

Priemyselné komunikačné zbernice a protokoly

Priemyselné komunikačné zbernice a protokoly tvoria „nervovú sústavu“ každého zariadenia (jednoúčelové stroje, jednoduché a rozsiahle výrobné linky, distribúcia energie a pod.) používaného v priemysle. Ich hlavnou úlohou je sprostredkovať prenos informácie medzi riadiacou jednotkou a vstupnými a výstupnými perifériami. Návrh komunikačného prepojenia jednotlivých zariadení má výrazný dopad na rýchlosť a tým pádom aj kvalitu riadenia a ovládania celého výrobného zariadenia.

Systémy s priemyselnými komunikačnými zbernicami sa vyznačujú nasledovnými vlastnosťami:

- Flexibilita a modularita – systém s priemyselnou komunikačnou zbernicou je jednoduchšie rozšriteľný ako centralizovaný systém.
- Konfigurovateľnosť – komunikačná sieť umožňuje parametrizáciu a konfiguráciu prevádzkových prístrojov, čo uľahčuje inštaláciu systému a jeho uvedenie do prevádzky. Konfigurovateľnosť prostredníctvom komunikačnej siete je základným predpokladom pre použitie inteligentných prevádzkových prístrojov.
- Udržiavateľnosť – použitie priemyselnej komunikačnej zbernice umožňuje monitorovanie prístrojov a zariadení, zisťovanie ich stavu a nahrávanie aktualizovaného softvéru.
- Distribuovanosť – komunikačná sieť je základným predpokladom pre implementáciu distribuovaných systémov. Spracovanie údajov nemusí byť realizované v centrálnej riadiacej jednotke, ale sa môže vykonávať v prevádzkových prístrojoch.

Vznik a vývoj priemyselných komunikačných zberníc

Za prvú priemyselnú komunikačnú zbernicu je možné považovať zbernicu MIL-STD-1553, ktorá vznikla v roku 1970 a neskôr bola štandardizovaná ministerstvom obrany USA. Postupne začali vznikať ďalšie priemyselné komunikačné zbernice určené pre automobilový priemysel a automatizáciu v priemysle. V týchto komunikačných zberniciach boli implementované spodné dve vrstvy modelu OSI – fyzická a linková vrstva. Protokoly aplikačnej vrstvy boli pridávané postupne tak, aby spĺňali požiadavky určitej oblasti aplikácií. Typickým príkladom je komunikačná zbernica CAN, ktorá vznikla začiatkom 80-tych rokov minulého storočia v spoločnosti firmy Bosch GmbH a bola určená pre použitie v riadiacich systémoch automobilov. Mala implementovanú len fyzickú a linkovú vrstvu, čo postačovalo pre použitie v automobiloch. Pre aplikácie v priemyselnej automatizácii sú však potrebné aj funkcie aplikačnej vrstvy a tak bola táto komunikačná zbernica neskôr doplnená aj o protokoly aplikačnej vrstvy (tak vznikli napríklad CANopen, SDS a DeviceNet).

V 80-tych rokoch minulého storočia nastal boom zavádzania priemyselných komunikačných zberníc. Vzniklo množstvo špeciálnych zberníc a následkom bola nízka zameniteľnosť zariadení rôznych výrobcov. V dôsledku toho nastal proces prirodzenej selekcie najživotaschopnejších typov priemyselných komunikačných zberníc, vznik štandardov a snahy o vytvorenie jediného štandardu priemyselnej komunikačnej zbernice, ktoré však neboli úspešné.

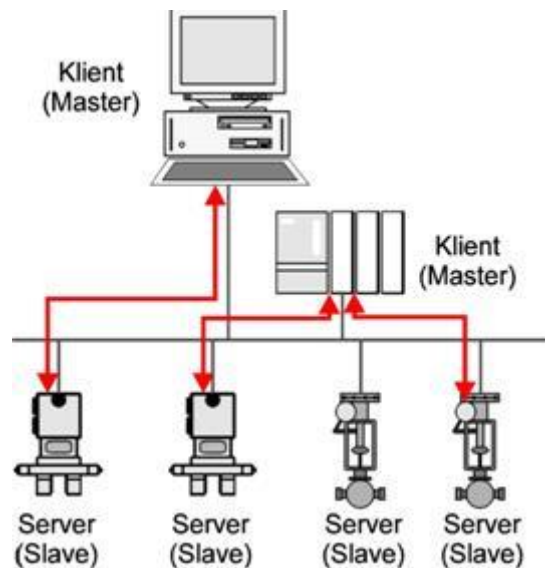
Základné vlastnosti priemyselných zberníc je možné zhrnúť nasledovne:

- prenášajú veľké množstvo krátkych blokov údajov,
- prenosová rýchlosť je v porovnaní s lokálnymi sieťami nízka (do 12 Mbit/s, v systémoch s priemyselným Ethernetom do 100 Mbit/s), ale pomerne veľký rozsah vzdialeností (desiatky metrov až niekoľko kilometrov),
- časová synchronizácia činnosti zariadení pripojených na komunikačnú zbernicu (na úrovni mikrosekúnd),
- jednoduchá inštalácia, ktorú vykonávajú školení pracovníci,
- vysoká integrita (vysoký stupeň ošetrovania porúch prenosu údajov).

Metódy prenosu údajov

Master/Slave

Zariadenie master (napr. PLC) na Obr. 1 vysiela požiadavku na prenos údajov zariadeniu slave (napr. snímač, akčný člen). Adresovaný (oslovený) slave následne odpovedá na požiadavku. Príklady metódy prenosu master/slave: 1) acyklický prenos údajov na zbernici Profibus DP pri prenose konfiguračných údajov z PLC do frekvenčného meniča, 2) cyklické čítanie údajov zo snímača polohy do riadiaceho PLC a následné vyslanie akčného zásahu (hodnoty žiadanej frekvencie) do frekvenčného meniča.



Obr. 1 Prenos údajov „klient/server“ („Master/Slave“)

Klient/server

V zberniciach, v ktorých nie sú jednoznačne definované zariadenia master a slave (napr. Foundation Fieldbus), sa táto metóda prenosu nazýva „klient/server“. Zariadenie vystupujúce vo funkcii klient žiada o prenos údajov a zariadenie server odpovedá.

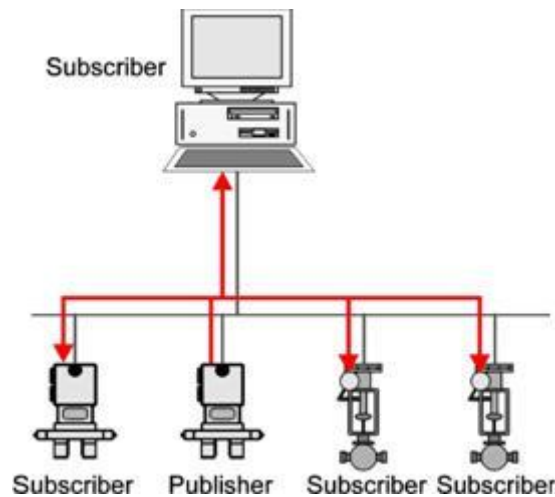
Technické prostriedky automatizovaného riadenia

Prednáška 8

Možné použitie metódy Klient/Server: acyklický prenos údajov medzi prístrojom (zariadením na zbernici - server) a pracoviskom operátora (klient) – prenos konfiguračných údajov, monitorovanie a vizualizácia.

Publisher/ subscriber

Zariadenie, ktoré vystupuje vo funkcii „publisher“ na Obr. 2 vysiela hodnotu, ktorú má možnosť prijať niekoľko zariadení súčasne a ktoré vystupujú vo funkcii „subscribers“. Výhodou je, že prenášaná hodnota je prenesená do viacerých zariadení súčasne. Táto metóda prenosu údajov sa používa vo Fondation Fieldbus pri spätnoväzobnom riadení (closed-loop control). Publisher si pamätá zariadenia, ktoré vystupujú ako príjemcovia jeho správ (subscriber): ak chce určité zariadenie získať tieto správy, vyšle požiadavku do zariadenia Publisher, ktoré ho zaradí do zoznamu príjemcov. Pri prenose správ sa používa skupinová adresácia.

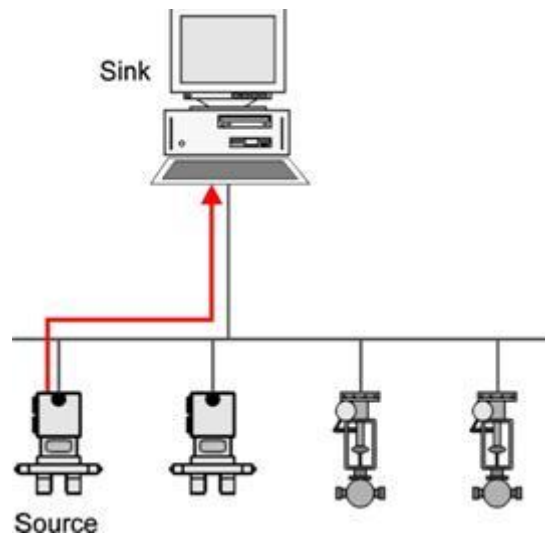


Obr. 2 Prenos údajov „Publisher/subscriber“

Ak sú údaje prenášané medzi zariadeniami priamo, bez nutnosti ich prenosu cez zariadenie Master, takýto prenos sa označuje „peer-to-peer“. Možné využitie metódy Publisher/Subscriber predstavuje napríklad cyklický prenos procesnej veličiny zo znímača.

Prenos údajov bez vyžiadania (Source/sink)

Zariadenie, ktoré na Obr. 3 vystupuje vo funkcii „source“ vysiela správu zariadeniu „sink“, bez vyžiadania tejto správy zariadením „sink“. Prenos údajov je realizovaný acyklicky, napríklad pri výskyte alarmu. Použitie: prenos alarmov a údajov o poruchách zo zariadení na operátorský panel, pri výskyte porúch.



Obr. 3 Prenos údajov "Source/sink"

Prostriedky pre riadenie v reálnom čase - architektúra mikroprocesorov a mikropočítačov

Počítač (computer) je podľa stroj na číslicové a logické spracovanie údajov, ktorý pracuje podľa programu vopred uloženého do pamäti. Skladá sa z viacerých komponentov, ktoré zjednodušene pozostávajú z procesora (CPU - central processing unit), pamäte, zberníc a špecializovaných periférií. Procesor predstavuje základnú jednotku počítača, t.j. logický automat pre spracovanie informácií, obsahujúci hlavne aritmeticko-logickú jednotku (ALU) a riadiacu jednotku. Mikroprocesory sú vyrábané technológiou veľkej integrácie. Riadiaca jednotka (controller, control unit) je časť procesora, ktorá riadi vykonávanie operácií a chod vlastného procesora podľa inštrukcii programu. Riadiaca jednotka pozostáva z častí:

