

Komputerowe systemy pomiarowe

Dr Zbigniew Koziol - wykład
Mgr Mariusz Woźny – laboratorium

Wykład VI

Standarty i protokoły.

Komunikacja sprzętowa.

Interfejsy RS-232, RS-485, USB, IEEE-488 (GPIB).

Standard SCPI.

Komunikacja przez sieć komputerową.

Rozmawianie z maszyną: przykład protokołów

Protokół SMTP

```
telnet smtp.mail.yahoo.com 25
```

```
HELO smtp.mail.yahoo.com
```

```
250 Hello smtp.mail.yahoo.com, pleased to meet you.
```

```
MAIL From: zbigniew@moja_domena.com
```

```
250 ... OK
```

```
RCPT TO: 2_rok_inzynierii@rzeszow.pl
```

```
250 2.1.0 2_rok_inzynierii@rzeszow.pl... Recipient ok
```

```
... I tak dalej...
```

Podobnie można rozmawiać z serwerem HTTP:

```
telnet www.google.com 80
```

```
Trying 173.194.112.16...
```

```
Connected to www.google.com.
```

```
Escape character is '^['.
```

```
GET / HTTP/1.1  ENTER ENTER
```

Dlaczego standardy i protokoły są ważne? Jak to działa?

- sprzęt i oprogramowanie od różnych producentów w świecie mogą ze sobą wzajemnie współdziałać
- ale też wiele jest przypadków narzucania standardów przez duże organizacje mające na celu monopolizowanie rynku, szczególnie poprzez tworzenie standardów nie w pełni otwartych. Np. duża część rynku instrumentów pomiarowych jest pod kontrolą NI. Firma ta nie udostępnia wszelkich informacji technicznych potrzebnych do tworzenia sprzętu lub oprogramowania potrzebnego do pracy z ich przyrządami.
- przykładem standardów otwartych są protokoły internetowe RFC. Aczkolwiek wiele z implementacji tych protokołów jest już pod kontrolą organizacji, które z kolei mogą być pod kontrolą rządów (np. IANA, Internet Assigned Numbers Authority, USA).
- przykładem protokołu zamkniętego jest np. protokół komunikacji używany przez Skype

SCPI - Standard Commands for Programmable Instruments

SCPI (często wymawia się po angielsku "skippy") to definicja standardu struktury języka i poleceń używanych do kontroli programowalnych urządzeń pomiarowych.

Zdefiniowany w 1990, wedle specyfikacji IEEE 488.2. (Institute of Electrical and Electronics Engineers, międzynarodowa organizacja stowarzyszeń inżynierów elektryków I elektroników, kontrolowana przez organizacje USA)

Standard definiuje syntaks, strukturę I format danych używanych w komunikacji z przyrządami. Wprowadza polecenia ogólne (takie jak CONFIGure i MEASure). Polecenia te są podzielone na podsystemy. SCPI definiuje także kilka klas instrumentów. Przykładowo, każdy zasilacz będzie kontrolować ta sama klasa komend DCPSUPPLY.

Fizyczne łącze komunikacyjne nie jest zdefiniowane przez SCPI. Stworzony przez IEEE-488 (GPIB), ale może być również używany z interfejsem RS-232, Ethernet, USB, VXIbus itp.

Polecenia SCPI są to ciągi tekstowe ASCII, które są wysyłane do urządzenia na warstwie fizycznej (np. IEEE-488). Polecenia są serią jednego lub więcej słów, przy czym wiele z nich używa dodatkowych parametrów. Odpowiedzi do zapytania polecenia są zazwyczaj ciągami ASCII. Jednak w przypadku danych masowych mogą być użyte formaty binarne.

Składnia poleceń SCPI

Polecenia SCPI do instrumentu mogą albo przeprowadzać operację SET (ustawienia) (np. przejście na zasilanie) lub mogą być zapytaniami (np. czytanie napięcia). Pytania są wydawane przez dodanie znaku zapytania na końcu polecenia. Niektóre polecenia mogą być używane zarówno do ustawiania jak i wykonywania zapytań na instrumencie.

Podobne polecenia są pogrupowane w hierarchii drzewa. Na przykład, każda instrukcja do odczytu pomiarów z instrumentu rozpocznie się słowem "MEASure". Szczególne polecenia cząstkowe w hierarchii są oddzielone dwukropkiem (:). Na przykład polecenie "Zmierz napięcie DC" będzie mieć postać MEASure:VOLTage:DC?.

