

Sieci komunikacyjne

(Communication networks)

protokoły komunikacyjne (communication protocols)

struktury sieci (structure of network)

relacje (relations)

media komunikacyjne (communication medium)

interfejs komunikacyjny (communication interface)

dostęp do wspólnego medium (Medium Access Control)

Protokół komunikacyjny

(Communication protocol)

- adresowanie (addressing)
- wybór trasy (routing)
- synchronizacja (synchronization)
- niezawodność transmisji (reliability of transmission)
- podział informacji na ramki (segmentation)
- scalanie podzielonej informacji (integration)
- ochronę danych (data protection)
- przetwarzanie informacji (data processing)

Struktura sieci

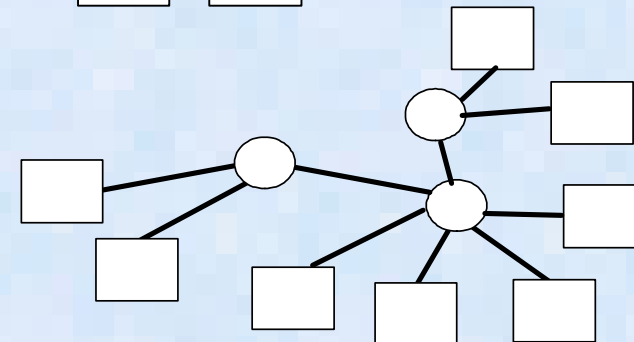
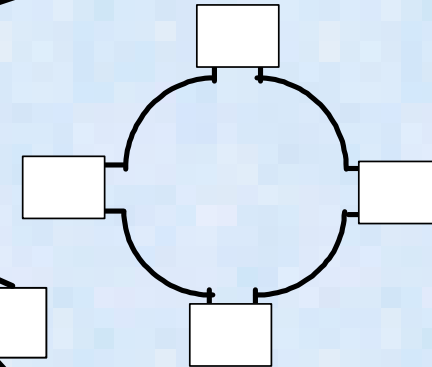
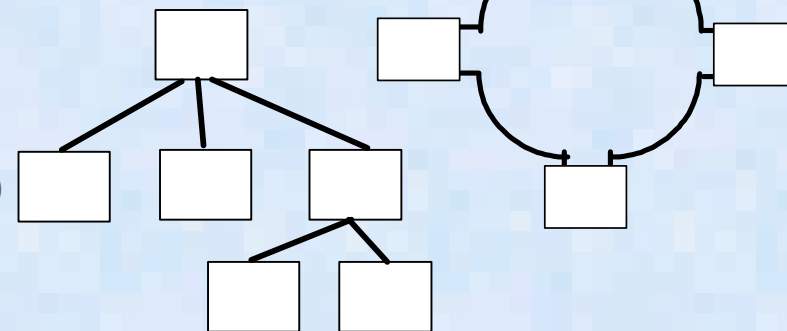
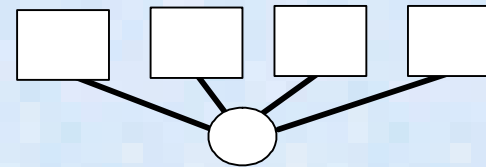
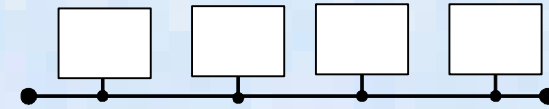
(Structure of network)

□ Topologia (topology)

- liniowa – magistralowa (bus)
- gwiazdzista (star)
- pierścieniowa - kołowa (ring)
- drzewiasta – hierarchiczna (tree)
- oczkowa - swobodna (mesh)

□ Typy połączeń (connection type)

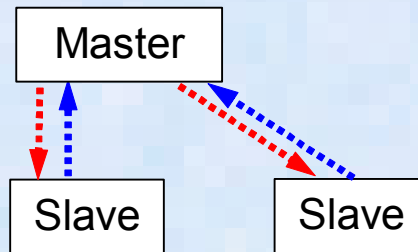
- 1:1 (point-to-point)
- 1:n (multidrop)
- pętla (loop)



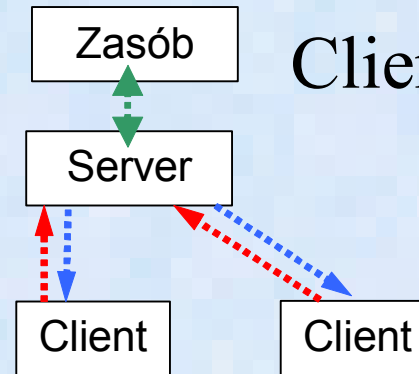
Relacje

(Relations)

Master-Slave

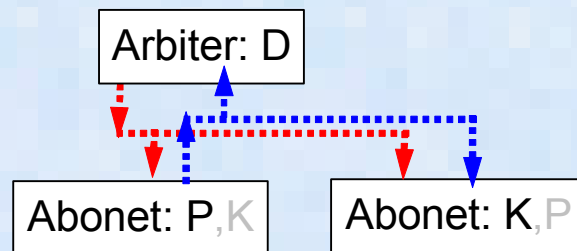





Client-Server



Producent-Dystrybutor-Konsument

peer-to-peer



-  żądanie (request)
-  odpowiedź (answer)
-  bezpośrednie operacje na danych (operations)

Typy sieci

- Wide Area Network
- Metropolitan Area Network
- Local Area Network
- **fieldbus**
- **devicebus**
- **sensorbus**

Model warstwowy ISO - OSI



□ warstwy oprogramowania sieciowego

→ rzeczywisty przepływ informacji

→ komunikacja pomiędzy równorzędnymi warstwami

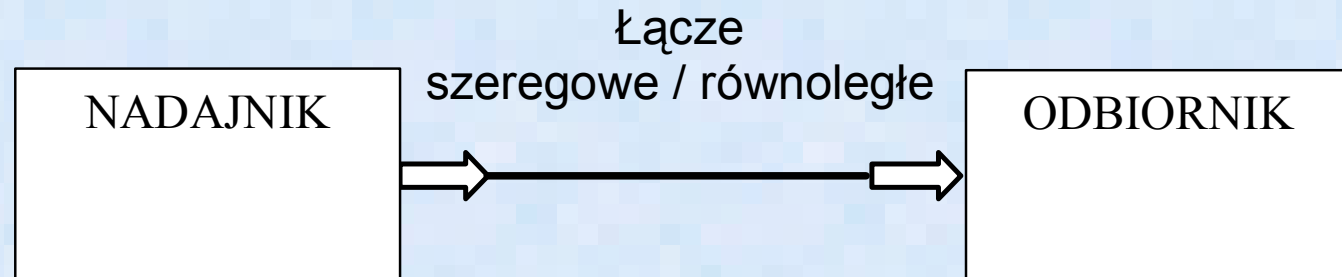
Rodzaje transmisji

- ilość linii
 - bitowo-równoległa, bitowo-szeregową
- czas
 - synchroniczna, asynchroniczna
- pasmo
 - podstawowe, rozszerzone
- kierunek przesyłania
 - simplex, half-duplex (półduplex), full-duplex (duplex)

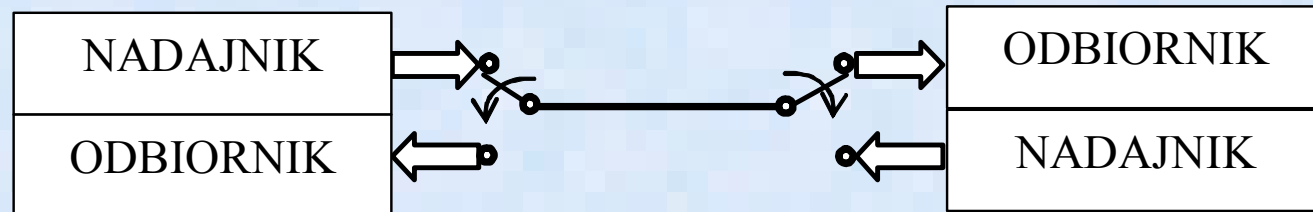
Kierunek transmisji sygnałów

(Direction of signals transmission)

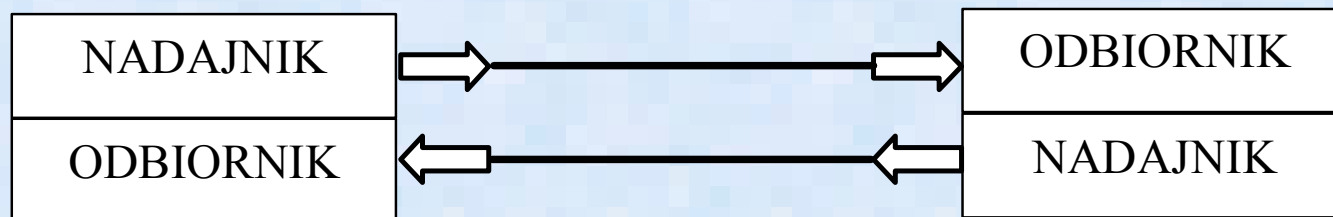
SIMPLEKS



PÓLDUPLEKS



DUPLEKS



Wybrane media transmisyjne

(Some transmission medium)

Parametr	Skretka ⁽¹⁾	Kabel koncentryczny z transmisją w paśmie		Światłowód
		podstawowym	rozszerzonym	
Prędkość transmisji	rzędu 100 kbit/s ≤ 1 Gbit/s	rzędu Mbit/s	≤ 1Gbit/s	≤ 200 Gb/s próby 24 Tbit/s
Odległość	≤ 1km	≤ 1.5 km	≤ 60 km	duża
Odporność na zakłócenia	słaba	duża	duża	bardzo duża
Koszty	niskie	średnie	duże	średnie

(1) UTP – unshielded twisted pair
STP – shielded twisted pair

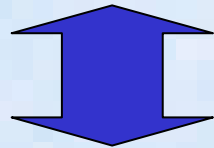
RS 232 / RS 232C (V24)

Electronic Industries Association (EIA):

RS-232 (1962 r.)

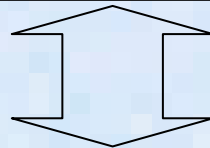
RS-232C (1969 r.) → V24 - CCITT *Międzynarodowy Komitet Doradczy ds. Telefonii i Telegrafii*

DTE
Data Terminal Equipment
(urządzenie końcowe, np. komputer)



