

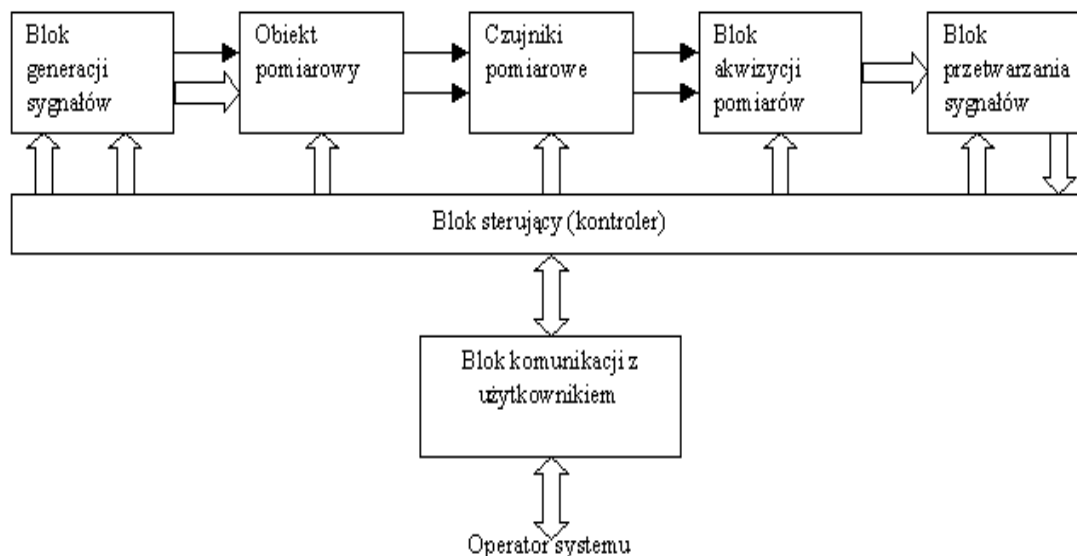
Zagadnienia na egzamin z przedmiotu **Komputerowe Systemy Pomiarowe (2007)** :

1. Struktura blokowa komputerowego systemu pomiarowego.
2. Funkcje w systemie interfejsu.
3. System miar i reprezentacja wielkości elektrycznych.
4. Kwantowy trójkąt metrologiczny.
5. Zjawisko Josephsona i kwantowy wzorzec napięcia.
6. Szyny i magistrale do systemów pomiarowych w komputerze PC.
7. Magistrala USB i magistrala IEEE-1394 do systemów pomiarowych.
8. Cechy i parametry interfejsu RS-232C.
9. System pomiarowy modemu zerowego z interfejsem RS-232C.
10. System pomiarowy z interfejsem RS-232C i modemem.
11. Parametry wybranych interfejsów szeregowych: RS-232, RS-485, RS-423.
12. Inteligentne czujniki pomiarowe: struktura, przykłady.
13. System pomiarowy z interfejsem CAN.
14. Poprawność transmisji i wykrywanie kolizji w sieci CAN.
15. Systemy pomiarowe z modemem radiowym.
16. Transmisja danych cyfrowych w sieci GSM i UMTS.
17. Rozproszone systemy pomiarowe z transmisją danych w sieci GSM.
18. Interfejs bezprzewodowy IrDA.
19. Interfejs radiowy Bluetooth.
20. Interfejs radiowy ZigBee.
21. Cechy i parametry interfejsu równoległego IEEE-488. Magistrala interfejsu.
22. Funkcje interfejsowe w standardzie IEEE-488 (10 funkcji).
23. Transmisja komunikatów w systemie IEEE-488 według standardu i HS488.
24. Zwiększenie odległości między urządzeniami w systemie IEEE-488.
25. Kasetowe i modułowe systemy pomiarowe: standardy, parametry.
26. Systemy pomiarowe w sieci LAN.
27. Systemy pomiarowe w Internecie.
28. Karta pomiarowa: budowa i parametry.
29. System obserwacji meteorologicznych jako przykład monitorowania środowiska.
30. Wirtualny przyrząd pomiarowy.
31. Czujniki rezystancyjne temperatury – parametry i układy pomiarowe.
32. Termoelementy.
33. Tensometry rezystancyjne i układy pomiarowe.

OPRACOWANIE:

1. Struktura blokowa komputerowego systemu pomiarowego.

Schemat blokowy komputerowego systemu pomiarowego:

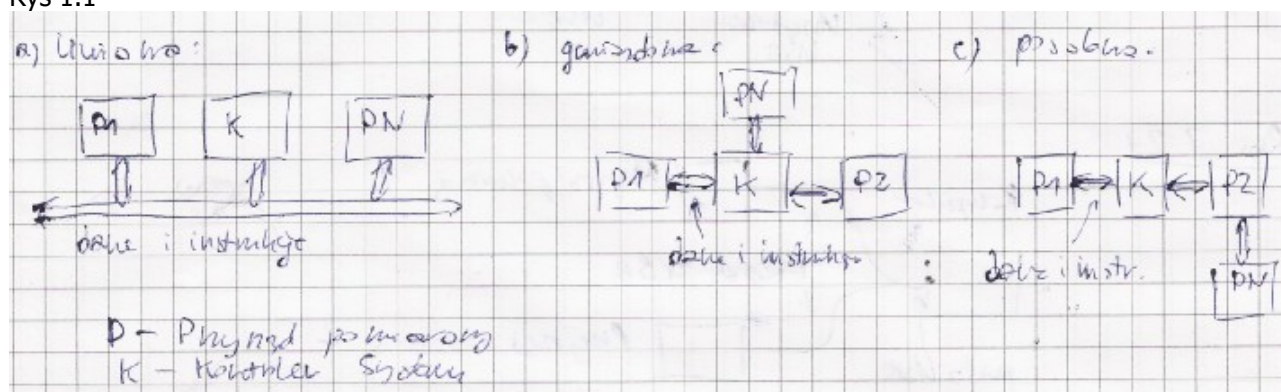


System pomiarowy powinien składać się z następujących bloków funkcjonalnych:

- **Czujnika lub zespołu czujników** – element, w którym zamienia się parametr fizyczny na określony parametr elektryczny czujnika (np. zmiana rezystancji w funkcji temperatury)
- **Przetworników pomiarowych** – w których zamienia się parametr elektryczny (z czujnika) na napięcie stałe lub prąd stały (np. napięcie stałe z wyjścia mostka Wheatstone'a z czujnikiem rezystancyjnym w gałęzi)
- **Kondycjonerów** – czyli układów normujących sygnał. Kondycjonery dopasowują poziomy sygnałów z przetworników pomiarowych do wejściowych zakresów przetworników A/C.
- **Przetworników A/C lub C/A** – układy te przetwarzają analogowe sygnały do postaci cyfrowej
- **Komputera wraz z oprogramowaniem** i zasobami pamięci (kontroler systemu).
- **Urządzeń służących do wizualizacji** wielkości mierzonych: pole odczytowe, ekran oscyloskopu, ekran analizatora widma, ekran komputera, drukarki, plotery itp.
- **Urządzeń wykonawczych lub generatorów** sygnałów testowych (opcjonalnie).
- **Zasilaczy obiektu**, działających autonomicznie lub sterowanych (opcjonalnie).

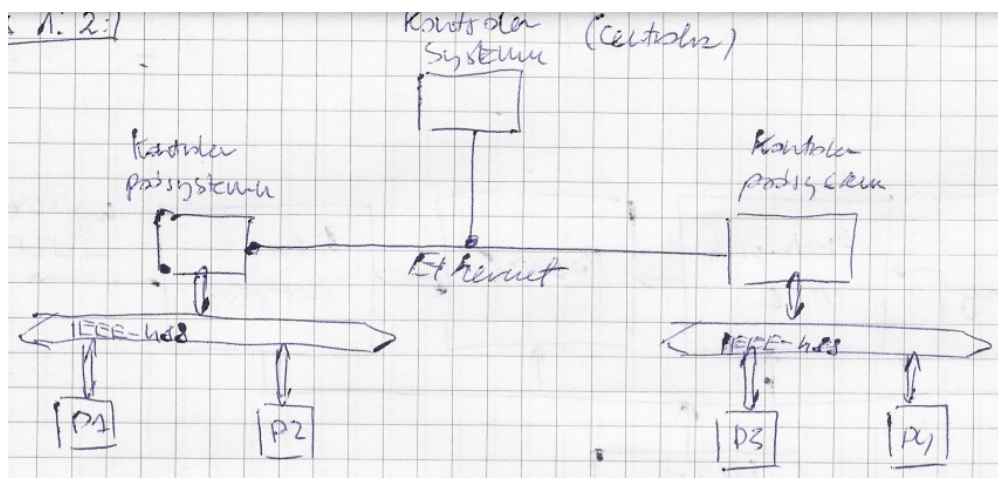
Projektując komputerowy system pomiarowy należy zdecydować czy w systemie transmisja będzie szeregową (bit po bicie) czy też równoległą (słowo po słowie). Należy również zdecydować o konfiguracji połączeń systemu. Wyróżnia się konfiguracje: liniową, gwiazdową, posobną.

Rys 1.1



Bardziej rozbudowane systemy mogą być zorganizowane w strukturę hierarchiczną. Dane są zbierane na najniższym szczeblu hierarchii w podsystemach znajdujących się np. w laboratoriach czy też halach produkcyjnych itp. Centrala systemu zbiera wstępnie przetworzone dane pomiarowe, umożliwia ich archiwizację i wizualizację oraz może wysyłać instrukcje sterujące do podsystemów.

Rys 1.2



2. Funkcje w systemie interfejsu.

- **Funkcje dopasowania** - mają za zadanie przetwarzać sygnały nadawane do magistrali i odbierane z magistrali do postaci standardowej w systemie interfejsu. Można powiedzieć, że układy, które spełniają te funkcje to interfejsy w węższym znaczeniu.
- **Funkcje synchronizacji** – koordynują transmisje danych w czasie w celu dopasowania szybkości nadawania danych do możliwości odbioru danych przez urządzenie. Obecnie najczęściej spotykany typ transmisji to transmisja asynchroniczna z potwierdzeniem odbioru (handshake).
- **Funkcje buforowania i korekcji błędów** – w przypadku wykrycia jakichkolwiek błędów w odebranych pliku, funkcje te umożliwiają powtórne przesłanie uszkodzonego pliku bądź jego fragmentu. Aby to było możliwe konieczne jest buforowanie danych. Buforowanie jest również niezbędne gdy występują drobne różnice w szybkości nadawania i odbierania danych. Dane można buforować, a dopiero potem odczytywać.
- **Funkcje zarządzania** – sterują procesami pomiaru i przetwarzania danych według wcześniej ściśle ustalonych programów i procedur. W szczególności funkcje te: decydują o tym kto ma w danej chwili dostęp do magistrali, decydują jaka jest kolejność zdarzeń w przypadkach konfliktowych, odpowiadają za resetowanie systemu.

3. System miar i reprezentacja wielkości elektrycznych.

Podstawowe jednostki miary:

- **Metr [m]** – jest to długość drogi jaką przebywa światło w próżni w czasie $1/299792458$ sekundy.
- **Kilogram [kg]** – jest to masa międzynarodowego wzorca jednostki masy (BIPM).
- **Sekunda [s]** – jest to czas równy określonej liczbie okresów promieniowania atomu cezu Cs133. Czas ten odpowiada przejściu pomiędzy dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego.
- **Amper [A]** – jest to prąd elektryczny nie zmieniający się, który płynąc w dwóch prostoliniowych, równoległych, nieskończenie długich przewodach o przekroju okrągłym znikomo małym, umieszczonych w próżni w odległości 1 metra od siebie, wywoływałby siłę oddziaływania między nimi równą $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ (200 nN) na każdy metr długości.
- **Kelwin [K]** – temperatura stanowiąca $1/273,16$ część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody.
- **Kandela [Cd]**
- **Mol [mol]**

Jednostki uzupełniające:

- **Radian [rd]**
- **Steradian [sr]**

Wszystkie inne jednostki elektryczne, mechaniczne, magnetyczne, świetlne, cieplne i promieniotwórcze są pochodnymi od wyżej wymienionych.

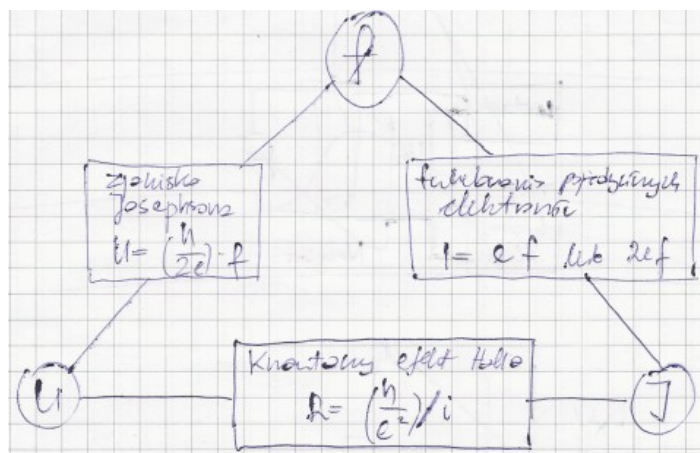
Pozostałe wielkości elektryczne:

- **Napięcie $U[V]$** – Volt to różnica potencjałów między dwoma punktami przewodu liniowego, w których płynie stały prąd elektryczny o natężeniu 1A, gdy moc pobierana między tymi punktami wynosi 1W.
- **Rezystancja $R[\Omega]$** – Om to opór elektryczny istniejący między dwoma punktami przewodu, gdy niezmienna różnica potencjałów równa 1V działająca między tymi punktami, wywołuje w tym przedziale prąd 1A, a przewód nie jest źródłem siły elektromotorycznej.
- **Konduktancja $G[S]$** – Simens to jednostka przewodności (konduktancji) elektrycznej. Odwrotność Oma.
- **Indukcyjność $L[H]$** – Henr jednostka indukcyjności elektrycznej (zdolności cewki do gromadzenia energii w polu magnetycznym).
- **Pojemność $C[F]$** – Farad jednostka pojemności elektrycznej (zdolności kondensatora do gromadzenia energii w polu elektrycznym).
- **Moc prądu elektrycznego $P[W]$** – Wat
- **Ładunek elektryczny $Q[C]$** - Kulomb
- **Strumień indukcji magnetycznej $[Wb]$** - Weber
- **Indukcja magnetyczna $B[T]$** - Tesla

4. Kwantowy trójkąt metrologiczny.

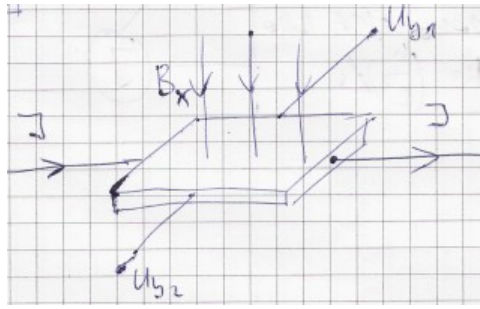
Kwantowy trójkąt metrologiczny obrazuje zależności pomiędzy zjawiskiem Josephsona, kwantowym efektem Halla, oraz zjawiskiem tunelowania pojedynczych elektronów. Uwidacznia on możliwość kwantowego określenia wzorców wielkości elektrycznych za pomocą stałych e i h .

Rys 4.1

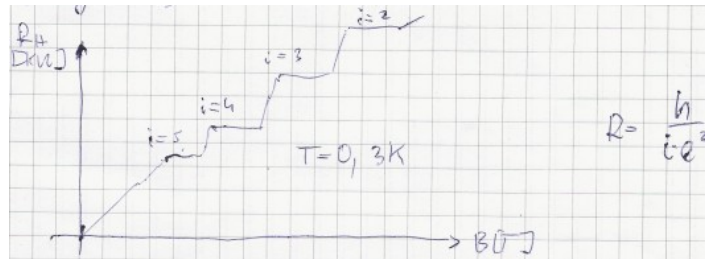


- **zjawisko Josephsona**, zjawisko polegające na przepływie prądu przez tzw złącze Josephsona. Są trzy postacie tego zjawiska:
 - stałoprądowe (przepływ stałego prądu przez złącze na skutek zjawiska tunelowego)
 - zmiennoprądowe wewnętrzne (złącze spolaryzowane napięciem stałym U generuje prąd o ściśle określonej częstotliwości)
 - zmiennoprądowe zewnętrzne (złącze napromieniowane polem elektromagnetycznym o danej częstotliwości generuje ściśle określone napięcie stałe, wzorzec napięcia).
- **kwantowy efekt Halla**, efekt ten polega na kwantowej zmianie rezystancji pomiędzy złączami próbki w funkcji indukcji pola magnetycznego. Próbka musi być schłodzona do temperatury 4K lub niższej oraz pole magnetyczne musi mieć natężenie co najmniej 1T. Efekt ten występuje w próbce, w której znajduje się dwuwymiarowy gaz elektronowy.

Rys 4.2

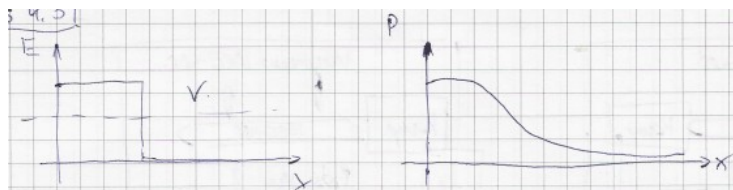


Rys 4.4



- **tunelowanie pojedynczych elektronów**, jest to zjawisko polegające na przenikaniu cząstek (elektronów) przez obszar zwany barierą potencjału, który jest niedostępny z klasycznego punktu widzenia. Prawdopodobieństwo przejścia cząstki zależy od wysokości bariery potencjału, od jej szerokości, oraz od energii (?) cząstki.

Rys 4.3



5. Zjawisko Josephsona i kwantowy wzorec napięcia.

Warunki na wystąpienie zjawiska Josephsona to stan nadprzewodnictwa i złącze o małych rozmiarach (słabe złącze). Nadprzewodnictwo zachodzi w określonych warunkach: niska temperatura (4,2K lub 77K) oraz bardzo małe natężenie pola magnetycznego. Zjawisko Josephsona polega na przepływie prądu przez tzw. złącze Josephsona. Złącze to może występować w trzech rodzajach: punktowe, tunelowe lub mikromostek. Trzy postacie zjawiska Josephsona:

- **stałoprądowe:** polega na przepływie prądu stałego przez złącze na skutek zjawiska tunelowego. Natężenie prądu silnie zależy od pola magnetycznego i jego pomiar jest najczulszą jak dotąd metodą pomiaru słabych pól magnetycznych.
- **zmiennoprądowe wewnętrzne:** złącze spolaryzowane napięciem stałym U generuje prąd o częstotliwości $f = (2e/h) * U$. Jednoczesny pomiar częstotliwości f i napięcia U umożliwia najdokładniejsze jak dotąd wyznaczenie e/h .
- **zmiennoprądowe zewnętrzne:** złącze napromieniowane polem elektromagnetycznym i danej częstotliwości generuje stałe napięcie przyrastające o $\Delta U = (h/2e) * f$.

Kwantowy wzorec napięcia wykorzystuje zmiennoprądowe zewnętrzne zjawisko Josephsona. Napięcie wyjściowe jest funkcją częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego (zmienia się skokowo). Wzorec napięcia składa się z n złącz połączonych szeregowo ($1500 < n < 30000$). $U = k_1 * (h/2e) * f * n$. Przykładowy wzorec: 1V $f = (70-100)\text{GHz}$, $1500 < n < 3000$, $k_1 = 3,4$. Schemat blokowy kwantowego wzorca częstotliwości:

Rys 5.1

- **PCMCIA, Card Bus** (Personal Computer Memory Card International Association) – Magistrala występująca w laptopach, podobna do magistrali PCI w komputerach stacjonarnych. Słowo danych o długości 32 bity, częstotliwość zegara taktującego 33MHz. Można podłączyć karty kontrolera interfejsu IEEE-488, RS-232C, CAN, kartę DAQ z przetwornikiem A/C, kartę modemu telefonii stałej lub modemu telefonii GSM.

Magistrale szeregowo:

- **USB** (Universal Serial Bus) – Magistrala ta umożliwia podłączenie do komputera wielu urządzeń peryferyjnych za pomocą kabla. Kabel jest 4 żyłowy – dwie linie sygnałowe (D+ i D-) oraz dwie linie zasilania. W części sprzętowej magistrala ta składa się z głównego koncentratora (najczęściej komputer), koncentratorów oraz urządzeń USB. Koncentratory rozdzielają i wzmacniają sygnał.
Parametry:
 - maksymalna prędkość transmisji 480Mb/s (USB 2.0)
 - maksymalna długość kabla 5m
 - jeden typ przerwań i jedna przestrzeń adresowa
 - możliwość dołączenia 127 urządzeń
 - instalacja w locie (plug and play)
 - możliwość zasilania urządzeń peryferyjnych z kabla USB (obciążalność < 0,5A)
- **IEEE-1394** (Fire Wire) – Jest podobna do USB, ale jest znacznie szybsza i została projektowana z myślą o systemach pomiarowych. Może współpracować z bardzo szybkimi urządzeniami jak kamery, czytniki płyt DVD, urządzenia nawigacyjne itp. Przewód magistrali jest 6 żyłowy – 4 linie sygnałowe i dwie linie zasilania. Parametry:
 - maksymalna szybkość transmisji 800Mb/s
 - jeden typ przerwań jedna przestrzeń adresowa
 - możliwość dołączenia do 63 urządzeń
 - instalacja w locie
 - przewody zasilania o obciążalności 1,5A

Struktura połączenia 63 urządzeń jest strukturą drzewa. Nie ma tutaj urządzeń nadrzędnych czy podrzędnych – wszyscy są równi.