Niektóre komendy używają dodatkowych parametrów, oddzielonych znakiem spacji. Na przykład komenda to ustawienia przyrządu w trybie wyzwiania "normalnego" może mieć postać: "TRIGger:MODE NORMal".

Zwykle, znajomość języka SCPI nie jest potrzebna użytkownikowi przyrządu, ani nawet jego programiście, ale należy mieć świadomość, iż język ten może być używany przez program wewnętrznie, np. za pośrednictwem dostępnych bibliotek.

Językiem SCPI można posługiwać się bezpośrednio z **MATLAB** używając dostępnego w nim **Instrument Control Toolbox**. Ponieważ w SCPI nie definiuje się interfejsu fizycznego, język ten może więc być używane dla wielu różnych interfejsów fizycznymch dostępnych w MATLAB, takich jak: **GPIB, Serial, TCP/IP, UDP, VISA**

Przykład:

```
interface = gpib('agilent', 0, 1);
fprintf(interface, '*IDN?')
idn = fscanf(interface)
idn = HELETT-PACKARD,34401A,0,24-54-98
fprintf(interface, 'MEASure:VOLTage:DC?')
voltage = fscanf(interface)
voltage = 5.246
```

Zwykle raczej korzysta się z bardziej bezpośredniego dostępu do przyrządów, bez pośrednictwa języka SCPI. Np. poprzez wykorzystanie biblioteki VISA rozprawdanej przez NI. Może to być robione np. poprzez język Python (<http://python.org>) oraz dostępny w nim moduł PyVISA. **Przykład kodu w PyVISA:**

```
import visa
keithley = visa.instrument("GPIB::12")
print keithley.ask("*IDN?")
```

Fizyczne interfejsy:

USB

FireWire

Bluetooth

RS-232

RS-485

IEEE-488 (GPIB)

INTERFEJSY

Sterowanie pracą każdego systemu pomiarowego odbywa się za pośrednictwem **interfejsu**. Obowiązuje w nim ustalony zbiór reguł obejmujących zasady zarządzania systemem pomiarowym przez kontroler, a także sposób kodowania informacji i jej przesyłania. 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.

