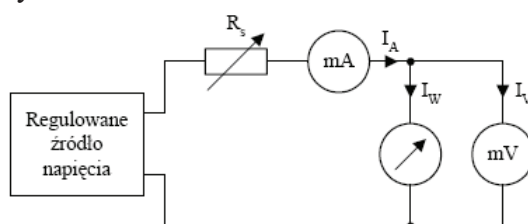
- 8) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia,
- 9) sporządzić sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- multimetr cyfrowy,
- kalkulator,
- notatnik,
- literatura, w tym z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Metodą techniczną (stosując przyrządy cyfrowe) wyznaczyć rezystancję wewnętrzną i prąd pełnego wychylenia przetwornika magnetoelektrycznego. Schemat układu pomiarowego przedstawia rysunek.



Układ do badania przetwornika magnetoelektrycznego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zastosować się do poleceń nauczyciela,
- 2) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 3) połączyć układ,
- 4) zgłosić gotowość wykonania ćwiczenia prowadzącemu,
- 5) wykonać pomiary zgodnie z instrukcją,
- 6) obserwować wpływ wprowadzanych zmian na działanie układu,
- 7) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia,
- 8) sporządzić sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia, załączając schemat układu pomiarowego, otrzymane wyniki, obliczenia i wnioski z badań.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz laboratoryjny,
- przetwornik magnetoelektryczny lub miernik analogowy z przetwornikiem magnetoelektrycznym,
- multimetry cyfrowe,
- rezystor dekadowy,
- przewody łączące.

4.1.4 Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) omówić budowę multimetru cyfrowego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zmierzyć metodą techniczną rezystancję wewnętrzną i prąd pełnego wychylenia miernika magnetoelektrycznego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) zmierzyć charakterystykę obciążeniową zasilacza stabilizowanego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) wymienić parametry multimetru cyfrowego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) wyjaśnić różnicę pomiędzy miernikiem analogowym a cyfrowym? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.2 Przetworniki pomiarowe A/C

4.2.1 Materiał nauczania

Przetworniki analogowo-cyfrowe zajmują wśród układów elektronicznych miejsce szczególnie ważne, gdyż stanowią ogniwo pośredniczące między dziedziną **informacji analogowej** - najczęściej dostarczanej przez czujniki, a dziedziną **informacji cyfrowej** - najlepiej nadającej się do obróbki komputerowej i do przechowywania w pamięciach. Zatem zadaniem przetwornika A/C jest przetworzenie analogowej wartości sygnału, zwykle napięciowego, na równoważną mu wartość cyfrową.

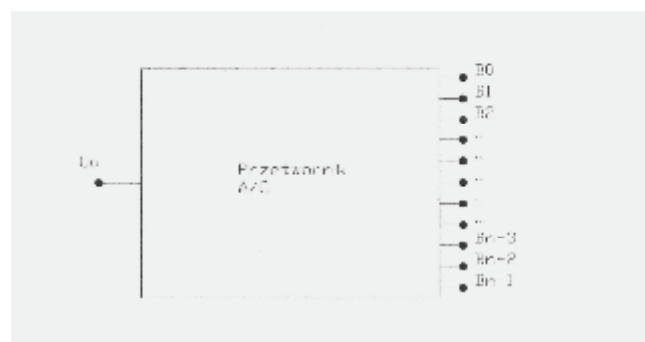
Istnieje wiele metod przetwarzania analogowo-cyfrowego, jak również wiele sposobów klasyfikacji tych metod. Metody przetwarzania możemy podzielić na metody bezpośrednie i pośrednie. W układach opartych na metodach bezpośrednich następuje od razu porównanie wielkości przetwarzanej z wielkością odniesienia. Do tej grupy zaliczają się przetworniki z bezpośrednim porównaniem oraz przetworniki kompensacyjne. Przy metodach pośrednich najpierw odbywa się zamiana wielkości przetwarzanej na pewną wielkość pomocniczą (np. czas lub częstotliwość), porównywaną następnie z wielkością odniesienia. W zależności od rodzaju wielkości pomocniczej wyróżnia się metodę częstotliwościową i metodę czasową (prostą lub z podwójnym całkowaniem).