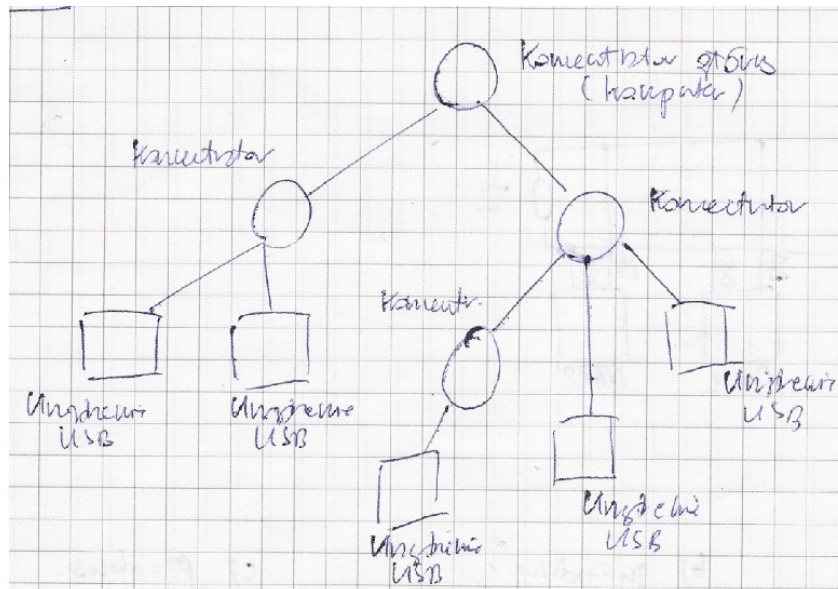
Podsumowanie:

Nazwa magistrali	Częstotliwość zegara takt.	Liczba cykli zegara przy transmisji	Liczba bitów słowa danych	Maksymalna szybkość transmisji	Uwagi
ISA	8MHz	od 2 do 8	16	8MB/s	mały koszt mała szybkość
PCI	33MHz lub 66MHz	1	32 lub 64	132MB/s lub 264MB/s	średnia szybkość
PCI-X	133MHz	1	64	1GB/s	dobra szybkość
PCI Express	2,5GHz	1	8	2,5GB/s	bardzo duża szybkość
PCMCIA (Card Bus)	33MHz	1	32	132MB/s	przeznaczona do laptopów
USB 2.0	480MHz	1	1	480Mb/s	do urządzeń peryferyjnych
LAN	10-1000MHz	1	1	10-1000Mb/s	sieć LAN
IEEE-1394	800MHz	1	1	800Mb/s	do urządzeń peryferyjnych
IEEE-1284	1MHz	1	8	1MB/s	do drukarki

7. Magistrala USB i magistrala IEEE-1394 do systemów pomiarowych.

- **USB** (Universal Serial Bus) – Każdy komputer PC czy też laptop posiada kilka gniazd magistrali USB. Głównym przeznaczeniem USB jest możliwość połączenia wielu urządzeń peryferyjnych do komputera na niewielką odległość. W części sprzętowej magistrala USB składa się z koncentratora głównego (najczęściej komputer), koncentratorów i urządzeń USB.

Rys 7.1



lub
 Koncentratory służą do rozdzielania i wzmacniania sygnału. Urządzenia USB nie mogą nadawać lub odbierać danych z własnej inicjatywy tylko wskutek okresowego odpytywania przez główny koncentrator.

W USB możliwe są trzy rodzaje transmisji:

- **transmisja z przerwaniem** (interrupt transfer), stosowana w przypadku urządzeń powolnych, okresowo odpytywanych, jak np. klawiatura
- **transmisja segmentowa** (bulk transfer), stosowana w przypadku urządzeń wymagających szybkiej, ale nieregularnej transmisji danych, np. aparat cyfrowy, drukarka
- **transmisja izochroniczna** (isochronous transfer), stosowana w przypadku urządzeń pracujących w czasie rzeczywistym, np. czytnik płyt CD. Transmisja izochroniczna polega na przesyłaniu danych w sposób asynchroniczny, ale przerwy między poszczególnymi słowami danych są całkowitą wielokrotnością czasu trwania pojedynczego bitu.

Parametry magistrali USB

- jeden typ przerwania i jedna przestrzeń adresowa
- możliwość dołączenia do 127 urządzeń
- jeden typ kabla i złącza, kabel 4 żyłowy (dwie linie sygnałowe i dwie linie zasilania)
- szybkość transmisji: mała < 1,5Mb/s, średnia < 12Mb/s, duża (USB 2.0) < 480Mb/s
- instalacja w locie (plug and play)
- maksymalna długość odcinka kabla 5m
- możliwość zasilania urządzeń peryferyjnych przez magistralę z koncentratora głównego (obciążalność < 0,5A)

Rozpoznawanie stanów logicznych:

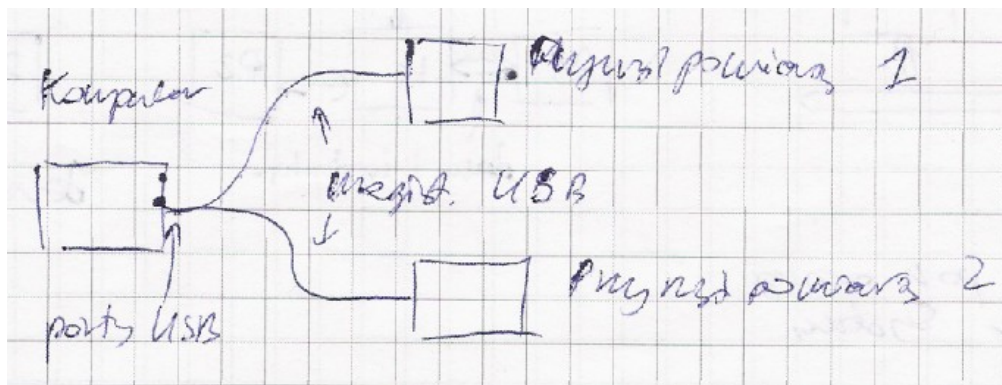
- logiczne 1 gdy $UD+ - UD- > 200mV$
- logiczne 0 gdy $UD+ - UD- < 200mV$

W ustalonym stanie napięcie na liniach sygnałowych musi być > 0,8V.

pobiera
 Przy podłączeniu urządzenia w locie koncentrator główny nadaje urządzeniu adres 7-bitowy i informację na temat sposobu transmisji.

Przykładowy system pomiarowy z magistralą USB:

Rys 7.2



- **IEEE-1394 (Fire Wire)** - Magistrala podobna do USB, ale przeznaczona do urządzeń wymagających znacznie większej szybkości transmisji takich jak kamery cyfrowe, czytniki płyt DVD, urządzenia pomiarowe i nawigacyjne itp. Nowsze komputery posiadają gniazda do tej magistrali.

Parametry magistrali IEEE-1384:

- jeden typ przerwań i jedna przestrzeń adresowa
- możliwość dołączenia do 63 urządzeń
- maksymalna szybkość transmisji < 800Mb/s
- instalacja w locie (plug and play)
- jeden typ złącza i kabla, kabel jest 6 żyłowy (cztery linie sygnałowe i dwie linie zasilania o obciążalności < 1,5A)

Trwają prace nad zwiększeniem szybkości transmisji do 3,2Gb/s (wymagana linia światłowodowa). Magistrala jest przeznaczona zarówno do współpracy z urządzeniami wewnątrz obudowy komputera, jak i z urządzeniami zewnętrznymi łączonymi za pomocą kabla. Połączenie wszystkich 63 urządzeń jest strukturą drzewa. Maksymalna długość pojedynczego odcinka wynosi 4,5m.

W IEEE-1394 możliwe są następujące rodzaje transmisji:

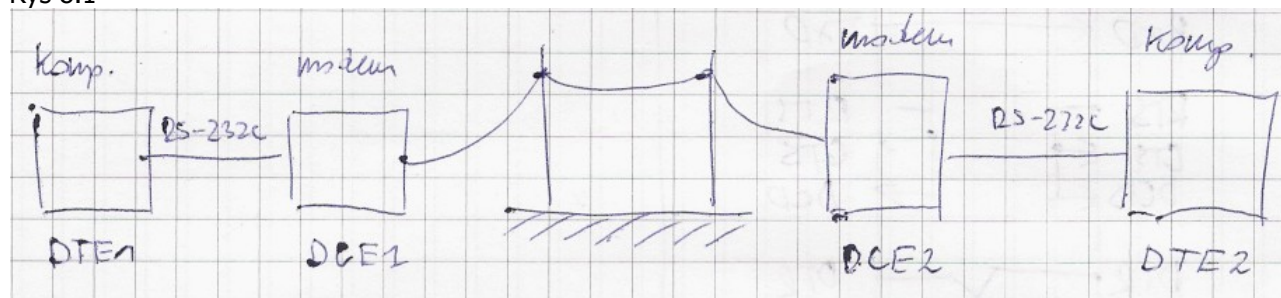
- transmisja asynchroniczna
- transmisja izochroniczna

W momencie instalacji w locie każde urządzenie otrzymuje unikatowy numer-adres ID. W nagłówku transmitowanego pakietu zawarty jest jeden adres nadawcy oraz adres odbiorcy. Nie ma tu urządzeń nadrzędnych. Każdy jest równy. Nie wyklucza to jednak możliwości zaprogramowania urządzeń do częstszego odpytywania pozostałych urządzeń.

8. Cechy i parametry interfejsu RS-232C.

RS (Recommended Standard) jest to standard, który pierwotnie określał sposób nawiązania połączenia i prowadzenia łączności pomiędzy dwoma urządzeniami końcowymi (terminalami) DTE (Data Terminal Equipment). Każdy z dwóch terminali jest dołączony do linii telefonicznej za pomocą modemu telefonicznego oznaczonego DCE (Data Communication Equipment). Standard ten umożliwia też prowadzenie łączności pomiędzy dwoma urządzeniami DTE bez pośrednictwa modemów telefonicznych. System wymiany danych cyfrowych za pomocą interfejsu RS-232C:

Rys 8.1



Zalecenia RS-232C odnoszą się przede wszystkim do połączenia między DTE i DCE, ale końcowym efektem jest połączenie między DTE1 i DTE2. Terminalem DTE może być komputer lub przyrząd pomiarowy.

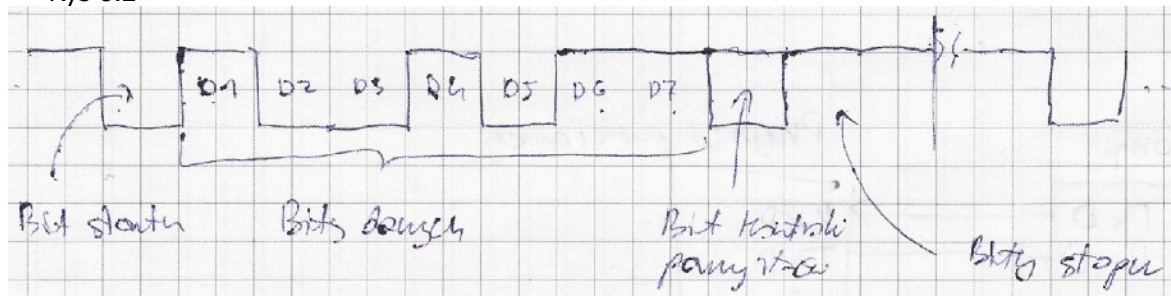
W łączu RS-232C wyróżnia się następujące rodzaje transmisji ze względu na kierunek przesyłania danych:

- **Simpleks** – transmisja wyłącznie jednokierunkowa. Nadaje tylko jedno urządzenie, odbiera tylko jedno urządzenie.
- **Półdupleks** – transmisja dwukierunkowa niejednoczesna. Obydwa urządzenia mogą nadawać i odbierać, ale musi się to odbywać posobnie. W danej chwili nadaje i odbiera tylko jedno urządzenie.
- **Dupleks** – transmisja dwukierunkowa jednoczesna. Obydwa urządzenia mogą jednocześnie nadawać i odbierać dane. Jednoczesne przesyłanie danych w obydwu kierunkach.

W łączu RS-232C możliwe są następujące rodzaje transmisji :

- **Transmisja asynchroniczna znakowa** – przesyłanie danych w postaci jednostek informacyjnych (SDU), które zawierają od 8 do 12 bitów.

Rys 8.2



- **Transmisja synchroniczna** - przesyłanie danych zgrupowanych w ramki.

Magistrala interfejsu RS-232C w pełni składa się z 4 linii danych, 11 linii sterujących, 3 linii synchronizacji oraz 2 linii masy. Wszystkie linie są jednokierunkowe – kierunek przepływu informacji jest niezmienny.

Linie danych:

TxD (Transmitted Data) - dane nadawane

RxD (Received Data) – dane odbierane

STxD (Secondary TxD) – dane nadawane w kanale powrotnym

SRxD (Secondary RxD) – dane odbierane w kanale powrotnym

Linie sterujące:

DTR (Data Terminal Ready) – gotowość DTE do współpracy

DSR (Data Set Ready) – gotowość DCE do współpracy z DTE, rozumiana jako brak przeszkód

RTS (Request To Send) – żądanie nadawania danych zgłaszane przez DTE

CTS (Clear To Send) – gotowość do nadawania zgłaszana przez DCE

DCD (Data Carrier Detected) – wykrycie przez modem DCE1 fali nośnej od modemu DCE2, nawiązanie połączenia

SQD (Signal Quality Detector) – sygnał wysyłany z DCE do DTE, logiczne 1 – transmisja bez zakłóceń, logiczne 0 – z przeszkodami

SRTS (Secondary RTS) – RTS w kanale powrotnym

SCTS (Secondary CTS) – CTS w kanale powrotnym

SRLSD (Secondary DCD) – DCD w kanale powrotnym

CH/CI – wybór szybkości transmisji

RI (Ring Indicator) – sygnał wywołania od DCE2, wysyłany z DCE1 do DTE1

Linie synchronizacji:

DA – podstawa czasu w DTE, służy do taktowania nadawania danych przez DTE na linii TxD

DB – podstawa czasu w DCE, służy do taktowania nadawania danych przez DTE na linii TxD

DD – podstawa czasu w DCE, służy do taktowania odbierania danych przez DTE na linii RxD

Linie masy:

SG (Signal Ground) – masa sygnałowa

PG (Protective Ground) – masa ochronna dołączana do obudowy urządzenia

Parametry interfejsu RS-232C:

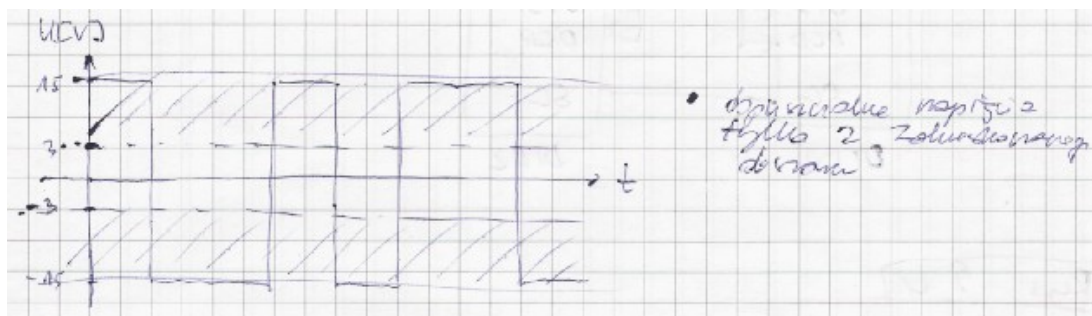
- wyjście nadajnika i wejście odbiornika niesymetryczne
- liczba nadajników: 1

- liczba odbiorników: 1
- maksymalna prędkość transmisji: 20kb/s (19,2kb/s)
- prędkość transmisji bezpośrednio z portu: 115kb/s
- maksymalna długość linii: 15m
- typowe napięcie sygnału: -12V
- maksymalna pojemność obciążenia: 2,5nF
- maksymalna szybkość zmian napięcia w linii: 30V/ μ s (ze względu na ryzyko przepięć powstających w linii).

Dopuszczalne napięcia na liniach:

- linie danych:
 - 15V < U < -3V odpowiada logiczne 1
 - +3V < U < +15V odpowiada logiczne 0
- linie sterujące:
 - 15V < U < -3V odpowiada logiczne 0
 - +3V < U < +15V odpowiada logiczne 1

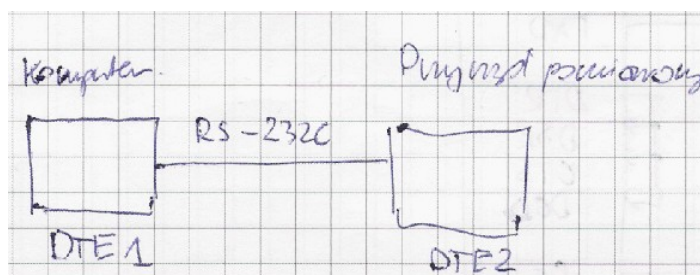
Rys 8.3



9. System pomiarowy modemu zerowego z interfejsem RS-232C.

Jest to system służący do transmisji danych z wykorzystaniem interfejsu RS-232C pomiędzy dwoma terminalami DTE bez pośrednictwa modemów DCE. W tym systemie nie ma modemów DCE - urządzenia DTE są połączone ze sobą bezpośrednio. Każdy komputer klasy PC wyposażony jest w sterownik interfejsu szeregowego RS-232C. Większość obecnych cyfrowych przyrządów pomiarowych wyposażonych jest w interfejs RS-232C. Połączenie komputera i przyrządu pomiarowego kablem interfejsu pozwala na zestawienie prostego dwuczęściowego systemu pomiarowego.

Rys 9.1

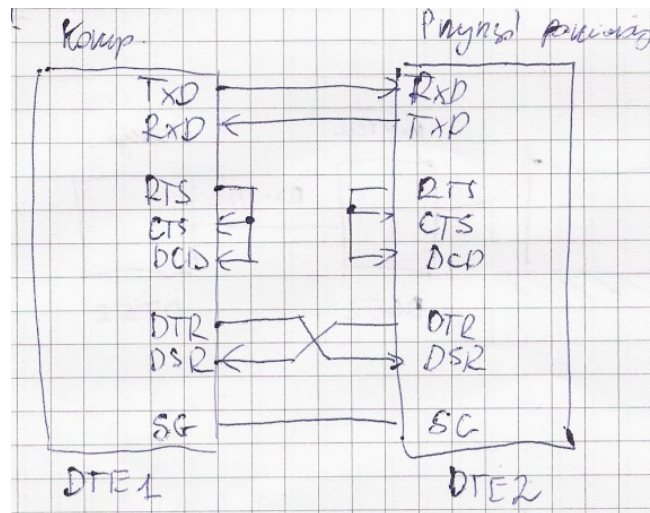


Przy łączeniu poszczególnych wyprowadzeń należy pamiętać o ogólnych zasadach teorii obwodów:

- wyjścia łączyć tylko z wejściami
- jedno wyjście może być podłączone do wielu wejść
- nie wolno łączyć ze sobą wyjść

Magistrala RS-232C łącząca dwa urządzenia DTE do transmisji asynchronicznej znakowej (dupleks, półdupleks):

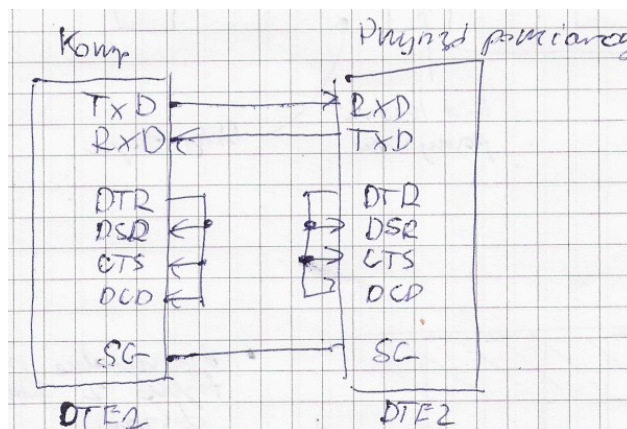
Rys 9.2



Jak widać wyjście TxD1 przyrządu DTE1 jest podłączone do wejścia RxD2 przyrządu DTE2 (TxD1->RxD2). Analogicznie podłączone są linie RxD1<-TxD2. Sygnały sterujące magistralą pochodzą od samego urządzenia bądź od urządzenia przeciwnego. Wyjścia informujące o gotowości do współpracy terminali DTR1 oraz DTR2 podłączono odpowiednio do wejść DSR1 oraz DSR2. W normalnym przypadku terminale otrzymywałyby sygnał gotowości DSR od modemów DCE. Tutaj skrzyżowanie linii powoduje, że terminale wzajemnie się informują o gotowości do współpracy. Gdy stan jednej z linii DTR1->DSR2 lub DTR2->DSR1 jest nieaktywny – oznacza to niemożliwość prowadzenia transmisji w danym kierunku. W obu terminalach sygnał RTS jest podłączony do wejść CTS oraz DCD. Sygnał ten emuluje sygnał pochodzący od DCE2 i informuje terminal, że nie ma przeszkód do nadawania danych (CTS) oraz, że jest połączenie z drugim terminalem (DCD – wykryto nośną od DCE). Kabel łączący dwa urządzenia liczy 5 przewodów.

Można zrezygnować ze sprzętowego sterowania transmisją i zestawić układ pomiarowy wykorzystujący zaledwie linie 3 przewodową:

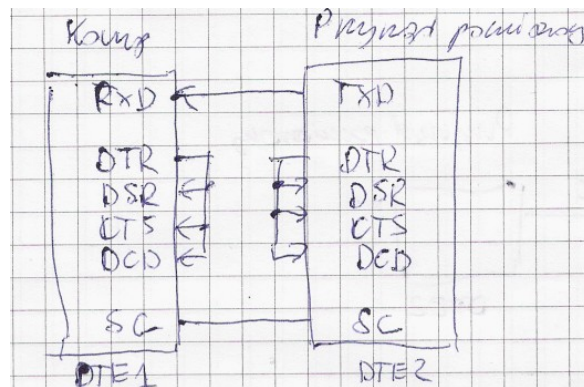
Rys 9.3



Tutaj znów linie danych są połączone „na krzyż” TxD1->RxD2 oraz TxD2->RxD1. Sygnały sterujące są emulowane wewnątrz przyrządów DTE. Linia wyjściowa DTR w obu terminalach podłączona jest do wejść CTS, DCD oraz DSR informując tym samym o braku przeszkód do nadawania danych (CTS), nawiązaniu łączności z odległym (nieistniejącym) modemem DCE, oraz gotowością do dalszej współpracy nieistniejącego modemu DCE (sygnał DSR). Zaletą tego systemu jest tańsza 3 – przewodowa linia. System umożliwia transmisję dwukierunkową lub półduplexową.

