

Wymiana danych w systemach i urządzeniach mikroprocesorowych

E-3, WIEIK- PK

1

Transmisja danych (interfejsy)

Główne zadanie układu/urządzenia do transmisji danych:

- Przesłanie (nadawanie i odbieranie) danych z odpowiednią prędkością,
- przesłanie danych na żądaną odległość,
- przesłanie danych bez błędów,
- bezpieczne przesyłanie danych,
- przesłanie danych niskim kosztem (finansowym, energetycznym),
- przesłanie danych do wielu urządzeń

E-3, WIEIK- PK

2

Interfejs

Interfejs - jest to zespół środków zapewniających dopasowanie mechaniczne, elektryczne i informacyjne, oraz ustalających funkcjonalne relacje pomiędzy fizycznie odrębnymi częściami systemu, zgromadzonym w celu wymiany informacji między nimi.

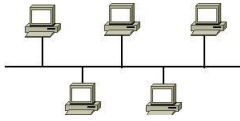
Zadania i funkcje interfejsu:

- konwersja
- synchronizacja
- przerwania
- buforowania
- zarządzanie
- korekcja błędów

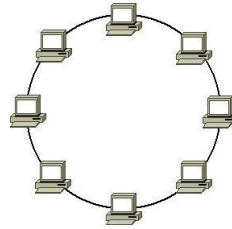
Fizyczna topologia sieci

- [Topologia magistrali](#) (szyny, liniowa) (ang. Bus) – wszystkie elementy sieci podłączone do jednej magistrali
- [Topologia pierścienia](#) (ang. Ring) – poszczególne elementy są połączone pomiędzy sobą odcinkami kabla tworząc zamknięty pierścień
- [Topologia podwójnego pierścienia](#) – poszczególne elementy są połączone pomiędzy sobą odcinkami tworząc dwa zamknięte pierścienie
- [Topologia gwiazdy](#) (ang. Star) – komputery są podłączone do jednego punktu centralnego, [koncentratora](#) (koncentrator tworzy fizyczną topologię gwiazdy, ale logiczną magistralę) lub [przełącznika](#)
- [Topologia gwiazdy rozszerzonej](#) – posiada punkt centralny (podobnie do topologii gwiazdy) i punkty poboczne (jedna z częstszych topologii fizycznych [Ethernetu](#))
- [Topologia hierarchiczna](#) – zwana także topologią drzewa, jest kombinacją topologii gwiazdy i magistrali, budowa podobna do [drzewa binarnego](#)
- [Topologia siatki](#) – oprócz koniecznych połączeń sieć zawiera połączenia nadmiarowe; rozwiązanie często stosowane w sieciach, w których jest wymagana wysoka bezawaryjność

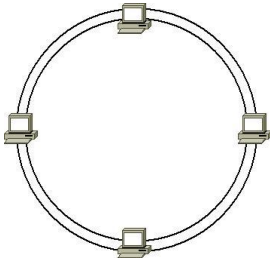
Fizyczna topologia sieci



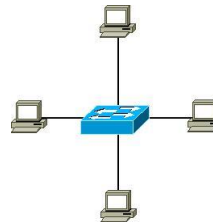
Topologia magistrali
(szyny, liniowa) (ang. Bus)



Topologia pierścienia (ang. Ring)



Topologia podwójnego pierścienia

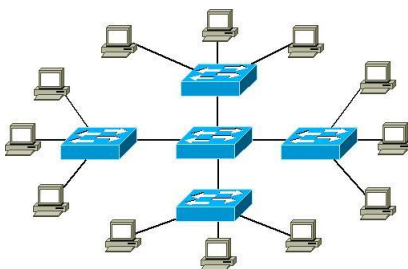


Topologia gwiazdy (ang. Star)

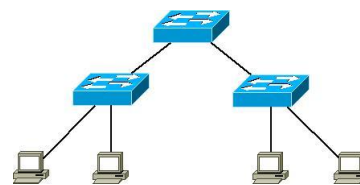
E-3, WIEIK- PK

5

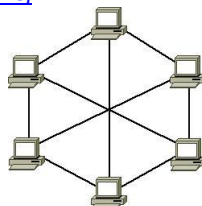
Fizyczna topologia sieci



Topologia gwiazdy rozszerzonej



Topologia hierarchiczna



Topologia siatki

E-3, WIEIK- PK

6

Media do transmisji danych

- Przewody elektryczne (kabel współosiowy, kabel wielożyłowy, skrętki, kabel wielożyłowy ekranowany) – sygnały elektryczne
- Światłowód (fiber optic) – światło,
- Fala świetlna – łącze optyczne
- Fale radiowe – fala elektromagnetyczna
- Fala dźwiękowa – ultradźwięki, fala mechaniczna
- Pole magnetyczne – karty zbliżeniowe

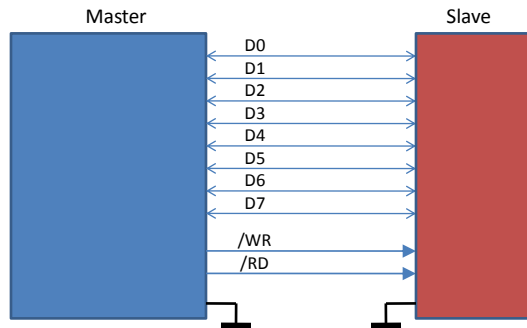
Każdy tor do transmisji danych ma swoje ograniczenia maksymalnej prędkości transmisji, wynikające z charakterystyki częstotliwościowej, czyli tłumienia sygnału ze wzrostem częstotliwości.

Rodzaje transmisji danych

transmisja równoległa - polega na **jednoczesnym przesyłaniu większej liczby bitów** informacji. Każdy bit informacji jest przesyłany odrębną linią danych.

transmisja szeregową - polega na **sekwencyjnym przesłaniu kolejnych bitów danych** tą samą linią danych. Wykorzystuje się do tego celu wiele różnych standardów.

Transmisja równoległa

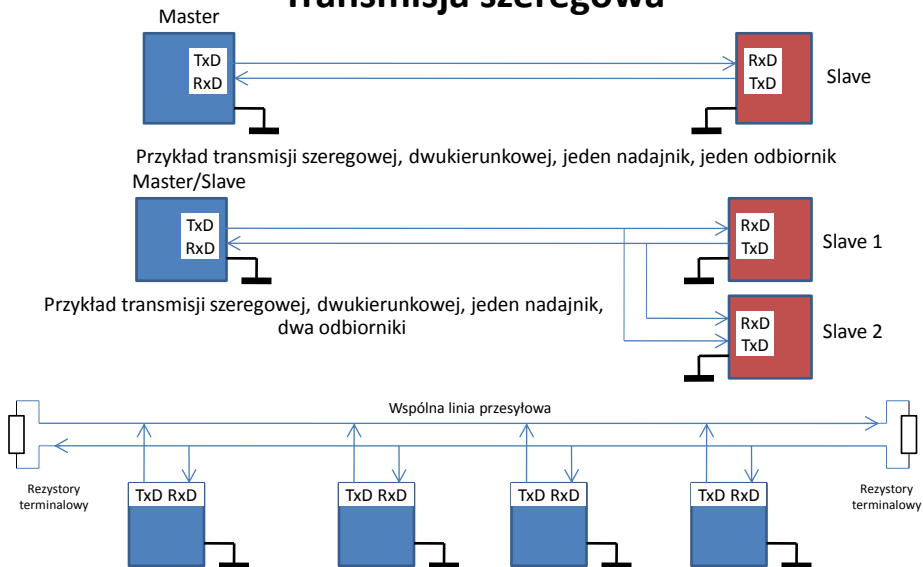


Przykład transmisji równoległej 8-bitowej, dwukierunkowej, zapis i odczyt danych z urządzenia podrzędnego

