



# Zastosowania mikrokontrolerów w przemyśle

---

Cezary MAJ

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych



# Interfejsy komunikacyjne

---

- Interfejs
  - Urządzenie elektroniczne lub optyczne pozwalające na komunikację między dwoma innymi urządzeniami, których bezpośrednio nie da się ze sobą połączyć.



# Interfejsy komunikacyjne

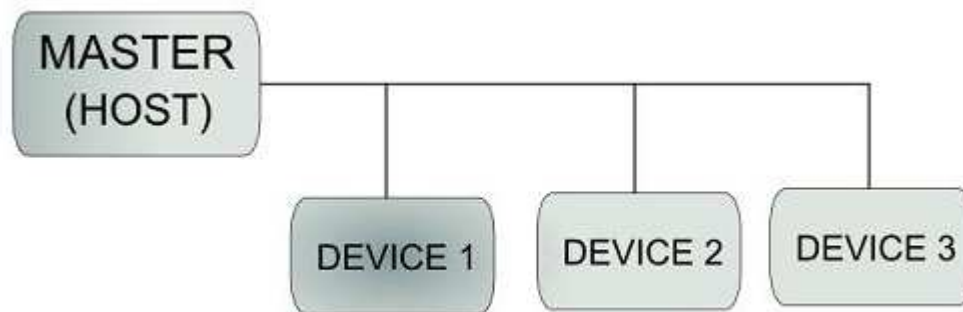
---

- Szeregowe
  - RS232/422/485 (UART/USART, DBGU)
  - I2C
  - SPI
  - CAN
  - USB
- Równoległe
  - Porty ogólnego przeznaczenia
  - Porty dedykowane np. LCD
- LAN
- Ethernet

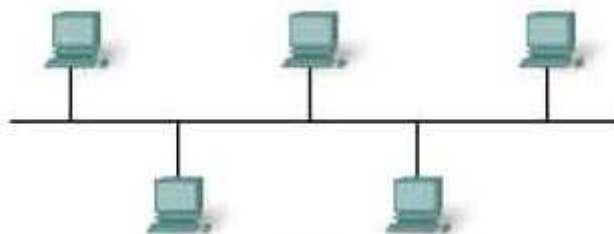
# Topologie połączeń



Point to point



Multi dropped



Multi point

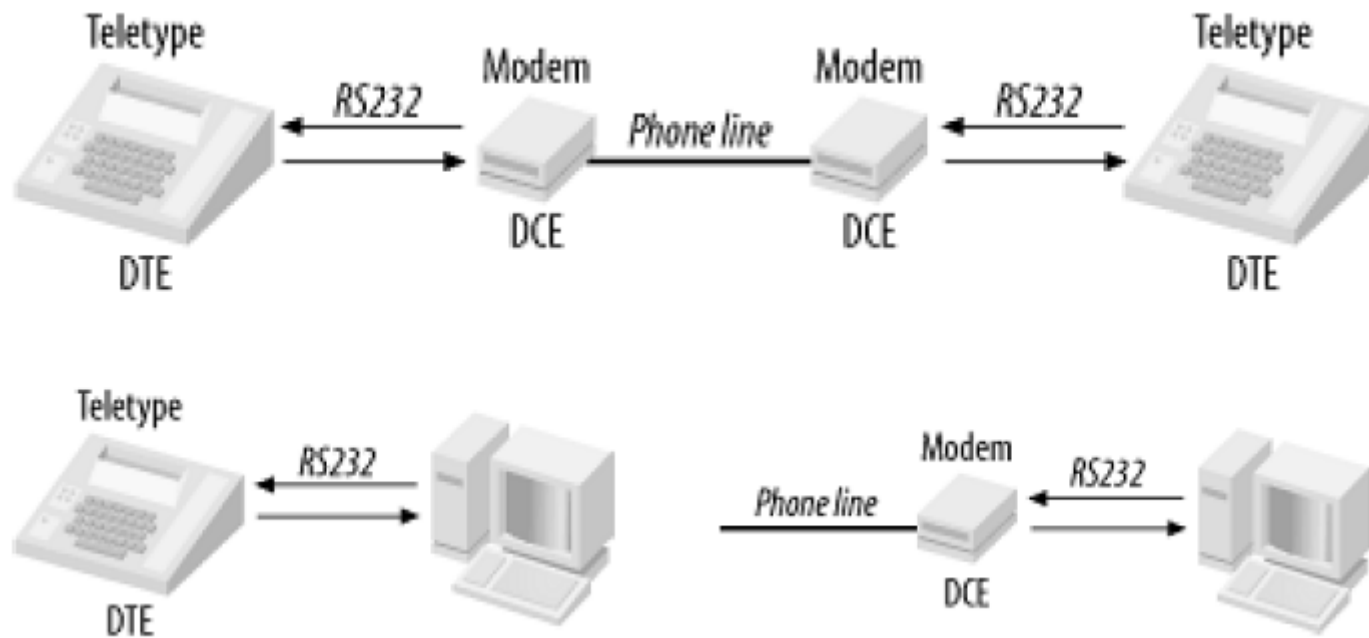


# UART/USART

---

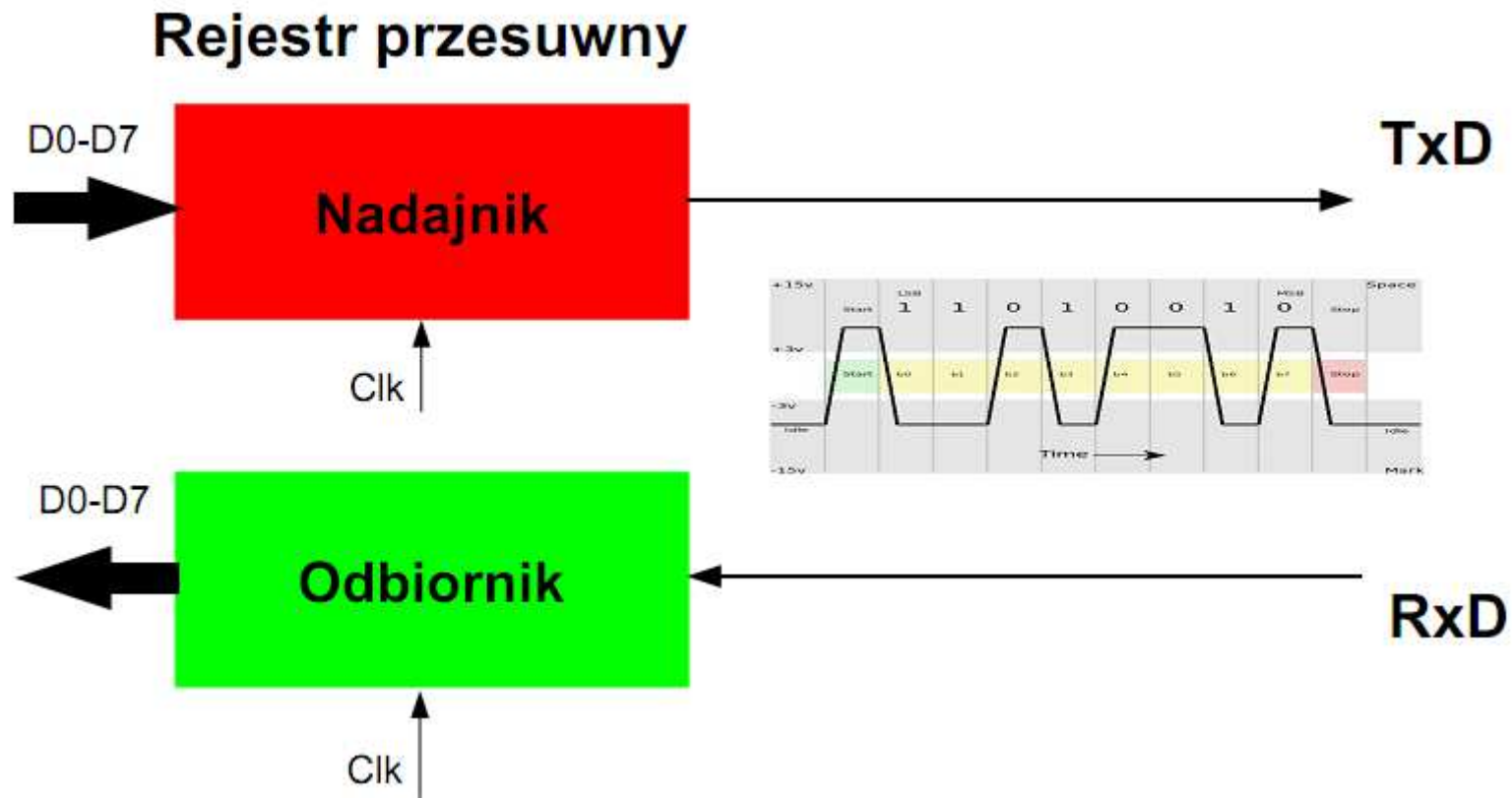
- Układy służące do translacji pomiędzy równoległym i szeregowym zapisem
- Asynchroniczne/synchroniczne
- W pełni konfigurowalny sposób transmisji

# UART



Half duplex lub full duplex

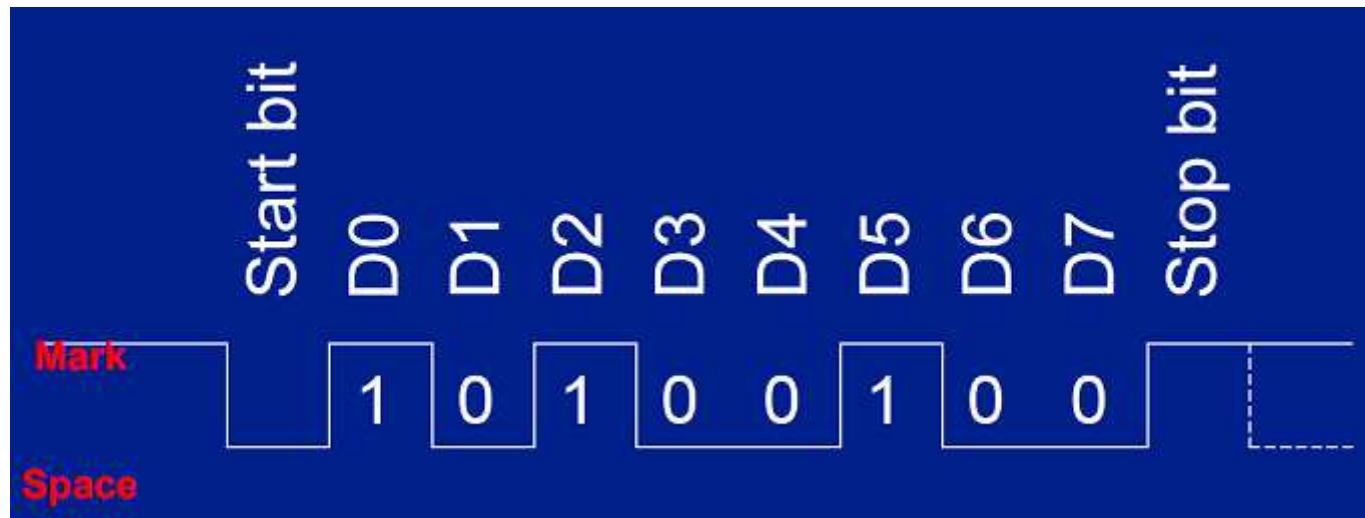
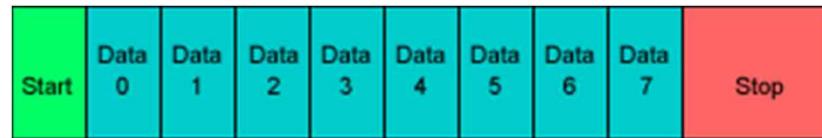
# UART





