

13. Elektronické řízení

Rozhraní pneumatika-elektronika

Tato kapitola pojednává o elektronickém řízení, perifériích a rozhraních pro pneumatické prvky a systémy. Uživatel získá základní přehled o dnešní elektronické řídicí technice. Tato kapitola ale nenahrazuje učebnice programování a automatizační techniky.

Je mnoho podobností mezi pneumatickým a elektronickým řízením. Pneumatika i elektronika může zpracovávat jak analogové, tak logické signály.

Prvky logického řízení mohou být jak pneumatické, tak elektronické. Základem pro řešení jsou zákony Boolovy algebry. Jakákoliv logická funkce se může realizovat kombinací součtu, součinu a negace (OR, AND a NOT). Pneumatické a elektronické řízení se odlišuje např. reakční dobou, synchronizací atd.

Aby mohla řízená technologie spolehlivě pracovat, musí být správně zvoleny snímače a akční členy. Neodmyslitelnou součástí dnešních řídicích systémů jsou systémy pro přenos dat. Jedná se o soubor technických prostředků nazývaných rozhraní (interface) umožňujících přenos dat mezi vnějším prostředím a vnitřními obvody řídicího systému. Sdělovací kanál se nazývá sběrnice (sériová nebo paralelní). Různorodost těchto systémů a tím i možnosti použití rostou rok od roku.

S elektronickým řízením můžeme stroje a zařízení optimálně řídit a i kontrolovat pomocí operátorských panelů HMI (Human Machine Interface).

Historický vývoj elektronického řízení

Dříve používané mechanické řízení se změnilo v prospěch elektrického řízení. Tato změna má mnoho důvodů. Jedním důležitým důvodem je jistě i jednoduchost přenosu řídicího signálu po elektrickém vedení. Mechanické prvky byly postupně redukovány jen na snímač (např. koncový spínač) a nastavovací člen (např. magnetický ventil, ochrany apod.) Samotný průběh řízení stroje přebírají relé, jističe, časové relé různých provedení, mechanické programátory a další.

S řízením komplikovaných technologií se ale ovládací rozvaděčové skříně stále prodlžovaly (20 metrů i více). Tyto řídicí systémy byly pro údržbu, opravu a přeprogramování (pevná logika řízení) téměř nepoužitelné a náklady se stále neúměrně zvyšovaly. To bylo i impulzem v automobilovém průmyslu USA k hledání nových cest řízení.

Kolem roku 1968 díky mikroprocesorům mohla být reléová (pevná) logika nahrazena pružnou logikou (softwarem).

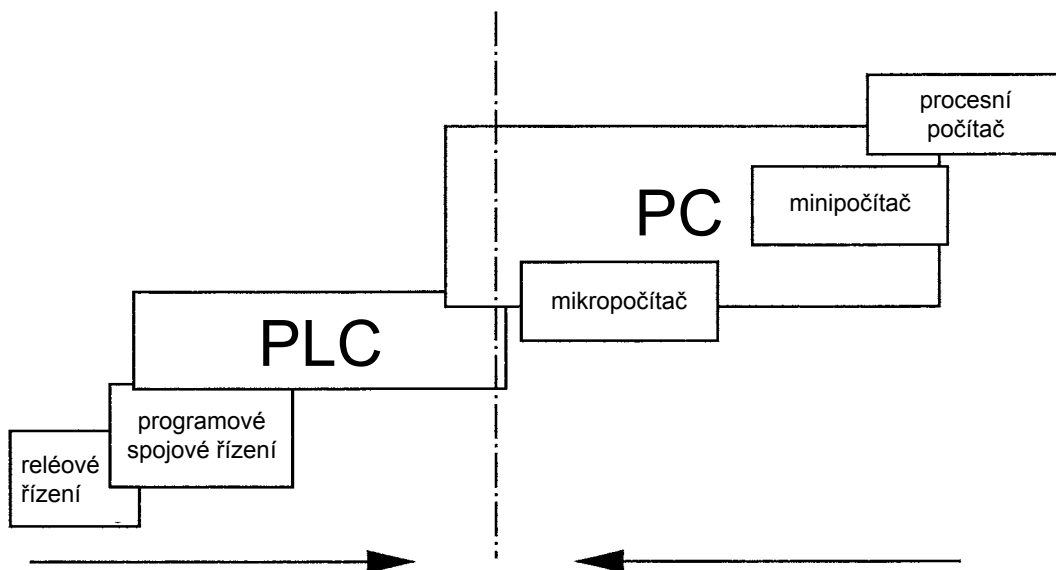
To bylo základem zrodu paměťově programovatelného řízení s PLC (programovatelnými logickými automaty).

V angličtině se používá označení PLC (Programmable Logic Controller). V německy hovořících krajích se prosadilo označení SPS (SpeicherProgrammierbare Steuerung).

Původní úloha PLC, programování úloh logického typu nebo náhrada pevné logiky, se už dávno překonala. Dnes jsou jejich možnosti podstatně širší a dovolují naprogramovat téměř libovolné typy úloh včetně numericky náročných adaptivních regulačních algoritmů, simulačních modelů, diagnostických úloh a úloh umělé inteligence. Vedle těchto funkcí jsou možná i další využití, např.:

- regulace (teplota, tlak, světlo, množství)
- zobrazení textu (ovládací panel, světelné písmo)
- sériové rozhraní (vážení, regulace, zobrazení)
- připojení na sběrnice (ASI, CAN, Profibus, Ethernet)
- ovládání řízení motorů (frekvenční měnič regulátor otáček)
- řízení elektrických os (servo pohony s řízením polohy)
- a další...

Funkce dnešních PLC jsou mnohem komplexnější a rozdíl proti mikropočítačovým systémům už není tak jednoznačný. Do mikropočítačového systému se musí funkce a ovládací systém často nově implementovat. Tyto funkce se dají měnit, doplňovat a upravovat, což vede k větší flexibilitě, ale zvyšuje to riziko nestability operačního systému.



Obr. 13.1 Umístění PLC během zpracování dat

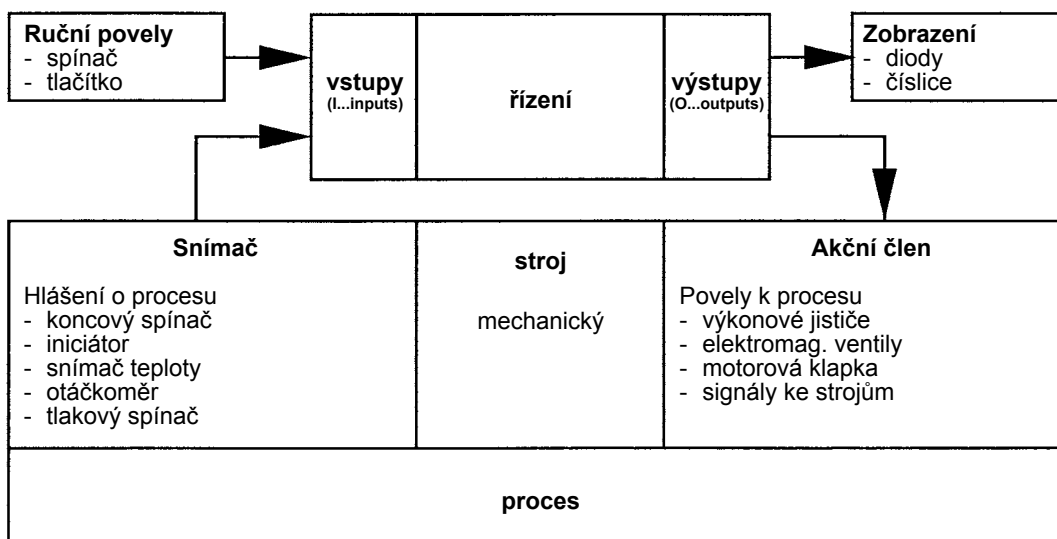
Vývoj jde ale dále. Programovatelné automaty se sbližují s průmyslovými počítači. Do standardního sortimentu PLC od většiny významných výrobců dnes patří i počítačové moduly nebo jsou centrální jednotky PLC realizovány na bázi počítače. Při povrchním pohledu je mnohdy obtížně rozpoznat, zda řídicí systém je modulárním průmyslovým počítačem, programovatelným automatem (PLC) nebo systémem soft-PLC. PC s dnešním standardním ovládacím systémem však není dost vhodný pro nahrazení kompletní funkce PLC. Např. montáž a připojení do rozvaděčů, dodržování průřezu vodičů při plochých vodičích, mechanická pevnost, jednoduchá údržba a výměna modulů bez instalace anebo rozšíření, update. Jeho cena je z důvodu, že se vyrábí v miliónech kusů, velmi nízká a nezávislá na dodavateli. Namontování PC do rozvaděče často není možné a často ani nesplní požadavky na použití v průmyslu. Na vyrovnání těchto nedostatků se používají speciální průmyslové počítače a ovládače IPC (Industrie PC).

Základní rozdělení

Fyzikálními prostředky, které řízení realizují, obvykle nazýváme *řídící systémy*, někdy zkráceně jen *systémy*. Jsou to univerzální přístroje, dnes realizované téměř výhradně na *elektronickém principu* - s využitím *číslicové techniky* a nejmodernějších mikroelektronických součástek, programovatelných logických polí, pamětí, mikroprocesorů, mikrořadičů, signálových a komunikačních procesorů - souhrnně označovaných jako *procesory* nebo *procesorové obvody*, které jsou „srdcem“ řídicího systému. Většina současných řídicích systémů obsahuje více procesorů - jsou řešeny jako *multiprocesorové*.

Na komplikovaných strojích je mnoho údajů zpracovávaných z ručních příkazů a snímačů. Tyto signály se musí prověřit, mezi sebou propojit anebo odladit a nakonec přiřadit na akční členy anebo na zobrazovače.

Toto zpracování se v jednoduchém případě nazývá logické řízení.



Obr. 13.2 Schéma řízeného procesu

Toto schématická znázornění platí pro řízení:

- mechanická
- pneumatická
- hydraulická
- elektrická

Konstrukce a montáž PLC

Stavba

Programovatelný automat je konstruovaný pro průmyslové použití. To znamená, že může přímo zpracovávat signály, přicházející na vstup ze snímačů v zařízení nebo signály na výstupu přímo řídit akční členy. Konstrukce umožňuje PLC upevnit do rozvaděče pomocí DIN lišty. Signálové vodiče se připojují pomocí svorek nebo konektorů. Toto jsou výhody a přednosti proti mikropočítačovým systémům.

PLC můžeme rozdělit do tří jednotlivých částí, bloků:

- vstupní blok
- blok centrální procesorové jednotky
- výstupní blok

Vstupní blok je rozdělen do skupin (modulů). To umožňuje nakonfigurovat vstupy programovatelného automatu s ohledem na zpracovávané úlohy podle toho, kolik potřebujeme binárních, analogových nebo speciálních vstupů. Vstupní blok obsahuje obvody pro oddělení signálu (optočleny), filtry pro odstranění rušivého signálu a přizpůsobovací a ochranné obvody.

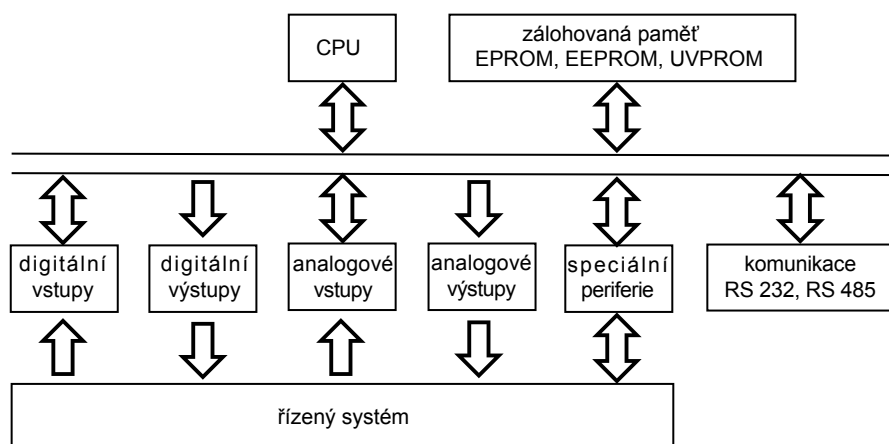
Centrální procesorová jednotka obsahuje procesor a paměti. Je to paměť programová, operační (pracovní) a systémová paměť procesoru. Systémová sběrnice propojuje procesor a paměti.

Výstupní blok je opět rozdělen do skupin s kontaktními (relé) nebo bezkontaktními (tranzistory, triaky) spínači výstupního signálu. Výstupní signály mohou být binární (stejnoseměrné nebo střídavé), analogové nebo speciální (řízení krokového motoru).

Jednoduchý popis činnosti PLC

Programovatelný automat je číslicově pracující elektronický systém konstruovaný pro použití v průmyslovém prostředí, využívající programovatelnou paměť pro interní ukládání uživatelsky orientovaných instrukcí pro provádění specifických funkcí (logických, sekvenčních, časovacích, čítačích, komunikačních, organizačních) za účelem řízení strojů či procesů, a to prostřednictvím digitálních nebo analogových vstupů a výstupů. Jak programovatelná řídicí jednotka, tak periferní zařízení jsou konstruovány pro snadné začlenění do systémů průmyslového řízení.