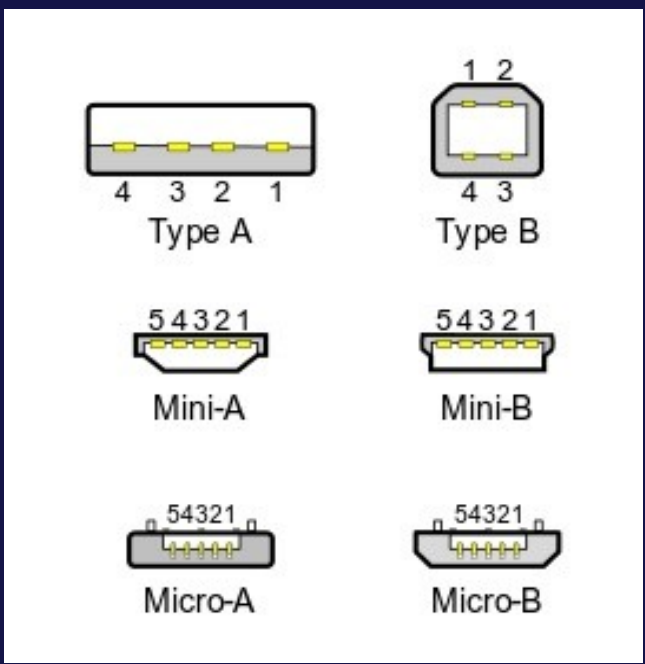
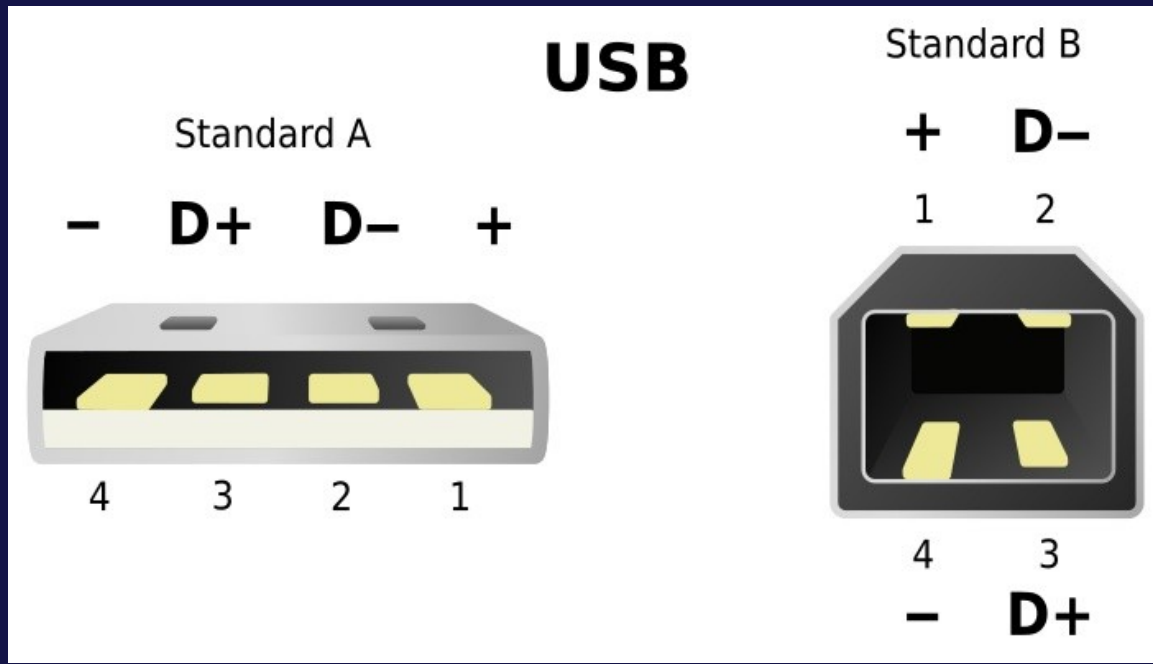
Komunikacją zarządza się za pomocą odpowiedniego oprogramowania, ale sprzętowo musi być zapewnione dopasowanie i połączenie urządzeń systemu.

Z tym, że stosowane jest i drugie znaczenie pojęć “szeregowy” i “równoległy”, a odnosi się ono do sposobu łączenia ze sobą przyrządów

Rozróżnia się interfejsy:

- szeregowe, w których przesyła się kolejno bit po bicie (RS-232C, RS-485, USB, FireWire).
- równoległe, w których przesyła się informację w postaci słów wielobitowych (GPIB).

USB



Przewód	Numer	Sygnal	Opis
czzerwony	1	V _{BUS}	zasilanie +5 V (maks. 0,9 A)
biały albo żółty	2	D-	transmisja danych Data-
zielony	3	D+	transmisja danych Data+
czarny	4 (5 w microUSB i miniUSB)	GND	masa



Interfejs USB

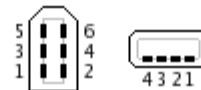
Uniwersalna magistrala szeregową USB (*universal serial bus*) została wprowadzona w 1998 r. przez Microsoft, a jej ulepszona wersja USB2.0 – w 2000 r. Zaletami jej są:

- łatwość dołączenia do PC urządzeń peryferyjnych;
- umożliwienie dołączania nowych klas urządzeń, które zwiększają możliwości PC;
- niski koszt uzyskania szybkości transmisji do 12Mb/s (USB1.1) lub 480Mb/s (USB2.0);
- pełne dostosowanie do przesyłania danych w czasie rzeczywistym dla głosu, dźwięku i skompresowanych sekwencji wideo;
- elastyczny protokół z mieszaniem transmisji synchronicznej danych i asynchronicznej komunikatów;
- dostarczenie standardowego interfejsu, nadającego się do szybkiego wdrożenia w nowych i istniejących produktach.

Niedogodnością systemu interfejsu USB jest niewielka długość kabla przyłączeniowego, która nie powinna przekraczać 5 m.