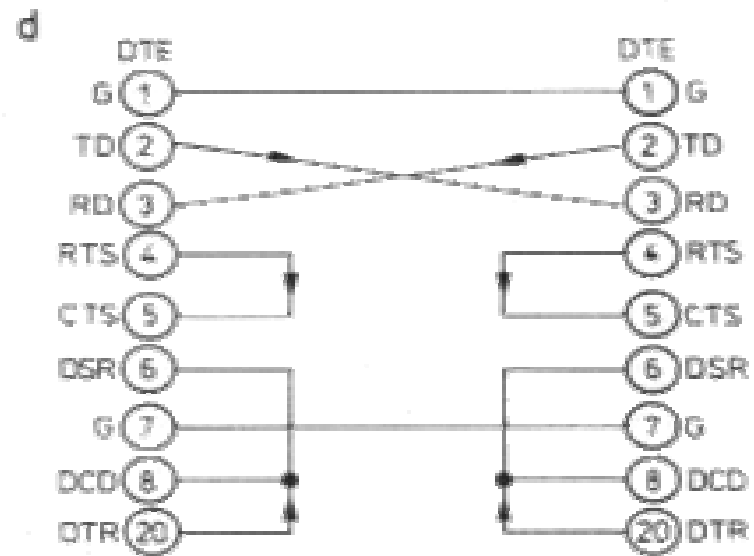
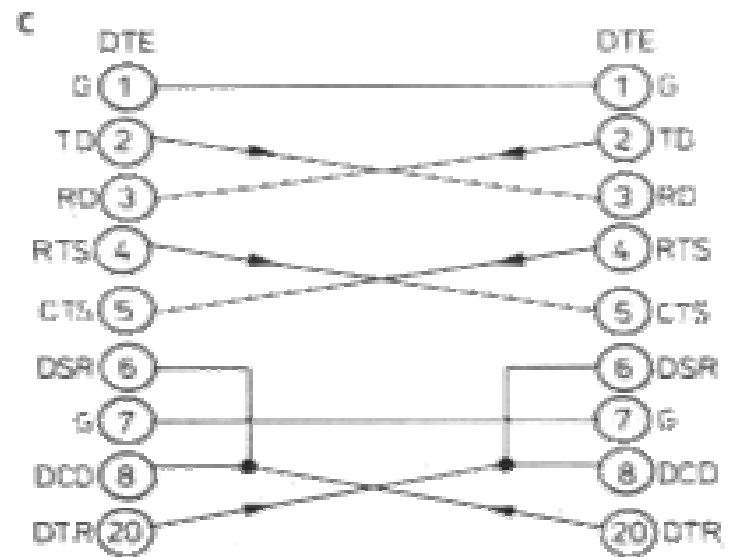
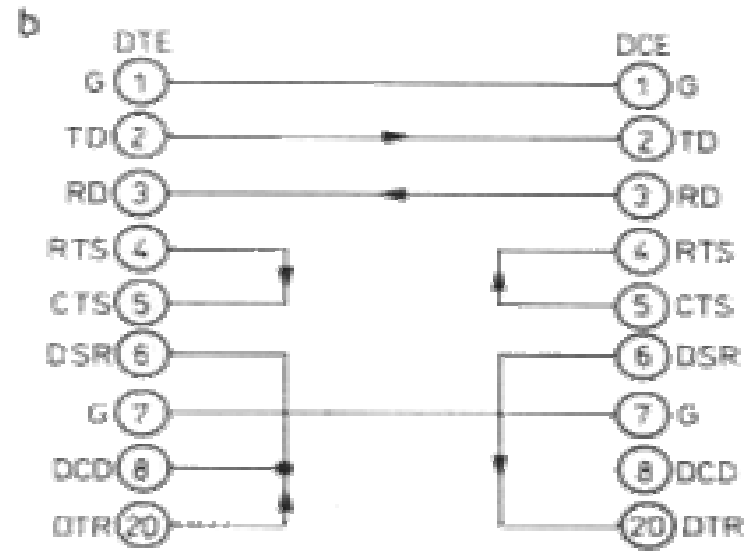
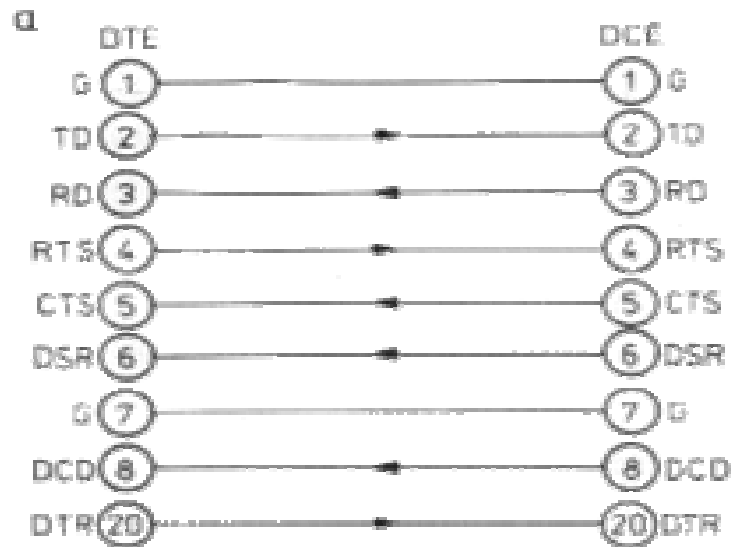
RS 232

DCE
Data Communication Equipment
(urządzenie pośredniczące, np. modem)



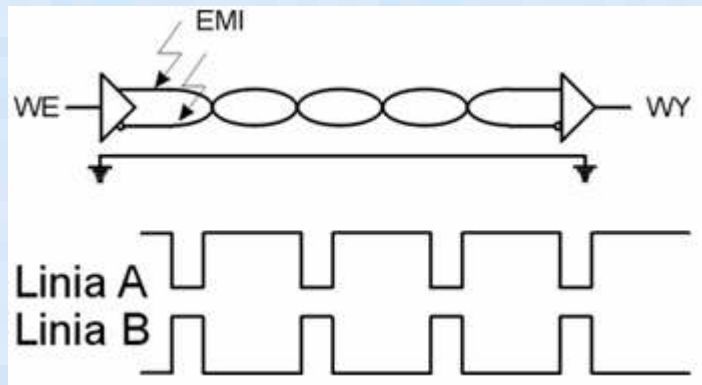
sieć komunikacyjna

RS 232 / RS 232C (V24)

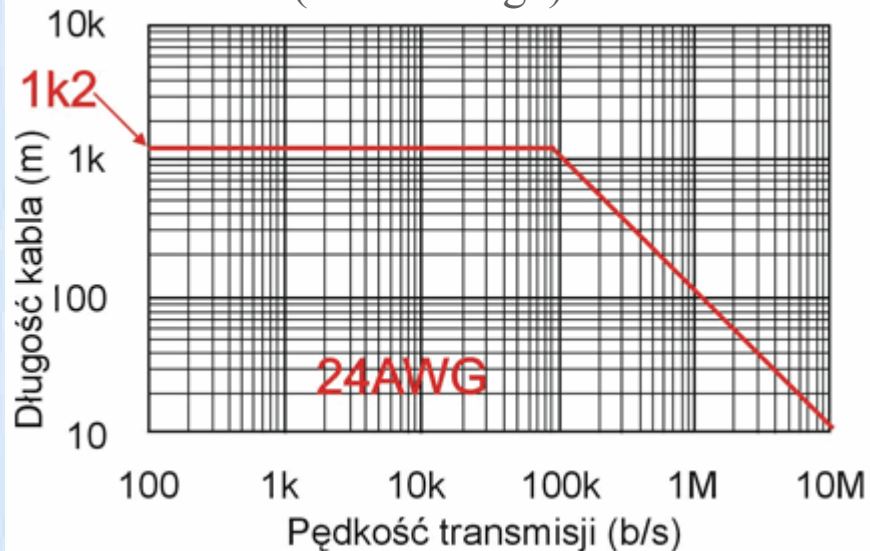


RS 422 / RS 485

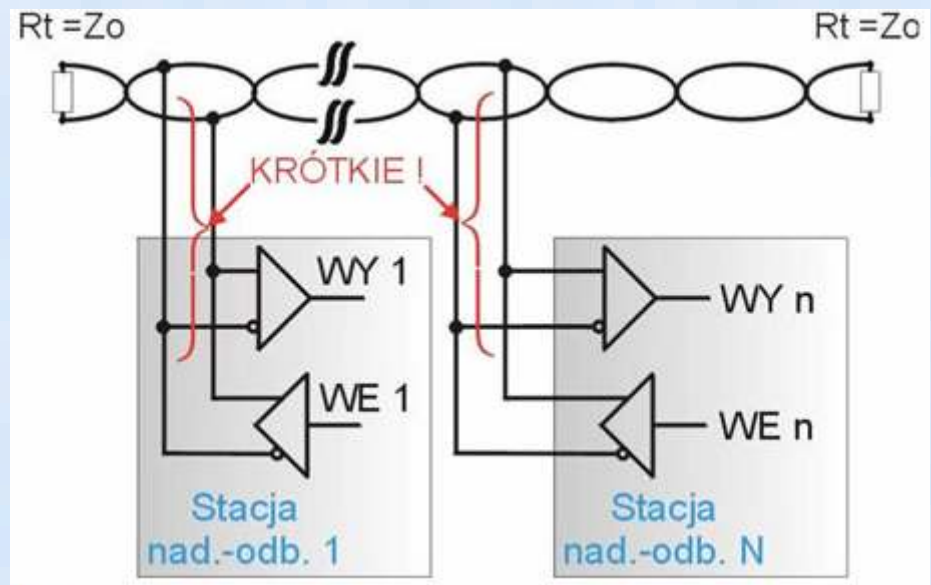
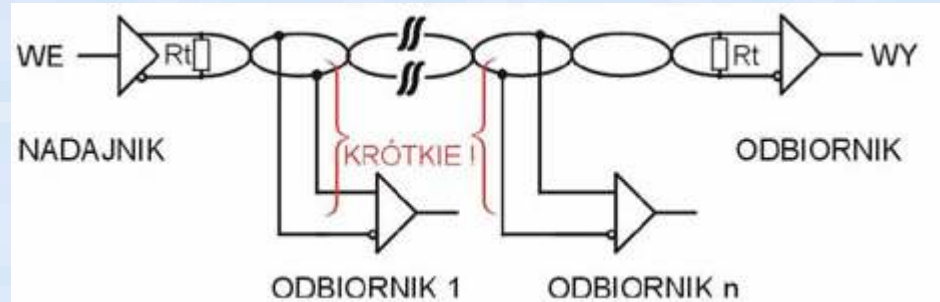
Transmisja różnicowa (differential transmission)



Prędkość i zasięg (rate & range)

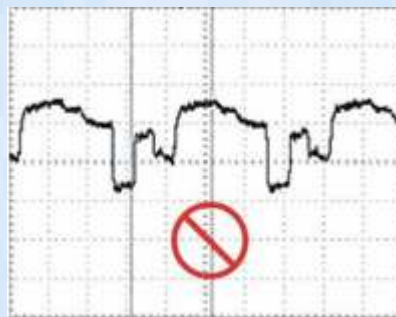
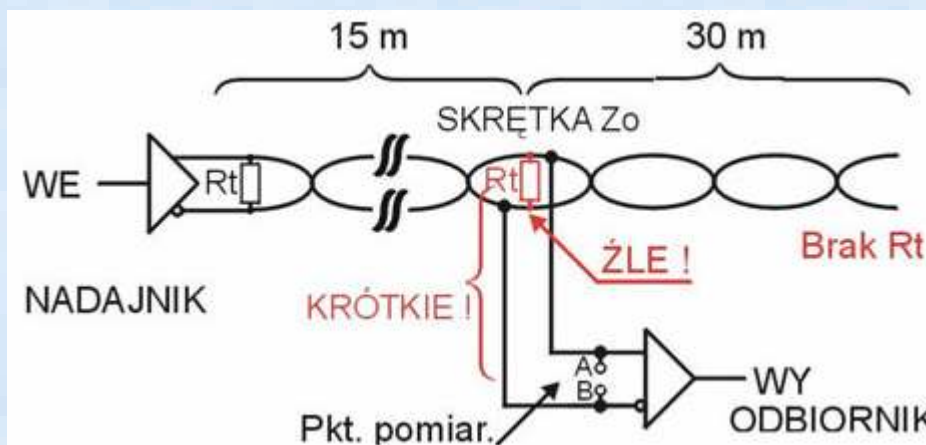
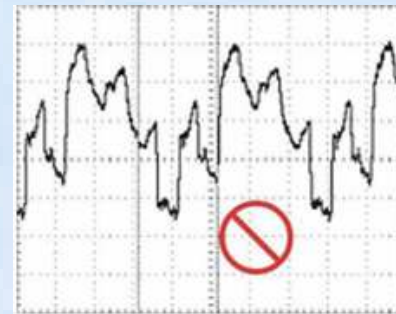
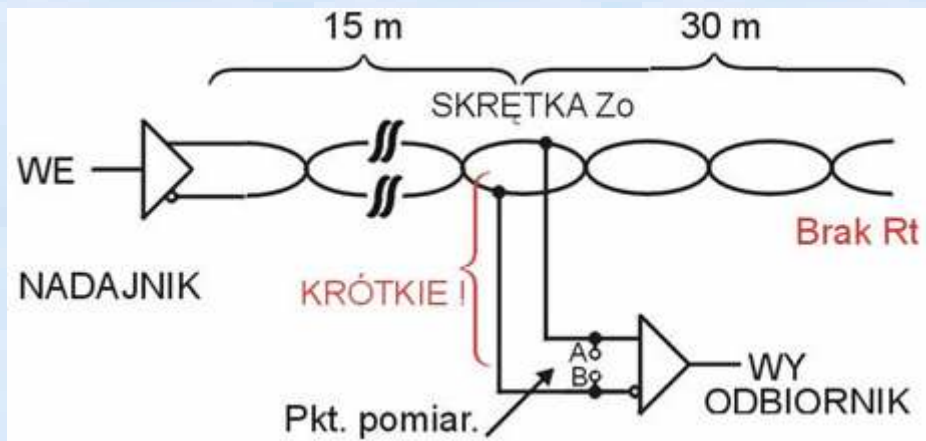
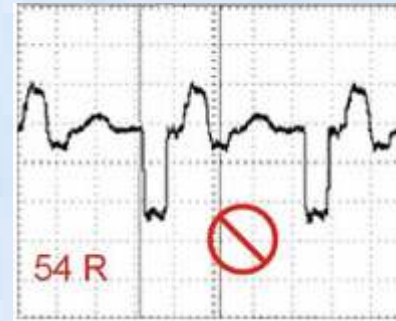
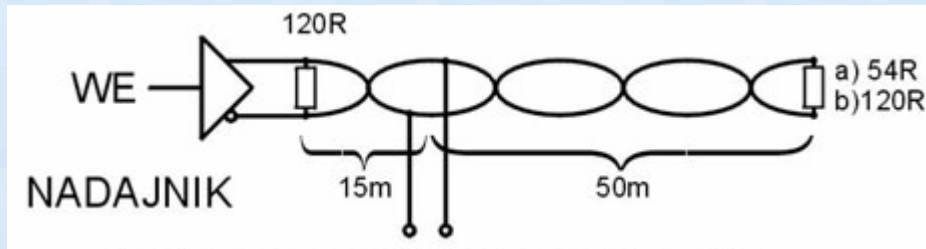


