

## Sieci przemysłowe i protokoły komunikacji

### Wykład

dr inż. Robert Kazała

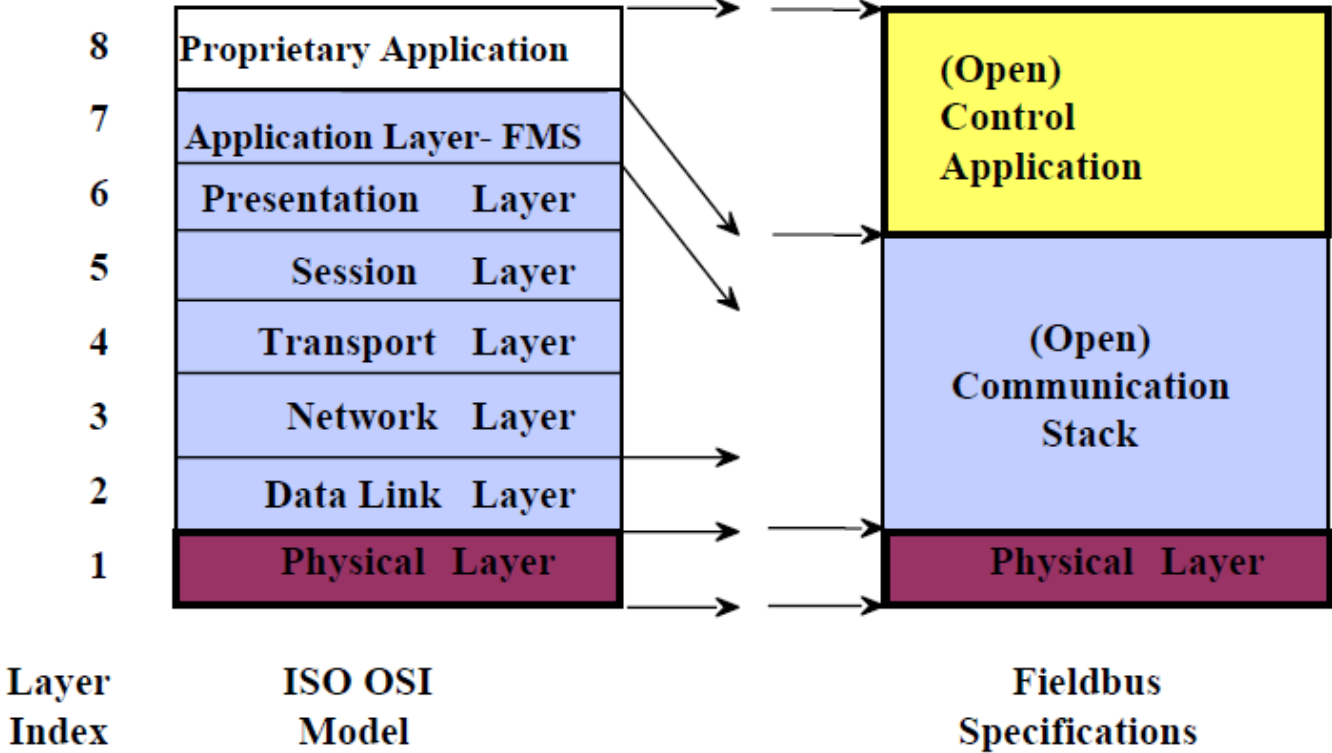
# IEC 61158 – norma sieci przemysłowe

- IEC 61158-1: Fieldbus for use in industrial control systems - Part 1: Introductory guide
- IEC 61158-2: Fieldbus for use in industrial control systems - Part 2: Physical Layer specification
- IEC 61158-3: Fieldbus for use in industrial control systems - Part 3: Data link layer service definition
- IEC 61158-4: Fieldbus for use in industrial control systems - Part 4: Data link layer protocol specification
- IEC 61158-5: Fieldbus for use in industrial control systems - Part 5: Application layer service definition
- IEC 61158-6: Fieldbus for use in industrial control systems - Part 6: Application layer protocol specification

# Standardy sieci przemysłowych

- A-bus
- Arcnet
- Arinc 625
- ASI
- Batibus
- Bitbus
- CAN
- ControlNet
- DeviceNet
- DIN V 43322
- DIN 66348
- FAIS
- EIB
- Ethernet
- Factor
- FOUNDATION fieldbus
- FIP
- Hart
- IEEE 1118
- Instabus
- Interbus-S
- ISA SP50
- IsiBus
- IHS
- ISP
- J-1708
- J-1850
- LAC
- LON
- MAP
- Master FB
- MB90
- MIL 1553
- MODBUS
- MVB
- P13/42
- Partnerbus
- P-net
- Profibus-FMS
- Profibus-PA
- Profibus-DP
- PDV
- SERCOS
- SDS
- Sigma-i
- Sinec H1
- Sinec L1
- Spabus
- Suconet
- VAN
- WorldFIP
- ZB10

# Model OSI



# Porównanie sieci przemysłowych

Bus Technology	Standards	Pwr w/Comm	Comm Type	Comm Speed	IS Possible	Max Distance	# devices
FF H1	IEC 61158, ISA SP50	Yes	All Digital	31.25 Kbs	Yes	1.9km, 9.5 km	32 per seg
Profibus PA	IEC 61158	Yes	All Digital	31.25 Kbs	Yes	1.9km, 9.5 km	32 per seg
FF HSE	IEC 8802, IEEE 802.3	No	All Digital	100 Mbs, 1 Gbs	No	100 m	Unlimited
ProfiNet	IEC 8802, IEEE 802.3	No	All Digital	100 Mbs, 1 Gbs	No	100 m	Unlimited
MODBUS	IEEE 1451.2, TIA-485	No	All Digital	9.6 Kbs – 12 Mbs	No	1512 m	247 per seg
Profibus DP	IEEE 1451.2, TIA-485	No	All Digital	9.6 Kbs – 12 Mbs	No	1512 m	247 per seg
HART	Bell 202, 4-20mA	Yes	Digital over analog	1.2 Kps – 9.6 Kps	Yes	3.0 km	1 w/Analog, 64