# UART

---





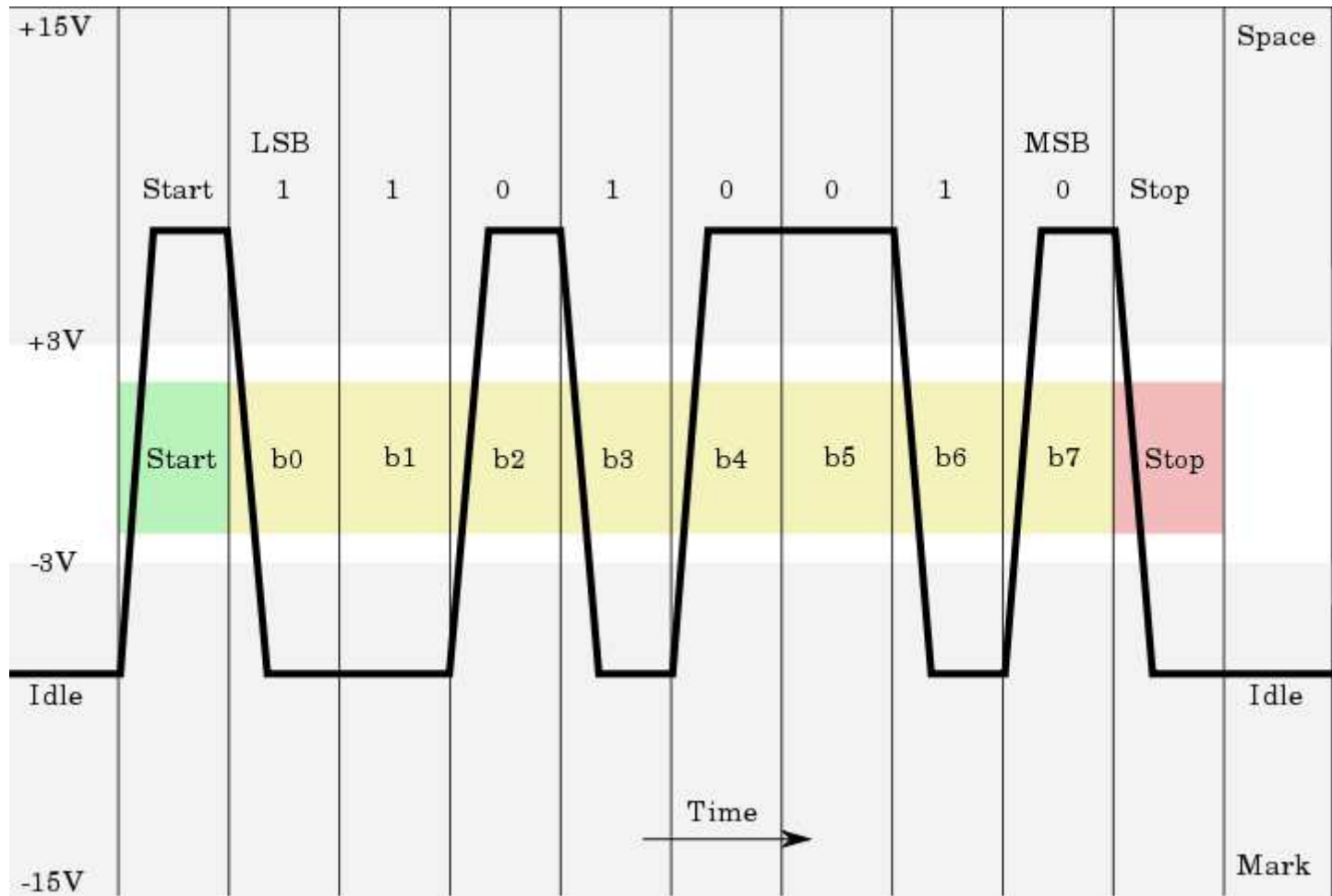


# RS232

---

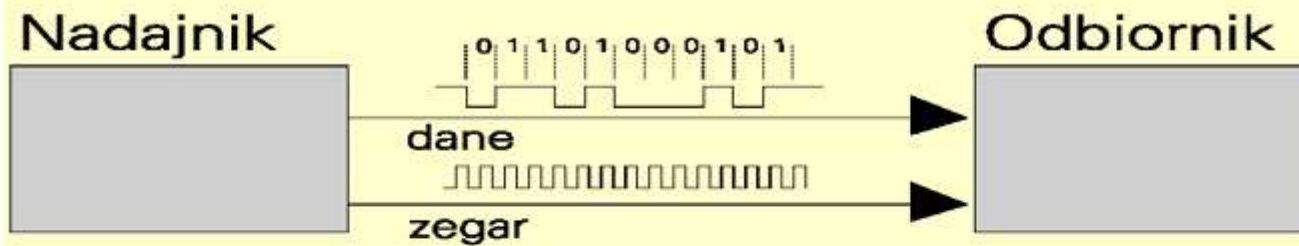
- Standard przesyłu danych
- Definiuje:
  - Charakterystykę elektryczną sygnałów
  - Odstępy czasowe
  - Znaczenie sygnałów
  - Fizyczną wielkość
  - Wyprowadzenia w konektorach

# RS232 - poziomy

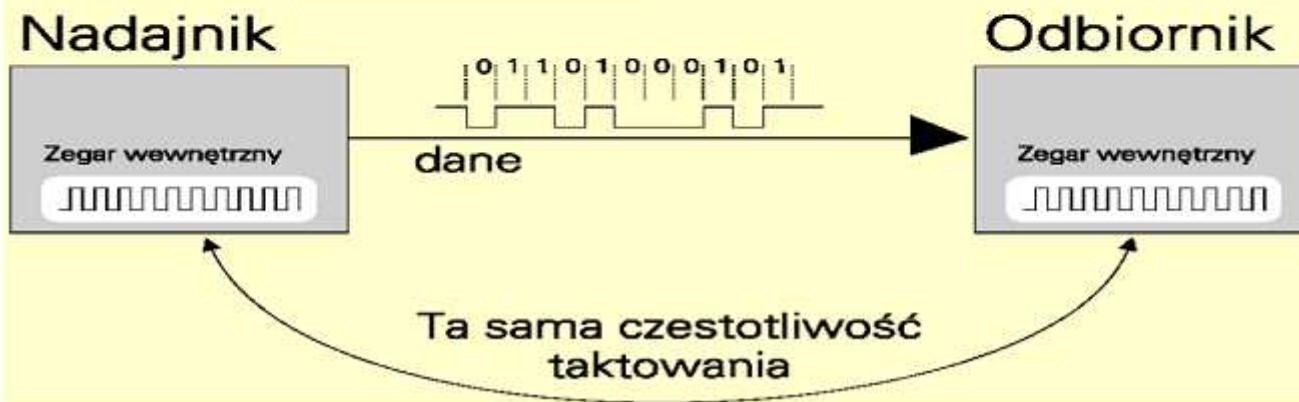


# RS232 - transmisja

## a) transmisja synchroniczna



## b) transmisja asynchroniczna

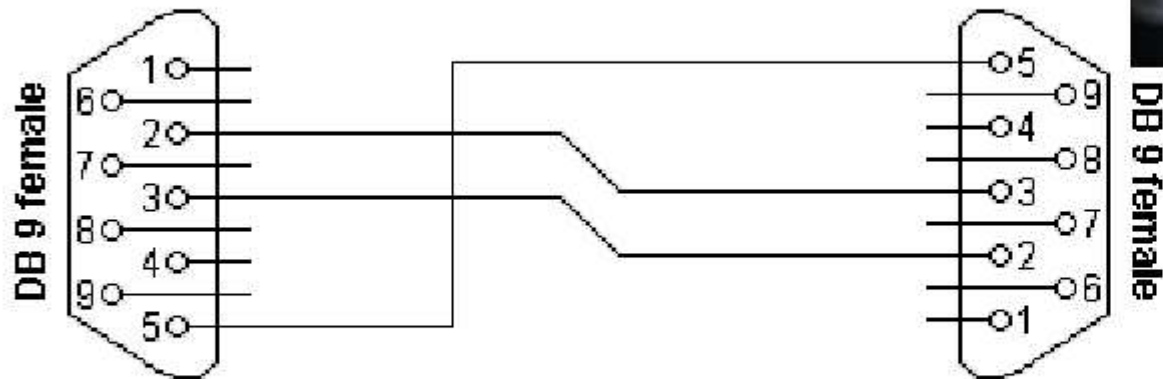




# RS232 – ch-ka elektryczna

SPECIFICATIONS		RS232
Mode of Operation		SINGLE -ENDED
Total Number of Drivers and Receivers on One Line		1 DRIVER 1 RECVR
Maximum Cable Length		50 FT.
Maximum Data Rate		20kb/s
Maximum Driver Output Voltage		+/-25V
Driver Output Signal Level (Loaded Min.)	Loaded	+/-5V to +/-15V
Driver Output Signal Level (Unloaded Max)	Unloaded	+/-25V
Driver Load Impedance (Ohms)		3k to 7k
Max. Driver Current in High Z State	Power On	N/A
Max. Driver Current in High Z State	Power Off	+/-6mA @ +/-2v
Slew Rate (Max.)		30V/uS
Receiver Input Voltage Range		+/-15V
Receiver Input Sensitivity		+/-3V
Receiver Input Resistance (Ohms)		3k to 7k




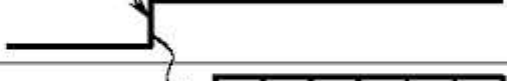
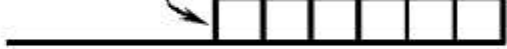
# RS232 - kabel



Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx ← Tx
3	2	Tx → Rx
5	5	Signal ground

# RS232 – sterowanie przepływem

## Hardware Flow Control

symbol	obwód	stan linii	uwagi
DTR	108/2		komputer gotów
DSR	107		modem gotów
RTS	105		żądanie nadawania
CTS	106		gotowość do nadawania
TxD	103		transmisja danych do modemu

**DTE (ang. Data Terminal Equipment)** - urządzenie do przetwarzania danych (końcowe, np. komputer)

**DCE (ang. Data Circuit-terminating Equipment)** – urządzenie do trans. danych (np. Modem)

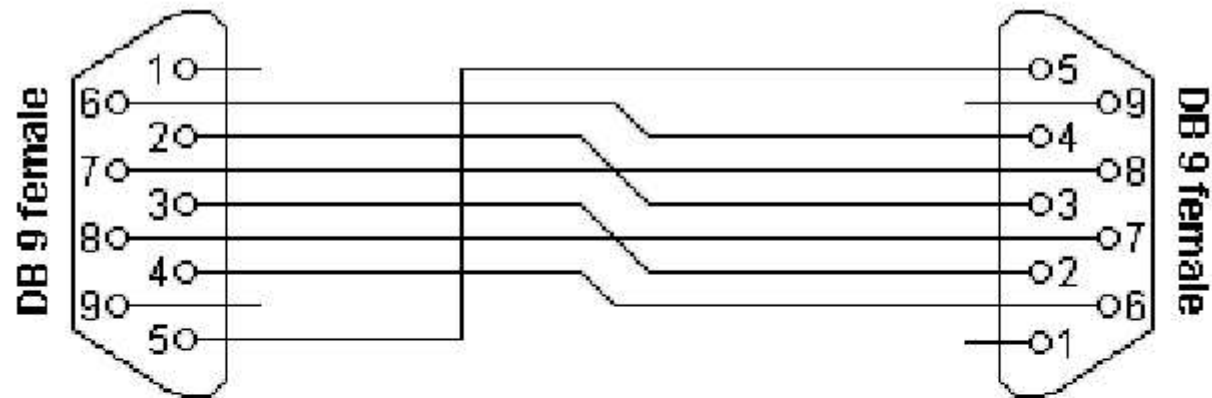
DSR - Data Set Ready - gotowość modemu

DTR - Data Terminal Ready - gotowość terminala

RTS - Request to Send Data - żądanie wysłania

CTS - Clear to Send - gotowość wysłania

# RS232 – pełny kabel



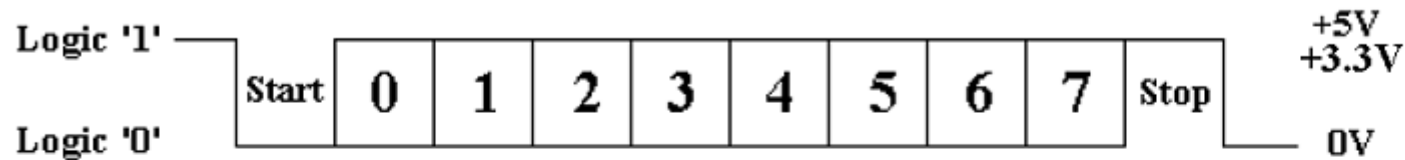
Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx ← Tx
3	2	Tx → Rx
4	6	DTR → DSR
5	5	Signal ground
6	4	DSR ← DTR
7	8	RTS → CTS
8	7	CTS ← RTS



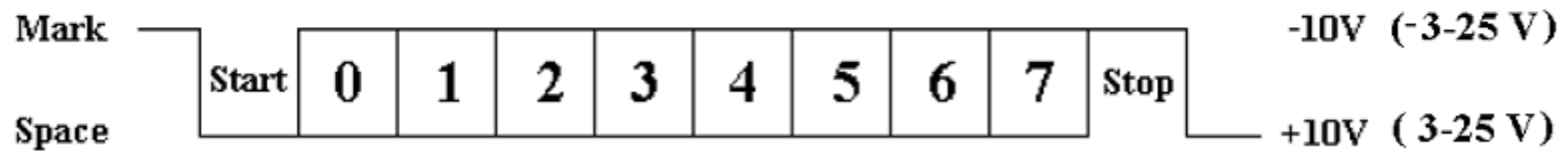
# RS232 - konwersja

---

## Wyjście procesora



## Standard EIA RS 232



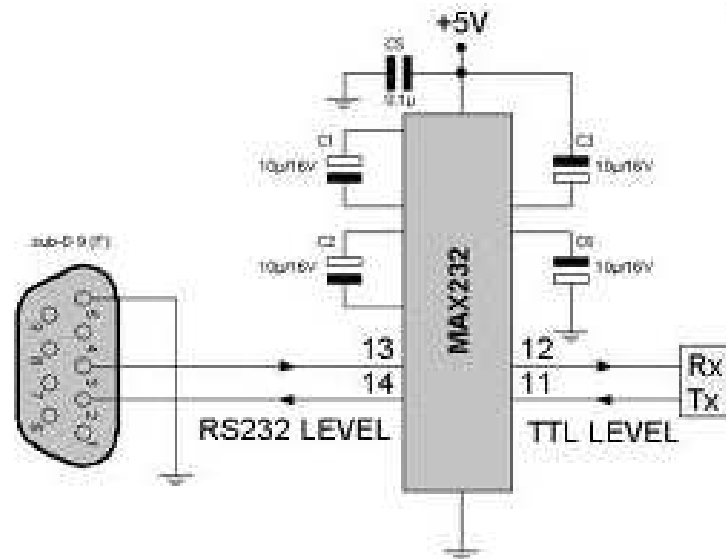
RS-232 Logic Waveform



# RS232 - konwersja



C1+	1	16	VCC
Vs+	2	15	GND
C1-	3	14	T1OUT
C2+	4	13	R1IN
C2-	5	12	R1OUT
Vs-	6	11	T1IN
T2OUT	7	10	T2IN
R2IN	8	9	R2OUT



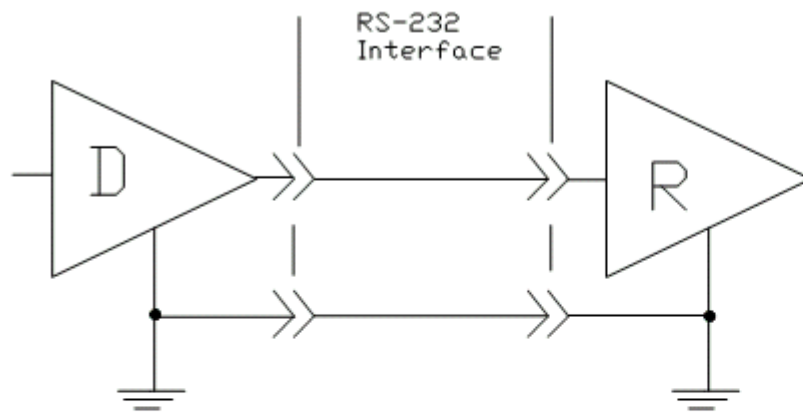


# RS422

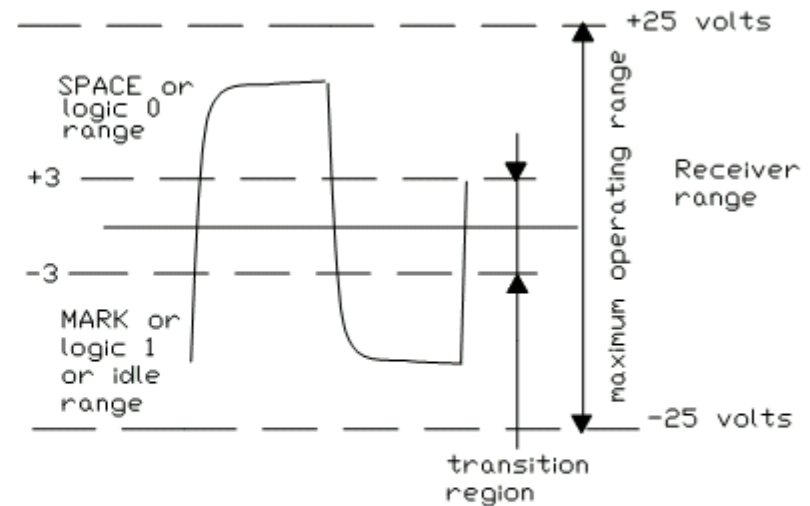
---

- Transmisja zrównoważona – przesyłanie sygnału parą przewodów
- Podwyższenie szybkości transmisji do 10Mbps
- Odległość do 1200m
- Topologia: point to point, multi dropped