E-3, WIEIK- PK

9

Transmisja szeregową



Przykład transmisji szeregową, dwukierunkową, kilka nadajników/odbiorników

E-3, WIEIK- PK

10

Zalety i wady transmisji szeregowej

Zalety:

- mała liczba przewodów,
- mniejsze wtyczki, złącza, gniazdka, itp.,
- możliwość transmisji wielobitowej,
- wiele odbiorników/nadajników podłączonych do tych samych przewodów
- większa odporność na zakłócenia, (transmisja różnicowa),
- możliwa transmisja na większe odległości,
- możliwa transmisja bezprzewodowa

Zalety i wady transmisji szeregowej

Wady:

- ograniczona prędkość transmisji,
- duża częstotliwość taktowania dla osiągnięcia odpowiedniej szybkości transmisji,
- wymagany układ do zamiany na postać równoległą i szeregową, (serializacja danych)
- dodatkowe dane do korekcji błędów,

Tryby transmisji szeregowej



Transmisja typu Full Duplex, (dwukierunkowa, jednoczesna)

Transmisja typu **Full Duplex** – w tym samym czasie występuje nadawanie i odbieranie danych



Transmisja typu Half Duplex, (dwukierunkowa, niejednoczesna)

Transmisja typu **Half Duplex** – w tym samym czasie może być tylko nadawanie albo tylko odbieranie danych



Transmisja typu Simplex, (jednokierunkowa)

Transmisja typu **Simplex** – transmisja jednokierunkowa (nadajnik wysyła a odbiornik tylko odbiera)

E-3, WIEIK- PK

13

Transmisja szeregowa synchroniczna

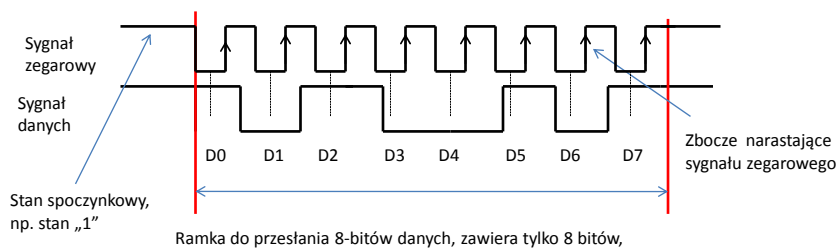
- Transmisja **synchroniczna** – występuje sygnał zegarowy. Dodatkowa linia (przewód) zegarowy lub sygnał zegarowy jest zawarty w sygnale
- **Transmisja synchroniczna** - Podczas transmisji synchronicznej, dzięki określonemu impulsowi taktującemu, utrzymywane jest stałe tempo przekazywania informacji.
- Nie występują tutaj przerwy spowodowane koniecznością synchronizacji pojedynczych porcji informacji, a więc uzyskuje się lepsze wykorzystanie linii łączących.
- Dane mają strukturę określającą ich przeznaczenie. Zwykle dla kontroli poprawności transmisji, pakiet zawiera dodatkowe dane pozwalające zweryfikować poprawność transmisji.
- W transmisji synchronicznej ilość bitów pomiędzy pakietami nie musi być wielokrotnością bajtu.
- Bity mogą być wysyłane lub odbierane z różną szybkością (częstotliwością)

E-3, WIEIK- PK

14

Transmisja synchroniczna

- W transmisji synchronicznej sygnał zegarowy jest taktowany przez **nadajnik** (urządzenie nadrzędne - **master**), **odbiornik** (urządzenie podrzędne - **slave**) odczytuje stan poszczególnych bitów w momencie np. narastającego zbocza sygnału zegarowego.
- Prędkość transmisji jest ustalana przez nadajnik.
- Stan spoczynkowy linii zegarowej i danych może być „1” lub „0”
- Nadajnik i odbiornik musi być ustawiony na taki sam format transmisji, liczba bitów do przesłania, stany spoczynkowe linii zegarowej i linii danych, reakcje na zbocze opadające lub narastające. Szybkość transmisji jest ograniczona możliwościami nadajnika i odbiornika.



E-3, WIEIK- PK

15

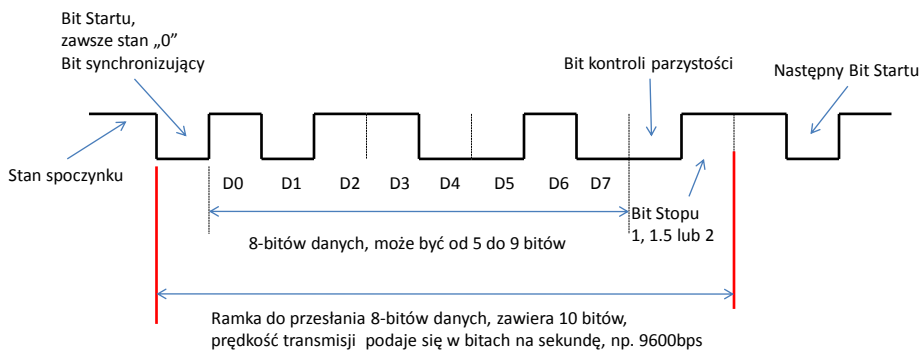
Transmisja szeregowa asynchroniczna

- Transmisja **asynchroniczna** – występuje tylko bit startowy do synchronizacji nadajnika i odbiornika
- **Asynchroniczna transmisja znakowa** polega na przesyłaniu pojedynczych znaków (najczęściej 1-bajtu), które posiadają ściśle określony format.
- Początek znaku stanowi **bit startu**, jałowy z punktu widzenia przesyłanej informacji i służący jedynie celom synchronizacyjnym. Dalej następuje pole danych, na które wprowadza się kolejne bity stanowiące treść znaku. Bezpośrednio za polem danych przewidziano bit kontrolny (np. **bit parzystości lub nieparzystości**), służący zabezpieczeniu informacji znajdującej się na polu danych. Transmitowany znak kończy **jeden lub dwa bity stopu**.
- Powyższa definicja pozwala na przesłanie jednego znaku. W ramach znaku bity przesyłane są synchronicznie, to znaczy zgodnie z taktowaniem nadajnika. Natomiast kolejne znaki są przesyłane asynchronicznie - ich wyprzedzenie nie jest synchronizowane żadnym sygnałem, a więc odstęp pomiędzy nimi jest dowolny.
- Nadajnik i odbiornik musi być ustawiony na tę samą prędkość i format transmisji, np. 9600bps, 8-bitów danych, 1 bit stopu

E-3, WIEIK- PK

16

Transmisja asynchroniczna

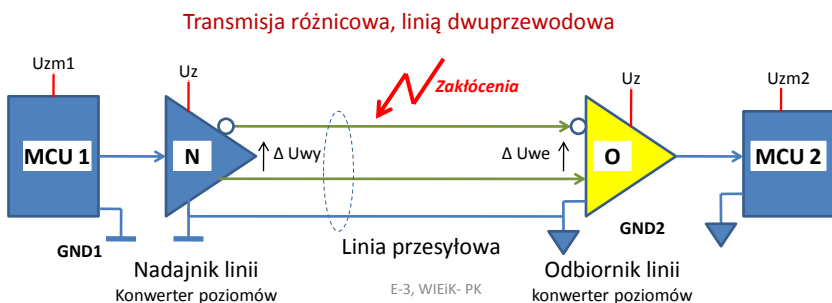
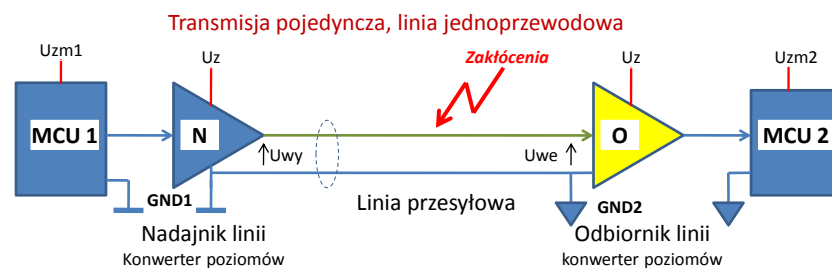


Format danych jednej ramki przy transmisji asynchronicznej.
W zależności od przyjętego standardu transmisji, wartości napięć dla stanów logicznych mogą mieć różne wartości.