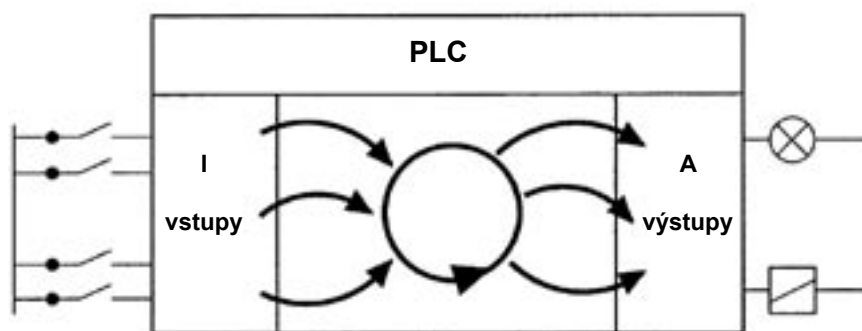
Z uvedené definice plyne, že algoritmus řízení systému při použití PLC se mění pouhou změnou programu uloženého v jeho paměti. Blokové schéma PLC je znázorněno na obr. 13.3. Vstupem PLC jsou normalizované spojitě nebo logické signály reprezentující stav nebo průběh regulované a žádané veličiny, výstupem jsou signály určené k ovládání akčních členů.



Obr. 13.3 Blokové schéma PLC

Vlastní cyklická činnost PLC, znázorněná na obr. 13.4, je tak rozdělena na čtyři úseky:

- 1) ze vstupních modulů je načten stav vstupních signálů a je zapsán do paměti,
- 2) program postupně vyhodnocuje jednotlivé podmínky a na základě stavu vstupních, výstupních a vnitřních proměnných nastaví a do paměti výstupů zapíše nové hodnoty výstupních proměnných,
- 3) podle hodnot průběžně zapisovaných do paměti výstupů se po ukončení programového běhu jednorázově nastaví výstupní moduly, které aktivují akční členy,
- 4) v závěrečné fázi pracovního cyklu (scanu) se vyhodnotí stavový soubor a nastaví se jeho aktualizované parametry, tj. vyřídí se komunikace s ostatními zařízeními na síti, obslouží se časová základna, vynuluje kontrola doby pracovního cyklu (watchdog) atd., čímž je PLC připraven na další periodický cyklus.



Obr. 13.4 Zpracování signálu v PLC

Několik pokynů

Když je program velmi rozsáhlý, trvá to déle, než jsou znovu obnovené jednotlivé funkce. Když se stav vstupu I 1.0 mění častěji, než je obnovovací frekvence funkce, neseď už výsledek, v našem případě výstup O 8.0. To znamená, že výsledek na výstupu O 8.0 se bude měnit spolu s obnovovací frekvencí a ne s frekvencí na vstupu.

13. Elektronické řízení

Výběr z příkazového řádku

Každé PLC obsahuje velký výběr příkazů. Tyto neobsahují jen binární funkce, ale i slovní operace, správcovské operace, regulační algoritmy anebo funkce pro rozhraní. Následující seznam dává jen krátký pohled na možné povely.

Základní skupiny proměnných:

- vstup (Input; I) uchovává v paměti obraz signálů z řízeného procesu
- výstup (Output; Q jako Quit = odchází) uchovává stavy řídicích signálů
- paměti (Memory; M) paměti mezivýsledků a konstant
- časovače (Timer; T) uchovávají meze pro činnost časovačů
- čítače (Counter; C) uchovávají meze pro činnost čítačů

AND	A propojení binární
OR	NEBO propojení binární
CMP	porovnání dvou hodnot
PID	zpracuj regulační algoritmus
COPY	kopíruj hodnotu
GET	vzít jednu hodnotu
PUT	přines jednu hodnotu
SASI	inicializuj sériové rozhraní
SICL	načti stavové vedení sériového rozhraní
CFB	aktivuj funkční blok
EFB	deaktivuj funkční blok
SB	start sekvenčního průběhu
TR	start přenosu
ST	start krokování

Programování PLC

V oblasti programování PLC existuje mnoho firemních programovacích jazyků orientovaných na technické vybavení příslušného výrobce. To způsobuje problémy dané vzájemnou nekompatibilitou programového vybavení od různých výrobců programovatelných automatů. Reakcí na tuto situaci je snaha o normalizaci programování, což přináší norma ČSN EN 61131 definující požadavky na vlastnosti programového vybavení PLC.

Z důvodů zvyšujících se nároků komplexnosti a řídicích úloh je potřebné, aby byla takováto norma dodržována.

Programovací jazyky lze rozdělit do dvou skupin:

- a) textové jazyky (IL - Instruction list, ST - Structured list)
- b) grafické jazyky (LD - Ladder Diagram, FBD - Function Block Diagram, SFC - Sequential Function Chart)

V následujícím textu je příklad „Dvoutlačítkové ovládání motoru“ řešen pomocí pěti programovacích jazyků. Je na uživateli PLC, jaký programovací jazyk použije. Tento výběr je ovlivněn i typem řešené úlohy. Pro logické řízení je zřejmě výhodné programovat v LD nebo FBD, zatímco pro programy vyžadující matematické operace je výhodnější použít ST. U inteligentních relé (Easy, Logo, Alpha atd.) a malých kompaktních PLC typu Nano, Micro jsou k dispozici grafické jazyky LD nebo FBD případně s kombinací IL.

Příklad : dvoutlačítkové ovládání motoru

Tlačítkem Start1 se má spotřebič zapnout a má zůstat zapnutý i po uvolnění tlačítka. Tlačítkem Stop1 se má motor vypnout. Tlačítko Start1 je připojeno na vstupní svorku I0.2, tlačítko Stop1 je připojeno na vstupní svorku I0.4, stykač motoru je připojen na výstupní svorku Q0.3.

Textové jazyky

- jazyk seznamu instrukcí (IL - Instruction List) - používá se též označení jazyk mnemokódů, představuje programování na úrovni blízké assembleru.

Příklad: dvoutlačítkové ovládání motoru

0	LD	START1	;Načti stav vstupu I0.2 (tlačítko start1)
1	OR	MOTOR	;Přidržený kontakt stykače motoru
2	ANDN	STOP1	;Načtení negované hodnoty vstupu I0.4 (tlačítko stop1)
3	ST	MOTOR	;Zápis logického výsledku na výstup I0.3 (stykač motoru)
4	END		

13. Elektronické řízení

- jazyk strukturovaného textu (ST- Structured Text) – řeší úlohy automatického řízení užitím algoritmického jazyka, podobně jako se řeší matematické úlohy. Je to vyšší programovací jazyk pascalovského typu obsahující prostředky pro výběr (IF, THEN, ELSE, CASE OF) a pro iterační smyčky (FOR, WHILE, REPEAT).

Příklad: dvoutlačítkové ovládání spotřebiče

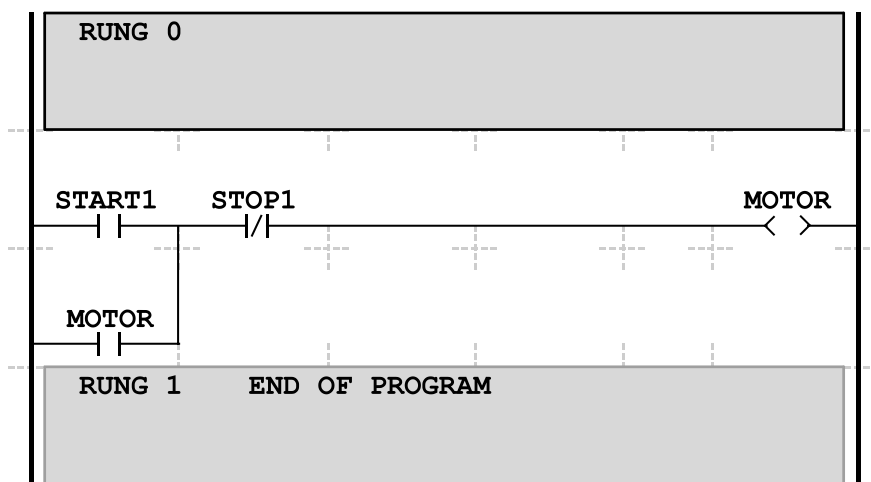
```

PROGRAM AUTOMAT
USES CRT;
VAR
    K : CHAR;
BEGIN
    CLRSCR;
    WRITELN ('DVOUTL. OVLADANI SPOTREBICE:S=START,Q=STOP,X=KONEC
PROGRAMU');
    REPEAT
        K := READKEY;
    
```

Grafické jazyky

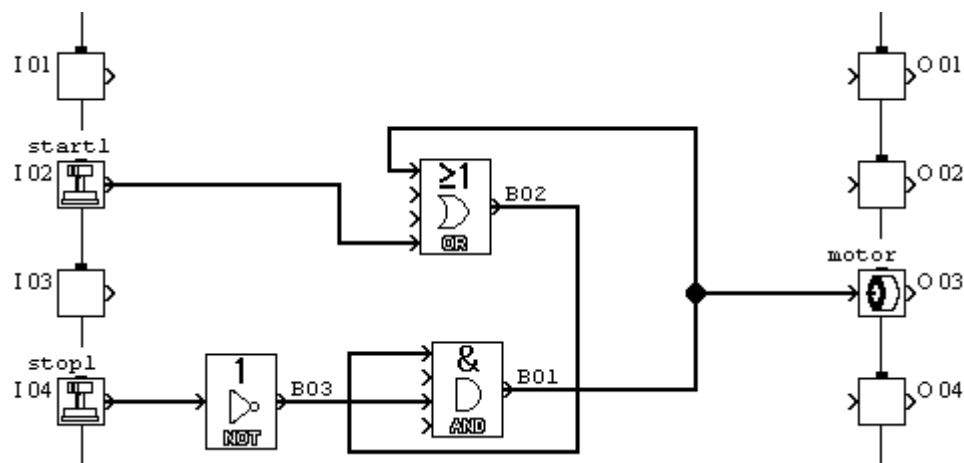
- jazyk příčkového diagramu (LD – Ladder Diagram) - vychází ze symbolů liniových schémat a svou grafickou podobou připomíná žebřík (angl. ladder). Jedná se o síť spínacích a rozpínacích kontaktů, cívek elektromagnetů, graficky vyjádřených funkcí a bloků, návěští, datových a spojovacích prvků ohraničených zleva a zprava napájecími sběrnicemi. Mezi těmito sběrnicemi se kreslí zleva doprava propojení přes spínací resp. rozpínací kontakty, značené dvěma svislými čarami. Toto propojení se vpravo ukončí výstupem značeným hranatými závorkami. Pro funkce a funkční bloky začleněné do tohoto „kontaktního“ schématu musí být samozřejmě deklarován nejméně jeden binární vstup a výstup pro ošetření toku binárních dat.

Příklad: dvoutlačítkové ovládání motoru



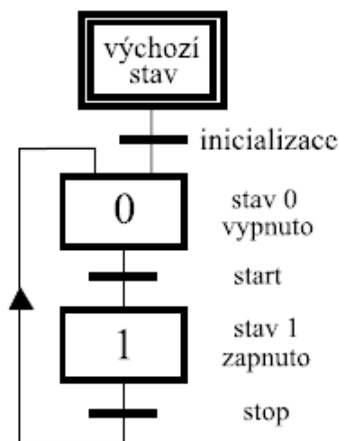
Obr. 13.5a Příčkový diagram pro PLC TSX Nano

- jazyk symbolů blokových schémat (FBD- Function Block Diagram) – využívá značky pro kreslení blokových schémat v elektrotechnice (mj. symboliku značení prvků číslicové techniky), takže svým provedením odpovídá schématům obvodů číslicové techniky. Na obr. 13.5b je řešení příkladu dvoutlačítkového ovládání motoru jazykem FBD.



Obr. 13.5b Program pro inteligentní relé αPneu Alpha

- jazyk sekvenčních blokových schémat (SFC- Sequential Function Chart) – nejčastěji se užívá označení GRAFCET, pocházející z francouzského označení „Graphe Fonctionnel de Connexion Etapes Transitions“ vzhledem k francouzskému původu metody. Metoda využívá dva základní prvky – krok a přechod – činnost řízeného systému je popsána množinou sekvenčně navazujících kroků oddělených přechody. Kroky reprezentují akce, které mohou být vykonávány (a to i paralelně), a označují se obdélníkem, přechody definují podmínky, které musí být splněny před započatím dalšího kroku, označují se vodorovnou silnou příčkou. Tím tento jazyk umožňuje formulaci instrukcí kroků a přechodů v kterémkoli ze zbývajících čtyř jazyků (IL, ST, LD, FBD) a je tak všem nadřazen.

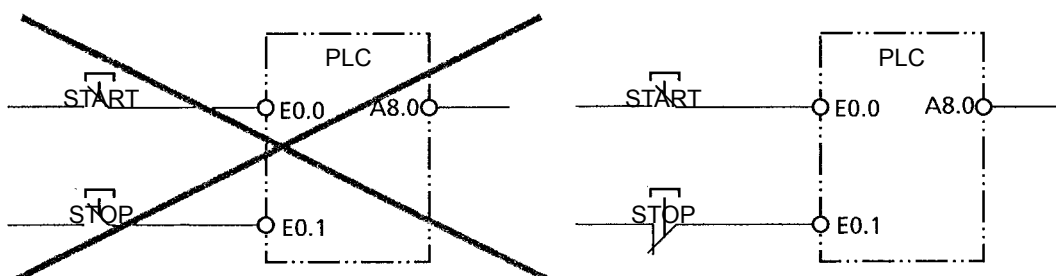


Obr. 13.5c Program v jazyku sekvenčních blokových schémat

Připojování kontaktních spínačů

V praxi se častokrát setkáváme s problémem při zapojování snímačů, zda použijeme výstup jako spínací, anebo rozpínací kontakt. Pro PLC je to v podstatě jedno, navíc se dá pomocí programu velmi lehce změnit polarita vstupu. Existují však situace, kde je potřebné se rozhodnout, zda použijeme spínací anebo rozpínací kontakt. Jako příklad si vezměme stroj, kde jsou použita tlačítka Start a Stop se spínacím kontaktem. Pokud při vibracích na stroji dojde k uvolnění vodiče od tlačítka Stop, není možné tímto tlačítkem stroj zastavit.