# Data Link Layer

Bus Technology	Standards	Data Link Type	Error Detection	Deterministic	Comm Relationships	Time Features
FF H1	IEC 61158, ISA SP50	Token Passing	16-bit CRC	Yes	Client/server, pub/sub, sink/source	TM distributes time
Profibus PA	IEC 61158	Token Passing	16-bit CRC	Yes	Master/slave	None
FF HSE	IEC 8802	Token Passing	16-bit CRC	No	Client/server, pub/sub, sink/source	TM distributes time
ProfiNet	IEC 8802	Token Passing	16-bit CRC	No	Master/slave	None
MODBUS	None	master/slave address scheme	1-bit	No	Master/slave	None
Profibus DP	IEC 61158	master/slave address scheme	1-bit	No	Master/slave, pub/sub	None
HART	None	Flat addressing	CRC	No	Master/slave	None

# Application Layer

Bus Technology	Standards	Data Transfer	Supports Control in the Field	Peer to Peer Comm	Alerts and Trends in Devices	Time Features
FF H1	IEC 61158, ISA SP50, Function block application based on IEC 61804 (Draft)	AI, AO, DI, DO, PID, PD, CS, MIO, many more	Yes	Yes	Yes	Single sense of time
Profibus PA	IEC 61158	AI, AO, DI, DO	No	No	Yes	None
FF HSE	IEC 61158	Same as H1	Yes	Yes	Yes	Single sense of time
ProfiNet	IEC 61158	Same as DP	No	No	Yes	None
MODBUS	IEC 61158	Registers	No	No	No	None
Profibus DP	IEC 61158	AI, AO, DI, DO	No	No	No	None
HART	IEC 61158	Commands	Yes	No	No	None

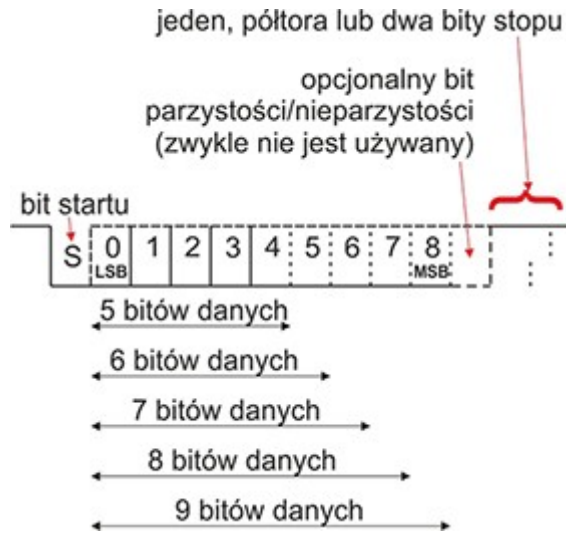
# RS 232 - RS 422 - RS 485

Parameter	232	422	485
Mode of Operation	Single-Ended	Differential	Differential
Number of Drivers	1	1	32 UL
Number of Receivers	1	10	32 UL
Approximate Maximum Cable Length (m)	20	1200	1200
Maximum Signaling Rate (bps)	20k	10M	50M
Maximum Common-Mode Voltage (V)	$\pm 3$	$\pm 7$	-7 to +12
Minimum Driver Output Levels (V)	$\pm 5$	$\pm 2$	$\pm 1.5$
Driver Load ( $\Omega$ )	3k to 7k	100	60
Receiver Input Resistance (k $\Omega$ )	3 to 7	4	12
Receiver Sensitivity	$\pm 3V$	$\pm 200$ mV	$\pm 200$ mV

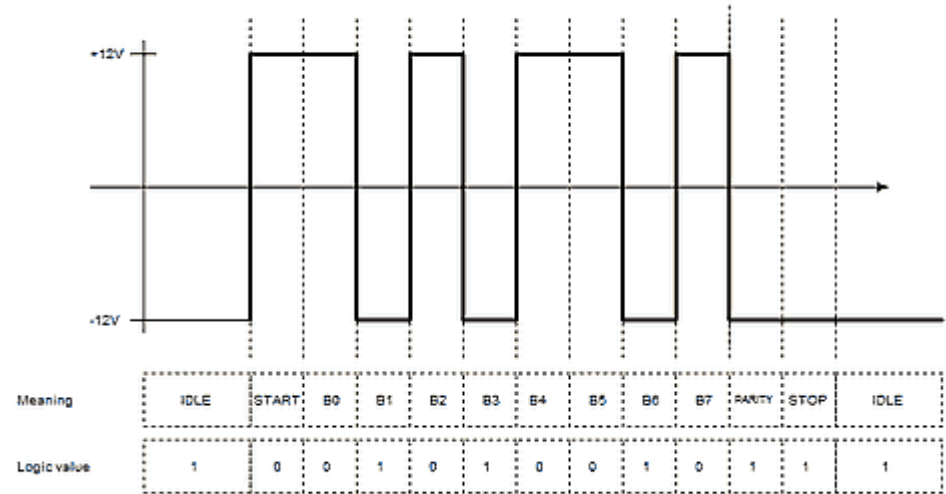


- Standard RS-232 określa nazwy styków złącza, przypisane im sygnały a także specyfikację elektryczną obwodów wewnętrznych oraz sposób połączenia urządzeń DTE (ang. Data Terminal Equipment) tj. urządzeń końcowych danych (np. komputer) oraz urządzeń DCE (ang. Data Communication Equipment), czyli urządzeń komunikacji danych (np. modem).
- Standard RS-232 (ang. Recommended Standard) opracowano w 1962 roku na zlecenie amerykańskiego stowarzyszenia producentów urządzeń elektronicznych (Electronic Industries Alliance) w celu ujednoczenia parametrów sygnałów i konstrukcji urządzeń zdolnych do wymiany danych cyfrowych za pomocą sieci telefonicznej.
- RS-232 jest magistralą komunikacyjną przeznaczoną do szeregowej transmisji danych i w wersji RS-232C pozwala na transfer na odległość nie przekraczającą 15 m z szybkością maksymalną 20 kb/s obecnie istnieją implementacje o prędkości do 921,6 kb/s
- Specyfikacja napięcia definiuje "1" logiczną jako napięcie -3 V do -15 V, zaś "0" to napięcie +3 V do +15 V. Poziom napięcia wyjściowego natomiast może przyjmować wartości -12 V, -10 V, +10 V, +12 V, zaś napięcie na dowolnym styku nie może być większe niż +25 V i mniejsze niż -25 V.
- Zwarcie dwóch styków RS-232 nie powinien powodować jego uszkodzenia, w praktyce warunek ten nie zawsze jest przestrzegany.