Powyższy podział metod jest oparty na kryterium zasady przetwarzania. Drugim ważnym kryterium jest kryterium czasu, w którym odbywa się przetwarzanie. Pod tym względem metody przetwarzania można podzielić na metody chwilowe oraz metody integracyjne.

W metodach chwilowych wynik przetwarzania odpowiada wartości sygnału w pewnej chwili znacznie krótszej od okresu, w którym zachodzi przetwarzanie. Do metod chwilowych należy np. metoda bezpośredniego porównania, metoda kompensacyjna oraz metoda czasowo prosta. W metodach integracyjnych natomiast wynik przetwarzania odpowiada średniej wartości sygnału w okresie integracji, zajmującym na ogół znaczną część okresu przetwarzania. Do metod integracyjnych zalicza się między innymi metodę czasową z podwójnym całkowaniem oraz metodę częstotliwościową.

Przetwornik analogowo – cyfrowy jest to układ o jednym wejściu i n- wyjściach. Otrzymana w wyniku przetwarzania liczba dwójkowa jest proporcjonalna do wartości analogowego sygnału wejściowego.

$$U_{we} = U_{odn} \left(\frac{a_1}{2^1} + \frac{a_2}{2^2} + \dots + \frac{a_n}{2^n} \right)$$



Rys.7. Schemat przetwornika A/C [10]

Przetworniki A/C charakteryzują trzy parametry:

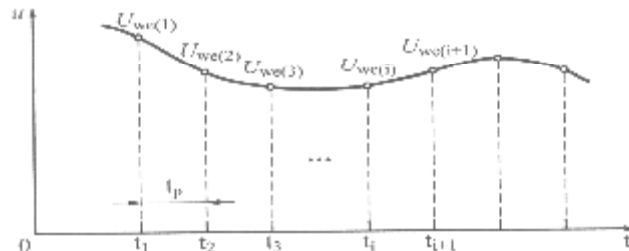
- **czas konwersji** (przetwarzania)- czas, jaki upływa między podaniem sygnału wejściowego rozpoczynającego przetwarzanie a pojawieniem się na wyjściu sygnału cyfrowego;
- **rozdzielczość** (krok cyfrowy)- najmniejsza zmiana sygnału wyjściowego

$$\Delta U = \frac{U_{\text{odn}}}{2^n}$$

n – liczba bitów słowa wyjściowego;

- **błąd kwantyzacji** ($\pm \Delta U/2$ lub $\text{LSB}/2$) – odchyłka rzeczywistej charakterystyki schodowej od charakterystyki idealnej

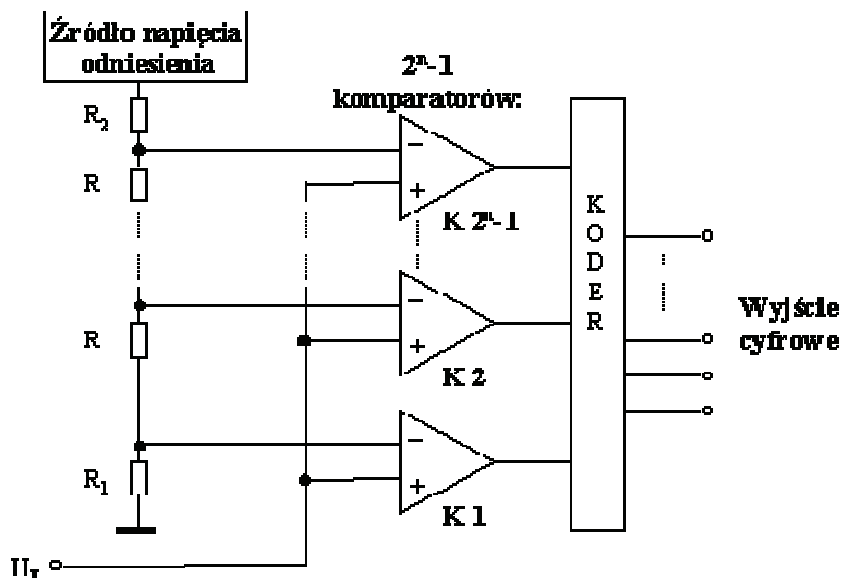
Przetworniki A/C stosowane są nie tylko do przetwarzania napięć stałych, lecz także do przetwarzania napięć zmieniających się w czasie. W tym przypadku pobieranie i przetwarzanie **próbek** napięcia następuje w wybranych chwilach czasu, na ogół periodycznie z pewną częstotliwością, zwaną **częstotliwością próbkowania**. Podczas trwania konwersji w przetworniku wartość sygnału wejściowego może ulec zmianom, co powoduje powstawanie pewnego błędu, zależnego od wzajemnej relacji szybkości zmian sygnału wejściowego i szybkości przetwarzania. W celu uniknięcia tego błędu, szczególnie przy przetwarzaniu napięć szybkozmiennych, stosuje się układ próbkujący z pamięcią, który umieszczony przed przetwornikiem utrzymuje stałą wartość sygnału podczas przetwarzania.