E-3, WIEIK- PK

17

Sposób przesyłania danych – sygnały elektryczne



E-3, WIEIK- PK

18

Zalety i wady transmisji różnicowej

Zalety:

- Bardziej odporna na zakłócenia
- Możliwość transmisji na większe odległości
- Możliwość transmisji z dużą szybkością
- Możliwość podłączenia wielu odbiorników/nadajników do wspólnej linii przesyłowej

Wady:

- Muszą być dwa przewody na jeden sygnał
- Długość obu przewodów musi być jednakowa

Lokalne interfejsy szeregowo

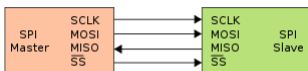
Do wymiany danych pomiędzy układami scalonymi , urządzeniami na niewielkie odległości w obrębie jednego urządzenia, np. pomiędzy mikrokontrolerem a pamięcią EEPROM, pamięcią Flash, przetwornikiem A/C, przetwornikiem C/A, zegarem RTC, scalonym czujnikiem temperatury itp.

- **UART** – asynchroniczny nadajnik-odbiornik
- **USART**- synchroniczny, asynchroniczny nadajnik-odbiornik
- **I2C – TWI**, 2-wire – tzw. interfejs dwuprzewodowy
- **SPI** – (Serial Peripheral Interface Bus), 4-wire interfejs, czteroprzewodowy
- **1-wire** - interfejs jednoprzewodowy
- **SMBus** (System Management Bus) - interfejs dwuprzewodowy
- **PMBus** (Power Management Bus) - interfejs dwuprzewodowy
- **DDC** - (VESA Display Data Channel) - interfejs dwuprzewodowy
- **SATA** – (Serial Advanced Technology Attachment)
- **PCI Express** – **PCI-E** (Peripheral Component Interconnect Express)

Przykładowe interfejsy do wymiany danych pomiędzy urządzeniami

- **IEEE 1394 interface - FireWire** (Apple), **i.LINK** (Sony), **Lynx** (Texas Instruments)
- **HDMI** - (High-Definition Multimedia Interface)
- **USB** – (*Universal Serial Bus*)

Interfejs SPI

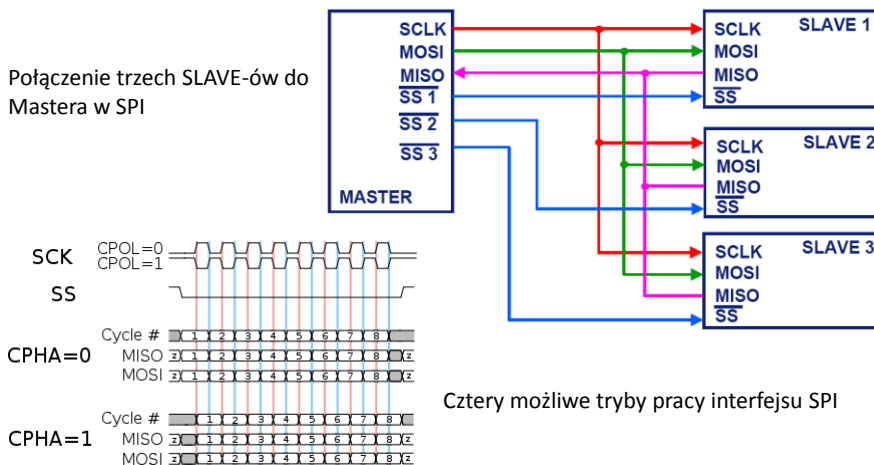


- **SPI** (ang. *Serial Peripheral Interface, Motorola*) – synchroniczny, full duplex, szeregowy interfejs urządzeń peryferyjnych.
- Jeden z najczęściej używanych interfejsów komunikacyjnych pomiędzy systemami mikroprocesorowymi a układami peryferyjnymi takimi jak: przetworniki ADC/DAC, układy RTC, pamięci EEPROM, pamięci flash, karty MMC/SD/ itp.
- Komunikacja odbywa się synchronicznie za pomocą 4 linii:
 - *MOSI* - (ang. Master Output Slave Input) - dane dla układu peryferyjnego
 - *MISO* - (ang. Master Input Slave Output) - dane z układu peryferyjnego
 - *SCK* - (ang. Serial Clock) - sygnał zegarowy (taktujący)
 - Do aktywacji wybranego układu peryferyjnego służy dodatkowo linia *CS* (ang. *Chip Select* - wybór układu).
- Opierając się na założeniach SPI, istnieją interfejsy typu QSPI, Microwire, 3-wire serial bus, Multi I/O SPI

E-3, WIEIK- PK

21

Interfejs typu SPI



Synchroniczny interfejs typu SPI – 4-przewodowy (sygnały SCLK, MOSI, MISO i sygnał wyboru układu /SS),

E-3, WIEIK- PK

22

Interfejs I2C

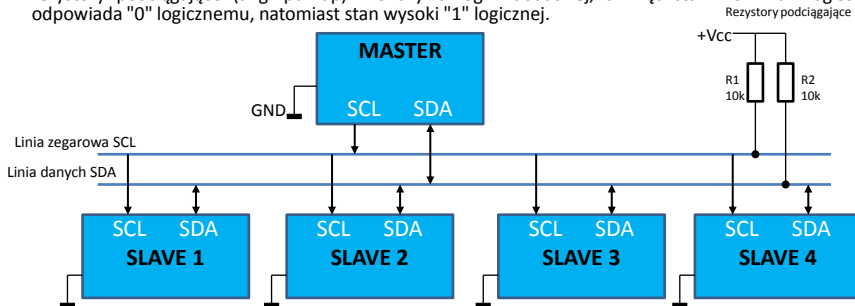
- **I²C** – szeregowa, dwukierunkowa magistrala służąca do przesyłania danych w urządzeniach elektronicznych. Została opracowana przez firmę Philips na początku lat 80.
- Znana również pod akronimem IIC, którego angielskie rozwinięcie Inter-Integrated Circuit oznacza "pośredniczący pomiędzy układami scalonymi".
- Standard I²C określa dwie najniższe warstwy modelu odniesienia OSI: warstwę fizyczną i warstwę łącza danych.
- Standard został opracowany na początku lat 80. (określany obecnie jako tryb standardowy pracy) i cechowały go:
 - prędkość transmisji 100 kbps
 - 7-bitowa przestrzeń adresowa
 - W 1992 roku została opracowana wersja 1.0 standardu, która wprowadzała następujące zmiany:
 - dodanie trybu pracy z prędkością transmisji 400 kbps (Fast Mode)
 - rozszerzenie standardu o możliwość adresowania 10-bitowego
 - W 1998 roku opracowana została wersja 2.0:
 - dodanie trybu High Speed Mode, pozwalającego na prędkość transmisji 3,4 Mbps
 - Zwiększenie zakresu tolerancji napięcia w stanie wysokim: 2,3 – 5,5 V
 - W 2000 roku powstała wersja 2.1, wprowadzająca drobne zmiany.