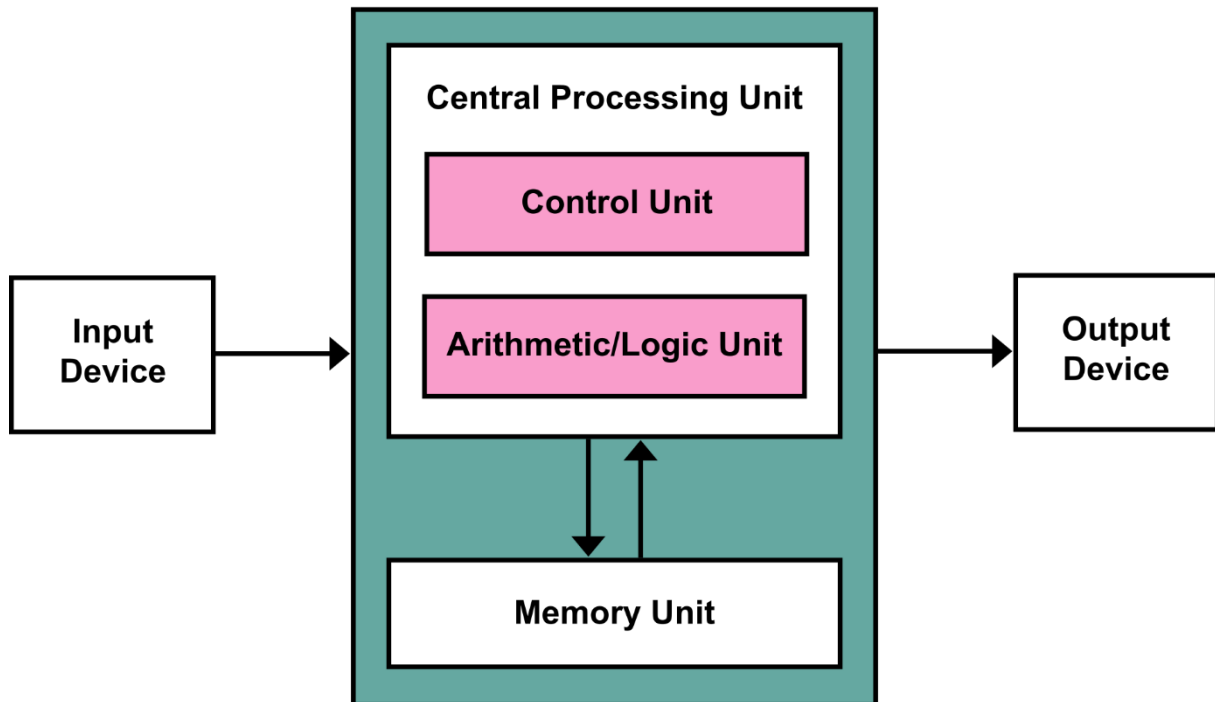
- Register inštrukcii, ktorý uchováva operačný znak inštrukcie (flag) počas jej vykonania.
- Dekodér inštrukcii, ktorý obsah dekoduje a generuje riadiace signály pre procesor.

Pod architektúrou procesora rozumieme ideový návrh, t.j. vytýčenie hlavných princípov jeho výstavby s prihliadnutím na potreby programovania, členenia na najdôležitejšie časti a stanovenie ich vlastností atď. K charakteristike architektúry patrí: výpočet registrov a ich funkcií, popis vnútorných a vonkajších zberníc, spôsob adresovania a inštrukčný súbor. Analogicky sa chápe aj architektúra mikropočítača. Táto je predurčená najmä použitým mikroprocesorom a požiadavkami na prostredie.

Princetonská architektúra (podľa Johna von Neumana)

Von Neumanova koncepcia je založená na tom, že procesor má k dispozícii len jednu množinu adres a preferencia adres po uložení programu je v moci programátora. Tým vyniká možnosť

spracovávať inštrukcie ako dáta a tak modifikovať program. Podľa tejto koncepcie sú postavené takmer všetky väčšie počítače, mikroprocesory a mikropočítače. Dnešné počítače na rozdiel od pôvodnej von Neumanovej schémy môžu pracovať s viacerými procesormi a tiež paralelne s viacerými programami zároveň (multitasking), čo vedie k efektívnejšiemu využívaniu strojového času. Program sa tiež nemusí v dnešných počítačoch zaviesť naraz celý ale je možné zaviesť len jeho časť a ostatné časti zaviesť až v prípade potreby.



Obr. 4 Von Neumanova koncepcia

Dáta a inštrukcie podľa von Neumanovej koncepcie na

Obr. 4 sú uložené v spoločnej pamäti. Prístup k inštrukciám a dátam prebieha sekvenčne striedaním cyklov F a X (F - Fetch - výber, X - Execute - vykonaj) :

- Cyklus F - > Obsah CS:IP definuje adresu pamäte. Z pamäti po dátovej zbernici vstupujúce dáta na základe kontextu, sú interpretované ako operačný kód a vstupujú do registra inštrukcii , dekódujú sa a ukladajú sa do fronty inštrukcii.
- Cyklus X - > Po dekódovaní kódu inštrukcie sa vykoná vlastná inštrukcia, ktorej kód sa získal z fronty inštrukcii.

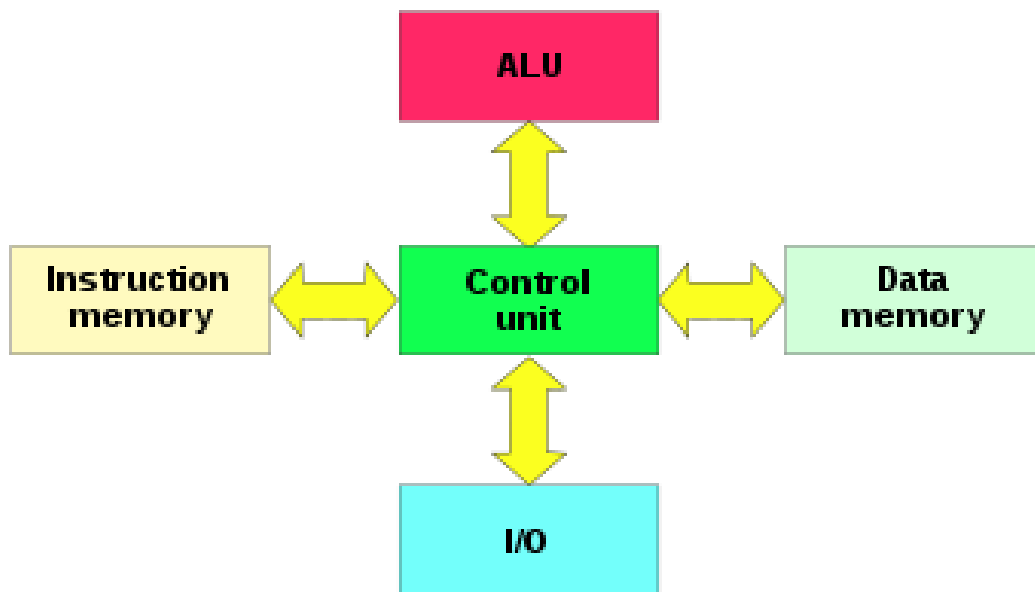
Dôsledok sekvenčného striedania cyklov F a X je nižšia priechodnosť dát a inštrukcii. Nie všetky inštrukčné cykly sa však obracajú k pamäti. Počas intervalu keď je zbernica voľná možno pristúpiť k pamäti a uskutočniť predvýber (prefetch) operačného kódu inštrukcie alebo operandu s tým, aby sa inštrukcia skôr zaradila do fronty (FIFO) predpripravených inštrukcii, ktoré sa budú vykonávať. Procesor tak spotrebuje menej cyklov strojového času. Ďalšie zefektívnenie sa dosahuje pomocou prekryvania dekódovania inštrukcie s posledným krokom vykonávania predošlej inštrukcie. Zreťazené spracovanie inštrukcii sa nazýva pipelining (napríklad 4 stupňové pipeline: čítanie inštrukcie, dekódovanie, vykonanie, uloženie výsledku).

Harvardská architektúra (podľa Howarda Aikena)

Harvardská koncepcia na rozdiel od von Neumanovej predpokladá existenciu dvoch oddelených pamätí. V prvej sú uložené programy a v druhej sú uložené dáta. Programový kód a dáta sú teda uložené v oddelene adresovaných oblastiach pamäte. Môže sa prekryvať čítanie a vykonávanie inštrukcií. Priechodnosť inštrukcií a dát možno zvýšiť:

- minimalizovaním času potrebného na vykonanie inštrukcie;
- rozdelením jednotlivých inštrukcií na menšie úseky, prekryvanie cyklov.

Harvardská architektúra na Obr. 5 sa často používa pri jednočipových mikropočítačoch od mnohých výrobcov, napríklad ATMEL, TI, NXP, ST a ďalších.



Obr. 5 Harvardská koncepcia

Harvardská architektúra umožňuje paralelné spracovanie dát (niekoľko paralelne zapojených ALU, keď fyzické oddelenie inštrukcií a dát umožňuje súčasný prístup k obom. - RALU rekonfigurovateľné ALU v ktorých načítanie dát sa vykoná 1 impulzom).

Počítačové rozhranie (interface)

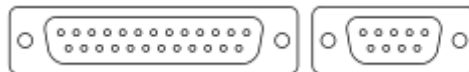
Počítačové rozhranie (interface) je v širšom zmysle miesto interakcie dvoch systémov alebo častí systémov, v užšom zmysle sa definuje napríklad ako spoločná hranica dvoch funkčných jednotiek, definovaná funkčnými vlastnosťami, signálovými vlastnosťami alebo inými vhodnými vlastnosťami.

Zjednodušená definícia hovorí, že rozhranie (interface) predstavuje prostriedky a pravidlá pre spojenie konkrétnych častí systémov na spracovanie dát.

Sériové rozhranie RS-232

Sériové rozhranie (sériová linka, sériový port) nájdeme takmer v každom mikroprocesore. Je to štandardné komunikačné rozhranie mikroprocesorov. Sériový port RS-232 je určený na vzájomnú sériovú komunikáciu práve dvoch zariadení, čiže dáta sa prenášajú po jednotlivých bitoch postupne za sebou (v sérii) po jednom vodiči. Podobne sériovo komunikujú aj USB a Ethernet. Sériové porty môžeme nájsť automatických priemyselných systémoch, špecializovaných senzoroach, meracích ústredniach, prístrojoch na vedeckú analýzu, pokladničných systémoch a v niektorých priemyselných a spotrebiteľských produktoch. Sériový port sa používa v mnohých oblastiach, ako jednoduché a lacné riešenie umožňujúce vzájomnú spoluprácu medzi dvoma zariadeniami. Aktuálne býva nahrádzaný prevodníkmi USB-RS-232.

Štandard RS-232 definuje napätia a prenosové rýchlosti medzi zariadeniami ktoré ho používajú. Podľa štandardu RS-232 sú definované vzájomne sériovo komunikujúce zariadenia Data Terminal Equipment (DTE) a Data Communications Equipment (DCE), v našom prípade skratka DTE reprezentuje počítač a skratka DCE zariadenie, ktoré je s ním prepojené prostredníctvom sériovej linky. Štandard RS-232 stanovuje že DTE zariadenia používajú 25-pinový konektor (zástrčku) a DCE zariadenia 25-pinový konektor (zásuvku) na Obr. 6. 25-pinové konektory boli postupne nahradené kompaktnějšími 9-pinovými. Konektory na strane DTE majú vždy kolíky (samec, male).



Obr. 6 Konektory rozhrania RS-232

Elektrické charakteristiky výstupov a vstupov sú dané normou RS-232, ktorá využíva invertovanú logiku na rozdiel od moderných číslicových protokolov. V stave logickej nuly majú napätie 3 až 25 V a v stave logickej jednotky -3 až -25 V vzhľadom na signálovú zem. Rozsah -3 až 3 V je považovaný za zakázanú oblasť (žiadan logický stav).