# RS232 vs RS422

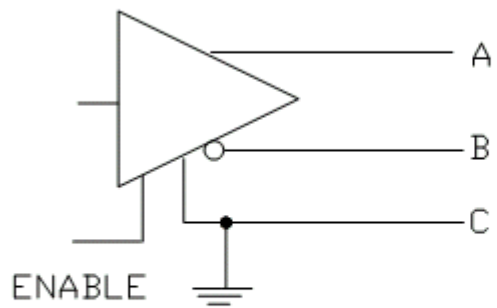


Driver Loaded Output  
Voltage Range =  $\pm$  (5 to 15 volts)

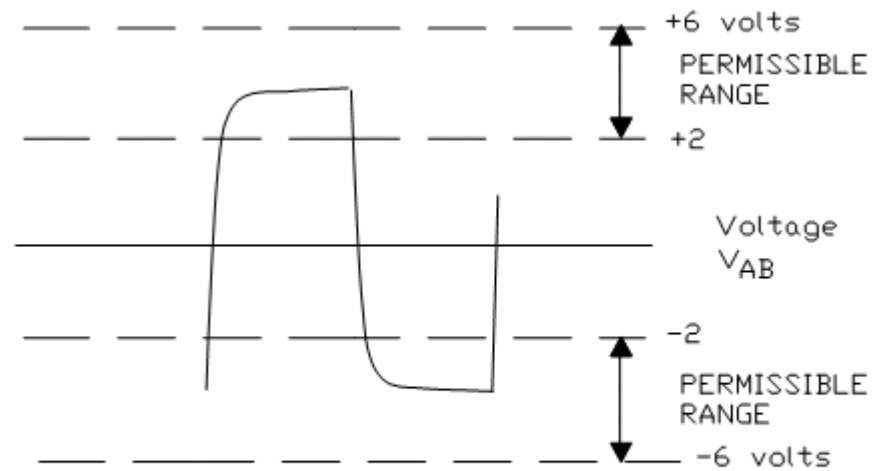


RS-232 Interface Circuit

# RS232 vs RS422

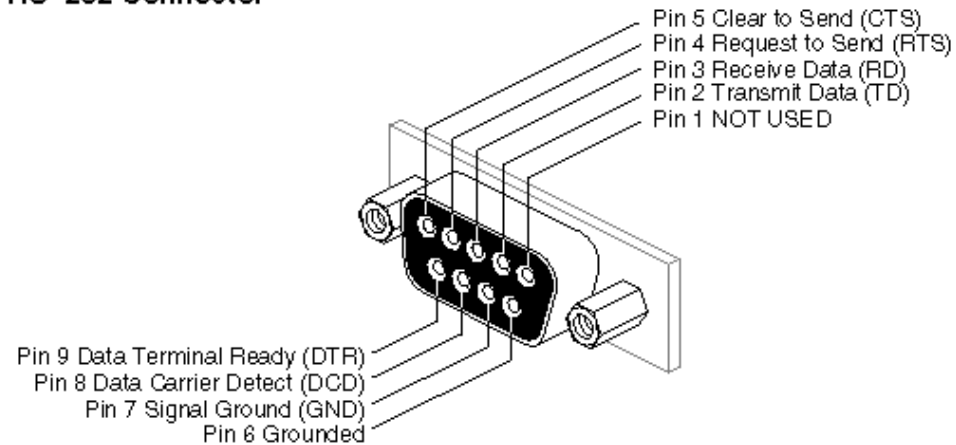


(OPTIONAL FOR RS-422)  
(REQUIRED FOR RS-485)

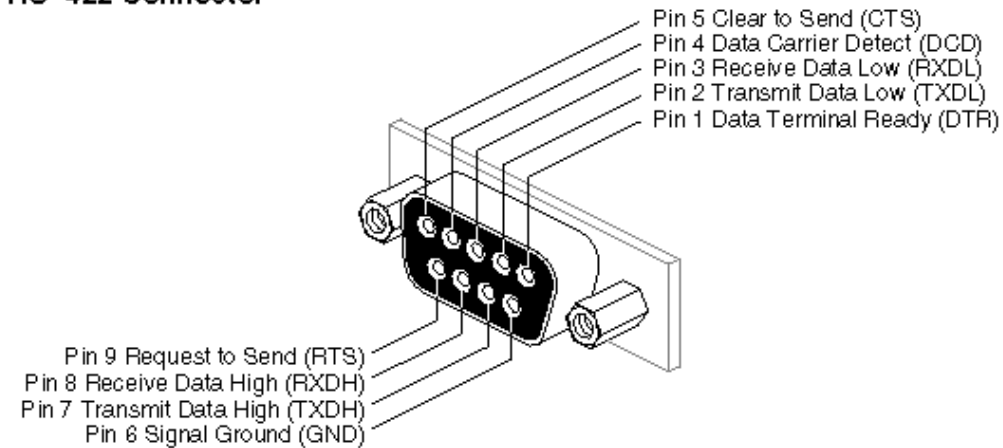


# RS422 - konektory

## RS-232 Connector



## RS-422 Connector



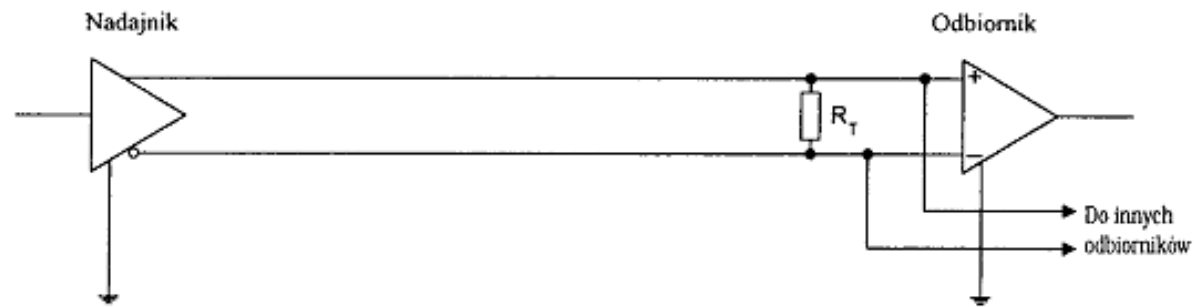


# RS485

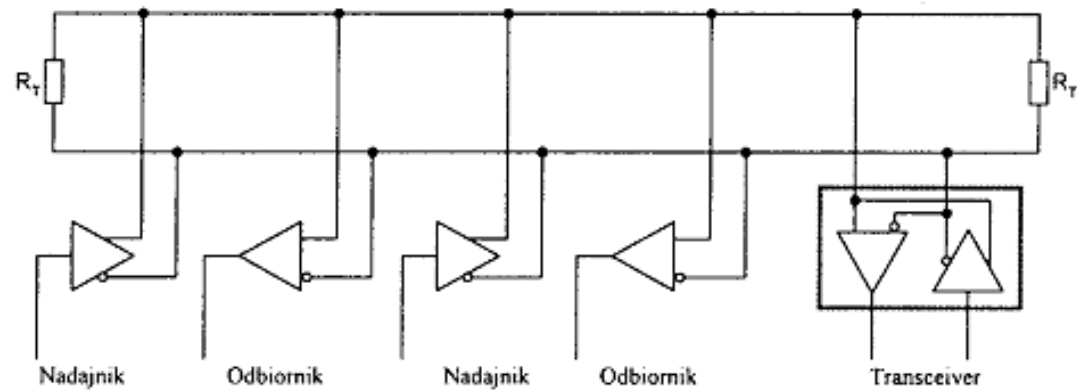
---

- Transmisja analogiczna jak dla RS422
- Szybkość: 35Mbps (10m),  
100kbps (1200m)
- Zastosowanie: głównie sieci przemysłowe – transmisja różnicowa zapobiega wpływowi zakłóceń zewnętrznych (indukcyjne, np. silniki)
- Topologia: point to point, multi dropped, multi point

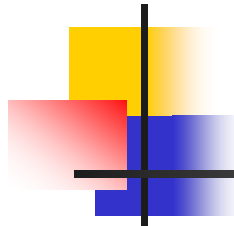
# RS485



Rys. 3.43 Schemat połączenia według standardu RS 422.



Rys. 3.44 Schemat połączenia według standardu RS 485.



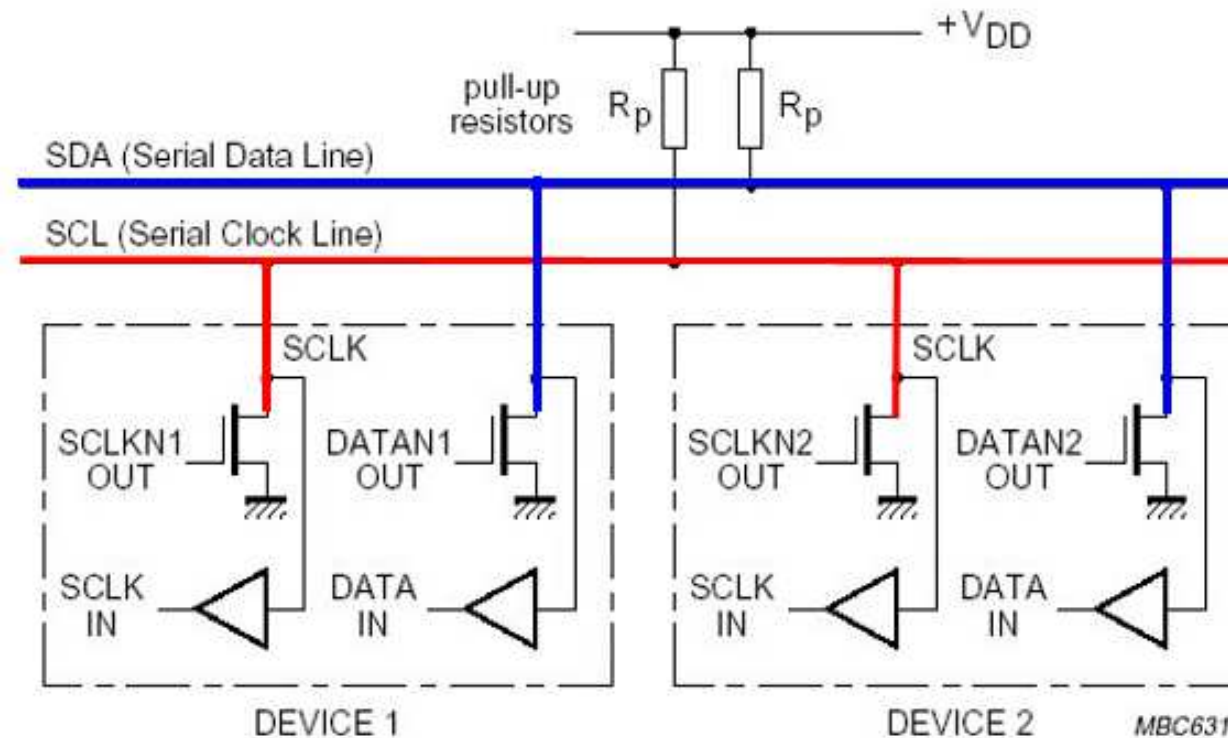
# I2C

---

- Interfejs dwuprzewodowy: dane, zegar
- Transmisja dwukierunkowa master-slave, master-master
- Szybkość: 100kbps (standard)  
400kbps (fast)  
3,4Mbps (high speed)
- Adresowanie urządzeń
- Arbitraż