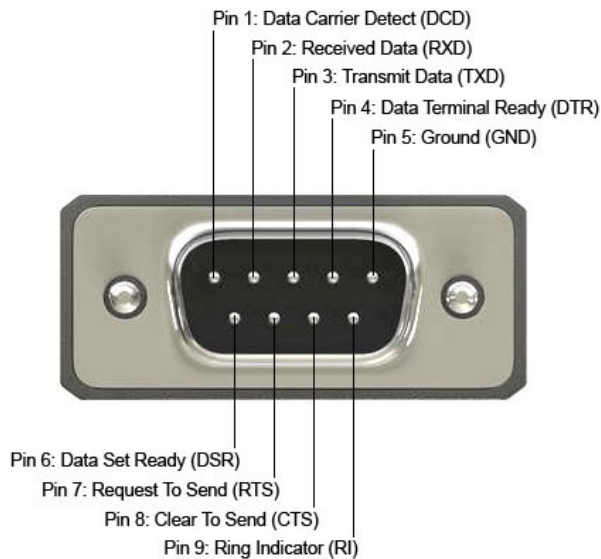
# RS - 232



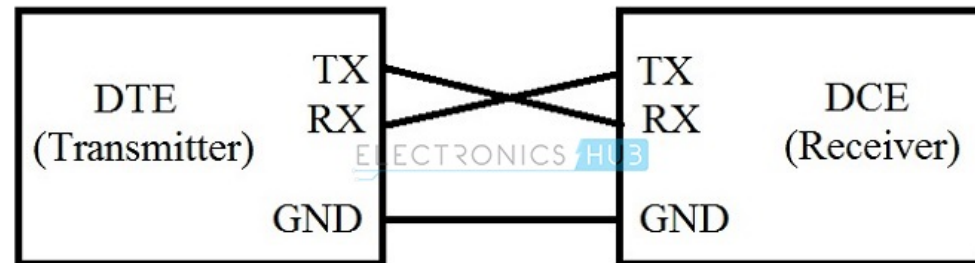
RS232 Transmission of the letter 'J' - 0x4A



RS232 Pinout



RS232 Protocol

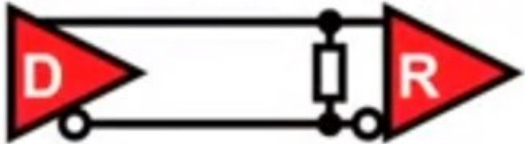


# RS485

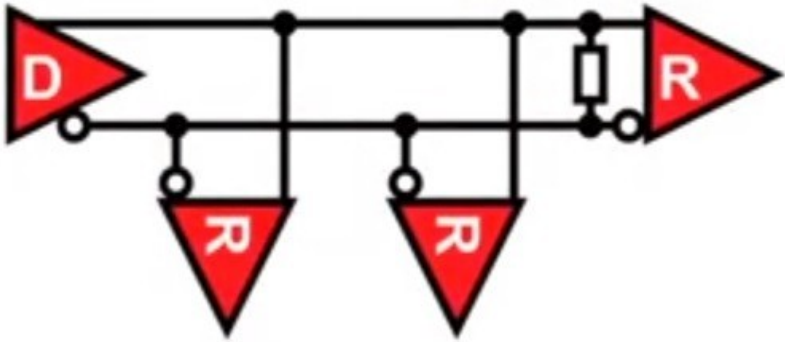
- Standard RS485 (podobnie jak standard RS-422) składa się z różnicowego (symetrycznego) nadajnika, dwuprzewodowego toru transmisyjnego i różnicowego odbiornika.
- Dla standardu RS485 tak jak i dla RS-422 nie ma konieczności prowadzenia przewodu powrotnego.
- Standard RS485 umożliwia podłączenie wielu 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/s (do 1200m).
- RS485 jest najczęściej stosowanym interfejsem przewodowym w sieciach przemysłowych - z jednego prostego powodu, przesył różnicowy zapobiega wpływowi zakłóceń zewnętrznych (np. sprzętu indukcyjnego jak silniki) na transmisję danych.
- Na bazie tego interfejsu opracowano wiele protokołów komunikacyjnych.