Základné parametre charakterizujúce sériové rozhranie RS-232:

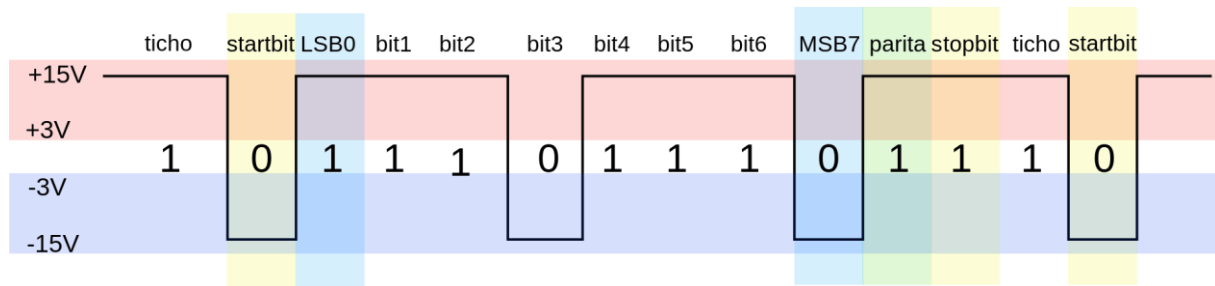
- číslo portu (napr. COM1, COM2, /dev/ttyS0, /dev/ttyS1), obvykle je spojené s prerušením IRQ a adresou viazanými na port. Nastavenia sú obvyklé, dajú sa však zmeniť.
- rýchlosť prenosu baud (napr. 9600bps)
- počet bitov (napr. 8)
- parita - 'N' - žiadna parita, 'O' - nepárna, 'E' - párna parita
- stop bity - 0=1; 1=1,5; 2=2
- hardwarové riadenie toku - zapnuté/vypnuté
- softwarové riadenie toku - zapnuté/vypnuté

Prenos údajov pomocou rozhrania RS-232

Jednotlivé prvky sú v časovej postupnosti vysielané po jednej prenosovej linke. Pri prijíme dát je potrebné aby prijímač bol synchronizovaný s vysielateľom. Prijímač teda musí poznať začiatok

a koniec kedy dochádza k zmene signálového stavu - začiatky a konce blokov dát. Na základe týchto údajov prijímač stanoví rozhodujúci okamih pre vyhodnotenie signálového stavu jednotlivého prvku.

Sériový port je plne duplexné (full-duplex) zariadenie, čo znamená že umožňuje súčasný príjem i vysielerie dát. Port používa dve nezávislé linky, jednu pre vysielerie a jednu pre príjem dát. Zjednodušené porty podporujú iba jednosmernú komunikáciu (half duplex) a teda využívajú len vysieleriu linku a signálovú zem. Prenos dát sa uskutočňuje po linkách TxD (transmitt) a RxD (receive). Ostatné linky plnia pomocné funkcie pre štrukturovanie a riadenie toku údajov. Signály je možné programovo nastavovať a čítať ich stav. Riadenie toku dát (handshaking) predstavuje potvrdenie príjmu dát resp. pripravenosť na prenos. Riadenie toku môže byť hardvérové, alebo softvérové. Hardvérový handshaking je prenos od vysielača k prijímaču. Vysielač oznamuje, že má pripravené dáta k prenosu, alebo od prijímača k vysielaču, že prijímač je pripravený dáta prijať. Softvérový handshaking je realizovaný prenosom znakov XON a XOF podľa ASCII tabuľky. Softvérový handshaking vzhľadom na potrebu prenosu ďalších znakov spomaľuje prenos dát. Pri sériovom prenose je dátový bajt prenesený postupne po bitoch (jeden bit súčasne) na Obr. 7.



Obr. 7 Prenos dát na RS-232

Štruktúra prenosu dát je vytvorená nasledovne:

- Štart bit. Keďže RS232 je definované ako asynchrónny typ sériovej komunikácie, tak odoslanie môže byť zahájené v ktoromkoľvek okamihu. To spôsobuje problém na prijímacej strane, ktorá musí zistiť, ktorý bit má ako prvý prijať. K tomu účelu slúži tzv. štart bit, ktorý predchádza každému prenášanému slovu (bajtu) a jeho úroveň je definovaná ako log '0'.
- Dátové bity. Za štart bitom nasledujú po sebe idúce dátové bity. Najmenej významný bit (LSB) je vysieleraný ako prvý. Najviac významný bit (MSB) je vyslaný ako posledný.
- Paritný bit. Pri prenose môže nastať situácia, kedy sa náhodne môže zmeniť hodnota prenášaného bitu (prerušenie, interferencia na linky a pod.). Preto je možné vložiť za dáta jeden bit navyše slúžiaci ako detektor chyby. Jeho hodnota sa vypočíta z prenášaných dát. Prijímacia strana potom vykoná rovnaký výpočet, a porovnaním vyhodnotí, či prenos bol správny. Pri sériových prenosoch sa používa tzv. paritný bit. Pre výpočet paritného bitu používame dva algoritmy: Párna parita - súčet všetkých jednotiek z dátových bitov a paritného bitu párne číslo. Súčet sa vykoná funkciou xor a paritný bit sa doplní tak, aby jeho výsledok bol 0. Nepárna parita - súčet všetkých

jednotiek z dátových bitov a paritného bitu je nepárne číslo. Súčet sa vykoná funkciou xor a paritný bit sa doplní tak, aby jeho výsledok bol 1.

- Stop bit(y). Stop bit býva jedno- alebo dvoj-bitový. V skutočnosti sa nejedná o bit, ale o minimálnu časovú periódu, po ktorú musí byť linka po odoslaní každého bajtu v stave log 1.

Vysielacia a prijímacia strana musia byť na začiatku komunikácie nastavené na roznaké parametre počtu dátových bitov, na paritnom bite a na rýchlosti. Jednotka rýchlosti je Baud, čo je číslo reprezentujúce počet zmien stavu vodiča (linky) za sekundu. Táto hodnota nemusí byť vždy nevyhnutne taká istá ako počet prenesených bitov za sekundu (BPS - Bits per second), ale pri štandardnom prepojení dvoch zariadení sériovou linkou sú obvykle údaje totožné. Hodnoty bit/s a počtu zmeny stavov linky sa môžu líšiť pri spojeniach prostredníctvom telefónnej linky. Dáta je možné prenášať synchrónne a asynchrónne.

- Synchronný prenos - na vodičoch sa nastaví úroveň a informácia sa potvrdí impulzom alebo zmenou úrovne synchronizačného signálu. Synchronizačný signál je vysielaný aj keď sa neprenášajú žiadne dáta. Synchronizácia umožňuje rýchlejší prenos dát ako asynchrónny prenos, keďže nevyžaduje vysielanie dodatočných znakov vyznačujúcich začiatok a koniec prenášaného rámca. Vysielacia a prijímacia strana musia mať časové základne (generátory taktovacích impulzov), ktoré musia byť synchronizované. Značky sú vysielané ako nepretržitý reťazec bitov, v medzerách sa automaticky vkladajú stavové bity. Začiatky a konce všetkých bitov musia korešpondovať s časovou základňou. Nevýhodou je zložité synchronizovanie, veľkou výhodou však je efektívne využitie kanála a možnosť zabezpečenia prenosu proti chybovosti. Dátové prvky majú rovnakú dĺžku trvania, prenos sa používa pre veľké objemy dát a tam, kde je potrebné počas prenosu zabezpečiť šírku pásma.
- Asynchrónny prenos - RS-232 používa asynchrónny prenos informácií. Pri asynchrónnom prenose sa dáta prenášajú v sekvenciách (rámcoch) danou rýchlosťou s úvodnou štartovacou sekvenciou vyslaním start bitu. Hneď ako bol start bit vyslaný, vysielateľ posiela dátové bity, ktorých môže byť 5, 6, 7, alebo 8, v závislosti od konfiguračnej voľby. Nasleduje paritný bit (nie je povinný). Prenášaný rámec je ukončený stop bitom. Dĺžky trvania jednotlivých bajtov sú rôzne, rôzne sú i medzery medzi dvoma blokmi. Prijímač nerozozná dva nasledujúce dátové bloky. Objem prenášaných dát sa pri tomto type prenosu rozdelí na menšie časti, pričom každá časť sa posiela nezávisle od ostatných a časové intervaly medzi odosielaním jednotlivých bajtov sa môžu líšiť.

Sériové rozhranie RS-422,485

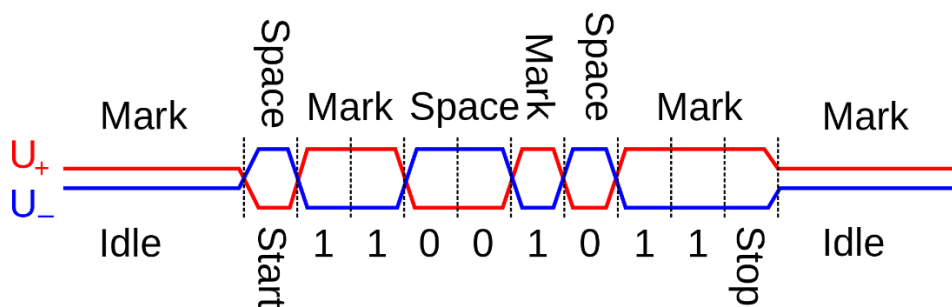
EIA-485 (pôvodne RS-485 alebo RS485) je štandard sériovej komunikácie definovaný v roku 1983 združením EIA s využitím predovšetkým v priemyselnom prostredí. Štandard RS-485 je navrhnutý tak, aby umožňoval vytvorenie dvojvodičového poloduplexného viacbodového sériového spoja. Má rovnaký základ ako štandard RS-232, od ktorého sa líši predovšetkým inou definíciou napäťových úrovní, neprítomnosťou modemových signálov, možnosťou vytvárania sietí (tiež zbernice) pozostávajúci z až 32 zariadení a možnosti komunikácie na vzdialenosť až 1 200 m (proti 20 m pri RS-232). Výhodou tiež je, že linku RS-485 je možné vytvoriť z široko rozšíreného štandardu RS-232 pomocou jednoduchých prevodníkov úrovne.

Základné parametre charakterizujúce sériové rozhranie RS-485:

RS-485 (rovnako tak RS-422) sa vyznačuje dvojvodičovým prepojením jednotiek. Tieto vodiče sa označujú písmenami A a B, niekedy sa používa aj označenie "-" a "+". V pokojovom stave by na vodiči A (alebo "-") malo byť menšie napätie než na vodiči B (alebo "+"). Maximálna dĺžka zbernice je až 1 200 m, maximálny počet uzlov (t.j. zariadení vysielajúcich a prijímajúcich po linke dáta) je 32. Pri použití opakovačov môže byť počet uzlov vyšší. Maximálna prenosová rýchlosť je nepriamo úmerná dĺžke vedenia. Prenosová rýchlosť pri krátkych spojov (do 10 m) môže byť až 10 Mib/s. Pri komunikácii na väčšie vzdialenosti musí byť vedenie na oboch stranách zakončené zakončovacími odpormi, čiže terminátormi. Zmyslom "terminátorov" je odstrániť odrazy signálu od koncov vedenia, tiež pomáhajú zvýšiť odolnosť linky proti rušivým signálom. Terminátor by mal mať v ideálnom prípade hodnotu $110\ \Omega$ (tzv. Obrazová impedancia), výsledná impedancia linky je potom $55\ \Omega$ ($110\ \Omega \parallel 110\ \Omega$).

Používané logické úrovne

Logické úrovne na Obr. 8 sú reprezentované rozdielovým napätím medzi oboma vodičmi. Oproti RS-232, kde sa úrovne stavov vzťahujú k referenčnej zemi (značené GND alebo G) je to signifikantný rozdiel. Detekcia logického stavu založená na rozdielovom napätí medzi dvoma vodičmi je výhodná najmä kvôli eliminácii indukovaného rušivého signálu, ktorý sa väčšinou pripisuje k obom vodičom rovnako. Prijímač rozlišuje logický stav "1" (tiež označovaný ako "Mark") pri rozdieli napätí $A - B < -200\text{ mV}$. Logický stav "0" označovaný ako "Space" pri rozdieli napätí $A - B > +200\text{ mV}$. Vysielač by mal na výstupe pri logickej 1 (pokojový stav linky) generovať na vodiči A napätie -2 V , na vodiči B $+2\text{ V}$, pri logickej 0 by mal na vodiči A generovať $+2\text{ V}$, na vodiči B -2 V .



Obr. 8 Logické úrovne RS-485

Aj keď sa pracuje s rozdielovým napätím, pri spojení na dlhšie vzdialenosti sa musia okrem signálových vodičov (A (-) a B (+)) prepojiť i zeme (GND, G) komunikujúcich zariadení. Dôvodom je, že vo vzdialených miestach môžu existovať výrazné rozdiely v potenciáli "krajiny". Preto je často "dvojvodičové" RS-485 v skutočnosti skôr trojvodičové a "štvôrvodičová" RS-422 skôr päťvodičová.