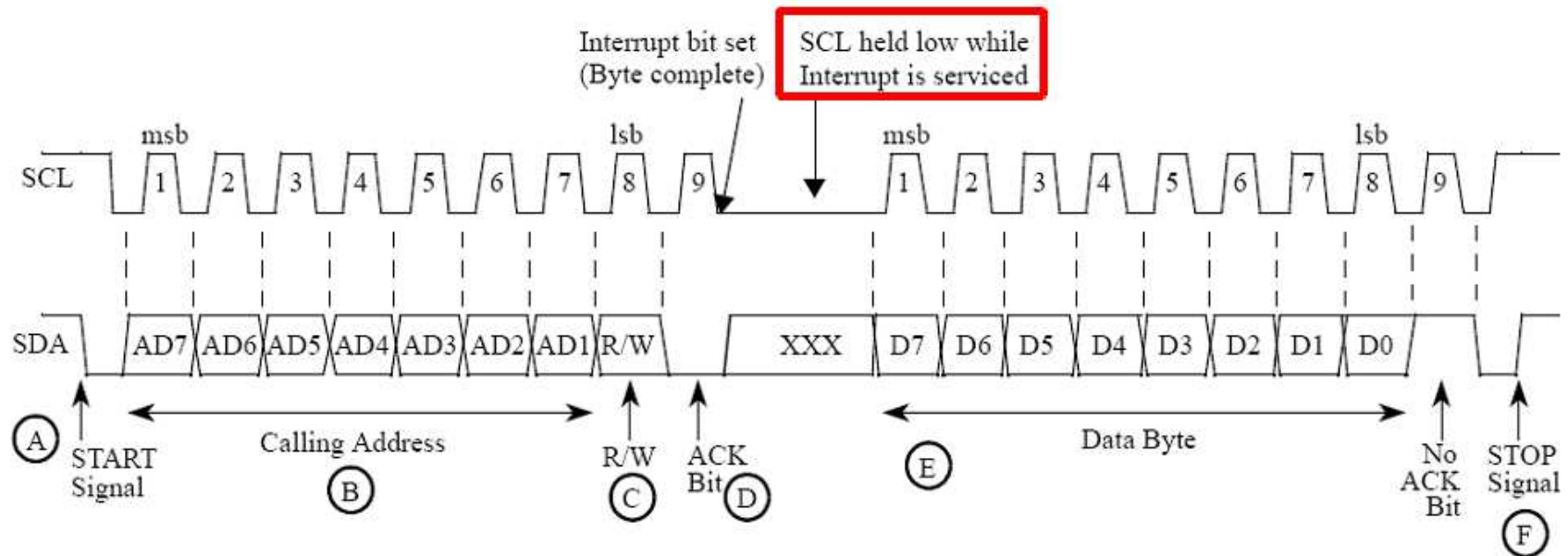
# I2C - magistrala



Urządzenie nadrzędne (Master) – inicjuje transmisję, generuje sygnał zegarowy

Urządzenie podrzędne (Slave) – analizuje wysłany przez urządzenie adres i transmituje lub odbiera dane.

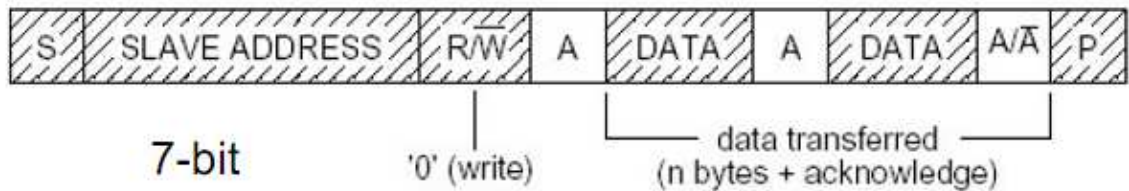
# I2C - transmisja





- A) Transmisję rozpoczyna Master generując sygnał START.
- B) Następnie transmituje 8 bitów danych (7 bitów adresowych, bit R/W).
- C) Po transmisji 8 bitów Slave przejmuje magistralę i wymusza odpowiedni poziom na linii SDA (9 takt zegara). Odpowiada w ten sposób bitem potwierdzenia ACK (brak potwierdzenia, ACK = "1").
- E) Po przesłaniu adresu następuje faza odczytu lub zapisu danej do obsługiwanego urządzenia (8 bitów danych).
- F) Po przesłaniu danych urządzenie nadrzędne kończy transmisję generując brak potwierdzenia (ACK = "1") oraz bit stopu.

# I2C - transmisja

master-transmitter      Zapis n-bajtów danych



 from master to slave

 from slave to master

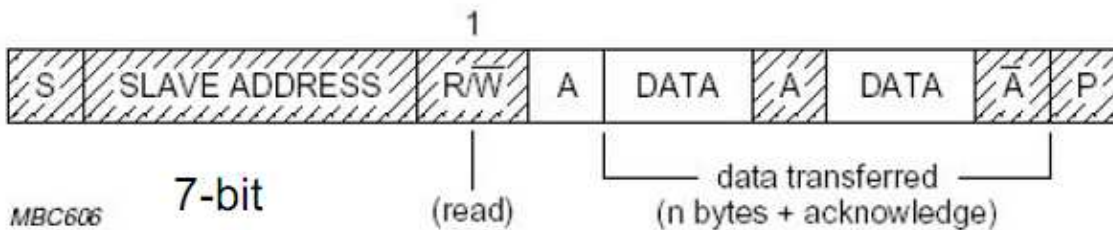
A = acknowledge (SDA LOW)

$\bar{A}$  = not acknowledge (SDA HIGH)

S = START condition

P = STOP condition

master-receiver (since second byte)      Odczyt n-bajtów danych



MBC606



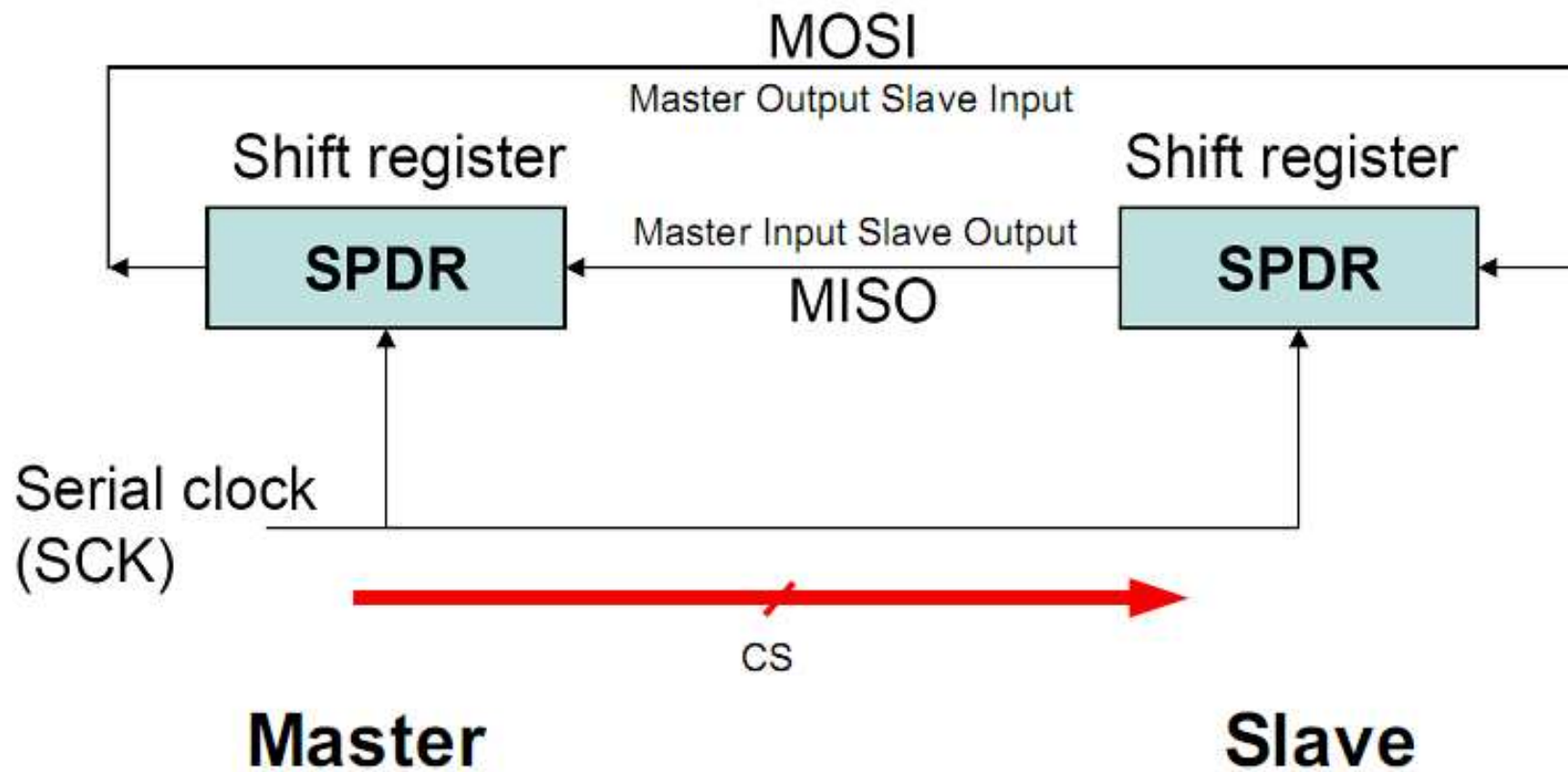
# SPI

---

- Transmisja synchroniczna
- Full-duplex, master-slave lub master-multi slave
- Szybkość >12Mbps
- Zastosowanie
  - Układy peryferyjne (ADC, DAC, RTC, EEPROM, termometry)
  - Pomocnicze (Matryce CCD z interfejsem równoległym)
  - Karty pamięci



# SPI



# SPI

## Konfiguracja sygnału zegarowego:

### Polaryzacja zegara:

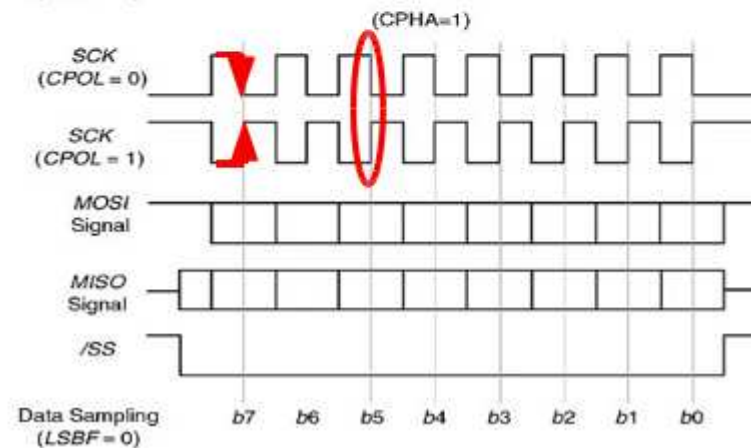
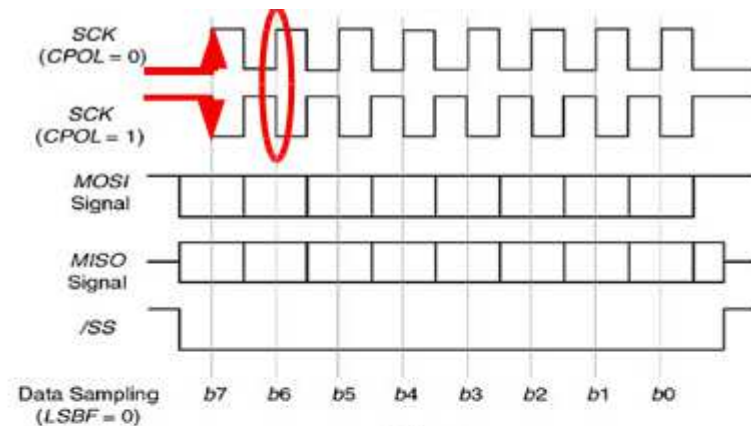
Polaryzacja **ujemna CPOL = 0**  
(stan niski, 8 impulsów zegara),

Polaryzacja  **dodatnia CPOL = 1**  
(stan wysoki, 8 ujemnych impulsów zegara).

### Faza zegara:

Zerowa faza zegara (próbkiwanie na pierwszym zboczu zegara),

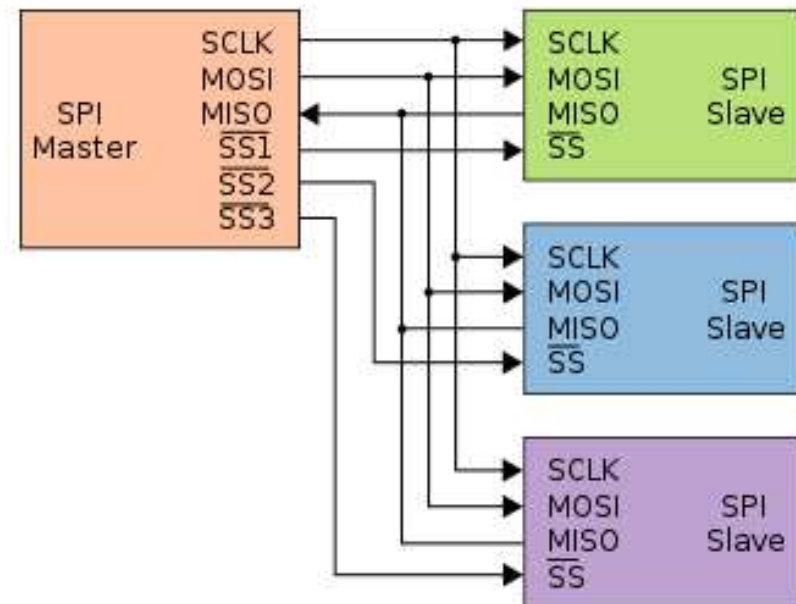
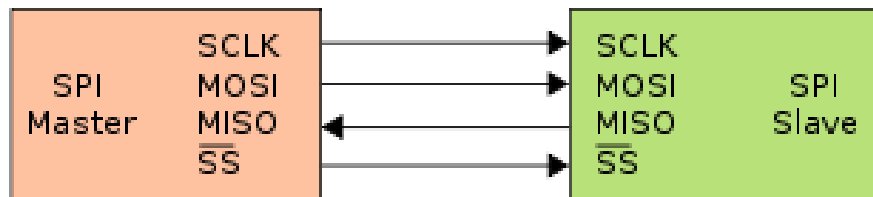
Opóźniona faza zegara (próbkiwanie na drugim zboczu zegara).