Pro zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti stroje se proto na funkci Stop tlačítka používá výhradně rozpínací kontakt. V tomto případě se při uvolnění anebo přerušení vodiče stroj zastaví sám.

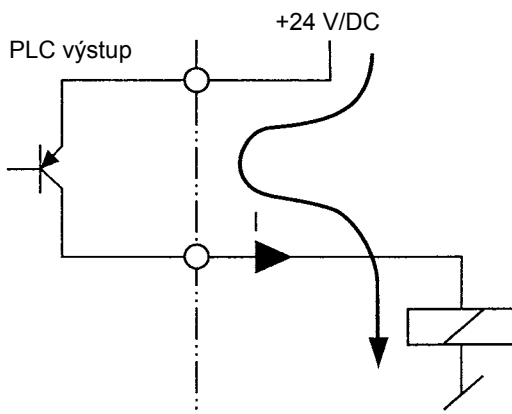


Obr. 13.6 Přerušení vodiče na Stop tlačítku se spínacím kontaktem

Připojování výstupních a vstupních signálů PLC

Pokud je aktivní spínací prvek a tzv. spotřebičový výstup jsou všechny spínané zátěže připojeny na PLC výstup se společným kladným vodičem. Pro toto připojení se často používá označení CP (common plus), společný vodič plus (spol. +). PLC výstupy pracují převážně s 24 V/DC a jsou shodné s napájecím napětím např. ventilů. Jaké výkony a proudy jsou přípustné je potřebné vyhledat v technickém popisu pro PLC.

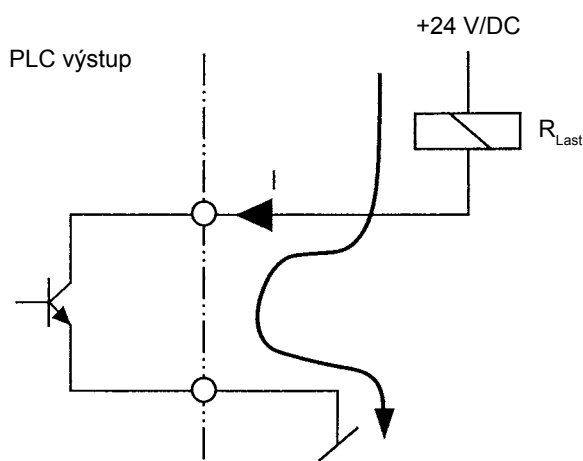
Při tomto typu výstupu teče proud ven z karty a napájí zátěž, pracuje např. jako spínač s +24 V/DC na výstupu.



Obr. 13.7 Výstup PNP

Pasivní výstupní prvek a zdrojová výstupní karta znamená, že spotřebiče připojené na PLC výstup mají společnou zápornou svorku zdroje. Pro toto připojení se často používá označení CM (common minus), společný vodič minus (spol. -).

Kladné napětí V/DC je přímo připojené na jednu svorku zátěže. Po sepnutí výstupu teče proud přes zátěž do PLC - karty, výstup pracuje jako spínač z výstupu na 0 V.



Obr. 13.8 Výstup NPN

Upozornění:

Zapojení se společným minus není bezpečné, přesto se ještě i dnes používá. Například v zapojeních, kde se musí použít jiný řídicí systém. Výstup je potom jen přes PLC výstup, anebo přes oddělovací relé.

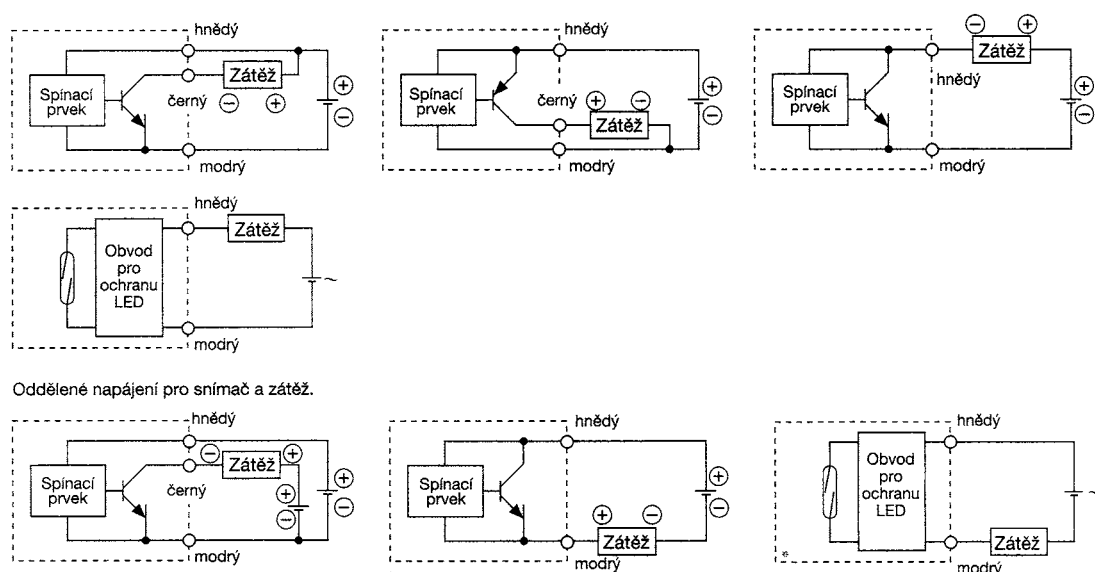
Zapojení snímačů

Rozlišujeme dva druhy připojení snímačů s binárním výstupem. Jedná se o zapojení se společným plus (PNP) anebo minus (NPN).

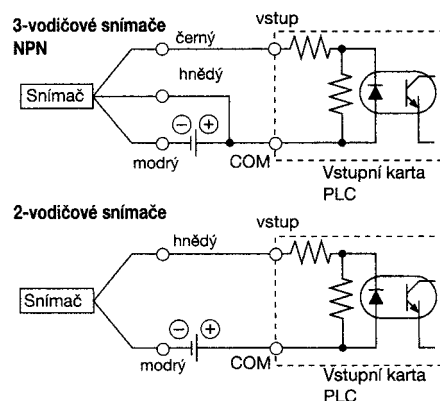
PNP-výstup odpovídá společnému plusu - viz obr. 13.7

NPN-výstup odpovídá společnému minusu - viz obr. 13.8

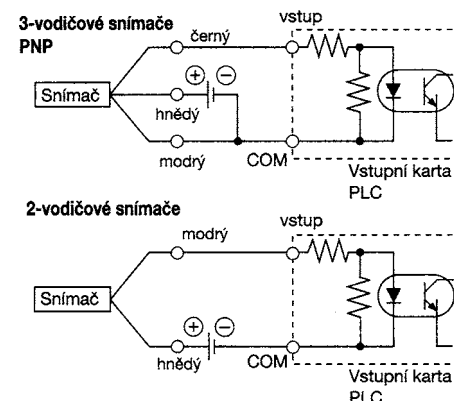
Příklady zapojení snímačů polohy



Připojení snímačů na PLC se společným +



Připojení snímačů na PLC se společným -

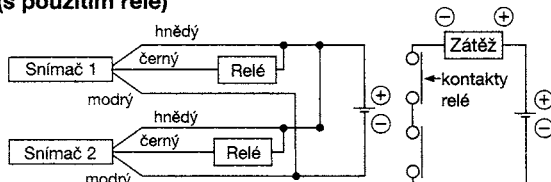


Obr. 13.9 Příklady zapojení snímače polohy

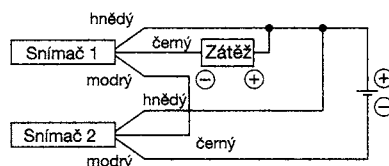
Sériová zapojení snímačů

3-vodičové snímače

Sériové zapojení NPN snímačů (s použitím relé)



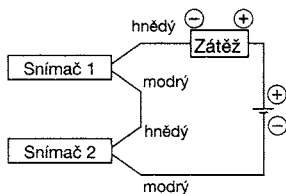
Sériové zapojení PNP snímačů (pouze snímače)



LED diody svítí, pokud jsou oba snímače sepnuté.

2-vodičové snímače

Sériové zapojení



Při sériovém zapojení dochází v sepnutém stavu vlivem úbytku napětí na snímačích k poklesu napětí na zátěži a to může způsobit její špatnou funkci.

$$\begin{aligned} \text{Napětí na zátěži} &= \text{Napájecí} - \text{Úbytek} \\ \text{při sepn. snímač.} &= \text{napětí} - \text{napětí} \times 2 \\ &= 24 \text{ V} - 4 \text{ V} \times 2 = 16 \text{ V.} \end{aligned}$$

Příklad: Napájecí napětí 24 V DC
Úbytek napětí na snímači: 4 V

Obr. 13.10 Sériová zapojení snímačů

Analogové snímače

Na výstupu analogového snímače dostáváme proud nebo napětí, které se dá zpracovat na analogovém vstupu PLC, upravit na digitální signál apod.

Výstupní signály analogových snímačů mají standardizované hodnoty

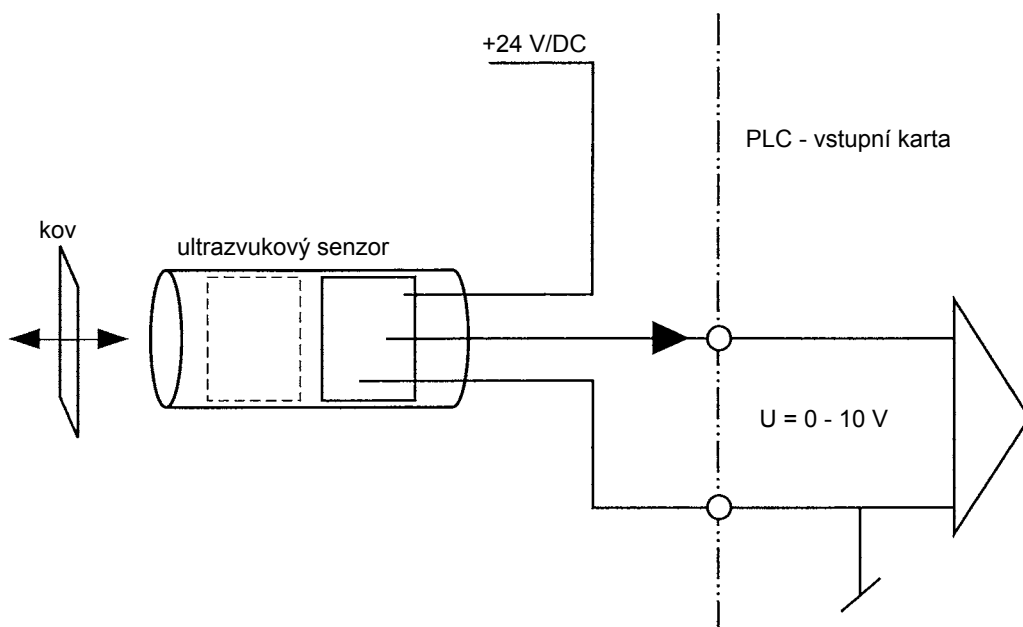
Unipolární napětí:	0 - 10 V
Bipolární napětí:	-10 až +10 V
Proud:	0 - 20 mA
Proud:	4 - 20 mA

Existuje i více možností připojení. Abychom porozuměli všem zapojením, je potřebné mít některé základní elektrotechnické znalosti.

Spolu s hodnotami napětí a proudu je potřebné počítat i s vnitřním (výstupním) odporem snímače a vstupním odporem PLC. Když je tento odpor příliš velký, měření nemusí být správné.

Napětí unipolární, nesymetrické

Nejjednodušší výstupní signál je unipolární, má napěťový rozsah 0 až 10 V. Tento signál je přímo měřitelný přístrojem. Negativní napětí nejsou přípustná. Výsledný signál je však velmi citlivý na rušení magnetickým polem. Proto se musí používat jen stíněné vodiče, čímž omezujeme i délku vodičů. Proto tento měřený signál není vhodný pro průmysl.



Obr. 13.11 Třívodičové připojení analogového snímače s výstupem 0 - 10 V k PLC

Napětí bipolární, symetrické

Nejjednodušší nesymetrický výstupní signál není postačující např. pro řízení otáček motorů. Analogový signál byl proto rozšířený na hodnoty od -10 V do +10 V. Potom můžeme se signálem -10 V až 0 V řídit otáčky od 0 do 100 % do levé strany a signálem 0 V až +10 V potom řídíme motor do pravé strany.

Výstupní proud 0 až 20 mA

Méně citlivý na rušení je proudový signál 0 -20 mA. Tento signál se dá použít i při velkých vzdálenostech, poněvadž úbytek na vodičích nemá žádný vliv na přesnost měření.

Aktivní, z pohledu snímače

Ne všechny snímače jsou stejné. Když má snímač vlastní napájení, má možnost přímo výstupním napětím řídit PLC. Na vyrovnání potenciálů se musí potom vzájemně propojit 0 V potenciály (mínusy), snímače a řídicí jednotky.