E-3, WIEIK- PK

23

Interfejs I2C

I²C do transmisji wykorzystuje dwie dwukierunkowe linie: **SDA** (linia danych, ang. *Serial Data Line*) i **SCL** (linia zegara, ang. *Serial Clock Line*). Obydwie linie są na stałe podciągnięte do źródła zasilania poprzez rezystory podciągające (ang. pull-up). I²C używa logiki dodatniej, a więc stan niski na magistrali odpowiada "0" logicznemu, natomiast stan wysoki "1" logicznej.



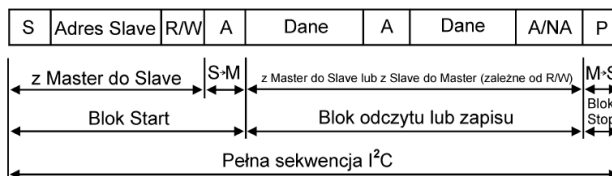
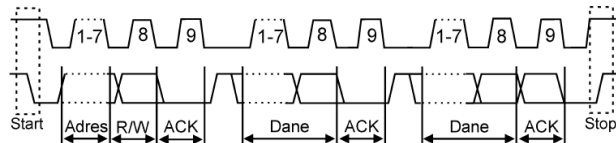
Wszystkie nadajniki są typu otwarty kolektor lub otwarty dren, a więc na liniach występuje tzw. iloczyn na drucie ("1" jest recesywna, a "0" dominująca). Pozwala to na wykrywanie kolizji. Każde urządzenie nadające "1" jednocześnie sprawdza, czy na magistrali rzeczywiście pojawił się stan wysoki. Jeżeli tak nie jest, oznacza to, iż inne urządzenie nadaje w tym samym czasie i urządzenie zaprzestaje nadawania.

Podstawowa wersja I²C zakłada istnienie tylko jednego urządzenia, które może inicjować transmisję (master), ale dzięki istnieniu mechanizmu detekcji kolizji, możliwa jest praca w trybie multi-master. Ponieważ dane nadawane są w kolejności od najstarszego bitu do najmłodszego, w przypadku jednoczesnego nadawania, urządzenie nadające adres o wyższym numerze wycofa się pierwsze, co wynika z binarnego sposobu zapisywania liczb. Występuje tu zatem arbitraż ze stałym przydziałem priorytetów, określonym przez adres urządzenia typu slave. Urządzenia o niższych adresach mają wyższy priorytet od urządzeń o adresach wyższych.

E-3, WIEIK- PK

24

Protokół interfejsu I2C



- Zmiana na linii danych podczas transmisji może następować jedynie, gdy linia zegara znajduje się w stanie niskim. Nie dotyczy to specjalnych sytuacji: bitu startu i bitu stopu.
- Bit startu ma miejsce, gdy linia danych zmienia swój stan z "1" na "0", podczas wysokiego stanu linii zegara, co ma miejsce w momencie rozpoczęcia każdej transmisji danych.
- Po zakończeniu transmisji generowany jest bit stopu, czyli przejście linii danych w stan wysoki przy wysokim stanie linii zegara.
- Standard zakłada magistralowe połączenie urządzeń.

E-3, WIEIK- PK

25

Interfejs I2C

I²C stosuje się w przypadkach, gdy prostota i niski koszt są ważniejsze od wysokich prędkości transmisji. Znalazło ono zastosowanie m.in. w:

- Komunikacji pomiędzy układami scalonymi w telewizorach i innym sprzęcie RTV (jest to pierwotne miejsce zastosowania magistrali I²C)
- Odczytywaniu zegarów czasu rzeczywistego (RTC) w komputerach i urządzeniach wbudowanych
- Komunikacji z prostymi i wolnymi przetwornikami cyfrowo-analogowymi i analogowo-cyfrowymi
- Odczycie czujników diagnostycznych w komputerze (prędkość obrotu wentylatorów, temperatury procesora i ważniejszych układów na płycie głównej)
- Robotyce (czujniki przyspieszenia i odległości)
- Komunikacja z czujnikami i elementami wykonawczymi w małych systemach wbudowanych
- Dostęp do pamięci NVRAM komputera
- Sterowanie diodami LED w urządzeniach przenośnych (np. komórkach)
- Wzorując się na interfejsie I2C zostały opracowane podobne interfejsy, np. **SMBus**, **ACCESS.bus**, **VESA Display Data Channel (DDC) interface**, **PMBus**

E-3, WIEIK- PK

26

VESA Display Data Channel

- **VESA Display Data Channel** (w skrócie DDC) jest standardem definiującym sposób komunikacji karty graficznej z urządzeniem wyświetlającym (monitorem, LCD): określa parametry elektryczne, jak również interfejs programisty.
- Główna idea jest taka, że producent monitora w pamięci ROM zapisuje parametry monitora, które można odczytać programowo. Informacje udostępniane przez monitor pozwalają określić m.in. fizyczne rozmiary monitora, maksymalną częstotliwość odchylenia poziomego i pionowego, punkt bieli.
- Dodatkowy standard DDC/CI (Command Interface) umożliwia programowe sterowanie monitorem, tzn. wysyłanie rozkazów, które mogą powodować np. zmianę jasności, kontrastu, czy rozmiaru obrazu.



Złącze VGA DB15
Pin 12 – SDA
Pin 15 – SCL



Złącze DVI
Pin 7 – SDA
Pin 6 – SCL

E-3, WIEIK- PK

27



USB - Universal Serial Bus



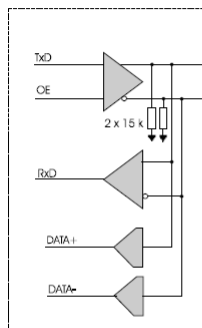
- **Universal Serial Bus (USB; uniwersalna magistrala szeregową)** – rodzaj sprzętowego portu komunikacyjnego do komputerów osobistych, zastępującego porty szeregowy i porty równoległe. Został opracowany przez firmy Microsoft, Intel, Compaq, IBM i DEC.
- Port USB jest uniwersalny w tym sensie, że można go wykorzystać do podłączenia do komputera wielu różnych urządzeń (np.: kamery wideo, aparatu fotograficznego, telefonu komórkowego, modemu, skanera, klawiatury, przenośnej pamięci itp).
- Urządzenia podłączane w ten sposób mogą być automatycznie wykrywane i rozpoznawane przez system, przez co instalacja sterowników i konfiguracja odbywa się w dużym stopniu automatycznie.
- Możliwe jest także podłączanie i odłączanie urządzeń bez konieczności wyłączenia czy ponownego uruchamiania komputera.
 - USB 1.1 Urządzenia spełniające warunki tej specyfikacji mogą pracować z szybkością (**Full Speed**) 12 Mbit/s (1,5 MB/s) i (**Low Speed**) 1,5 Mbit/s (0,1875 MB/s). Data ogłoszenia specyfikacji: 23.08.1998.
 - USB 2.0 (**Hi-Speed**) Urządzenia zgodne z warunkami nowej specyfikacji mogą pracować z maksymalną szybkością 480 Mbit/s (60 MB/s). Rzeczywista szybkość przesyłu danych zależy od konstrukcji urządzenia. Urządzenia w standardzie USB 2.0 są w pełni kompatybilne ze starszymi urządzeniami. Data ogłoszenia specyfikacji: 27.04.2000.
 - USB 3.0 (**SuperSpeed**) Urządzenia zgodne z warunkami nowej specyfikacji mogą pracować z szybkością 5 Gbit/s (640 MB/s). Nowy standard oprócz standardowych przewodów (dla kompatybilności w dół z USB 2.0 i 1.1) do szybkich transferów wykorzystuje dwie dodatkowe, ekranowane pary przewodów w dwupleksie. Pierwsza prezentacja tej technologii odbyła się na targach CES 2008. Data ogłoszenia specyfikacji: 17.11.2008.