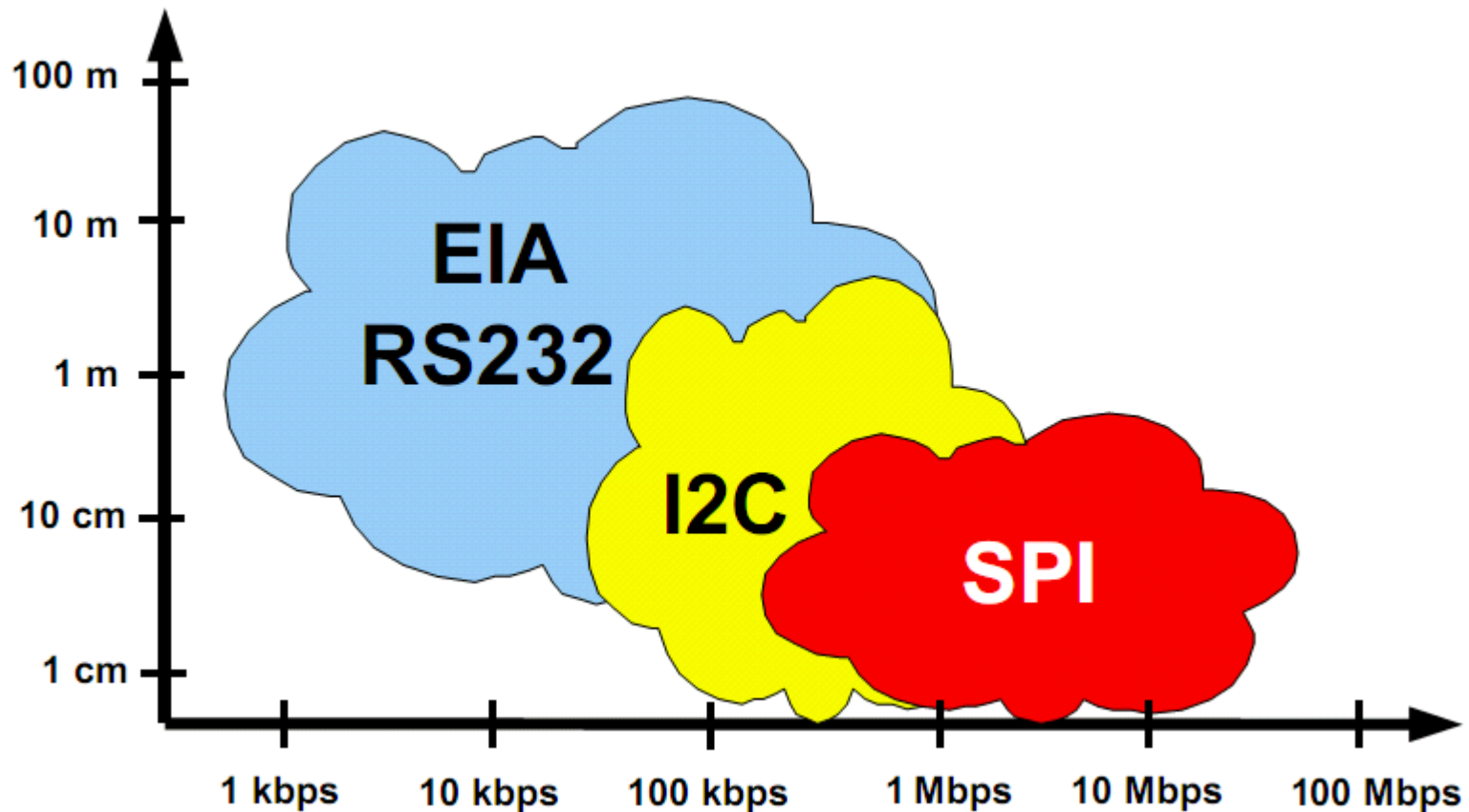


# SPI

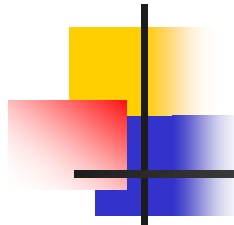
- Topologia: master-slave, master-multi slave – wybór poprzez sygnał CS



# Porównanie interfejsów





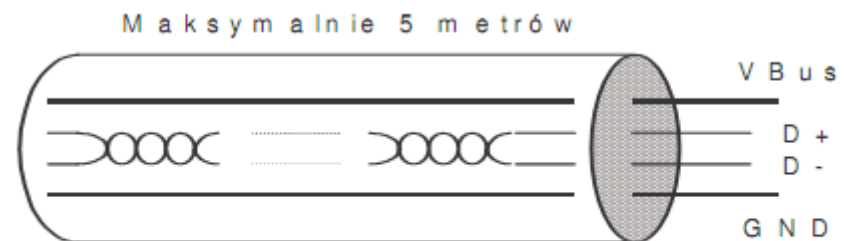


# USB

- Transmisja: asynchroniczna, szeregową, różnicowa
- Detekcja podłączenia/odłączenia
- Automatyczna detekcja korekcja błędów

<u>TRANSMISJA</u>	<u>PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIA</u>	<u>CZĘSTOTLIWOŚĆ PRACY INTERFEJSU USB</u>
<b>WOLNA</b> 10 - 100 kb/s	Klawiatura, mysz, manipulatory.	mała - 1,5 Mb/s
<b>ŚREDNIA</b> 500 kb/s - 10 Mb/s	Urządzenia do transmisji danych po liniach telefonicznych, urządzenia audio.	pełna - 12 Mb/s
<b>SZYBKA</b> 25 - 400 Mb/s	Urządzenia wideo, pamięci dyskowe.	duża - 480 Mb/s

# USB - kabel

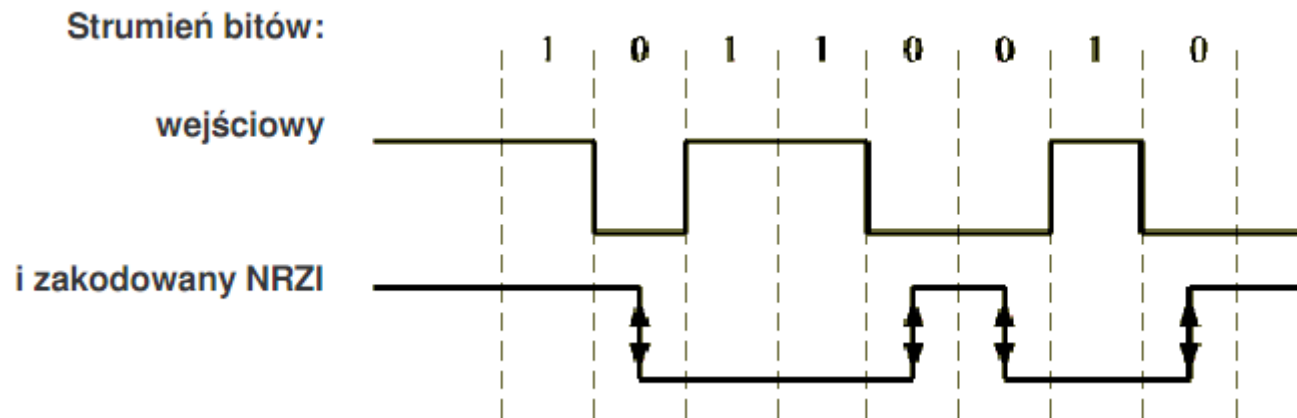


Rysunek 3. Kabel magistrali USB.

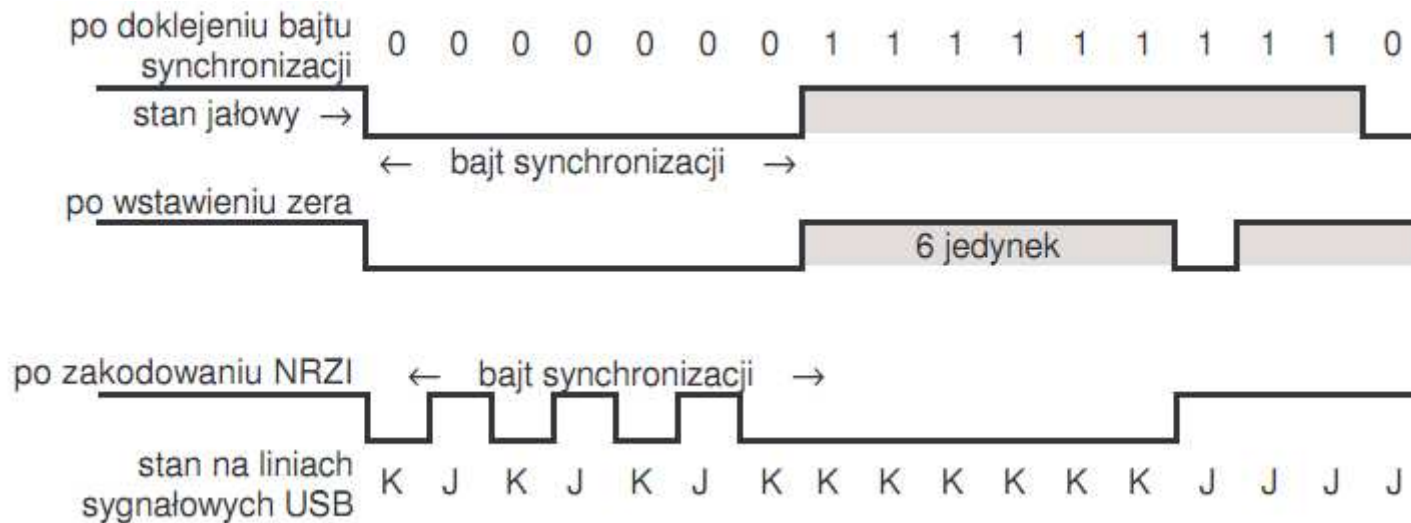


# USB - kodowanie

NRZI – non return to zero inverted



# USB - kodowanie



Samosynchronizacja – brak sygnału zegarowego

Wstawianie zer – ochrona pętli PLL przed zablokowaniem



# USB – sygnał elektryczny

---

**J** - w zakodowanym NRZI strumieniu bitów odpowiada niskiemu poziomowi,  
**K** - jest stanem przeciwnym.

Przy pełnej częstotliwości transmisji danych (12 Mb/s):

- stanowi **J** odpowiada normalna polaryzacja linii sygnałowych, przy czym napięcie różnicowe  $(D+) - (D-) > 200 \text{ mV}$ ,
- natomiast stan **K** występuje jeśli polaryzacja jest odwrócona a napięcie różnicowe  $(D+) - (D-) < -200 \text{ mV}$ .

W przypadku dużej szybkości transmisji (480 Mb/s) stany logiczne są podobne – różnią się zaostrzonymi wymaganiami co do napięcia różnicowego:

- **J** - normalna polaryzacja i napięcie różnicowe  $(D+) - (D-) > 300 \text{ mV}$ ,
- **K** - odwrócona polaryzacja a napięcie różnicowe  $(D+) - (D-) < -300 \text{ mV}$ .

Podczas wolnej transmisji (1,5 Mb/s) na magistrali obowiązuje odwrotna logika:

- stan **J** - napięcie różnicowe  $(D+) - (D-) < -200 \text{ mV}$ ,
- stan **K** - napięcie różnicowe  $(D+) - (D-) > 200 \text{ mV}$ .



# USB – potok danych

---

1. potok danych, którym transmitowany jest strumień bitów czyli przesyłany stale w jednym kierunku ciąg bitów, którego zawartość nie jest istotna dla pracy systemu;
2. potok sterujący służący do przesyłania komunikatów (wymieniana w obu kierunkach informacja ma z góry ustalony format).

W postaci komunikatów transmitowane są dane przesyłane w trybie:

- przekazu sterującego - wykorzystywanego przy ustalaniu konfiguracji oraz do wstępnego ustawiania i kontroli urządzeń USB;

natomiast jednokierunkowymi strumieniami płyną dane w:

- przekazach przerwaniowych - umożliwiających urządzeniom USB, okresową wymianę informacji z odpowiednim programem w komputerze macierzystym;
- przekazach masowych - stosowanych do przesyłania porcji danych ze zmienną szybkością dostosowaną do aktualnie dostępnego pasma transmisji;

lub

- przekazach izochronicznych - służących do przesyłania danych wymagających zachowania powiązań w funkcji czasu (np. cyfrowy przekaz dźwięku).