Rys. 8. Próbkowanie sygnału analogowego[2,s.154]

Ważnym zagadnieniem jest określenie minimalnej częstotliwości próbkowania, zapewniającej pełne odtworzenie sygnału analogowego po przetworzeniu go w postać cyfrową. Prawo próbkowania mówi, że cała informacja zawarta w sygnale ciągłym zmieniającym się w czasie może być wyrażona za pomocą kolejnych próbek cyfrowych jego wartości, jeśli częstotliwość próbkowania jest co najmniej dwukrotnie większa od maksymalnej częstotliwości występującej w widmie sygnału.

Przetworniki analogowo- cyfrowe służą do konwersji (przetwarzania) sygnału analogowego (odzwierciedla wielkości jak np. napięcie lub prąd) w sygnał cyfrowy. Przyporządkowanie odpowiedników cyfrowych wartościom wielkości analogowej wiąże się z koniecznością odwzorowania nieskończonego zbioru tych wartości do zbioru skończonego, którego licznosc nie przekracza liczby możliwych słów kodowych.



Rys.9. Przetwornik A/C oparty na metodzie bezpośredniego porównania

Napięcie wejściowe w przetworniku n -bitowym jest jednocześnie porównywane z $2^n - 1$ poziomami odniesienia przy użyciu $2^n - 1$ komparatorów napięcia. Cyfrowe stany wyjściowe komparatorów, po odpowiednim zakodowaniu, dają cyfrową informację wyjściową w kodzie dwójkowym. Zaletą to duża szybkość przetwarzania (suma czasu odpowiedzi jednego komparatora i czas kodowania). Wadą jest konieczność stosowania bardzo dużej liczby komparatorów w przetwornikach wielobitowych. Są produkowane monolityczne przetworniki o rozdzielczości 6 do 8 bitów i czasach przetwarzania 10 - 20 ns.

4.2.2 Pytania sprawdzające

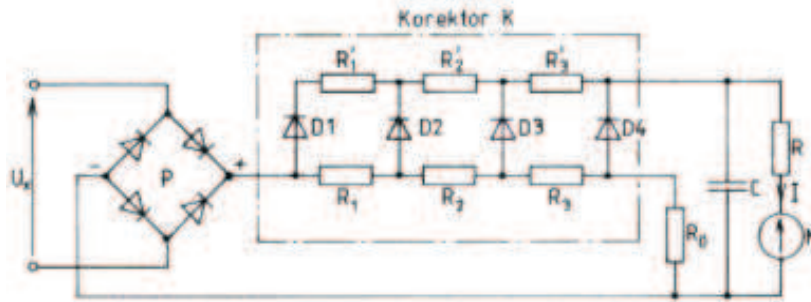
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. O czym mówi prawo próbkowania?
2. Jaki jest powód próbkowania sygnału?
3. Jakie parametry charakteryzują przetwornik A/C?
4. Co nazywamy błędem kwantyzacji?

4.2.3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zaprojektuj układ przetwornika wartości skutecznej jak na rysunku poniżej, wykorzystując dowolny program do symulacji komputerowej układów elektronicznych np. PSpice, WorkBench, Proteus, Micro-Cap Evaluation, itp. i sprawdź zasadę działania (załącz odpowiednią analizę) i wpływ poszczególnych elementów na działanie układu. Do układu jak na schemacie, dołącz odpowiednie źródło sygnału wejściowego i ustaw wartości według wskazań nauczyciela oraz wstaw markery, które ułatwią analizę pracy układu.