Najprostszy możliwy system pomiarowy:

Rys 9.4



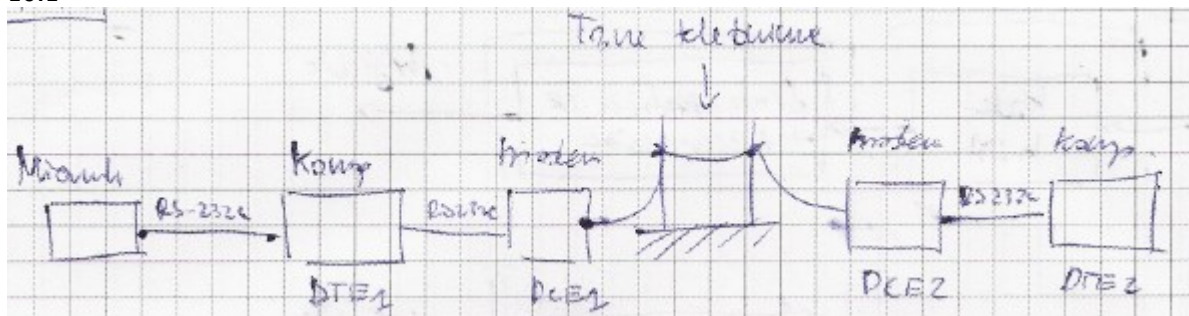
System ten umożliwia transmisję wyłącznie simpleksową (od przyrządu do komputera). Jest najtańszy ze wszystkich, ponieważ linia jest zaledwie dwuprzewodowa. Sygnały sterujące są emulowane wewnątrz terminali DTE analogicznie jak w przypadku systemu trzyprzewodowego. Należy pamiętać, że najczęściej przyrząd pomiarowy wymaga jakiś instrukcji sterujących do prawidłowej pracy. Tutaj nie można wysłać nic do przyrządu, można tylko odbierać dane pomiarowe.

W dążeniu do minimalizacji przewodów można posunąć się o jeszcze jeden krok naprzód – zastosować pojedyncze włókno światłowodowe. Takie rozwiązanie jest jednak dużo droższe ze względu na sam koszt światłowodu oraz przetworników optyczno-elektrycznych.

10. System pomiarowy z interfejsem RS-232C i modemem.

Schemat blokowy przykładowego systemu z interfejsem RS-232C i modemem:

Rys 10.1



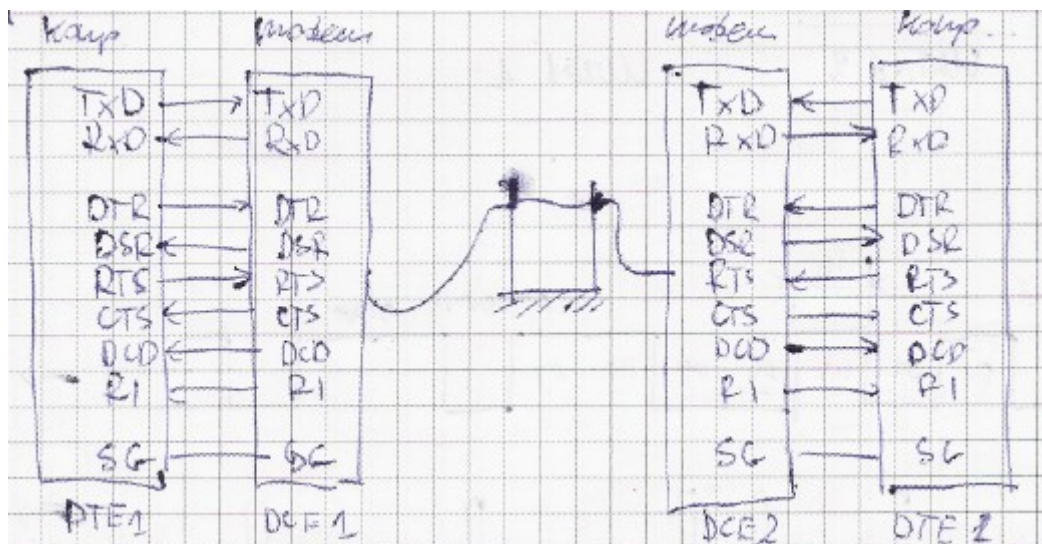
Łącze telefoniczne może być dwojakiego rodzaju:

- **łącze komutowane** – powstaje przez zwykłe wybranie numeru stacji odbiorczej, komutację linii w centralach i wreszcie podjęcie łączności jeżeli nie ma przeszkód
- **łącze dzierżawione** – oznacza stałe połączenie między stacjami (modemami) bez potrzeby wybierania numeru i bez ryzyka powstania przeszkody (np. numer zajęty).

Rozważamy następujące rodzaje transmisji z interfejsem RS-232C i modemem:

- **Transmisja półdupleksowa przez łącze komutowane**

Rys 10.2



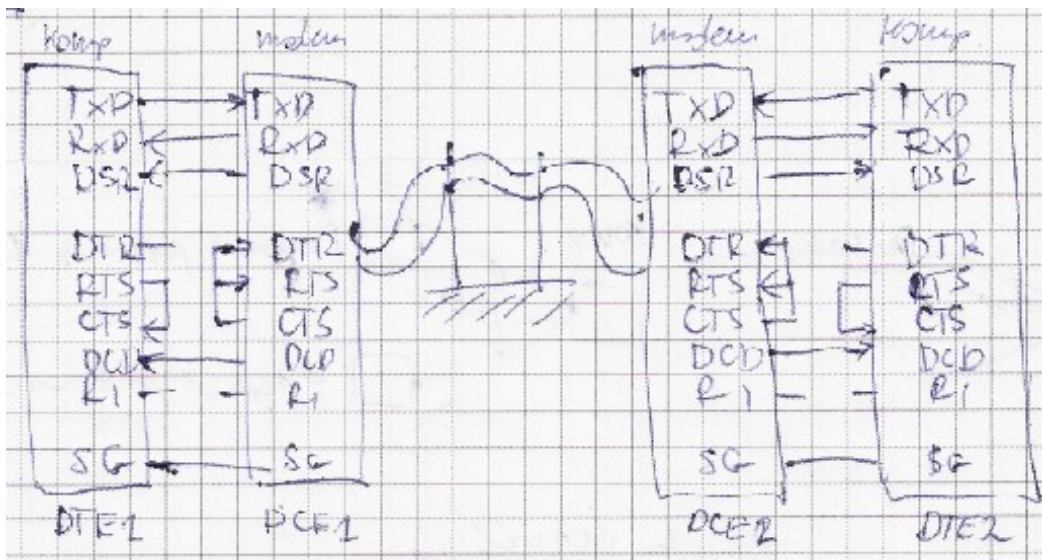
Założmy, że komputer DTE2 żąda wyników pomiarów zarejestrowanych w komputerze DTE1. Nawiązanie łączności następuje przez wybranie numeru modemu DCE1, co powoduje ustalenie stanu aktywnego na linii RI. Jeśli DTE1 jest gotów do wymiany danych ustala stan wysoki na linii DTR1. Modem DCE1 wysyła informacje do DCE2 o gotowości DTE1. Z kolei modem DCE2 odbiera ten sygnał i w odpowiedzi wysyła sygnał gotowości komputera DTE2 do dalszej współpracy (DTR2=1). Stany wyjść DTR pozostają aktywne przez cały czas trwania połączenia. Procedura wymiany danych rozpoczyna się od wysłania sygnału RTS1 przez komputer DTE1. Po otrzymaniu tego sygnału modem sprawdza stan linii. W trybie transmisji półdupleksowej używana jest tylko jedna linia transmisyjna. Jeśli wcześniej niż RTS1 ustalił się aktywny RTS2 wtedy DCE1 wykryje zajętość linii (DCD1 = 1 CTS = 0). Transmisja z DTE1 do DTE2 musi poczekać do czasu zakończenia transmisji z DTE2 do DTE1. Jeżeli linia transmisyjna jest wolna modem DCE1 daje sygnał komputerowi DTE1 o wolnej linii (CTS = 1). Po otrzymaniu sygnału CTS=1 komputer wysyła dane w linii TxD1. Po wysłaniu pakietu danych stan linii RTS1 wraca do stanu 0, oraz stan logiczny wyjścia DCD2 również zmienia się na 0 – linia się zwalnia. Linia transmisyjna będzie ponownie zajęta przez ten komputer, który pierwszy zgłosi sygnał RTS. W przypadku braku zgłoszenia RTS połączenie powinno ulec przerwaniu. Wyjście DTR każdego z komputerów jest w stanie nieaktywnym gdy komputer jest odłączony od zasilania lub od modemu. Zmiana stanu DTR nastąpi również po „ręcznym” lub programowym zakończeniu połączenia.

- **Transmisja dwuplexowa przez łącze komutowane**

Nawiązanie połączenia między DTE1 i DTE2 do przeprowadzenia transmisji dwuplexowej wymaga takiej samej procedury jak w przypadku transmisji półduplexowej (wybieranie numeru). W czasie trwania połączenia stan wyjścia DTR obydwóch komputerów musi być aktywny. Procedura wymiany danych jest prostsza. W transmisji dwuplexowej istnieją dwie linie transmisyjne w związku z czym nie trzeba przeprowadzać czynności sprawdzających zajętość oraz sterujących kierunkiem przesyłania danych. Stany wyjść komputerów RTS oraz stany wyjść CTS modemów mogą być cały czas aktywne.

- **Transmisja dwuplexowa i półduplexowa przez łącze dzierżawione**

Rys 10.3



Łącze dzierżawione jest dużo bardziej niezawodne niż łącze komutowane (droższe) i dlatego tego typu systemy pomiarowe stosuje się tylko w uzasadnionych przypadkach. Transmisja dwukierunkowa przez łącze dzierżawione nie wymaga ani inicjacji połączenia, ani uzgadniania kierunku transmisji danych. Zatem linie sygnałowe RI, CTS, RTS, DTR nie są wykorzystywane, a ich stany mogą być emulowane. Transmisja dwukierunkowa może odbywać się ciągle. Jedyne sygnały, które mogą przerwać transmisję to DSR1 oraz DSR2 na wyjściach modemów. Stan nieaktywny na wyjściu DSR wystąpi w przypadku wyłączenia zasilania modemu lub jego awarii.

11. Parametry wybranych interfejsów szeregowych: RS-232, RS-485, RS-423.

Standard RS-485 i RS-423 określają parametry elektryczne obwodów w systemach RS-449 i RS-530.

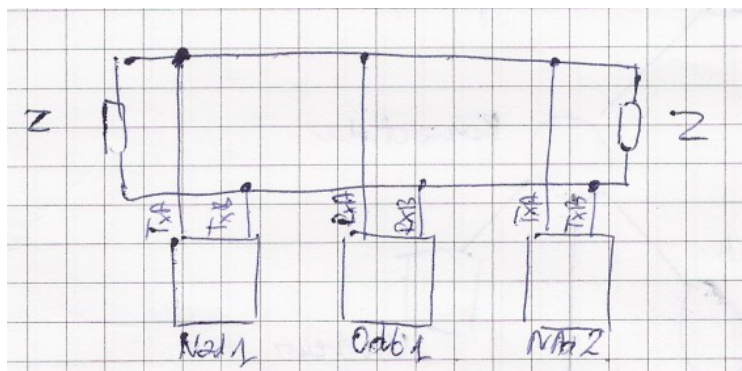
RS-232C:

- wyjście nadajnika i wejście odbiornika niesymetryczne
- liczba nadajników: 1
- liczba odbiorników: 1
- maksymalna prędkość transmisji: 20kb/s (19,2kb/s)
- prędkość transmisji bezpośrednio z portu: 115kb/s
- maksymalna długość linii: 15m
- typowe napięcie sygnału: -12V
- maksymalna pojemność obciążenia: 2,5nF
- maksymalna szybkość zmian napięcia w linii: 30V/μs (ze względu na ryzyko przepięć powstających w linii)

RS-485:

- symetryczny obwód transmisyjny
- liczba nadajników: 32
- liczba odbiorników: 32
- maksymalna prędkość transmisji: 10Mb/s
- maksymalna długość linii: 1200m
- impedancja obciążenia linii: min 60Ω
- podział urządzeń na nadrzędne (master) i podrzędne (slave)
- wyjścia nadajników posiadają bramki trójstanowe (dzięki temu można podłączyć więcej niż jeden nadajnik)
- typowe napięcie sygnałowe: 5V
- przykładowe połączenie elementów systemu:

Rys 11.1



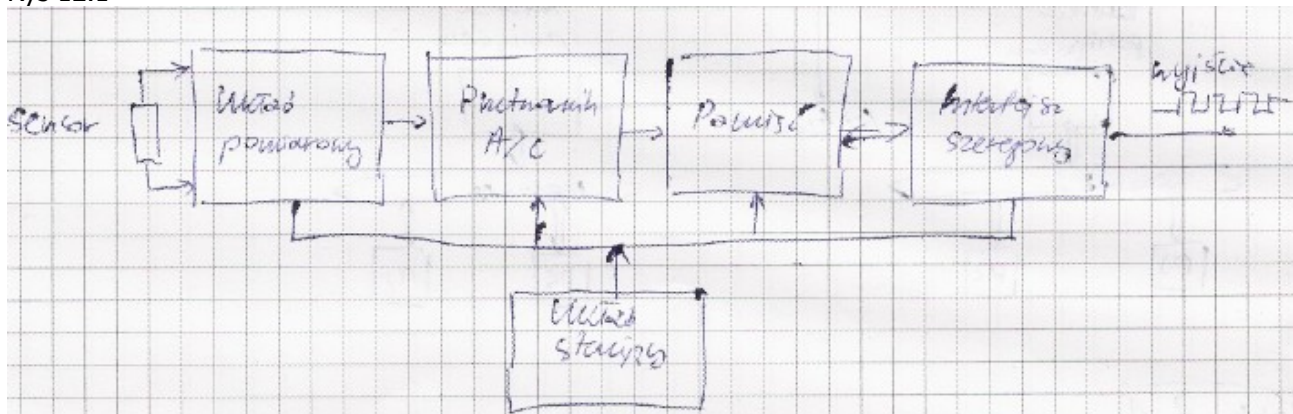
RS-423:

- wyjście nadajnika niesymetryczne
- wejście odbiornika symetryczne
- liczba nadajników możliwa do podłączenia: 1
- liczba odbiorników: 10
- maksymalna prędkość transmisji: 100kb/s
- maksymalna długość linii: 1200m
- impedancja obciążenia: min 450 Ω

12. Inteligentne czujniki pomiarowe: struktura, przykłady.

Obecnie we wszelkiego rodzaju urządzeniach czy obiektach instaluje się coraz więcej czujników pomiarowych. Na przykład w samochodzie średniej klasy znajduje się około 100 czujników monitorujących wiele wielkości fizycznych takich jak: temperatura, ciśnienie, naprężenia, skład chemiczny spalin itp. Przy tak dużej liczbie czujników wskazane jest, aby linia pomiarowa była cyfrowa. Czujnik inteligentny to charakterystyczny czujnik, który posiada zdolności adaptacyjne do wielkości mierzonej. Czujnik taki powinien: dostosowywać wzmocnienie wzmacniacza do wielkości mierzonej, posiadać układy minimalizujące wpływ zakłóceń zewnętrznych jak i wewnętrznych, linearyzować charakterystykę, poprawiać dokładność przetwarzania. Funkcjonalnie czujnik inteligentny to układ przetwarzający wielkość fizyczną na sygnał cyfrowy. Schemat blokowy czujnika inteligentnego przedstawiono poniżej:

Rys 12.1



Trzeba pamiętać, że tego typu czujniki wykonane są w postaci analogowo-cyfrowych układów scalonych, zatem temperaturowy zakres pracy jest stosunkowo mały ($< 130^{\circ}\text{C}$) oraz dokładność jest niewielka. Przykładowym czujnikiem inteligentnym jest układ AD7814. Jest to scalony czujnik temperatury o wyjściu 10 bitowym, zakresie pomiarowym -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$, rozdzielczości pomiaru $0,25^{\circ}\text{C}$ i dokładności $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Można go podłączyć do mikroprocesora za pomocą magistrali I2C.

13. System pomiarowy z interfejsem CAN.

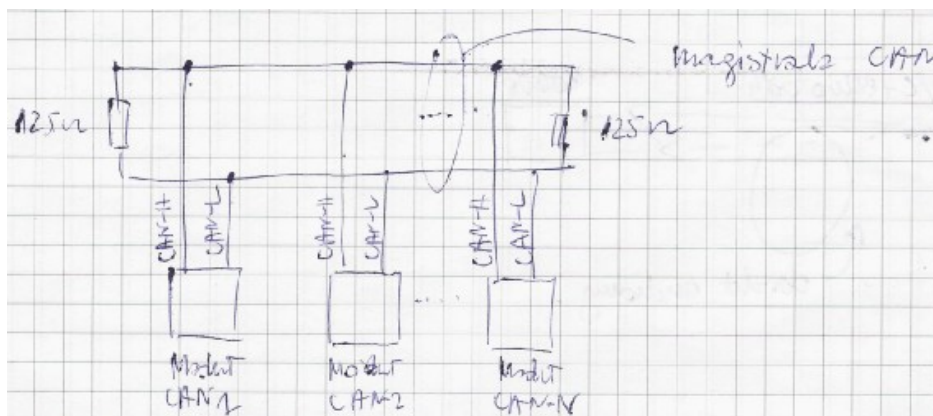
CAN – Controller Area Network. Interfejs ten pierwotnie został zaprojektowany na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego. Obecnie w szerokim użytku są dwa standardy: podstawowy CAN 2.0A oraz rozszerzony CAN 2.0B. Interfejs CAN służy do prowadzenia transmisji danych cyfrowych pomiędzy czujnikami

(cyfrowymi), układami sterującymi (najczęściej mikroprocesorowymi) oraz elementami wykonawczymi (silniki, pompy). Magistrala ta zastosowana w samochodzie organizacyjnie i funkcjonalnie zastępuje istniejącą sieć tak zwanych połączeń dedykowanych (bezpośrednie połączenie np. między pojedynczym czujnikiem a układem sterującym) jedną magistralą zwiększając tym samym niezawodność działania systemu elektronicznego (mniejsze okablowanie, mniej złączy). Do magistrali tej dołączane są tzw. moduły CAN. Każdy czujnik (zbiór czujników), układ sterujący czy element wykonawczy posiada swój moduł CAN. Interfejs ten jest również stosowany w automatyce i budownictwie. Ze względu na trudne warunki pracy w samochodzie interfejs ten musi spełniać kilka restrykcyjnych warunków:

- duża szybkość transmisji umożliwiająca prawidłową pracę urządzeń takich jak poduszki powietrzne czy system ABS
- duża odporność na zakłócenia od urządzeń elektromechanicznych (np. rozrusznik) i elektronicznych (np. zapłon)
- elastyczność co do liczby dołączonych modułów

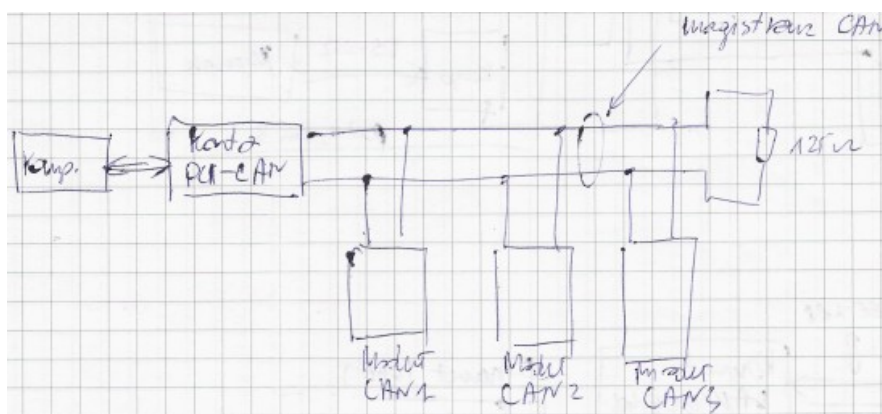
Prędkość transmisji: 1Mb/s dla linii < 40m, 5kb/s dla linii < 10km. Ustala się jedną prędkość transmisji dla całej magistrali np. 200kb/s. Przy długości linii powyżej 1000m stosuje się nadajniki i odbiorniki linii. Standard CAN nie określa nośnika informacji ani rodzaju kabla. Najczęściej jednak magistrala systemu to dwużyłowy symetryczny skręcony przewód zakończony impedancjami minimalizującymi efekty falowe.

Rys 13.1



Przykładowy system pomiarowy z magistralą CAN:

Rys 13.3



Poszczególne moduły połączone są do magistrali za pomocą dwóch przewodów: CAN-H oraz CAN-L. Każdy moduł ma jednakowe prawo do nadawania i odbierania danych. Moduły nie posiadają adresów. Nadawany komunikat odbierają wszystkie moduły w systemie. Komunikaty dzielimy na ramkę danych i ramkę zdalną. Ramka danych służy do przesyłania danych pomiarowych natomiast ramka zdalna to rozkaz przesłania danych pomiarowych. Komunikat składa się z kilku pól:

- bit startu
- pole arbitrażu (identyfikator komunikatu (11 lub 29 bitów) oraz bit RTR)
- pole sterujące (bity RBO, IDLE oraz 4 bity DLC)
- pole danych (od 0 do 8 bajtów danych)
- pole CRC (15 bitów CRC oraz bit Koniec CRC)
- pole potwierdzenia (bit ACK oraz bit Koniec ACK)
- pole końca ramki (EOF 7 bitów)

- pole odstępu (3 bity)

Poszczególne moduły CAN filtrują cyfrowo identyfikatory komunikatu i podejmują stosowane działania w zależności od odebranego komunikatu. Ze względu na możliwość wystąpienia kolizji w magistrali stany logiczne 0 oraz 1 zostały nazwane odpowiednio dominujący(0) i recesywny(1). Gdy wystąpi kolizja za aktywny uznaje się stan dominujący.