Prenos dát

Prenos dát sa uskutočňuje pomocou 7- alebo 8-bitových rámcov sa startbitom, 1 alebo viac stopbitmi a (voliteľne) paritným bitom. Startbit je reprezentovaný logickou nulou, stopbit a neaktívny stav logickou jednotkou. Na úrovni logických signálov je teda spôsob prenosu znaku rovnaký ako u linky RS-232.

Dvojvodičová verzia RS-485

Pojmom RS-485 je najčastejšie myslená práve dvojvodičová verzia RS-485. Prenos je poloduplexný, a preto sa vyžaduje riadenie prenosu dát (smeru komunikácie). Pomocou dvojvodičovej linky RS-485 je možné vytvoriť komunikačnú zbernicu, na ktorú môže byť pripojených až 32 zariadení bez opakovača. To, aby v jednom okamihu vysielalo nanajvýš jedno zariadenie, musí zabezpečiť komunikačný protokol, ktorý však nie je súčasťou štandardu RS-485. Najjednoduchším variantom je konfigurácia s jedným trvalo pripnutým vysielateľom (master) a až 31 prijímačmi (slave).

Štvorvodičová verzia RS-485

V niektorých aplikáciách sa používa štvorvodičová verzia RS-485, ktorá poskytuje plne duplexnú (obojsmernú) komunikáciu a odpadá tak nutnosť riadenie smeru prenosu dát. V podstate ide o dve dvojvodičové linky. Výhodou je logická kompatibilita so základnými signálmi linky RS-232. Nevýhodou je, že vykonávané spojenie je typu 1: 1 (rovnako ako u RS-232). V praxi sa u štvorvodičové linky používa aj spojenie 1: N, čo predpokladá, že slave zariadenia majú schopnosť odpájať svoj vysielací kanál. Na takejto linke je väčšinou jedno zariadenie typu master, ktoré posielá po vysielacej linke príkazy a N zariadení typu slave, ktoré prijímajú príkazy a vysielajú odpovede. Výhodou je, že master nepotrebuje prepínať smer linky a tiež u zariadení typu slave sú časové požiadavky na prepínanie linky a na vyhodnocovanie prichádzajúcich správ miernejšie. Súčasne nehrozí, že by slave zariadenie napríklad v dôsledku chyby softvéru mohlo zablokovat' "príkazový kanál" celej zbernice.

Rozdiely medzi RS-485 a RS-422

Veľká podobnosť RS-485 a RS-422 vedie k tomu, že sú tieto termíny používané ako synonymá, v lepšom prípade sa na RS-422 pozerá ako na podmnožinu RS-485. Kompatibilita týchto štandardov však nie je stopercentná. Komponenty vyhovujúce RS-485 môžu byť väčšinou bez problémov používané v sieťach založených na RS-422, naopak to však neplatí.

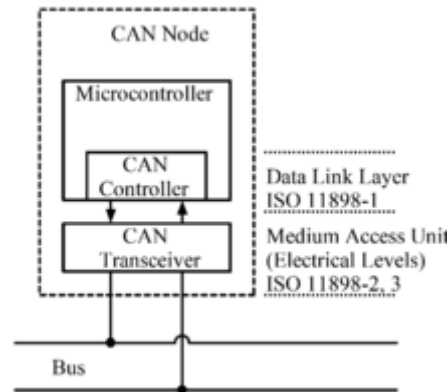
- komponenty RS-422 nemajú signál pre odpojenie výstupu. V sieťach RS-422 môže byť teda použitý iba jediný vysielateľ, komponenty RS-422 nie sú odolné voči konfliktu na zbernici.
- komponenty RS-422 počítajú s jednosmernou linkou, preto majú slabšie budiče, ktoré "neutiahnu" sieť s dvoma terminátormi.
- komponenty RS-422 majú nižšiu odolnosť proti indukovanému napätiu, alebo offsetom prejavujúcim sa pri sieťach s viacerými vysielateľmi.

V sieťach RS-485 je možné používať komponenty RS-422 iba ako prijímače. Je však potrebné vziať do úvahy že je pri vstupnom odpore 4 kOhm musíme 1 jednotku RS-422 počítať za 3 jednotky RS-485.

Prakticky sa väčšinou používajú súčiastky RS-485 kompatibilné s oboma štandardmi. Štvorvodičové linky implementujúce obojsmernú komunikáciu bez vypínania výstupného kanála bývajú označované ako RS-422, aj keď môžu vyhovovať súčasne štandardu RS-485. Označenie RS-422 sa potom nesprávne používa aj u štvorvodičových zberníc RS-485, používajúcich v jednom páre vodičov odpájanie výstupného kanála.

Zbernica CAN bus

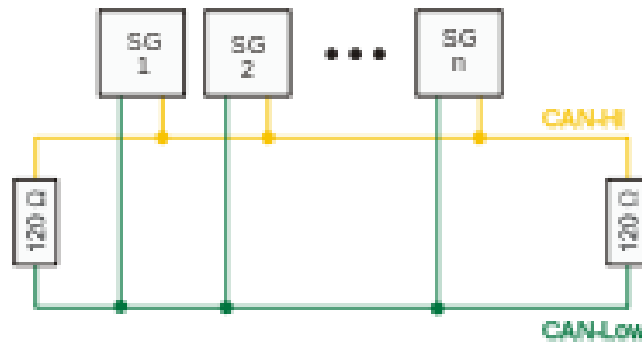
CAN (Controller Area Network) bus je zbernica, využívaná najčastejšie pre vnútornú komunikačnú sieť senzorov na Obr. 9 a funkčných jednotiek v automobile, z čoho plynie tiež použitie pre automobilovú diagnostiku. Z tejto aplikačnej oblasti sa CAN bus rýchlo rozšíril aj do sféry priemyselnej automatizácie na Obr. 10. Jedná sa o sériovú dátovú zbernicu, vyvinutú firmou Robert Bosch GmbH. Maximálna teoretická rýchlosť prenosu na zbernici je 1 Mb/s. CAN patrí k priemyselným komunikačným sieťam označovaným ako prevádzková zbernica, fieldbus.



Obr. 9 Zariadenie CAN

Sieťový protokol deteguje chyby prenosu spôsobené vplyvom okolitých elektromagnetických polí. Dáta sa odosielajú v rámcoch, pričom každý rámec môže obsahovať až 8 dátových bajtov. Každý rámec obsahuje okrem dátového obsahu tzv. identifikátor, zbernica CAN nepoužíva žiadnu inú adresáciu. Identifikátor definuje obsah prenášanej správy a zároveň aj prioritu správy pri pokuse o jej odoslanie na zbernicu. Vyššiu prioritu majú správy s nižšou hodnotou identifikátora a jedna správa môže byť prijatá viacerými zariadeniami.

Aby spracovanie všetkých prenosových požiadaviek siete CAN súhlasilo s dobou reakcie obmedzenou najnižšiu prípustnú prenosovou rýchlosťou, protokol CAN vždy používa bitovú arbitráž, garantujúci deterministický prístup na zbernicu. Bitová arbitráž v priebehu 13 (štandardný formát) alebo 33 (rozšírený formát) bitových periód určí stanicu, ktorá môže vysielat' na zbernicu. Na rozdiel od arbitráže (rozhodovacej metódy) pomocou CSMA/CD (používanej napríklad pri ethernet) tieto nedeštruktívne metódy zabezpečujú, že pri konflikte na zbernici nedochádza k oneskoreniu vysielania správy s najvyššou prioritou. Zbernica a protokol CAN na úrovni hardware rozhodujú, ktorá správa má prioritu.



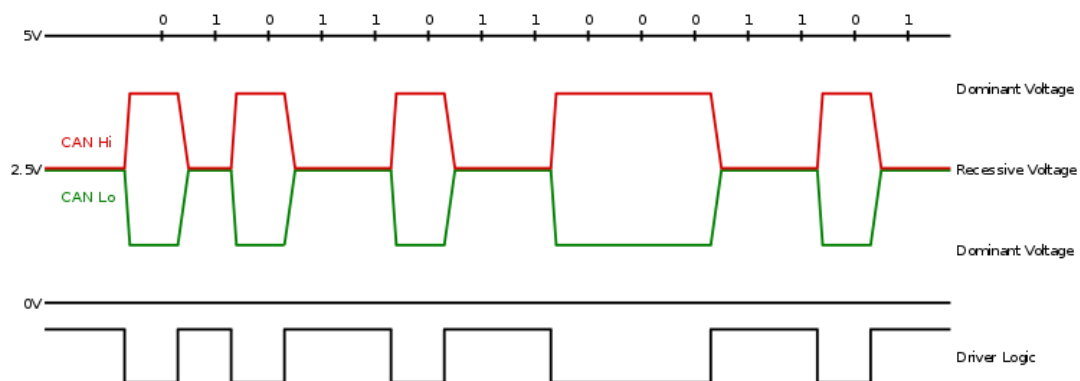
Obr. 10 Zapojenie zariadení na zbernicu CAN

Prenosové rýchlosti až do 1 Mbit / sekundu sú možné pre vzdialenosti do 40 m. Znižovaním prenosových rýchlostí môžeme doceliť vyšších vzdialeností (napríklad pri dĺžke zbernice 500m dostávame rýchlosť 125 kbit/s). Vylepšený štandard CAN FD umožňuje zvýšenie prenosových rýchlostí po arbitracii, a môže zvýšiť rýchlosť v danej dátovej sekcii až na osemnásobok arbitračnej prenosovej rýchlosti.

Prenos dát na zbernici CAN bus

Ako už bolo vyššie uvedené, dátové prenosy v rámci CAN bus používajú bezstratovú bitovú arbitračnú metódu pre stavové rozhodovanie. Táto arbitračná metóda požaduje, aby všetky uzly v CAN sieti boli synchronizované a pripravené na vzorkovanie v rovnakom čase. To je dôvodom, prečo býva CAN bus nazývaná synchronnou zbernicou aj napriek tomu, že dáta sú odosielané bez hodinového (synchronizačného) signálu.

Zbernica CAN využíva dominantné a recesívne (ustupujúce) bity na Obr. 11, kde dominantný bit je logická 0 (aktívne riadený napätím vysielača) a recesívne bit je logická 1 (pasívne vybitá do zdroja cez rezistor). Stav nečinnosti je reprezentovaný recesívnou úrovňou, tým pádom logickou 1. V prípade, ak jeden uzol vysiela dominantný bit a ďalší uzol vysiela recesívny bit, vyskytla sa kolízia a väčšiu prioritu má dominantný bit. To vo výsledku znamená, že tu nie je žiadne oneskorenie pre správy vysokej priority a uzol, ktorý vysiela recesívny bit, sa automaticky pokúsi o opätovné preposlanie po šiestich bitoch hodinového signálu od ukončení prenosu dominantnej správy. Týmto sa CAN bus stáva veľmi vhodným komunikačným systémom pre komunikáciu v reálnom čase.



