

# Komunikace v automatických systémech

Učební text VOŠ a SPŠ Kutná Hora

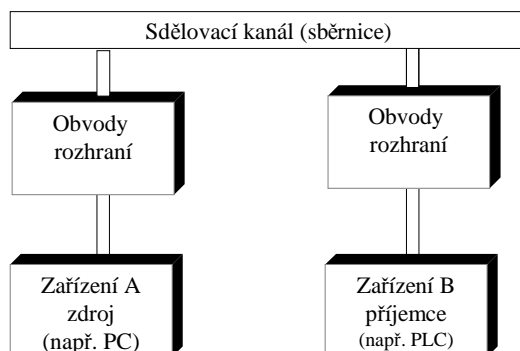
## Základní pojmy

### Základní pojmy

- průmyslový komunikační systém – Fieldbus
  - F Soubor technických i programových prostředků pro přenos dat v distribuovaném řídicím systému
- komunikační protokol
  - F pravidla pro účastníky komunikace, způsob řízení komunikačního systému
- přenosový kanál (sběrnice)
  - F fyzické propojení několika zařízení podle standardu ISO/OSI
- informace
  - F bit - základní jednotka
  - F slovo (byte) - uspořádaná osmice bitů
  - F abeceda - dohodnutá množina znaků (ASCII - ISO-7)
- přenosová rychlost
  - F počet bitů přenesených za 1s
- topologie sběrnice
  - F vzájemný vztah a rozložení jednotlivých uzlů sběrnice

## Rozhraní

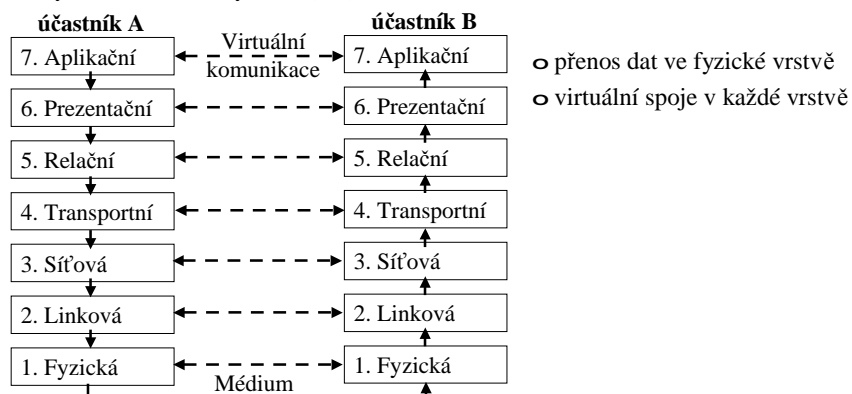
- rozhraní (interface)
  - soubor technických prostředků mezi vnějším prostředím a vnitřními obvody komunikačního systému



## Komunikační model ISO/OSI

*(International Standard Organization / Open System Interconnection)*

- soubor zásad pro komunikaci v otevřených systémech
- přenosu dat je rozdělen na sedm dílčích, lépe řešitelných problémů - vrstev
- daná vrstva
  - poskytuje služby vrstvě vyšší (service)
  - využívá služeb vrstvy nižší (call)



## Vrstvy modelu ISO/OSI

- fyzická vrstva
  - F zajišťuje fyzický přenos dat
- linková (spojovací) vrstva
  - F určuje způsob předávání zpráv po sběrnici.
- síťová vrstva
  - F spolupráce více sítí, vyhledání nejvhodnější přenosové cesty
- transportní vrstva
  - F transport dat, rozložení rozsáhlých zpráv do paketů a naopak
- relační vrstva
  - F vytváření, synchronizaci a ukončování spojení mezi účastníky
- prezentační vrstva
  - F převody kódů a formátů dat, případně i jejich kompresi a šifrování
- aplikační vrstva
  - F je oblastí aplikačních programů, které se v síti využívají

Data se po síti přenáší pomocí tzv. rámců. Jedná se o datové segmenty, ke kterým si jednotlivé vrstvy přidávají vlastní informace. Čím vyšší vrstvy mezi sebou komunikují, tím větší je celkové množství přenášených dat při zachování **stejně informační hodnoty**.

## Vrstvy modelu ISO/OSI v automatických systémech

Pro komunikaci v automatizačních systémech jsou nejdůležitějšími vrstvami

- F fyzická
  - F linková
  - F Aplikační
- fyzická vrstva
    - F zajišťuje skutečný fyzický přenos jednotlivých bitů zprávy.
    - F definuje fyzické parametry sítě:
      - u přenosové médium (kroucený dvoudrát, koaxiální kabel, optické vlákno apod.)
      - u logické úrovně signálů
      - u kódování bitů
      - u Topologii sítě
      - u přenosové rychlosti
      - u přípojovací konektory, atd.

## Vrstvy modelu ISO/OSI v automatických systémech

- linková vrstva
  - F Určuje způsob předávání zpráv po sběrnici. Definuje
    - └ adresaci účastníků komunikace
    - └ způsob přístupu na sběrnici
    - └ zajišťuje kontrolu přenosu, detekci chyb atd
- aplikační vrstva
  - F je oblastí aplikačních programů, které se v síti využívají
  - je vrstvou aplikačních rozhraní a poskytuje služby dalším programům, které prostřednictvím sítě komunikují.

## Fyzická vrstva - přenosové médium

### Metalické vodiče

- koaxiální kabel
  - F rušení elektromagnetickým polem potlačeno stíněním
    - └ dobrá odolnost proti elektromagnetickému rušení
    - └ vyšší cena
    - └ obtížnější propojování
    - └ nízká charakteristická impedance ( 50, 74 Ohm) tvoří zátěž pro budiče RS-485
  - F přenosová rychlost do 10 Mb/s
- kroucená dvoulinka (Twisted Pair)
  - F rušení je potlačeno vzájemnou eliminací indukovaného napětí ve vodiči
  - F provedení:
    - └ stíněný dvoudrát (STP –Shielded Twisted Pair)
    - └ nestíněný (UTP – Unshielded Twisted Pair)
  - F přenosová rychlost do 100 Mb/s

## Fyzická vrstva - přenosové médium

### Optické kabely

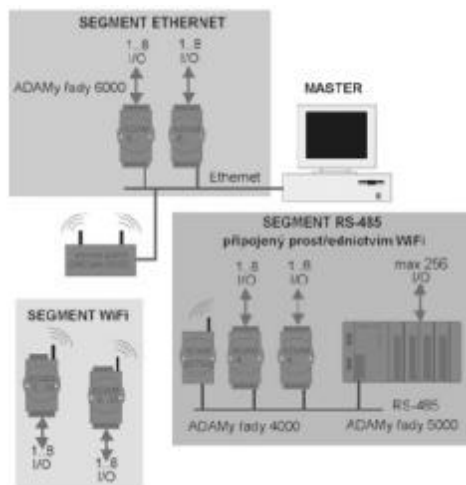
- F vedení modulovaného světla po optickém vlákně
- F výhody:
  - u odolnost proti rušení
  - u velmi malá standardní chybovost přenosu
  - u galvanické oddělení vysílací a přijímací stanice (odpadají problémy s rozdílnými zemními úrovněmi)
  - u přenosová rychlost řádově desítky až stovky Mbit/s
- F nevýhody:
  - u vyšší cena
    - E samotná vlákna jsou cenově srovnatelná s metalickým vedením  
vysoká je cena prvků rozhraní a konektorů
  - u obtížná realizace pasivního propojení (T článek), velký útlum, max. 5 uzlů  
obvykle se používá pouze dvoubodové spojení v topologii hvězda nebo kruh
- F Konstrukční uspořádání přenosu:
  - u vysílač (LED, nebo laserová dioda)
  - u přijímač (PIN dioda nebo lavinová fotodioda)
  - u pro obousměrný přenos musí být použita 2 vlákna
- F Maximální přenosová vzdálenost
  - u vlákna s umělohmotným jádrem do 50m
  - u vlákna se skleněným jádrem 3 až 15 km