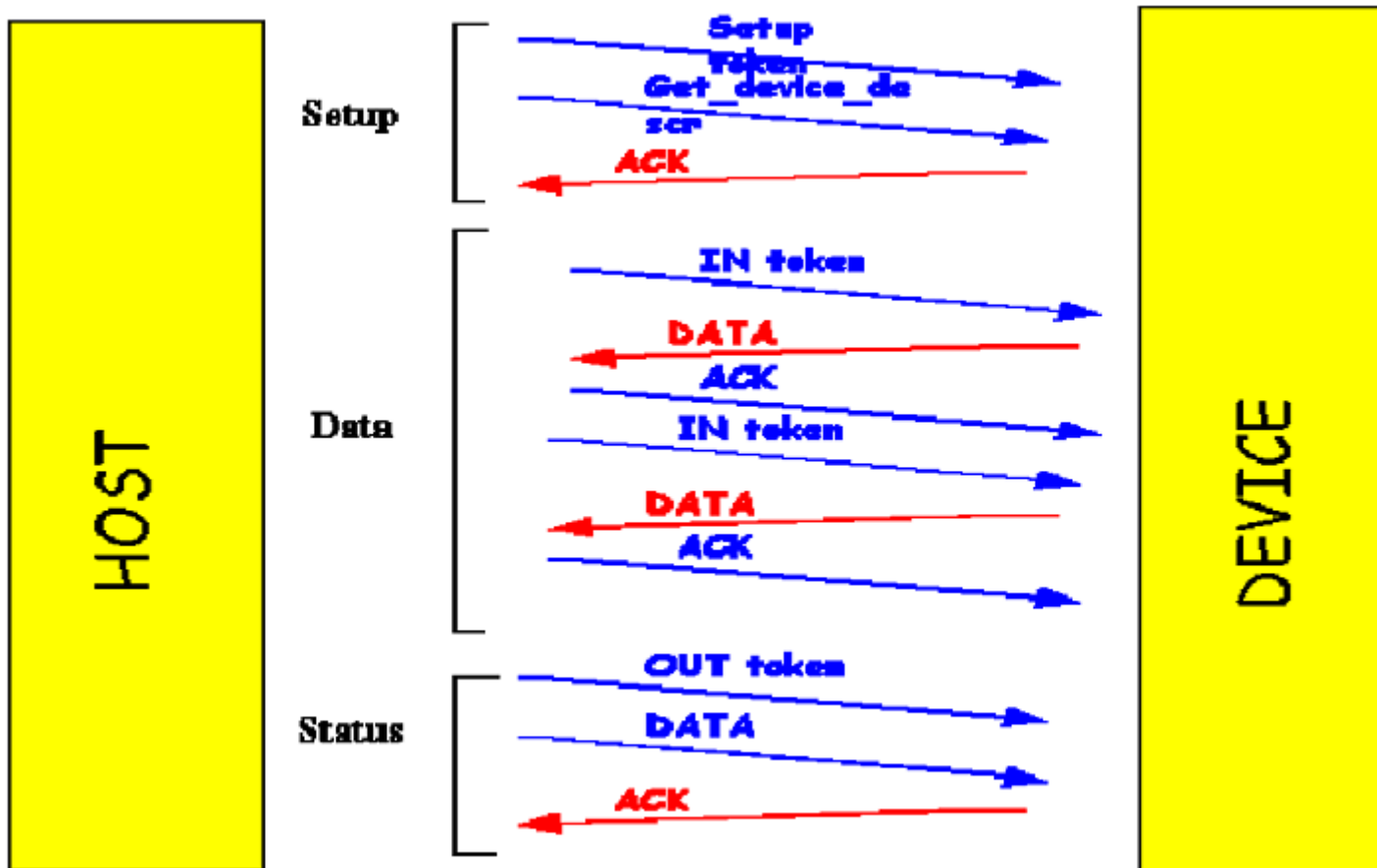
# USB – transmisja i komunikaty

Type	Important attributes	Max size LS	Max size FS	Max size HS	Examples
Interrupt	Quality + time	8	64	3072	Mouse, keyboard
Bulk	Quality	-	64	512	Printer, scanner
Isochronous	time	-	1023	3072	Audio, video
Control	Quality + time	8	64	64	System control

Stan wykonania	Zapis sterujący	Odczyt sterujący
zadanie wykonane	pakiet danych zerowej długości	na etapie statusu wysyła ACK
wystąpił błąd	na etapie danych wysyła STALL	na etapie statusu wysyła STALL
urządzenie zajęte	na etapie danych wysyła NAK	na etapie statusu wysyła NAK

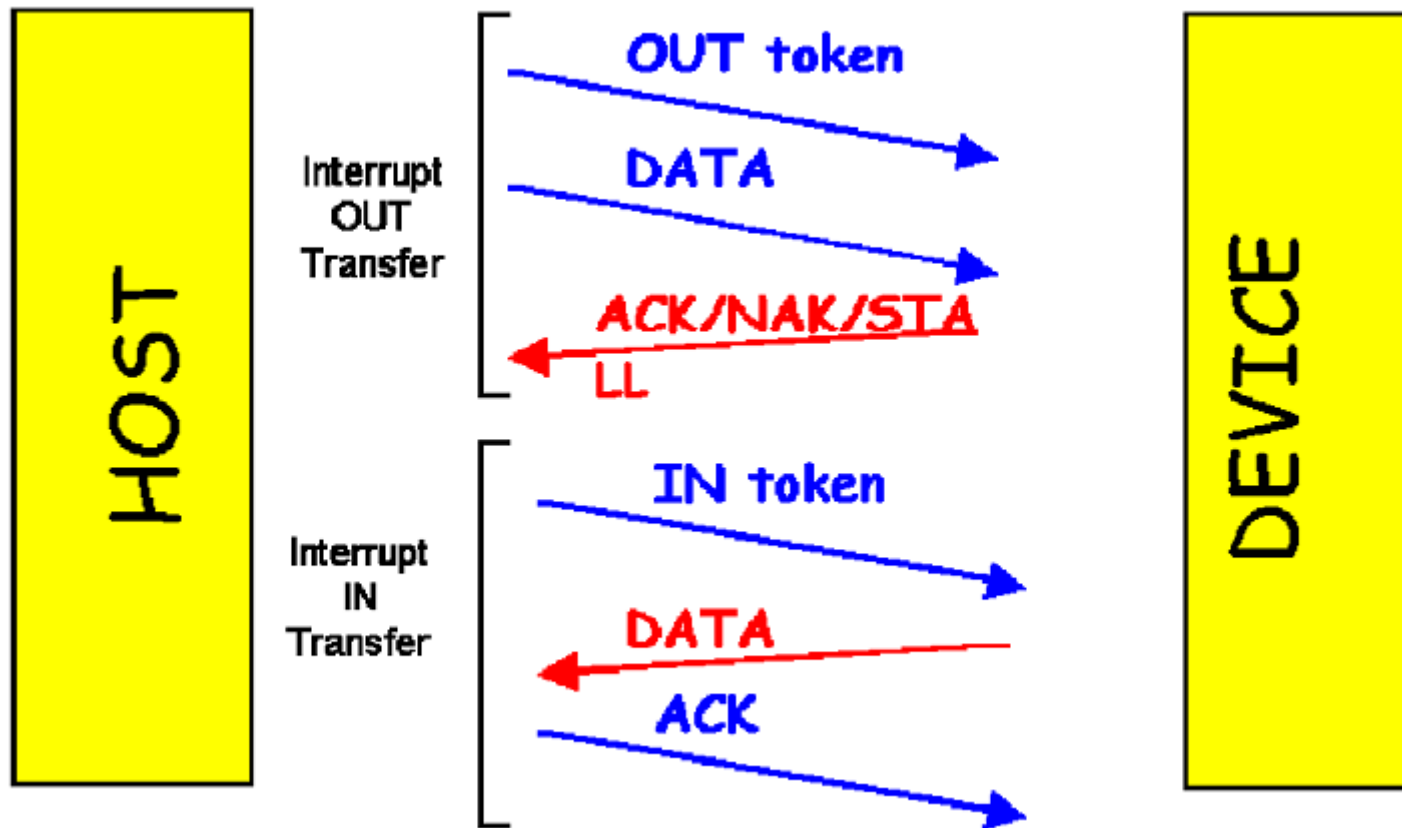


# USB – transfer sterujacy

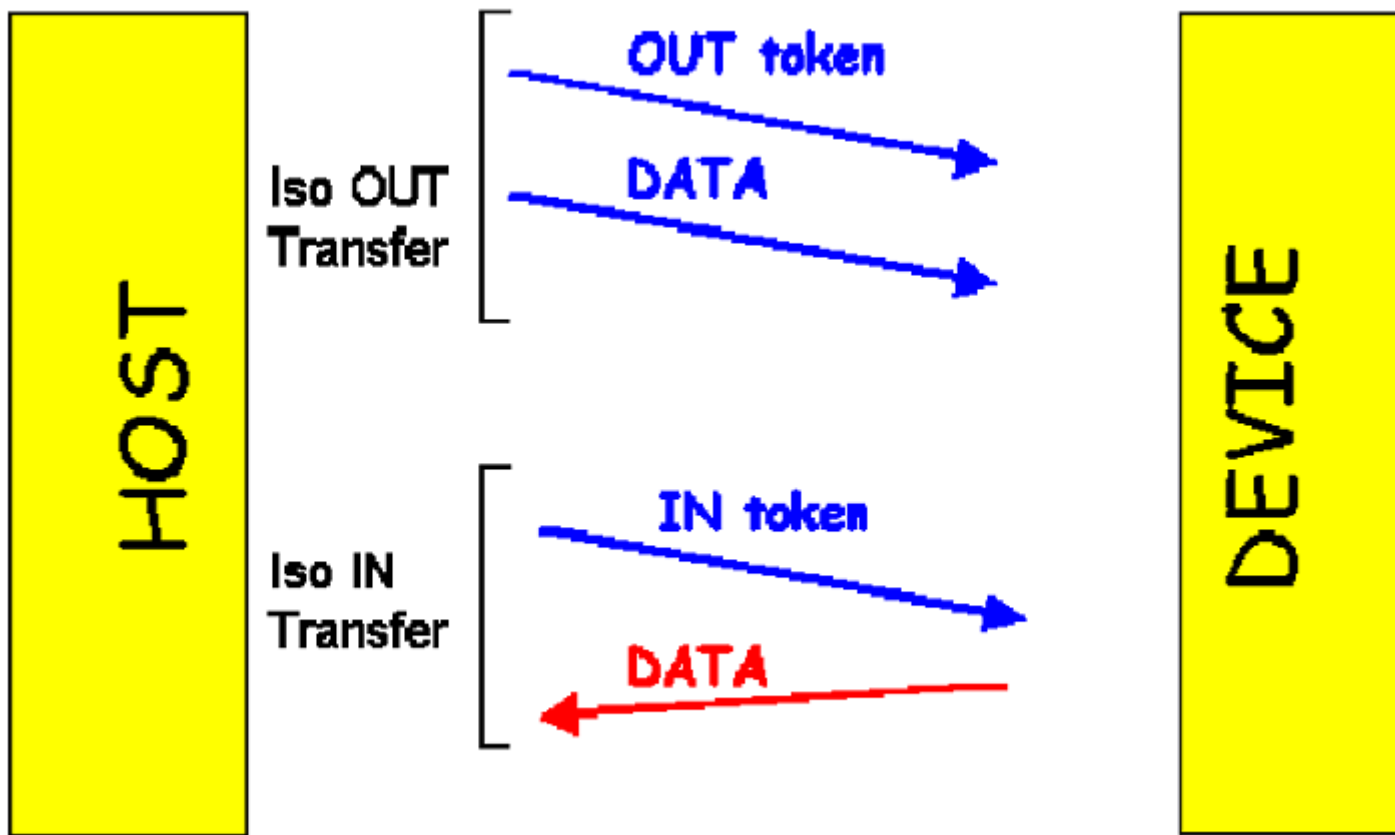




# USB – transfer masowy i przerwaniowy



# USB – transfer izochroniczny





# USB – enumeracja

---

**Enumeracja (ang. Enumeration)** – konfiguracja urządzeń przeprowadzana po dołączeniu lub odłączeniu nowego urządzenia od magistrali. Proces konfiguracji przeprowadzany jest przez urządzenie nadrzędne (Master). Master przypisuje indywidualne adresy do urządzeń oraz ustanawia podstawowe parametry transmisji:

- ★ Adres urządzenia w przestrzeni USB,
- ★ Rodzaj transferu,
- ★ Kierunek transmisji danych (read, write, read-write),
- ★ Rozmiar przesyłanych pakietów,
- ★ Szybkość transmisji,
- ★ Adresy buforów używanych przez sterowniki urządzenia,
- ★ Prąd pobierany przez urządzenie.

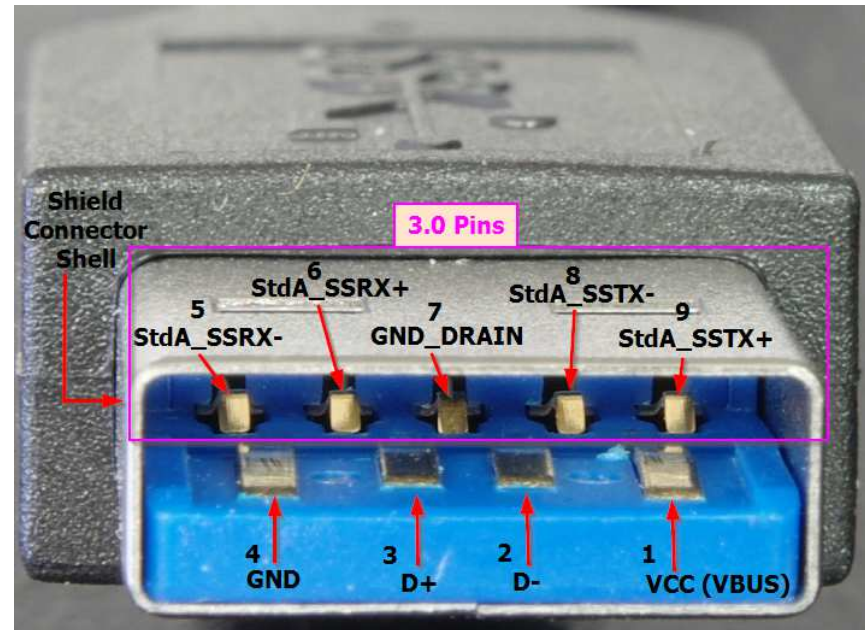
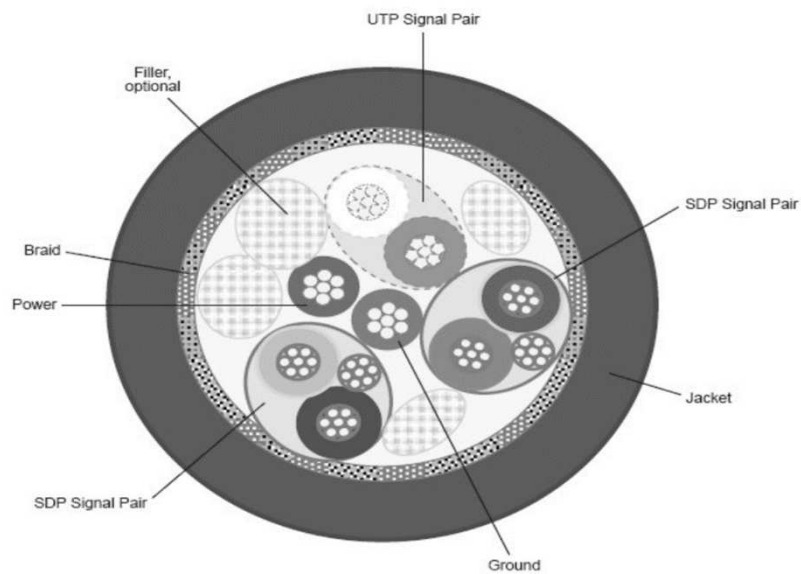