Pasívní

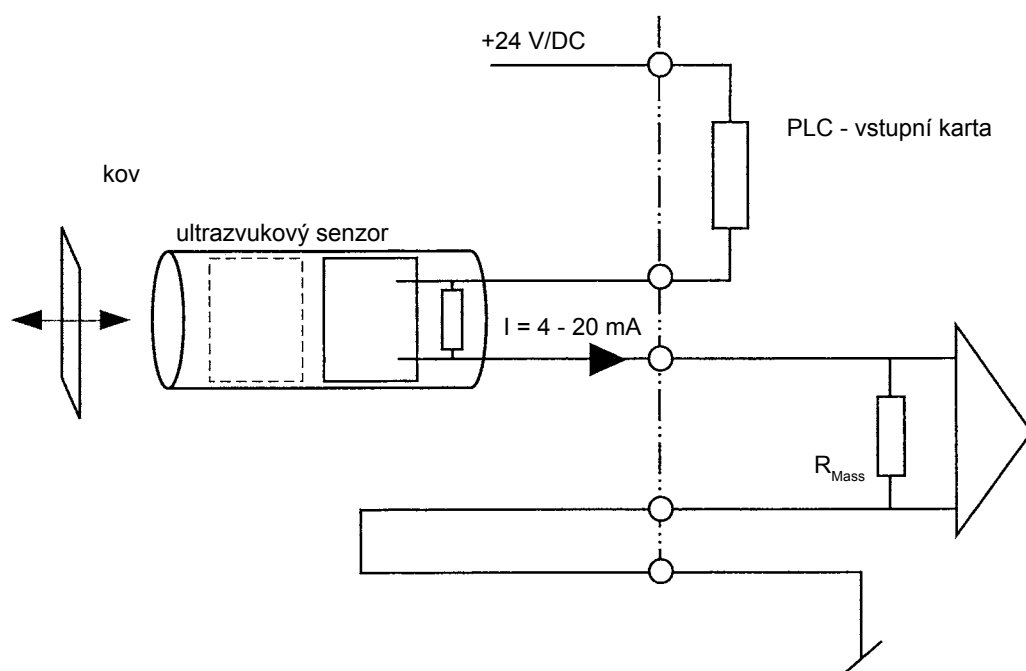
Na obr. 13.12 je zapojení pasívního snímače, který je připojený přímo na PLC. Výhodou tohoto zapojení je to, že signál se vytváří přímo v řídicí jednotce a že není potřebné žádné dodatečné vyrovnávání potenciálů mezi snímačem a řídicí jednotkou.

S vnitřním propojením

Ne všechny PLC karty mají také analogové vstupy, které nejsou připojené na uzemněný potenciál. Často je pro jednoduchost druhý měřicí odpor připojený na zem PLC - karty. To potom přináší problémy, pokud chceme připojit více než jeden měřicí okruh. Jen první, ve smyčce připojený přístroj, bude potom měřit nějakou hodnotu.

Výstupní proud 4 - 20 mA

Na obr.13.12 je znázorněno zapojení s plovoucí nulou. Napětí je připojené na snímač, druhý vývod je připojený do PLC na měřicí odpor. Odporovým můstkem je měřicí odpor připojen na zem. Snímač tak reguluje s vnitřním odporem R_i proud mezi 4 až 20 mA, proporcionálně k měřené veličině 0 až 100 %. To znamená, že i při měřené hodnotě 0 % teče obvodem proud o hodnotě 4 mA. Má to dvě výhody. Zařízení je schopné rozeznat přerušení i zkrat vodičů na vstupu a snímač je napájený přímo průtokem proudu.



Obr. 13.12 Dvouvodičové připojení analogového snímače s výstupem 4-20 mA k PLC

A/D převodník (Analog/Digital)

Převod analogového naměřeného signálu na digitální probíhá ve speciálně vyvinutých PLC kartách. Tyto karty používají různé metody převodu. Je možné použít pomalé a levné, jako i rychlé a drahé převodníky. Pro měření teploty nám stačí i pomalá karta, pro regulaci otáček motoru však musí být co nejrychlejší. Kromě dostatečné rychlosti a vhodných vstupních signálů (napětí, proud, potenciál atd.) je důležité i rozlišení převodníku.

A/D převodníky převedou analogový signál v čase daném periodou vzorkování na určitý celistvý počet kroků. Analogovému vstupnímu napětí převodníku odpovídá na jeho výstupu funkce odstupňovaná v krocích, jejichž velikost určuje rozlišovací schopnost převodníku. Vypovídá o tom, do kolika hodnot je analogové napětí rozděleno. Osmibitový převodník rozdělí vstupní signál na 2^n hodnot, kde n je počet bitů ($2^8 = 256$). Znamená to, že vstupní rozsah o hodnotě 10 V je rozdělen do 256ti hodnot. Potom hodnotě 0 V odpovídá 0, hodnotě 10 V odpovídá 255.

Následující hodnoty se používají nejčastěji:

Bity	Kroky
8	256
10	1024
12	4096
16	65535

Digitální rozhraní pro pneumatické systémy

Doposud popsaná zapojení je možné použít pro všechny současné snímače a akční členy. Jedná se i o elektropneumatické prvky, různé snímače s kontaktním a bezkontaktním spínáním, s PNP anebo s NPN provedením. Stále je ale potřebné brát zřetel na technické údaje, jako je max. proud, napětí a tolerance hodnot. Při připojování elektromagnetických ventilů je potřebné ověřit si, zda je výstup z PLC dostatečně dimenzovaný pro daný příkon cívky. Paralelně zapojený výstup PLC pro zvětšení výkonu je možný.

Upozornění:

Pneumatické prvky se na výstupu PLC chovají odlišně než elektronické prvky. To znamená, že když je signál na výstupu PLC, ventil není okamžitě sepnutý anebo válec vysunutý. Je to tím, že každý prvek má svoji reakční dobu a ta je uvedena v katalogových listech výrobce.

13. Elektronické řízení

Všeobecné poznámky

Pro 5/3 ventily se střední polohou odvzdušněnou je známá problematika, že při prvním sepnutí ventilu se připojený válec rychle posouvá až do doby, než se na odvzdušněné straně vytvoří protitlak. Tato závada se elektronikou nedá odstranit.

Bezpečnostní ventil je pro válce a mechaniku stroje ochranou, ale může způsobit i nekontrolovatelné stavy ventilů. Hlavně tedy, jak se při náběhu bezpečnostního ventilu sepe i nepřímo ovládaný elektromagnetický ventil.

Množství vzduchu při odvětrávání válců, pokud jsou průřezy nesprávně navrhnuté, může způsobit to, že se přes odfuk ventilů posunou jednočinné válce malých průměrů.

Použití elektronického řízení

Použití elektronických řízení je téměř neomezené a je použitelné v každém odvětví. Po splnění předpisů se může použít elektronika i elektrotechnika i ve výbušném prostředí. Naproti tomu jsou ještě oblasti a podmínky, kde se nemůže elektřina použít, např. regulace na plynové nádobě.

Použití elektronického řízení může ztížit:

- malé nároky na regulaci (jen zap a vyp)
- příliš velký příkon
- přenositelnost
- vibrace
- ochrana osob a zařízení
- náklady
- a další....

Dále se musí zohlednit i další veličiny:

- teplota
- vlhkost vzduchu
- napětí
- kolísání napětí

Snímače¹

Úvod

Spojovací články mezi technickým procesem a řídicím programem v PLC jsou snímače a akční členy. Snímače mají za úkol měřit a vyhodnocovat fyzikální veličiny. Akční členy slouží pro vykonání zpracované úlohy, nastavení, řízení.

Různé typy snímačů byly vyvinuty na použití pro měření, sledování stavů. Rovněž byla vyvinuta i speciální provedení jen na určité použití, např. magnetické snímače polohy na pneumatických válcích. Rostoucí je i „obsah inteligence“², která se implementuje do snímačů a proto roste i podíl snímačů, které jsou schopné měřit speciální fyzikální veličiny, jako např. vlhkost, náklon anebo hmotnost.

Výstupní signály zapojené podle předchozích schémat jsou připojovány přímo na PLC. Novou generaci inteligentních snímačů je možné zapojit už i s pomocnou bus sběrnici anebo sériovými rozhraními na PLC.

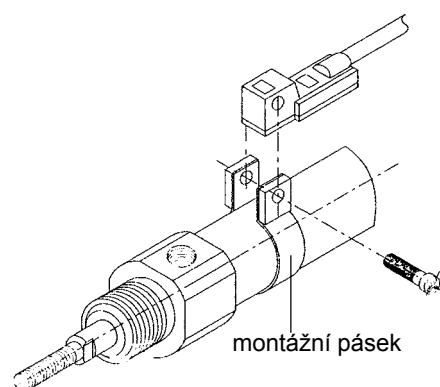
¹ Výraz snímač se užívá jak pro označení prvku pro převod neelektrické veličiny na elektrickou, tak pro celou fyzickou jednotku včetně obvodů pro zpracování (úpravu) a vyhodnocení signálu a také krytu a přívodů. Jednou z možností, jak vyloučit nejednoznačnost, je přidání dalšího slova, které popisuje snímačem měřenou veličinu. Např. snímač tlaku, teploty apod.

Pro snímač jako převodník neelektrické veličiny na elektrickou by přídavný výraz měl vystihnout výstupní elektrickou veličinu snímače (např. kapacitní, odporový, indukčnostní), případně princip převodu (např. snímač optoelektronický, elektrochemický).

² Další často užívané označení je inteligentní snímač (smart senzor). Inteligentní snímač je schopen adaptace na vnější podmínky rekonfigurací s využitím vlastní diagnostiky a kalibrace, zpracování signálů v číslicové formě, redukce dat, detekce význačných událostí, obousměrné komunikace formou standardních protokolů s dalšími vnitřními snímači a s nadřazeným systémem, ověřování (validace) a slučování (fúze) dat ze snímačů. Inteligentní snímač se dále vyznačuje integrací snímačů a obvodů pro zpracování signálu na jednom čipu nebo postupy mikroeletromechanických snímačů (MEMS). Je nutné si uvědomit, že označení inteligentní snímač nesouvisí přímo s tzv. umělou inteligencí v pojetí informatiky a kybernetiky.

Bezdotykové snímače

Pomocí bezdotykových snímačů je možné detekovat kovové, nekovové i plastové materiály, snímat magnetické pole či určovat například teplotu a barvu povrchu předmětu. Mezi bezdotykové snímače patří např. snímače magnetické, indukčnostní, kapacitní, ultrazvukové, optoelektronické, fotoelektrické a další.



Obr. 13.13 Snímání polohy válce



Obr. 13.14 Optický snímač

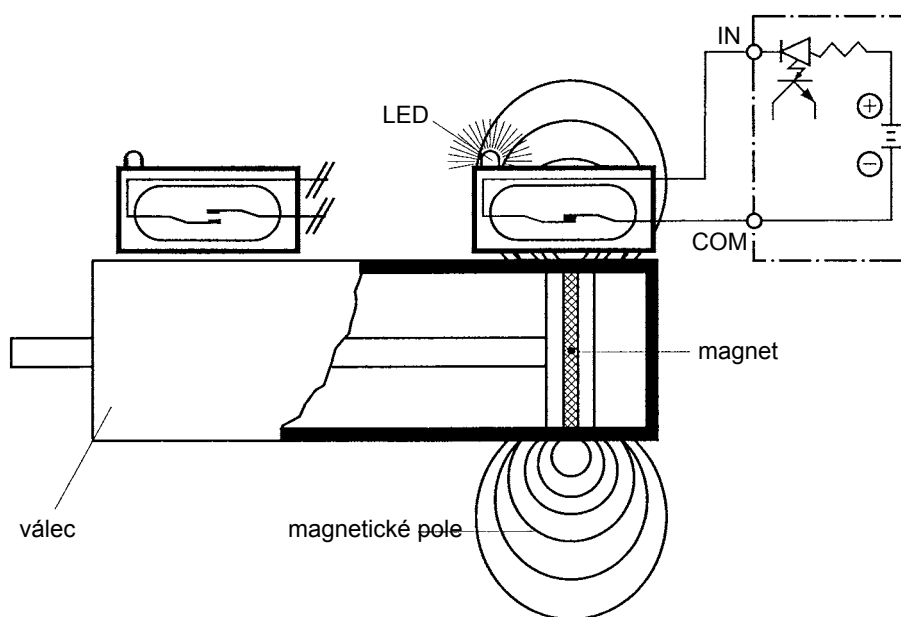
Příklady použití bezdotykových snímačů:

snímání polohy válců, dveří, pák apod.

snímání předmětů, čtení, snímání koncových poloh, hlídání dveří apod.

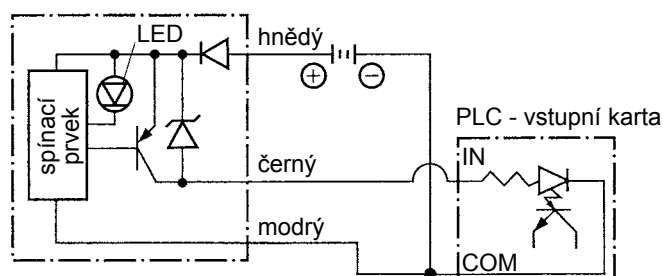
Magnetické snímače

Jedná se o snímače založené na principu snímání změn magnetického pole. Jako čidlo³ se používá kontaktní spínač (jazýčkové relé) Hallova sonda, případně magnetorezistor. Jazýčkové relé pracuje na principu skokové změny odporu v závislosti na změně polohy magnetického pole. Nejčastěji je používán na snímání polohy pneumatických válců. Konstruktivně se jedná o dva kontakty, které jsou zatavené ve skleněné trubičce, naplněné inertním plynem. Po přiblížení pístu válce s permanentním magnetem se působením vnějšího magnetického pole jazýčky zmagnetují, na jejich volných koncích se objeví opačné magnetické póly. Ty se pak vzájemně přitáhnou, kontakty se spojí.