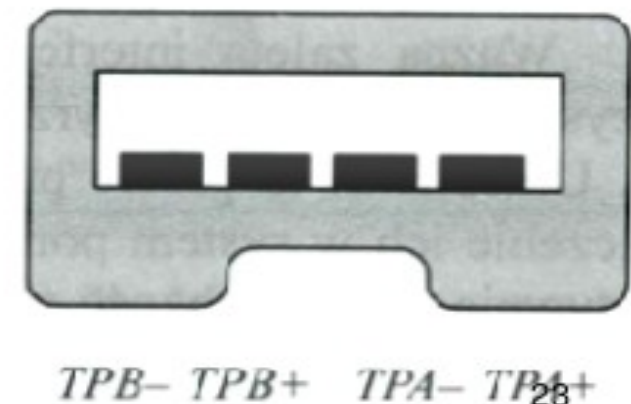
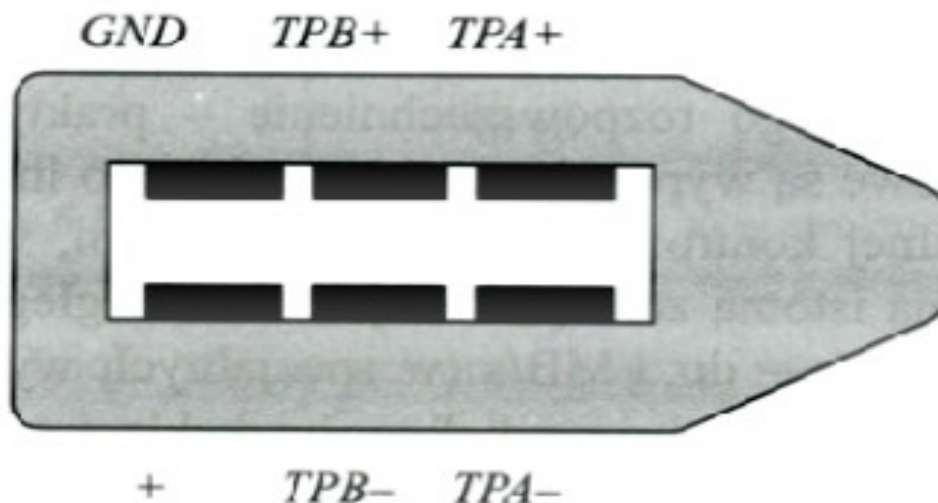
FireWire



4-pin connector	6-pin connector	Signal	Color	Description
	1	VCC	□	+30V unregulated DC
	2	GND	■	Ground
1	3	TPB-	■	Twisted pair B
2	4	TPB+	■	Twisted pair B
3	5	TPA-	■	Twisted pair A
4	6	TPA+	■	Twisted pair A

Magistrala szeregową IEEE-1394 FireWire

Magistrala szeregową FireWire została wprowadzona przez firmę Apple Computer w 1986 r. Magistrala służy do łączenia zarówno urządzeń domowych (cyfrowe kamery, aparaty fotograficzne, magnetowidy) jak i urządzeń przemysłowych, w tym przyrządów pomiarowych. Podobnie jak magistrala USB magistrala Fire Wire jest czteroprzewodowa (dwa przewody sygnałowe i dwa przewody zasilana) oraz umożliwia dołączanie i odłączanie urządzeń w trakcie pracy bez konieczności wyłączenia zasilania. Maksymalna liczba urządzeń dołączonych do magistrali wynosi 64. Szybkość transmisji wynosi do 3200 Mb/s dla magistrali w wersji IEEE1394b.



Porównanie FireWire z USB [\[edytuj \]](#) [\[edytuj kod \]](#)

Porównanie	FireWire	USB 2.0	USB 3.0
Szybkość transferu	do 400, 800, 1600 lub 3200 Mb/s	do 480 Mb/s	do 4800 Mb/s
Kontroler nadrzędny	nie wymagany	wymagany	wymagany
Obciążanie procesora	nie	tak	tak, duże
Topologia	sieć rozgałęziona	gwiazda	gwiazda
Maksymalna długość kabla	4.5 m	5 m	
Maksymalna odległość między urządzeniami	72 m (16 czteroipółmetrowych odcinków kabla w łańcuchu)	10 m (dwa pięciometrowe odcinki)	
Maksymalna liczba urządzeń	63	127 (+ kontroler magistrali)	127
Skalowalność	tak	tak	tak
Plug and Play	tak	tak	tak
Hot plug	tak	tak	tak
zasilanie	tak, 12 lub 30 V, do 60 W	tak, 5 V, do 2,5 W	tak, 5 V, do 4,5 lub 7,5 albo 9 W