## Fyzická vrstva - přenosové médium

- o Radiový přenos
  - F náhrada metalického kabelu nebo optického vlákna bezdrátovým spojem  
další prvky rozhraní zůstávají stejné
  - F použití např. pro:
    - u spojení mezi dvěma i více uzly sítě, kde není možné instalovat kabely
    - u spojení mobilních, případně rotujících systémů
  - F mezení:
    - u nenulová chybovost
    - u nevhodné pro aplikace s požadovanou deterministickou odezvou do 10ms
  - F používaná frekvenční pásma:
    - u 2,4 GHz pásmo ISM (Industrial Scientific Medical)
      - E standardy IEEE: Bluetooth, WLAN (WI - FI), ZigBee
    - u 900 MHz - menší přenosová kapacita, větší dosah, lepší průnik stěnami
    - u 5,8 GHz - větší kapacita, šumová odolnost, menší antény - budoucnost
- o Infračervené záření
  - F IR impulsy  $\lambda = 880$  až  $950 \mu\text{m}$
  - F viditelná vzdálenost
  - F pulsně mezerová modulace

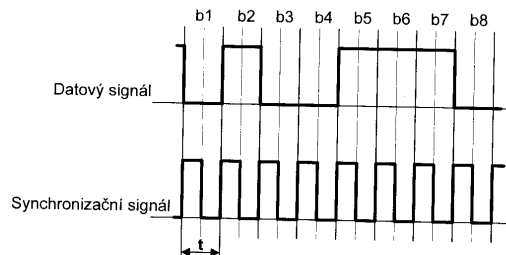
## Radiová komunikace modulů ADAM

### o Komunikace v síti WLAN



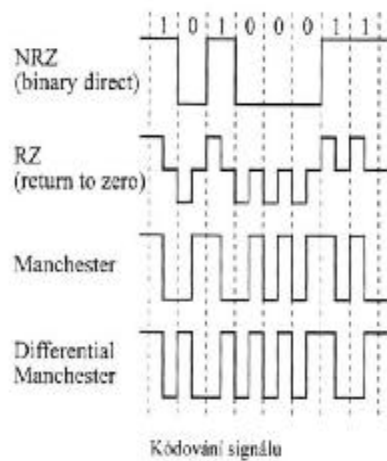
## Synchronní přenos dat

- o při sériovém přenosu se data přenášejí bit po bitu
- o **synchronní přenos**
  - F okamžiky přechodu mezi jednotlivými bity zprávy jsou od sebe stejně vzdáleny
  - F přenáší se synchron. signál (synchronizace mezi vysílací a přijímacími stanicemi)
  - F nepoužívá se často – složitější kabeláž



## Synchronní přenos dat

- o synchronizační signál může být součástí datového signálu
- o používají se kódy s více přechody mezi log. 0 a log. 1



**NRZ** – bez kódování, jen pro asynchr. přenos

**NRZ** – logická úroveň se přenáší v 1. polovině intervalu v druhé polovině se vrací na střední hodnotu

**Manchester** – logické úrovně jsou dány změnami v polovině bitového intervalu:

náběžná hrana: log. 1

spádová hrana: log. 0

na začátku intervalu se mění jen pro přípravu na odpovídající hranu

**Rozdílový Manchester** – informaci nese přítomnost, či nepřítomnost hrany na začátku intervalu:

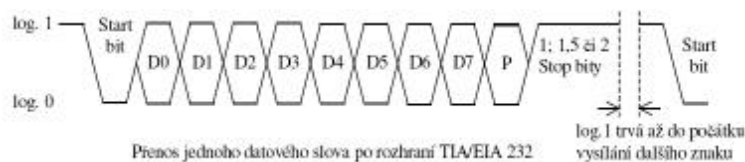
hrana je: log. 0

hrana není: log. 1

hrana uprostřed intervalu je vždy – slouží pouze pro synchronizaci

## Asynchronní přenos dat

- o hodiny přijímače a vysílače jsou nezávislé
- o jsou synchronizovány při vysílání každého datového slova
  - F synchronizace pomocí START a STOP bitů
- o příklad – vysílání dat po RS – 232:
  - F klid na lince – log. 1
  - F přechod do log. 0 – začátek vysílání (START bit)
  - F po odvysílání dat a paritního bitu – STOP bit(y) (log.1)



## Rozhraní

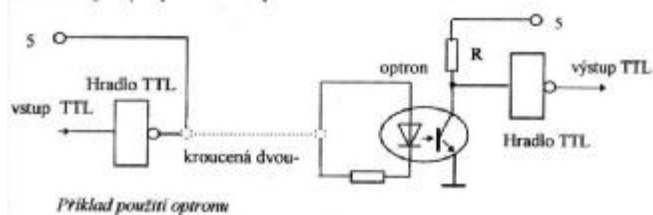
Rozhraní realizuje přenos dat mezi vnitřní sběrnicí ŘS a vnějším prostředím

### Paralelní rozhraní

- F přenos dat po znacích (bytech)
- F používaná rozhraní
  - ┌ Centronics
  - ┌ IEE 488 - měřicí technika

### Sériové rozhraní

- F sériový tok dat jednotlivých bitů
- F na straně vysílače převést znaky na posloupnost bitů
- F na straně přijímače bity složit do znaků

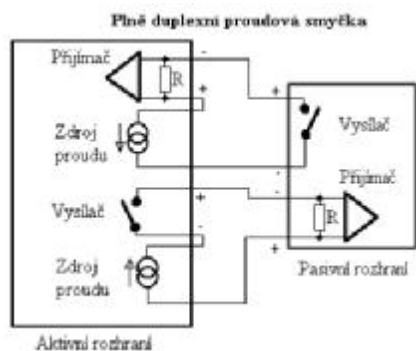


- F galvanické oddělení - eliminace rušení, ochrana vnitřních obvodu při poruše periferie

## Proudová smyčka

### Princip

Po lince se přenáší 2 stavy - proud vede – H, nevede L



### Příklad zapojení proudové smyčky

- nejstarší sériové rozhraní
- pouze dvoubodové spojení
- malá přenosová rychlost
- odolnost proti rušení
- neexistuje norma pro parametry proudové smyčky
- proudové úrovně (nejčastěji)
  - F L: 0 až 3mA
  - F H: 14 až 20mA
- max. dosah jednotky km
- Max. přenosová rychlost 19200 kbit/s



## Rozhraní RS-232C

- Hlavní rysy:
  - komunikace typu bod – bod (peer to peer)
  - Přenos dat na malé vzdálenosti
  - Malá odolnost proti rušení
  - Nízká přenosová rychlost
- první varianta definována v roce 1962 organizací EIA (Electronic Industries Association)
- třetí verze z roku 1969 RS-232 C odpovídá dnešnímu standardu
- současná varianta RS-232 F se od RS-232 C liší minimálně

## Elektrické parametry rozhraní RS-232C

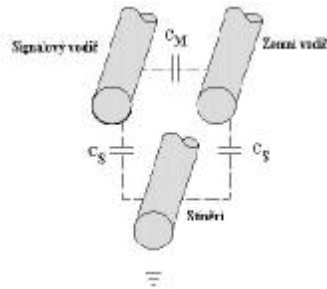
- Struktura vazebního obvodu:



- Napěťové úrovně vysílače:
  - false:  $5 \div 15V$
  - true:  $-5 \div -15V$
- Napěťové úrovně přijímače:
  - false:  $3 \div 15V$
  - true:  $-3 \div -15V$
- Šumová imunita minimálně 2V
- Napěťové úrovně jsou definovány proti společné zemi
- Vstupní odpor přijímače je 3 – 7 kOhm - odolnost proti zkratům na vedení
- citlivost vůči rozdílným zemním úrovním vysílače a přijímače

## Délka vedení rozhraní RS-232C

- o maximální délka vedení původně stanovena na 15m
- o Současná norma nedefinuje délku, ale max. kapacitu kabelu na 2500 pF
- o Maximální délka vedení:  $l_{\max} = 2500/C_c$  ( $C_c$  ... celková měrná kapacita)



$$C_c = C_v + C_m + C_s$$

$C_v$  ... vstupní kapacita přijímače

$C_m$  ... kapacita mezi sig. vodičem a zemí

$C_s$  ..... rozptylová kapacita

$C_s = 0,5 C_M$  pro nestíněný kabel

$C_s = 2 C_M$  pro stíněný kabel

Ve skutečnosti přenos dat oběma směry  
- další vodič – zvětšení kapacity, snížení  
max. dosahu

## Přenosová rychlost rozhraní RS-232C

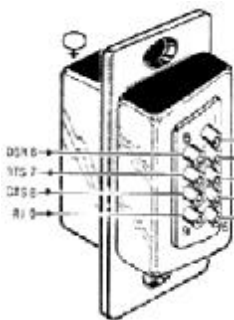
- o Doba přechodu signálu zakázaným pásmem (-3V až +3V) nesmí přesáhnout 4% z doby vyhrazené pro přenos 1 bitu
- o teoretická přenosová rychlost je až 200 kbit/s
- o doporučení RS-232 F určuje max. přenosovou rychlost na 19200 bit/s
- o na kratší vzdálenosti je možné komunikovat rychleji
- o Komunikační rychlosti jsou stanoveny řadou:  
50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 28800, 38400, 57600,  
115200 bit/s

## Formát přenosu dat rozhraní RS-232C

- asynchronní přenos dat
  - hodiny vysílače a přijímače jsou nezávislé a jsou synchronizovány vždy na začátku datového slova START bitem
  - v klidovém stavu je na lince log. 1
  - vysílání začíná START bitem (log. 0), data, paritní bit, STOP bit(y)
  - k vysílání a příjmu zpráv slouží obvody UART ( např. TL16C550C)

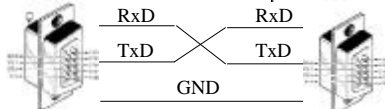


## Zapojení konektoru



signál	popis
DCD - Data Carrier Detect	Detekce nosné (nikdy jen "CD"). Modem oznamuje terminálu, že na telefonní lince detekoval nosný kmitočet
RXD - Receive Data	Tok dat z modemu (DCE) do terminálu (DTE)
TXD - Transmit Data	Tok dat z terminálu (DTE) do modemu (DCE)
DTR - Data Terminal Ready	Terminál tímto signálem oznamuje modemu, že je připraven komunikovat *
SCND - Signal Ground	Signálová zem
DSR - Data Set Ready	Modem tímto signálem oznamuje terminálu, že je připraven komunikovat *
RTS - Request to Send	Terminál tímto signálem oznamuje modemu, že komunikační cesta je volná *
CTS - Clear to Send	Modem tímto signálem oznamuje terminálu, že komunikační cesta je volná *
RI - Ring Indicator	Indikátor zvonění. Modem oznamuje terminálu, že na telefonní lince detekoval signál zvonění.

Minimální skupina

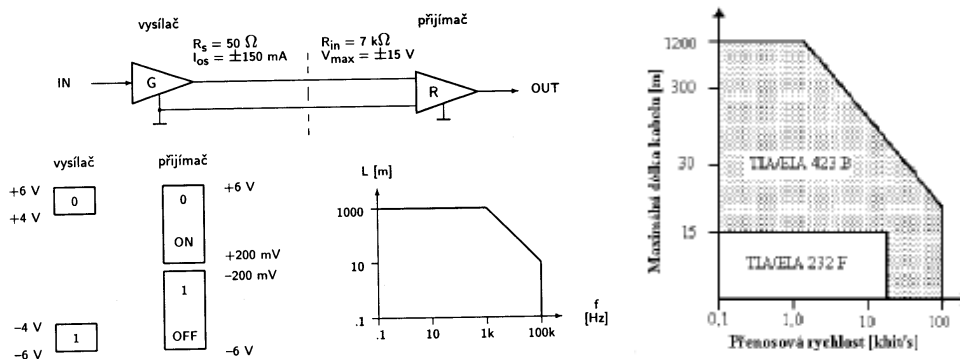


Převodník  
USB / RS - 232C



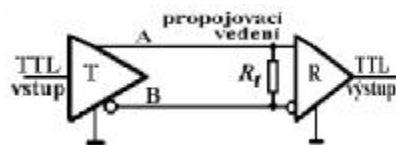
## Rozhraní RS-423

- o Rozhraní RS-423
  - F symetrický přijímač
  - F úprava napěťových úrovní vysílače
  - F nízká vnitřní impedance vysílače
  - F zvýšení přenosové rychlosti a dosahu (1200m)
  - F je možné připojit více zařízení na sběrnici
  - F méně používané rozhraní

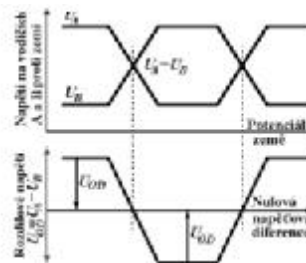


## Rozhraní RS-422

- o Rozhraní RS-422
  - F symetrický vysílač i přijímač
  - F zatížení vedení mezi vysílačem a přijímačem charakteristickou impedancí
  - F elektrické parametry podobné rozhraní RS-423

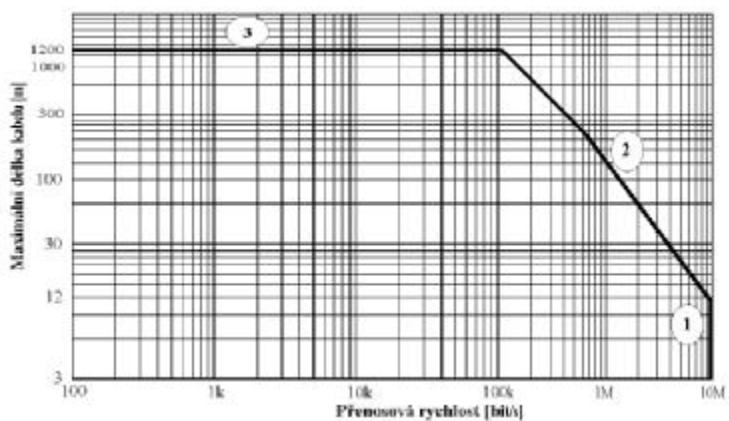


Napěťové úrovně jsou definovány rozdílem napětí na vodičích



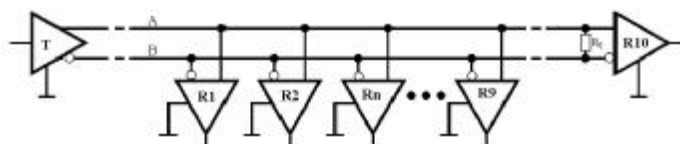
## Komunikační rychlost a dosah

- o maximální délka kabelu
  - F závisí na zvolené přenosové rychlosti



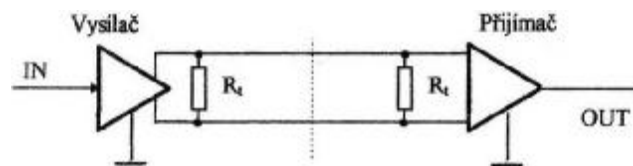
## Propojení více uzlů na RS-422

- o multidrop uspořádání
  - F k jednomu vysílači připojeno až 10 přijímačů
  - F vstupní odpor uzlů alespoň 4 kOhm
  - F jednosměrné uspořádání, pro obousměrný přenos je nutný další pár vodičů