# RS 485 – topologie sieci

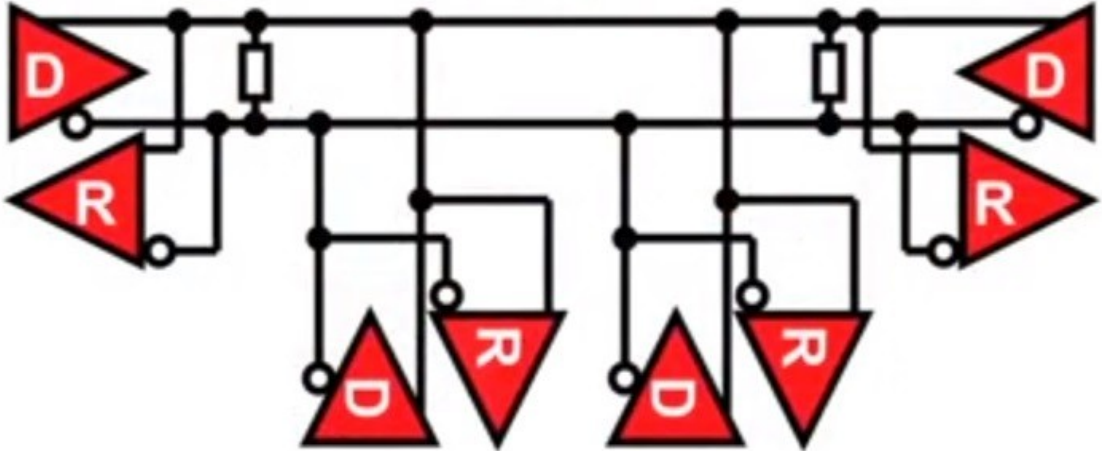
Point-to-Point



Multi-drop

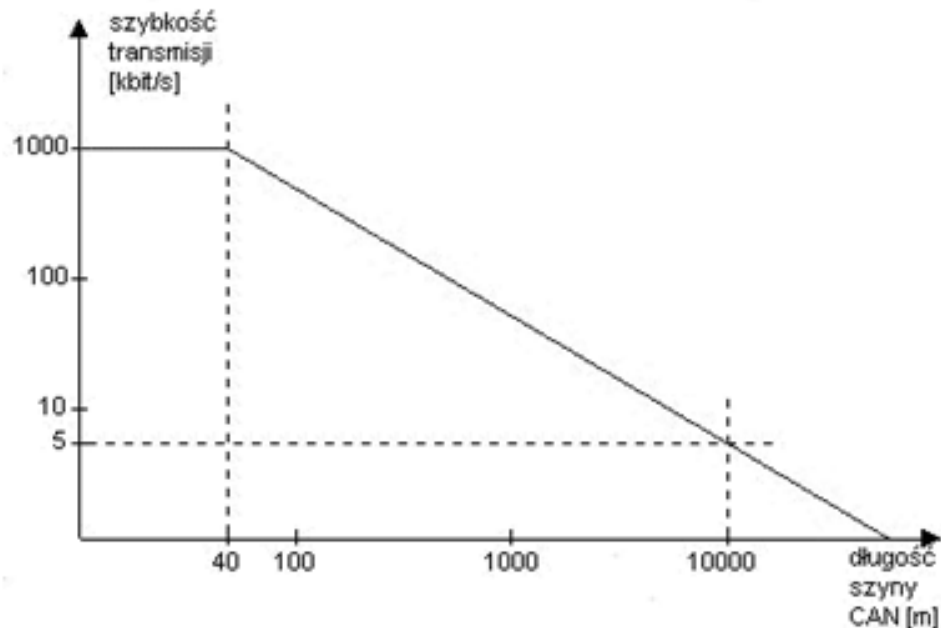


Multi-point

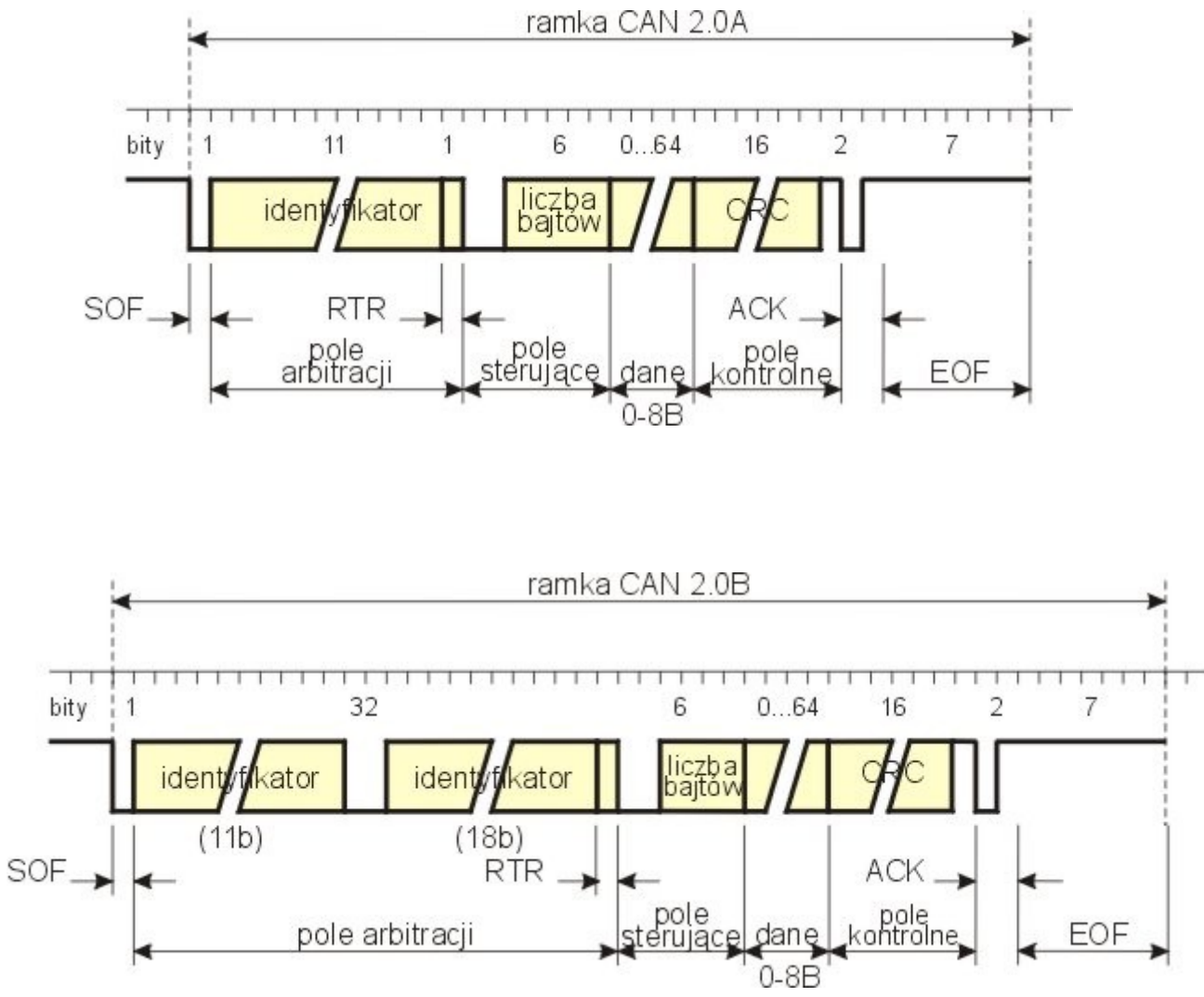


# CAN

- Magistrala CAN wykorzystuje dwuprzewodową skrętkę i pracuje z maksymalną prędkością transmisji 1 Mb/s na dystansie do 40 m.
- Wraz ze zwiększaniem dystansu spada maksymalna prędkość transmisji (np. 250 kbit/s na 250 m).
- Obecnie w praktyce funkcjonują dwie wersje protokołu: 2.0A (11-bitowy identyfikator) i 2.0B (29-bitowy identyfikator).
- Wersja 2.0B jest wersją rozszerzoną formatu 2.0A.
- Ramka danych CAN składa się z 7 pól – początku, arbitracji, sterującego, danych, sumy kontrolnej, potwierdzenia i końca.



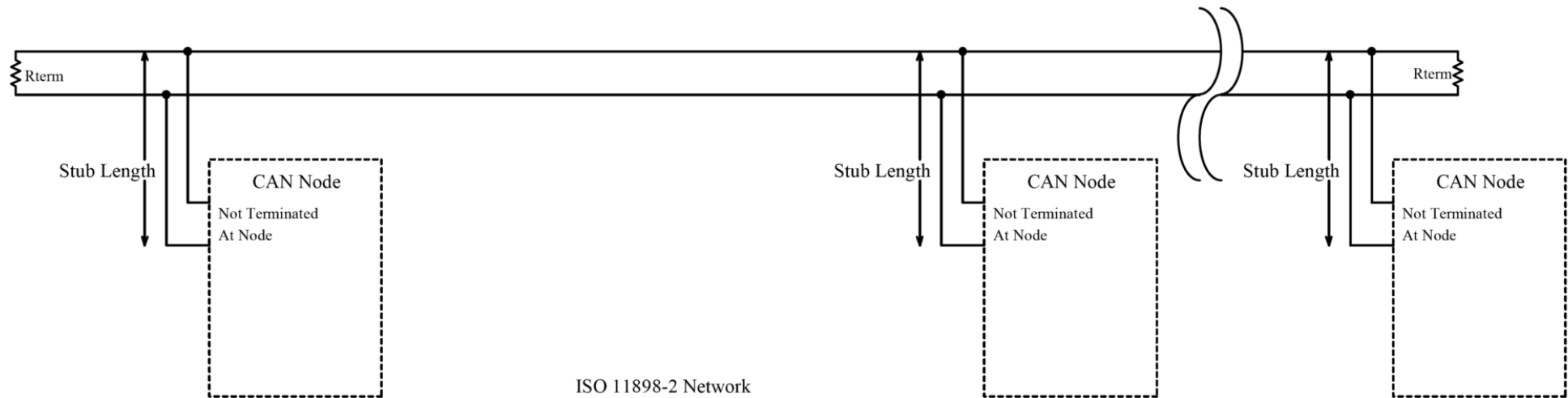
# CAN - ramka



# CAN – dostęp do magistrali

- W standardzie 2.0B pole arbitracji ma 32 bity (12 w 2.0A). Identyfikator komunikatu zajmujący niemal całe pole arbitracji, określa priorytet dostępu do magistrali – im mniejsza wartość liczbowa, tym priorytet większy.
- Charakterystyczne dla magistrali CAN jest to, że identyfikator nie jest przypisany do urządzenia, lecz do komunikatu.
- Dostęp do magistrali jest przyznawany metodą dominacji bitowej (bit dominance).
- Polega ona na tym, że wszystkie stacje badają stan magistrali czekając na możliwość wysłania własnego komunikatu.
- Konflikty wynikające z ewentualnego podjęcia równoczesnego nadawania przez kilka stacji są rozwiązywane w początkowej fazie transmisji w trakcie wysyłania pola arbitracji zawierającego identyfikator komunikatu.
- Jeżeli fizyczne medium transmisyjne posiada własność dominacji zera (jak w przypadku tzw. iloczynu na drucie), wysłanie przez jedną stację wartości logicznej 0 (poziom dominujący), a przez drugą 1 (poziom recesywny) powoduje, że na magistrali ustala się 0.
- Dostęp do łącza otrzyma więc stacja o niższym numerze identyfikacyjnym.
- Stąd też wynika warunek poprawnej arbitracji wymagający, aby w sieci dwa urządzenia nie mogły nadawać komunikatów o tym samym identyfikatorze.