Obr. 13.15 Princip spínače s jazýčkovým relé

Hallové sondy se používají všude tam, kde potřebujeme snímač s bezkontaktním spínáním. Snímač je doplněn výkonovým polovodičovým spínačem.



Obr. 13.16 Připojení snímače s PNP výstupem k vstupu PLC

³ Citlivá část snímače se označuje jako čidlo. Jedná se o základní funkční část snímače, která je ve styku s měřeným prostředím.

Přednosti elektronických snímačů proti kontaktním:

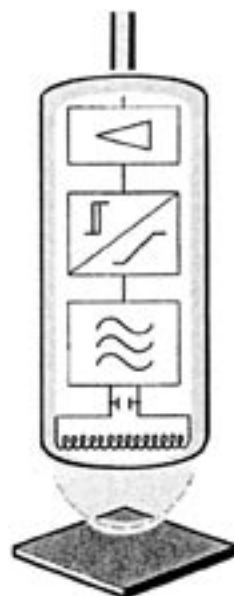
- odolnost proti vibracím (do 100 G)
- neomezená životnost
- menší rozsah spínání (hystereze)

Nevýhody:

- vyšší cena (cca o 30 %) oproti jazýčkovému relé

Indukčnostní snímač

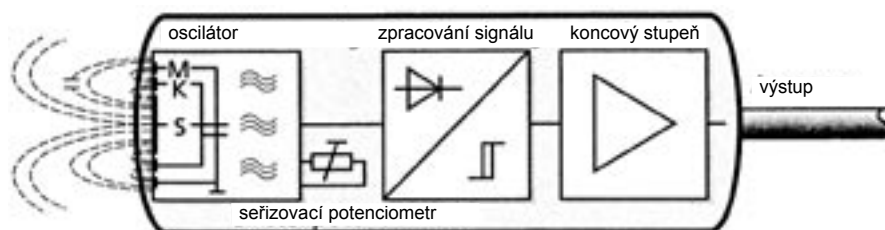
Jsou to pasivní snímače, reagující pouze na kov. Základem snímače je trvale pracující oscilátor, nejčastěji LC, jehož kmitočet je běžně 0,1 až 1 MHz. V aktivní zóně snímače se uzavírá elektromagnetické pole cívky. Pokud se do tohoto prostoru přiblíží elektricky vodivý předmět, vzniknou v něm vířivé proudy, které vytvoří magnetické pole působící proti poli, které je vyvolalo (potlačené pole). Tím se zmenšuje oscilační amplituda. Pokud dále přibližujeme vodivý předmět, sníží se amplituda natolik, že její snížení vyhodnotí klopný obvod a změní svůj stav. Tím také změní svůj stav výstupní obvod, který podle zapojení sepne nebo rozepne spínač.



Obr. 13.17 Konstrukce indukčnostního snímače

Kapacitní snímač

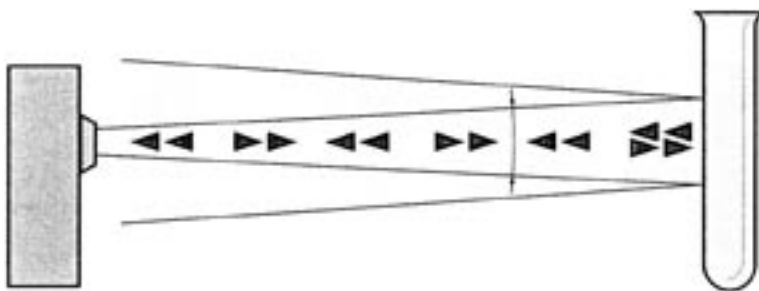
Základem kapacitního bezdotykového snímače je vysokofrekvenční RC oscilátor. Snímač reaguje na změnu kapacity, která vznikne přiblížením snímaného objektu do elektrického pole kondenzátoru. Elektrody senzoru vytvářejí elektrostatické pole. Aktivní plocha kapacitního snímače je složena ze dvou soustředně umístěných kovových elektrod, podobných elektrodám otevřeného kondenzátoru. Elektrody jsou umístěny v uzavřeném elektrickém poli vysokofrekvenčního oscilátoru. Není-li přítomen žádný objekt, kapacitní reaktance senzoru je nízká, proto je amplituda kmitání malá. Přibližuje-li se objekt k tělu senzoru, vstupuje do elektrického pole vytvořeného elektrodami. To způsobuje vzrůst vazební kapacity a obvod začíná oscilovat. Amplituda kmitání je sledována komparátorem, který zajišťuje spínací výstupní signál. Kapacitní snímače reagují na kovové i nekovové materiály. Vzhledem k rozdílné dielektrické konstantě snímaného materiálu je ve snímači zavedena nastavitelná zpětná vazba. Tato proměnná vazba umožňuje selektivní výběr materiálu.



Obr. 13.18 Konstrukce kapacitního snímače

Ultrazvukový snímač

Ultrazvukové snímače pracují na principu odrazu ultrazvukových pulsů od detekovaného objektu. Snímač vyšle krátkou sekvenci zvukových pulsů (10 až 20 period) s kmitočtem daným rezonancí ultrazvukového měniče (řádově desítky kHz). Poté se přepne do přijímacího režimu a očekává odraz od nějakého objektu. Jestliže snímač zachytí ultrazvukový signál, porovnáním vyslané a přijaté sekvence zjistí, zda opravdu jde o odraz vyslaného signálu. Jestliže ano, je na základě délky časového intervalu mezi vyslaným pulsem a přijatým odrazem a rychlostí šíření zvuku v daném prostředí určena vzdálenost od sledovaného objektu. V případě binárního výstupu je zjištěno, zda došlo ve sledované vzdálenosti k odrazu vyslaného signálu. Snímač může být realizován i s odděleným vysílačem (reproduktorem) a přijímačem (mikrofonem).



Obr. 13.19 Funkční princip ultrazvukového snímače

Optoelektronické snímače

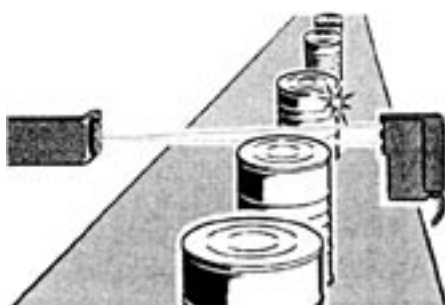
Optoelektronické snímače jsou důležité komponenty automatizované výroby. Všude tam, kde musí být bezdotykově rozpoznávány objekty ve větších vzdálenostech, se používají optoelektronické snímače. Na trhu jsou různé fyzikální principy ve velkém množství provedení. Proto se dají rozpoznat téměř všechny objekty v nejrůznějších oblastech použití. Tyto snímače lze rozdělit do několika skupin:

- jednocestné světelné závory
- reflexní světelné závory
- reflexní světelné snímače
- snímače se světlovody z optických vláken.

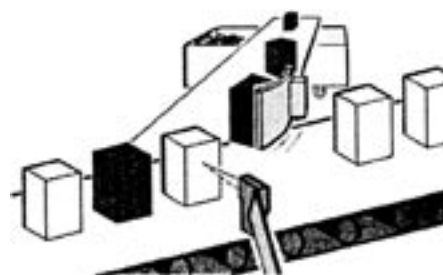
Světelné závory

Využívají principu odrazu nebo přerušení paprsku. Jednocestné světelné závory (obr. 13.20) obsahují jeden vysílač a jeden přijímač, které jsou montovány proti sobě

U reflexních světelných závor (obr. 13.21) se nachází vysílač a přijímač ve stejné schránce. Tyto mohou rozeznávat mezi objekty s různými vlastnostmi odrazu. Tak mohou reagovat na nějaký reflektor (zrcadlo) anebo jen na odraz objektu.



Obr. 13.20 Jednocestné světelné závory



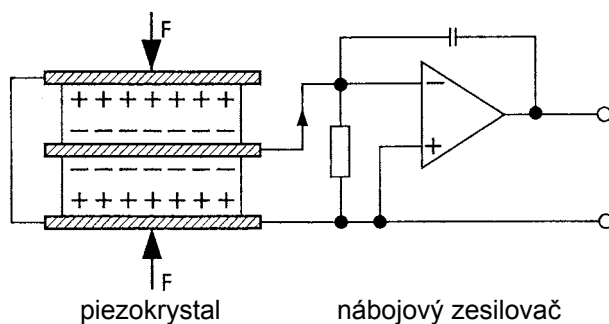
Obr. 13.21 Reflexní světelné závory

Snímače tlaku

Tlakové snímače spínají při určitém tlaku anebo vyvozují signál proporcionální k příslušnému tlaku. Mimo základních, mechanicky spínaných snímačů, existují dnes funkční principy, které využívají fyzikální vlastnosti piezokrystalů anebo odporových tenzometrů.

Piezoelektrická čidla

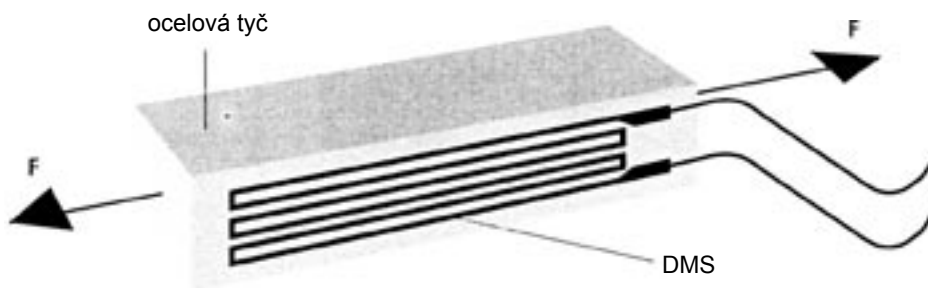
Působením síly F ($= \text{tlak} \times \text{plocha}$) na piezokrystal (např. Quarz, Turmalin, Barium-Titanat atd.) bude tento deformovaný resp. stlačený. Přitom se posune v krystalové mřížce negativní bod mřížky proti pozitivnímu, takže na povrchu krystalu nastanou nábojové rozdíly jako funkce síly F . Při použití piezokrystalu je vrchní a spodní část zasazena do kovové fólie (kontaktu), která vede rozdílový náboj k zesilovači náboje, který ovládá spínací výstup snímačů.



Obr. 13.22 Funkční princip peizoelektrického snímače

Odporové čidlo/tenzometr

Na tenké plastové fólii je nanesená několik μm tenká vrstva slitiny. Potom se procesem leptání vyrobí vinuté cesty. Odporová čidla (tenzometry) se mohou nalepit např. na ocelový nosník (tzv. deformační člen). Natahováním anebo stláčením ocelového nosníku se odpor tenzometru zvětšuje anebo zmenšuje. Vložením do můstkového zapojení mohou být tyto odporové změny zachycené a vyhodnocené. Odporové čidlo se ve snímačích používá nejenom na měření roztažnosti v důsledku elastických napětí na povrchu materiálu, ale i k měření všech mechanicky měrných jednotek, které se dají vztahovat na proporcionální roztažnost elastických pružných těles (membrána, vetknutý nosník, válec atd). To jsou např. zrychlení, síly, ohybové momenty, krouticí momenty, tlaky plynů a tekutin.



Obr. 13.23 Odporové snímače na ocelové tyči

Speciální senzory

- měření sklonu
- váhové články
- detektory plynu
- přístroje pro analýzu
- snímač otáček (relativní, absolutní)
- měření teploty
- měření vlhkosti
- měření vzdálenosti (ultrazvuk, laser)
- měření radioaktivity
- měření průtoku/proudění, objemové proudění
- rozpoznávání barev
- měření tloušťky vrstev
- polohovací systémy
- momentové senzory
- radarové měření
- atd.

Sériová komunikace

Úvod

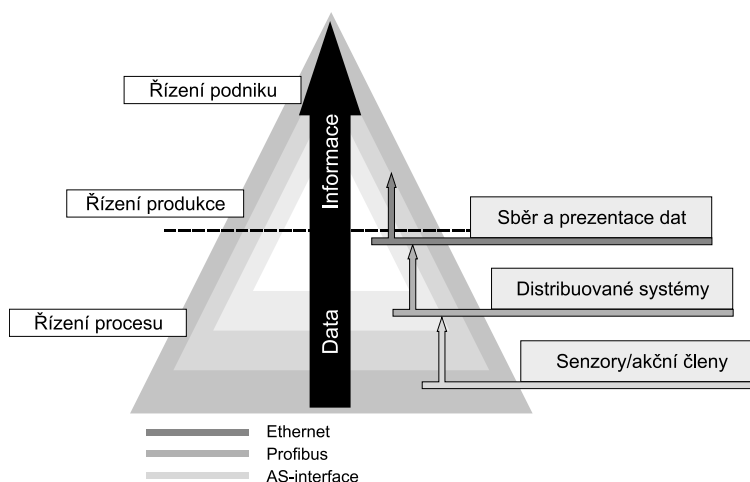
Sériová komunikace probíhá po sériové lince, tzv. sběrnici, tvořené dvěma nebo více vodiči uzavřenými v jednom kabelu. Systémy sériové komunikace nahrazují dříve používané zapojení snímačů a akčních členů, kdy ke každému z nich musely vést alespoň „dva dráty“. Zkuste si představit, jak tlustý by musel být vodičový svazek vedoucí k jednomu tisíci snímačů a akčních členů. Zkuste si také představit, jak dlouho by montérům trvalo připojení všech prvků na vstupy a výstupy řídicího systému a přivedení všech vodičů kabelovými žlaby až ke snímačům a k akčním členům. Jak dlouho by asi trvalo nakreslit dokumentaci k takovému řešení?