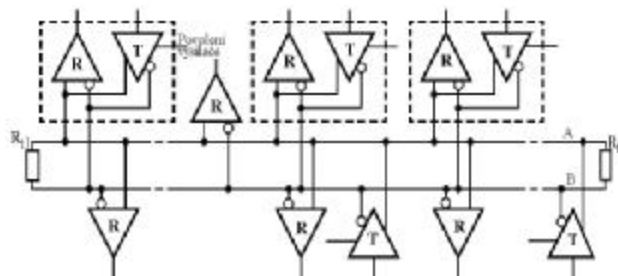
## Rozhraní RS-485

- Rozhraní RS-485
  - F rozhraní vzniklo úpravou RS-422
  - F oboustranné zakončení vedení charakteristickou impedancí (100 až 120 Ohm)
  - F změna mezních napětí na vstupu přijímače
  - F maximálně 32 účastníků komunikace
  - F přenosová rychlost až 12 Mb/s
  - F nejpoužívanější průmyslové rozhraní



## Propojení více uzlů na rozhraní RS-485

- Rozhraní RS-485 umožňuje vytvořit obousměrnou sběrnici na jednom vedení
  - F vysílače je možné povolovacím vstupem odpojit od sběrnice
  - F na sběrnici mohou být zařízení typu:
    - ┌ vysílač
    - ┌ přijímač
    - ┌ vysílač/přijímač
  - F propojovací kabel mezi sběrnicí a uzlem musí být krátký (desítky cm !!)

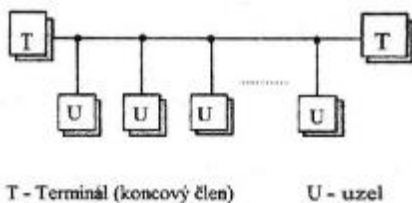


## Topologie sítě

- Vzájemný vztah a rozložení jednotlivých uzlů sítě
- charakteristické rysy
  - F reakce sítě na výpadek stanice nebo segmentu vedení
  - F propustnost sítě
  - F náklady

### Sběrníková topologie (BUS)

- F jednotlivé uzly jsou připojeny na společné vedení
- F zpráva vyslaná z jednoho uzlu se šíří oběma směry ke všem uzlům v síti
- F sběrnice s pasivním připojením
- F vhodné pro mělká vedení
- F nevhodné pro optické kabely



### Výhody

- malé náklady spojů
- přímé vysílání od zdroje k cíli
- výpadek stanice nemá vliv na chod sítě
- snadno lze rozšířit

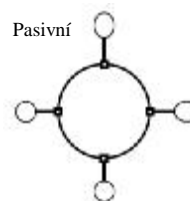
### Nevýhody

- při poruše sběrnice výpadek celé sítě

## Topologie sítě

### Kruhová topologie (Ring)

- F zpráva se šíří od jednoho uzlu ke druhému v kruhu, příjemcem je uzel, jež adresa je obsažena ve zprávě
- F varianty:
  - u kruh s pasivním připojením
    - chová se obdobně jako sběrnice
    - odpadá zakončení charakteristickou impedancí
    - používá se málo (např P-net)
  - u kruh s aktivním připojením
    - daný uzel zprávu přijme, zesílí a pošle dál



### Výhody

- malý počet spojů
- rychlý přenos

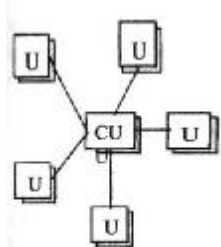
### Nevýhody

- při výpadku spoje nebo poruše uzlu dojde k výpadku celé sítě
- je třeba zajistit dokonalou diagnostiku, která je připravena přemostit nefunkční uzel

## Topologie sítě

### Hvězdicová topologie (Star)

- F základem je centrální uzel (hub), k němuž jsou samostatnými kabely připojeny ostatní stanice
  - u pasivní hub – rozdělení signálu pomocí odporového děliče
  - u aktivní hub – centrální počítač (server) aktivní rozbočovač
- F všechny zprávy projdou centrálním uzlem
  - u zajistí úpravu signálu a časování



*Topologie hvězda*

#### Výhody

- lehce rozšiřitelná struktura
- odolnost proti závadám
- porucha na lince způsobí výpadek jen jedné stanice

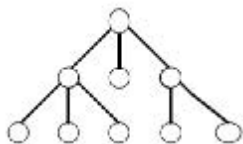
#### Nevýhody

- výpadek serveru způsobí poruchu celé sítě

## Topologie sítě

### Topologie strom (Tree)

- F vzniká propojením několika podsítí s hvězdicovou topologií
- F stanice a podsítě jsou spojeny pomocí zařízení SWITCH a HUB, které plní funkci rozbočovačů signálu
- F používaná topologie především v počítačových sítích



#### Výhody

- relativně nízká cena
- odolnost proti závadám
- snadná rozšiřitelnost

#### Nevýhody

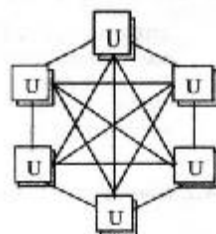
- mohou vznikat fronty na vedení



## Topologie sítě

### Topologie polygon (Mesh)

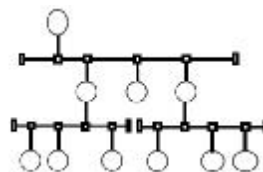
- F každý uzel je propojen se všemi dalšími
- F nejdolnější vůči poruchám
- F nejlepší propustnost sítě
- F nejnákladnější
- F použití např. v radiových sítích



Topologie polygon

### Hybridní topologie

- F sítě mohou být budovány hybridním způsobem - jednotlivé části jsou realizovány různými topologiemi
- F příklad: víceúrovňová sběrnice



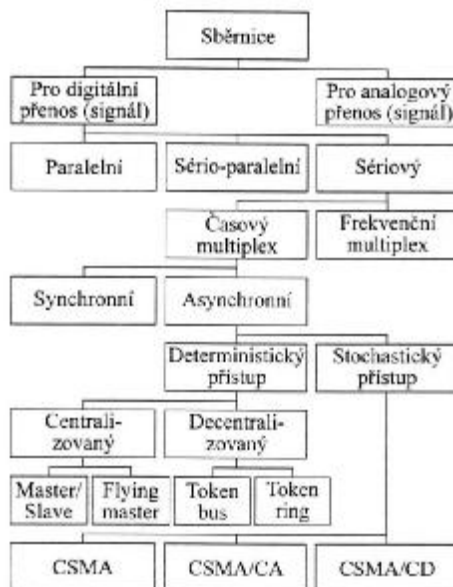
## Spojovací (linková vrstva)