Stan recesywny:

Np. $U_{CAN-H} = 2,5V$ oraz $U_{CAN-L} = 2,5V$ (maksymalna różnica $U_{CAN-H} - U_{CAN-L}$ od 0 do 0,5V)

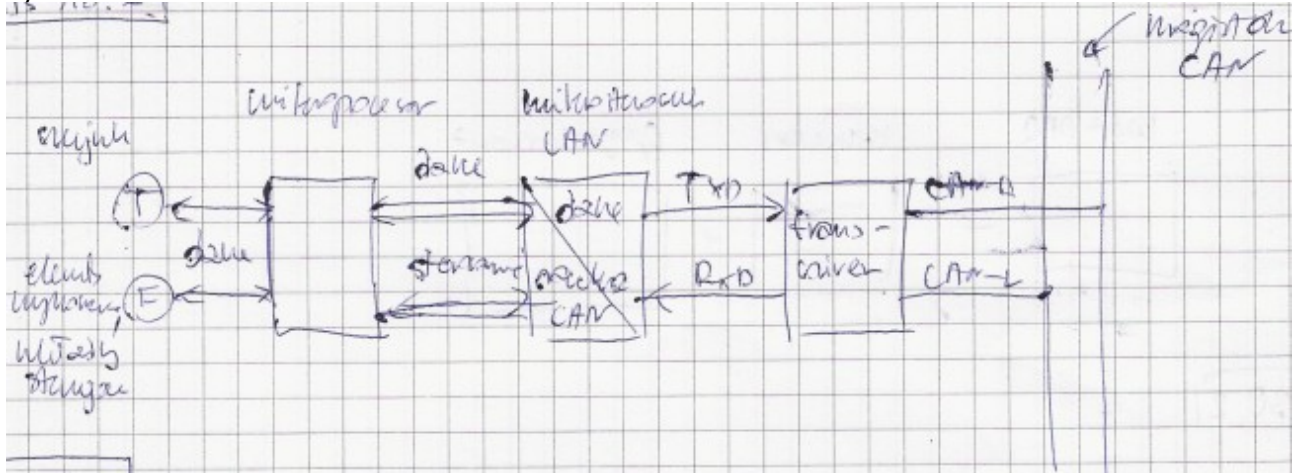
Stan dominujący:

Np. $U_{CAN-H} = 3,5V$ oraz $U_{CAN-L} = 1,5V$ (różnica potencjałów $U_{CAN-H} - U_{CAN-L}$ od 0,9V do 2,0V)

Dostęp do magistrali jest zrealizowany zgodnie z metodą wielodostępu z wykrywaniem kolizji CSMA/CD.

Schemat blokowy modułu CAN:

Rys 13.2



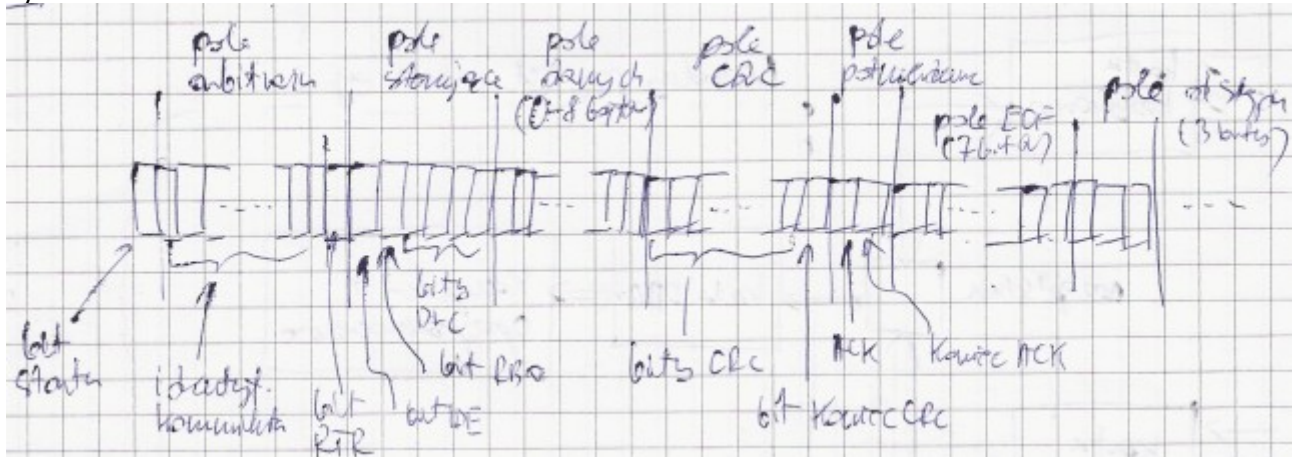
Moduł CAN powinien spełniać funkcje zarówno komunikacyjne jak i przetwarzania danych. Funkcje poszczególnych bloków:

- czujniki dostarczają informacji pomiarowych
- mikroprocesor nadzoruje proces przetwarzania A/C, wypełnia pole sterujące oraz pole danych komunikatu CAN
- mikrosterownik CAN odblicza słowo CRC oraz na bieżąco analizuje stan linii Rx/D (filtracja komunikatów, wykrywanie kolizji, oddzielenie danych od reszty komunikatu, przesłanie danych do mikroprocesora)
- transceiver dostosowuje poziomy sygnał występujący po stronie magistrali do sygnałów występujących po stronie mikrosterownika (TTL, CMOS).

14. Poprawność transmisji i wykrywanie kolizji w sieci CAN.

Komunikat w interfejsie CAN jest postaci:

Rys 14.1



Składa się z następujących pól:

- bit startu
- pole arbitrażu (identyfikator komunikatu (11 lub 29 bitów) oraz bit RTR)

- pole sterujące (bity RBO, IDLE oraz 4 bity DLC)
- pole danych (od 0 do 8 bajtów danych)
- pole CRC (15 bitów CRC oraz bit Koniec CRC)
- pole potwierdzenia (bit ACK oraz bit Koniec ACK)
- pole końca ramki (EOF 7 bitów)
- pole odstępu (3 bity)

Poprawność transmisji jest tutaj sprawdzana za pomocą słowa kontrolnego CRC. W nadajniku słowo CRC budowane jest w następujący sposób: część informacyjna komunikatu (dane pomiarowe, dane sterujące itp.) jest dzielona przez tzw wielomian generacyjny. Reszta z tego dzielenia stanowi właśnie wartość CRC, która jest włączona w przesyłany komunikat. W odbiorniku natomiast również obliczane jest słowo CRC jednak w nieco inny sposób: dzielona jest część informacyjna komunikatu wraz z przesłanym słowem CRC przez ten sam wielomian generacyjny. Jeśli wynik stanowi ciąg zer wszystko jest w porządku, jeśli natomiast wynik jest niezerowy wykryto błąd w transmisji. Błąd w transmisji jest sygnalizowany przez ustawienie bitu potwierdzenia ACK w stan dominujący – w ten sposób wszystkie moduły są informowane o wystąpieniu błędu.

Wysyłany komunikat odbierają wszystkie moduły łącznie z samym nadajnikiem, który sprawdza czy nadany komunikat jest identyczny z nadanym. Zabezpieczeniem jest również wykrywanie ciągu 6 zer lub więcej. Dodatkowo wykrywanie błędów formatu: Koniec CRC – EOF – Koniec ACK = R.

Nadawanie komunikatów w magistrali jest poprzedzone sprawdzeniem jej zajętości. Gdy magistrala jest zajęta moduł musi poczekać na jej zwolnienie. Gdy jest wolna można rozpocząć nadawanie. Sygnał startu jest jednocześnie sygnałem synchronizującym wszystkie moduły. W danej chwili mogą rozpocząć nadawanie więcej niż jeden moduł. Kolidzja jest eliminowana przez zastosowanie metody wielodostępu z detekcją kolidzji CSMA/CD. W przypadku gdy w danej chwili rozpoczną nadawanie więcej niż jeden moduł kolidzję wykrywa się przez porównywanie logiczne bitów identyfikatora komunikatu. Gdy wystąpi niezgodność wykryto kolidzję. Nadawanie może kontynuować ten moduł, który w chwili wystąpienia kolidzji nadawał bit 0 czyli sygnał dominujący. Pozostałe moduły muszą przerwać nadawanie i poczekać na zwolnienie magistrali.

Rys 14.2

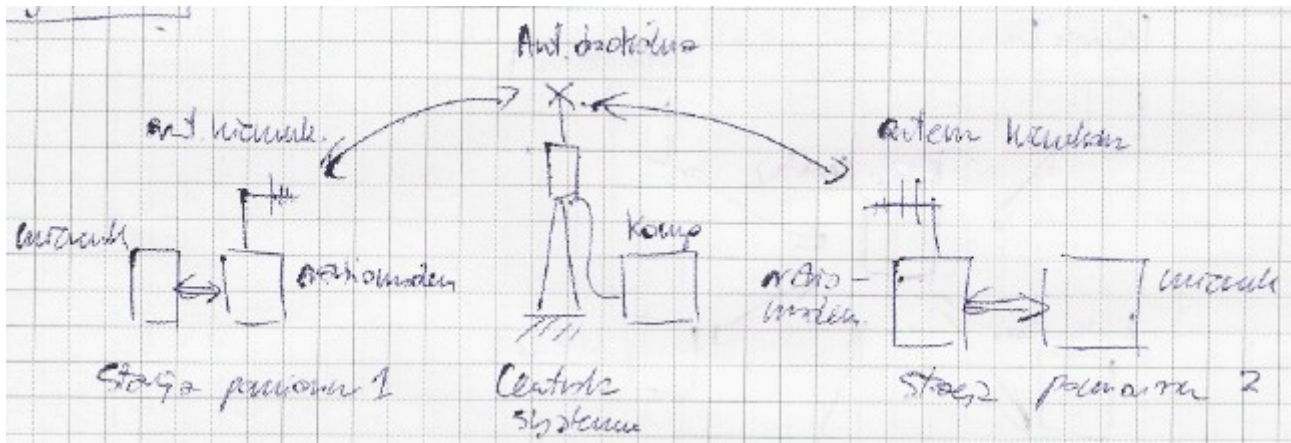


Moduł 1 nadawał sekwencje: 0101010, moduł 2 nadawał sekwencje: 0101110. Na piątym bicie wystąpiła kolidzja. Dalej nadawać będzie tylko moduł 1 ponieważ to on w chwili kolidzji nadawał bit dominujący.

15. Systemy pomiarowe z modemem radiowym.

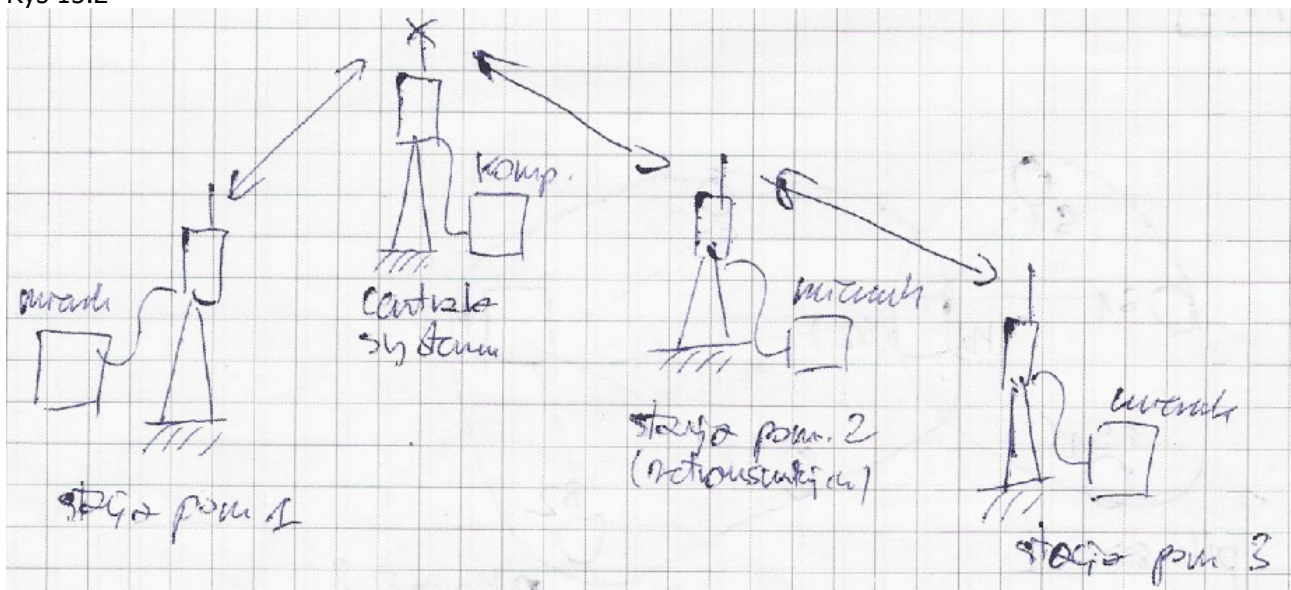
Oprócz publicznej bezprzewodowej sieci GSM oraz publicznej telefonicznej sieci przewodowej PSTN do transmisji danych pomiarowych na duże odległości można wykorzystać jeszcze inne kanały transmisyjne np. modem radiowy. Modem radiowy umożliwia przesyłanie danych cyfrowym na odległość od 100m do 100km. Przy jego pomocy można zbudować system pomiarowy, którego schemat blokowy przedstawiono poniżej:

Rys 15.1



System ten składa się z centrali systemu oraz ze stacji pomiarowych. W centrali systemu pomiarowego znajduje się komputer, który zbiera, przetwarza i archiwizuje dane pomiarowe. Stacje pomiarowe wyposażone są w radiomodemy wraz z antenami kierunkowymi. Zastosowanie anten kierunkowych pozwala zmniejszyć moc nadajników (albo lepiej ją wykorzystać), pozwala ograniczyć emisję fal elektromagnetycznych mogących zakłócać sąsiednie odbiorniki. Zaletą anten kierunkowych jest również fakt iż dane pomiarowe nie są „rozsyłane” wszędzie dookoła, a to zmniejsza ryzyko ich przechwycenia przez niepowołane osoby. W celu łatwego diagnozowania systemu dobrze jest wyposażyć modemy w moduły umożliwiające transmisję fonii. W wielu przypadkach ze względu na złe warunki propagacji fal radiowych mogą zaistnieć problemy przy transmisji danych. Problem ten można rozwiązać przez zwiększenie mocy nadajników lub zwiększenie wysokości anten. Niestety najczęściej licencja ogranicza właśnie te dwa parametry systemu. Wtedy rozwiązaniem jest zastosowanie stacji pomiarowych retransmitujących. Przykładowy system mógłby wyglądać jak na rysunku poniżej:

Rys 15.2



Transmisja pomiędzy centralą, a stacją pomiarową 3 odbywa się za pośrednictwem stacji pomiarowej, retransmitującej numer 2. Komunikaty biegnące od centrali systemu do stacji pomiarowej 3 poprzez stację 2 muszą być opatrzone odpowiednią informacją, że właśnie te dane kierowane są do stacji 3 a nie do stacji 2. Wymusza to stosowanie innego protokołu transmisji danych niż w przypadku braku stacji retransmitujących. Dane pomiarowe w systemie z radiomodemami są bezpieczniejsze niż w sieci GSM czy PSTN, ponieważ nie udostępnia się publicznie częstotliwości nośnej, sposobu modulacji, kluczy szyfrujących itp. Poza tym w tym systemie nie ma żadnej zwłoki jak to ma miejsce w sieci GSM czy też w sieci PSTN (czas potrzebny na komutację łącz).

16. Transmisja danych cyfrowych w sieci GSM i UMTS.

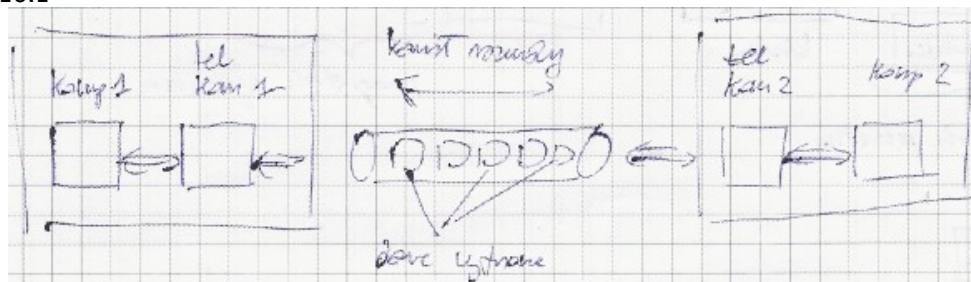
System GSM w zakresie transmisji danych cyfrowych oferuje następujące usługi:

- **SMS** (Short Message Service) – usługa umożliwia przesyłanie krótkich komunikatów alfanumerycznych, o długości do 160 znaków, do wybranych abonentów systemu, jak również do posiadacza konta poczty elektronicznej e-mail. Kanał radiowy jest bardzo słabo obciążony. Jeśli

adresat(odbiorca) nie może odebrać wiadomości natychmiast, wiadomość jest zapamiętywana i dotrze do odbiorcy później. Opcjonalnie można przesyłać potwierdzenie odbioru. Przesyłanie wiadomości odbywa się ze zwłoką, która może wynosić od kilku sekund do kilku dni. Maksymalnie można wysłać $6 \times 160 = 960$ znaków w jednej „dużej” wiadomości. Wiadomość ta zostanie podzielona i przesłana w podstawowych jednostkach < 160 znaków.

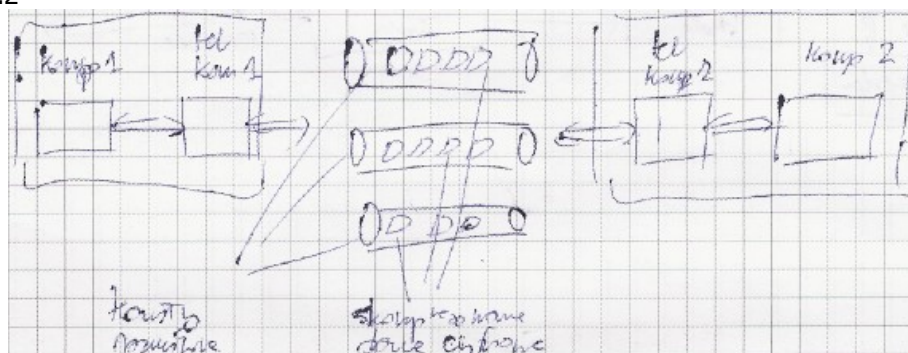
- **MMS** (Multimedia Messagin Service) – transmisja danych multimedialnych (grafika, pliki dźwiękowe)
- **CSD** (Circuit Switched Data) Komutowana transmisja danych cyfrowych. Była możliwa od początku istnienia GSM. Wykorzystuje kanał rozmówny do prowadzenia transmisji danych cyfrowych. Maksymalna prędkość transmisji 9,6kb/s jest mała i ogranicza zastosowanie tej usługi do systemów pomiarowych. Opłata za transmisję danych jest taka sama jak za rozmowę telefoniczną.

Rys 16.1



- **HSCSD** (Hight Speed Circuit Switched Data) Szybka komutowana transmisja danych cyfrowych. Maksymalna szybkość transmisji danych 57,6kb/s. Zwiększenie szybkości transmisji osiągnięto dzięki zastosowaniu dwóch środków: kompresji danych oraz zwiększenie wykorzystywanej liczby kanałów rozmównych (maksymalnie 4), przy jednym kanale fizycznym. Kompresja pozwala zwiększyć prędkość transmisji dla jednego kanału rozmównego z 9,6kb/s do 14,4kb/s.

Rys 16.2



- **GPRS** (General Packed Radio Service) Pakietowa transmisja danych cyfrowych. Umożliwia pakietową transmisję danych cyfrowych pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem w Internecie bez konieczności komutacji kanałów transmisyjnych w sieci GSM. Dane są transmitowane w postaci zbiorów (pakietów). Każdy pakiet może być transmitowany niezależnie, ponieważ każdy posiada dokładny adres odbiorcy. Wykorzystuje się tutaj komutację pakietów. W poprzednich usługach wykorzystywano komutację kanałów. Maksymalna prędkość transmisji wynosi 115kb/s (lub 170kb/s przy odpowiednich metodach kodowania danych). Aby możliwa była transmisja danych konieczna jest niewielka modyfikacja istniejącej sieci GSM.
- **EDGE** (Enhanced Data rates for GSM Evolution) Technologia pośrednia pomiędzy GSM, a UMTS. Pozwala na znacznie większą szybkość transmisji < 384 kb/s. Osiągnięto to dzięki zastosowaniu modulacji 8-PSK. Modulacja ta wymaga jednak znacznie lepszej jakości sygnału, oznacza to, że stacje ruchome muszą być stosunkowo blisko stacji bazowej oraz nie mogą poruszać się zbyt szybko. Dla EDGE zakłada się wykorzystanie pasma częstotliwości i kanałów radiowych GSM oddalonych od siebie o 200kHz. Właściwości transmisji EDGE:
 - działanie w systemach telekomunikacji ruchomej na pasmach: 800, 900, 1800, 1900, 2150 MHz.

- standardowa maksymalna szybkość transmisji: 384kb/s
 - symetryczne i niesymetryczne kanały transmisyjne
 - funkcja pakietowej transmisji danych
 - roaming między sieciami GSM
- Do prawidłowego działania EDGE wymaga dużych modyfikacji sieci GSM.

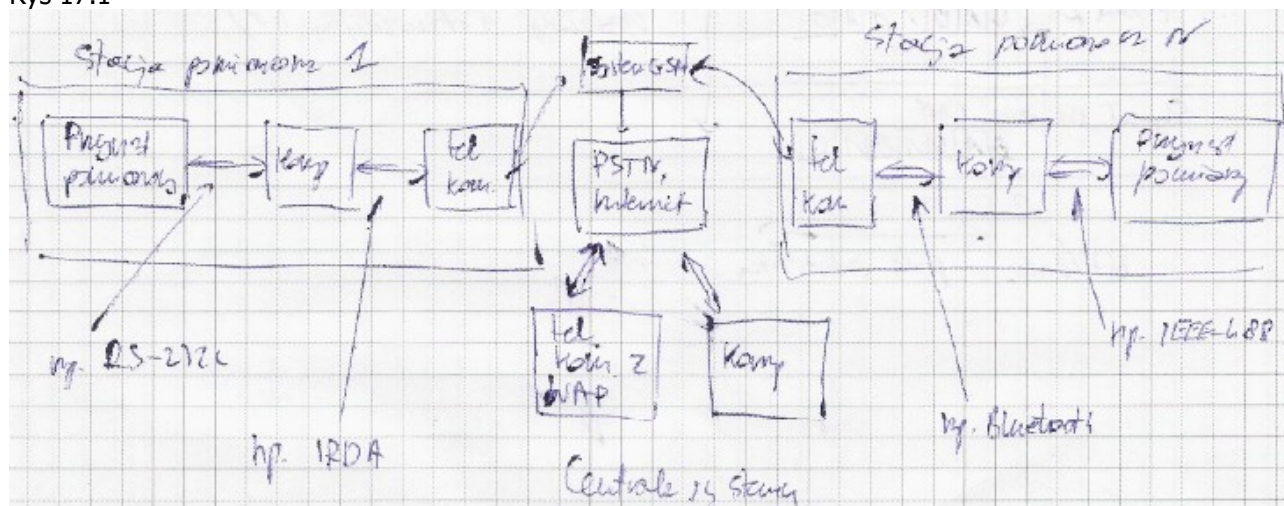
UMTS również oferuje usługi w zakresie transmisji danych cyfrowych. System UMTS składa się z dwóch części: naziemnej i satelitarnej. Dzięki części satelitarnej możliwe jest prowadzenie transmisji nawet na terenach niezaludnionych takich jak oceany, pustynie. Część naziemna jest zorganizowana podobnie jak system GSM, natomiast część satelitarna składa się z kilkuset satelitów umieszczonych na niskich lub średnich orbitach. W zakresie transmisji danych cyfrowych przewiduje się: telefonia, wideotelefonia, dane w paśmie akustycznym, dostęp do bazy danych, transmisja danych, zdalne sterowanie. Maksymalna szybkość transmisji technologii UMTS jest stosunkowo duża: do 2Mb/s.