Schemat przetwornika wartości skutecznej [7, s. 77]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zastosować się do poleceń nauczyciela,
- 2) uruchomić program, w którym zaprojektujesz układ i dokonasz symulacji,
- 3) zaprojektować układ,
- 4) wprowadzić markery lub przyrządy w miejsca układu wskazane przez nauczyciela,
- 5) przystąpić do wyboru i ustawienia wybranej analizy,
- 6) uruchomić symulację komputerową układu,
- 7) dokonać, w razie konieczności, modyfikacji nastaw,
- 8) dokonać zmian w układzie, zmieniając np. wartości rezystancji w układzie, zmian parametrów sygnału wejściowego układu,
- 9) zaobserwować wpływ zmian na działanie układu,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia,
- 11) sporządzić sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia, załączając wydruki schematu i otrzymanych wyników analiz.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja wykonania ćwiczenia,
- komputer,
- program komputerowy,
- drukarka,
- literatura rozdz. 6

4.2.4 Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) wyjaśnić, co to jest błąd kwantyzacji? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) opisać parametry charakteryzujące przetwornik A/C? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) uruchomić symulację komputerową przetwornika? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) narysować schemat blokowy przetwornika A/C? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) zaprojektować układ przetwornika wartości skutecznej? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.3. Błędy pomiaru

4.3.1. Materiał nauczania

Błędy mierników cyfrowych

W przyrządach cyfrowych dokładność pomiaru określona jest przez:

1. **błąd wielkości wzorcowej** – wynika on np. w woltomierzu impulsowo-czasowym z nieliniowości i niestałości szybkości zmian napięcia narastającego liniowo oraz niestabilność częstotliwości generatora impulsów,
2. **błąd porównania** – wynika on ze skończonej czułości układów porównujących i określany jest progiem czułości,
3. **błąd dyskretyzacji** – przyjmuje się równy ± 1 najmniej wartościowej pozycji cyfrowego wyniku pomiaru.

W związku z tym dla mierników cyfrowych o dużej dokładności określa się niedokładność podając trzy liczby:

- procentowy błąd graniczny liczony od wartości końca zakresu (wynika z błędu wielkości wzorcowej)
- procentowy błąd graniczny liczony od wartości aktualnej (odpowiada błędowi porównania)
- bezwzględny błąd dyskretyzacji (± 1 jednostka na ostatniej pozycji wyniku)

W miernikach o mniejszej dokładności i rozdzielczości wzorec wewnętrzny jest zwykle o tyle dokładniejszy od wskazań przyrządu, że wystarcza podanie granicznego błędu procentowego liczonego względem aktualnych wskazań i błędu dyskretyzacji. Rozpatrzmy przykładowo woltomierz o zakresie 3,999V i niedokładności równej: $\pm 0,1\%$ wartości mierzonej ± 1 jednostka. Obliczmy błąd graniczny pomiaru dla wskazania woltomierza wynoszącego $U=0,585V$. Błąd względny dyskretyzacji wynosi więc:

$$\delta_D = \frac{\pm 1}{585} \cdot 100 = \pm 0,17\%$$

Tak więc łączny błąd graniczny ma wartość:

$$\delta U = \pm(0,1 + 0,17) = \pm 0,27\%$$

Przy pomiarach wielkości ziarnistych (częstościomierze, czasomierze) na niedokładność pomiaru mają wpływ: błąd częstotliwości generatora kwarcowego w czasie i przy zmianach

temperatury $\left(\frac{\Delta f_w}{f_w}\right)$ oraz czas pomiaru (t_p) przy czym procentowy błąd określa wzór:

$$\delta f_x = \pm \left(\frac{1}{t_p \cdot f_x} + \frac{\Delta f_w}{f_w} \right) \cdot 100$$