Všechny tyto problémy dokáže vyřešit zavedení systému sériové komunikace. Z tlustého svazku vodičů se stane jediný kabel, snímače snadno a rychle připojíte na cenově příznivé vzdálené vstupy a výstupy, projektant do dokumentace zakreslí jediný vodič.



Obr. 13.24 Schéma připojení ventilových bloků na sběrnici a klasickým paralelním způsobem

V praxi se používá mnoho typů průmyslových sběrnic, lišících se od sebe nejen technickými parametry, ale také mírou vhodností pro různé aplikace. Pro zjednodušení problematiky průmyslových sběrnic a pochopení způsobu vertikální integrace řídicích systémů, budou v této kapitole podrobně zmíněni jen tři hlavní zástupci: AS-interface jako zástupce sběrnic na nejnižší bitově orientované úrovni, Profibus-DP jako člen široké rodiny sběrnic na úrovni řízení procesu a Ethernet TCP/IP jako hierarchicky nejvyšší typ sběrnice sloužící ke sběru a prezentaci dat. V závěru kapitoly je v krátkosti zmíněna charakteristika dalších systémů sériové komunikace.



Obr. 13.25 Model CIM - hierarchická struktura získávání dat z procesu (vertikální integrace)

Co je to sběrnice?

Sběrnice je fyzické propojení několika zařízení zajišťující přenos dat a řídicích povelů mezi nimi v reálném čase (obvykle v řádech ms).

Data, která jsou nejčastěji přenášena průmyslovými sběrnici jsou:

- digitální vstupy a výstupy (informace o délce 1 bitu, např. tlačítko nebo koncový spínač...)
- analogové vstupy a výstupy (informace o délce několika bitů či bajtů, např. hodnota teploty, tlaku)

Přínosy zavádění průmyslových sběrnic

- úspora nákladů až 25 % oproti paralelnímu zapojení vstupů a výstupů
- časová úspora při projekci, instalaci a uvádění zařízení do provozu
- diagnostika a rychlejší eliminace závad
- decentralizace řídicího systému (distribuovaný řídicí systém)

Determinovanost průmyslových sběrnic

V technologiích řízených průmyslovými počítači (PLC) je řada procesů, které jsou časově kritické, a proto je jednou ze základních vlastností všech průmyslových sběrnic jejich determinovanost. To znamená, že každá informace (např. stav koncového snímače či ovládací signál pohonu) musí být po sběrnici předán nejpozději v předem definovaném čase T_{max} , který se pohybuje v řádu milisekund, u ovládání servopohonů až mikrosekund.

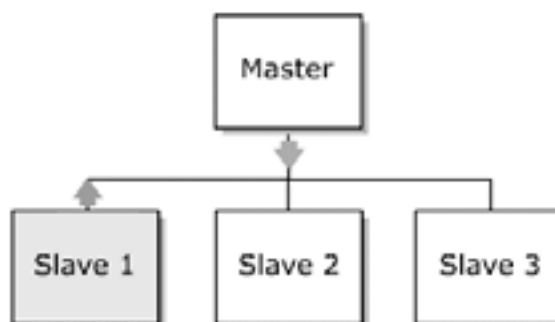
Determinovanost sítě je zajištěna výběrem vhodné metody přístupu ke sběrnici, která určuje způsob, jakým je předcházeno komunikačním kolizím (vysílat může v daném čase pouze jeden uzel na sběrnici). Nejrozšířenější jsou dva základní způsoby komunikace: Master-Slave a Master-Master.

Master – aktivní stanice, která řídí komunikaci na sběrnici

Slave – pasivní stanice, která získává právo vysílat, jen je-li vyzvána Masterem

Metody přístupu ke sběrnici

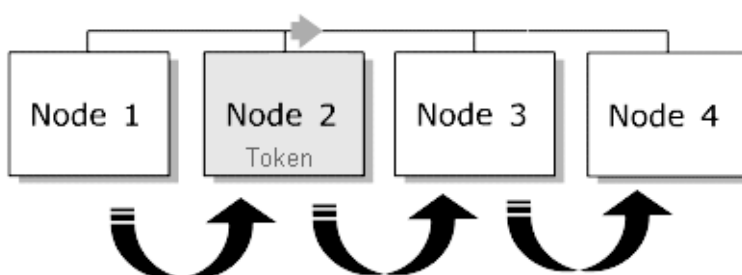
Tato metoda přístupu se nejčastěji používá v sítích typu MonoMaster (na sběrnici je jen jedno zařízení typu Master). Master řídí veškerou komunikaci a Slave může komunikovat pouze s Masterem. Master cyklicky oslovuje účastníky na sběrnici a ti mu odpovídají. Komunikace mezi Masterem a Slavem končí po uplynutí časového intervalu. Poté je osloven jiný Slave. U některých typů průmyslových sběrnic (např. Profibus, protokol DP-V2) je možná i komunikace Slave-Slave.



Obr. 13.26 Metoda přístupu Cyclic Polling

Token Passing (předávání práva na vysílání)

Tato metoda přístupu se používá v sítích typu MultiMaster, což znamená, že se v síti vyskytují minimálně dva účastníci typu Master. Komunikace je možná mezi všemi uzly navzájem. Stanice si cyklicky předávají právo na vysílání. Právo na vysílání po uplynutí časového intervalu zaniká a předává se jinému uzlu.



Obr. 13.27 Metoda přístupu Token Passing

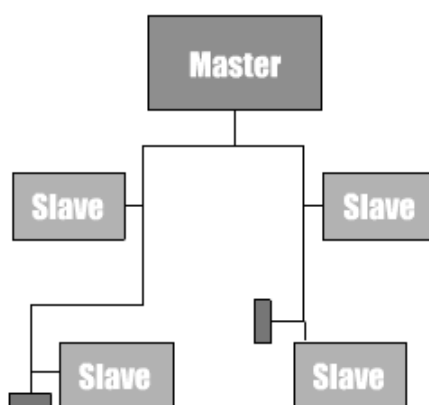
Existuje i mnoho dalších metod přístupu ke sběrnici, jako např. bitová arbitráž u sběrnice CAN, pro zjednodušení problematiky se jimi však nebudeme zabývat.

Topologie sběrnic

Topologie znamená způsob, jakým jsou všechny prvky řídicího systému navzájem spojeny sběrnici. V praxi se lze nejčastěji setkat s těmito způsoby síťového propojení:

Liniová topologie s odbočkami (sběrnice)

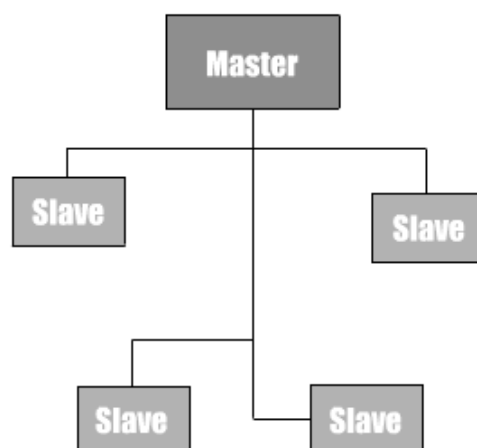
- jednotlivá zařízení jsou připojena ke sběrnici krátkými odbočkami
- výpadek jedné, či několika stanic neohrozí provoz na sběrnici
- přerušení sběrnice způsobí výpadek celé sítě za bodem přerušení
- konce sběrnice je obvykle nutné zakončit odporem (terminátorem)
- limitovaná délka odbočky
- typický představitel: Profibus-DP



Obr. 13.28 Liniová topologie s odbočkami (sběrnice)

Strom

- rozvinutí sběrnice topologie
- délka odbočky není limitována
- přerušení sběrnice způsobí výpadek celého „podstromu“
- velmi snadno rozšiřitelná topologie
- typický představitel: AS-interface

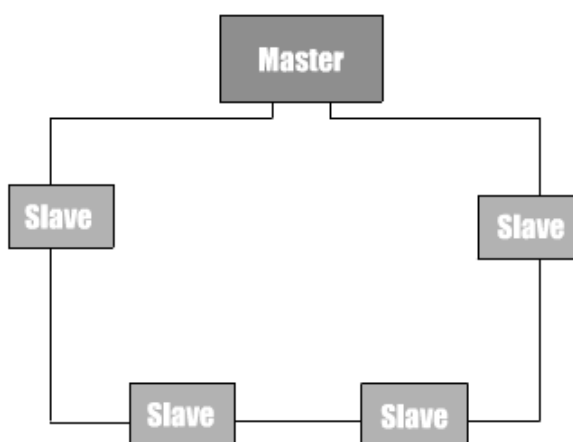


Obr. 13.29 Topologie strom

13. Elektronické řízení

Kruh

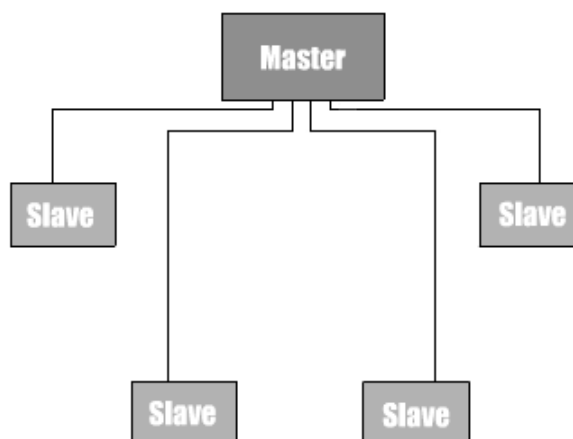
- informace je zasílána z jednoho uzlu k následujícímu v daném pořadí
- každý uzel je spojen pouze se svým nejbližším sousedem
- data se pohybují v kruhu od odesílatele k příjemci
- každý uzel je zároveň i repeater (zesilovač)
- na rozdíl od liniové topologie zde existuje pouze jednosměrný tok dat
- přerušení sběrnice způsobí výpadek celé sítě
- zpráva je nutné ze sítě odstraňovat, aby neobíhaly donekonečna
- metoda přístupu je token ring, tzn. předávání práva na vysílání
- typický představitel: Interbus



Obr. 13.30 Topologie kruh

Hvězda

- výpadek jedné nebo více stanic neohrozí provoz na sběrnici
- přerušení sběrnice způsobí výpadek vždy pouze jedné stanice
- v dnešní době se používá tato topologie v zapojení přes Switch, kdy je zpráva šířena jen do „podsítě“, v níž se fyzicky nalézají příjemci
- vysoké náklady na kabeláž (paralelní připojení), malý provoz na jednotlivých segmentech sběrnice
- typický představitel: Ethernet



Obr. 13.31 Topologie hvězda

Základní typy průmyslových sběrnic

- **Úroveň senzor/akční člen**

Sběrnice se v této kategorii vyznačují příznivou cenou a orientací na informace binárního charakteru. Spojují většinou binární akční členy a senzory s řídicím systémem. Nejznámějším představitelem v tomto segmentu trhu je sběrnice AS-interface.



Obr. 13.32 Úrovně průmyslových sběrnic

Typické snímače: tlačítka, koncové spínače, světelné závory, indukčnostní-, kapacitní-, fotoelektrické, ultrazvukové snímače, hladinové spínače, tlakové, průtokové a teplotní přibližovací spínače, pulzní snímače otáček, vzdálené vstupy.

Typické akční členy: pneumatické ventily, procesní ventily, světelná signalizace, jednoduché elektrické pohony, klapky, vzdálené výstupy.

- **Úroveň řízení procesu**

Sběrnice jsou v této kategorii navrženy pro přenos binárních i analogových dat. Spojují složitější zařízení a technologické celky s řídicím systémem i samotné řídicí systémy navzájem. Na této úrovni probíhá časově kritické řízení procesu či technologie. Typickým představitelem jsou sběrnice Profibus-DP, Interbus, DeviceNet atd.

Typické snímače: laserové scanery, čtečky čárových kódů, tlakové, průtokové, teplotní, hladinové spínače či analogové snímače.

Typické akční členy: pneumaticko-elektrické převodníky, regulátory, frekvenční měniče, operační panely.

13. Elektronické řízení

- **Úroveň prezentace a sběru dat**

Sběrnice v této kategorii jsou schopny přenášet velké objemy dat. Obvykle spojují jednotlivé řídicí systémy se systémy prezentace a sběru dat. Komunikace není časově kritická. Typickým představitelem jsou technologie založené na platformě Ethernetu.

V praxi to pak obvykle vypadá tak, že v části technologie, kde se vyskytují binární prvky, je použita např. sběrnice AS-interface. Složitější řídicí prvky a jednotlivé decentralizované řídicí systémy samotné pak komunikují např. po sběrnici Profibus-DP. Sběr dat pak může být zajišťován např. sběrnicí Ethernet.