# CAN - magistrala

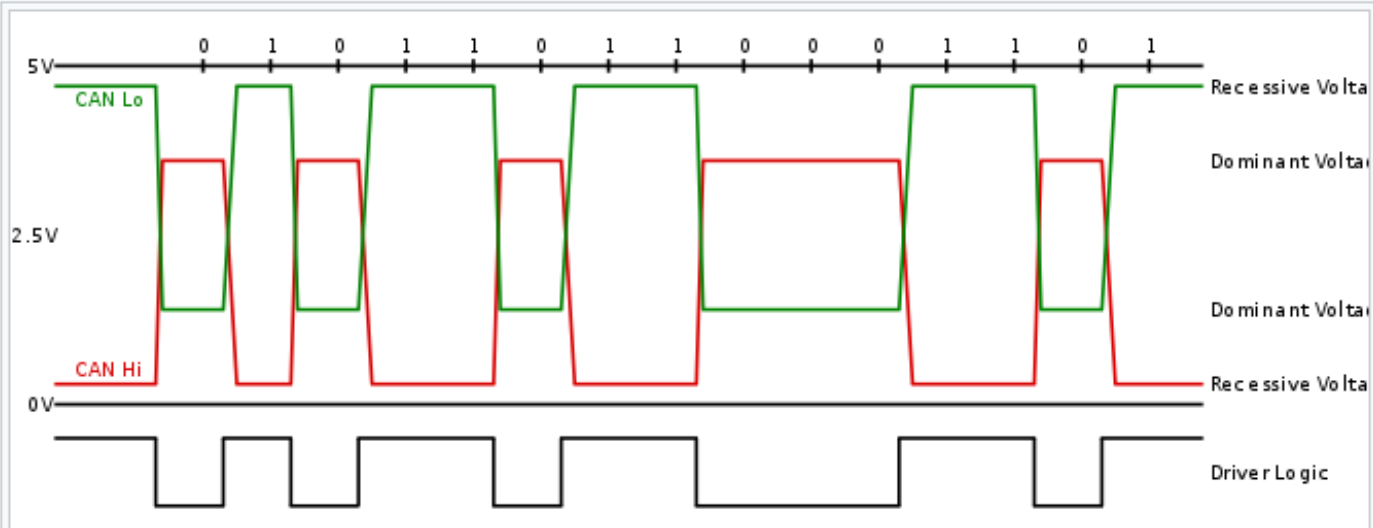


Przewody są skrętką o impedancji  $120 \Omega$ .

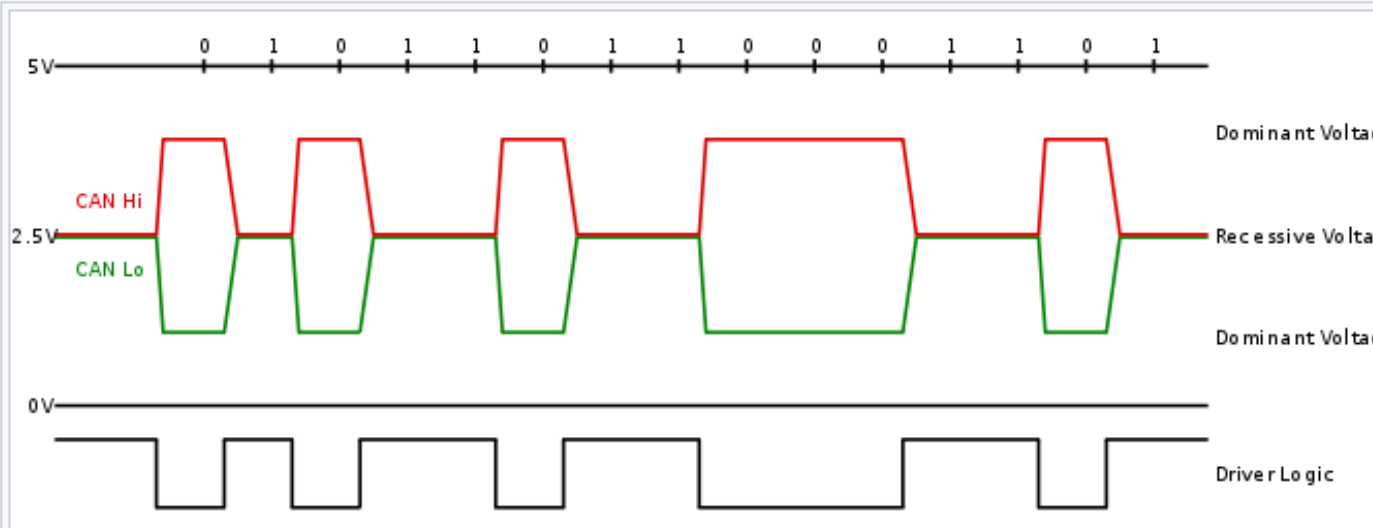
Magistrala powinna posiadać rezystory terminujące na każdym końcu o wartości  $120 \Omega$ .



# CAN - sygnały



Low Speed CAN Signaling. ISO 11898-3



High Speed CAN Signaling. ISO 11898-2

# Interfejs IEEE 1284

- Interfejs IEEE 1284 - nazwa 25-pinowego złącza w komputerach osobistych. Zwany jest też portem LPT lub portem równoległym.
- IEEE 1284 jest portem równoległym wykorzystywanym w głównej mierze do podłączenia urządzeń peryferyjnych, takich jak: drukarki, skanery, plotery.
- Magistrala tego interfejsu składa się z: 8 linii danych, 4 linii sterujących i 5 linii statusu. Nie zawiera linii zasilających. Linie magistrali są dwukierunkowe (w standardzie Centronics jednokierunkowe), poziomy sygnałów na liniach odpowiadają poziomom TTL.
- Interfejs IEEE 1284 zapewnia transmisję na odległość do 5 metrów, jeśli przewody sygnałowe są skręcane z przewodami masy, w przeciwnym przypadku na odległość do 2 metrów.
- Transmisja danych odbywa się z potwierdzeniem, z maksymalną prędkością ok. 2 MB/s. IEEE 1284 nie oferuje funkcjonalności hot plug

# Ethernet

- Pakiety danych w sieci Ethernet nazywają się ramkami (ang.) frames.
- Ramki ethernetowe tworzone są przez protokół MAC, (ang.) Medium Access Control.
- W standardzie Ethernet węzły znajdujące się w jednej sieci tworzą domenę kolizyjną, tzn. w tym samym czasie może nadawać tylko jeden węzeł, jeżeli nadaje więcej niż jeden węzeł to dochodzi do kolizji.
- Duże sieci mogą być podzielone na podsieci z których każda podsieć tworzy osobną domenę kolizyjną (segment sieci).
- Do wykrywania kolizji w sieciach ethernetowych wykorzystywany jest protokół CSMA/CD (ang.) Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection.
- W sieciach ethernetowych zbudowanych z kabli koncentrycznych urządzenia mogą transmitować dane w trybie half duplex.
- W sieciach Fast Ethernet, zbudowanych ze skrętki, światłowodów transmisja może zachodzić w trybie full duplex.