- o Určuje způsob předávání zpráv po sběrnici. Definuje především:
  - F adresaci účastníků komunikace
  - F způsob přístupu na sběrnici
  - F zajišťuje kontrolu přenosu, detekci chyb
- o Dělí se na dvě podvrstvy
  - F řízení přístupu k přenosovému prostředku (MAC - Medium Access Control)
    - u MAC stojí blíže k fyzické vrstvě a zabezpečuje:
      - řízení přístupu účastníka k přenosovému prostředku
      - doplňování zabezpečovacích, adresovacích a dalších pomocných informací
      - formátování vysílaných rámců
      - detekci, případně opravu chyb
  - F řízení logického spoje (LLC - Logical Link Control)
    - u LLC poskytuje nadřazeným vrstvám služby přenosu dat a navazování spojení, které jsou již na konkrétním přenosovém prostředku nezávislé
- o **Přístupové metody**
  - F řeší přidělování komunikačního kanálu více účastníkům
  - F rozdělení podle určitosti přístupu:
    - u metody náhodného přístupu (stochastické)
    - u metody s definovaným přístupem (deterministické)
  - F rozdělení podle synchronizace:
    - u synchronní
    - u asynchronní

## Přístupové metody v lokálních sítích

### o Přístupové metody

- F řeší přidělování komunikačního kanálu více účastníkům
- F rozdělení podle určitosti přístupu:
  - u metody náhodného přístupu (stochastické)
  - u metody s definovaným přístupem (deterministické)
- F rozdělení podle synchronizace:
  - u synchronní
  - u asynchronní



## Stochastické přístupové metody

### o Časový multiplex

- F postupné pravidelné přidělování komunikačního kanálu jednotlivým účastníkům
- F metoda náročná na čas - přiděluje se přístup i zařízení, které nechce v daném okamžiku komunikovat

### o Náhodný přístup

- F CSMA (Carrier Sense Multipling Acces) with Collission Detection)
  - u účastník otestuje stav linky a, je-li volná, začne vysílat data
  - u když je linka obsazena, začne vysílat později
    - E** (persistent CSMA) pokus o vysílání okamžitě po uvolnění
    - E** (non-persistent CSMA) pokus o vysílání s náhodným zpožděním
- F CSMA/CD (Carrier Sence Multipling Acces with Collission Detection)
  - u pokud stanice zjistí kolizi, přeruší vysílání a vyšle ostatním stanicím krátký signál o kolizi (jamming signal)
  - u po náhodné době se pokusí vysílat znovu
- F CSMA/CR (Collision Resolution)
  - u lepší řešení – stanice neztrácí data, která odvysílala
- F CSMA/CD+AMP (Collision Detection and Arbitration on Message Priority)

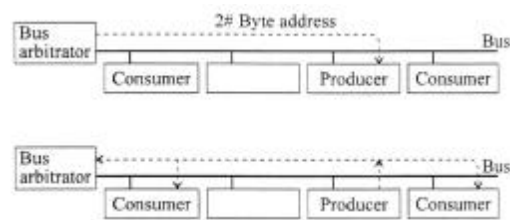
## Deterministické přístupové metody

### o Centrální přístup (Master - Slave)

- F na síti existuje jedno zařízení typu MASTER, které udílí práva přístupu ostatním zařízením, které jsou typu SLAVE
- F cyklicky oslovuje zařízení SLAVE (cyclic polling) a vyzývá je k vysílání dat
- F SLAVE stanice
  - u vyšle data, která má k dispozici
  - u potvrdí příjem zprávy
- F MASTER po uplynutí stanoveného intervalu osloví další SLAVE stanici

### o Producent – Distributor – Consument (PDP)

- F komunikace řízena jednou centrální stanicí (Distributor)
- F Distributor posílá výzvu stanici (Producent) k vysílání dat
- F Producent vyšle data a stanice, které je potřebují (Consument) je mohou číst



## Deterministické přístupové metody

### o Token Bus (multimaster přístup)

- F přístup ke sběrnici má pouze jedno zařízení MASTER, které vlastní pověření (Token)
- F token si zařízení MASTER předávají podle určitých pravidel (v logickém kruhu)
- F podporuje obvykle sběrniceovou topologii
- F metoda zaručuje deterministický přístup ke sběrnici

### o Token Ring

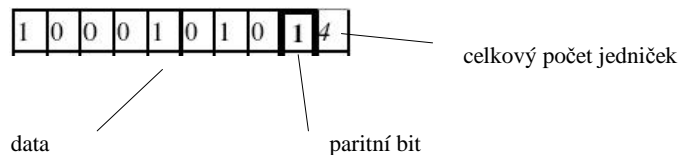
- F obdobná metoda jako Token Bus, ale token se předává podle zapojení jednotek (ve fyzickém kruhu)
- F účastník, kterému pověření není určeno ho pošle dále
- F podporuje kruhovou topologii

## Zabezpečení přenosu

- o nulovou chybovost nelze zaručit nikdy
- o snížení chybovosti je možné zajistit již ve fyzické vrstvě
  - F symetrické rozhraní
  - F stínění vodičů
  - F galvanické oddělení
  - F optická vlákna
- o detekci chyb, případně opravu poškozených dat zajišťuje linková vrstva
- o nejčastější metody detekce chyb:
  - F paritní kód
  - F iterační kód s podélnou a příčnou paritou
  - F cyklické kódy (CRC kód)
  - F kontrolní součet

## Zabezpečení přenosu paritním kódem

- o nejjednodušší prostředek detekce chyb
- o vysílaný znak je doplněn paritním bitem na:
  - F lichý počet jedniček (lichá parita)
  - F sudý počet jedniček (sudá parita)
- o dokáže detekovat chybu pouze v jednom bitu
  - F Hammingova vzdálenost = 2 (při změně alespoň ve dvou bitech nerozpozná chybu)
- o příklad sudé parity:



## Iterační kód s podélnou a příčnou paritou

- o ke každému vysílanému znaku je připojen paritní bit (příčná parita)
- o znaky zprávy jsou rozděleny do bloků, které jsou zakončeny kontrolním znakem
- o kontrolní znak obsahuje paritní bity stejnohlých bitů znaků bloku
- o kód dokáže rozlišit chybu až ve 3 bitech – Hammingova vzdálenost = 4
- o příklad kódu se sudou paritou:

1	0	0	0	1	0	1	0	1	4	podélná parita	kód dokáže odhalit chybu v jednom bitu
0	0	1	1	1	1	0	0	0	4		
1	0	1	1	1	1	1	0	0	6		
0	0	1	0	1	1	1	1	1	6		
1	0	0	0	1	1	1	1	1	6		
1	0	0	0	0	1	1	0	1	4		
0	0	1	1	0	0	0	0	0	2		
0	0	0	1	1	1	1	0	0	0		
4	0	4	4	6	6	6	2				

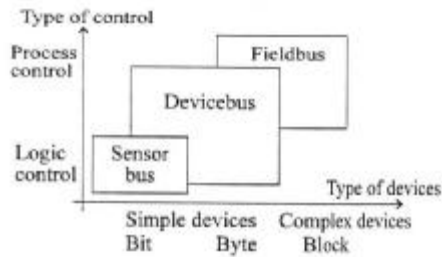
1	0	0	0	1	0	1	0	1	4	
0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	
1	0	1	1	1	1	1	0	0	6	
0	0	1	0	0	(1)	1	1	1	6	
1	0	0	0	1	1	1	1	1	6	
1	0	0	0	0	1	1	0	1	4	
0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	
0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
4	0	4	4	5	6	6	2			

## Cyklické kódy detekce chyb

- o chyby přenášených znaků se obvykle nevyskytují osamoceně, nýbrž ve shlucích
- o pro detekci shluků chyb jsou účinné cyklické kódy CRC (Cyclic Redundancy Check)
- o z vysílané zprávy vytvoříme cyklický kód výpočtem CRC polynomu
- o CRC kód (obvykle 16 bitů) přidáme jako zabezpečovací znaky ke zprávě
- o po přijetí zprávy je CRC oddělen od znaků zprávy a zkontrolován