HSDPA (Hight Speed Downlink Packet Access), pobieranie danych (10Mb/s)

17. Rozproszone systemy pomiarowe z transmisją danych w sieci GSM.

System GSM umożliwia bezprzewodową transmisję danych cyfrowych. To otwiera możliwość zestawienia rozproszonego komputerowego systemu pomiarowego. Przykładowy schemat blokowy takiego systemu przedstawiony jest na rysunku poniżej:

Rys 17.1



W systemie tym wyróżnić można centrale systemu oraz stacje pomiarowe. Stacja pomiarowa składa się z przyrządu cyfrowego (bądź kilku przyrządów), komputera oraz telefonu komórkowego. Przyrządy pomiarowe są podłączone do komputera za pomocą standardowych interfejsów pomiarowych: np. RS-232C, IEEE-488. Telefon komórkowy wykorzystywany do łączności z systemem GSM musi być typu MT1 lub MT2. Można również do tego celu wykorzystać specjalną kartę na magistrale PCMCIA pełniącą rolę telefonu komórkowego (Phone Card). Transmisja danych pomiarowych między przyrządami pomiarowymi, a telefonem komórkowym może odbywać się bez pośrednictwa komputera, ale to wymaga specjalnego interfejsu. Zastosowanie komputera w systemie ma również dodatkową zaletę: dane wysyłane w eter są już przetworzone. Dane pomiarowe trafiają z systemu GSM do publicznej sieci telefonicznej PSTN lub Internetu, a stąd do komputera sterującego lub do telefonu komórkowego z obsługą WAP. Oddzielnym problemem jest transmisja danych wewnątrz stacji pomiarowej między komputerem, a telefonem komórkowym. Do tego celu można wykorzystać kabel elektryczny, interfejs bezprzewodowy na podczerwień IrDA lub interfejs radiowy Bluetooth.

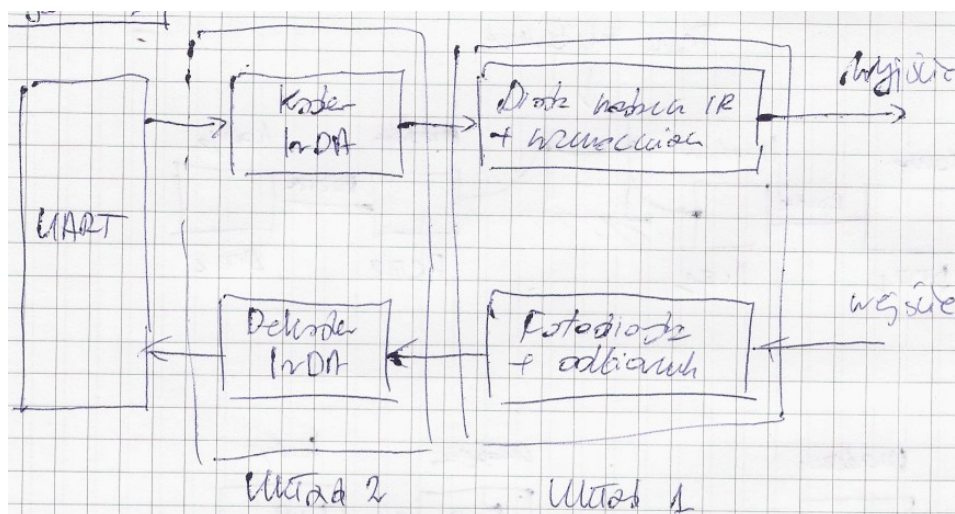
18. Interfejs bezprzewodowy IrDA.

Interfejs IrDA jest przeznaczony do transmisji danych cyfrowych na niewielkie odległości z wykorzystaniem promieniowania podczerwonego. Interfejs IrDA umożliwia transmisję danych pomiędzy urządzeniami takimi jak np. komputer-drukarka, komputer-telefon komórkowy, komputer-przyrząd pomiarowy itp. Obydwa urządzenia muszą leżeć w „polu widzenia” diod odbiorczych i nadawczych. Układ elektroniczny interfejsu IrDA składa się z dwóch układów scalonych. Pierwszy zawiera w swej strukturze diodę nadawczą IR, fotodiodę odbiorczą oraz wzmacniacze zarówno dla nadajnika jak i odbiornika. Układ ten zwykle montowany jest na obudowie urządzenia. Drugi układ scalony jest układem cyfrowym zawierającym odpowiednie kodery i dekodery sygnałów cyfrowych. Koder przetwarza sygnał cyfrowy z UART na sygnał, który odpowiednio

wysterowuje diodę nadawczą IR. Dekoder zaś przetwarza odebrany przez fotodiode sygnał na sygnał cyfrowy zrozumiały dla układu UART.

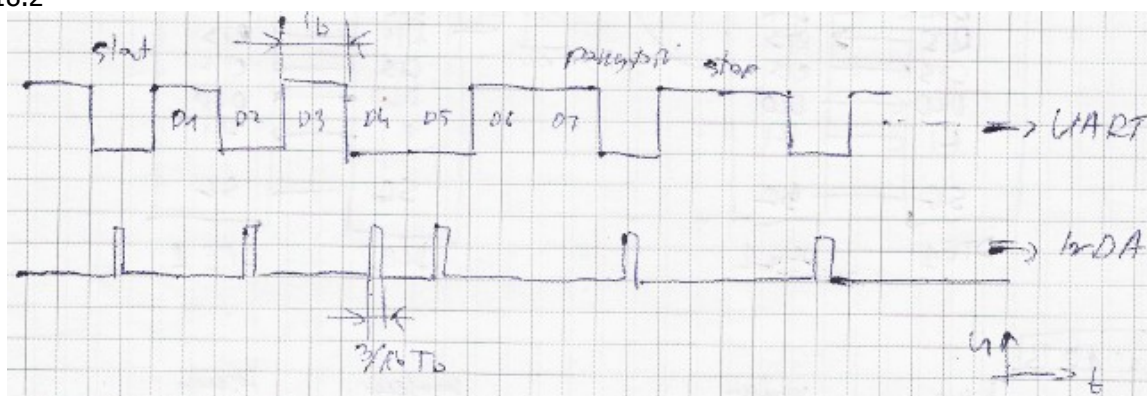
Schemat blokowy układu IrDA:

Rys 18.1



Sposób kodowania sygnałów 0 oraz 1 jest następujący: logiczne 1 występuje wtedy gdy nie ma impulsu, a logiczne 0 wtedy gdy pojawia się impuls. Przedstawia to rysunek poniżej:

Rys 18.2



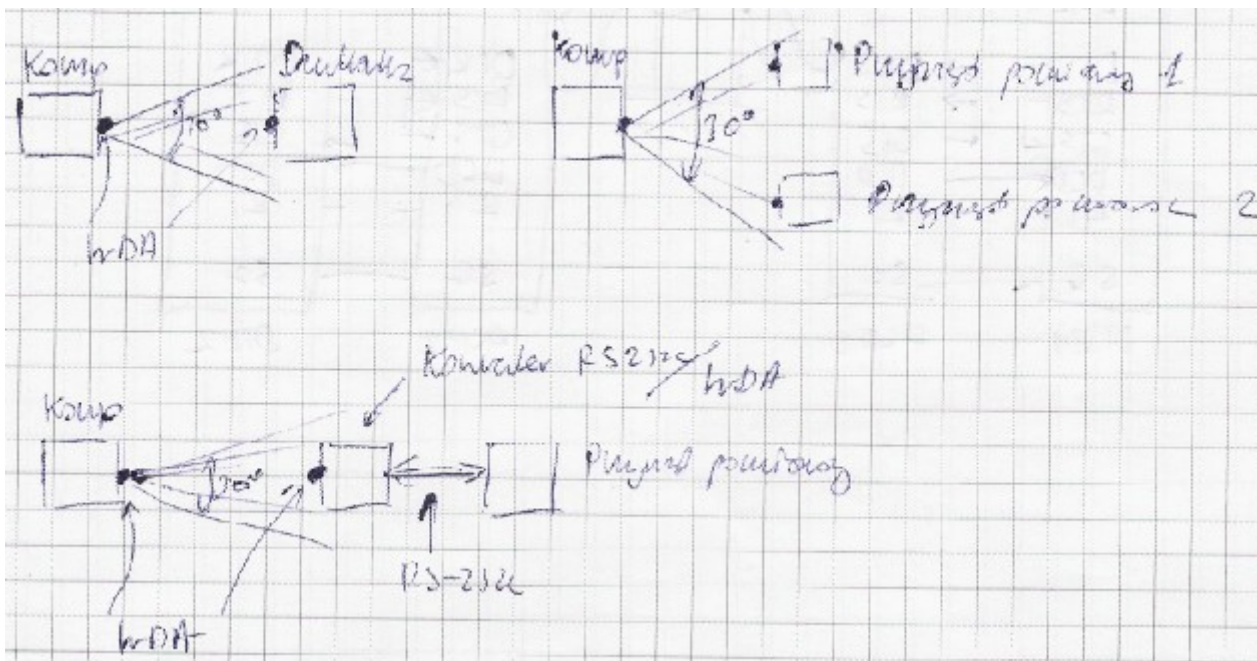
Parametry IrDA:

- odległość między urządzeniami: 1-3m
- kąt odbioru: od $\pm 15^\circ$ do $\pm 30^\circ$
- prędkość transmisji: od 2,4kb/s do 16Mb/s (zależy od standardu)
- długość fali emitowanego promieniowania: 850-900nm
- moc diody nadawczej: 40mW/sr ($< 115\text{kb/s}$), 100mW/sr ($> 115\text{kb/s}$)
- stopa błędów 10^{-8}
- czas trwania impulsu: 3/16 bitu UART

Transmisja w interfejsie IrDA jest asynchroniczna znakowa w trybie półduplexowym. Kąt odbioru może być większy, ale celowo jest zmniejszany, aby zminimalizować podatność układu na sygnały postronne. Interfejs IrDA można zastosować do prostego systemu pomiarowego, w którym dane pomiarowe pochodzące od przyrządów pomiarowych transmitowane są do komputera (kontrolera) za pomocą promieniowania podczerwonego. Interfejs ten może być również wykorzystany do pomiarów na obiektach ruchomych (np. wirujących). Brak przewodów umożliwia dokonanie pomiaru dotykowego (zamiast bezdotykowego z wykorzystaniem na przykład pirometrem) co znacznie zwiększa dokładność pomiaru. Ponieważ większość cyfrowych przyrządów pomiarowych wyposażonych jest w interfejs RS-232C, można zastosować odpowiedni konwerter RS-232C/IrDA, aby dokonać transmisji bezprzewodowej.

Przykłady zastosowania:

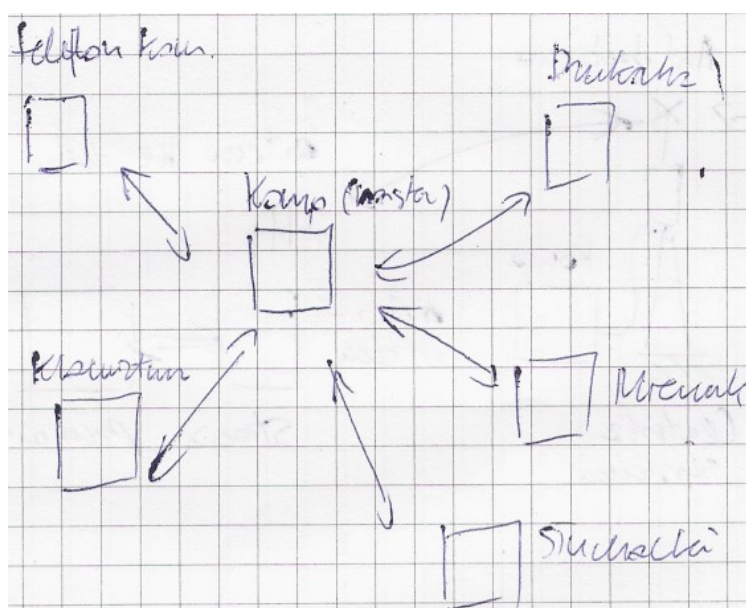
Rys 18.3



19. Interfejs radiowy Bluetooth.

Interfejs Bluetooth jest przeznaczony do prowadzenia transmisji danych cyfrowych na niewielkie odległości z wykorzystaniem fal radiowych. Interfejs umożliwia łączność na odległość do 10m w paśmie 2,45GHz z prędkością nie przekraczającą 1Mb/s. Pierwotnie Bluetooth projektowany był do łączności pomiędzy urządzeniami elektronicznymi takimi jak: komputer, telefon komórkowy, zestaw słuchawkowy, drukarka itp. Podstawowa różnica w stosunku do IrDA jest taka, że Bluetooth umożliwia wymianę danych pomiędzy większą liczbą urządzeń (do 8), a nie tylko do dwóch tak jak to jest w przypadku IrDA. Bluetooth wykorzystuje fale radiowe z pasma ISM (od 2,402 do 2,8535GHz) gdzie nie jest wymagane posiadanie żadnej licencji na prowadzenie transmisji. Każde urządzenie Bluetooth posiada swój unikatowy 32-bitowy adres identyfikator BDA (Bluetooth Device Address). Umożliwia to zaadresowanie ponad 4 miliardów urządzeń. Fale radiowe propagują się na większą odległość niż promieniowanie IR. Łatwiej jest również zapewnić propagację kulistą – we wszystkich kierunkach. To stanowi dużą przewagę nad IrDA. Kodowanie symboli 0 oraz 1 odbywa się przez kluczowanie częstotliwości. Logiczne 1 występuje gdy częstotliwość wzrośnie o 160kHz powyżej nośnej, natomiast logiczne 0 występuje wtedy gdy częstotliwość będzie mniejsza o 160kHz od częstotliwości nośnej. W ramach jednej tzw pikoseci może być podłączonych maksymalnie 8 urządzeń.

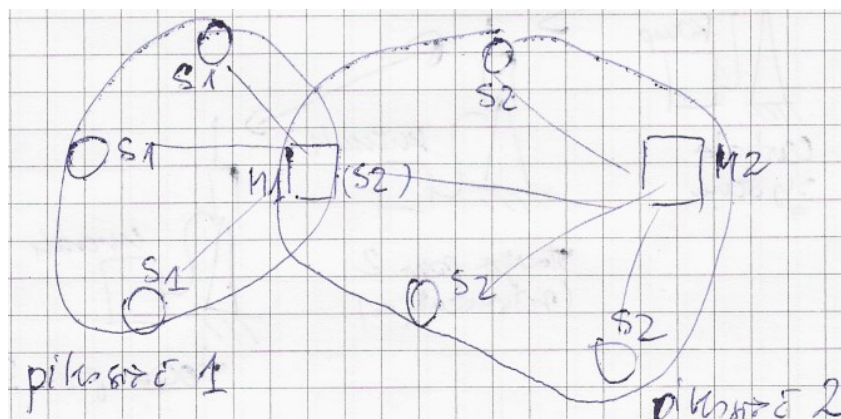
Rys 19.1



Każde z urządzeń może być nadajnikiem lub odbiornikiem. W pikoseci występuje podział na urządzenie nadrzędne master i urządzenia podrzędne – slave. Urządzenie, które zainicjowało sieć jest urządzeniem master. W interfejsie Bluetooth transmisja jest w trybie półduplexowym jeden na jeden. W danej chwili (w

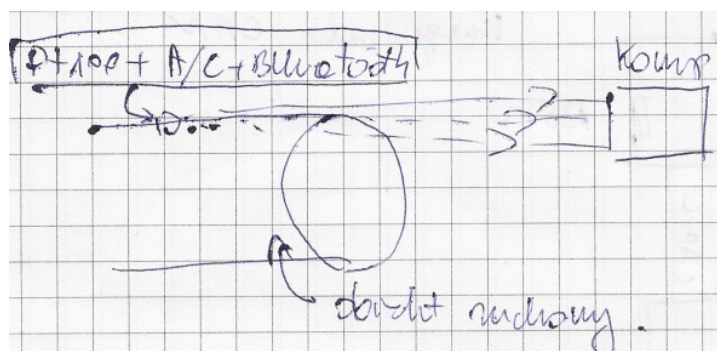
określonej szczeliny czasowej) jedno urządzenie nadaje i jedno urządzenie odbiera. Cała transmisja musi odbywać się z pośrednictwem urządzenia master. Istnieje możliwość komunikacji urządzeń z dwóch różnych pikosieci. Jedno urządzenie może należeć jednocześnie do kilku pikosieci.

Rys 19.2



Należy pamiętać, że urządzenie master w jednej pikosieci jest zawsze urządzeniem slave w innej pikosieci. Najważniejsze z zastosowań interfejsu Bluetooth to: karta PCMCIA do laptopów umożliwiająca transmisję danych pomiędzy laptopem, a telefonem komórkowym; wykorzystanie Bluetooth do transmisji mowy między zestawem słuchawkowym, a telefonem komórkowym. Brak przewodów predestynuje ten interfejs do zastosowań pomiarowych na obiektach ruchomych np. wirujących. Interfejs ten umożliwia wykonanie pomiarów dotykowych na elementach ruchomych. Pomiar taki jest dużo dokładniejszy niż pomiar bezdotykowy (wykonywany na przykład za pomocą pirometru). Przykład z pomiarem temperatury:

Rys 19.3



20. Interfejs radiowy ZigBee.

Interfejs ten służy do rzadkiej i nieregularnej komunikacji jaka jest prowadzona z czujnikami w systemach monitoringu.

Parametry interfejsu ZigBee:

- Stosunek czasu pracy aktywnej do czasu włączenia interfejsu $< 0,1\%$.
- Protokół transmisji CSMA/CA.
- Ramka transmisyjna do 128 bajtów, w tym 104 bajty danych.
- Pasma częstotliwości: ISM.

W mini sieci stworzonej z wykorzystaniem interfejsu ZigBee musi znajdować się koordynator sieci. Zastosowania podobne jak we wszystkich pozostałych interfejsach bezprzewodowych na niewielkie odległości. Przykład zastosowania: pomiary dotykowe na elementach ruchomych.

21. Cechy i parametry interfejsu równoległego IEEE-488. Magistrała interfejsu.

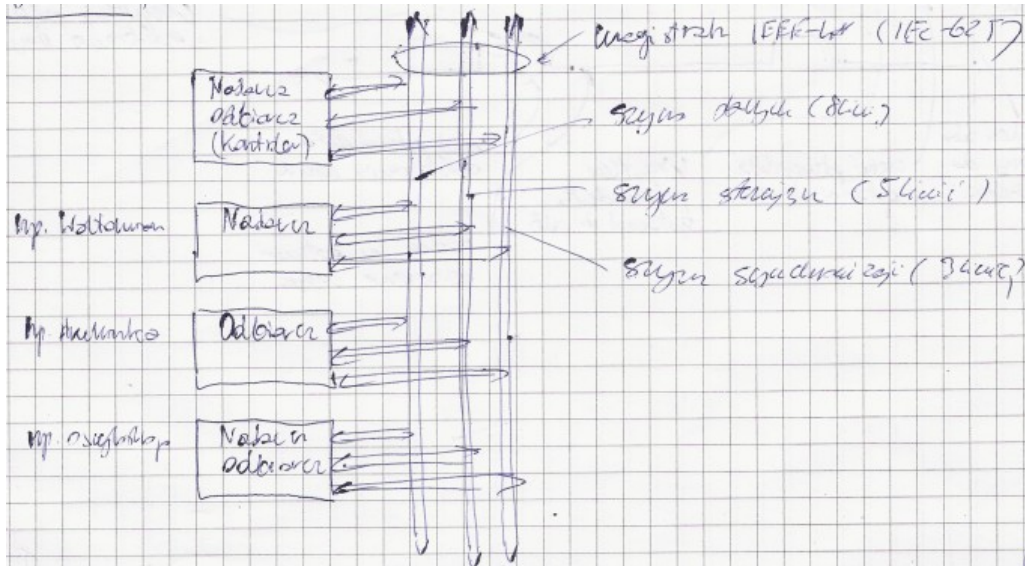
Interfejs IEEE-488 jest to pierwszy interfejs przeznaczony wyłącznie do celów pomiarowych. Standard ten określa organizację przepływu informacji, parametry elektryczne sygnałów i linii, parametry mechaniczne złącza oraz kabla. Interfejs ten przeznaczony jest do łączenia w system pomiarowy urządzeń takich jak:

- cyfrowych przyrządów pomiarowych klasycznych (np. multimetr, oscyloskop, analizator częstotliwości, częstotściomierz itp.) jak i specjalistycznych
- urządzeń sterowanych zdalnie i wykonawczych (zasilacze, generatory itp.)