Gdzie: $1[t_p]=1s$,
 $1[f_x]=1Hz$

Błędy mierników analogowych

Błąd bezwzględny pomiaru jest to różnica pomiędzy wartością W_o otrzymaną w wyniku pomiaru, a (nieznaną mierzącemu) wartością rzeczywistą W_r :

$$\Delta W = W_o - W_r$$

Błąd względny jest to stosunek błędu bezwzględnego do wartości rzeczywistej wielkości mierzonej (w przybliżeniu do wartości otrzymanej w wyniku pomiaru):

$$\delta W = \frac{\Delta W}{W_r} = \frac{W_o - W_r}{W_r} \approx \frac{\Delta W}{W_o}$$

Błąd charakterystyczny (graniczny) miernika wskazówkowego jest to stosunek największego błędu bezwzględnego Δ_{\max} , jaki może wystąpić przy pomiarach do wartości końcowej zakresu pomiarowego W_{\max} :

$$\delta = \frac{\Delta_{\max}}{W_{\max}}$$

Klasę dokładności określone przez Polską Normę (PN/E-06501) są następujące: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5.

$$\Delta_{\max} = W_{\max} \cdot \frac{kl}{100}$$

Gdzie:

kl –klasa przyrządu;

W_{\max} - zakres pomiarowy przyrządu;

Δ_{\max} - największy możliwy błąd bezwzględny jaki może wystąpić przy pomiarze danym przyrządem.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest błąd względny?
2. Co to jest błąd bezwzględny?
3. Co to jest błąd charakterystyczny?
4. Co to jest błąd dyskretyzacji?
5. Jakie klasy dokładności przyrządów wskazówkowych określa Polska Norma?
6. Co to jest błąd wielkości wzorcowej?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wielozakresowy miernik ma klasę 1,5. Przy włączonym zakresie pomiarowym 300 wskazówka zatrzymała się na dwunastej działce skali o 30 działkach.

- Jaką wartość wskazuje miernik?
- W jakim zakresie wartości zawiera się wartość rzeczywista mierzonego napięcia?
- Jaki jest możliwie największy błąd względny pomiaru ?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- określić, jaką wartość wskazuje miernik,
- obliczyć Δ_x i X_p
- obliczyć δ_x .

Wyposażenie stanowiska pracy

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Amperomierz o zakresie pomiarowym $Z= 3 \text{ A}$ ma klasę 2,5.

- Jaki jest błąd bezwzględny pomiaru?
- Jaka jest wartość rzeczywista mierzonej wielkości, jeśli wskazówka pokazuje wartość 2A lub 0,5 A?
- Jaki może być możliwie największy błąd względny pomiaru, jeśli wartość zmierzona $X_p = 2 \text{ A}$ lub 0,5 A?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- obliczyć błąd bezwzględny Δ_x ,
- obliczyć wartość rzeczywistą X_r ,
- obliczyć δ_x .

Wyposażenie stanowiska pracy

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

4.3.4 Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- wymienić błędy mierników cyfrowych?
- obliczyć błąd względny?
- wyjaśnić, co to jest błąd bezwzględny?
- wyjaśnić, co to jest błąd graniczny?
- wyjaśnić pojęcie błędu przypadkowego?
- obliczyć błąd bezwzględny?

Tak

Nie

4.4. Interfejsy przyrządów pomiarowych

4.4.1. Materiał nauczania

Interfejsy systemów pomiarowych

Sterowanie pracą każdego systemu pomiarowego, a także przesyłanie informacji pomiarowych, odbywa się za pośrednictwem systemu interfejsu. Jest to układ komunikacyjno-informacyjny systemu pomiarowego. Obowiązuje w nim ustalony zbiór reguł obejmujących zasady zarządzania systemem pomiarowym przez kontroler, a także ustalających sposób kodowania informacji i jej przesyłania. W szczególności reguły te określają parametry elektryczne sygnałów i metody transmisji, protokoły komunikacyjne i metody kodowania sygnałów, wymagania mechaniczne na gniazda połączeniowe i rozmieszczenie w nich poszczególnych sygnałów. Ze względu na rodzaj transmisji interfejsy możemy podzielić na **szeregowe i równoległe**.