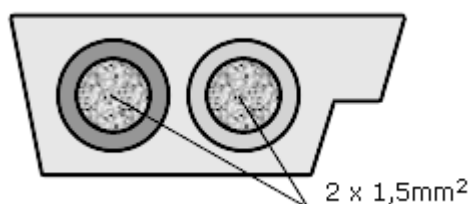


Obr. 13.33 Charakteristika jednotlivých úrovní průmyslových sběrnic

AS-interface

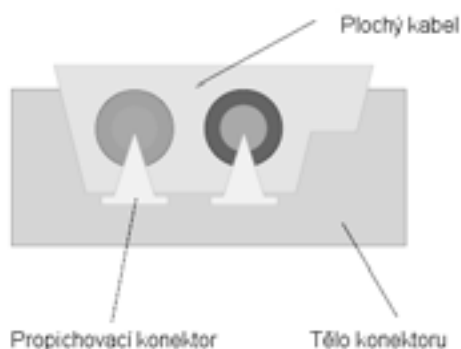
ActuatorSensor-interface je cenově příznivá průmyslová sběrnice úrovně senzor/akční člen, která byla vyvinuta pro komunikaci po speciálním plochém dvou vodičovém kabelu, který slouží jako sběrnice i napájecí kabel dohromady. Nejčastěji ji nalezneme v jednoduchých řídicích aplikacích s jedním PLC, kde se vyskytují binární senzory a akční členy. Velmi zjednodušeně lze popsat AS-interface jako náhradu za tradiční paralelní zapojení akčních prvků a senzorů (odpadá nutnost použití velkého množství vstupně/výstupních karet PLC, konektorů a svorek). V dnešní podobě je sběrnice AS-interface schopna přenášet i analogové signály, což ji přiblížilo úrovni sofistikovanějších sběrnic, jako je Profibus-DP či DeviceNet. AS-interface je otevřená technologie umožňující výrobcům třetích stran produkovat výrobky s tímto rozhraním.

Do fyzické vrstvy rozhraní AS-interface můžeme zařadit charakteristicky žlutý plochý kabel se dvěma vodiči, který slouží jako sběrnice a napájecí kabel zároveň.



Obr. 13.34 Průřez kabelem AS-interface

Kabel má nesymetrický, přibližně lichoběžníkový tvar, který svým profilem při montáži neumožní zaměnit polaritu napájení. Jednotlivé uzly se na kabel připojují speciálním penetračním konektorem. Prakticky to znamená, že dva hroty konektoru propíchnou obal vodiče a vytvoří tak spojení. Krytí takového spojení pak bývá velmi dobré (IP67, IP68...), a to i po demontáži zařízení. Max. proud procházející vodičem je 8A.



Obr. 13.35 Způsob připojení uzlu na sběrnici AS-interface

13. Elektronické řízení

Rozhraní AS-interface umožňuje externí napájení prvků pomocí druhého, stejně profilovaného černého vodiče.

Charakteristika zdroje AS-interface:

- odolnost proti trvalému zkratu
- pracovní napětí 29,5 – 31,6V
- max. úbytek napětí 3V



Obr. 13.36 Napájecí zdroje pro sběrnici AS-interface

Každý Slave musí mít svoji unikátní adresu v rozmezí 01A-32B (platí pro verzi V2.1 a vyšší). Nový prvek má z výroby v paměti uloženu adresu 00, kterou je nutné změnit. Existují dvě možnosti, jak tyto adresy nastavit. První možnost je použít programátor, který se na zařízení připojí přes adresovací vstup. Programátor pak dokáže jednoduše načíst či změnit aktuální adresu uzlu.



Obr. 13.37 Programovací jednotky pro zařízení na sběrnici AS-interface

Druhá možnost je využít možnosti programovat stanice přímo po sběrnici za pomoci Masteru. V tomto případě se ovšem na sběrnici může vyskytovat jen jeden uzel s adresou 00. Prakticky to znamená, že se jednotlivé uzly musí připojovat a programovat postupně, jinak by Master nevěděl, který z uzlů s adresou 00 chceme přeprogramovat.

Instalace sběrnice v praxi je velmi snadná a rychlá. Stačí jednotlivým uzlům zadat jedinečné adresy, připojit je na sběrnici a nakonfigurovat AS-interface Master. Např. k nakonfigurování Masterů fy. Siemens stačí jen stisknout tlačítko SET a master si sám najde všechny uzly na síti. Některé verze Masterů jsou konfigurovatelné i v prostředí STEP7 (aplikace pro programování PLC Siemens Simatic).

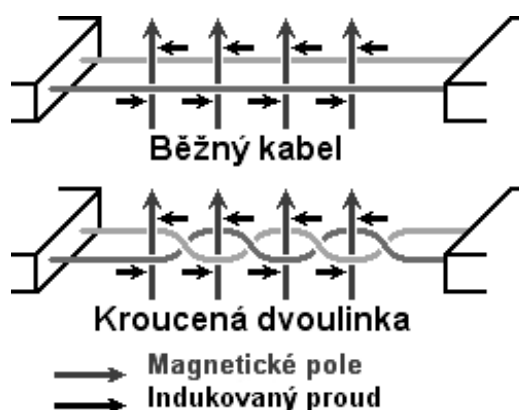
Základní rysy sběrnice AS-Interface:

- síť typu Master/Slave, pouze jeden master;
- max. 62 Slavů + 1 Master
- přenosová rychlost cca 167 kB/s
- topologie: strom (sběrnice, hvězda);
- médium: nekroucený, nestíněný dvou vodičový kabel
- možnost napájení snímačů a akčních členů přímo po sběrnici i zvláštním kabelem
- cyklus sítě max. 5 ms pro 31 uzlů, max. 10 ms pro 62 uzlů
- délka sítě: 100 m (300 m s opakovacími)
- slave: max. 4 binární vstupy a 4 binární výstupy, (verze 3.0: 4 vstupy, 3 výstupy)

Profibus-DP

Průmyslová sběrnice Profibus-DP (PROces Field BUS - Decentralized Periphery) byla vyvinuta jako komunikační interface mezi řídicími systémy (PLC) a jejich distribuovanými částmi (např. vzdálené vstupy a výstupy). Profibus je otevřený systém, což znamená, že i výrobci třetích stran mohou vyrábět prvky s tímto rozhraním. V Evropě se jedná o nejrozšířenější standard s nejširší nabídkou produktů.

Fyzická vrstva standardu Profibus-DP je tvořena sériovou linkou RS485, která jako přenosové médium využívá kroucenou dvoulinku, která v běžných podmínkách dobře odolává rušení. Certifikovaná kabeláž Profibus-DP (fuchsiová barva) je navíc stíněna. I přesto se nedoporučuje vést sběrnice kabel ve žlábech společně s vysokonapěťovými kabely či kabely pohonů řízených měničem. Stínění musí být připojeno na ochrannou zem. Konce sběrnice musí být zakončeny odporem (terminátorem).



Obr. 13.38 Kroucená dvoulinka - ochrana před rušením

Jednotlivé uzly se na sběrnici připojují konektory typu D-SUB9 či M12 s reverzním kódováním (typ B). Síťový kabel Profibus-DP přenáší pouze data a neumožňuje napájení uzlů. Fyzická vrstva může být tvořena také optickým kabelem, což je zvláště výhodné v provozech s vysokým elektromagnetickým rušením (svařovny). Optického vlákna se používá pro jeho vysokou odolnost vůči elektromagnetickému rušení, vysokou přenosovou rychlost a možnost použití na větší vzdálenosti. V dnešní době se používají jednak skleněná optická vlákna (v délce až 2 km), tak i levná plastová optická vlákna (v délce až 50 m). K těmto optickým vláknům jsou k dispozici i speciální konektory s integrovaným převodníkem RS 485 na optické rozhraní a opačně, což umožňuje jednoduše kombinovat metalický a optický rozvod v jedné síti.

Profibus může být nakonfigurován jako sběrnice typu multimaster, což znamená, že na sběrnici může být více jednotek Master najednou. Max. přenosová rychlost je 12Mbit/s, která ovšem klesá s délkou vedení. Na sběrnici lze připojit maximálně 32 zařízení bez použití repeateru, při jeho použití až 127 zařízení.

Každý uzel sítě Profibus musí mít unikátní adresu, kterou lze fyzicky nastavit přepínači přímo na zařízení (hardwarové konfigurace) či ji nastavit pomocí masteru přes sběrnici (softwarová konfigurace). Konfiguraci celé sítě je nutné provést v programovacím prostředí daného Masteru (PLC). Pro konfiguraci zařízení na sběrnici Profibus jsou nutné konfigurační soubory GSD.

Konfigurační soubory GSD

Geräte-Stamm-Datei je textový soubor ASCII, ve kterém je uložen profil zařízení pro sběrnici Profibus. Každá proměnná tohoto konfiguračního souboru GSD obsahuje popis vlastností stanice, jako jsou název prvku, výrobce, verze souboru, typ komunikačního protokolu, podporované rychlosti přenosu, délku diagnostických dat apod. Bez tohoto konfiguračního souboru není možné zařízení provozovat na sběrnici Profibus. Každý výrobce je povinen ke svému produktu dodat certifikovaný konfigurační soubor.

Základní rysy sběrnice Profibus-DP:

- síť typu Master/Slave,
- max. 127 Slavů
- přenosová rychlost cca 9 800 kB/s až 12 Mb/s
- topologie: liniová s odbočkami (sběrnice)
- médium: kroucený dvou vodičový kabel nebo optický kabel
- délka sítě: 100 m mezi členy, s optickými kabely až 24 km
- nutný GSD soubor

Ethernet

Ethernet je dnes zdaleka nejlevnější a nejpoužívanější sběrnice. Její použití v průmyslu je však mnohdy problematické kvůli její nedeterminovanosti. Používá totiž metodu přístupu CSMA/CD (*Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detection*), která nezajišťuje předání informace nejpozději v čase T_{max} .

Nedeterminovanost Ethernetu ho předurčuje pro časově nekritické aplikace, jako je sběr dat a jejich prezentaci v podnikové síti. Jedná se o velmi levné řešení, které je lehce propojitelné s podnikovou sítí.

Stanice, která potřebuje vysílat, naslouchá, co se děje na přenosovém médiu. Pokud je v klidu, začne stanice vysílat. Může se stát (v důsledku zpoždění signálu), že dvě stanice začnou vysílat přibližně ve stejný okamžik. Jejich signály se pochopitelně navzájem zkomolí. Tato situace se nazývá kolize a vysílající stanice ji poznají podle toho, že během svého vysílání zároveň zjistí příchod cizího signálu. Stanice, která detekuje kolizi, vyšle krátký signál (jam o 32 bitech). Poté se všechny vysílající stanice odmlčí a později se pokusí o nové vysílání. Mezi opakovanými pokusy o vysílání stanice počká vždy *náhodnou dobu*. Interval, ze kterého se čekací doba náhodně vybírá, se během prvních deseti pokusů vždy zdvojnásobuje. Stanice tak při opakovaných neúspěších „ředí“ své pokusy o vysílání a zvyšuje tak pravděpodobnost, že se o sdílené médium úspěšně podělí s ostatními.

Kroucená dvoulinka je dnes zdaleka nejrozšířenější druh Ethernetové kabeláže. Topologie sítě se změnila z liniové na hvězdicovou, v jejímž středu je switch a na koncích jednotlivých spojů připojené počítače. Vzhledem k tomu, že switch nepředává rámec rovnou, ale po uložení jej sám odvysílá, až bude na cílovém rozhraní volno, počítače připojené k jeho rozhraní spolu navzájem nesoutěží o médium. Na každém rozhraní přepínače běží nezávislý algoritmus CSMA/CD a o médium spolu soutěží jen zdejší počítače - přepínač tzv. odděluje kolizní domény. Důsledkem je vyšší propustnost sítě, a také vyšší bezpečnost, protože data jsou doručována jen tam, kde sídlí jejich příjemce.

Kabely používané v průmyslu jsou typu STP - Shielded Twisted Pair (stíněná, kroucená dvoulinka), které se používají v průmyslovém prostředí - jsou odolnější proti rušení. Používá se stínění celého kabelu nebo i jednotlivých párů.

Stručně o dalších sběrnících

CAN

Sběrnice s liniovou topologií typu multi-master navržená pro automobilový průmysl využívající náhodného přístupu k médium. Při kolizi jednotlivých zpráv se pak rozhoduje na základě jejich priority. Např. dojde-li na sběrnici automobilu ke kolizi informace z klimatizační jednotky a systému ABS, pak zpráva z protiblokovacího systému bude odeslána okamžitě, zatímco informace z klimatizační jednotky bude odložena. Sběrnice CAN je velmi dobře odolná proti chybám, díky pětinasobnému systému kontroly na úrovni bitů i zpráv. Tato sběrnice našla velmi dobré uplatnění i v průmyslu, a to díky jejímu rozšíření o další síťové vrstvy. Sběrnice, které takto navazují na CAN, jsou DeviceNet a CANopen.

DeviceNet

Komunikační protokol navržený firmou Allen-Bradley přizpůsobující sběrnici CAN pro použití v průmyslových řídicích systémech. V USA se jedná o zdaleka nejúspěšnější sběrnici s velkým množstvím prvků od různých výrobců. Charakteristickou vlastností DeviceNetu je možnost využít kabeláže, v níž jsou mimo sběrníkových vodičů i vodiče sloužící pro napájení uzlů. Možné je i napájení uzlů přímo po sběrnici. DeviceNet umí využít celou řadu kabelů (tenký kulatý, tlustý kulatý i plochý kabel s krytím IP67). Mezi nejpoužívanější konektory se řadí šroubovací svorkovnice s krytím IP20 nebo konektory M12 s krytím IP67. Max. počet uzlů v síti je 64, síť podporuje komunikaci typu peer to peer, master-slave, multi-master. Max. přenosová rychlost je 500 kb/s na vzdálenost 100 m. Stejně jako Profibus-DP i DeviceNet vyžaduje konfigurační soubory pro jednotky Slave.