Terminatory (terminators)



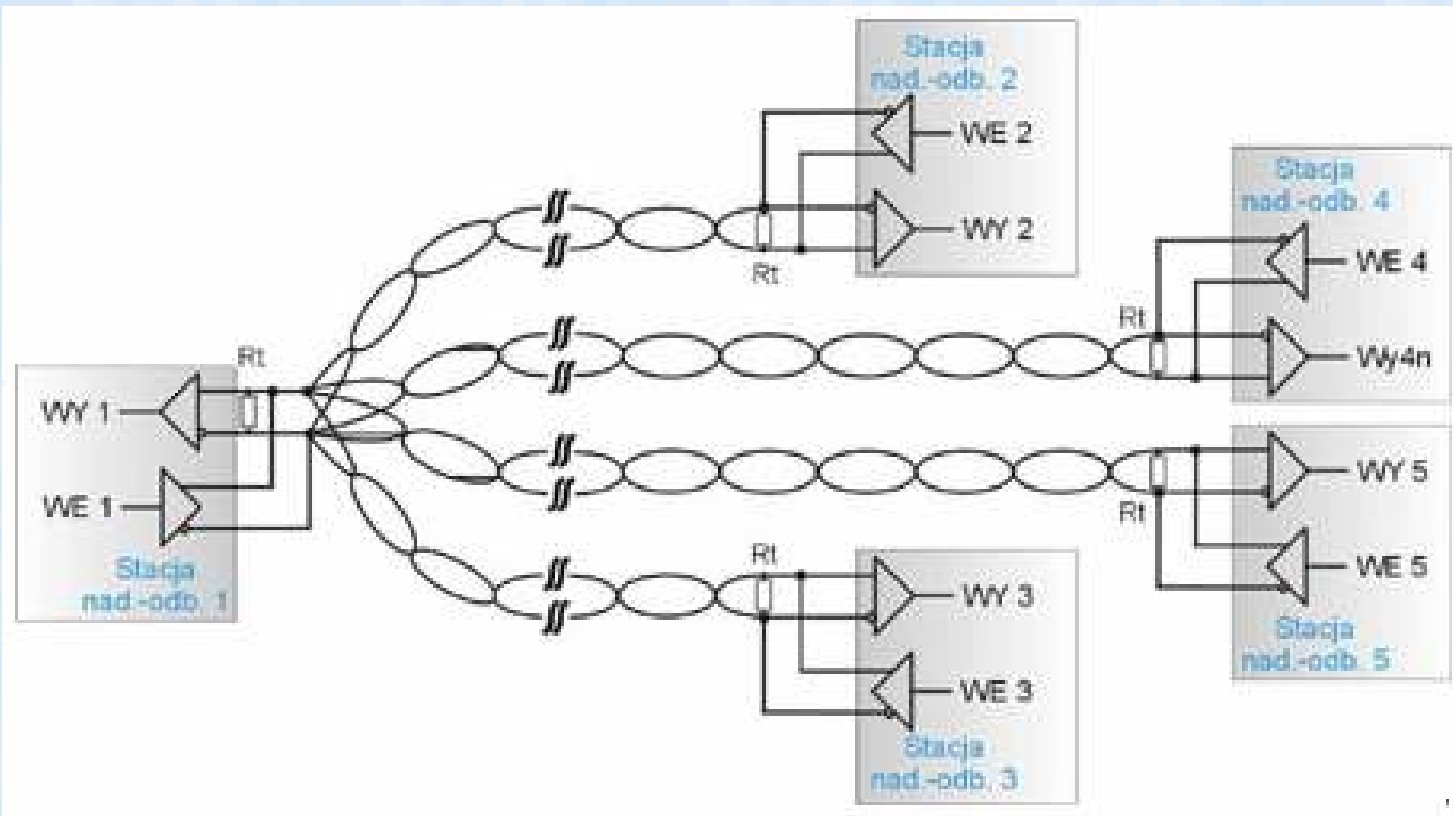
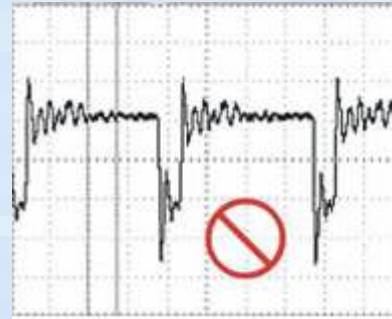
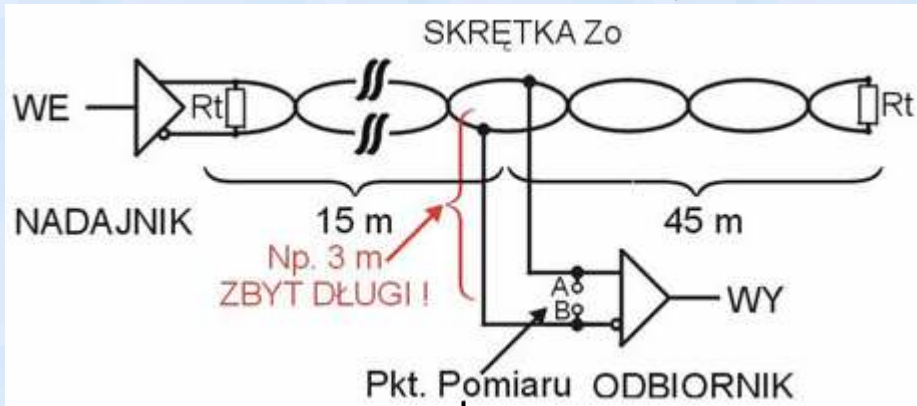
RS 422 / RS 485 – błędy

(RS 422 / RS 485 – faults)



RS 422 / RS 485 – błędy

(RS 422 / RS 485 – faults)



Szeregowe interfejsy komunikacyjne

	RS-232-C (V 24)	RS-422-A	RS-485	CAN
Drivers	1	1	32	64
Receivers	1	10	32	64
Standard	EIA RS-232-C CCITT V.24	EIA RS-422-A	EIA RS-485	ISO 11898
Zasada	full-duplex, point-to-point	full-duplex, point-to-point	half-duplex, multi-drop	half-duplex multi-master (protokół)
Hand-shaking	Programowo sprzętowo (linie)			
Max prędkość	19.2 kbps (w praktyce więcej)	10 Mbps	10 Mbps	1 Mbps
Zasięg	15 m	1200 m	1200 m (+ repeater)	500 m.
Połączenie	interfejs napięciowy	różnicowo-napięciowy podwójna skrętka	różnicowo-napięciowy podwójna skrętka	
Sygnaly	Rx,Tx, (Dtr,Dsr,Rts,Cts,Ri) Dcd,Gnd	Rx+,Rx-,Tx+,Tx-, Rts+,Rts-,Cts+,Cts-, Gnd	Data+, Data- Gnd (ekran)	CAN_H, CAN_L Gnd
Uwagi	<i>też pętla prądowa:</i> <i>Tx-, Tx+, Rx-, Rx+</i>	odporność na zakłócenia	odporność na zakłócenia	real-time korekcja błędów

Metody dostępu (arbitraż magistrali)

metody sterowania dostępem do łącza = protokoły dostępu do łącza
MAC – Medium Access Control

- **Connection oriented protocols** - Protokoły zorientowane na połączenia
- **Polling** - Metoda odpytań
- **TDM - Time-Division Multiplexing** - Wielodostęp z podziałem czasu
- **FDM - Frequency-Division Multiplexing** - Wielodostęp z podziałem częstotliwości
- **Token ring** - Przekaz znacznika w pierścieniu
- **Token bus** - Przekaz znacznika w pierścieniu wirtualnym
- **Binary countdown** - Metoda dominacji bitowej
- **CSMA/CD** – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
Wielodostęp z badaniem stanu kanału i wykrywaniem kolizji
- **CSMA/CA** – Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
Wielodostęp z badaniem stanu kanału i unikaniem kolizji

Protokoły w systemach automatyki

(Industry protocols)

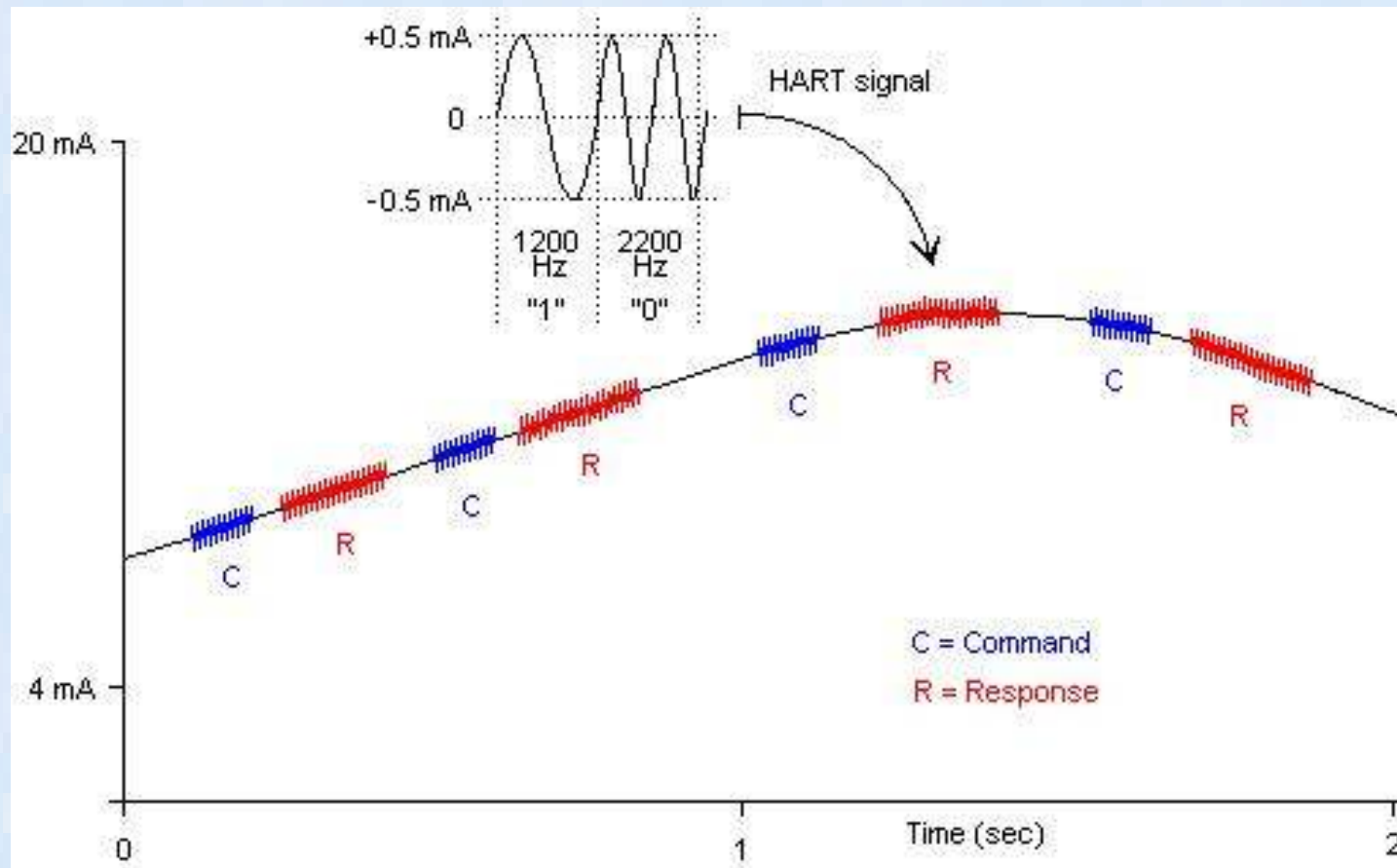
- Hart
- CAN
- Modbus
- Profibus
- Interbus-S
- Fieldbus Foundation
- ASI
- DeviceNet
- FIP