Obr. 11 Komunikácia na zbernici CAN

Presná napäťová úroveň pre logickú 1 a logickú 0 závisí na použitej fyzickej vrstve, ale základné špecifikácie CAN požadujú, aby každý uzol „načúval“ v CAN sieti, vrátane dát, ktoré sú vysielané vysielacom uzlom. Ak je logická 1 vysielaná všetkými vysielacími uzly v rovnakom čase, tak je logická 1 videná všetkými uzlami, vrátane vysielacích aj prijímacích uzlov. Rovnako tak, keď je všetkými vysielacími uzly v rovnakom čase vysielaná logická 0, tak všetky uzly vidí logickú 0. Ak jeden alebo viaceré uzly vysielajú logickú 0 a zároveň je vysielaná inými uzlami logická 1, tak je logická 0 videná všetkými uzly, vrátane vysielacích uzlov, ktoré vysielali logickú 1. Ak uzol vysielal logickú 1, ale vidí logickú 0, deteguje kolíziu a prestane vysielat'. S využitím tohto princípu prestane akýkoľvek uzol vysielajúci logickú 1 vysielat', alebo príde o arbitráciu. Uzol, ktorý o arbitráciu prišiel, zaradí svoju správu do fronty pre opätovné odoslanie v neskoršej dobe a CAN rámec prúdu dát pokračuje bez problému, až kým nevysielal iba jeden uzol. To znamená že uzol, ktorý ako prvý vysielal logickú 1 príde o arbitráciu. Keďže 11 bitový identifikátor (alebo 29 bitový pre CAN 2.0B) je vysielaný všetkými uzlami na začiatku rámca CAN, uzol s najnižším identifikátorom vysielal viac núl na začiatku rámca a tak tento uzol získal najvyššiu prioritu alebo arbitráciu.

Napríklad, uvažujme o sieti CAN s 11 bitovým identifikátorom (ID) s dvoma uzlami s ID 15 a 16 (binárne 00000001111 a 00000010000) zobrazených v Tab. 1. Ak tieto dva uzly vysielajú v rovnakom čase, obaja najskôr vyšlú štartovací bit a potom prvých 6 čísel z ich ID, bez akéhokoľvek arbitračného rozhodnutia.

Tab. 1 Arbitrácia na zbernici CAN

	Start bit	ID Bitov											Zvyšok dátového rámca
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Uzol 15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Uzol 16	0	0	0	0	0	0	0	1	Zastavené vysielanie				
CAN Data	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	

Potom čo je odoslaný ôsmy bit, vidíme, že uzol s ID 16 vyslal logickú 1 (recesia) a uzol s ID 15 vyslal logickú 0 (dominancia). Uzol s ID 16 deteguje, že hoci vysielal logickú 1, vidí logickú 0, a že sa vyskytla kolízia a príde preto o arbitráciu. Prestane preto vysielat' a uzol s ID 15 môže pokračovať vo vysielaní bez straty dát. Uzol s najnižším ID vyhrá arbitráciu vždy a preto má najväčšiu prioritu.

Priemyselný ethernet (Industrial ethernet)

Priemyselný Ethernet (IE) na Obr. 12 je pojem, ktorého hlavný význam sa dá opísať ako využitie ethernetu v priemyselnom prostredí s protokolmi, ktoré poskytujú determinizmus a real-time kontrolu. K protokolom pre priemyselný Ethernet patrí EtherCAT, Ethernet/IP, PROFINET, Powerlink, SERCOS III, CC-Link IE a Modbus TCP. Mnoho protokolov priemyselného ethernetu využíva modifikovanú Media Access Control (MAC) vrstvu (Data link layer ISO/OSI modelu), za účelom nízkej latencie a determinizmu.

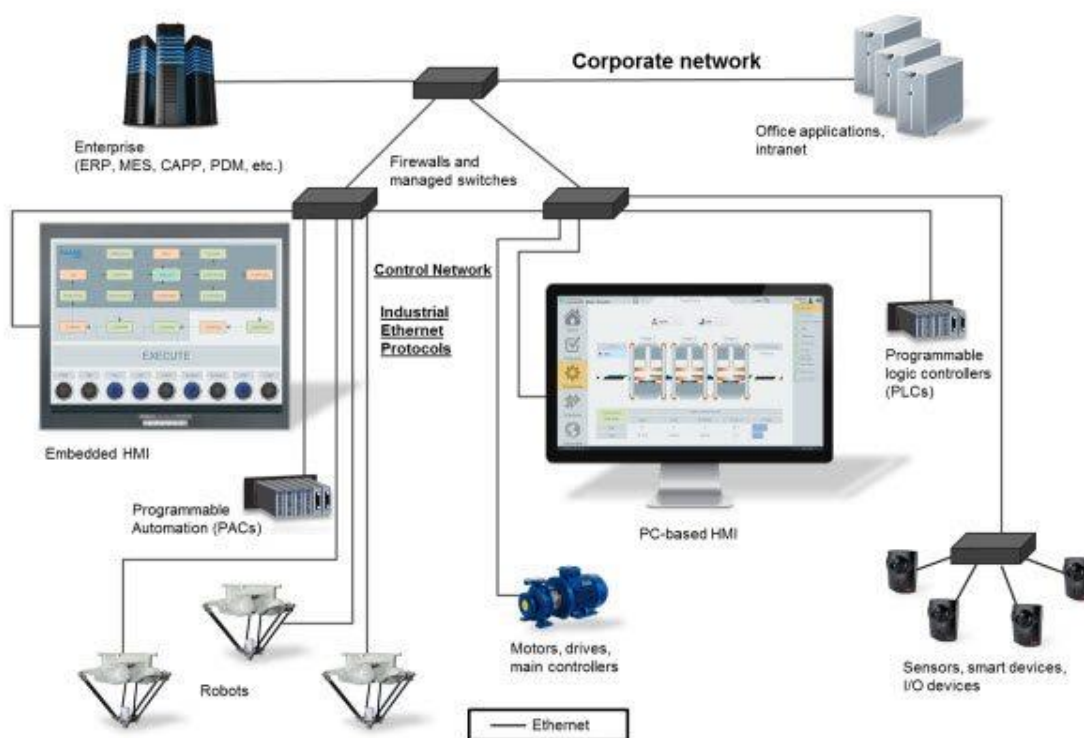
Niektoré priemyselné siete kladú dôraz na deterministické doručovanie prenášaných údajov, napríklad CAN bus. Bežný Ethernet používa detekciu kolízií, čo sťažuje odhadnutie času prenosu pre jednotlivé dátové pakety so zvyšujúcim sa aktivitou na sieti. Priemyselné použitie

Technické prostriedky automatizovaného riadenia

Prednáška 8

Ethernetu zvyčajne využíva štandardy plne duplexného prenosu a ďalšie metódy, takže kolízie výrazne neovplyvňujú dobu prenosu.

Priemyselné použitie vyžaduje ďalej zohľadnenie prostredia, v ktorom musí zariadenie pracovať. Zariadenia pre priemyselné použitie musia tolerovať širší rozsah teplôt, vibrácií, fyzického znečistenia a elektrického rušenia, ako vybavenie inštalované vo vyhradených rozvodných skrinách informačno-komunikačnej technológie. Pretože riadenie kritických procesov sa môže spoliehať na ethernetové pripojenie, ekonomické náklady na prerušenia vplyvom poruchy alebo nehody môžu byť vysoké, a preto je nevyhnutným kritériom vysoká dostupnosť (high availability). Priemyselné siete Ethernet musia vzájomne spolupracovať so súčasnými aj starými systémami a musia zabezpečovať predvídateľný výkon a udržateľnosť. Praktický priemyselný ethernetový systém musí okrem fyzickej kompatibility a protokolov prenosu na nízkej úrovni poskytovať interoperabilitu vyšších úrovní modelu OSI. Priemyselná sieť musí zaistiť bezpečnosť pred prienikmi zvonku, ako aj proti neúmyselnému alebo neoprávnenému použitiu zvnútra.



Obr. 12 Priemyselný ethernet

Ak sa priemyselná sieť musí pripojiť ku podnikovej sieti (kancelárskej sieti alebo k externým sieťam), je možné vložiť systém brán (firewall) na kontrolu výmeny údajov medzi sieťami. Toto oddelenie siete zachováva výkon a spoľahlivosť priemyselnej siete.

PROFIBUS

PROFIBUS je priemyselná zbernica používaná pri automatizácii výrobných liniek a riadenie výroby. Medzi najrozšírenejšie varianty komunikačného protokolu PROFIBUS patrí PROFIBUS DP (decentralized periphery) a PROFIBUS PA (process automation).

- PROFIBUS DP nájdeme vo väčšine zariadení priemyselnej automatizácie, výrobných linkách a CNC strojoch, kde sú do tejto zbernice pripojené riadiace automaty, frekvenčné meniče, vzdialenej I/O periférie, operátorské panely a pod. Kábel pre PROFIBUS DP je tvorený dvoma vodičmi (červený / zelený), ktoré zaisťujú dátový prenos s rôznymi rýchlosťami (napr. 500kB, 1,5MB, 3Mb, 6Mb, 12Mb). Zariadenia pripojené do PROFIBUS DP majú svoje vlastné napájanie.
- PROFIBUS PA sa používa v procesnej automatizácii a nájdeme ho skôr v petrochemických prevádzkach, kde sa zbierajú dáta z veľkých vzdialeností, kde nie je kladený dôraz na rýchlosť čítania/zápisu hodnoty, kde je výbušné prostredie a pod. Na rozdiel od PROFIBUS DP je protokol PROFIBUS PA prenášaný iba jednou rýchlosťou 31,25kb a po rovnakých vodičoch je zároveň napájané pripojené zariadenie PROFIBUS PA.

PROFIBUS je založený na komunikačnom štandarde RS485, ktorý spája stanice buď lineárne alebo do hviezdice. Najčastejšie sa používa lineárne zapojenie, tzn. stanice sú prepojené PROFIBUS káblom jedna za druhou a sieť je na oboch koncoch zakončená terminátormi.

Základná charakteristika PROFIBUS

- Prenosová rýchlosť: 9 Kibit/s až 12 Mibit/s, podľa dĺžky a typu siete v rozsahu 100 m až 1,2 km a použitej technológie prenosu (dĺžka optického prenosu môže byť až 80 km), pre zvýšenie dĺžky siete, obmedzenie šumu (interferencia), prípadne na vetvenia siete sa používa tzv. repeater (opakovač).
- Prenosová technológia
 - metalická sieť (vodiče) - RS485 (počet účastníkov je obmedzený na 128 (0-127), rámec s dĺžkou 11 bitov z toho 8 dátových)
 - optické vlákno - (s prevodníkmi na rozhranie RS485 je možné kombinovať metalický a optický rozvod v jednej sieti)
 - IEC 1158-2 (prúdová slučka) - (synchronne kódovanie Manchester)
- Riadenie prístupu na zbernicu
 - metóda token passing alebo tiež token ring (odovzdávanie poverenie na riadenie zbernice v logickom kruhu) pre komunikáciu medzi aktívnymi zariadeniami, tzn. že riadiaci člen siete "Master" po ukončení komunikácie s podriadeným účastníkom "Slave" alebo iným Masterom uvoľní riadenie zbernice pre ďalší riadiaci člen siete. Tento postup odovzdávania sa opakuje, až sa kruh odovzdávania prístupu k sieti uzavrie.
 - metóda klient-server (centrálne riadenie dopytovania) pre komunikáciu medzi aktívnym "Master" a jemu pridelenými zariadeniami "Slave".
 - kombinácia predchádzajúcich dvoch

PROFINET

PROFINET je priemyselná protokol určený pre riadiace systémy v oblasti priemyselnej automatizácie, postavený na základoch priemyselného ethernetu. To znamená, že je možné

využiť existujúce médiá typu štandardného TP kábla(100BASE-TX), optickej kabeláže (100BASE-FX), prípadne bezdrôtového prenosu cez WiFi. Hlavnou požiadavkou na PROFINET je deterministická reakcia v reálnom čase. Takúto silnú podmienku nemožno zabezpečiť štandardnými prostriedkami priemyselného ethernetu, a preto bol vyvinutý nový štandard, ktorý zavádza zmenu v protokoloch a tiež vznikli požiadavky na nové vlastnosti sieťových komponentov, ako sú switche, WiFi moduly a ostatné aktívne sieťové prvky. Požiadavka na reálny čas znamená spracovanie externých udalostí v reálnom čase. Požiadavka na deterministické správanie znamená reakciu dopredu definovaným spôsobom (v čase). PROFINET spĺňa tieto požiadavky a zabezpečuje:

- Prenos časovo kritických údajov medzi dvoma stanicami v sieti je garantovaný vo vopred definovanom časovom intervale.
- Je možná presná predikcia času, v ktorom prebehne dátová komunikácia
- Je zabezpečená bezproblémová komunikácia prostredníctvom štandardných protokolov TCP/IP.