# USB 3.0

---

- Interfejs szeregowy, full-duplex
- Szybkość transmisji danych: 5 Gb/s (10 razy szybciej niż USB 2.0)
- Standard kompatybilny z USB 2.0 (sterowniki i złącza), jednak znacznie różniący się od USB 2.0
- Transmisja danych full-duplex, zasilanie
- Inteligentne zarządzanie poborem energii, mniejsze zużycie energii
- Warstwa łącza danych i fizyczna podobna do interfejsu PCI express 2.0

# USB 3.0





# CAN

---

- Przemysł samochodowy
- Urządzenia podwyższające komfort
- Urządzenia podwyższające bezpieczeństwo
- Problem z komunikacją wszystkich urządzeń (liczba wiązek kabli)



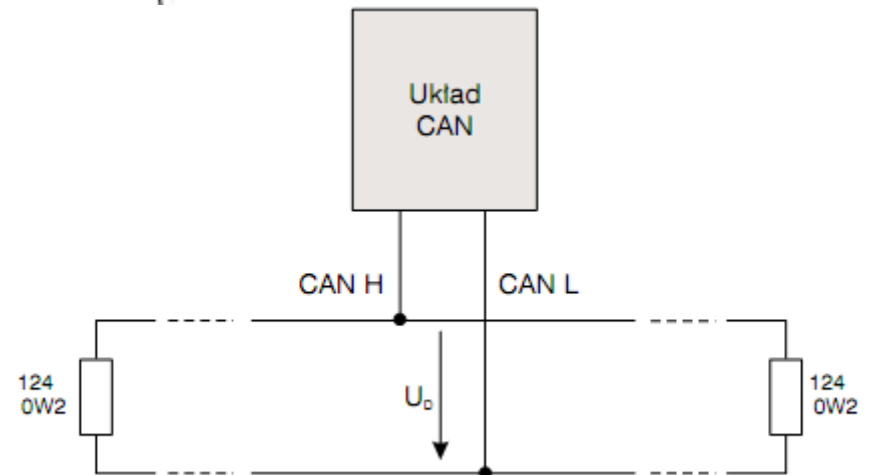
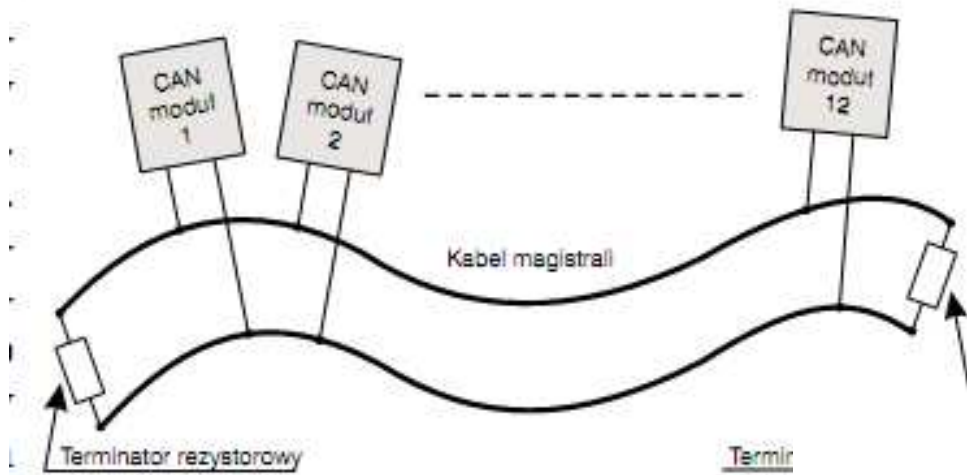
# CAN

---

## Wymagania:

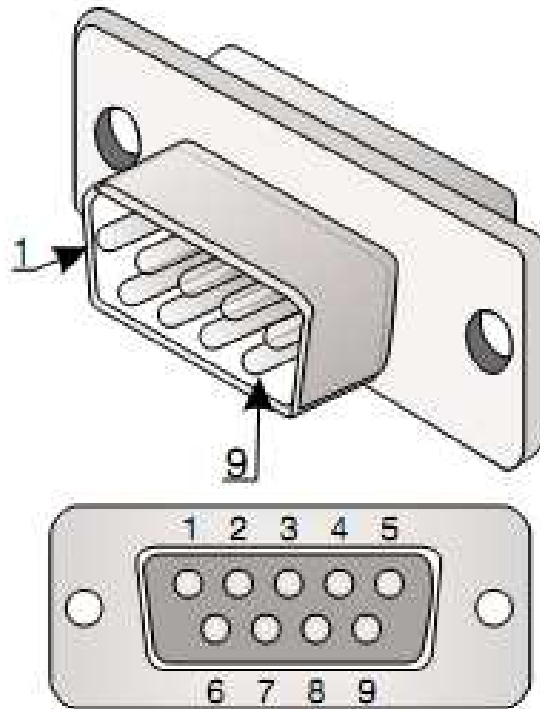
- Przenoszenie danych z mała 5kbps i duża szybkością 1Mbps
- Bezbłędne przenoszenie danych
- Łatwość utrzymania, niskie koszty
- Komunikacja w topologii magistrali

# Topologia





# Wyprowadzenia



- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1 Nie podłączone     | 6 GND                                      |
| 2 CAN L              | 7 CAN H                                    |
| 3 CAN GND            | 8 Nie podłączone                           |
| 4 Nie podłączone     | 9 CAN V+ (opcjonalne zasilanie zewnętrzne) |
| 5 Opcja: ekranowanie |  |

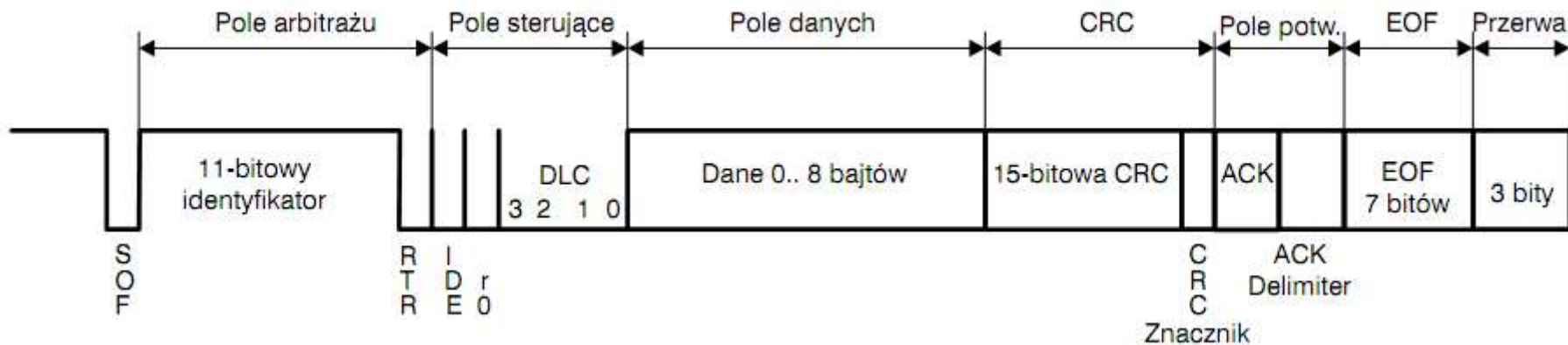


# Sposoby wymiany informacji

---

- Adresowanie
  - „Stacja 25 przesyła wiadomość do stacji 37”
  - Niezbędny adres stacji nadawczej i odbiorczej
- Określona wiadomość
  - „Stacja A wysyła wyniki z identyfikatorem 935”

# Standardowa ramka danych



Bit startu SOF – synchronizacja odbiorników

Identyfikator ramki

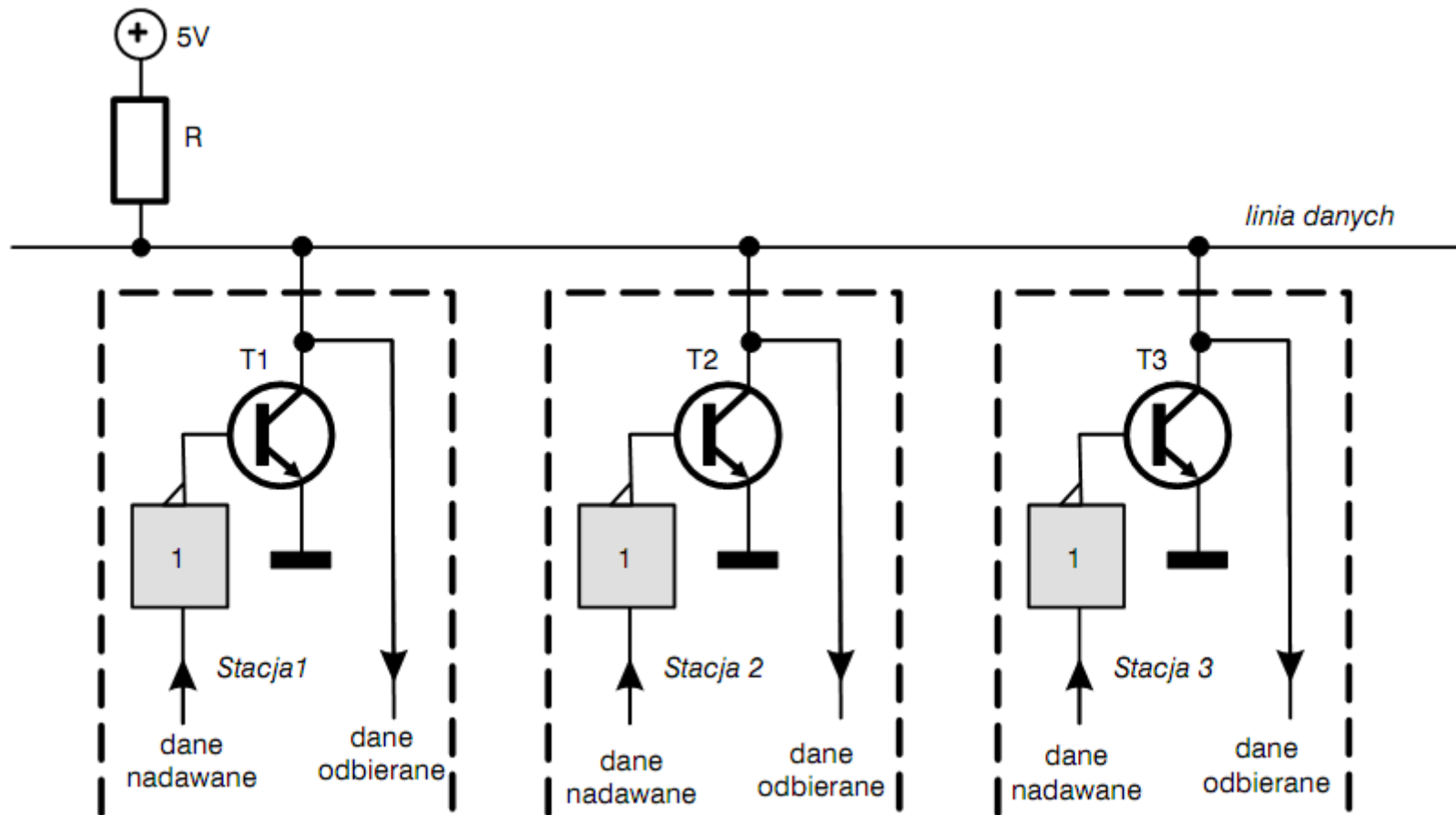
RTR – rzadanie transmisji

IDE – rozszerzenie identyfikatora

R0 – rezerwa dla ewentualnego rozszerzenia

DLC – ilość bajtów danych

# Schemat obwodu





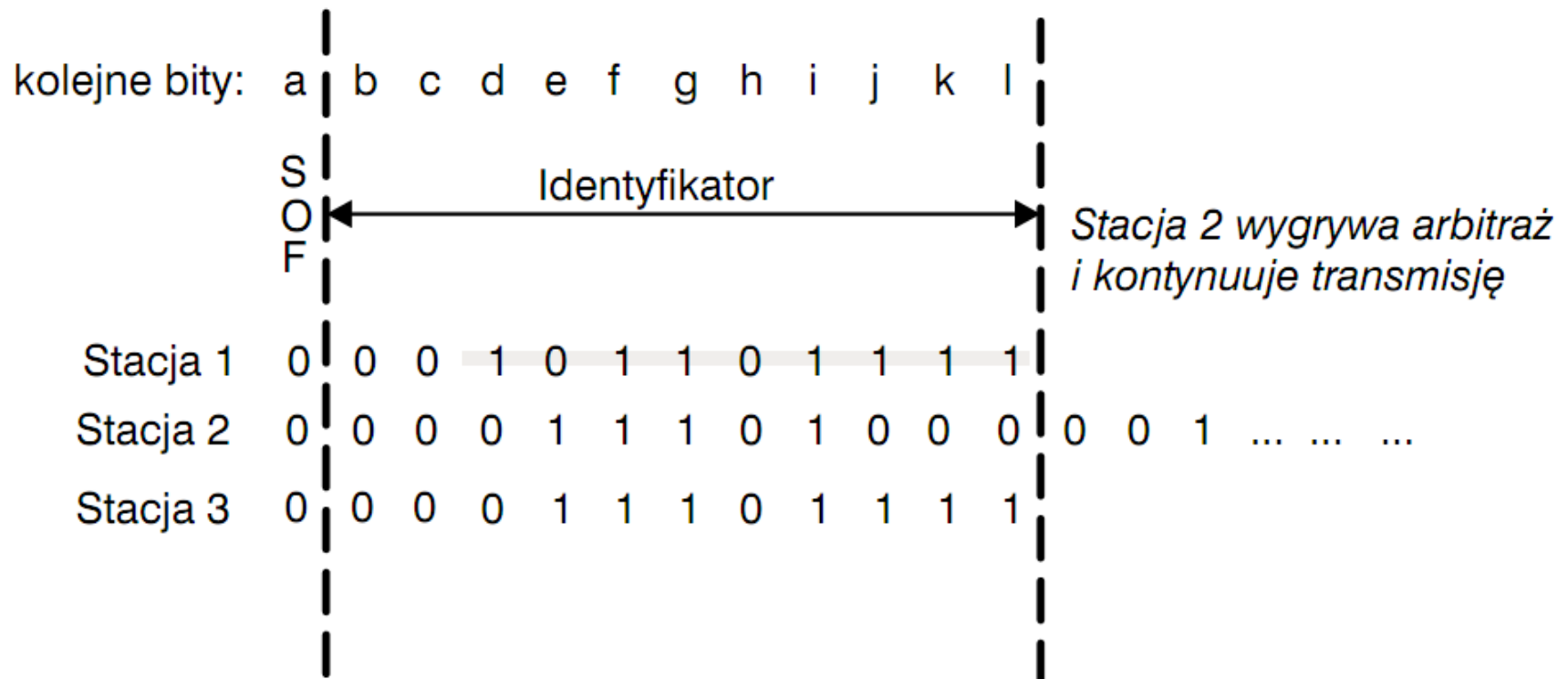
# Stany dominujące i recesywne

---

- Dominujący 0 – jedno zero ustawia zero na całej magistrali (AND na drucie)
- Recesywny 1 – może być przykryty przez stan dominujący
- Arbitraż – unikanie konfliktów poprzez wysłanie stanu na magistrale i sprawdzeniu czy nie został przykryty

# Arbitraż

Stacja 1: identyfikator 367;  
Stacja 2: identyfikator 232;  
Stacja 3: identyfikator 239.