- drukarki, rejestratory cyfrowe, plotery
- kontroler systemu, którym jest najczęściej komputer klasy PC

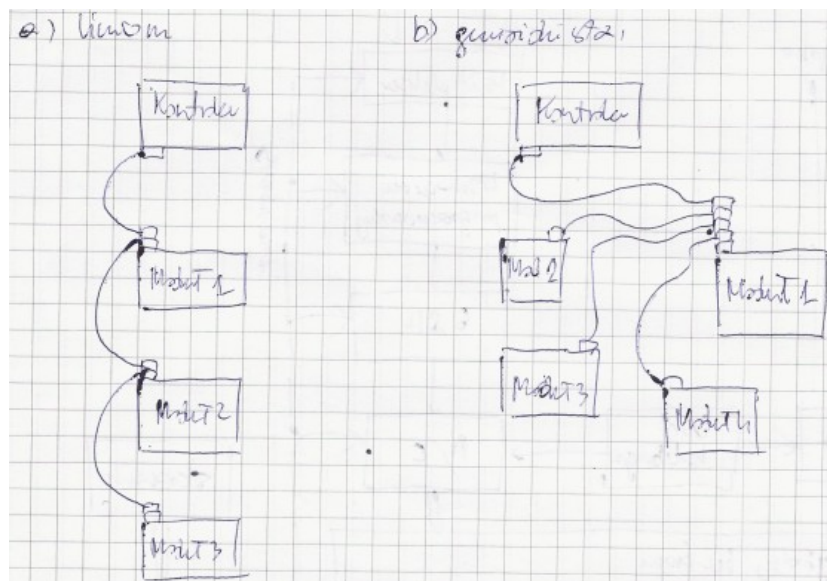
Interfejs ten pozwala na równoległą dwukierunkową transmisję danych cyfrowych pomiędzy urządzeniami. Urządzenia w systemie mogą być nadajnikami, odbiornikami, bądź jednocześnie nadajnikami i odbiornikami. Przykładowa struktura systemu z interfejsem przedstawiona jest na rysunku poniżej:

Rys 21.1



Jak widać magistrala systemu jest liniowa. Poszczególne urządzenia można łączyć w sposób liniowy lub gwiazdowy, ale struktura logiczna magistrali musi pozostać liniowa:

Rys 21.2



Komputer (kontroler systemu) jest dołączony do magistrali za pomocą specjalnej karty interfejsowej. Karta ta dołączona jest do komputera za pomocą jednej z magistral: PCI, ISA, lub IEEE-1284, IEEE-1394, USB. W systemie może być więcej niż jeden kontroler, ale wtedy jeden z kontrolerów musi pełnić rolę aktywnego. W systemie może też nie być żadnego kontrolera, ale wtedy każde urządzenie musi być wcześniej zaadresowane do nadawania lub odbioru.

Parametry interfejsu IEEE-488:

- równoległa asynchroniczna transmisja z potwierdzeniem odbioru (handshake), transmitowane słowa 8 bitowe
- transmisja z potwierdzeniem odbioru pozwala na dostosowanie prędkości transmisji do najwolniejszego urządzenia

- na liniach sygnałowych obowiązuje logika ujemna (logiczne 1 – niskie napięcie w linii, logiczne 0 – wysokie napięcie w linii)
- maksymalna prędkość transmisji 1MB/s
- maksymalna długość magistrali 20m
- maksymalna liczba urządzeń w systemie 15
- zalecana maksymalna odległość pomiędzy poszczególnymi urządzeniami 2m

Magistrala interfejsu składa się z 24 linii (25 dla IEC-625). Linie te można podzielić na kilka szyn: szyna danych (8 linii), szyna sterująca (5 linii), szyna synchronizacji (3 linie), linie masy (7 linii, dla IEC-628 jest 8 linii masy), 1 linia ekranowania.

Linie danych (8 linii):

- **DIO1....DIO8** – liniami tymi przesyłane są zarówno dane pomiarowe jak i instrukcje sterujące. O typie danych decyduje stan linii ATN

Linie sterujące (5 linii):

- **IRF** (Interface Clear) – Linia sterowana przez kontroler. Służy do sprowadzania urządzeń do stanu zerowego.
- **ATN** (Attention) – Linia sterowana przez kontroler. Określa typ danych przesyłanych liniami danych. Jeśli ATN=1 przesyłane są instrukcje sterujące, jeśli ATN=0 przesyłane są dane pomiarowe.
- **SRQ** (Service Request) – Linia sterowana przez dowolne urządzenie. Żądanie obsługi. Można to traktować jako żądanie obsługi przerwania. Przykładem może być żądanie zmiany zakresu pomiarowego.
- **REN** (Remote Enable) – Linia sterowana przez kontroler. Stan tej linii określa czy urządzenie jest sterowane zdalnie (za pomocą kontrolera) czy lokalnie (ręcznie przez człowieka).
- **EOI** (End Or Identify) – Linia sterowana przez kontroler lub nadajnik. Jeśli przesyłano dane pomiarowe (ATN=0) to stan linii EOI=1 oznacza koniec segmentu danych. Jeśli przesyłano instrukcje sterujące (ATN=1) to stan EOI=1 oznacza żądanie wysłania statusu urządzenia.

Linie synchronizacji (3linie):

- **DAV** (Data Vaild) – Linia sterowana przez kontroler. Jeśli DAV=1 bity na liniach danych ustabilizowały się i można je odczytać.
- **NRFD** (Not Ready For Data) – Linia sterowana przez urządzenia zaprogramowane do odbioru (odbiorniki). Jeśli NRFD=1 to znaczy, że przynajmniej jeden odbiornik nie jest gotowy do odbioru danych.
- **NDAC** (Not Data Accepted) – Linia sterowana przez urządzenia zaprogramowane do odbioru danych (odbiorniki). Linia ta mówi iż w systemie przynajmniej jeden z odbiorników jeszcze nie zdążył odebrać danych (np. nie zdążył zczytać ich z bufora).

22. Funkcje interfejsowe w standardzie IEEE-488 (10 funkcji).

- **SH** (Source Handshake), sterowanie wysyłaniem komunikatów. Przygotowuje urządzenie IEEE-488 do wysyłania komunikatów.
- **T** (Tolker), nadajnik. Wykonuje czynność nadania komunikatów.
- **AH** (Acceptor Handshake), sterowanie odbieraniem komunikatów. Przygotowuje urządzenie IEEE-488 do odebrania komunikatów.
- **L** (Listener), odbiornik. Wykonuje czynność odebrania komunikatów.
- **SR** (Service Request), żądanie obsługi. Funkcja ta umożliwia urządzeniu zgłoszenie potrzeby obsługi programowej. W celu wykonania funkcji SR urządzenie ustawia linie SRQ na logiczną 1. W reakcji na zgłoszenie SR, kontroler rozpoznaje urządzenie zgłaszające i wykonuje odpowiednią procedurę.
- **RL** (Remote/Local), zdalne, lokalne. Funkcja ta umożliwia wybór sposobu sterowania urządzenia: obsługa zdalna za pomocą magistrali lub obsługa lokalna za pomocą płyty czołowej urządzenia. Realizacja funkcji dokonywana jest przez wystawienie linii REN=1.
- **PP** (Parallel Poll), odpytywanie równoległa. Funkcja ta umożliwia kontrolerowi sprawdzenie stanu urządzeń poprzez szynę danych. W danej chwili można sprawdzić stan do 8 urządzeń. Funkcja ta jest wykonywana w sytuacji gdy jedno z urządzeń zgłasza żądanie obsługi (SRQ=1). Wówczas kontroler za pomocą PP sprawdza, które urządzenie zgłaszało żądanie.

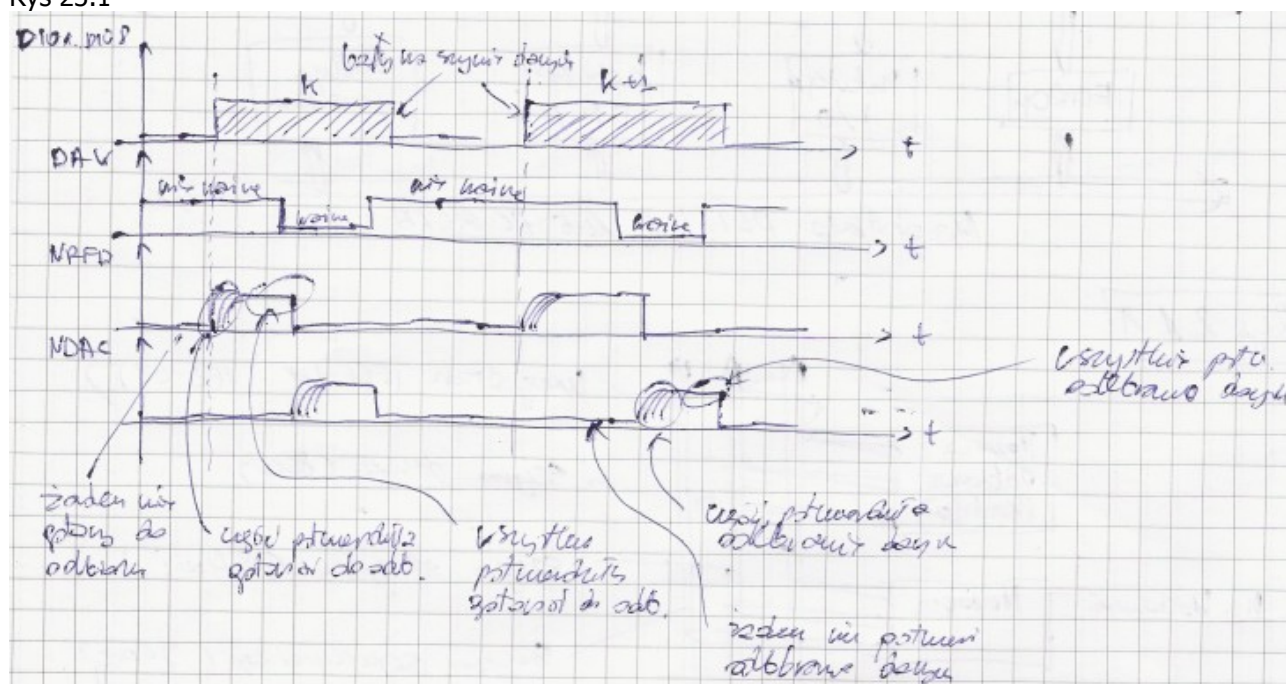
- **DC** (Device Clear), zerowanie urządzenia. Funkcja ta sprowadza wszystkie urządzenia w systemie do stanu początkowego. Funkcję tę spełnia tylko aktywny kontroler przez wystawienie linii IFC=1.
- **DT** (Device Trigger), wyzwalanie urządzenia. Funkcja ta służy do rozpoczęcia działania urządzenia lub kilku urządzeń. Np. służy do zdalnego zapoczątkowania procesu pomiaru napięcia przez woltomierz cyfrowy.
- **C** (Controller), kontroler. Funkcja ta służy do sterowania pracą systemu. Jest wykonywana przez wysyłanie rozkazów i adresowania urządzeń.

Należy zauważyć, że dane urządzenie IEEE-488 nie musi mieć zainstalowanych wszystkich 10 funkcji.

23. Transmisja komunikatów w systemie IEEE-488 według standardu i HS488.

W standardzie IEEE-488 transmisja jest równoległa, asynchroniczna z potwierdzeniem gotowości do odbioru danych i z potwierdzeniem ich odebrania. Maksymalna prędkość transmisji wynosi 1MB/s. Taką prędkość transmisji można osiągnąć tylko w określonych warunkach: maksymalnie 10 urządzeń w systemie oddalonych każde od siebie na odległość maks 1m. Typowe prędkości transmisji to 500-250kB/s. Przebiegi czasowe podczas transmisji danych:

Rys 23.1

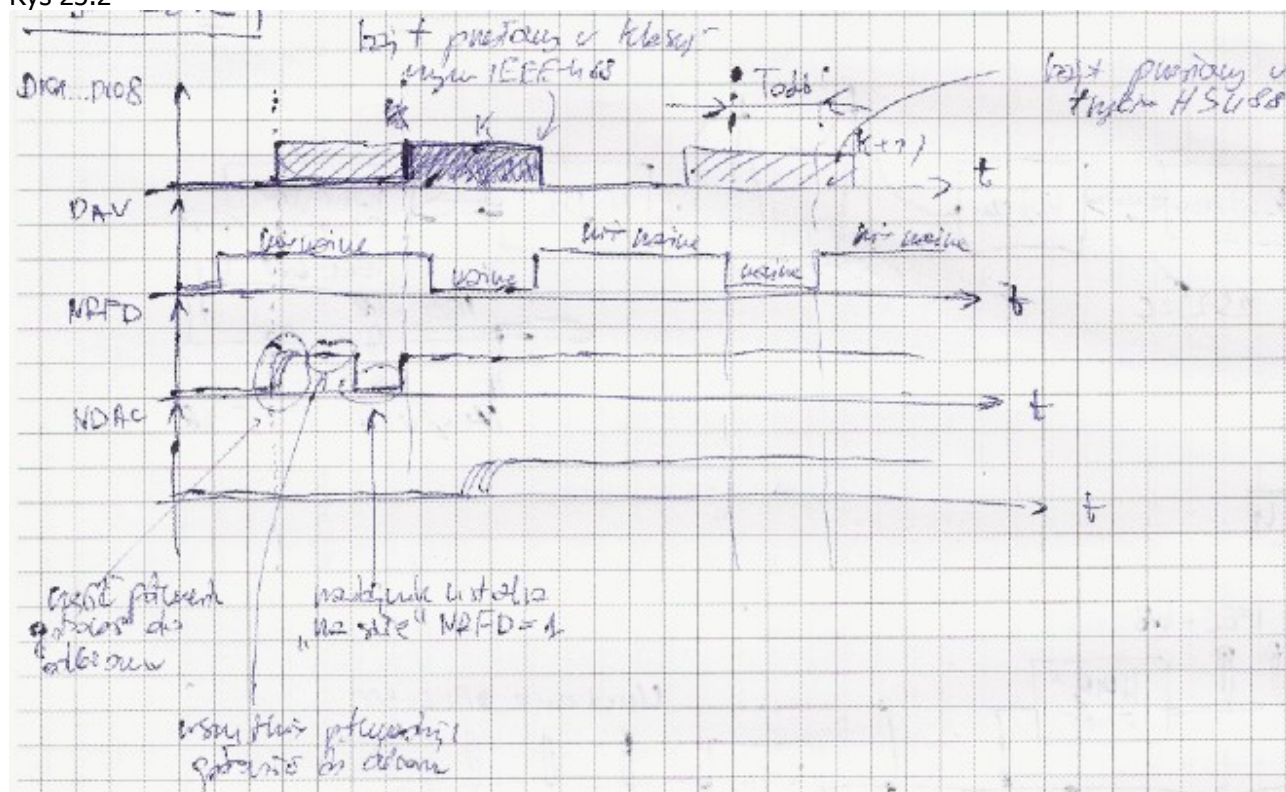


W chwili $t=0$ dobiega końca transmisja bajtu danych $k-1$. Dane na szynie danych są nieważne ($DAV=0$) oraz urządzenia odbiorcze nie są gotowe do odbioru danych ($NRFD=1$) i nie potwierdzają odebrania danych ($NDAC=1$). Po wystawieniu na szynę danych bajtu danych, urządzenia zaczynają potwierdzać gotowość do odebrania danych. Gdy wszystkie urządzenia potwierdzą gotowość (na wyjściu wszystkich urządzeń $NRFD=0$), nadajnik ustawia linię DAV w stan 1 dając sygnał, że dane są ważne i można rozpocząć ich odczytanie. Urządzenia czytają dane i zaczynają potwierdzać odebranie danych sygnałem $NDAC=0$. Pierwsze urządzenie, które potwierdzi odbiór ustala jednocześnie stan linii $NRFD$ na logiczne 1. Kiedy wszystkie urządzenia odbiorą dane można unieważnić dane na szynie danych (bądź je po prostu zdjąć) ustawiając linię DAV na stan logiczny 0. W tej chwili dobiega końca transmisja pojedynczego bajtu (k -tego bajtu). Można rozpocząć nadawanie bajtu $k+1$.

Interfejs HS488 jest ulepszeniem interfejsu IEEE-488. W standardzie HS488 szybkość transmisji została znacznie zwiększona. Osiągnięto to głównie dzięki uproszczeniu procedury transmisji danych pomiarowych. W HS488 tylko pierwszy bajt danych jest przesyłany w pełnym trybie handshake (jest potwierdzenie gotowości do odbioru i potwierdzenie odebrania danych). Kolejne bajty są przesyłane bez potwierdzenia gotowości odbiorców do odbioru danych i bez potwierdzenia odebrania danych. Bajt jest wystawiany na szynę danych, następnie linia DAV ustawiana jest przez nadajnik w stan logiczny 1, ale tylko na określony czas T_{odb} . W czasie tym odbiorcy muszą odebrać dane. Długość czasu wpływa oczywiście na ostateczną prędkość transmisji. Czas ten zależy szczególnie od długości magistrali interfejsu. Instrukcje sterujące są zawsze przesyłane w pełnym trybie handshake. Maksymalna prędkość transmisji dla HS488 może wynieść 8MB/s. Do tak dużej prędkości trzeba spełnić kilka warunków: tylko 2 urządzenia w systemie połączone

przewodem o długości nie większej niż 2m oraz karta interfejsu musi być podłączona do magistrali PCI. Przy wykorzystaniu magistrali ISA maksymalna prędkość transmisji dla HS488 może osiągnąć do 2MB/s. Przebiegi czasowe przy przesyłaniu danych w standardzie HS488:

Rys 23.2

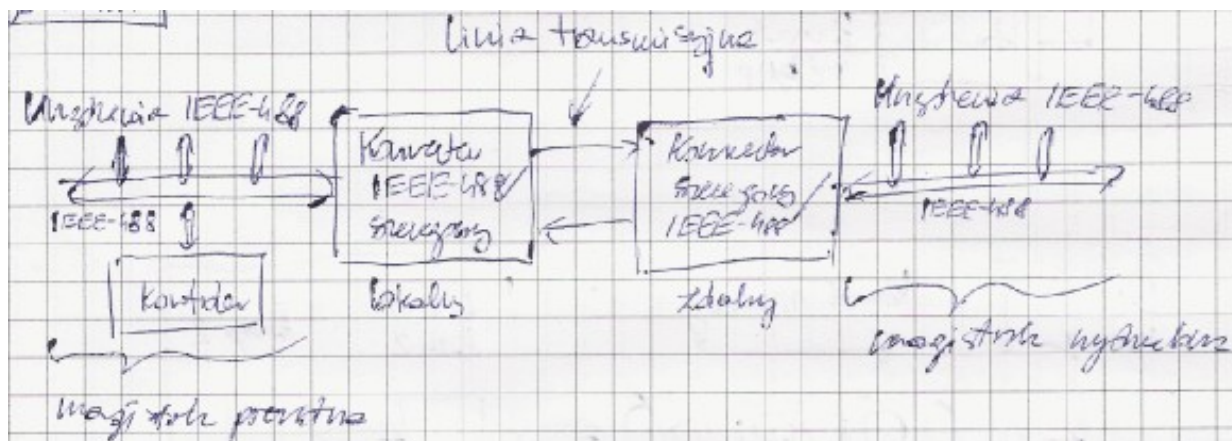


Tylko pierwszy bajt przesyłany jest z pełnym handshak-iem. Kolejne bajty przesyłane są bez potwierdzenia zgodnie ze standardem HS488.

24. Zwiększenie odległości między urządzeniami w systemie IEEE-488.

Według standardu interfejs IEEE-488 pozwala na stworzenie systemu pomiarowego o maksymalnej długości magistrali nie przekraczającej 20m (zalecana odległość między urządzeniami: 2m). Aby zwiększyć ten dystans należy zastosować odpowiednie środki. System, w którym magistrala systemu ma długość większą niż 20m jest nazywany rozproszonym systemem pomiarowym. Najczęstszym sposobem na zwiększenie długości użytkowej magistrali jest zastosowanie konwersji danych z postaci równoległej na szeregową, a potem z szeregową na równoległą. Zwykle prędkość transmisji takiej magistrali jest mniejsza. Magistrala nie jest wtedy już czystą magistralą równoległą, ale hybrydą równoległo-szeregową. Schemat blokowy magistrali z konwersją równoległo-szeregową jest przedstawiony na rysunku poniżej:

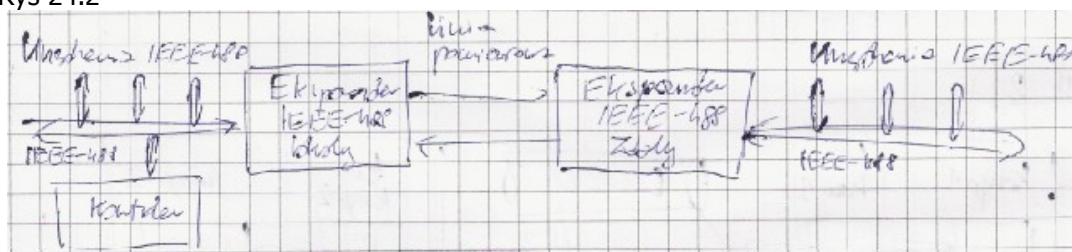
Rys 24.1



Linia transmisyjna może być przewodowa lub bezprzewodowa. Dalej rozpatrzono systemy przewodowe. Można rozróżnić 3 pary (konwerter + linia transmisyjna) różnych rozproszonych systemów pomiarowych (w których dystans między urządzeniami może sięgać wielu kilometrów):

- **ekspander i przewodowa linia pomiarowa** (kabel elektryczny lub kabel światłowodowy). Schemat blokowy takiego systemu przedstawiono na rysunku poniżej:

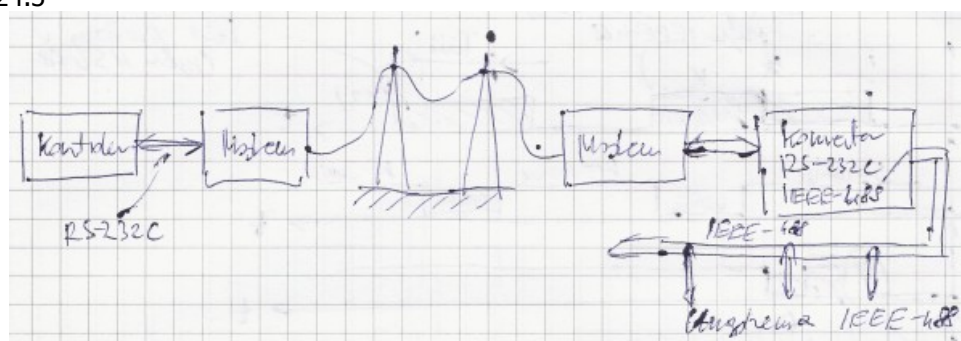
Rys 24.2



Ekspander pozwala zwiększyć długość magistrali nawet do kilku kilometrów. Dokonuje on konwersji równoległo-szeregową komunikatów generowanych na magistrali. Ekspander powinien być całkowicie „przezroczysty” dla sygnałów występujących na liniach – nie powinien w żaden sposób zmieniać ich stanów, powinien wiernie je odtwarzać. Przy zastosowaniu linii światłowodowej prędkość transmisji może nie ulec pogorszeniu, może wynosić do 1,1MB/s.