# Ethernet - ramka

Bajty					
8	6	6	2	46 - 1500	4
Preambuła	Adres odbiorcy	Adres nadawcy	Typ ramki	Dane	Frame Check Sequence

Struktura ramki Ethernetowej

Pole: **Preambuła**. 64 bity, zawiera ciąg bitów 1010... 10

Służy odbiorcy do synchronizacji zegara.

Preambuła składa się z: 7 bajtów + 1 bajtu SFD, Start of Frame Delimiter, wartość 10101011.

Pole: **Adres odbiorcy**. Wielkość: 48 bitów. Pole zawiera fizyczny adres MAC odbiorcy ramki.

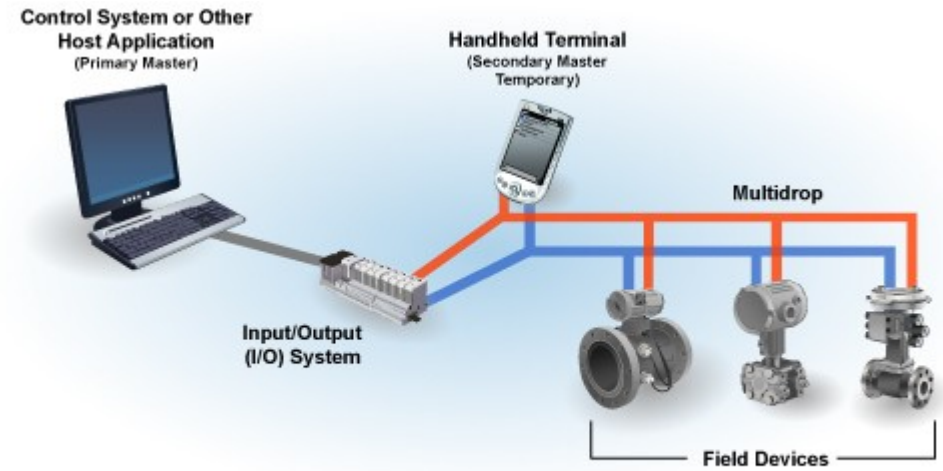
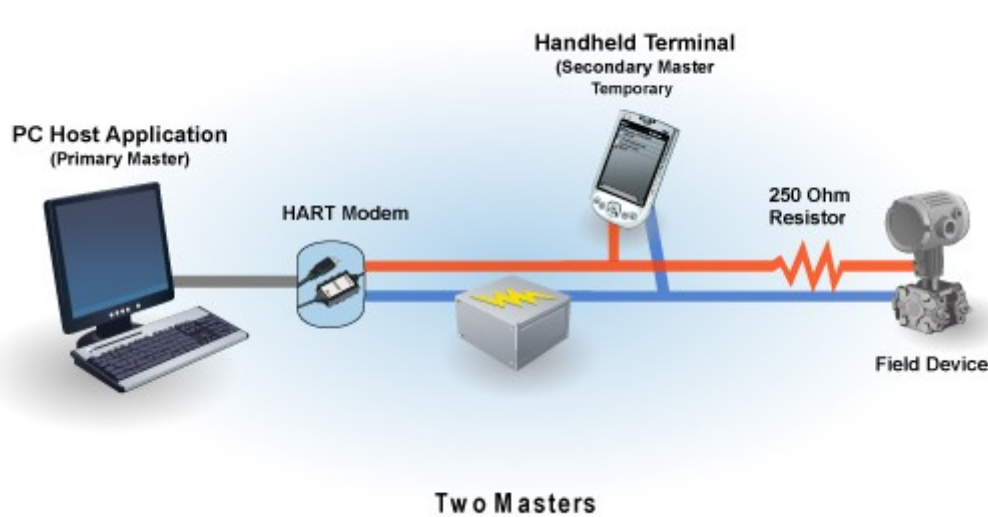
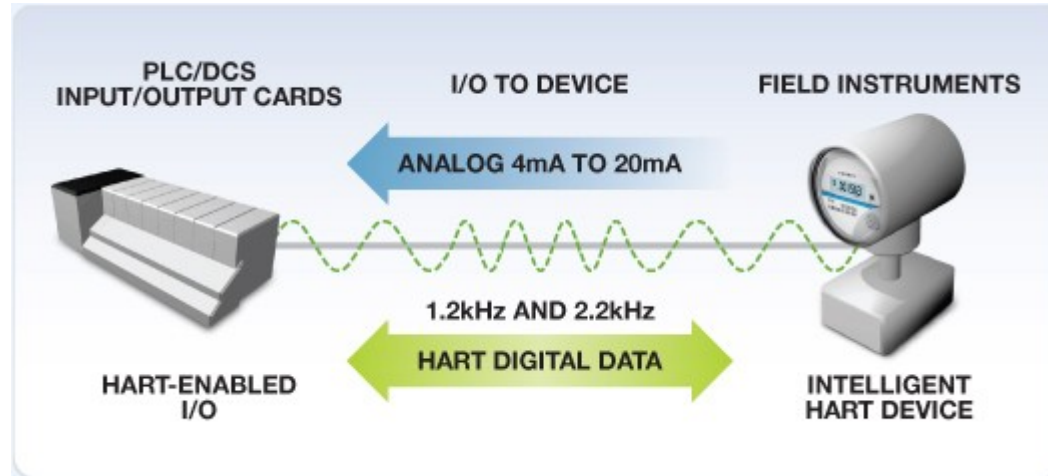
Pole: **Adres nadawcy**. Wielkość: 48 bitów. Pole zawiera fizyczny adres MAC nadawcy ramki.

Pole: **Typ ramki**. Wielkość: 16 bitów.