HART

Highway Addressable Remote Transducer

Rosemount (lata 80-te)

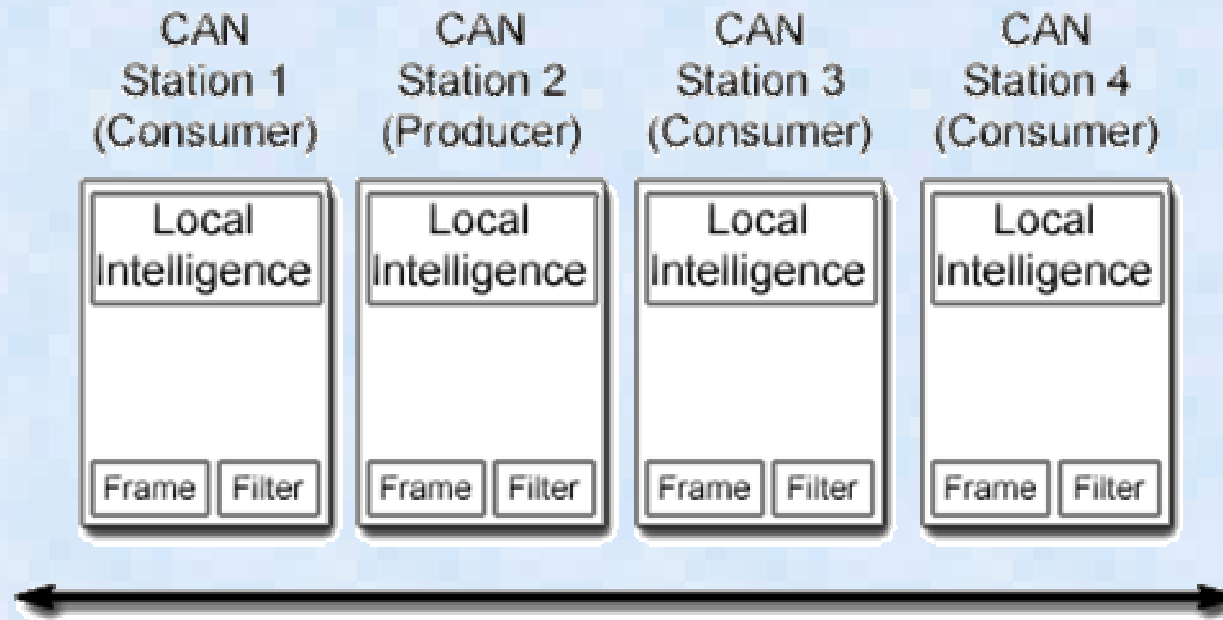
User Group (1990 r.)



CAN

Controller Area Network

Bosh + Intel (1986)



© 2002 - CAN in Automation - TS

www.canopen.org

www.can-cia.org (CAN in Automatika)

Modbus

Ramka Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

:	addH	addL	funH	funL	dane	sumH	sumL	CR	LF
1znak	2znaki		2znaki		n znaków	2znaki		1znak	1znak
9 znaków ramki + dane									

start	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	parz	stop
1b	7 bitów						1b	1b	
1 znak => 10 bitów									

znaki: 30h ÷ 39h, 61h ÷ 66h
('0' ÷ '9', 'A' ÷ 'F')

np.: 0x1A53

hex: 31h, 61h, 35h, 33h

txt: '1', 'A', '5', '3'

Ramka Modbus RTU (Remote Terminal Unit)

	add	fun	dane	sumH	sumL
cisza	1Byte	1Byte	n Byte	2Byte	
3,5znaki	4 Byte ramki + dane				

start	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	parz	stop
1b	8 bitów							1b	1b	
1 Byte => 11 bitów										

znaki: 0h ÷ 9h, Ah ÷ Fh

1 Byte = 2 znaki

np.: 0x1A53

hex: 1Ah, 53h

txt: '..' '..'

Modbus

Przykład: ze stacji nr 63 czytaj 28 wartości analogowych od adresu 301
 (3Fh) (1Ch) (12Dh)

Zapytanie: adres, kod funkcji, dane, suma

	stacja	czytaj	addH	addL	ileH	ileL	sH	sL
	3F	03	01	2D	00	1C		

3A	33	46	30	33	30	31	32	44	30	30	31	43	sH	sL	0D	0A
:	3	F	0	3	0	1	2	D	0	0	1	C			CR	LF

3F	03	01	2D	00	1C	sH	sL

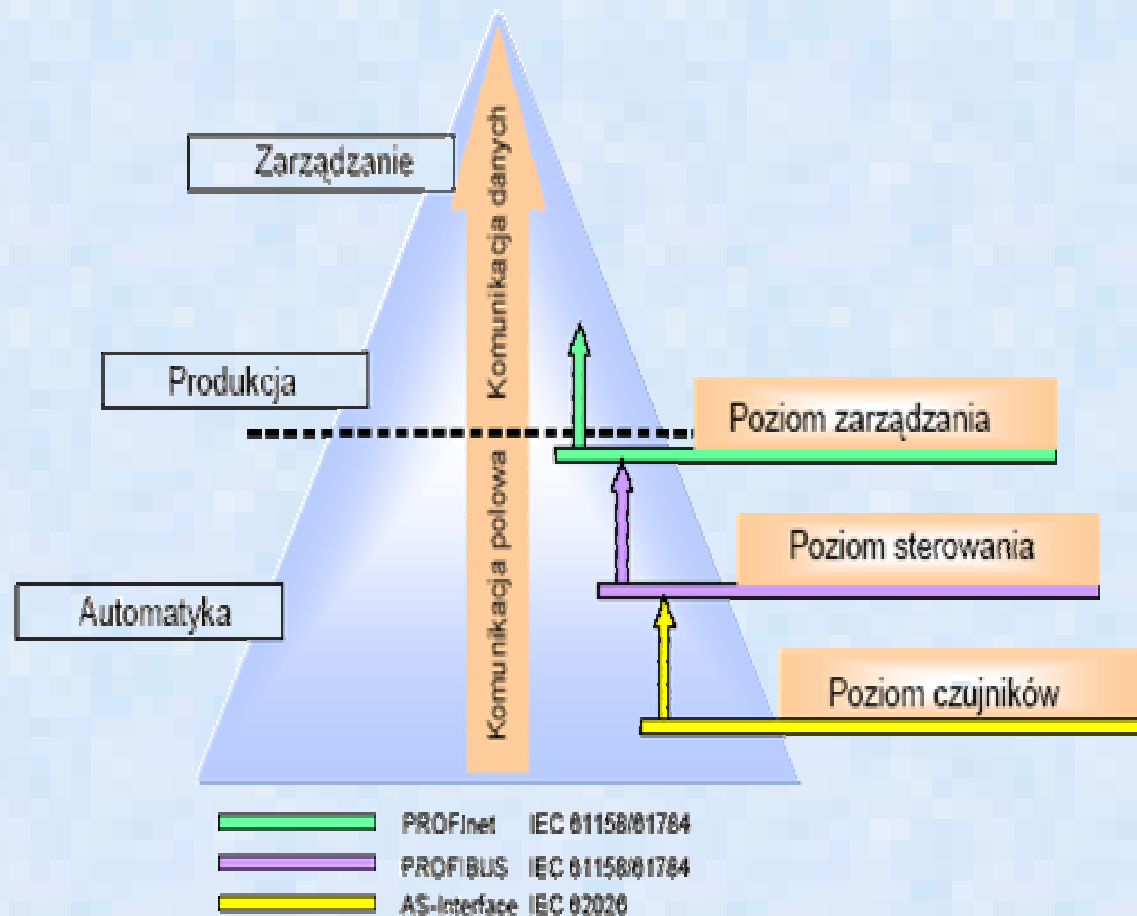
Funkcje:

- 1h - odczyt wyjść cyfrowych
- 2h - odczyt wejść cyfrowych
- 3h - odczyt rejestrów
- 4h - odczyt wejść analogowych
- 5h - zapis wyjścia cyfrowego
- 6h - zapis do pojedynczego rejestru
- 7h - odczyt statusu