E-3, WIEIK- PK

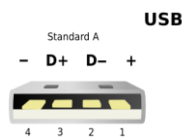
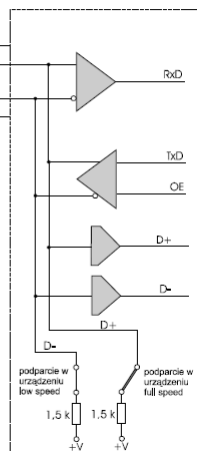
28

USB - Universal Serial Bus 2.0

Port dolny huba
układ nadawczo-odbiorczy



Port urządzenia
układ nadawczo-odbiorczy



- Jedną z ważniejszych cech portu USB jest zgodność z Plug and Play.
- Urządzenia w tym standardzie można łączyć ze sobą tworząc sieć o topologii drzewa.
- W całej sieci można podłączyć do 127 urządzeń USB, jednak ze względu na pobór mocy ich liczbę trzeba ograniczyć.
- W jednej sieci mogą pracować urządzenia o różnych prędkościach transmisji.

E-3, WIEIK- PK

29

UART, USART

UART (ang. *Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*, także **USART** - *Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter*) – układ cyfrowy używany do asynchronicznego przekazywania i odbierania informacji poprzez port szeregowy.

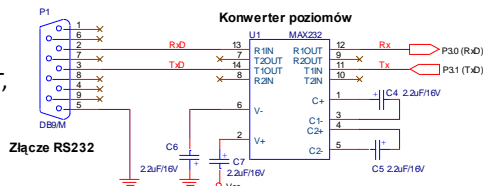
- Zawiera on konwerter typu *rejestr przesuwany równoległo-szeregowy (parallel-to-serial)* służący do konwersji danych przesyłanych w sposób równoległy na szeregowy i *rejestr przesuwany szeregowo-równoległy (serial-to-parallel)* do konwersji danych przychodzących poprzez port szeregowy. *UART* zawiera także bufor (pamięć) do tymczasowego gromadzenia danych w przypadku szybkiej transmisji.
- Dołączając do linii wejścia i wyjścia szeregowego odpowiedni **nadajnik** lub **odbiornik** (konwerter sygnałów elektrycznych) można uzyskać interfejs szeregowy pracujący w standardzie RS232, RS423, RS422 lub RS485.
- Aby poprawnie przeprowadzić transmisje pomiędzy dwoma urządzeniami należy ustawić takie same parametry transmisji w obu portach szeregowych:
 - prędkość transmisji,
 - liczbę bitów w jednej ramce,
 - liczbę bitów stopu,
 - bit parzystości lub nieparzystości.

E-3, WIEIK- PK

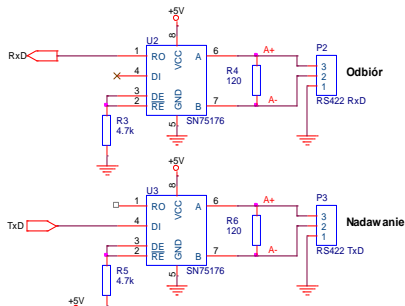
30

UART – RS232, RS422, RS485

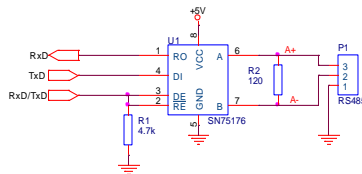
Dysponując portem szeregowym typu UART, np. w mikrokontrolerze, można poprzez dołączenie odpowiedniego nadajnika i odbiornika linii, uzyskać interfejs w standardzie RS232, RS422 lub RS485



Konwerter poziomów dla RS232

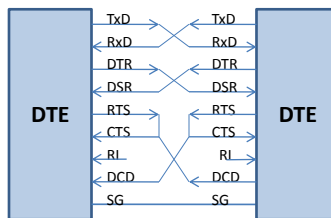
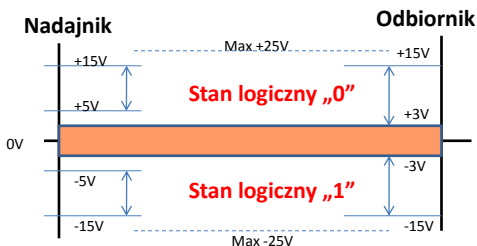


Konwerter poziomów dla RS422



Konwerter poziomów dla RS485

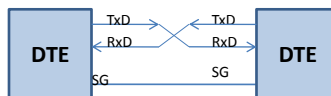
RS232 – poziomy napięcie i połączenia



Sygnaly w RS232

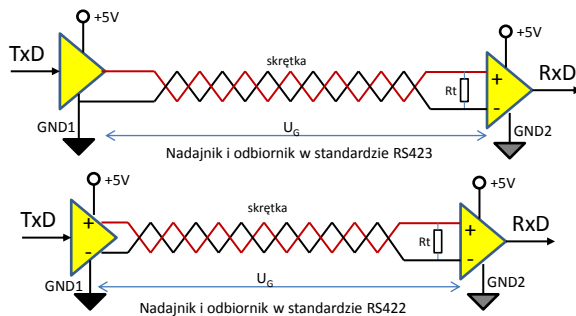
- Sygnaly danych
 - **TxD – Transmitted Data – Dane nadawane**
 - **RxD – Received Data – Dane odbierane**
- Sygnaly sterujące
 - DTR – Data Terminal Ready – Gotowość DTE
 - DSR – Data Set Ready – Gotowość DCE
 - RTS – Request to Send – Żądanie nadawania
 - CTS – Clear to Send – Zgoda na nadawanie
 - RI – Ring Indicator – Wskaźnik wywołania
 - DCD – Data Carrier Detected – Wykrycie nośnej
- **SG – signal Ground – Masa sygnałowa**

DTE – Data Terminal Equipment – komputer
DCE – Data Communication Equipment - modem



Minimalne połączenie dwóch urządzeń typu DTE, np. sterownik PLC- panel operatorski, komputer PC - PC

RS423, RS422 – interfejs full-duplex

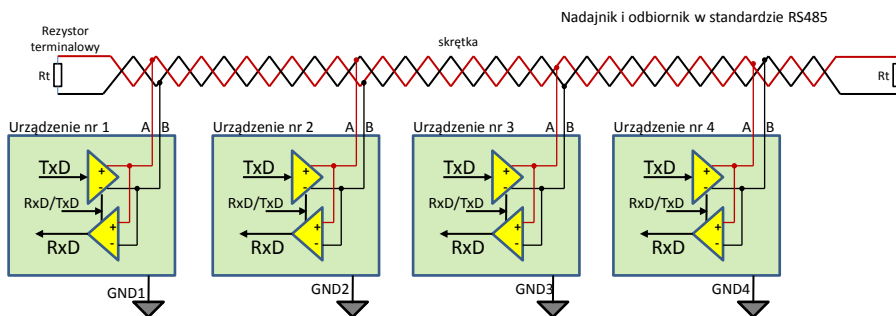


- **RS423** – nadajnik pojedynczy, odbiornik różnicowy, dwie pary przewodów, full duplex
- **RS422** – nadajnik różnicowy, odbiornik różnicowy, dwie pary przewodów, full duplex
- Do jednego nadajnika można podłączyć do 10 stacji odbiorczych. Zasięg do 1200m.
- Szybkość transmisji 10Mbd do 100m i 100kdb do 1200m