W interfejsie szeregowym poszczególne bity danego słowa przesyła się kolejno, bit po bicie. Ze względu na niskie koszty okablowania, gdzie wykorzystuje się tylko dwa lub trzy przewody, interfejsy szeregowo stosuje się **przy przesyłaniu sygnałów na duże odległości**. Najbardziej znanym interfejsem szeregowym jest wykorzystywany powszechnie do komunikacji pomiędzy komputerem a urządzeniami peryferyjnymi interfejs RS-232C oraz jego zmodyfikowana wersja RS-485. Interfejs ten jest wykorzystywany w systemach pomiarowych, gdzie nie jest wymagana duża szybkość działania, a istotny jest niski koszt.

W interfejsach równoległych przesyłaną informację dzieli się na słowa (np. po 8 lub 16 bitów). Wszystkie bity danego słowa przesyła się jednocześnie (równoległe), natomiast poszczególne słowa przesyłane są szeregowo, jedno po drugim.

Dzięki temu transmisja równoległa jest znacznie szybsza od szeregowo.

Wadą interfejsów równoległych jest większy koszt okablowania – każdy bit danego słowa wymaga oddzielnej linii.

W systemach pomiarowych interfejsy równoległe są najczęściej stosowane w systemach modułowych, gdzie odległości między modułami umieszczonymi w kasecie są bardzo małe i gdzie wymagana jest duża szybkość działania np. interfejs CAMAC, VXI. Również interfejsem równoległym jest stosowany powszechnie w systemach pomiarowych interfejs GPIB.

Interfejs IEC-625 jest przeznaczony do łączenia aparatury pomiarowej typu laboratoryjnego, tzn. wykonanej w postaci przyrządów. Interfejs oznaczony lub jest oznaczany symbolami IEEE-448, IEC-BUS, GPIB.

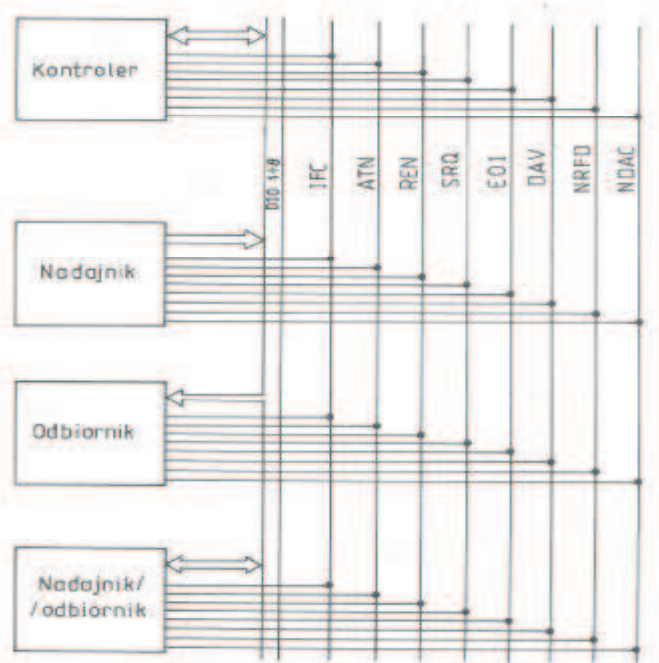
Magistralę IEC charakteryzują następujące cechy użytkowe:

- max. liczba podłączonych odbiorników (urządzeń) – 15;
- długość linii magistrali do 20 m;
- odległość pomiędzy sąsiednimi urządzeniami do 4 m;
- transmisja danych równoległa po 1 bajcie;
- szybkość transmisji do 1 Mbajtu/s.

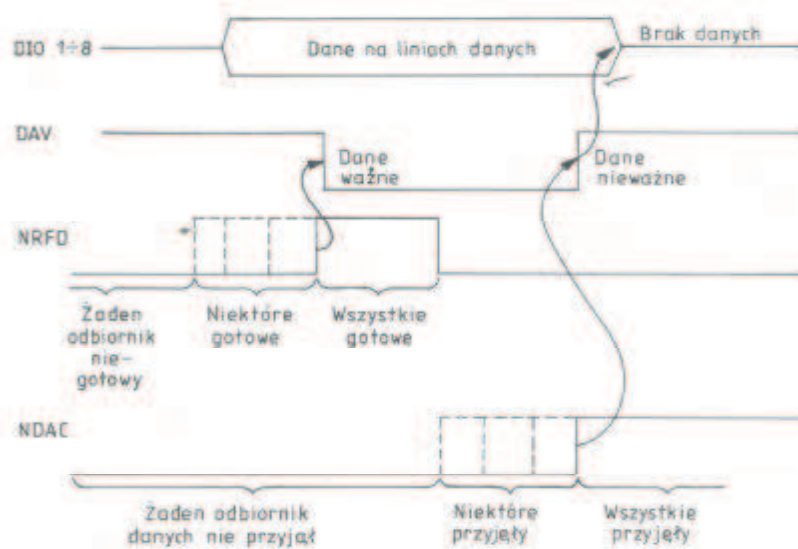
Urządzenia w systemie IEC-625 dzielimy :