Pole: **Dane**. Wielkość: zmienna od 46 do 1500 bitów. Pole zawiera dane ramki.

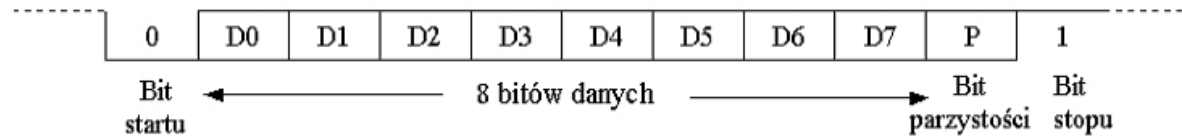
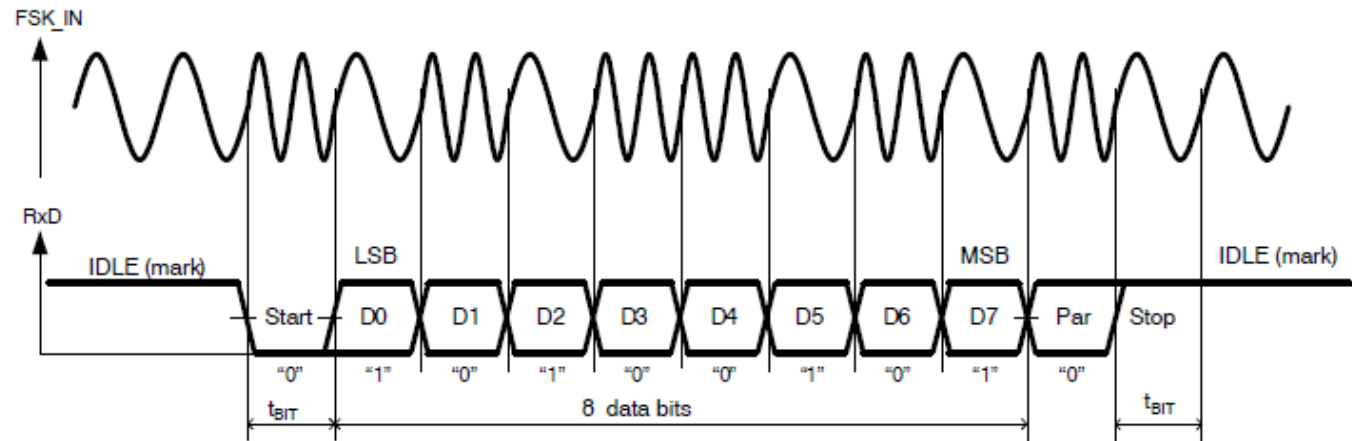
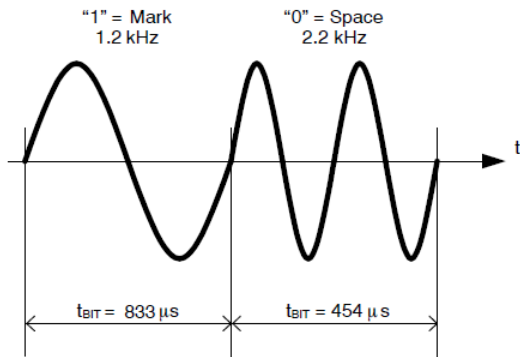
Pole: **FCS**, (Frame Check Sequence). Wielkość: 32 bity. Suma kontrolna (liczona metodą CRC).

# HART

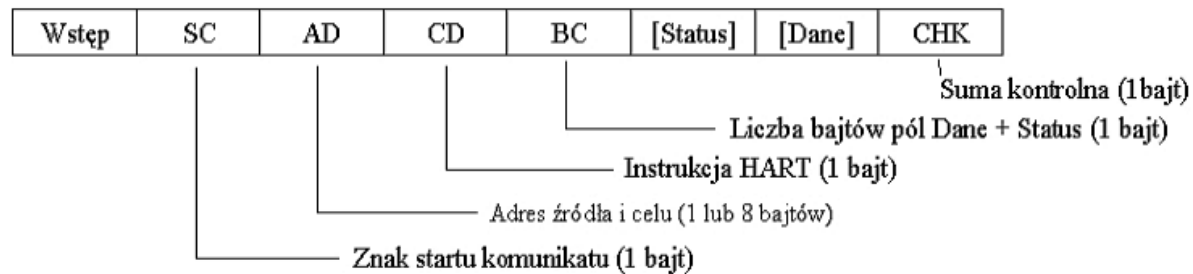


Note: Instrument power is provided by an interface or an external power source that is not shown.

# HART



Format znaku



Struktura komunikatu HART

# Transmisja równoległa IEEE 1284

- W standardzie IEEE 1284 zdefiniowano następujące protokoły transmisji danych:
  - *SPP (ang. Standard Parallel Port, znany też pod nazwą Compatibility Mode) - tryb kompatybilności ze złączem Centronics z możliwością transmisji dwukierunkowej. Port zapewnia najniższy transfer (150 KB/s). Wadą jest obsługa poprzez przerwania, co jest utrudnione w systemach wielozadaniowych.*
  - *Nibble Mode - tryb półbajtowy (czterobitowy), przy transmisji z urządzenia zewnętrznego po liniach statusu. Prędkość transmisji nie przekracza 50 KB/s. Odpowiednik portu Bi-tronics wprowadzonego przez Hewlett-Packard.*
  - *Byte Mode - tryb bajtowy (ośmiobitowy).*
  - *EPP (ang. Enhanced Parallel Port) - najczęściej stosowany tryb. Brak tutaj kanału DMA. Hand-shaking realizowany jest sprzętowo, co umożliwia działanie w systemie wielozadaniowym (po wyłączeniu procesu transmisja nadal trwa) oraz znacznie ułatwia programowanie.*
  - *ECP (ang. Extended Capability Port) - port używa DMA i oferuje najwyższe prędkości (do 2 MB/s). Wykorzystywane są bufory FIFO.*

# Wyprowadzenia złącza LPT