## Průmyslové sběrnice

- otevřené průmyslové komunikační systémy
- rozdělení do skupin



- Sensorbus (SA Bus)
  - F inteligentní snímače, akční členy
- Devicebus (Device net)
  - F řízení v reálném čase
- Fieldbus
  - F přenos větších bloků dat (např. SCADA SW)

- Nejpoužívanější průmyslové sběrnice

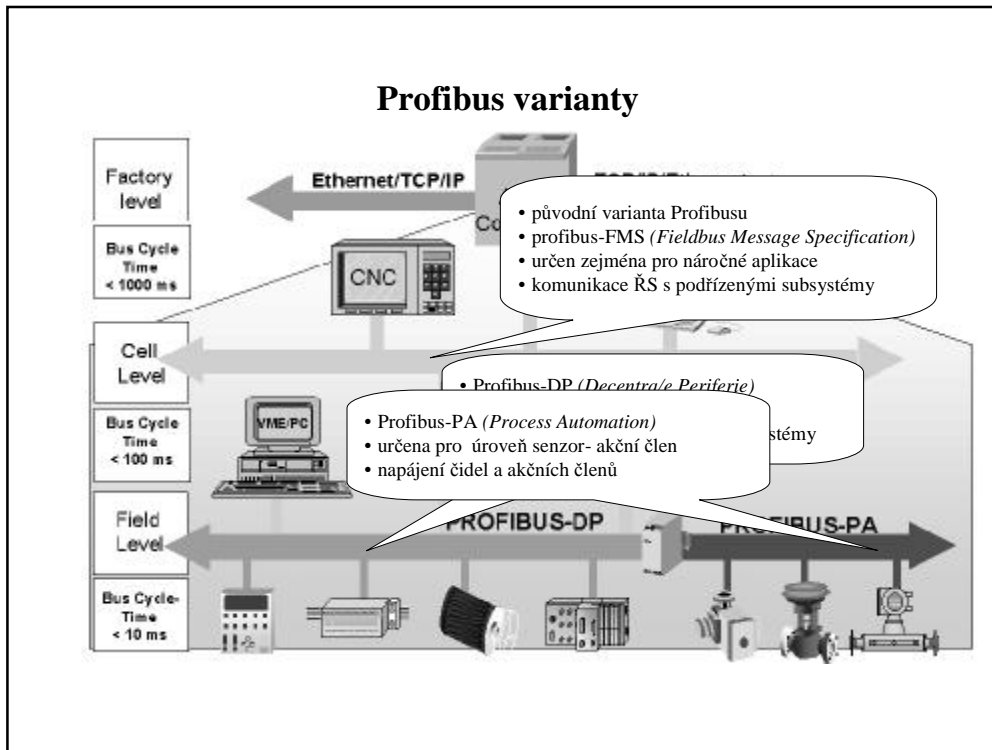
- F Profibus
- F FIP
- F P-net
- F FF (Foundation Fieldbus)
- F CAN
- F DeviceNet
- F Modbus
- F Interbus - S
- F HART
- F LonWorks
- F M - Bus
- F AS - Interface
- F EIB

## Volba typu průmyslové sběrnice

### hlavním kritériem je použití sběrnice

- Sběrnice pro přímé řízení dynamických procesů v reálném čase
  - F vlastnosti
    - u musí umožnit pravidelný přístup ke všem funkčním jednotkám systému
    - u chyba musí být detekována a v případě, že nastane, data se ignorují
    - u nesprávný odběr nelze opakovat
    - u délka datového segmentu musí být krátká a konstantní
  - F nevýhody
    - u komplikovaný přenos delších datových souborů
    - u nutnost segmentování (např. při programování inteligentního senzoru)
    - u nízký stupeň využití přenosové cesty
- Sběrnice pro komunikaci s nadřazenými systémy
  - F vlastnosti
    - u není požadován pravidelný (časově ekvidistantní) přístup ke všem jednotkám
    - u je požadováno co nejefektivnější využití přenosové cesty
    - u opakování přenosu poškozeného datového segmentu
    - u proměnná délka datových segmentů (v případě potřeby)
    - u rychlá detekce žádosti o přerušení od kterékoliv funkční jednotky

## Profibus varianty



## Profibus FMS

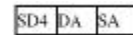
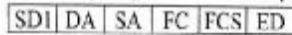
- Profibus -FMS (*Fieldbus Message Specification*)
  - F určen zejména pro náročné aplikace
  - F maximální délka sběrnice je 1,2 km (4,8 km při použití opakovačů)
  - F přenosová rychlost je maximálně 500 kb/s – souvisí s délkou vedení
  - F na sběrnici lze připojit maximálně 32 stanic
  - F pomocí opakovačů lze počet stanic rozšířit
  - F max. počet stanic v systému je dán adresovacími schopnostmi:
    - └ adresa je 7 – bitová, vrchní 2 bity nejsou využívány
    - └ adresy stanic jsou 0 až 125 (adresy 126 a 127 jsou rezervovány)
  - F zabezpečení přenosu – iterační paritní kód (platí pro FMS i DP)
  - F jako přenosové médium je použit kroucený dvoudrát se stíněním nebo optické vlákno
  - F galvanické oddělení (je doporučeno)

## Profibus – datové segmenty

F čtyři typy datových segmentů (telegramů)

- řídící rámec, datový rámec pevný a datový rámec proměnný, předání tokenu

Formát s pevným informačním polem bez datového pole



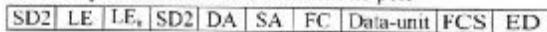
předání tokenu

Formát s pevným informačním polem a datovým polem 8 byte



8 Byte

Formát s proměnnou délkou informačního pole



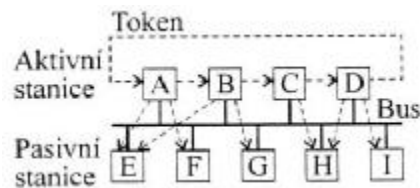
max. 246 Byte

- SD1 - SD3 start delimiter – rozlišuje typ telegramu
- LE/ LER Length - počet bytů přenášených dat včetně DA, SA, FC, FCS
- DA destin. adres
- SA source adres
- FC kód funkce (Function Code): udává, zda se jedná o výzvu, odpověď nebo potvrzení, typ přenosové služby, zda došlo k chybě atd.
- FCS Frame check sequence – zabezpečovací sekvence – podélná parita
- ED end delimiter (16H)

## Profibus - DP

F Přístupová metoda sítě může být

- token bus
- master-slave
- hybridní



o Profibus - DP (*Decentra/e Periferie*)

F vlastnosti fyzické, a částečně i spojovací vrstvy shodné s Profibus FMS

F využívá stíněné sběrnice RS-485 s galvanickým oddělením jednotlivých stanic

F předpokládá větší maximální přenosovou rychlost (až 12 Mbit/s)

Přenosová rychlost v kbit/s	9,6	19,2	45,45	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
Maximální délka vedení v m	1200	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100

F definovaná doba přístupu řídicí stanice k jednotlivým podřízeným stanicím

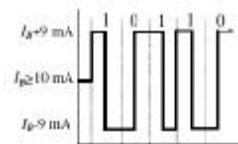
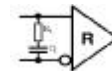
F určen pro řízení v reálném čase



## Profibus PA

Profibus - PA (*Process Automation*)

- F určena pro úroveň sensor- akční člen
- F realizovaná v souladu s normou IEC 61158 – 2
  - u požadavky na jiskrovou bezpečnost
  - u napájení čidel a akčních členů
- F přenosové médium – stíněný kroucený dvoudrát
- F vedení zakončeno RC článkem
  - u při přechodovém jevu se chová jako charakteristická impedance
  - u v ustáleném stavu nezatěžuje sběrnici
- F kódování:



- F přenosová rychlost 31,25 kbit/s
- F zabezpečení přenosu: 16 – bitový CRC kód

## Struktura sítě Profibus

- o **Multi-master system**
  - F přibližně 32 zařízení typu master se připojují k sběrnici
  - F každé z těchto zařízení může být dostupné všem master
  - F přístup ke sběrnici – Token Bus . . . . .