Standard FireWire, mimo większych możliwości, nie jest tak popularny jak USB. Na skutek polityki Intela, kontroler FireWire nie jest zintegrowany z żadnym chipsetem tej firmy. Umieszczanie dodatkowego, dedykowanego układu podnosi natomiast koszty produkcji płyt głównych, dlatego producenci płyt implementowali FireWire jedynie w droższych modelach. Obecnie jednak, coraz więcej płyt głównych ma w standardzie złącze FW, często nawet dwa.

Odmienne sytuacja wygląda w komputerach produkowanych przez Apple, w których magistrala FireWire zastąpiła w obsłudze urządzeń zewnętrznych (takich jak dyski, nagrywarki czy skanery) niewygodną i czasami problematyczną magistralę SCSI.

Bluetooth

Bluetooth – technologia bezprzewodowej komunikacji krótkiego zasięgu pomiędzy różnymi urządzeniami elektronicznymi, takimi jak klawiatura, komputer, laptop, palmtop, telefon komórkowy i wieloma innymi.

Jest to otwarty standard opisany w specyfikacji IEEE 802.15.1. Jego specyfikacja obejmuje trzy klasy mocy nadawczej 1-3 o zasięgu 100, 10 oraz 1 metra w otwartej przestrzeni. Najczęściej spotykaną klasą jest klasa druga. Technologia korzysta z fal radiowych w paśmie ISM 2,4 GHz.



RS-232

RS == Recommended Standard. Stosowana jest też nazwa EIA-232, od Electronic Industries Alliance - nazwy organizacji, która standard opracowała.

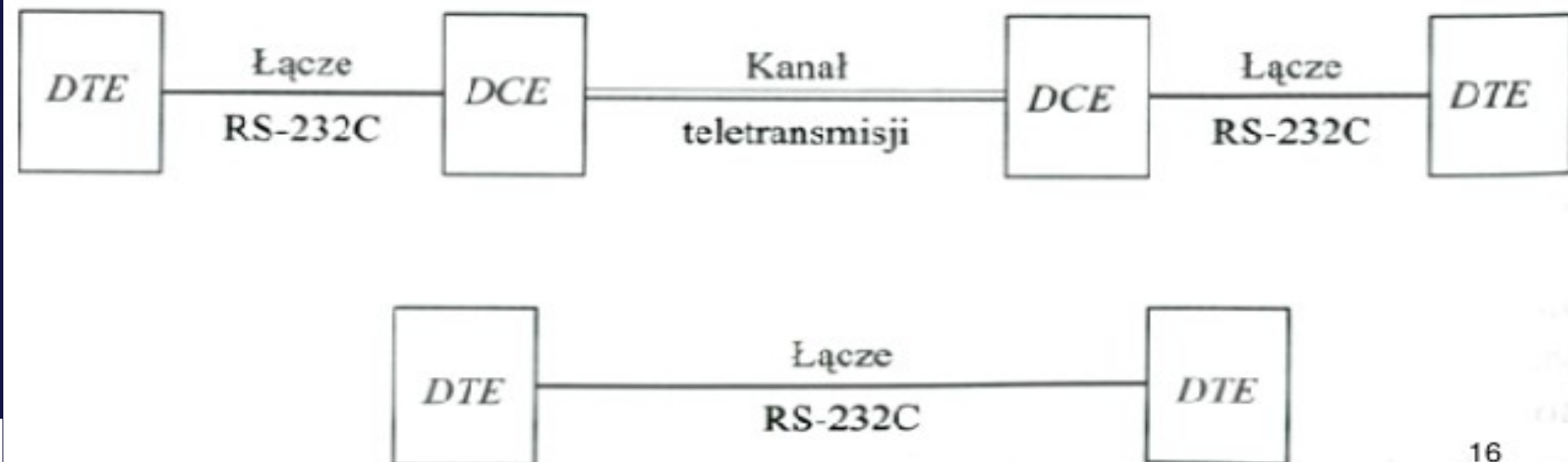
DTE <---> DCE

Standard RS-232 opisuje sposób połączenia urządzeń (ang. **Data Terminal Equipment**) DTE tj. urządzeń końcowych danych (np. komputer) oraz urządzeń DCE (ang. **Data Communication Equipment**), czyli urządzeń komunikacji danych (np. modem). Standard określa nazwy styków złącza oraz przypisane im sygnały, a także specyfikację elektryczną obwodów wewnętrznych. Standard ten definiuje normy wtyczek i kabli portów szeregowych typu COM.