- **Odbiorniki** - (drukarki; generatory- programowanie częstotliwości, amplitudy).
- **Nadajniki** - (klawiatura)

- **Nadajniki/odbiorniki** – (np. woltomierz pracuje jako odbiornik przy programowaniu zakresu, a jako nadajnik przy pokazywaniu wyniku).
- **Kontroler** – steruje pracą systemu (adresujący urządzenia i sterujący
- wymianą danych)



Rys.10. Struktura magistrali interfejsu IEC-625 [5 , s.278]



Rys.11. Przebiegi czasowe na liniach synchronizacji przy wymianie danych w interfejsie IEC-625 [5 , s.279]

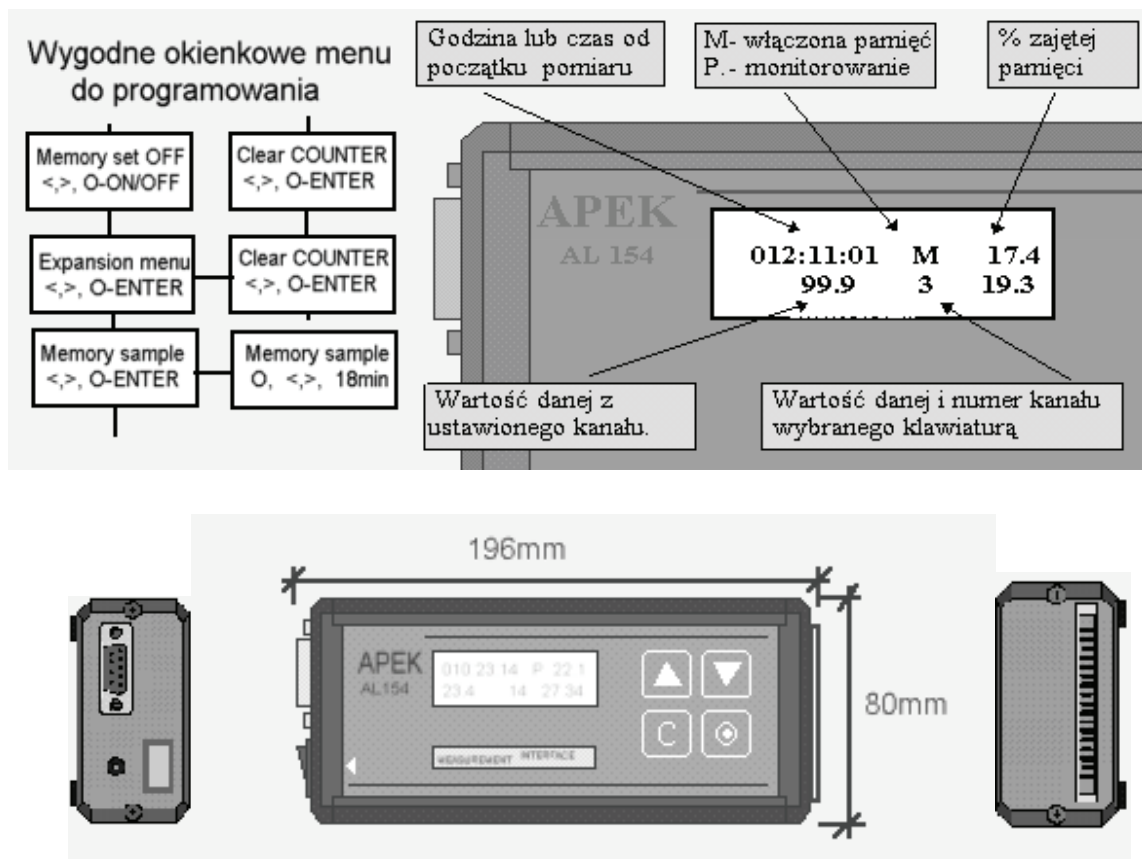
Interfejs GPIB

Standard GPIB jest obecnie najpopularniejszym standardem interfejsu umożliwiającym sprzężanie aparatury kontrolno-pomiarowej i informatycznej w system pomiarowy. Standard