- **konwerter RS-232C/IEEE-488 oraz sieć telefoniczna.** Schemat blokowy rozproszonego systemu pomiarowego z konwerterem RS-232C/IEEE-488 przedstawiono na rysunku poniżej:

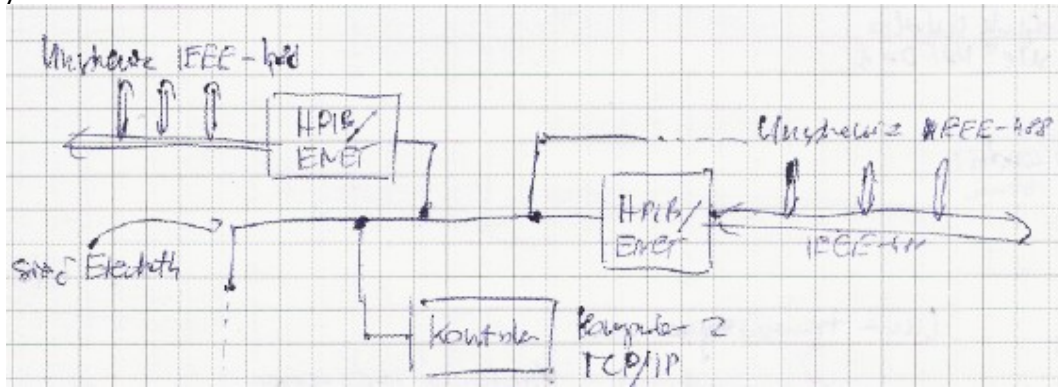
Rys 24.3



Cechą charakterystyczną tego systemu jest fakt, iż kontroler systemu jest oddalony od właściwej magistrali pomiarowej. W systemie tym kontroler systemu nie musi być wyposażony w drogą kartę interfejsową IEEE-488. W systemach, w których występuje tylko jeden przyrząd pomiarowy lepiej jest zastosować przyrząd z interfejsem RS-232C. W szczególnym przypadku magistrala pierwotna może być blisko kontrolera, a pozostałe przyrządy mogą być dołączone do pierwotnej magistrali właśnie za pomocą sieci telefonicznej analogicznie jak na rysunku powyżej.

- **karta sieciowa oraz okablowanie sieciowe.** Coraz częściej buduje się rozproszone systemy pomiarowe właśnie z wykorzystaniem sieci lokalnych. Przykładowy system pomiarowy:

Rys 24.4



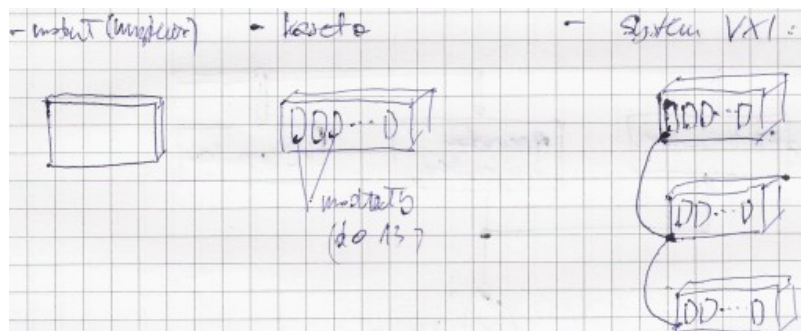
W systemie tym komputer musi posiadać zaimplementowany protokół TCP/IP. Niezbędny jest również specjalny konwerter IEEE-488/Ethernet. Przykładowe konwertery: HPiB/ENET (NI) oraz AD007 (Tektronix). Transmisja w lokalnej sieci może odbywać się na odległość do 1km z prędkością od 10Mb/s do 100Mb/s. Pakiety są transmitowane w rozmiarze do 1kB danych.

25. Kasetowe i modułowe systemy pomiarowe: standardy, parametry.

Kasetowe systemy pomiarowe:

- **CAMAC.** Przeszły system z lat 60. Zaprojektowany w celu szybkiego przetwarzania danych i sterowania urządzeniami techniki jądrowej. Samodzielną jednostką systemu CAMAC jest kaseeta. Jest ona odpowiednikiem systemu pomiarowego z oddzielnymi cyfrowymi przyrządami pomiarowymi i innymi urządzeniami elektronicznymi. Kaseeta składa się z płytek drukowanych zwanych modułami. Moduł zawiera układ bądź urządzenie, np. przetwornik A/C lub wyświetlacz. Kaseeta może zawierać np. 25 modułów. Każda kaseeta musi zawierać dwa niezbędne moduły: moduł sterujący, oraz zasilacz. Moduły CAMAC poza kasetą są bezużyteczne. Moduły są wsuwane do kasety po prowadnicach. Dane w systemie są przetwarzane w słowach 24-bitowych z maksymalną szybkością miliona słów na sekundę (24Mb/s).
- **VXI.** System ten powstał 20 lat później niż CAMAC. Struktura systemu VXI jest hierarchiczna:
 - najniższy poziom to urządzenie, zwykle jeden moduł
 - średni poziom, to podsystem VXI zawierający do 13 modułów umieszczonych w jednej kasecie
 - najwyższy poziom to system VXI składający się z kilku połączonych kaset

Rys 25.1



Moduły zawierają bloki funkcjonalne systemu pomiarowego. Każde urządzenie ma swój indywidualny adres w systemie. Najczęściej jeden moduł reprezentuje jedno urządzenie (np. przetwornik A/C, częstotściomierz itp.) ale nie musi tak być. W jednym module może znajdować się więcej urządzeń lub też jedno urządzenie składać się może z kilku modułów. System może zawierać do 256 modułów. Moduł o numerze 0 to moduł zarządzający. Zdefiniowano 4 rozmiary modułów. Moduły są podłączone do magistrali za pomocą 96-stykowego złącza. W kasecie znajduje się zasilacz i układy chłodzenia. Kontrolerem systemu jest komputer, ustawiony na zewnątrz kasety, bądź jako jeden z modułów. Przetwarzanie danych w systemie odbywa się za pomocą słów 16 lub 32 bitowych. Magistrale systemu VXI podzielono na trzy odrębne magistrale: magistrala ogólnego przeznaczenia, magistrala specjalna, magistrala wydzielona. Te z kolei podzielono na szyny danych.

Modułowe systemy pomiarowe:

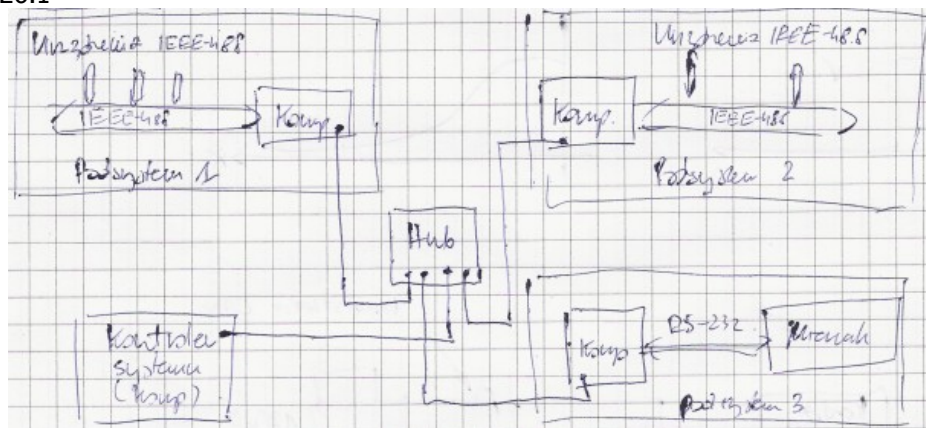
- PXI.** Jest to rozwiązanie pośrednie pomiędzy interfejsem IEEE-488, a szybkim lecz kosztownym VXI. System ten wykorzystuje magistralę PCI jako magistralę interfejsową systemu pomiarowego. Magistrala ta jest wyposażona w 32 bitową szynę danych taktowaną zegarem o częstotliwości 33MHz (lub 66MHz), co daje szybkość transmisji 132MB/s. Magistralę można poszerzyć do 64 bitów, wtedy szybkość wzrośnie do 264MB/s. System ten działa szybko nie tylko dzięki szybkiej magistrali PCI, ale również dzięki temu, że system operacyjny jest zoptymalizowany na szybkość działania systemu pomiarowego. Zasadnicza różnica między systemami kasetowymi (CAMAC, VXI) a systemem modułowym PXI jest taka, że moduły przeznaczone do systemu kasetowego mogą pracować wyłącznie w tym systemie i są bezużyteczne poza nim. Natomiast w systemie PXI moduły mogą pracować w oddzielnej obudowie podłączone do magistrali PCI tworząc system pomiarowy PXI albo mogą być na przykład podłączone do komputera PC, do magistrali PCI tworząc wraz z odpowiednim oprogramowaniem wirtualny przyrząd pomiarowy. Moduły PXI są wykonane w formie płytek drukowanych. Wyposażone są w dwa złącza J1 (32 linie PCI) J2 (linie sterujące PCI). Kontrolerem systemu jest komputer klasy PC jako moduł PXI lub jako komputer wolnostojący. Moduły przyrządów pomiarowych do PXI to najczęściej: przetworniki A/C, multimetry, generatory, układy DAQ, multipleksery analogowe itp. Obudowa do modułów systemu zawiera główną płytę systemu wraz z kieszeniami do modułów PXI (od 4 do 8 slotów). Obudowa zawiera również zasilacz.

26. Systemy pomiarowe w sieci LAN.

Rozróżniamy następujące rodzaje systemów pomiarowych w sieci LAN:

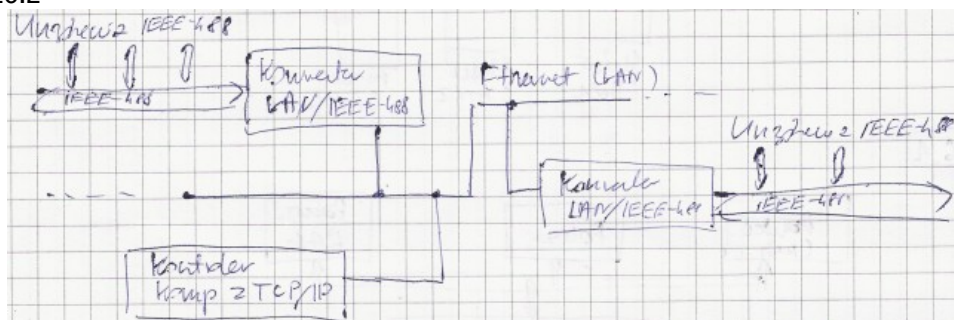
- System hierarchiczny.** Sieć LAN łączy w system oddzielne podsystemy z interfejsami IEEE-488 czy RS-232C.

Rys 26.1



- System z konwerterami.** Przykładowe konwertery: Ethernet/IEEE-488 lub Ethernet/RS-232C.

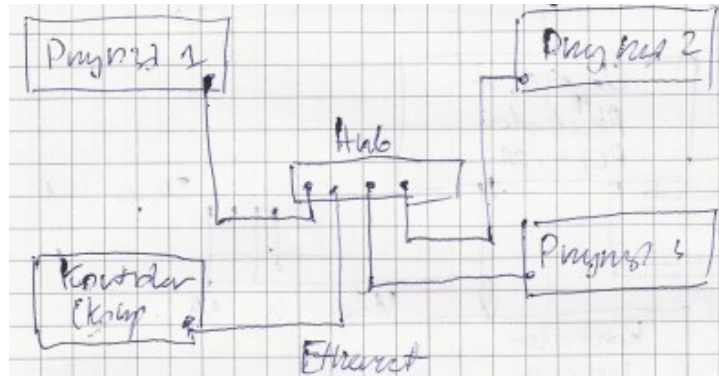
Rys 26.2



Przykładowe konwertery: AD007 (Tektronix) GPIB-ENET (NI). Istnieją również konwertery na inne standardy pomiarowe np: LAN/RS-232C, LAN/RS-485. Kontrolerem systemu jest komputer podłączony do sieci za pomocą karty sieciowej. Komputer musi mieć zaimplementowane protokoły TCP/IP.

- System pomiarowy z LAN jako interfejsem systemu pomiarowego.** W systemie tym to właśnie sieć LAN jest zastosowana jako interfejs systemowy. Wymaga to, aby przyrządy pomiarowe były wyposażone w odpowiednie interfejsy umożliwiające podłączenie do sieci. Transmisja danych pomiarowych odbywa się bezpośrednio przez sieć LAN (bez żadnych konwerterów).

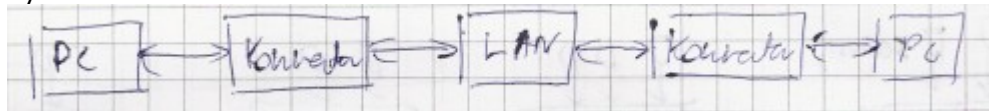
Rys 26.3



Transmisja w sieci LAN może odbywać się z prędkością 10-100Mb/s. Dystans między urządzeniami sieciowymi (10BaseT, 100BaseT) zwykle nie może przekraczać 100m. Dane są transmitowane w „paczkach” o objętości do 1kB. Droga sygnału pomiarowego w sieci LAN:

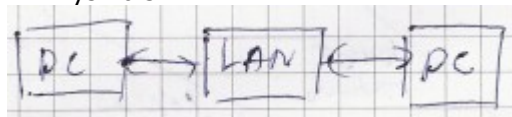
- System z konwerterami interfejsów:

Rys 26.4



- System tylko z interfejsem LAN:

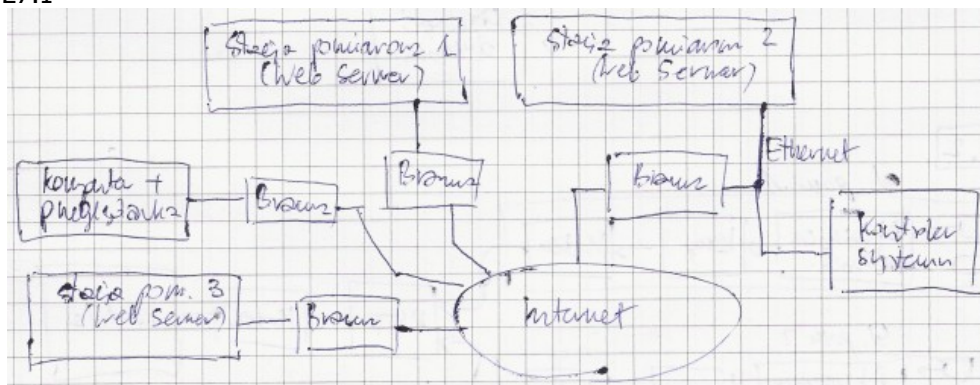
Rys 26.5



27. Systemy pomiarowe w Internecie.

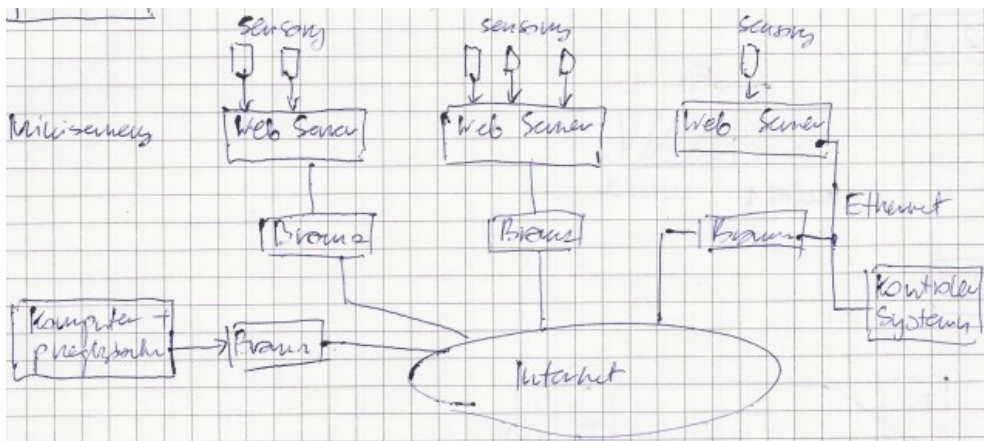
- Rozproszony system pomiarowy w Internecie:

Rys 27.1



- Rozproszony system pomiarowy z miniserwerami:

Rys 27.2



Miniserwer to mała płytka drukowana pełniąca funkcję serwera WWW.

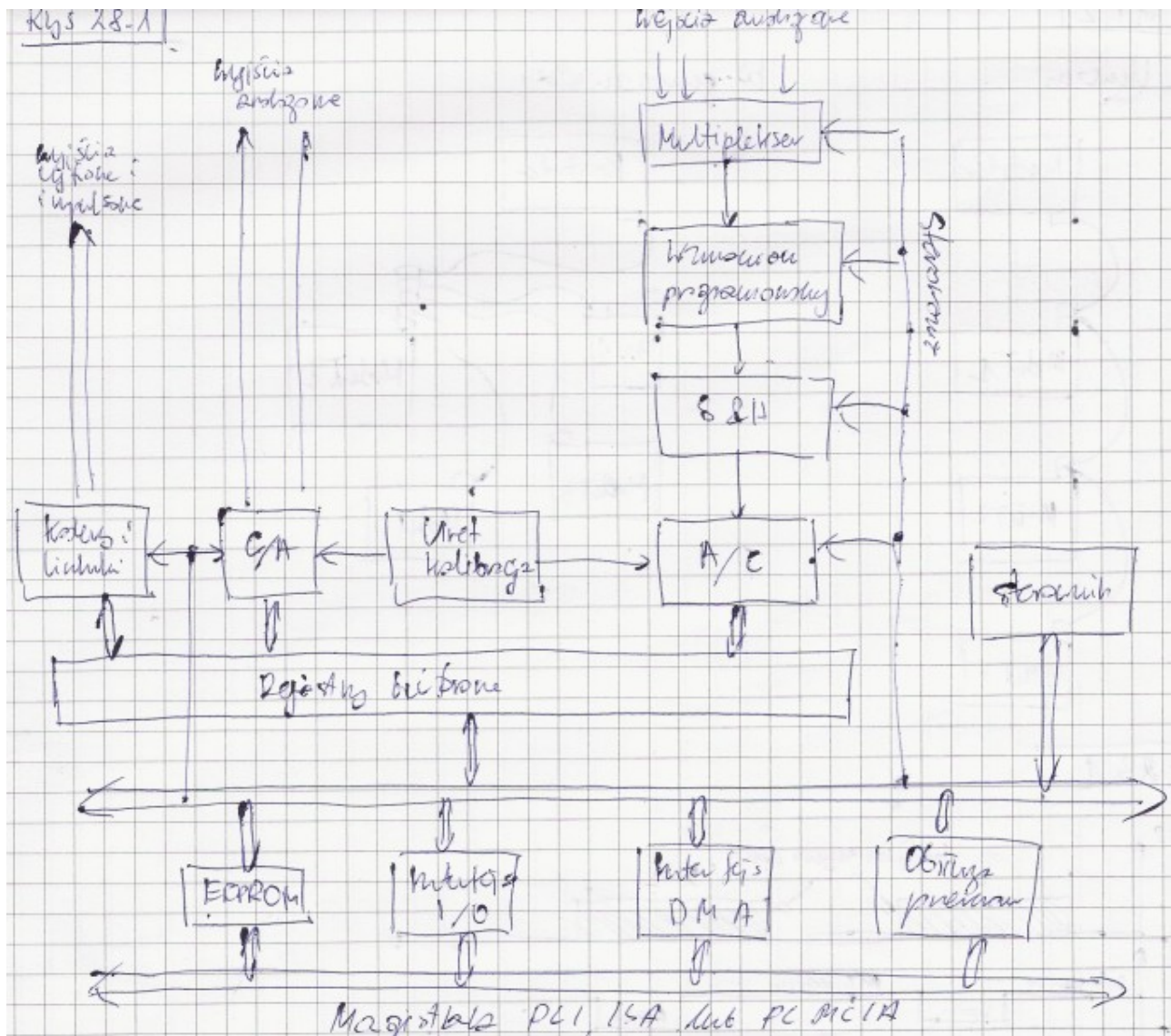
28. Karta pomiarowa: budowa i parametry.

Karta pomiarowa oraz komputer z oprogramowaniem tworzą wirtualny przyrząd pomiarowy. Nowoczesne karty pomiarowe to zaawansowane układy elektroniczne spełniające dużo więcej funkcji niż tylko przetwarzanie A/C. Funkcje te to:

- przetwarzanie A/C pojedynczego sygnału analogowego podanego na jedno wejście analogowe
- przetwarzanie A/C wielu sygnałów analogowych podawanych na wiele wejść analogowych
- ustalanie poziomów wyzwalania i wytwarzanie sygnałów synchronizacji dla sygnałów analogowych
- synchronizacja z urządzeniami pracującymi w czasie rzeczywistym
- pomiar częstotliwości oraz czasu trwania impulsu
- generowanie przebiegów o określonej częstotliwości oraz generowanie impulsów o określonym czasie trwania
- generowanie przebiegów analogowych (napięciowych lub prądowych) na wyjściach analogowych – przetwarzanie C/A
- odczytywanie lub zapisywanie sygnałów cyfrowych z wejść/wyjść cyfrowych
- zapamiętywanie danych pomiarowych oraz danych konfiguracyjnych karty (np. zakresy pomiarowe)

Schemat blokowy karty pomiarowej przedstawiony jest na rysunku poniżej:

Rys 28.1



Karta pomiarowa jest lepsza pod wieloma względami od cyfrowego przyrządu pomiarowego (pomiar wielu sygnałów jednocześnie, multimetr, oscyloskop, generator w jednym urządzeniu).