Opracowany w 1962 roku na zlecenie amerykańskiego stowarzyszenia producentów urządzeń elektronicznych (EIA) w celu ujednoczenia parametrów sygnałów i konstrukcji urządzeń zdolnych do wymiany danych cyfrowych za pomocą sieci telefonicznej.

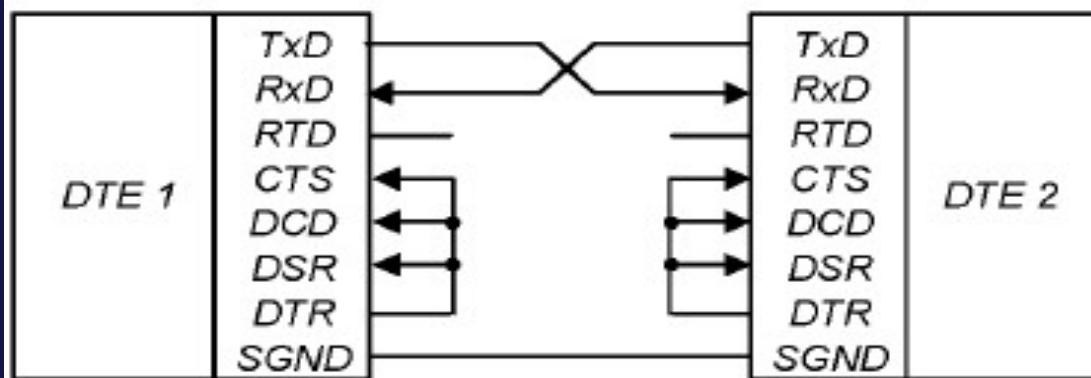
Interfejs RS 232C

W skład ogólnej struktury układu transmisyjnego wchodzi dwa **urządzenia końcowe dla danych DTE** (ang. *Data Terminal Equipment*) np. komputery połączone kanałem teletransmisji. Ponieważ bezpośrednie połączenie takich urządzeń z kanałem teletransmisji jest niemożliwe, wykorzystuje się **dodatkowe urządzenia komunikacyjne dla przesyłu danych DCE** (ang. *Data Communication Equipment*), np. modemy telefoniczne. Zadaniem interfejsu RS-232 jest połączenie urządzenia DTE z urządzeniem DCE.



Przy połączeniu przyrządu pomiarowego z komputerem łączą się dwa urządzenia DTE **bez pośrednictwa urządzeń DCE**. Takie połączenie nazywa się systemem modułu zerowego (ang. *null modem*).

W najprostszym przypadku połączenia przyrządu pomiarowego z komputerem z użyciem interfejsu RS-232 wykorzystuje się tylko 3 linie spośród ogólnej liczby 21 linii interfejsu.



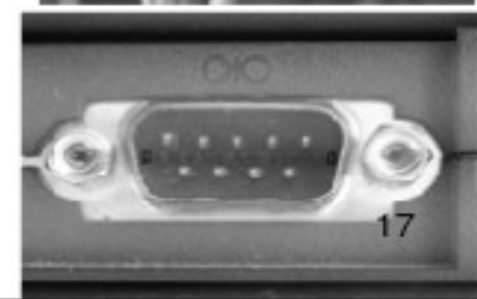
Nazwy linii

TxD - Transmitted Data (dane nadawane)