E-3, WIEIK- PK

33

RS485 – interfejs half-duplex, sygnały różnicowe

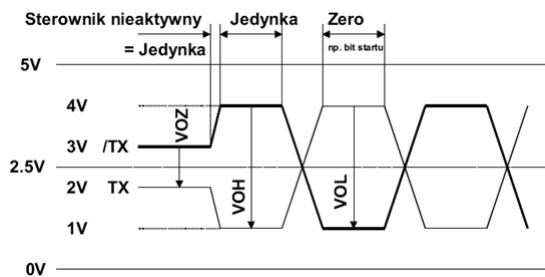


- Interfejs wielopunktowy, możliwość podłączenia do 32 stacji nadawczo/odbiorczych na 1 segment linii.
- Zasięg do 1200m. Szybkość transmisji 10Mbd do 100m i 1Mbd do 1000m
- Sygnał napięciowy -7V do +12V, B - wejście odwracające (-), A - wejście nieodwracające (+),
- Stan „1” - napięcie dodatnie (B-A > +200 mV), stan „0” napięcie ujemne (B-A < -200 mV)

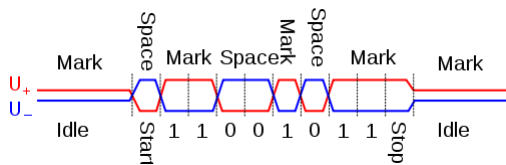
E-3, WIEIK- PK

34

Sygnaly dla RS485, RS422



- $VOZ = 0.9V$ min do $1.7V$ max (sterownik nieaktywny)
- $VOH = 2V$ min (z obciążeniem) do $5V$ (bez obciążenia)
- $VOL =$ od $-2V$ do $-5V$
- RS422 w swoim stanie nieaktywnym jest w pozycji jeden

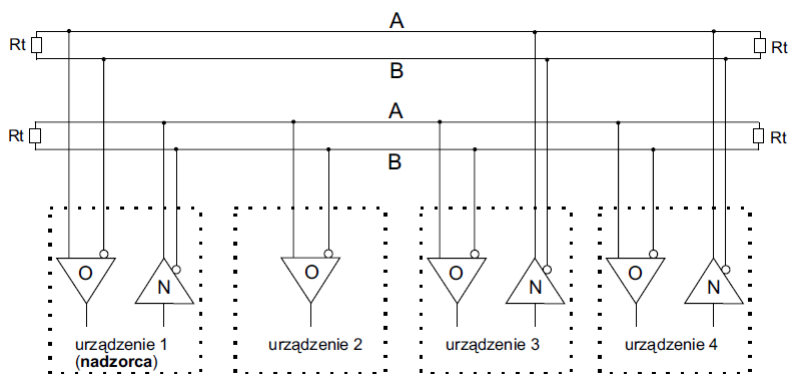


Ramka transmisyjna: 1-bit STARTU, 8-bitów danych, 1 bit STOPU

E-3, WIEIK- PK

35

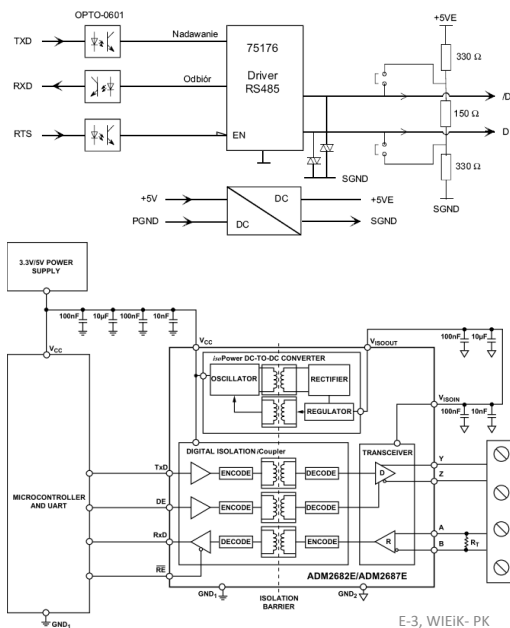
2xRS485 – interfejs full-duplex, sygnały różnicowe



E-3, WIEIK- PK

36

Interfejs RS485 z izolacją galwaniczną



Realizacja interfejsu RS485 z izolacją galwaniczną na transoptorach i interfejsu RS422 na tzw. izolatorach cyfrowych.

37

Przemysłowe standardy do transmisji szeregowej – interfejsy przewodowe

Do wymiany danych pomiędzy urządzeniami na małe i duże odległości

- RS232, RS422, RS423, RS485, 2xRS485
- CAN
- Ethernet
- CC Link
- HART – analogowo-cyfrowy

E-3, WIEIK- PK

38

CAN - historia

CAN jest szeregową magistralą systemową umożliwiającą wzajemną komunikację pomiędzy urządzeniami, (modułami, sterownikami, mikrokontrolerami).

CAN jest siecią multimaster, dlatego możliwa jest sytuacja, gdy każde urządzenie może mieć dostęp do szyny jeżeli wyśle dane o odpowiednio wysokim priorytecie, zajmuje szynę na czas transmisji jednego telegramu. Urządzeniami łączonymi za pomocą tej sieci mogą być zarówno proste układy wejścia-wyjścia, układy mikroprocesorowe a także komputery. Właśnie dzięki możliwości podłączenia układów o dużej mocy obliczeniowej, tworzy się system realizujący funkcję inteligencji rozproszonej.

CAN - historia

CAN jest magistralą szeregową zaproponowaną przez firmę Bosch na początku lat 80-tych XX wieku (luty 1983r).

CAN początkowo miała to być magistrala do sterowania w pojazdach samochodowych, głównie samochodach osobowych, autobusach i ciężarówkach.

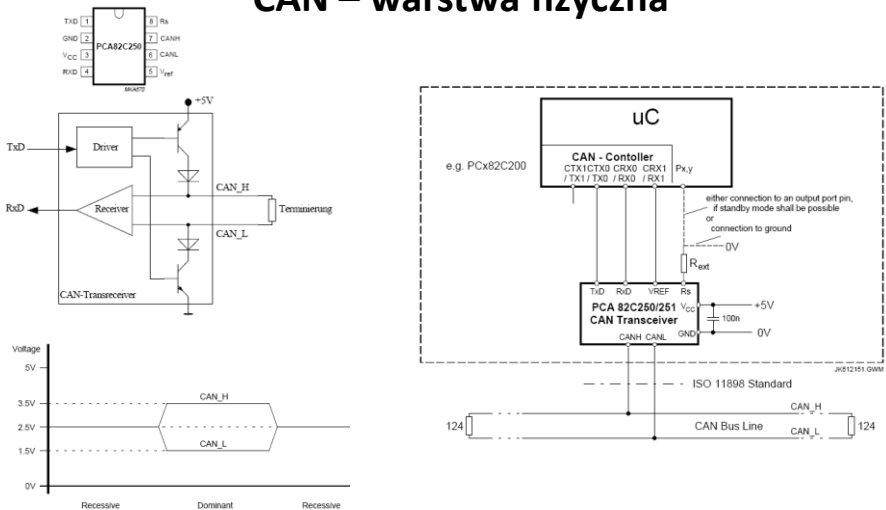
Magistrala CAN została ustandaryzowana w 1993 roku (ISO 11898–1) i obecnie jest jedną z wiodących magistral szeregowych stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym, przemyśle kolejowym i urządzeniach automatyki przemysłowej.

Standard **CAN** opisuje zarówno interfejs szeregowy (warstwa fizyczna - dwuprzewodowy różnicowy) jak i kilka protokołów transmisyjnych (CAN, CANopen, DeviceNet, SAE J1939).