Parametry karty pomiarowej istotne z punktu widzenia użytkownika:

- **liczba wejść analogowych** – Zwykle liczba ta wynosi od 1 do 64. Można ją zwiększyć do 256 przez zastosowanie odpowiedniej karty rozszerzającej. Wyróżnia się wejścia różnicowe (DI) i niesymetryczne (SE). Liczba wejść różnicowych jest dwukrotnie mniejsza od liczby wejść niesymetrycznych.
- **długość słowa po przetwarzaniu A/C** – Najczęściej od 8 do 24 bitów. Dolna granica jest najczęściej podawana dla największej częstotliwości próbkowania, górna natomiast dla najmniejszej.
- **częstotliwość próbkowania** – Ten parametr najbardziej wyróżnia kartę pomiarową na tle cyfrowych przyrządów pomiarowych. Najczęściej od kilku tysięcy do 100 MSPS (100 milionów próbek na sekundę). Należy pamiętać, że w przypadku większej niż 1 liczby wejść analogowych częstotliwość próbkowania dzieli się przez tę liczbę. Przykładowo dla częstotliwości próbkowania 1 MSPS i włączonych 8 wejść, częstotliwość próbkowania dla jednego wejścia będzie wynosić w tym przypadku 125 kSPS. Gdyby było włączone tylko jedno wejście wtedy częstotliwość próbkowania wynosiłaby 1 MSPS.
- **zakres pomiarowy** – jest to przedział napięcia symetrycznego mierzonego względem masy lub dodatniego bieguna zasilania, w którym można dokonywać pomiarów. Typowe wartości: od kilkudziesięciu miliwolt do kilkuset wolt.
- **rozdzielczość bezwzględna** – jest ściśle związana z zakresem pomiarowym oraz rozdzielczością bitową. Na przykład dla zakresu $\pm 1V$ i rozdzielczości 12 bitów – rozdzielczość bezwzględna:

$$\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^{12}} = 0,488mV$$

- **dokładność pomiaru** – zwykle podawana w postaci tabelarycznej. Zależy od czasu i jest gorsza od rozdzielczości pomiaru.
- **pamięć** - karta umożliwia zapamiętanie w pamięci EEPROM od kilkuset tysięcy do kilku milionów próbek pomiarowych. Karta posiada również pamięć na dane konfiguracyjne. Przykładowa pojemność pamięci: 32MB.
- **typ magistrali** – Określa rodzaj magistrali za pomocą, której dołączono kartę do komputera. Produkowane są karty z magistralami: PCI, ISA, PCMCIA, USB, IEEE-1394. Karty z magistralami PCI, ISA, PCMCIA są umieszczane wewnątrz obudowy komputera natomiast karty z magistralami USB i IEEE-1394 są umieszczone na zewnątrz i podłączone są do niego za pomocą wielożyłowego przewodu.

29. System obserwacji meteorologicznych jako przykład monitorowania środowiska.

Aby zwiększyć bezpieczeństwo ludności należy monitorować środowisko naturalne.
Podstawowe parametry pogody:

- temperatura powietrza
- ciśnienie atmosferyczne
- rodzaj i intensywność opadów atmosferycznych
- szybkość wiatru
- wyładowania atmosferyczne

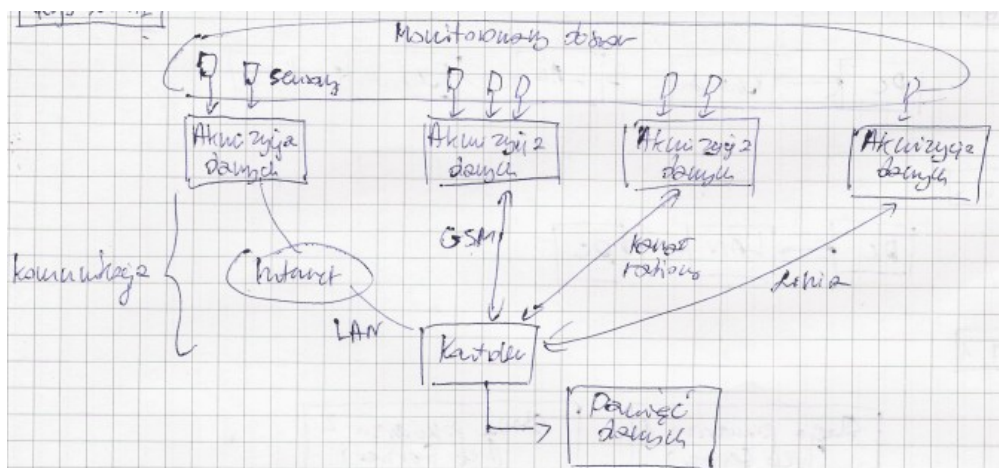
Inne parametry środowiska naturalnego:

- wilgotność powietrza
- temperatura przy gruncie
- widzialność (zasięg)
- nasłonecznienie
- poziom wody w rzekach i jeziorach
- natężenie naturalnego pola elektromagnetycznego

Wszystkie te parametry mogą być dokładnie monitorowane i analizowane właśnie z wykorzystaniem rozproszonych komputerowych systemów pomiarowych. W systemach monitorowania środowiska są wykorzystywane następujące technologie:

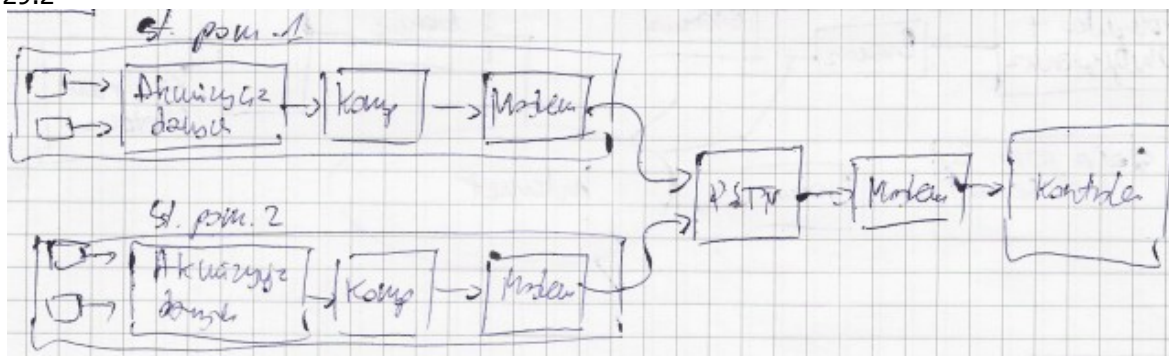
- publiczna sieć telefoniczna (PSTN)
- telefonia komórkowa (GSM)
- radiomunikacja z radiomodemami
- sieć komputerowa i Internet

Rys 29.1



Monitorowanie obszarów o dużej powierzchni wymaga stosowania rozproszonych systemów pomiarowych. Przykładowy system pomiarowy z wykorzystaniem publicznej sieci telefonicznej:

Rys 29.2



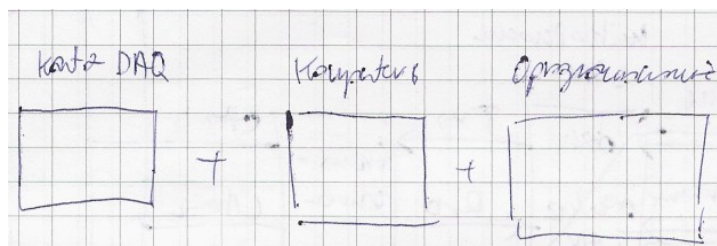
System meteorologiczny w Polsce:

- Sieć stacji meteorologicznych: 211 stacji pogodowych
- System do monitorowania poziomów rzek i innych zbiorników wodnych: 1000 stacji pomiarowych
- System do monitorowania zachmurzenia i opadów atmosferycznych: 8 radarów.
- System burzowy do wykrywania i pomiaru intensywności wyładowań atmosferycznych: 9 stacji pomiarowych.
- System do monitorowania radioaktywności powietrza: 9 stacji pomiarowych.
- System satelitarny do przekazywania obrazów optycznych i obrazów w podczerwieni – odpłatne korzystanie z systemu.

30. Wirtualny przyrząd pomiarowy.

Wirtualny przyrząd pomiarowy to przyrząd złożony z: karty pomiarowej DAQ, komputera oraz oprogramowania. Schemat blokowy wirtualnego przyrządu pomiarowego przedstawiony jest na rysunku poniżej:

Rys 30.1



Wirtualność tegoż przyrządu bierze się stąd iż kontakt z przyrządem odbywa się z pośrednictwem komputera (monitor, mysz, klawiatura) oraz iż karta pomiarowa umieszczona jest wewnątrz obudowy komputera (z wyjątkiem kart na USB i IEEE-1394). Najczęściej pomiary wykonywane za pomocą wirtualnego przyrządu pomiarowego są dokładniejsze niż w przypadku klasycznych wolnostojących cyfrowych przyrządów pomiarowych. Odczyt pomiarów oraz dokonywanie wszelkiego rodzaju nastaw odbywa się za pomocą monitora i myszy komputera. Wirtualny przyrząd pomiarowy można zdefiniować tak: karta DAQ + komputer + oprogramowanie. Najczęściej stosowane oprogramowanie do tego typu przyrządów to: LabVIEW, VEE, TestPoint, Visual Basic, Visual C/C++. Wirtualny przyrząd pomiarowy niekiedy bywa definiowany jako:

- przyrząd cyfrowy (bądź zespół takich przyrządów) podłączonych do komputera, sterowanych za pomocą specjalnego kontrolnego panelu programowego znajdującego się na komputerze.
- specjalny program symulujący działanie przyrządu pomiarowego (panel kontrolny w postaci okna programu).

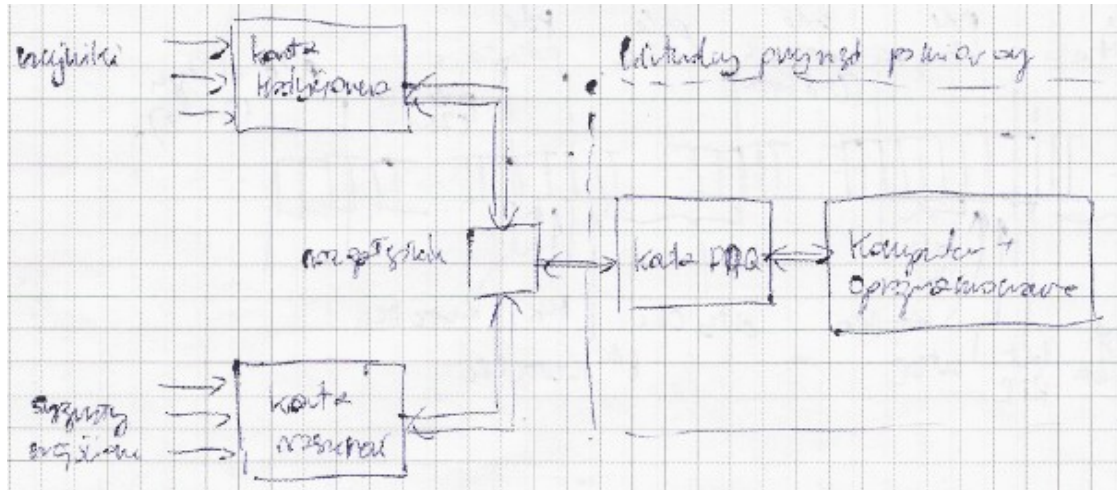
Najczęściej karta pomiarowa DAQ jest umieszczona wewnątrz obudowy komputera. Istnieją też karty DAQ o tej samej funkcjonalności, ale umieszczane na zewnątrz obudowy komputera, połączone z komputerem do magistrali USB lub IEEE-1394 za pomocą wielożyłowego przewodu. W części sprzętowej wirtualny przyrząd pomiarowy oprócz karty DAQ, komputera i konektora (zespołu złącz) składać się może z następujących składników:

- kondycjonerów dopasowujących poziomy sygnałów do zakresów pomiarowych karty DAQ

- kondycjonerów do czujników temperatury, ciśnienia, przemieszczenia itp.
- karty rozszerzeń do określonego parametru: zwiększenie liczby wejść analogowych, wejścia wysokonapięciowe, wejścia niskonapięciowe
- wejścia cyfrowe lub analogowe z izolacją optyczną
- wejścia z filtrami dolnoprzepustowymi
- karta z odpowiednio dużą ilością gniazd BNC

Przykładowy system pomiarowy z wirtualnym przyrządem pomiarowym i dodatkowymi blokami:

Rys 30.2



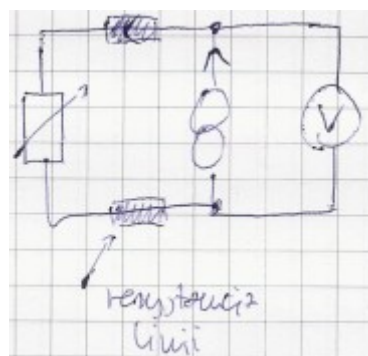
Na ostateczną jakość pomiarów ma również przetwarzanie programowe wyników pomiarów. Wszelkiego rodzaju obróbka statystyczna czy też inne procedury znacznie zwiększają jakość dokonanych pomiarów.

31. Czujniki rezystancyjne temperatury – parametry i układy pomiarowe.

Rozróżniamy dwa typy rezystancyjnych czujników temperatury: termorezystory i termistory. Termorezystory to metale. RTD (Resistance Temperature Detected) Rezystancja wielu metali jest powtarzalną funkcją temperatury: $R(T) = R_0[1 + (T - T_0) + (T - T_0)^2 + \dots]$ Dla wąskiego przedziału temperatur: $R(T) = R_0[1 + (T - T_0)]$. Rezystancja metali rośnie ze wzrostem temperatury. Najczęściej używany metal do konstrukcji termorezystora to platyna. Platynę cechuje duża stabilność parametrów, tym większa im jest ona czystsza chemicznie.

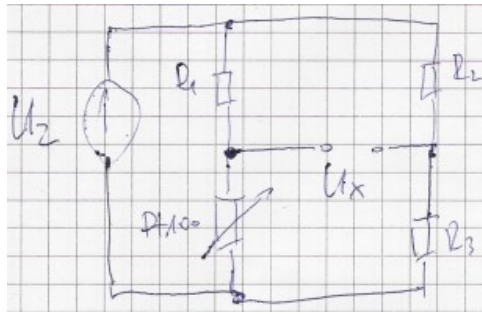
Czujnik rezystancyjny:

Rys 31.1



Podstawowy układ pomiarowy:

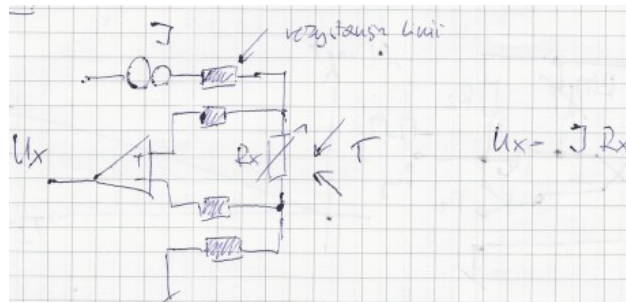
Rys 31.5



Układy do kompensacji rezystancji linii pomiarowej:

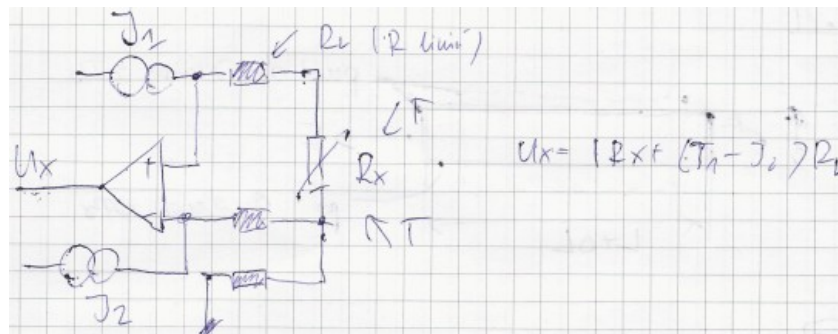
- 4 przewodowy (Kelvin Connection)

Rys 31.2



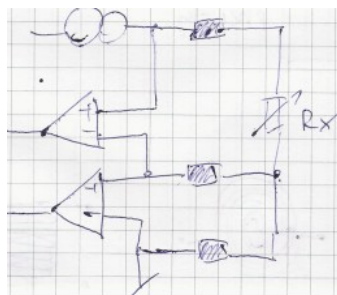
- 3 przewodowy z dodatkowym źródłem prądu

Rys 31.3



- 3 przewodowy z pomiarem różnicy napięcia

Rys 31.4



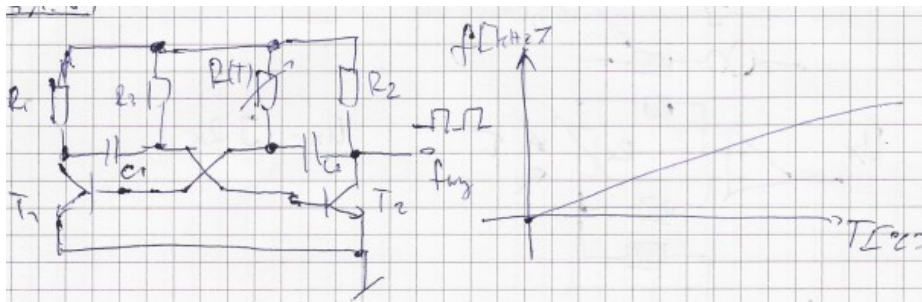
Zalety termorezystorów: bardzo dokładne, stałość parametrów, dobra liniowość, komercyjnie dostępne według znormalizowanych parametrów.

Wady termorezystorów: kosztowne, wymagają prądu zasilania, mała czułość, kompensacja linii pomiarowej, efekt zamopodgrzewania, duża stała czasowa.

Termistory to rezystory półprzewodnikowe wykonane z tlenków żelaza, niklu, litu i tytanu. Rezystancja termistorów maleje ze wzrostem temperatury.

Przykładowy układ pomiarowy:

Rys 31.6

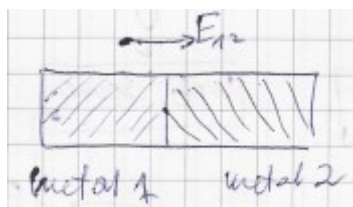


32. Termoelementy.

Działanie termoelementów opiera się na zjawisku termoelektrycznym. Polegającym na powstawaniu napięcia elektrycznego w obszarze zawierającym różne metale, których znajduje się w niejednakowych temperaturach. W obwodzie termoelementu powstają dwa napięcia kontaktowe przeciwnie skierowane. Przy jednakowej temperaturze oba napięcia kompensują się. Przy różnych temperaturach pojawia się różnica potencjałów $E(T)$ zwana napięciem termoelektrycznym. Napięcie to jest proporcjonalne do różnicy temperatur obu złącz $E(T) = k \cdot (T_x - T_o)$.

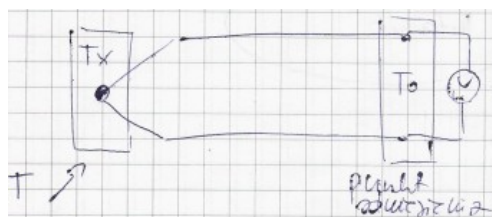
Budowa:

Rys 32.1



Układ pomiarowy:

Rys 32.2



Gdy temperatura T_o złącza odniesienia lub wolnych końców jest znana, termoelement może służyć jako przetwornik temperatury T_x na napięcie $E(T)$. Termoelementy wykonuje się spawając lub lutując odpowiednie przewody ze sobą.

Zalety:

- są generatorem siły termoelektrycznej STE
- tanie
- wytrzymałe mechanicznie
- mała stała czasowa – krótki czas reakcji
- szeroki zakres temperatur do 1760°C
- szeroki asortyment formy czujników

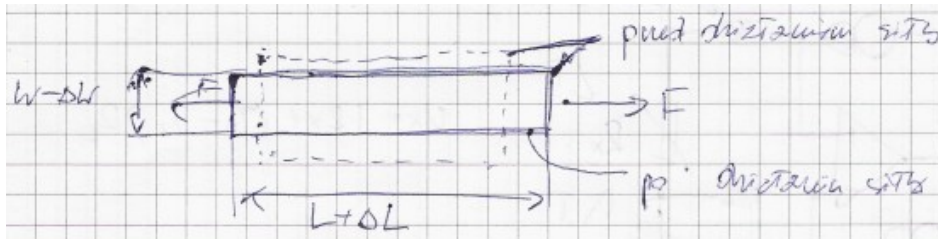
Wady:

- małe napięcie STE, małe zmiany
- potrzebny przewód kompensacyjny
- wymagają innego czujnika w celu kompensacji temperatury odniesienia
- parametry niestabilne w czasie (miesiące, lat)
- dokładność zmienna dla różnych czujników

33. Tensometry rezystancyjne i układy pomiarowe.

Definicja naprężenia:

Rys 33.1



Naprężenia: $\sigma = F / A$

gdzie:

F – siła działająca na metal

A – pole powierzchni przekroju poprzecznego

Wydłużenie: $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

Prawo Hooke'a: $\varepsilon = \sigma / E$

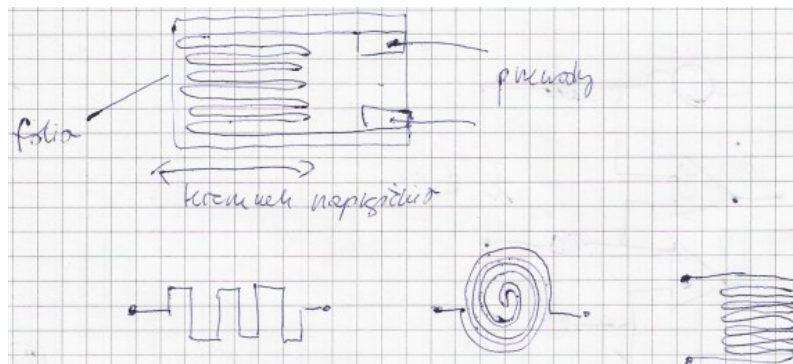
E – moduł sprężystości Younga.

Przewodnik metalowy poddany naprężeniom mechanicznym zmienia swoje wymiary geometryczne i w konsekwencji rezystancje ($R = \rho \frac{l}{S}$). Podstawową zależność dla pomiarowej techniki tensometrycznej

określa współczynnik czułości odkształcenia (stała tensometryczna k). Znając k, oraz mierząc jednostkową zmianę rezystancji można obliczyć odkształcenie oraz naprężenie (E moduł sprężystości podłużnej). Metodą tą można mierzyć siły, ciśnienia naprężenia, momenty skręcające, ugięcia, przyspieszenia itp.

Budowa tensometru:

Rys 33.2



Rodzaje tensometrów:

- **wężykowe** – drut ułożony na podłożu izolacyjnym
- **kratowe** – druciki połączone poprzecznie mechanicznymi tasiemkami
- **foliowe** – w folii metalowej
- **półprzewodnikowe**

Układy łączy się w układy mostkowe, aby skompensować wpływ temperatury i zwiększyć czułość. Układy pomiarowe:

Rys 33.3