Obr. 13.39 Nejpoužívanější DeviceNet konektor s krytím IP20, tenký kulatý kabel s konektory M12, plochý kabel s odbočkami

Ethernet jako průmyslová sběrnice

Základní myšlenka adaptace Ethernetu pro potřeby řízení v reálném čase je ve speciálních komunikačních protokolech, které obvykle kombinují standardní protokol TCP/IP s deterministickým protokolem průmyslových sběrnic. (Profinet, EtherCAT, Ethernet/IP, Ethernet Powerlink...). To ovšem spolu s vyššími nároky průmyslového prostředí na atesty a robustnost provedení celé řešení na bázi Industrial Ethernetu značně prodražuje.



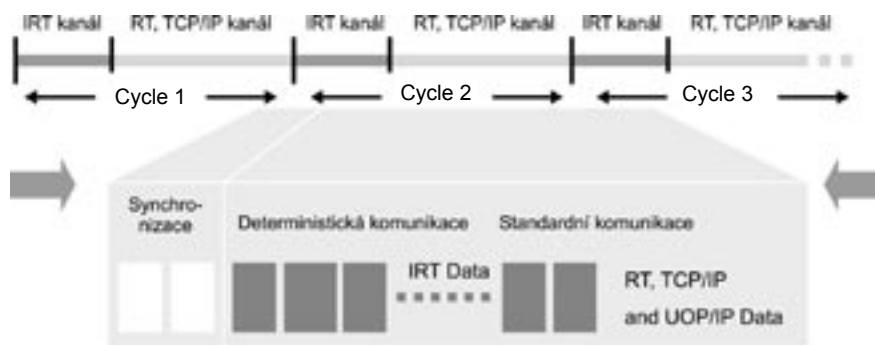
Obr. 13.40 Průmyslový Ethernet - jedná sběrnice napříč úrovněmi řízení

Přínosy průmyslového Ethernetu

- prověřený standard
- rozšířená technologie s nízkými náklady
- 100x větší průchodnost dat ve srovnání s ostatními sběrnicemi
- snadné napojení na systémy pro řízení podniku (MES, ERP)
- různá média přenosu (Optické kabely, metalické kabely, wi-fi...)

Profinet

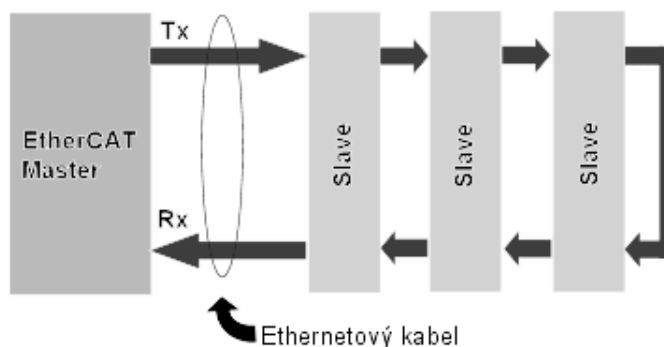
Systém Profinet spravuje a vyvíjí organizace uživatelů sběrnice Profibus pod záštitou společnosti Siemens. Jako přímý následník sběrnice Profibus má jednotná technologie Ethernet předpoklad zvládat všechny firemní oblasti až na úroveň čidel a akčních členů. V celé síti jsou v předdefinovaných intervalech isochronně uvolňovány komunikační trasy pro časově závislá data. Jakmile časové okno pro časově kritická data skončí, následuje běžný ethernetový TCP/IP přenos dat. Běžné komerčně dostupné switche neumí zajistit přenos informací v isochronním kanálu a musí být nahrazeny např. přepínači Siemens SCALANCE.



Obr. 13.41 Střídání kanálu IRT [μs], kanálu dat reálného času [ms] a běžné TCP/IP komunikace

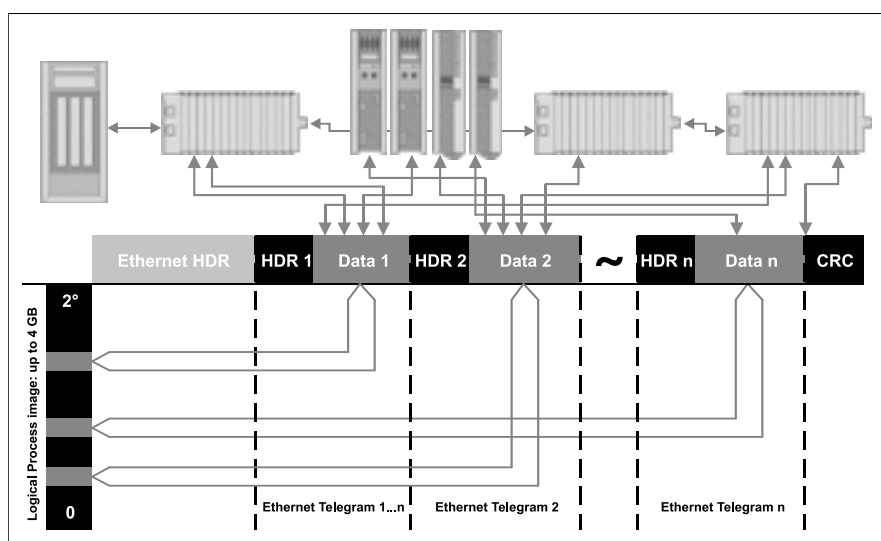
EtherCAT

Firmě Beckhoff se podařilo vyvinout nejrychlejší řešení založené na Ethernetu TCP/IP. Jednotka Master řídí komunikaci všech zařízení v síti uspořádané do kruhu. V každém cyklu si zařízení vyčte odpovídající výstupní data z ethernetových zpráv posílaných masterem. I vstupní data jsou do paketů vkládána průběžně. Zprávy se po oběhnutí kruhu vracejí do hlavní jednotky sběrnice. EtherCAT byl navržen pro architekturu s ústředními řídicími jednotkami a jednoduchými (levnými) koncovými zařízeními. Jednotlivá zařízení spolu mohou komunikovat pouze oklikou přes hlavní jednotku sběrnice. Nutné použití kruhové struktury znamená, že hvězdicové síť lze používat pouze omezeně, při použití speciálních zařízení. Jednotlivá zařízení v kruhové síti EtherCAT nepoužívají MAC adresy, ale pouze identifikátory přiřazené masterem, což znamená že je nelze použít v běžných Ethernetových sítích.



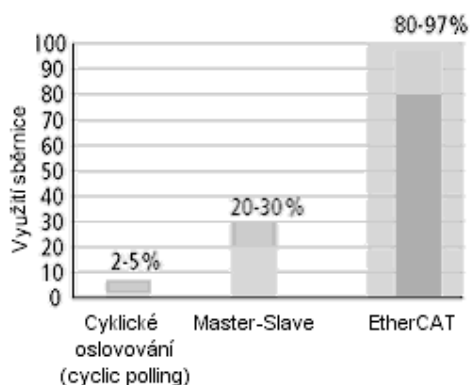
Obr. 13.42 Struktura sběrnice EtherCAT

EtherCAT překonává jeden z hlavních nedostatků Ethernetu TCP/IP, kdy je ethernetová zpráva přijímána, poté interpretována a následně odesílána. Zařízení EtherCAT umí přecházet data při průchodu zprávy uzlem a stejně tak do této zprávy zapsat. Dochází tak ke zpožděním v řádu nanosekund namísto obvyklých stovek mikrosekund.



Obr. 13.43 Telegram protokolu EtherCAT

Sběrnice EtherCAT dokáže využívat kapacitu média daleko lépe než její konkurenti. Např. řídicí jednotka servomotoru cyklicky vysílá a přijímá 4 bajty. Minimální délka zprávy TCP/IP je 84 bajtů. Využitá kapacita sběrnice je tedy jen $4/84 = 4,8 \%$. Při střední době odezvy sběrnice $10 \mu\text{s}$ se dostáváme k využití kapacity média pod 2% . EtherCAT sdružuje data z jednotlivých zařízení do jediné zprávy, čímž zvyšuje využití sběrnice až na 97% . EtherCAT je schopen přenést 256 I/O signálů za $11 \mu\text{s}$, 1000 I/O signálů za $30 \mu\text{s}$, 200 analogových signálů za $50 \mu\text{s}$.



Obr. 13.44 Srovnání využití přenosového pásma sběrnic

Přehled systémů SMC pro sériovou komunikaci

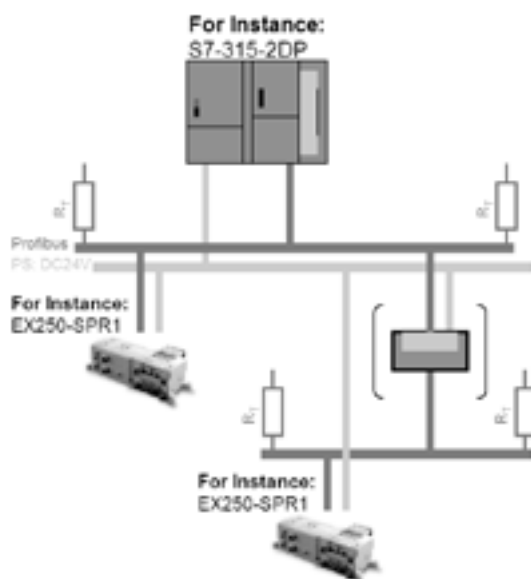
EX250 – krytí IP67, 32 vstupů, 32 výstupů

Co je třeba pro sestavení systému sériové komunikace ?

- PLC se sběrnice Masterem
- sběrnice kabel
- sběrnice konektory D-SUB a M12 (typ B)
- Y- konektory
- zdroj napětí (24 V DC)
- napájecí kabely
- jednotky Slave
- zakončování odpory - terminátory
- GSD popř. EDS soubor
- např. Profibus-DP, Ethernet IP kompatibilní



Obr. 13.45 EX250 systém pro sériovou komunikaci

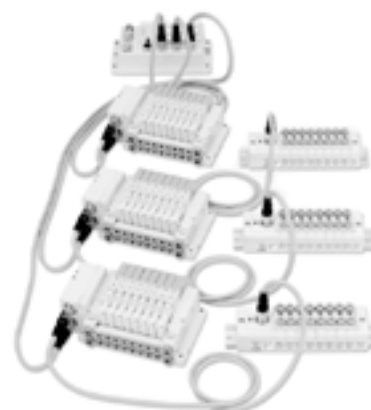


Obr. 13.46 Struktura systému pro sériovou komunikaci EX250

EX500 – krytí IP 67, 64 vstupů, 64 výstupů, Gateway systém

Co je třeba pro sestavení systému sériové komunikace ?

- PLC se sběrnice Masterem
- sběrnice kabel
- sběrnice konektory D-SUB a M12 (typ B)
- zdroj napětí (24 V DC)
- jednotky Slave
- jednotky vstupů
- komunikační kabely k vent.blokům a vstupním jednotkám
- napájecí kabely
- GSD popř. EDS soubor
- např. Profibus-DP, EtherCAT IP kompatibilní



Obr. 13.47 EX500 gateway systém pro sériovou komunikaci

Nové jednotky Profibus, Profinet, EtherCAT – krytí IP 40, až 32 vstupů a 24 výstupů

Co je třeba pro sestavení systému sériové komunikace ?

- PLC se sběrnice Masterem
- sběrnice kabel
- sběrnice konektory D-SUB (Profibus) nebo RJ45 (Profinet, etherCAT)
- zdroj napětí (24 V DC)
- jednotky Slave
- GSD soubor



Obr. 13.48 Prototyp nové jednotky pro sériovou komunikaci

Zhodnocení sběrníkových systémů

Pro určení sběrníkového systému by se mělo vycházet z následujících zásad:

Požadavek určuje sběrníkový systém a ne sběrníkový systém požadavky.

V zásadě je každá sběrnice použitelná. Zpravidla je ale jen jedna pro optimální aktuální použití. Při určitých aplikacích může přijít v úvahu i více sběrníkových systémů do užšího výběru. Může se zjistit, že není vhodný žádný sběrníkový systém. Potom je třeba si promyslet, zda nedat přednost původnímu paralelnímu prodrátování. Nakonec se najde pro použití ideální propojovací koncept a ne sběrníkový systém. Při volbě sběrníkového systému je potřebné vypracovat vhodný Matrix, v kterém jsou uvedeny všechny požadavky týkající se zapojení strojů.

Požadavek	ohodnocení	BUS 1	BUS 2	BUS 3
Nabízí systém všechny volby, které budou potřebné? (např. digitální-, analogové-, vstupy a výstupy, IP65, zástrčka - normovaná apod.)	důležitý	ano	ne	ano
Stačí počet možných Slave pro Master?	velmi důležitý	ne	ano	ano
Může požadované množství dat (Baudrate) systémem být přenesené? (Schopnost reálného času)	velmi důležitý	ne	ano	ne
Stačí max. délka kabelu, aby stroj kompletně obsáhla?	velmi důležitý	ne	ano	ano
Je instalační čas pro moduly a prodrátování důležitý?	důležitý	ano	ano	ano
Je čas cyklu sběrníkového systému dost krátký pro použití?	nepodstatný	ano	ano	ne
Budou nastaveny speciální požadavky pro zjištění chyb?	nepodstatný	ano	ne	ano

Tabulka 13.49 Příklad jednoho požadavku na Matrix

Jedno by měl potenciální uživatel Bus-systémů vědět: co vypovídají analýzy trhu anebo propagační brožury, nejsou žádné dobré a žádné špatné Bus-systémy. Každý Bus-systém má na trhu svoje opodstatnění. Jsou ale systémy, které jsou lepší anebo horší pro určité použití.