W miarę rozwoju magistrali CAN zostały opracowane kolejne protokoły:

- **SAE J1939** do zastosowań komercyjnych w pojazdach szynowych z silnikiem diesla, autobusach i samochodach ciężarowych, pojazdach wojskowych (połowa lat 90-tych)
- **DeviceNet** (IEC 62026-3) do zastosowań w automatyce przemysłowej (1994r, Allan Bradley)
- **CANopen** (EN 50325-4) uniwersalny, elastyczny protokół do wbudowanych systemów sterowania w automatyce przemysłowej, sprzęcie medycznym, pojazdach szynowych, automatyce budynkowej (1995r, organizacja CiA – *CAN in Automation*)
- **ISO 15765-2** ISO Transport Layer – warstwa transportowa na początku XXI
- **ISO 15765-3** standard do celów diagnostycznych w pojazdach

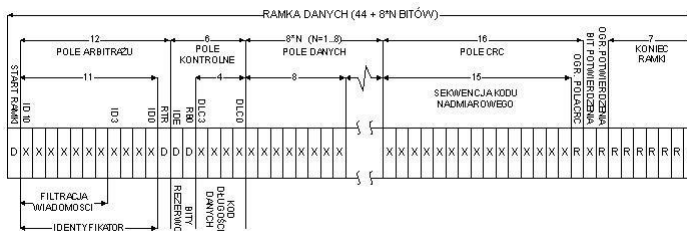
CAN – warstwa fizyczna



Schemat nadajnika/odbiornika CAN i poziomy sygnałów na magistrali

Założenia magistrali CAN

- **Wiadomość (telegram)** - Jest podstawową jednostką informacji, składającą się z kilkudziesięciu bitów. Telegram zawiera od 0 do 8 bajtów danych oraz dodatkowe bity umożliwiające poprawny przesył danych.
- **NADAJNIK** - Moduł rozpoczynający transmisję wiadomości jest nazywany NADAJNIKIEM tej wiadomości; staje się nim dopiero wtedy gdy stwierdzi, że szyna jest wolna.
- **ODBIORNIK** - Stacja jest nazywana ODBIORNIKIEM, wtedy gdy nie jest NADAJNIKIEM tej wiadomości i gdy szyna nie jest beczynna.
- **Identyfikator** - Wyróżnia telegram w sieci. Może być 11-bitowy (CAN 2.0A) oraz 29-bitowy (CAN 2.0B).
- **Priorytet** - Identyfikator definiuje statyczny priorytet wiadomości podczas dostępu do szyny.
- **Przepływ informacji** - W systemie CAN nie wykorzystuje się adresowania poszczególnych węzłów, przez co nie ma potrzeby informowania systemu o zmianie konfiguracji.



Przykład ramki transmisyjnej CAN

Założenia magistrali CAN

Zalety CAN:

- **Elastyczność systemu**; dodanie węzła do sieci CAN nie wymaga jakichkolwiek zmian w oprogramowaniu, sprzęcie, a także w warstwie aplikacyjnej.
- **Przepływ wiadomości**; każda wiadomość ma swój identyfikator. Nie wskazuje on na miejsce docelowe wiadomości, ale opisuje znaczenie danych zawartych w informacji. Węzły w sieci odbierają wszystkie wysłane wiadomości. Jeśli identyfikator wiadomości zostaje "zaakceptowany" przez węzeł (filtracja) to dane zawarte w telegramie podlegają dalszemu przetwarzaniu.
- **Wielodostęp (ang. multicast)**; w konsekwencji filtracji wiadomości, każdy węzeł może odebrać i jednocześnie wykonać odpowiednie działania na tej samej paczce informacji.
- **Zgodność danych**; sieć CAN gwarantuje, że każda wiadomość jest jednocześnie akceptowana przez wszystkie węzły lub zostaje odrzucona. W ten sposób zgodność danych w systemie jest kontrolowana albo przez wielodostęp albo przez obsługę błędów.

E-3, WIEIK- PK

43

Protokoły komunikacyjne

- **Protokoły komunikacyjne** to zbiór ścisłych reguł i kroków postępowania, które są automatycznie wykonywane przez urządzenia komunikacyjne w celu nawiązania łączności i wymiany danych.
- Dzięki temu, że połączenia z użyciem protokołów odbywają się całkowicie automatycznie, typowy użytkownik zwykle nie zdaje sobie sprawy z ich istnienia i nie musi o nich nic wiedzieć.
- Klasyczne protokoły, których pierwowzorem był protokół teleksu, składają się z trzech części:
 - procedury powitalnej (tzw. "handshake"), która polega na przesłaniu wzajemnej podstawowej informacji o łączących się urządzeniach, ich adresu (np. nr telefonu), szybkości i rodzaju transmisji itd.
 - właściwego przekazu danych
 - procedury analizy poprawności przekazu (np. sprawdzania sum kontrolnych) połączonej z procedurą pożegnania, żądaniem powtórzenia transmisji lub powrotem do procedury powitalnej
- Przesyłana informacja może być porcjowana – protokół musi umieć odtworzyć informację w postaci pierwotnej.
- Protokołami tego rodzaju posługują się:
 - teleksy
 - faksy
 - modemy
 - programy komputerowe
 - wiele innych urządzeń, włącznie z np. pilotami do telewizorów

E-3, WIEIK- PK

44

Protokoły komunikacyjne

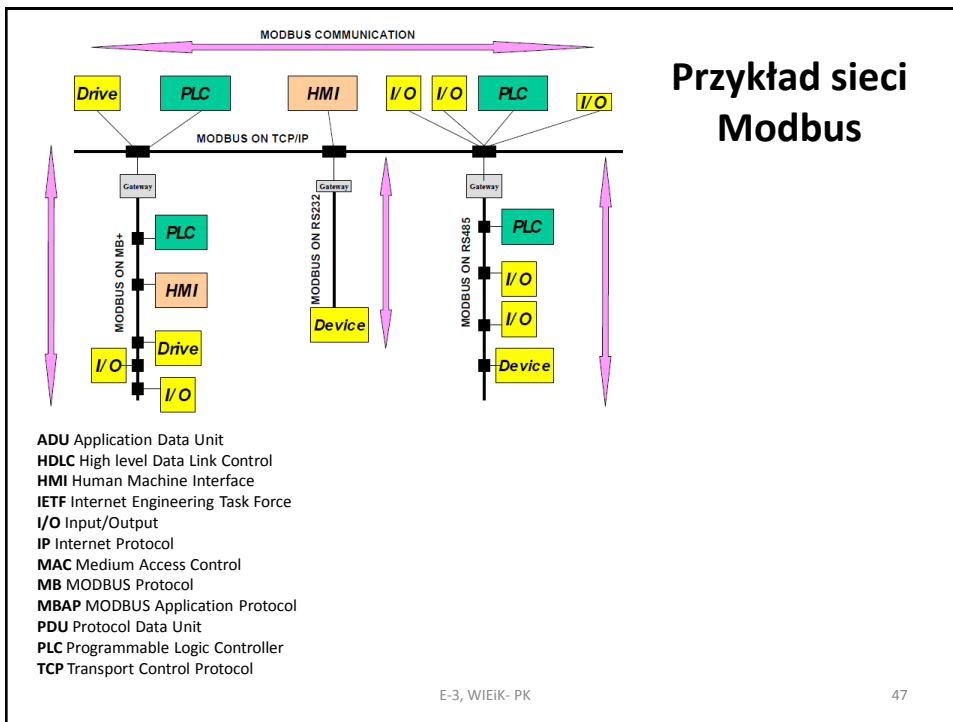
- Modbus (Modbus ASCII, Modbus RTU, Modbus TCP)
- PROFIBUS (PROFIBUS DP, PROFIBUS PA)
- LONWorks
- WordFIP
- Fieldbus
- CAN
- M-bus
- S-Bus
- InterBus-S
- IEEE1394
- Ethernet TCP/IP
- Ethernet przemysłowy Ethernet/IP, EtherCAT, Ethernet Powerlink,
- Profinet
- Sercos
- CCLink
- DMX, DMX512
- EIB
- BACnet
- KNX
- DALI
- Niektóre protokoły wykorzystują standardy RS232, RS422, RS485 do transmisji danych

Protokół Modbus

- **Modbus** to protokół komunikacyjny stworzony przez firmę Modicon (1979). Umożliwia zarządzanie siecią takich urządzeń jak sterowniki PLC, panele operatorskie, regulatory temperatury, itp. (<http://www.modbus.org>)
- **Modbus** to protokół komunikacyjny typu Master/Slave. Urządzenie nadrzędne (Master) decyduje o przepływie danych.
- Modbus jest jednym z najpopularniejszych protokołów w automatyce przemysłowej, który umożliwia komunikację z urządzeniami z interfejsem szeregowym RS-232, RS422, RS485 oraz z interfejsem Ethernet.
- Dla wielu sterowników PLC, paneli operatorskich czy modułów I/O jest to standard komunikacji. Powstały wersje dla portu szeregowego (Modbus ASCII i Modbus RTU) i dla sieci Ethernet (Modbus TCP).
- Różnice pomiędzy Modbus RTU a Modbus TCP wymagają zastosowania odpowiedniej bramy, która będzie pomostem pomiędzy tymi interfejsami i protokołami.