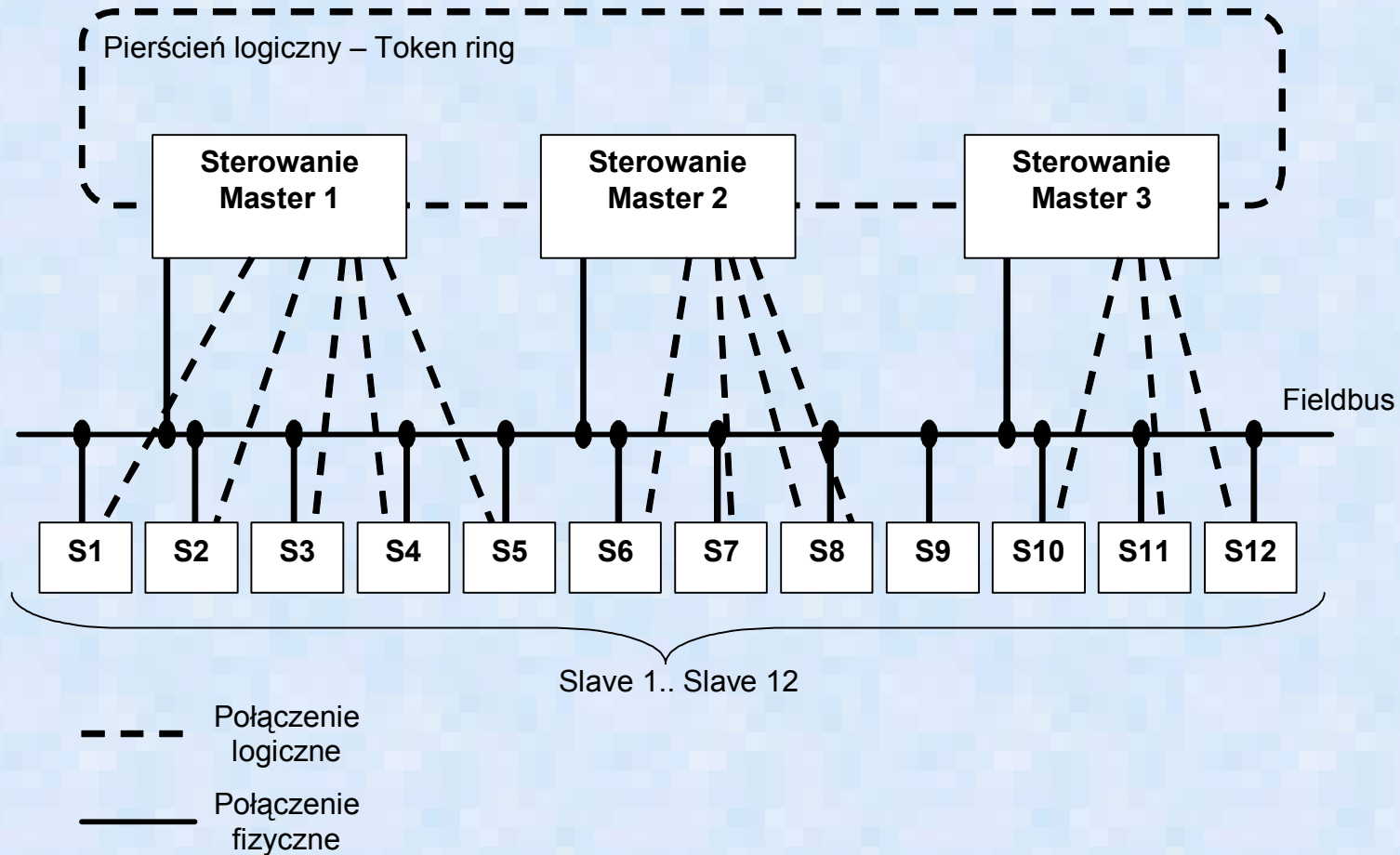
- 0Fh - wymuszenie wielu cewek
- 10h - zapis do wielu rejestrów
- 11h - zdczyt ID jednostki slave
- 14h - odczyt rejestrów w pamięci rozszerzonej
- 15h - zapis do rejestrów w pamięci rozszerzonej
- 16h - maskowanie grupy 4 rejestrów
- 17h - odczyt/zapis grupy 4 rejestrów
- 18h - odczyt kolejki FIFO

Zastosowanie Profibus

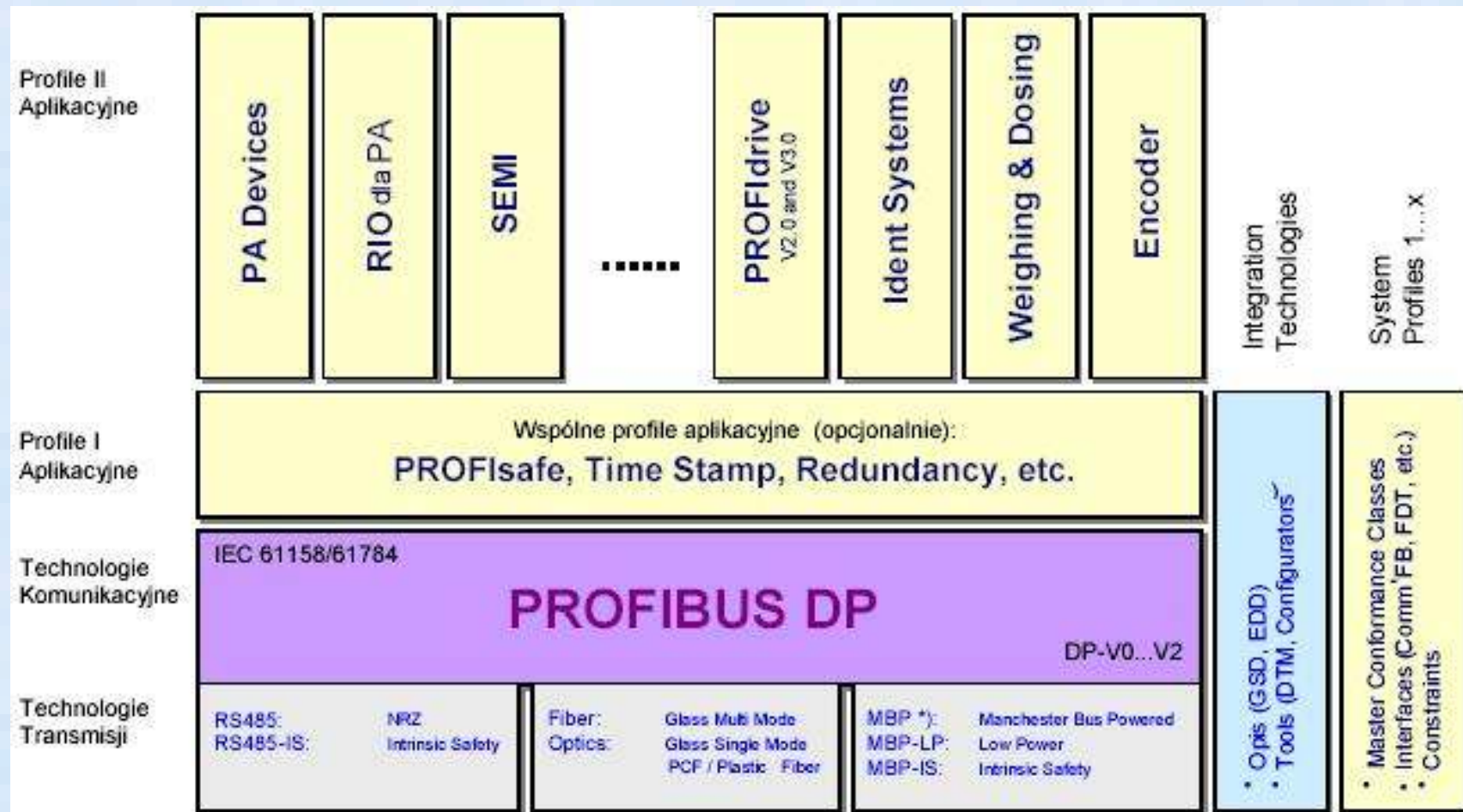
- Poziom zarządzania
PROFINet, ethernet
- Poziom sterowania
PROFIBUS, MODBUS
- Poziom czujników
AS-Interface



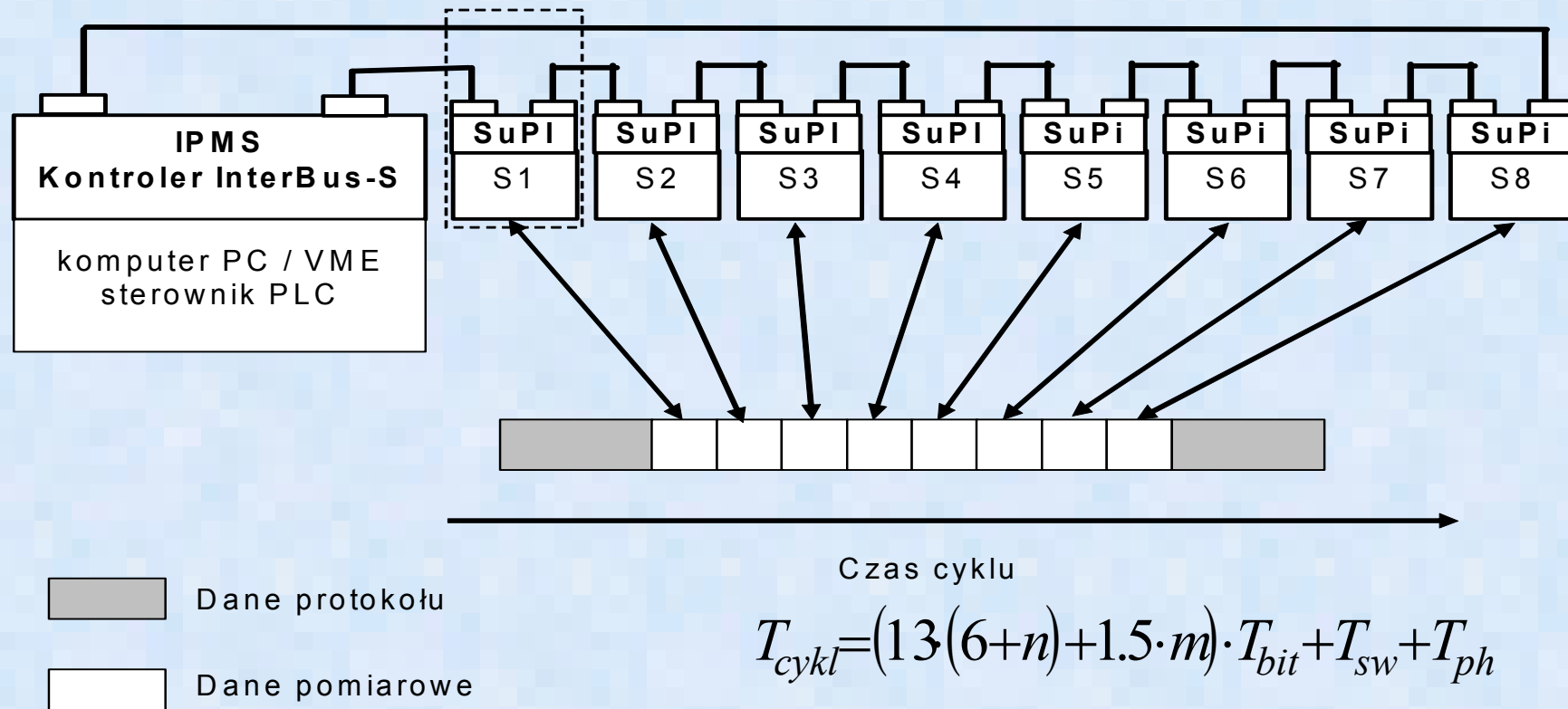
Zasady pracy w sieci PROFIBUS



- **Profibus-FMS** (Fieldbus Message Specification)
- **Profibus-DP** (Decentralized Peripherals)
 - DP-V0 – cykliczna wymiana danych, diagnostyka
 - DP-V1 – jw. + komunikacja acykliczna, generowanie alarmów
 - DP-V2 – jw. + komunikacja izochroniczna, slave-to-slave