został opracowany w 1975 na bazie opracowanego na początku lat siedemdziesiątych przez firmę Hewlett-Packard interfejsu HPIB.

Urządzenia w standardzie GPIB dołączone są równolegle do wspólnej magistrali. Dzięki temu system jest otwarty i elastyczny strukturalnie, gdyż w prosty sposób można dołączyć do niego nowe urządzenia. Przesyłanie przez magistralę informacji w postaci bajtów odbywa się asynchronicznie, ze zwrotnym potwierdzeniem odbioru. Do magistrali można dołączyć jednocześnie do 15 urządzeń. Długość kabla między dwoma sąsiednimi przyrządami nie powinna przekraczać 2 m, zaś całkowita długość wszystkich kabli 20 m.

Przez magistralę można przysyłać dane z szybkością do 1000 kB/s.



Rys. 12 Wielokanałowy interfejs pomiarowy [10]

Programowanie konfiguracji interfejsu (tzn. ustalenie funkcji całego przyrządu oraz parametrów poszczególnych kanałów) odbywa się przy pomocy klawiatury interfejsu lub komputera przyłączonego do interfejsu przez łącze RS232 lub USB.

Programowanie z komputera polega na przesłaniu odpowiedniej sekwencji **rozkazów** zrozumiałej przez przyrząd. Każdy interfejs posiada domyślne ustawienia tzn. konfigurację fabryczną, opisaną w instrukcji obsługi. Do programowania interfejsu, prezentacji pomiarów i archiwizacji służą programy (WINDOWS, NT, lub nowsze.) APEK Użytkownik, Apek Operator, Apek Rejestrator.

4.4.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest interfejs szeregowy?
2. Co to jest interfejs równoległy?
3. Jakie cechy użytkowe charakteryzują magistralę IEC?
4. Jaki jest podział urządzeń w systemie IEC?
5. Jakie wady posiada interfejs równoległy?

4.4.3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wyszukaj w Internecie informacje o interfejsach pomiarowych, porównaj ich parametry oraz możliwości zastosowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w Internecie strony producentów interfejsów pomiarowych,
- 2) ściągnąć dokumentację wybranych interfejsów,
- 3) przeanalizować podane przez producenta parametry interfejsów,
- 4) zaprezentować wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer PC z dostępem do Internetu,
- oprogramowanie umożliwiające przeglądanie dokumentacji w postaci PDF,
- literatura z rozdziału 6.

4.4.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wymienić wady interfejsów równoległych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) omówić interfejs szeregowy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) omówić interfejs równoległy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić cechy urządzeń w magistrali IEC?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) sklasyfikować urządzenia w systemie IEC?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) omówić interfejs GPIB?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. LITERATURA

1. Dusza J., Gortat G., Leśniewski A.: Podstawy miernictwa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002
2. Dyszyński J., Hagel R.: Miernictwo elektryczne. WSiP, Warszawa 1985
3. Lesiak P., Świsulski D.: Komputerowa technika pomiarowa w przykładach. Agencja Wydawnicza PAK, 2002
4. Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe. WKŁ, Warszawa 2000
5. Parchański J.: Miernictwo elektryczne i elektroniczne . WSiP, Warszawa 1998
6. Piotrowski J., Kostyrko K.: Wzorcowanie aparatury pomiarowej. PWN, Warszawa 2000
7. Stabrowski M.: Cyfrowe przyrządy pomiarowe. PWN, Warszawa 2002
8. czasopismo- „Elektronika plus”,
9. [www.elektro- technik.com.pl](http://www.elektro-technik.com.pl)
10. www.atel.com.pl
11. www.staff.amu.edu.pl
12. monolit.polfurs.org