Čo sa týka realizácie, PROFINET má tri rôzne triedy:

- PROFINET triedy A používa vzdialené volanie procedúr TCP / IP a vytvára most medzi rozhraním Ethernet a PROFIBUS, kedy proxy zaistí prístup k sieti PROFIBUS. Používa sa väčšinou pre nastavenie parametrov a cyklickú obsluhu vstupov/výstupov, kedy cyklus trvá približne 100 ms. PROFINET triedy A sa zvyčajne používa pre infraštruktúru a automatizáciu budov.
- PROFINET triedy B má dobu cyklu približne 10 ms a je založený na softvéri, ktorý pracuje v reálnom čase. Trieda B je tiež označovaná ako PROFINET Real-Time (PROFINET RT). Tento protokol možno použiť v aplikáciách typu PLC. Obvykle sa používa v továrňach a pre automatizáciu procesov.
- PROFINET triedy C vyžaduje špeciálny hardvér, aby bolo možné skrátiť dobu cyklu na menej ako 1 ms, čo mu umožní dostatočne prenášať výkon v reálnom čase pre operácie riadenia pohybu. Trieda C sa tiež nazýva PROFINET IRT, pretože je izochrónna a pracuje v reálnom čase.

Porovnanie PROFIBUS a PROFINET riešení

V Tab. 2 je zobrazené porovnanie všeobecných vlastností PROFIBUS a PROFINET riešení.

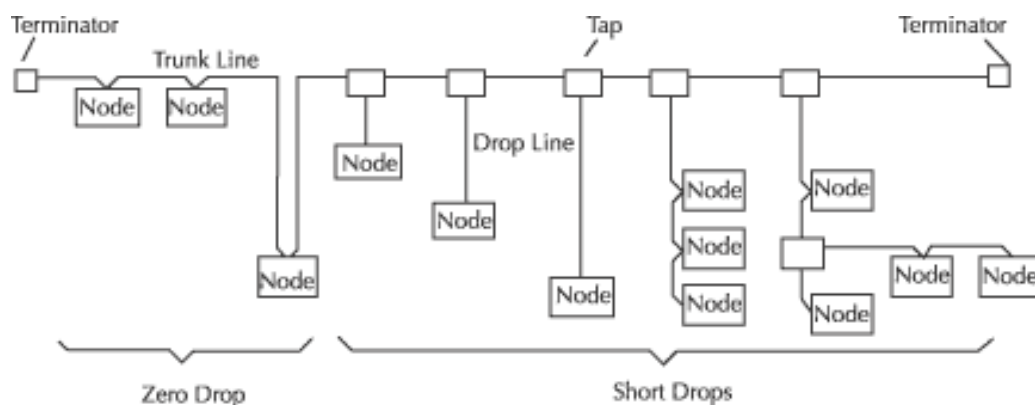
Tab. 2 Porovnanie PROFIBUS a PROFINET

	PROFIBUS	PROFINET
organization	PI	
application profiles	same	
concepts	Engineering, GSDs	
physical layer	RS-485	Ethernet
speed	12Mbit/s	1Gbit/s or 100Mbit/s
telegram	244 bytes	1440 bytes (cyclic)^

address space	126	unlimited
technology	master/slave	provider/consumer
connectivity	PA + others*	many buses
wireless	possible*	IEEE 802.11, 15.1
motion	32 axes	>150 axes
machine-to-machine	No	Yes
vertical integration	No	Yes
^with multiple telegrams: up to $2^{32}-65$ (acyclic)		
*not in spec, but solutions available		

DeviceNet

DeviceNet je digitálna, viaczbernicová sieť, ktorá primárne slúži ako komunikačná sieť medzi priemyselnými riadiacimi systémami (PLC, PAC, Embedded PC) a ostatnými I/O zariadeniami. Každé pripojené zariadenie v sieti na Obr. 13 možno označovať ako jeden uzol (node) a komunikačná hierarchia je postavená na OSI modeli (Open Systems Interconnection model). DeviceNet komunikácie pracuje na princípe poskytovateľ/prijemca, čo umožňuje podporu mnohých komunikačných hierarchií a širokú prioritizáciu komunikácie a prenosu dát medzi zariadeniami. Sieť môže byť nakonfigurovaná pre komunikáciu typu Master-Slave alebo ako distribuovaná riadiaca architektúra komunikujúca priamym štýlom peer-to-peer. Výhodou je potom možnosť napájania jednotiek priamo po zbernici. Komunikačný štandard DeviceNet pre svoj účel využíva štandard CAN (Controller Area Network) na úrovni 2. vrstvy (linkovej) OSI modelu a štandard CIP (Common Industrial Protocol) pre 5. a vyššie vrstvy OSI modelu.



Obr. 13 Zapojenie zariadení do siete DEVICENET

Charakteristické parametre štandardnej konfigurácie možno zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Prenos dát s voliteľnou rýchlosťou 125, 250 alebo 500 kb/s.

- Voliteľná maximálna veľkosť siete (end-to-end network distance) v rozsahu 100 až 500 m.
- Voľba galvanicky oddeleného alebo neoddeleného fyzického rozhrania.
- Možnosť napájania jednotiek po zbernici.
- Dátové pakety s voliteľnou dĺžkou 0 až 8 bajtov.
- Protokol pre vytváranie rámcov z väčších blokov dát.
- Riadenie komunikácie Multi-Master a Master-Slave alebo peer-to-peer s možnosťou Multi-Cast prenosu.
- Využitie štandardu CAN na 2. vrstve OSI modelu.
- Použitie štandardu CIP na 5. a vyšších vrstvách.

Interbus

Je zbernica rozšírená napr. v automobilovom priemysle, dnes ju nahrádzajú iné technológie. V závislosti od prípadu použitia bola prenášaná nielen na komunikačnom médiu med', ale aj cez optické vlákna. Čiastočne sa ešte používa v existujúcich zariadeniach, ale zastrešujúca organizácia INTERBUS-Club e.V. bola zrušená.

ASi

Komunikačná zbernica AS-Interface (Actuator Sensor Interface) vznikla v prvej polovici 90. rokov a na jej vytváraní sa podieľalo 11 výrobcov automatizačných zariadení. Je štandardizovaná medzinárodnou normou IEC 62026 a európskou normou EN 50295. Jej hlavným účelom je zjednodušiť pripojenie veľkého množstva binárnych jednotiek (binárne snímače a akčné členy, ale aj ovládacie prvky – tlačidlá, indikačné prvky a pod.), ktorých zapojenie by inak vyžadovalo veľké množstvo paralelných vodičov.

Zbernica AS-i bola navrhnutá tak, aby spĺňala nasledovné kritériá:

- pripojiteľnosť prevádzkových prístrojov rôznych výrobcov,
- použitie lacného dvojvodičového kábla ako prenosového média,
- možnosť zostavenia ľubovoľnej topológie (zbernica, strom, kruh, hviezda),
- prenos údajov aj napájania jedným párom vodičov,
- vysoká spoľahlivosť v priemyselnom prostredí,
- doba odozvy približne 5 ms,
- počet adresovateľných bitov v každom uzli: 3 až 4,
- jednoduchá realizácia elektronických obvodov na pripojenie zariadenia na zbernicu,
- nízke náklady na jeden uzol siete,
- jednoduchá inštalácia zariadenia, jednoduchá lokalizácia a odstraňovanie porúch.

Keďže zbernica je určená najmä pre binárne prvky, v jednom cykle sa prenášajú iba 4 bity, ale existujú aj analógové moduly s 12 bitovým rozlíšením, pričom prenos sa realizuje v niekoľkých cykloch. Na zbernici musí byť jedno zariadenie typu master, ktoré riadi komunikáciu a

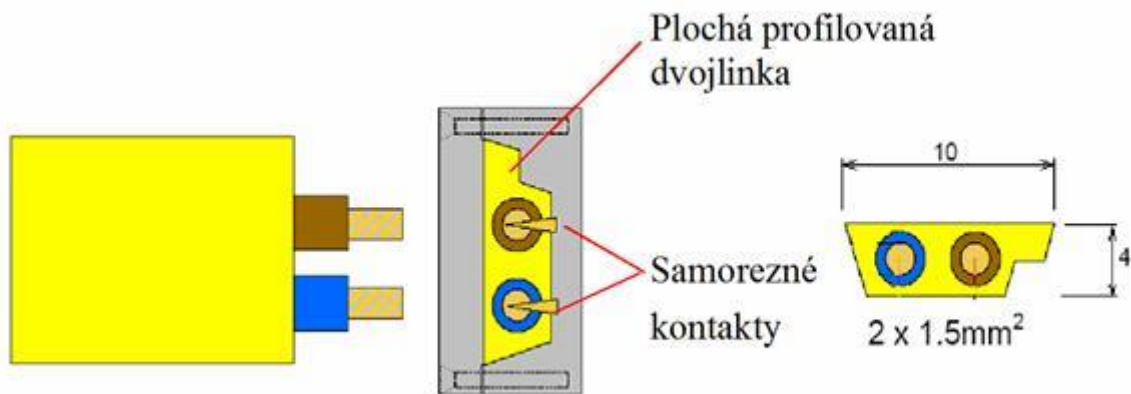
Technické prostriedky automatizovaného riadenia

Prednáška 8

niekoľko zariadení typu slave, ktoré vysielajú údaje na zbernicu len na žiadosť zariadenia master. Existujú dve verzie AS-Interface:

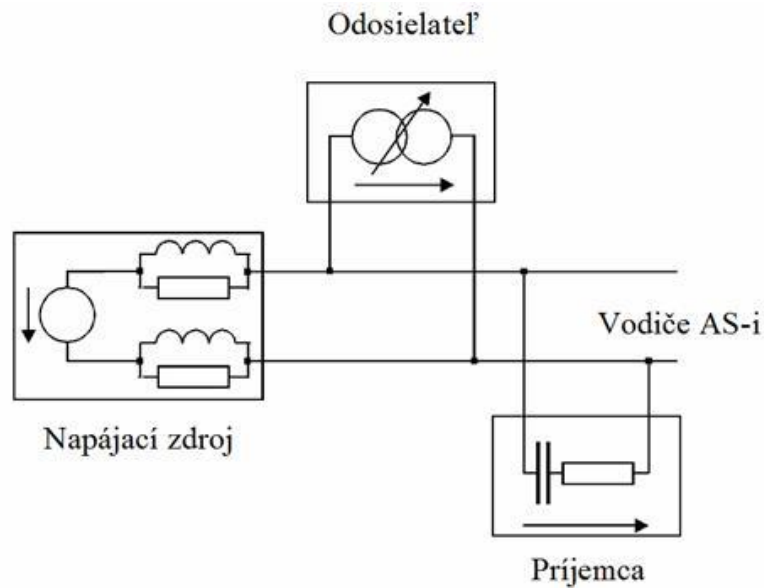
- pôvodná verzia 2.0, ktorá umožňuje prepojiť jedno zariadenie master a 32 zariadení slave,
- novšia verzia 2.1 (vznikla v r. 2001), ktorá umožňuje prepojiť zariadenie master a 62 zariadení slave.

Charakteristickým znakom AS-Interface je netienená žltá profilovaná dvojlinka, ktorá znemožňuje prepóľovanie pri montáži. Moduly sa na zbernicu pripájajú samoreznými kontaktmi na Obr. 14, pričom izolácia dvojlinky má regeneračnú schopnosť. Profilovaná dvojlinka slúži nielen na prenos údajov, ale zároveň aj na napájanie pripojených zariadení z napájacieho zdroja s výstupným napätím 30 V.