Zasady pracy w sieci InterBus-S



$$T_{cykl} = (13(6+n) + 1.5 \cdot m) \cdot T_{bit} + T_{sw} + T_{ph}$$

n - liczba modułów

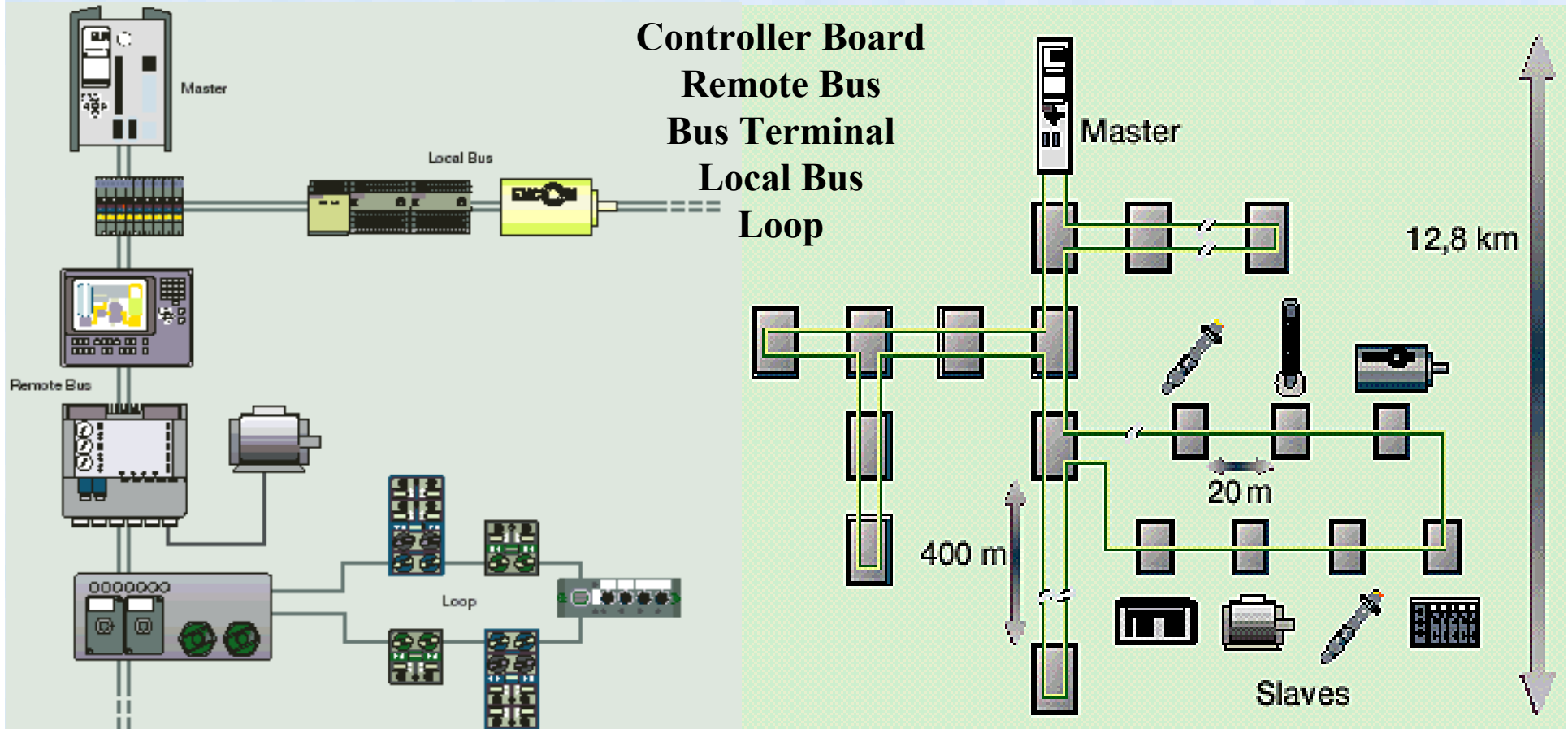
m - liczba terminali

T_{bit} - czas transmitowania bitu

T_{swt} - czas zajęty przez protokół

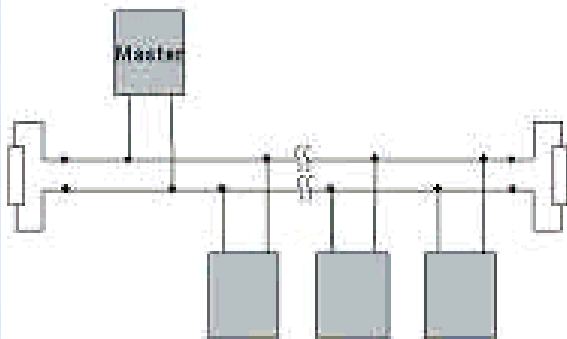
T_{ph} - czas propagacji sygnału w medium

Struktura InterBus-S



Linear system

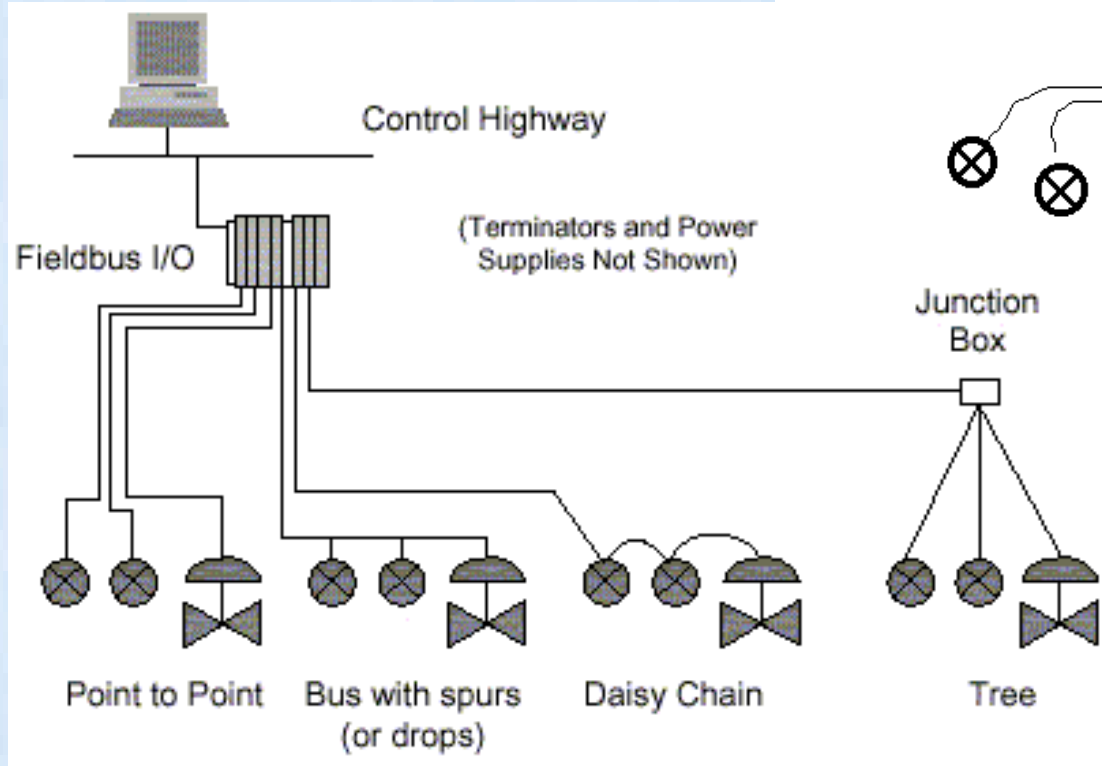
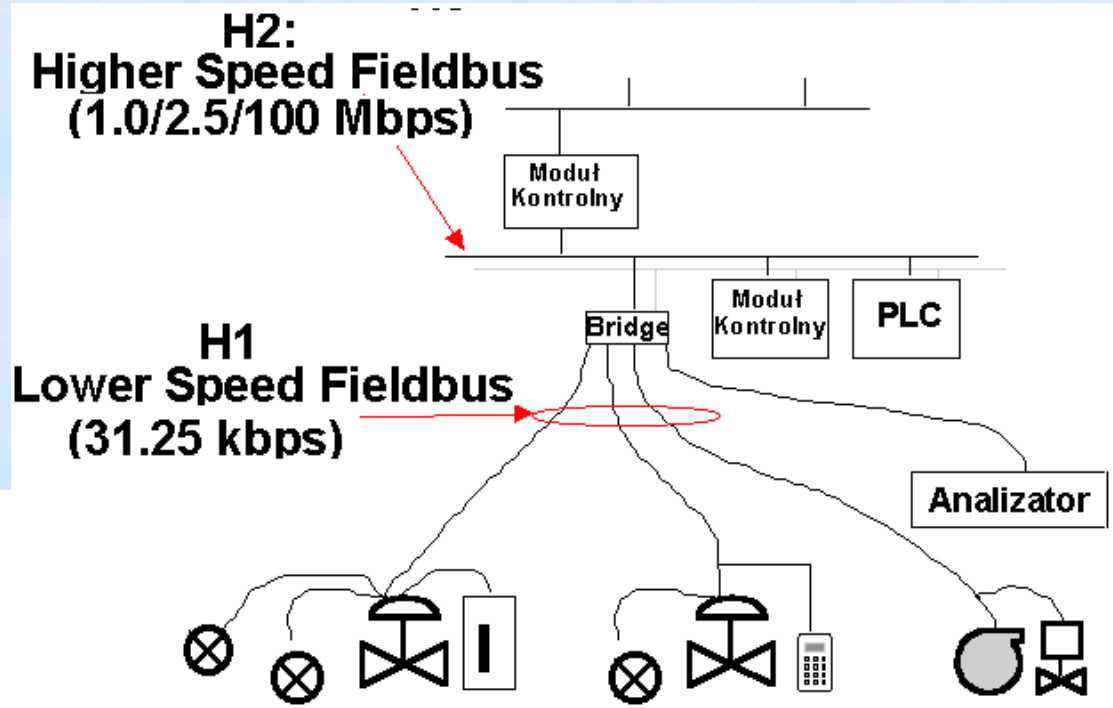
Ring system



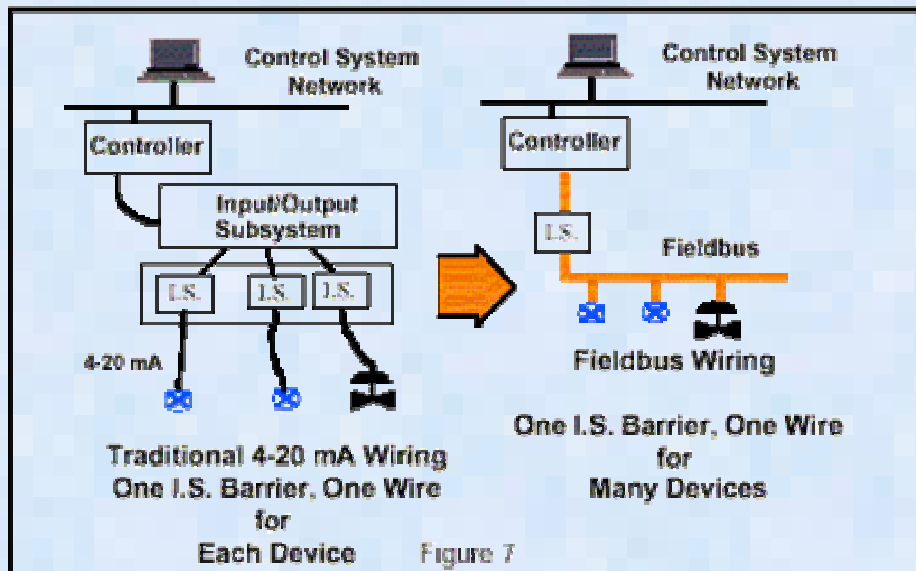
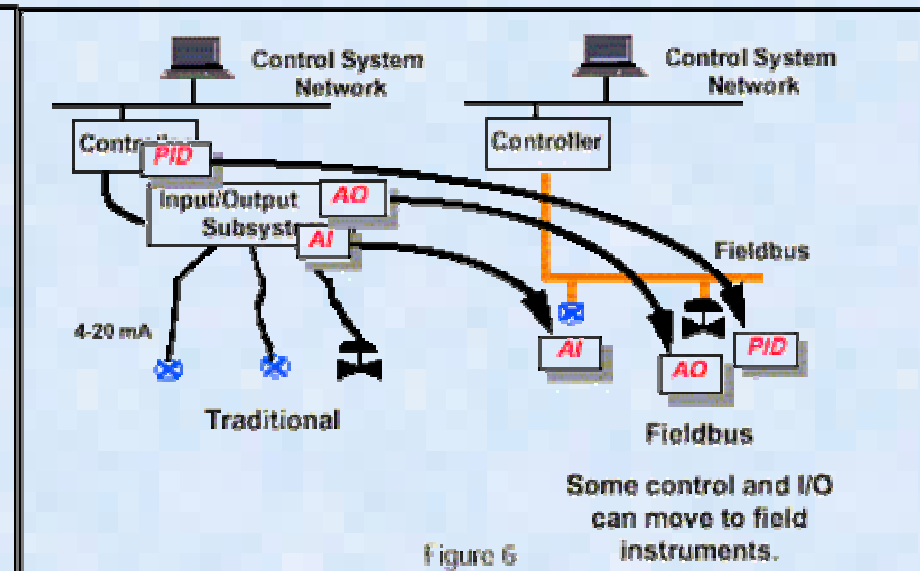
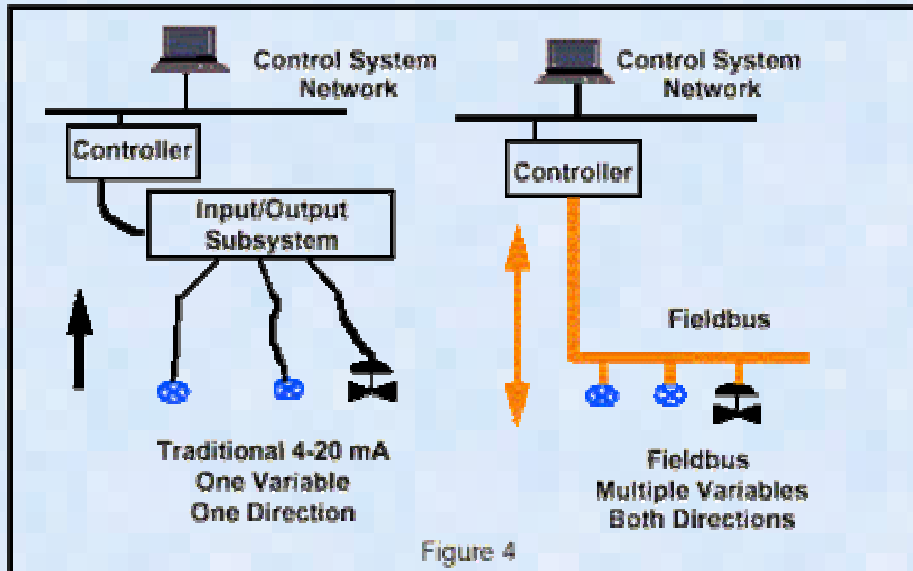
Fieldbus Foundation