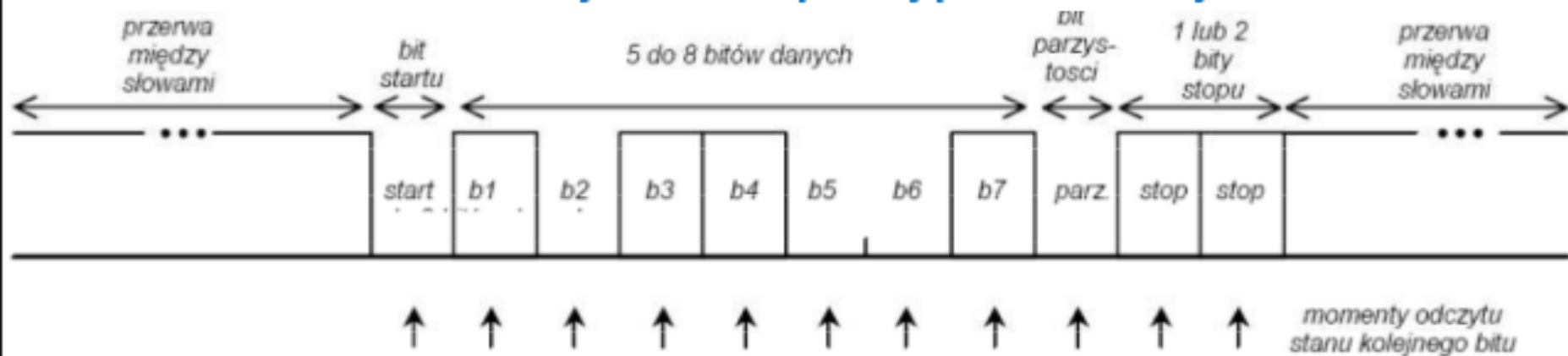
RxD - Received Data (dane odbierane)

SGND - Signal Ground (masa sygnałowa)

Przy wykorzystaniu interfejsu RS 232 najczęściej stosuje się transmisję asynchroniczną start-stopową, w której słowa w postaci ciągu bitów przesyłane są asynchronicznie, natomiast bity w poszczególnym słowie przesyłane są synchronicznie.



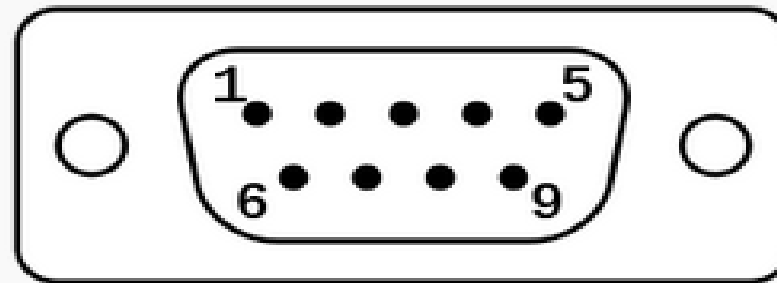
Zasada transmisji start-stopowej przez interfejs RS-232



W czasie gdy nie są przesyłane dane, na linii TxD nadajnika występuje stan wysoki. Przesyłanie danych rozpoczyna się wysłaniem przez nadajnik linią TxD bitu startu o poziomie niskim. Po opóźnieniu, równym połowie czasu przesłania bitu, odbiornik na linii RxD odczytuje jego stan, a następnie stan kolejnych bitów danego słowa. Po bicie startu przesyła się od 5 do 8 bitów danych, a po nich można przesłać (ale nie obligatoryjnie) bit kontroli parzystości. Przesłanie słowa kończy się jednym lub dwoma bitami stopu o poziomie wysokim.

W celu zapewnienia prawidłowego odbioru informacji nadajnik i odbiornik powinny pracować z tą samą częstotliwością.

Maksymalna prędkość transmisji zależy od długości połączeń i wynosi zwykle do 20 kb/s. Długość połączeń nie powinna przekraczać 15 m. Przy krótkich połączeniach prędkość transmisji można zwiększyć do 112 kb/s.



Widok gniazda PC (męskiego) typu DE-9

Numer		Kierunek	Oznaczenie Nazwa angielska		Nazwa polska
9 pin	25 pin				
1	8	DCE - > DTE	DCD	Data Carrier Detected	sygnał wykrycia nośnej
2	3	DCE - > DTE	RxD	Receive Data	odbiór danych
3	2	DCE < - DTE	TxD	Transmit Data	transmisja danych
4	20	DCE < - DTE	DTR	Data Terminal Ready	gotowość terminala ^[a]
5	7	DCE - DTE	GND	Signal Ground	masa
6	6	DCE - > DTE	DSR	Data Set Ready	gotowość "modemu" ^[a]
7	4	DCE < - DTE	RTS	Request to Send Data	żądanie wysyłania
8	5	DCE - > DTE	CTS	Clear to Send Data	gotowość wysyłania
9	22	DCE - > DTE	RI	Ring Indicator	wskaźnik dzwonka
	9-19; 21; 23-25		NC		niewykorzystane ^[b]

Standard transmisji szeregowej RS-485

Komunikacja złączem różnicowym

Standard RS485 składa się z różnicowego (symetrycznego) nadajnika, dwuprzewodowego toru transmisyjnego i różnicowego odbiornika.