Protokół Modbus zapewnia:

- dostęp do nośnika typu master – slave
- wykrywanie i sygnalizacja błędów
- potwierdzanie wykonania komend
- zabezpieczenie przed blokadą,



E-3, WIEIK- PK

47

Modbus ASCII

Start	Address	Function	Data	LRC	End
1 char :	2 chars	2 chars	0 up to 2x252 char(s)	2 chars	2 chars CRLF

Ramka transmisyjna Modbus RTU

- bajty są, wysyłane szesnastkowo (po dwa znaki ASCII)
- odstępy pomiędzy kolejnymi znakami ramki < 1s

Znaczenie poszczególnych bajtów w ramkach ASCII i RTU

adres

0 – adres rozgłoszeniowy
 1 – 247 – adres jednostki slave

kod funkcji

1 \$01 odczyt wyjść bitowych
 2 \$02 odczyt wejść bitowych
 3 \$03 odczyt n rejestrów
 4 \$04 odczyt n rejestrów wejściowych
 5 \$05 zapis 1 bitu
 6 \$06 zapis 1 rejestru
 7 \$07 odczyt statusu
 8 \$08 test diagnostyczny
 15 \$0F zapis n bitów
 16 \$10 zapis n rejestrów
 17 \$11 identyfikacja urządzenia slave
 128 – 255 \$80–\$FF zarezerwowane na odpowiedzi błędne

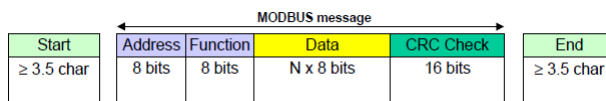
rejstry i zmienne

Urządzenie jest widziane jako 16-bitowe rejstry Wn.
 Typy zmiennych umieszczanych w rejestrach:
 bitowe – bity rejestrów W0 W4095
 2-bajtowe – całe rejstry Wn
 4-bajtowe – sąsiednie rejstry Wn ; Wn+1

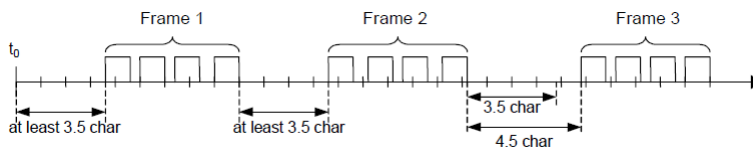
E-3, WIEIK- PK

48

Modbus RTU



Ramka transmisyjna Modbus RTU



Przebieg danych w Modbus RTU

- bajty są, wysyłane binarnie jako znaki ośmiobitowe
- każda ramka jest poprzedzona odstępem (cisza na linii) $> 3:5T$ (gdzie T oznacza czas transmisji jednego znaku)
- odstępy pomiędzy kolejnymi znakami ramki $< 1:5T$

E-3, WIEIK- PK

49

Wykrywanie błędów w Modbus

Diagnoza błędów

- Wykrywanie błędów transmisji następuje dzięki kontroli parzystości poprzecznej (bit parzystości znaku) i wzdłużnej (LRC, CRC).
- Wykrywanie i diagnozowanie błędów komunikacji następuje przez:
 - odesłanie przez slave ramki z kodem błędu:
 - 01 – niedozwolona funkcja
 - 02 – niedozwolony numer rejestru
 - 03 – niedozwolona wartość danej
 - 04 – uszkodzenie w przyłączonym urządzeniu
 - 05 – potwierdzenie pozytywne
 - 06 – brak gotowości, komunikat usunięty
 - 07 – potwierdzenie negatywne
 - 08 – błąd parzystości pamięci
- przekroczenie czasu oczekiwania na odpowiedź (timeout w jednostce master) – slave nie odsyła odpowiedzi przy błędach w ramce żądania

E-3, WIEIK- PK

50

PROFIBUS

- **Profibus** (Niemcy 1987) standard sieci przemysłowej czasu rzeczywistego (czyli z gwarantowanym czasem przesyłu). W sieci może być do 127 sterowników. Rozległość sieci zależy od zastosowanego medium transmisji (np. RS485).
- **Profibus** może pracować z następującymi prędkościami transmisji: 9600 [bit/s] , 19200 [bit/s] , 93.75 [Kbit/s], 187.5 [Kbit/s] , 500 [Kbit/s], 1500 [Kbit/s], 12000 [Kbit/s].
- **Profibus** jest siecią deterministyczną, komunikacja odbywa się na zasadzie master/slave lub master/master. Profibus zapewnia komunikację na poziomie telegramów (zdefiniowanych pakietów informacyjnych) z potwierdzeniem i bez potwierdzenia, lub na poziomie zmiennych, sterownik udostępnia szereg zmiennych, tablic, rekordów podając ich nazwę. Inne sterowniki mogą odczytać lub zapisać te zmienne w zależności od ustawionych praw.
- **Profibus** umożliwia również kontrolę i sterowanie programów (zatrzymanie, restart itp.). W wersji Profibus DP uzyskujemy możliwość bardzo szybkiej obsługi zdecentralizowanych urządzeń we/wy.

Wybrane standardy do transmisji szeregowej – interfejsy bezprzewodowe

Radiowe

- WiFi, WIMAX
- GSM/SMS, GSM/GPRS
- Bluetooth, ZigBee
- Modemy radiowe 443MHz, 869MHz

Optyczne

- IrDA (Infrared Data Association)

Interfejsy i protokoły szeregowe w przemyśle

CANopen - 14 (6,45%)



ControlNet - 4 (1,84%)



DeviceNET - 8 (3,69%)



easyNET - 23 (10,6%)



EtherCAT - 2 (0%)



Ethernet/IP - 48 (22,12%)



Ethernet Powerlink - 6 (2,76%)



Modbus - 42 (19,35%)



Profibus - 53 (24,42%)



ProfiNet - 1 (0%)



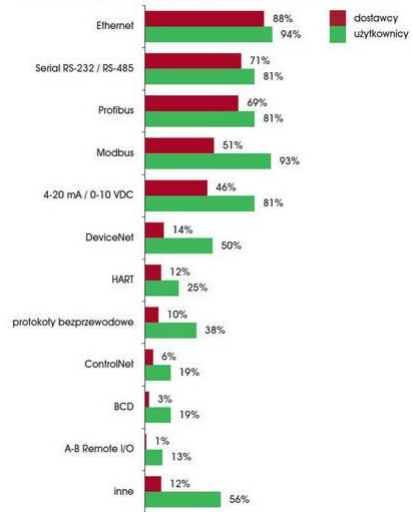
Sercos - 0 (0%)



Inne - 16 (7,37%)



Wykres 5. Protokoły komunikacyjne stosowane w sterownikach PLC (wg dostawców i użytkowników)



Źródło: Control Engineering Polska, sierpień 2010