**H2:
Higher Speed Fieldbus
(1.0/2.5/100 Mbps)**

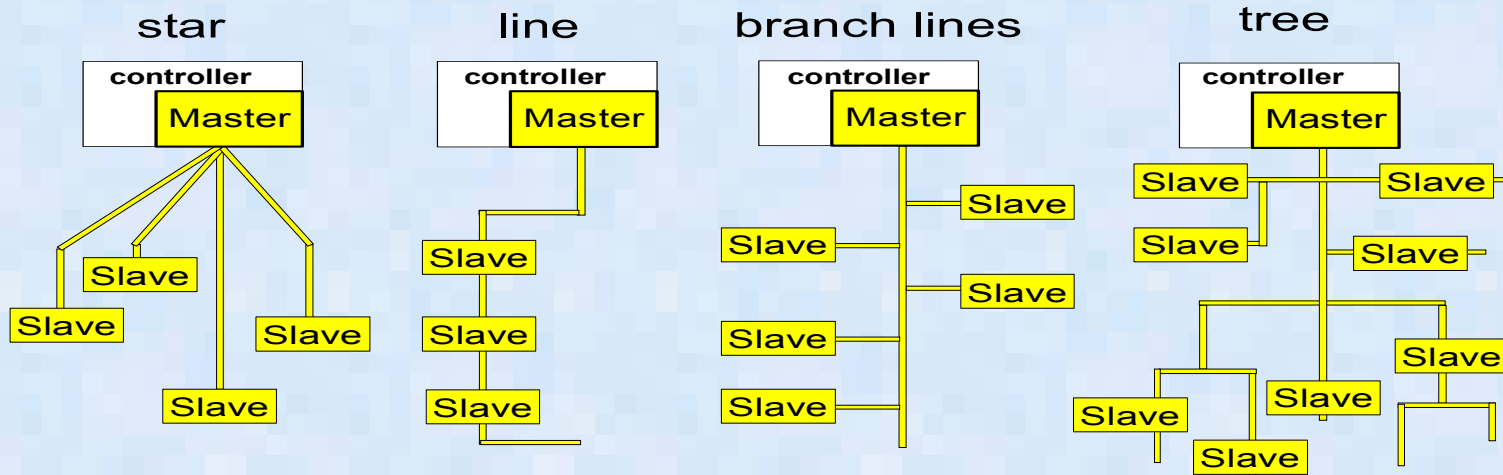
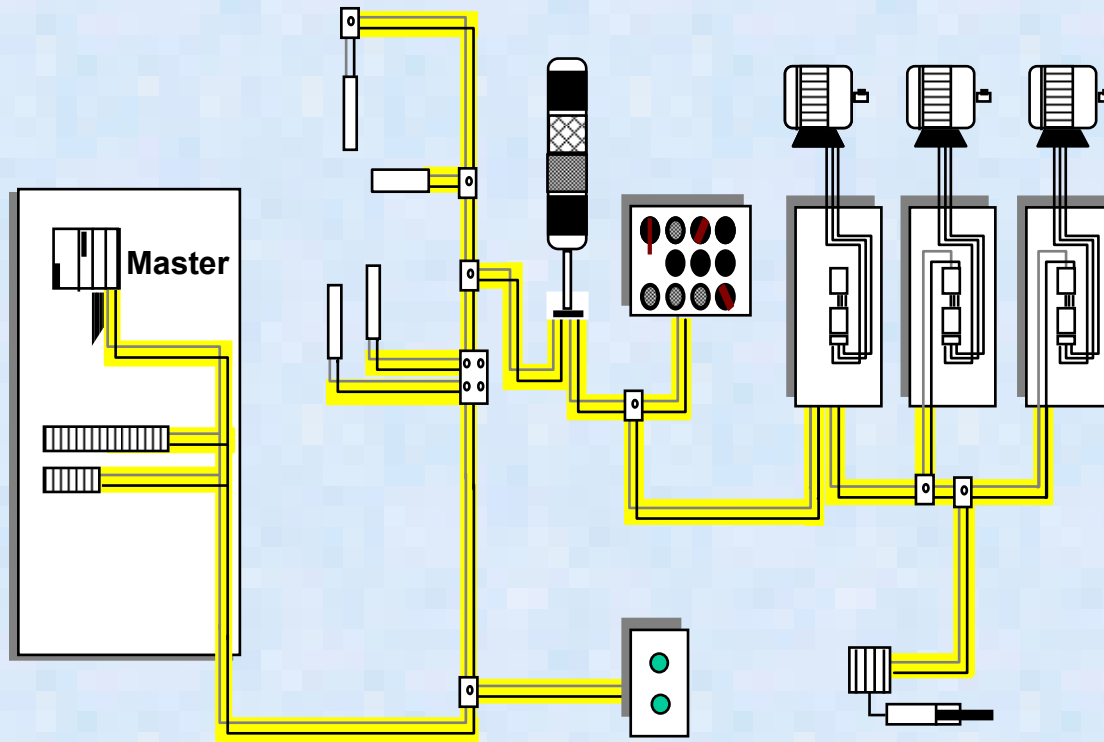
**H1
Lower Speed Fieldbus
(31.25 kbps)**



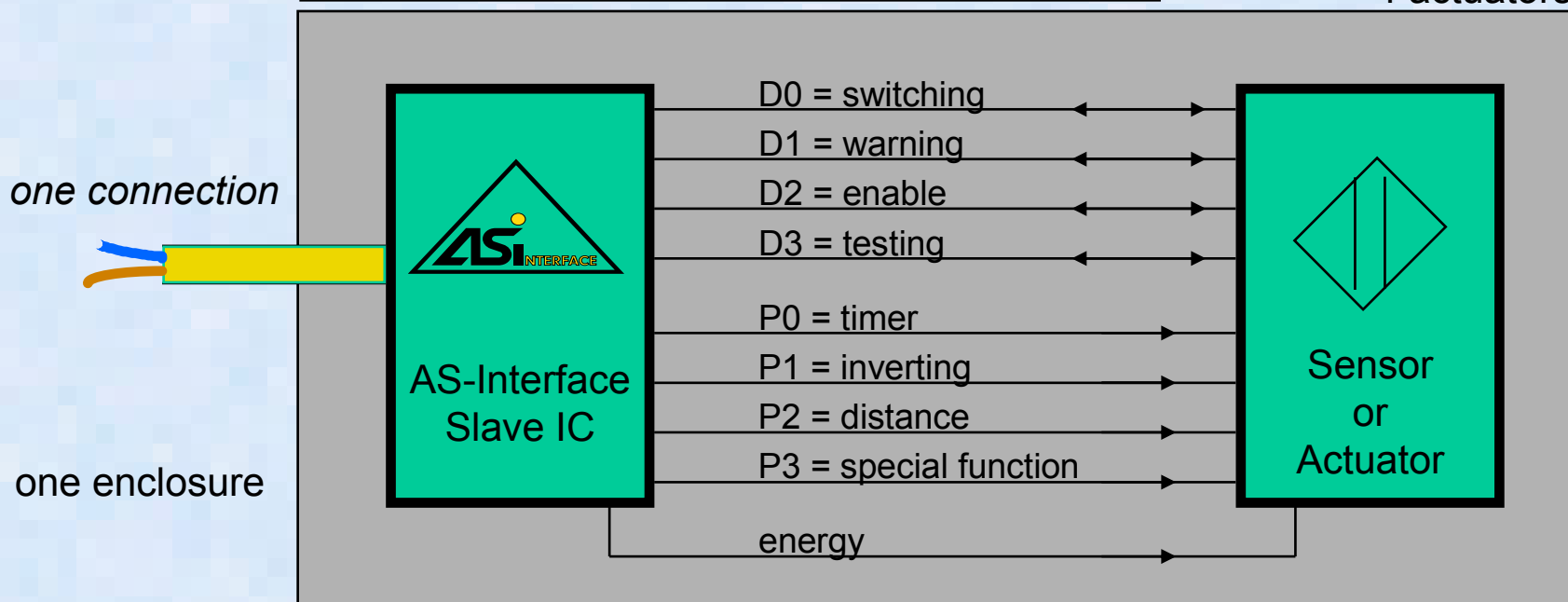
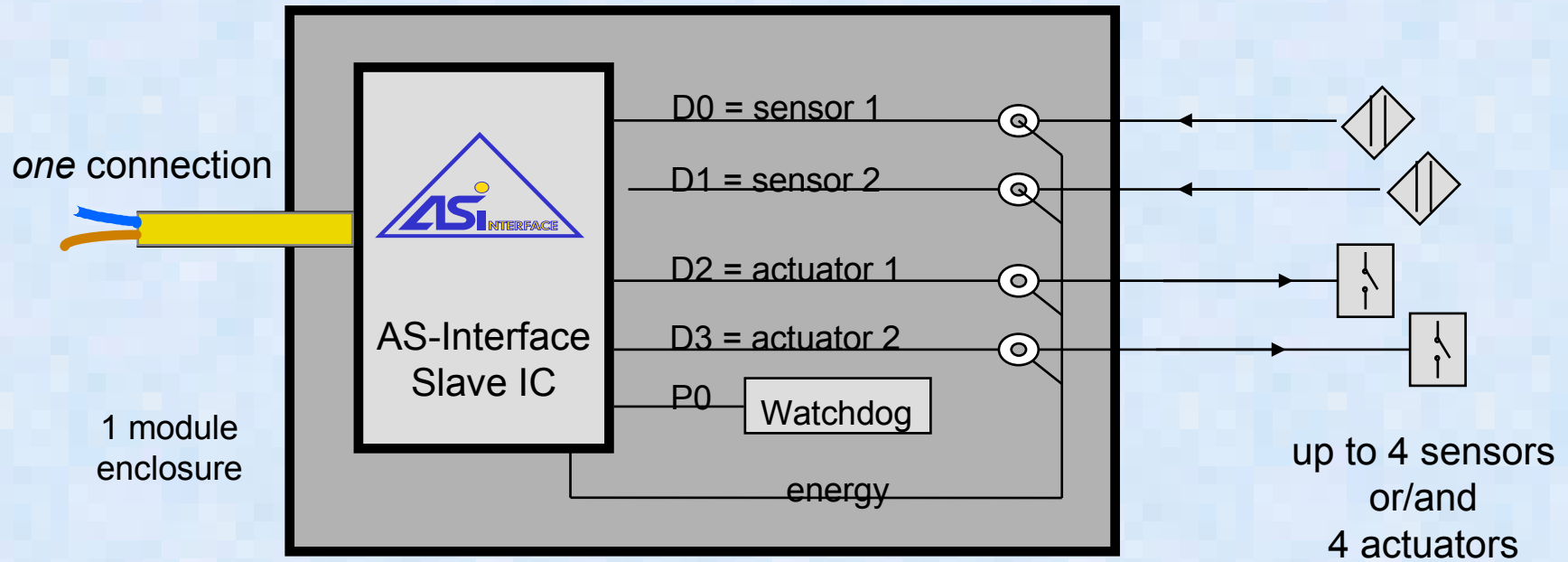
Fieldbus Foundation