Obr. 14 Zapojenie ASi zariadenia

Na Obr. 15 je pripojenie napájacieho zdroja a komunikujúcich zariadení na prenosové médium. Údaje sa vysielajú na zbernicu prostredníctvom zmien odberu prúdu na strane odosielateľa, ktoré vďaka výstupnej indukčnosti napájacieho zdroja vytvárajú na zbernici napäťové impulzy a tie potom ostatné zariadenia prijímajú.



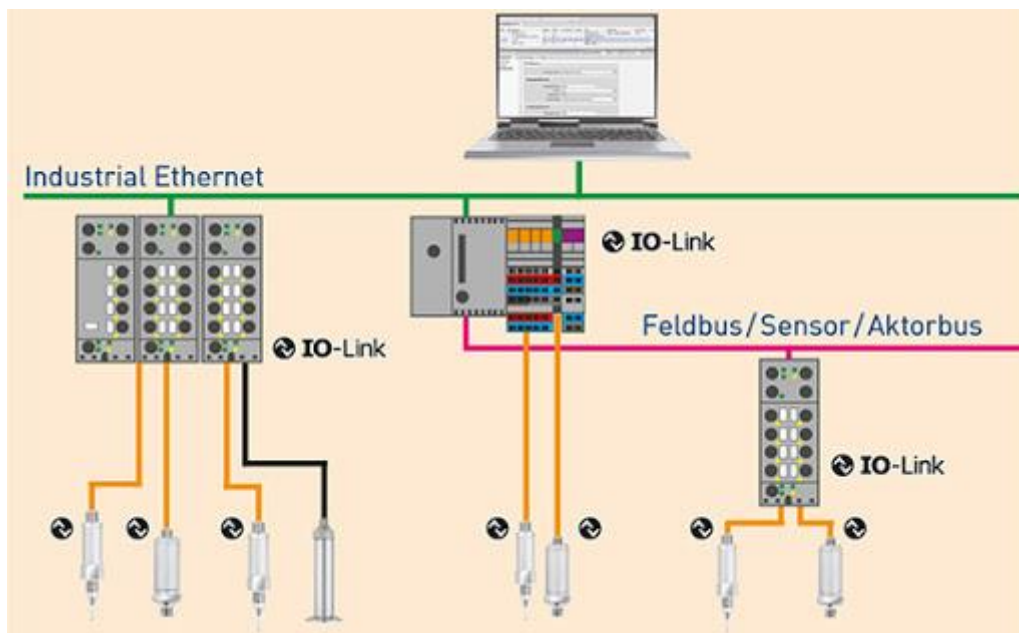
Obr. 15 Pripojenie ASi zariadení na zbernicu

Generovaný signál nemá strmé hrany, čo má za následok zníženie vyžarovania EMC a zvýšenie odolnosti voči rušeniu. Zbernica si dokonca nevyžaduje ani ukončenie ukončovacími odpormi. Dosahovaná prenosová rýchlosť je 167 Kbps.

IO-Link

IO-Link je obojsmerný, digitálny, point-to-point, káblový (alebo bezdrôtový), priemyselný komunikačný sieťový štandard (IEC 61131 -9) používaný na pripojenie digitálnych snímačov a akčných členov k priemyselnej zbernici. alebo priemyselnému Ethernetu. Jeho cieľom je poskytnúť technologickú platformu, ktorá umožní vývoj a používanie senzorov a akčných členov, ktoré môžu vytvárať a využívať rozšírené súbory údajov, ktoré sa môžu zase využiť na analýzu a ekonomickú optimalizáciu priemyselných automatizovaných procesov.

Systém IO-Link pozostáva z hlavnej jednotky IO-Link master a jedného alebo viacerých zariadení IO-Link, tj snímačov alebo akčných členov na Obr. 16. Master IO-Link poskytuje rozhranie nadradenému riadiacemu systému (PLC) a riadi komunikáciu s pripojenými zariadeniami IO-Link. Master IO-Link môže mať jeden alebo viac portov IO-Link, ku ktorým môže byť naraz pripojené iba jedno zariadenie. Môže to byť tiež „rozbočovač“ (hub), ktorý ako koncentrátor umožňuje pripojenie klasických senzorov a akčných členov.



Obr. 16 Aplikácia IO link zariadení

Zariadenie IO-Link môže byť inteligentný senzor, ovládač, rozbočovač alebo, v dôsledku obojsmernej komunikácie, tiež mechatronická súčasť, napr. robortické rameno alebo jednotka napájania s pripojením IO-Link. „Inteligentné“ pri IO-Link znamená, že zariadenie má identifikačné údaje, napríklad typové označenie a sériové číslo alebo údaje o parametroch (napr. citlivosť, oneskorenie spínania alebo charakteristické krivky), ktoré je možné prečítať alebo zapísať pomocou protokolu IO-Link. Toto umožňuje napríklad zmenu parametrov PLC počas prevádzky. Inteligentné znamená aj to, že môže poskytnúť podrobné diagnostické informácie o zariadení. IO-Link a údaje s ním prenášané sa často používajú na preventívnu údržbu a servis, napr. optický senzor je možné nastaviť tak, aby hlásil cez IO-Link včas, ak hrozí jeho znečistenie. Čistenie už nie je prekvapením a neblokuje výrobu, nakoľko môže byť zaradené do najbližšej prestávky vo výrobe. Parametre snímačov a akčných členov sú špecifické pre dané zariadenie a technológiu, a preto sú uvádzané vo forme IODD (IO Device Description) v XML formáte

Priemyselné protokoly

MODBUS

Modbus je otvorený protokol pre vzájomnú komunikáciu rôznych zariadení (PLC, dotykové displeje, I/O rozhrania a podobné), ktorý umožňuje prenášať dáta po rôznych sieťach a zberniciach. Komunikácia funguje na princípe odovzdávanie dátových správ medzi serverom a klientom (master a slave). Modbus patrí medzi najjednoduchšie a najstaršie komunikačné protokoly. Bol navrhnutý už v roku 1979 vo firme Modicon na komunikáciu s ich PLC ako jednoduchý a robustný sériový protokol typu master-slave. V súčasnosti je za jeho rozvoj zodpovedná organizácia Modbus (<http://www.modbus.org/>) a aktuálna verzia štandardu je V1.1b3. Existuje viacero implementácií:

- Modbus RTU – sériová komunikácia v binárnej forme
- Modbus ASCII – sériová komunikácia v ASCII forme
- Modbus TCP – komunikácia využívajúca TCP/IP sieť
- varianty Modbus over TCP, Modbus over UDP a ďalšie.

Opis protokolu MODBUS

Na zbernici je jedno "master" zariadenie (v prípade verzie Modbus TCP ich môže byť viac) posielajúce dopyty (request), ostatné zariadenia sú "slave". "Slave" zariadenie odpovedá na dopyty, ktoré sú mu adresované. V pozícii Master je teda riadiaci prvok (napr. PLC alebo priemyselné PC), v úlohe slave zariadenia sú ovládané alebo sledované prvky (napr. snímače, meracie prístroje, PLC, prvky výrobných liniek a podobné.).

Prenos dát

Protokol Modbus definuje štruktúru správy na úrovni protokolu (PDU - Protocol Data Unit) nezávisle od typu komunikačnej vrstvy. V závislosti od typu siete, na ktorej je protokol použitý, je PDU rozšírená o ďalšie časti, a tvorí tak správu na aplikačnej úrovni (ADU - Application Data Unit) v Tab. 3.

Tab. 3 Štruktúra ADU správy

Názov	Dĺžka (bity)	Funkcia
Start	28	Minimálne 3½ znaku ticho (mark condition)
Adresa	8	Adresa zariadenia
Funkcia	8	Kód funkcie, napr. načítanie cievok/registrov
Data	$n \times 8$	Dáta v závislosti od typu správy
CRC	16	Kontrola integrity
End	28	Minimálne 3½ znaku ticho medzi rámcami

Kód funkcie udáva, aký druh operácie má slave vykonať. Rozsah kódov je 1 až 255, pričom kódy 128 až 255 sú vyhradené pre oznámenia zápornej odpovede (chyby). Niektoré kódy funkcií obsahujú i kód podfunkcie upresňujúce bližšie požadovanú operáciu. Obsah dátovej časti správy poslanej masterom slúži klientovi k uskutočneniu operácie určenej kódom funkcie. Obsahom môže byť napríklad adresa a počet vstupov, ktoré má klient prečítať alebo hodnota registrov, ktoré má klient zapísať. Pri niektorých funkciách nie sú pre vykonanie operácie potrebné ďalšie dáta a v tom prípade môže dátová časť v správe úplne chýbať. Zabezpečenie je CRC pre RTU Mode a LRC (kontrolný súčet) pre ASCII Mode.

Adresácia

- adresa 0 – broadcast – správa je určená všetkým zariadeniam, ale žiadne na ňu neodpovedá

- adresy 1 až 247 – unicast – po prijatí a spracovaní požiadavky odošle slave zariadenie odpoveď
- adresy 248 až 255 – rezervné adresy

Modbus over serial

Modbus preferuje sériovú komunikačnú zbernicu štandardu RS485 s režimom sériovej linky 19200baud, 8 dátových bitov a párna parita. Protokol Modbus definuje dva sériové vysielacie režimy - Modbus RTU a Modbus ASCII. Režim určuje, v akom formáte sú dáta vysielané. Každá jednotka musí podporovať režim RTU, režim ASCII je nepovinný. Všetky jednotky na jednej zbernici musia pracovať v rovnakom vysielacom režime.

- MODBUS RTU - V režime RTU sa 8bitový byte vysielá ako jeden znak, integrita správ je zaistená pomocou kontrolného súčtu typu CRC a pomocou paritného bitu. Vysielanie správy musí byť súvislé, medzera medzi znakmi nesmie byť dlhšia ako 1,5 znaku. Začiatok a koniec správy je identifikovaný podľa pomlčky na zbernici dlhšej ako 3,5 znaku. Časovanie a definície protokolu zabezpečuje rýchlu a spoľahlivú komunikáciu po zbernici RS485, bez toho, aby boli kladené prehnané nároky na pripojené zariadenia. Vďaka svojim dobrým vlastnostiam a otvorenosti patrí MODBUS RTU k najrozšírenejším komunikačným štandardom pre priemyselnú automatizáciu.
- MODBUS ASCII - V režime ASCII je každý 8bitový bajt posielaný ako dvojica ASCII znakov. Oproti režimu RTU je teda pomalší, ale umožňuje vysielat' znaky s medzerami až 1s. Začiatok a koniec správy je totiž oproti RTU módu určený odlišne. Začiatok správy je indikovaný znakom ":" a koniec správy dvojicou riadiacich znakov CR, LF. Táto verzia protokolu je tak "ľudsky čitateľnejšia", ale proti RTU verzii je menej využívaná.

Jednodoskové počítače

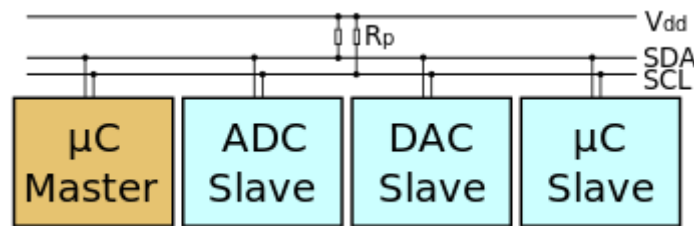
Aktuálne je na trhu dostatok rôznych produktov vo forme jednodoskových počítačov pokrývajúcich oblasti od vývoja jednoduchých riešení až po zložité operácie. Výpočtový výkon takýchto počítačov raketovo vzrástol a okrem obsluhy bežných periférií umožňujú aj spracovanie zvuku a obrazu, ako aj výpočty simulácií. Medzi najjednoduchšie a cenovo najdostupnejšie riešenia patria produkty ARDUINO. Okrem vlastných jednodoskových počítačov je pre túto platformu dostupných mnoho rozširujúcich dosiek, softvérových knižníc a podpora širokej a naďalej rastúcej komunity.