Standard RS485 umożliwia połączenie wielu nadajników i odbiorników (maksymalnie do 32). Ograniczenie wynika z ograniczeń energetycznych nadajnika. Najczęściej stosowaną topologią dla takich standardów jest topologia magistrali.

Zasięg tego standardu to około 1200m.

Prędkości transmisji jakie można uzyskać to 35Mbit/s (do 10m), i 100Kbit (do 1200m).

RS485 jest najczęściej stosowanym interfejsem przewodowym w sieciach przemysłowych - przesył różnicowy zapobiega wpływowi zakłóceń zewnętrznych.

Na bazie tego interfejsu opracowano wiele protokołów komunikacyjnych.

IEEE-488 (GPIB, General Purpose Interface Bus)



Osiem linii danych służy do szeregowego przesyłania bajtów. Transmisja odbywa się w sposób asynchroniczny, następny bajt pojawia się na liniach danych DIO1-DIO8 po potwierdzeniu odbioru poprzedniego bajtu. W zależności od stanu linii ATN, po liniach DIO przesyła się dane pomiarowe (wyniki pomiarów, dane programujące przyrządy itp.) lub instrukcje organizujące pracę systemu (rozkazy, adresy). Informację po liniach DIO przesyła się w kodzie ISO-7, którego 7 bitów informacyjnych uzupełnia się bitem parzystości.

Grupa 5 linii sterowania służy do przesyłania komunikatów sterujących bezpośrednio interfejsami przyrządów systemu pomiarowego.

Urządzenie dołączone do magistrali GPIB można podzielić na cztery grupy:

- odbiorcy - mogą jedynie odbierać dane (np. zasilacz programowany, komutator, drukarka),
- nadawcy - mogą jedynie wysyłać dane (np. licznik, termometr),
- nadawcy/odbiorcy - mogą wysyłać lub odbierać dane (np. Multimetr, oscyloskop),
- kontroler - jednostka sterująca, która może również spełniać rolę nadawcy lub odbiorcy (np. komputer).

Głównym zadaniem magistrali GPIB jest przesłanie informacji pomiędzy dwoma lub więcej urządzeniami. Przed rozpoczęciem przesłania kontroler wyznacza, przez wysłanie odpowiednich adresów, jedno urządzenie jako nadawcę oraz jedno lub więcej urządzeń jako odbiorców. Adresy wszystkich urządzeń ustala 27 użytkownik w czasie podłączania ich do magistrali interfejsu. Każde urządzenie musi mieć ustawiony inny 5 bitowy adres.

1 DIO1 Linia danych

2 DIO2 Linia danych

3 DIO3 Linia danych

4 DIO4 Linia danych

5 EOI Koniec transmisji

6 DAV Dane ważne

7 NRFD Gotowość do odbioru (logika ujemna)

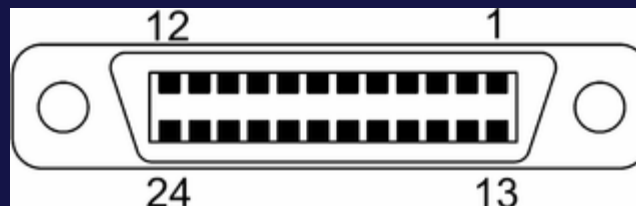
8 NDAC Dane odebrane (logika ujemna)

9 IFC Zerowanie interfejsu

10 SRQ Żądanie obsługi

11 ATN Uwaga (logika ujemna)

12 SHIELD Ekran



13 DIO5 Linia danych

14 DIO6 Linia danych

15 DIO7 Linia danych

16 DIO8 Linia danych

17 REN Zezwolenie na sterowanie
zdalne

18 GND masa DAV

19 GND masa NRFD

20 GND masa NDAC

21 GND masa IFC

22 GND masa SRQ

23 GND masa ATN