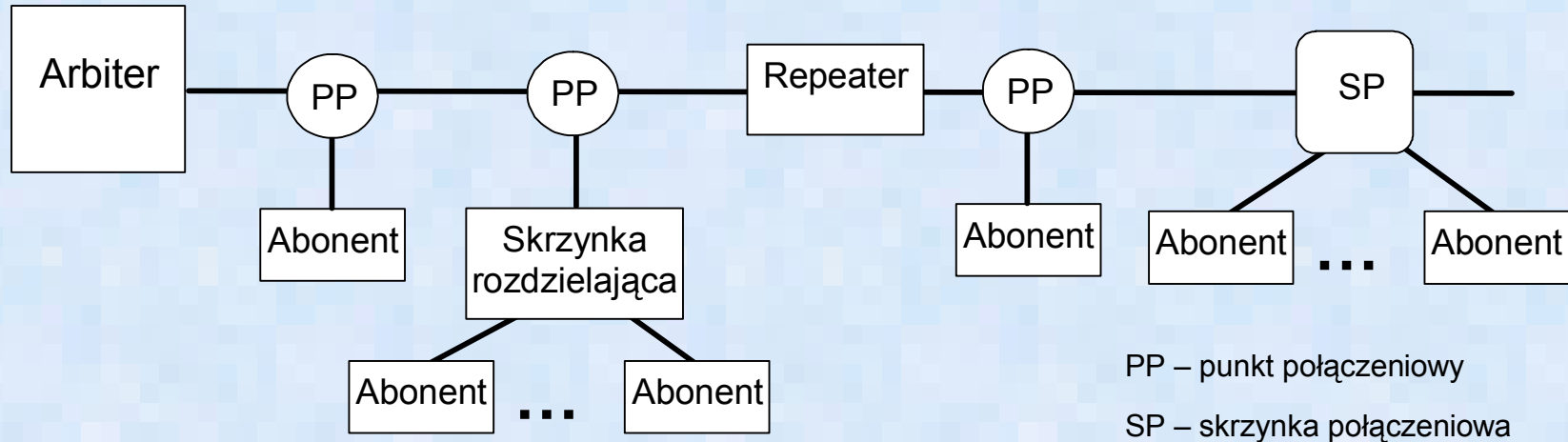
ASI - Actuator-Sensor Interface



ASI



Przykładowa topologia sieci FIP



DeviceNet

Rockwell Automation (1993)

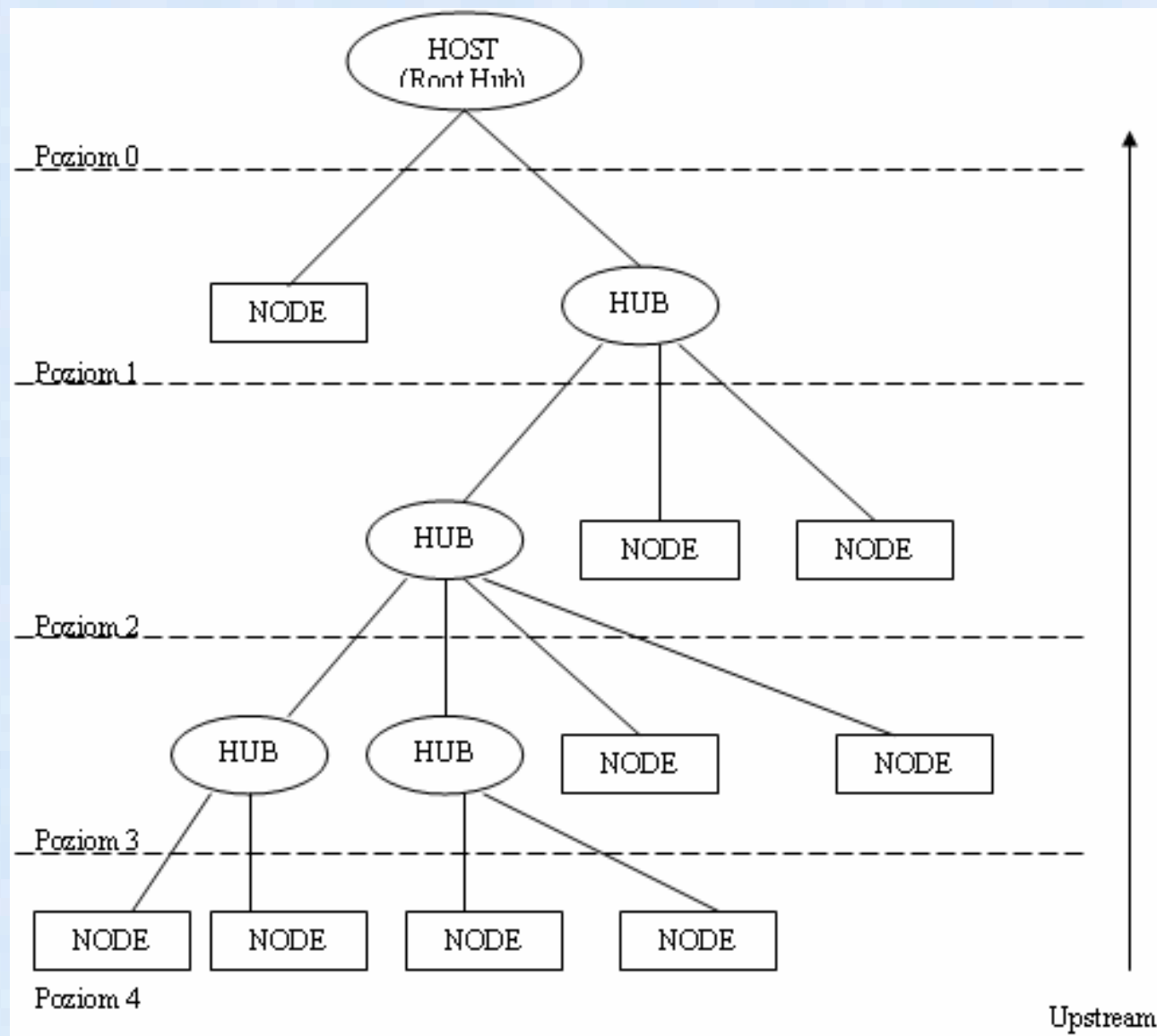
DeviceNet Specifications



ODVA (Otwarte Stowarzyszenie Sprzedawców DeviceNet)

www.odva.org

USB



Ethernet

Xerox (1972)

Ethernet - IEEE 802.3 (1985)

- **10Base5** – Standard Ethernet (Thick Ethernet)
- **10Base2** – Thin Ethernet
- **10BaseT** – skrętka dwuprzewodowa (kategoria 3)
- **10BaseF** – łącze światłowodowe

Fast Ethernet - IEEE 802.3u (1995r.)

- **100BaseTX** – kabel kategorii 5 UTP lub STP (2 pary)
- **100BaseT4** – kabel kategorii 3 (4 pary)
- **100BaseFX** – światłowód o długości do 2000m

Gigabit Ethernet

- **1000BaseT** - kabel kategorii 5 (4 pary)
- **100BaseSX, 100BaseLX, 100BaseLH** - światłowody

10 Gigabit Ethernet

- **10GBaseSR, 10GBaseLX4, 10GBaseLR, 10GBaseER**

inne

- **IEEE 802.11** - Ethernet bezprzewodowy

Ethernet TCP/IP

CSMA/CD

Topologia elektryczna:

- magistralowa (kabel koncentryczny)
- drzewiasta/gwiazdzista (skrętka)

Protokoły: TCP/IP + Socket Library

Protokoły sieci Internet	
W. aplikacji (7)	FTP, HTTP, IRC, SMTP, SNMP, SSH, Telnet,...
W. transportowa (4)	RTP, TCP, UDP, SCTP, ...
W. sieciowa (3)	ARP, IPv4, IPv5, IPv6, IPX, ...
W. dostępu do sieci (2)	Ethernet, 802.11, FDDI, Token ring, ...

Ethernet przemysłowy

Ethernet przemysłowy jako sposób na ujednoczenie komunikacji

Zalety:

- ethernet jest ogólnie znany,
- duża prędkość w porównaniu z protokołami firmowymi,
- popularne okablowanie (skrętka lub światłowody),
- duże odległości (dzięki łączom światłowodowym),
- tańszy sprzęt sieciowy niż w sieciach fieldbus,
- znacznie większe ilości punktów w sieci,
- komunikacja każdy-z-każdym,
- duża skalowalność sieci,
- proste połączenie z siecią ogólnozakładową i Internetem.

Problemy:

- brak determinizmu (nieprzystosowany do pracy w czasie rzeczywistym),
- brak stałych opóźnień,
- kolizje pakietów.

Ethernet przemysłowy

Metody rozwiązywania problemów

Zastosowanie przełączników (switch)

- każdy port w przełączniku posiada swoje pasmo, nie kolidujące z innymi portami
- eliminuje kolizje

Synchronizacja

- czasowe znaczniki pakietów
- synchronizacja transmisji w wielu urządzeniach równocześnie
 - zegary w przełącznikach
 - pobór sygnału synchronizującego z GPS'a

Protokoły oparte na fizycznej warstwie ethernetu

- efekt - skrócenie czasu odpowiedzi i zmienności opóźnienia
- wada - konieczność dedykowanych urządzeń i konwerterów do ethernetu TCP/IP.

Ethernet przemysłowy



- standard **ODVA/Rockwell**
- oparty na CIP (Common Interface Protocol - wspólny protokół Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet)
- wymiana danych krytycznych czasowo wg producent-konsument



- wspierany przez **Modbus-IDA**
- wersja Modbus RTU / ASCII w sieci Ethernet (komunikaty Modbus przesyłane protokołem TCP/IP)



- wspierany przez **Profibus International**
- integracja prostych urządzeń polowych i aplikacji krytycznych czasowo,
- komunikacja na trzech poziomach wydajności
 - TCP, UDP i IP dla danych niekrytycznych czasowo,
 - Soft Real Time (SRT) dla danych krytycznych czasowo,
 - izochroniczny tryb Real Time (IRT) do wyjątkowo wymagających zastosowań
- switchy jako elementy aktywne

Ethernet przemysłowy



- wspierany przez **EPSG** (Ethernet Powerlink Standardization Group)
- składa się z podsieci (domen) czasu rzeczywistego
- wyłączony mechanizm CSMA/CD
- dostęp do sieci w przydzielonych cyklicznych szczelinach czasowych.



- wspierany przez EtherCAT Technology Group
- wykorzystuje ramki ethernet,
- interpretacja danych "w locie", w pełni sprzętowo,
- osiąga 1000 I/O binarnych w 30 μ s.



- wspierany przez SERCOS International e.V.
- do wymiany danych sterownik-napędy,
- podobny do EtherCAT

i inne

www.industrialethernet.com

www.ethernetprzemyslowy.pl

www.controlengpolska.com

Ethernet przemysłowy

Różny stopień wykorzystania standardu Ethernet TCP/IP:

- rozwiązania standardowe w warstwie sprzętowej i programowej (**Ethernet/IP**)
- rozwiązania standardowe tylko w warstwie sprzętowej (**Ethernet Powerlink**)
- zmodyfikowana warstwa sprzętowa i programowa (**EtherCat, Sercos III**)

Popularność w Polsce (ankieta www.controlengpolska.com):

- Ethernet/IP – ponad 80%
- Modbus/TCP – 40%
- Profinet – ok. 20%