Dalo by sa namietat', že nejde o profesionálne riešenie, nakoľko vyhotovenie týchto produktov nezodpovedá náročným požiadavkám priemyselného prostredia. Aj napriek tejto skutočnosti, predstavujú cenný a cenovo dostupný základ pre pochopenie súvislostí pri návrhu a realizácii systémov rôznych zameraní a rôznych stupňov náročnosti.

Nebudeme sa zaoberať opisom jednotlivých riešení a parametrov jednodoskových počítačov ARDUINO, ani opisom vývojového prostredia a knižníc. Namiesto toho budeme ďalej opisovať základné zbernice, ktoré sa bežne vyskytujú takmer u všetkých výrobcov mikrokontrolerov a sú základom pre realizáciu projektov vo všeobecnosti.

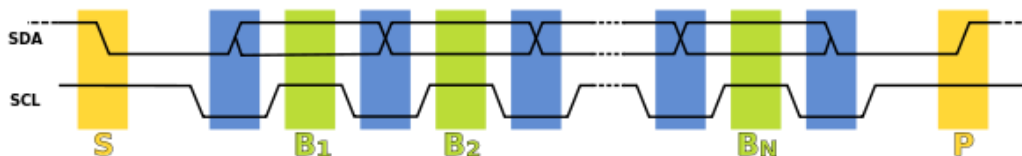
I²C

Inter-Integrated Circuit alebo I²C je dvojžilová obojsmerná zbernica vyvinutá firmou Philips začiatkom 90-tych rokov 20. storočia, používaná predovšetkým na prepojenie periférnych zariadení s mikrokontrolerom. Zbernica rozdeľuje pripojené zariadenia na riadiace (master - zahajuje a ukončuje komunikáciu; generuje hodinový signál SCL) a riadené (slave - zariadenie adresované masterom) na Obr. 17.



Obr. 17 Pripojenie zariadení na I²C zbernicu

I²C umožňuje prepojenie až 128 rôznych zariadení s pomocou iba dvoch obojsmerných vodičov. Jeden tvoria hodinový signál SCL (Synchronous Clock) a druhý dátový kanál SDA (Synchronous Data). Maximálna dĺžka vodičov je daná ich najvyššou povolenou kapacitou 400 pF, všeobecne sa uvádza cca 10cm. Každý vodič musí byť pripojený jedným pull-up rezistorom ku kladnému napätiu, čo zaisťuje vysokú úroveň v pokojovom stave. Pri prebiehajúcom prenose sú na SDA vysielané jednotlivé dátové bity pričom platí pravidlo, že logická úroveň na SDA sa môže nastaviť len ak je SCL v úrovni L. Toto pravidlo je porušené v dvoch špeciálnych prípadoch. A to pri vysielaní podmienok START a STOP, ktoré sa používajú na začatie komunikácie a k ukončeniu prenosu.



Obr. 18 Prenos dát na zbernici I²C

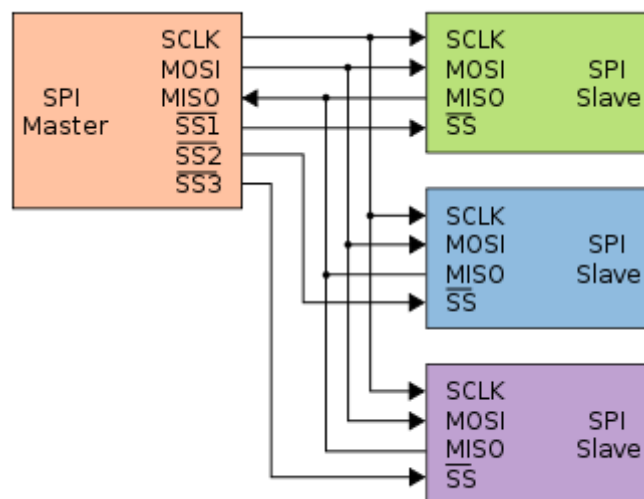
Prenos dát na Obr. 18 sa začína START bitom (S), keď je SDA nízka, zatiaľ čo SCL zostáva vysoká. Potom, SDA nastaví prenášaný bit zatiaľ čo SCL je nízka (modrá) a sú odobraté vzorky dát (prijaté) pri SCL stúpa (zelená). Keď je prenos dokončený, je poslaný STOP bit (P) pre uvoľnenie dátovej linky, zmenou SDA na vysokú, zatiaľ čo SCL je trvalo vysoká.

Maximálna frekvencia signálu SCL je podľa verzie I²C 100 kHz alebo 400 kHz. Pre obe frekvencie je daná minimálna povolená doba zotrvania SCL v úrovni L a H. Pri komunikácii aj pri prenose dát si jednotlivé stanice synchronizujú generátory hodín tak, že trvanie úrovne H na SCL je odmeriavanie vnútorným časovačom každej stanice až od okamihu, keď SCL skutočne úrovne H dosiahne (pretože je SCL typu otvorený kolektor, môže byť v úrovni L držaný aj v

situácii kedy sa daná stanica snaží nastaviť úroveň H). Podobne je doba trvania úrovně L na SCL odmeriavaná od zostupnej hrany. Tento mechanizmus umožňuje niektoré zo staníc spomaliť prenos: pomalá stanica môže podržať po určitú dobu signál SCL v úrovni L a tým zabrániť vysielajúcej stanici vo vyslaní ďalšieho bitu. Zbernica I²C neumožňuje duplexný prenos, v jednom okamihu vysielala len jedno zariadenie. Všetky zariadenia pripojené na zbernicu musia mať individuálnu adresu s dĺžkou 7 alebo 10 bitov a implementovaný mechanizmus komunikácie pomocou I²C zbernice.

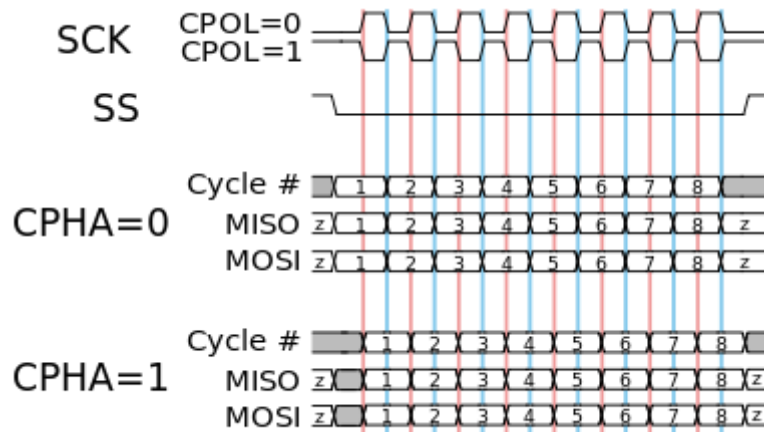
SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) je sériové periférne rozhranie. Používa sa pre komunikáciu medzi riadiacimi mikroprocesory a ostatnými integrovanými obvodmi (EEPROM, A/D prevodníky, displeje, senzory a iné). Komunikácia je realizovaná pomocou spoločnej zbernice. Adresácia sa vykonáva pomocou zvláštnych vodičov, ktoré pri logickej nule aktivujú príjem a vysielanie zvoleného zariadenia (piny SS alebo CS).



Obr. 19 Pripojenie zariadení na SPI zbernicu

Master riadi komunikáciu pomocou hodinového signálu a určuje, s ktorým zariadením na zbernici bude komunikovať pomocou SS - Slave Select (niekedy CS - Chip Select). Slave na Obr. 19 vysielala podľa hodinového signálu, pokiaľ je aktivovaný pomocou SS/CS.



Obr. 20 Prenos dát na zbernici SPI

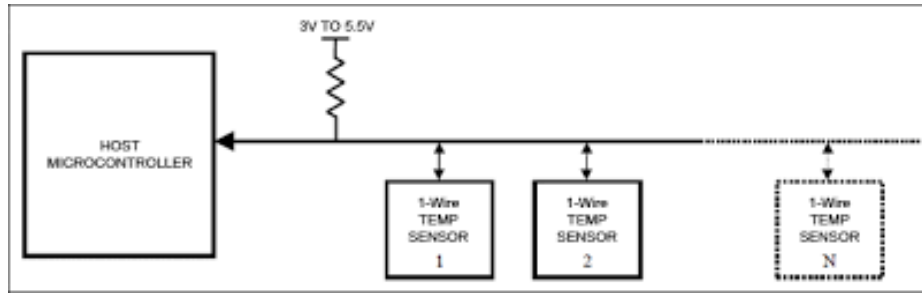
Pre komunikáciu Master nastaví log. 0 na SS zariadenia, s ktorým chce komunikovať. Následne začne generovať hodinový signál na SCLK a v tej chvíli vyšlú obe zariadenia na Obr. 20 svoje dáta, pričom MOSI (Master Out, Slave In) je vždy Master výstup, Slave vstup a MISO (Master In, Slave Out) je Master Vstup, Slave výstup. Akonáhle sú dáta odoslané, môže komunikácia ďalej pokračovať tak, že:

- Master ďalej dodáva hodinový signál, hodnota SS zostáva v log. 0.
- Master prestane vysielat' hodinový signál a nastaví SS do log. 1.

Dĺžka vyslaných dát je buď 8bit (Byte) a alebo 16bit.

1-wire

1-Wire je zbernica navrhnutá firmou Dallas Semiconductor Corp. pre komunikáciu zariadenia s nízkou dátovou rýchlosťou, signalizáciu i napájanie. 1-Wire je podobná zbernici I²C, len s nižšou dátovou priepustnosťou a dlhším dosahom. Zvyčajne je používaná pre komunikáciu s malými lacnými zariadeniami ako sú teplomery, pamäte, monitory akumulátorov a ďalšie zariadenia. Sieť z 1-Wire zariadení s pripojeným master zariadením sa nazýva aj MicroLAN. Jedným z charakteristických rysov zbernice je možnosť použitia iba dvoch drôtov: dát a zeme. Toto je umožnené tým, že 1-wire zariadenia obsahujú zabudovaný 800 pF kondenzátor na uchovanie náboja pre napájanie zariadenia počas času, kedy je aktívny dátový prenos. V závislosti od funkcie, 1-Wire zariadenia sú k dispozícii ako komponenty v integrovanom obvode v puzdre TO-92, v prenosnej forme nazývanej iButton, ktorý sa podobá gombíkové batériu do hodínok a bežných SOP-8 puzdrach.



Obr. 21 Pripojenie zariadení na 1-wire zbernicu

V každej MicroLan zbernici je vždy len jeden master, ktorým môže byť počítač alebo riešenie na báze mikroprocesora. Master začne činnosť na zbernici, čo zjednodušuje predchádzaniu vzniku kolízií na zbernici. Protokoly sú v softvéri vytvorené tak, aby detegovali kolízie. Po kolízii sa master opäť pokúsi o komunikáciu. Rovnakú zbernicu môže zdieľať viacero zariadení. Každé zariadenie na zbernici má unikátne sériové 64bitové číslo. Najmenej významný bajt sériového čísla je 8-bitové číslo, ktoré určuje typ (family code) zariadenia. Najvýznamnejší bajt je štandardný (1-Wire) 8 bitový CRC.

Existuje niekoľko štandardných príkazov pre vysielanie broadcast, aj pre adresáciu konkrétnych zariadení. Master môže vyslať príkaz pre výber a potom adresu konkrétneho zariadenia. Ďalší príkaz je vykonaný iba adresovaným zariadením. Protokol enumerácie 1-wire zbernice je algoritmus použitý mastrom na čítanie adresy každého zariadenia na zbernici. Adresa zahŕňa typ zariadenia a CRC a tvorí spoľahlivý súpis zariadení pripojených na zbernicu. 64 bit adresný priestor je prehľadaný ako binárny strom, ktorý umožňuje identifikovať až 75 zariadení pripojených na zbernicu za sekundu.