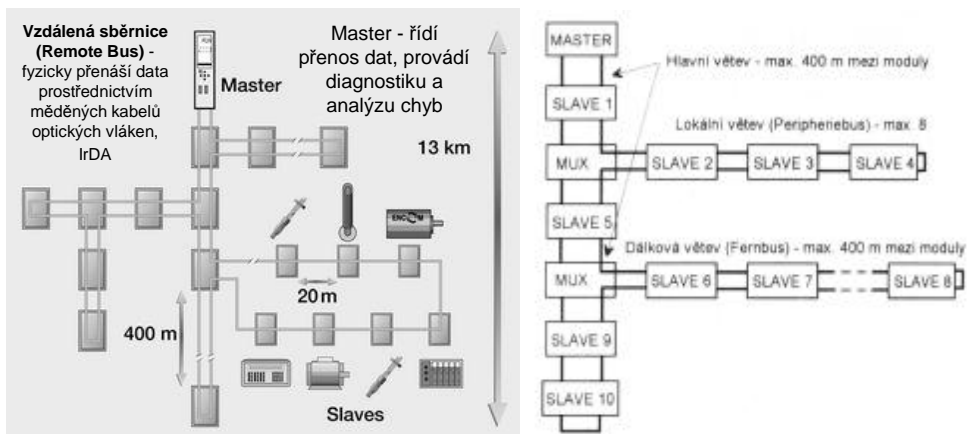
## Interbus – základní vlastnosti

- sběrnice pro přenos dat a zpráv na úrovni senzor- akční člen
- topologie kruhová s možností větvení
- každé zařízení přímá signál, který zesílí a pošle dalšímu zařízení v síti
- vyšší přenosové rychlosti na delší vzdálenosti ( až 13 km )
- data dopředu i nazpět jsou posílána prostřednictvím dvou vodičového kabelu
- struktura je založena na principu komunikace Master/Slave
- hlavní linka sběrnice vychází z Master jednotky a propojuje všechny Slave jednotky
- může být formována na podsítě hlubokou až 16 úrovní
- přenos probíhá po dvou vodičovém vedení dle specifikace standardu RS-485 rychlostí až 500kb/s nebo po optickém kabelu
- napájení snímačů a akčních členů (19 až 30V, proud až 1.8A)

### Hlavní fyzické parametry INTERBUS

- topologie kruhová s možností větvení
- typ komunikace Master/Slave
- přenosová rychlost 500 kb/s
- připojení až 4096 Slave jednotek
- maximální délka sítě: 13 km
- maximální délka mezi sousedními jednotkami: 400m (pro měděné vodiče) nebo až 3600m (pro optická vlákna)

## Struktura sběrnice



**Krátká smyčka (Loop)** - připojení libovolných senzorů a aktuátorů dvoudrátovým nestíněným kabelem na krátké vzdálenosti max. 200m (max. 20m mezi sousedními zařízeními)

## Adresování a přenos dat

### Fyzické adresování

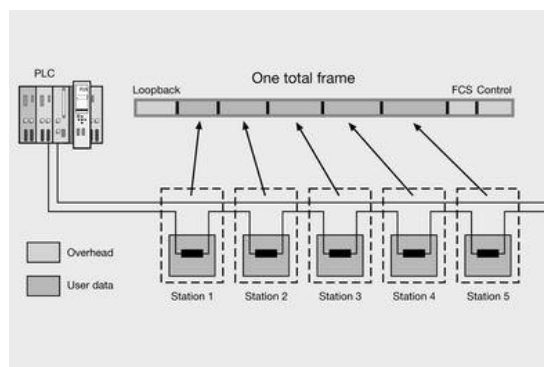
- o adresování je založeno na fyzickém umístění v síti ( první slave zařízení za masterem má imaginární adresu jedna, druhé dva atd.)
- o odpadají problémy s nastavováním adresy
- o celé připojení nového zařízení do sítě je na principu Plug&Play

### Přenos dat

- o pracuje podle tzv. summation frame method
- o používá pouze jeden protokolový komunikační rámec pro přenášení zpráv od všech zařízení
- o vysoká efektivnost přenosu dat a umožňuje zároveň vysílání i příjem dat = full duplex

## Summation Frame Method

- o Rámce jsou složeny ze
  - F ze záhlaví, které tvoří loop-back slovo pro kontrolu správně zakončené a propojené sítě
  - F datových segmentů od jednotlivých jednotek
  - F kódování rámce a zakončení rámce
- o každé zařízení v síti má určen segment, který ovlivňuje daty, které chce vyslat
- o každé zařízení vysílá a přijímá právě pro sebe potřebná data, bez ohledu na obsah dat dalších zařízení
- o celý rámec prochází postupně všemi jednotkami
- o Data jsou chráněna 16-ti bitovým cyklickým kódem CRC16

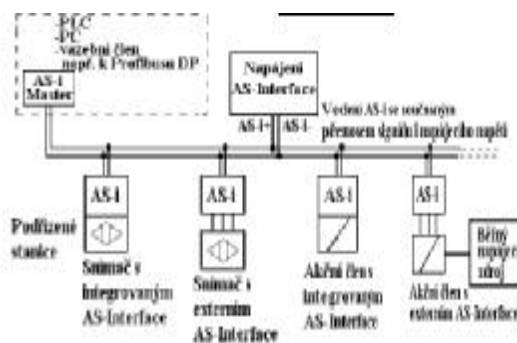


## Sběrnice AS Interface (ASI)

- určena pro úroveň sensor, akční člen
- topologie – sběrnice, strom, kruh
- nekroucená dvoulinka společná pro data i napájení 24V, připojení krimpováním
- délka kabelu 100m, s použitím opakovačů až 500m
- počet SLAVE zařízení max. 31
- úloha MASTER zařízení – cyklické dotazování všech SLAVE, cyklický přenos dat z/do ovládací jednotky (PC, PLC)
- další funkce MASTER zařízení
  - F inicializace sítě
  - F adresování SLAVŮ
  - F identifikace SLAVŮ
  - F přenos dat
  - F diagnostika SLAVŮ
  - F chybová hlášení

## ASI - zapojení prvků

- náhrada svazku vodičů dvojvodičovým ASI kabelem
- na ASI kabelu jsou připojeny senzory a aktory pomocí SLAVE modulů (inteni nebo externí)

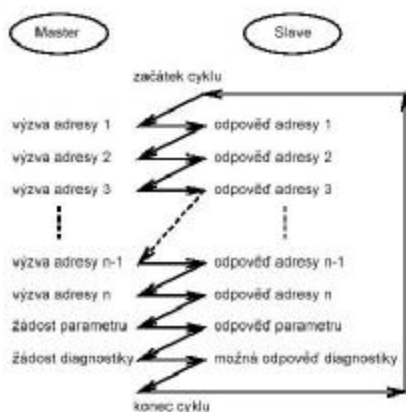


Součásti ASI sítě:

- ASI MASTER – propojuje s řídicím systémem, spravuje celou síť
- ASI SLAVE – slouží k připojení senzorů a aktorů k ASI síti
- ASI kabel – plochý kabel se spec. profilem s průřezem vodičů 1,5mm<sup>2</sup>
- ASI napájecí zdroj – napájí všechny prvky ASI sítě (prvky mohou mít i vlastní zdroj)
- ASI komponenty – opakovače, servisní a monitorovací přístroje