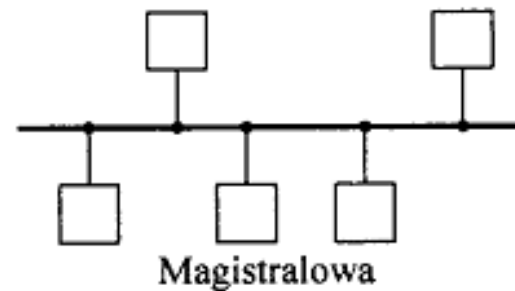
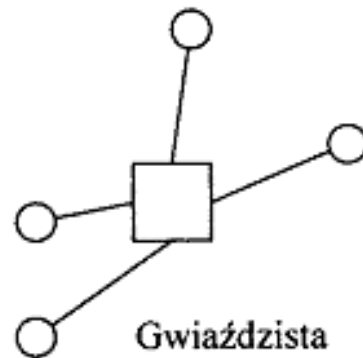


## Detekcja błędów

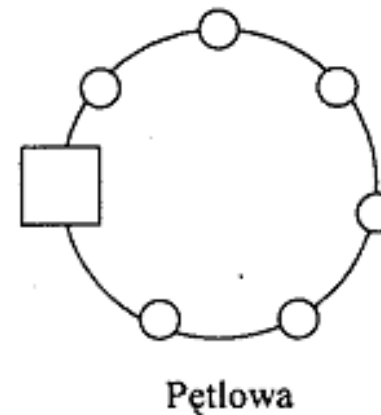
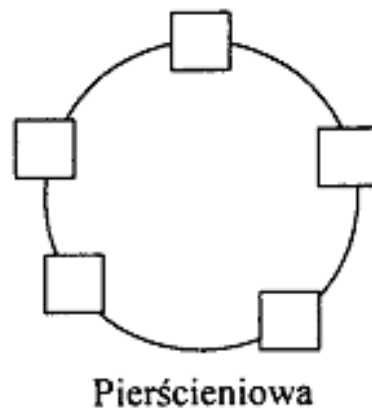
---

Przy prędkości 500kbps na każde 0,7sek. Przypada jeden błędny bit. Wbudowany system korekcji błędów gwarantuje, że przez 100lat ciągłej pracy tylko JEDEN bit nie zostanie wykryty.

# Sieci lokalne



Master-slave  
Broadcast  
Token



Brak kontrolera  
Unikanie kolizji – control token  
Każde urządzenie jest wzmacniaczem

Awaria jednego połączenia = awaria całego systemu  
Podwójny pierścień → pierścień zapasowy,  
umożliwia podwojenie prędkości przesyłu





# Moduły sieciowe

---

- Zapewnienie funkcji komunikacyjnych i kontrolnych
- ModBus – najbardziej popularny protokół komunikacyjny, możliwość komunikacji z urządzeniami innych producentów

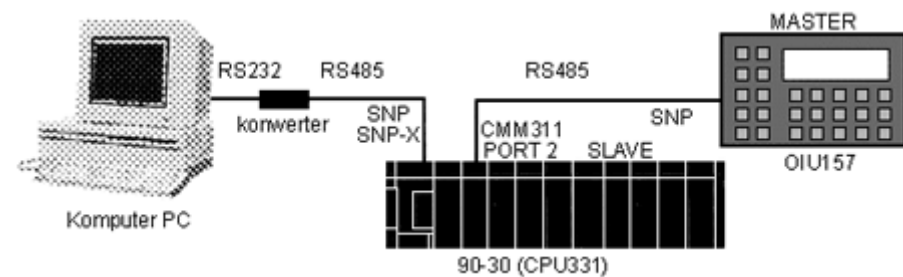
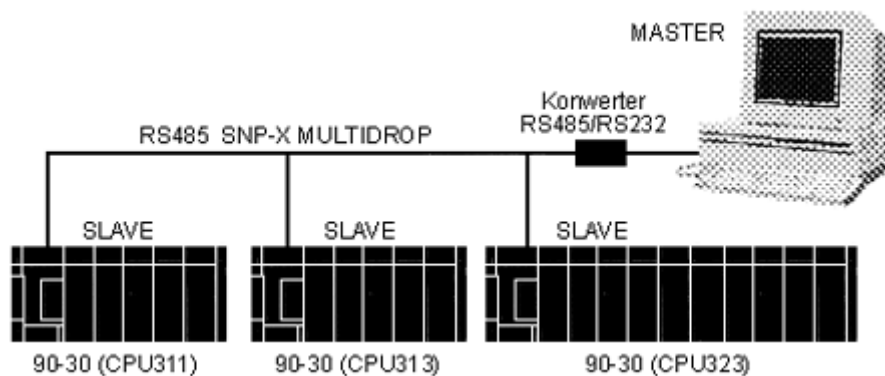
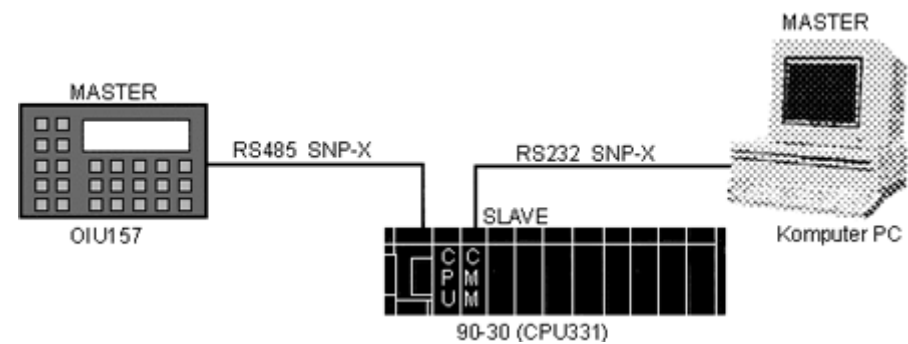
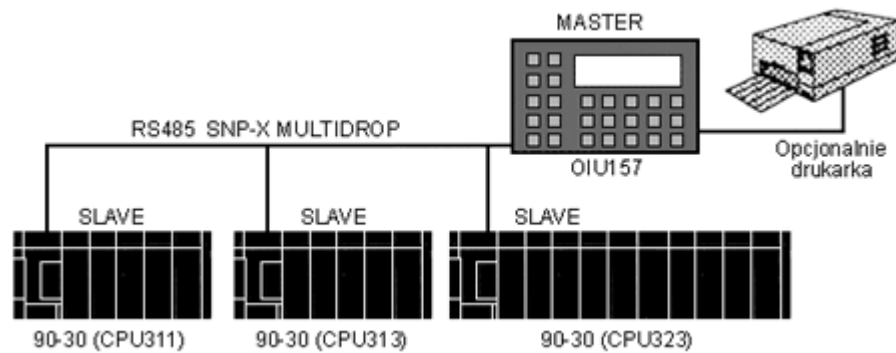


# Moduł komunikacji szeregowej

---

- RS232
- RS422/485
- SNP/CCM (protokoły komunikacyjne GE)
- Modbus

# Przykładowe konfiguracje





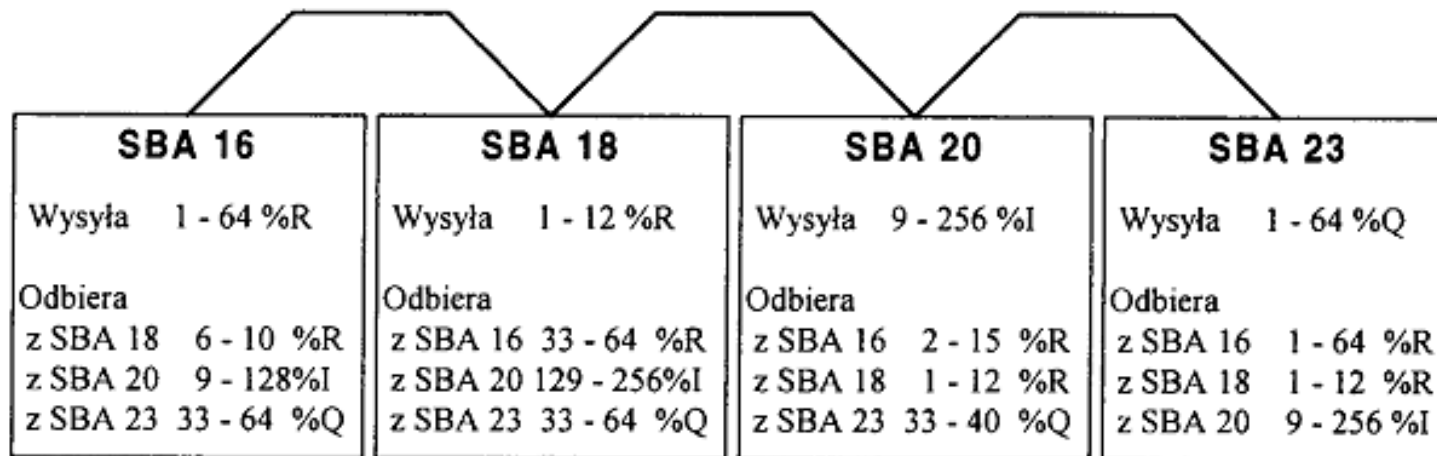
## Modul GCM (Genius)

---

- Peer to peer, master-slave
- Wykorzystuje specjalne adresy SBA
- Blokowe wysyłanie danych
- Dane: %I/%Q – wejścia/wyjścia binarne, %AI/%AQ – wejścia/wyjścia analogowe, %G – zmienne globalne, %R – zmienne rejestrowe



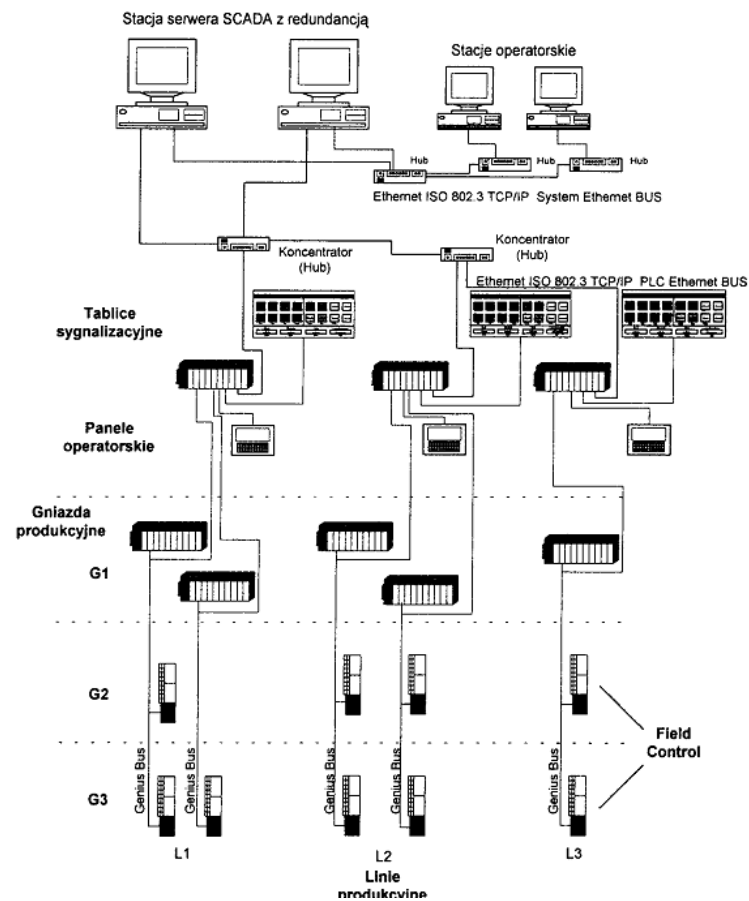
# Przykład transmisji



Możliwość ignorowania części bądź całości odbieranych danych

# Przykładowa sieć

*Przykładowa sieć GENIUS sterowników PLC  
w połączeniu z siecią Ethernet systemu sterowania nadrzędnego*





# Ethernet

---

- Realizacja protokołu SRTP (protokół wbudowany do TCP/IP)
- Połączenie koncentrykiem (10Mbps) – magistrala lub skrętka (100Mbps) – gwiazda
- Magistrala niekorzystna w przypadku uszkodzeń

# Przykładowy system