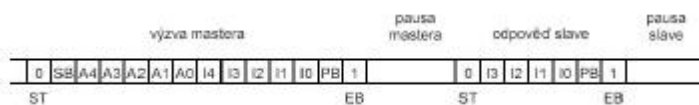
## Komunikace mezi MASTEREM a SLAVY

- o řízení komunikace obstarává cyklicky MASTER
- o každý SLAVE obsahuje 4 binární vstupy nebo výstupy



## Komunikační rámec ASI

- o zprávu tvoří: výzva MASTERA, pauza MASTERA, odpověď SLAVA a pauza SLAVA
- o výzva MASTERA obsahuje 5 bit adresu SLAVA a pětibitovou informaci
- o odpověď SLAVA obsahuje čtyři datové bity



- o ST – start bit (0)
- o SB – řídicí povel (příkaz nebo výměna dat)
- o A0 až A4 – adresa SLAVA
- o I0 až I4 – předávaná informace (data, povel)
- o PB – bit sudé parity
- o EB – zakončovací bit (1)
- o ST – start bit (0)
- o I0 až I3 – předávaná informace SLAVA
- o PB – bit sudé parity
- o EB – zakončovací bit (1)

## Hardwarová koncepce ASI modulů

- připojení modulu SLAVE do sítě



### Komponenty ASI sítě



## Příklad použití ASI modulů

- Automatická pípa



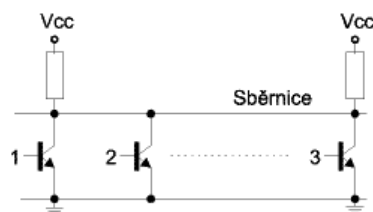
## Sběrnice CAN – základní vlastnosti

### Vlastnosti

- o vyvinuta firmou Bosch pro automobilový průmysl
- o nasazení CAN v dalších aplikacích – důvody:
  - F nízká cena, snadné nasazení, spolehlivost, vysoká přenosová rychlost, snadná rozšiřitelnost, dostupnost potřebné součástkové základny
  - F podpora mnoha výrobců mikroelektronických součástek (mikrokontrolery)
- o nad 1. a 2. vrstvou bylo vytvořeno několik standardů 7. vrstvy
  - F CAN 2.0A
  - F CAN 2.0B
  - F DeviceNet
  - F CANopen
- o řízení v reálném čase s přenosovou rychlostí do 1Mb/s (při max. délce 40m)
- o max. 30 účastníků komunikace
- o vysoký stupeň zabezpečení dat
- o protokol typu multimaster, náhodný přístup

## Fyzická vrstva sběrnice CAN

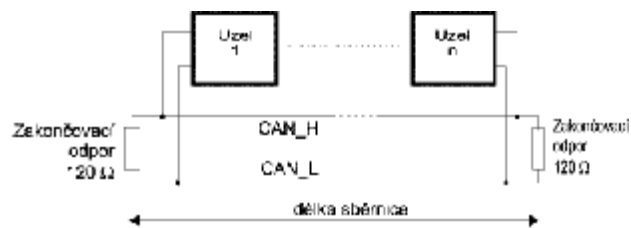
- o základní požadavek na přenosové médium – realizace logického součinu
- o CAN definuje dvě úrovně signálů na sběrnici
  - F dominant
  - F recessive
- o pravidla pro stav na sběrnici
  - F vysílají – li všechna zařízení recessive bit, je sběrnice ve stavu recessive
  - F vysílá – li alespoň jedno zařízení dominant bit, je sběrnice ve stavu dominant



Příklad realizace fyzické vrstvy  
protokolu CAN  
recessive – log. 1  
dominant – log. 0

## Fyzická vrstva CAN - pokračování

- o realizace fyzického média dle normy ISO 11898
- o norma definuje
  - F elektrické vlastnosti vysílacího budiče a přijímače
  - F principy časování, synchronizace a kódování jednotlivých bitů
- o Sběrnici tvoří dva vodiče (označované CAN\_H a CAN\_L)
- o *dominant* či *recessive* úroveň na sběrnici je definována rozdílovým napětím těchto dvou vodičů
- o pro úroveň *recessive*  $V_{diff} = 0V$  a pro úroveň *dominant*  $V_{diff} = 2V$



## Spojovací vrstva - zprávy

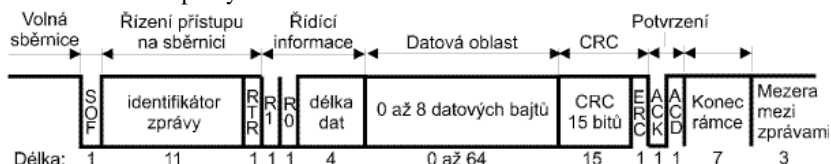
### Základní typy zpráv

- o datová zpráva
  - F formát standardní
  - F formát rozšířený
- o žádost o data
- o chybová zpráva
- o zpráva o přetížení



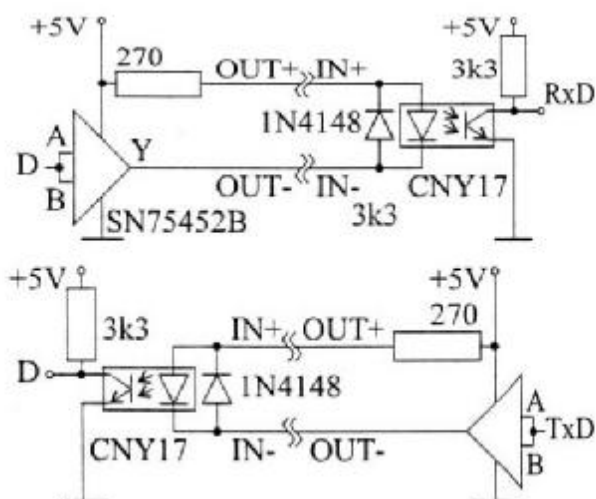
## Formát datové zprávy

- o zpráva může přenášet až 8 datových bajtů
- o standardní datová zpráva (CAN 2a) se liší od rozšířené (CAN 2b) počtem bitů identifikátoru zprávy

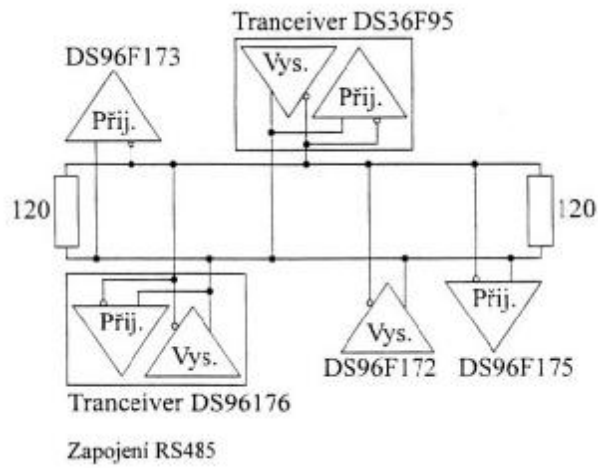


- o SOF – začátek zprávy (dominant)
- o Řízení přístupu na sběrnici – určení priority zprávy
  - o Identifikátor zprávy - 11 bitů, udává význam přenášené zprávy
  - o RTR bit – udává, zda se jedná o data nebo o žádost
- o Řídící informace
  - o délka dat (0 – 8)
  - o R0, R1 – rezervované bity
- o Datová oblast – max 8 bajtů
- o CRC kód 15 bitů + 1bit ERC oddělovač
- o potvrzení, konec zprávy (7 bitů recessive), mezera 3 bity recessive

## Zapojení proudové smyčky



## Zapojení rozhraní RS-485



## Kódování signálu

