

POČÍTAČOVÉ MĚŘÍCÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY

G STUDIJNÍ CÍLE

Po prostudování :

- § Poznáte filozofii distribuovaných a centralizovaných měřících systému.
- § Porozumíte, jak konkrétně je možné tyto systémy použít v praxi.
- § Seznámíte se se základními průmyslovými standardy.
- § Poznáte základy mobilních měřících systémů.
- § Srovnáním měřících systému poznáte možnosti nasazení v měřících aplikacích.

Ñ KLÍČOVÁ SLOVA

měřící systém, přenosové médium, topologie systému, sběrnice.

Â ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

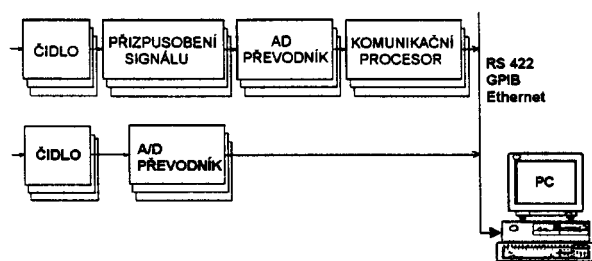
180 minut

1. POČÍTAČOVÉ MĚŘÍCÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY

1.1 Uspořádání měření

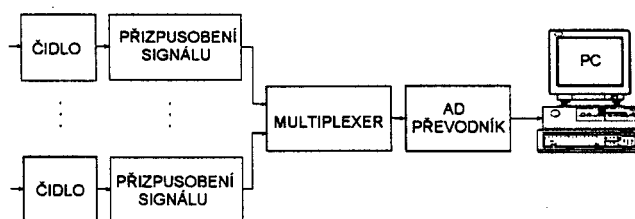
Při měření analogových veličin budujeme měřicí trasu, na jejím počátku je prostředí s měřenými vzruchy (tlak, teplota, rychlost, síla apod.) a na konci je počítač s vhodným softwarovým prostředím umožňujícím zpracování naměřených hodnot. Prvním členem měřicí trasy je vhodné čidlo. Čidlo slouží k převodu vzruchů z prostředí na elektrické signály. Zdaleka ne všechna čidla poskytují vhodný signál pro přímou digitalizaci pomocí A/D převodníku. Před vstupem do A/D převodníku je třeba signál vhodně upravit. K typickým úpravám signálu patří převod proudového signálu na napěťový (řada čidel má proudový výstup 4-20 mA), zesílení napěťového signálu (např. termočlánky dávají napětí řádu mV), analogová filtrace (řada signálů je zatížena rušením, které je třeba odstranit před jeho digitalizací), galvanická izolace vstupního signálu apod. Signál, převedený na napětí vhodného rozsahu lze přivést do analogově číslicového převodníku a provést jeho digitalizaci. Řízení průběhu digitalizace a následné uložení digitalizovaných hodnot na disk, popř. jejich zobrazení a analýza je úlohou pro vhodně zvolený softwarový systém, který je na konci celého měřicího řetězce.

Z hlediska topologie měřících prvků můžeme rozlišit distribuovaný způsob měření (obr. 1.1) a centralizovaný způsob měření (obr. 1.2).



Obr. 1.1 Schéma distribuovaného systému měření

Při distribuovaném způsobu měření jsou signály z čidel převedeny na napěťový signál a digitalizovány přímo v místě čidla a dále je signál veden v číslicovém tvaru po vhodné sběrnici (RS 232, RS 485, GPIB, Ethernet atd.) do centrálního počítače. Tento způsob měření je výhodný pro svou značnou odolnost proti rušení. Je však obvykle dražší (převodník a komunikační procesor u každého čidla) a špatně přenosný. Používá se proto častěji v průmyslových monitorovacích systémech.



Obr. 1.2. Schéma centralizovaného způsobu měření

Při laboratorní a diagnostickém měření se častěji používá centralizovaný způsob měření, kde jsou signály od čidel vedeny do centrální jednotky. Tam jsou vhodně přizpůsobeny, převedeny na napětí a digitalizovány. Centralizované měření je levnější, avšak jsou-li čidla dostatečně vzdálena od centrální jednotky, může dojít ke značnému rušení signálů a tím ke snížení kvality měření.

1.2 Rozdělení měřících a řídicích systémů

Žádný z výše popsaných měřících systémů, principů a přístrojů nepracuje zpravidla samostatně. Měříme-li některou z fyzikálních veličen samostatně, je to zpravidla ve výjimečných případech, nebo v laboratorních provozech. Většinou je třeba z několika měřených veličin, které spolu souvisejí udělat jednoznačný závěr o chování technologického pochodu, případně tento pochod řídit, měřené veličiny regulovat, nebo alespoň signalizovat jejich stavy. Tyto úkoly plní měřicí a řídicí systémy na bázi počítačů. Vývoj posledních několika let směřuje k rozdělení měřících systémů do dvou základních skupin na měřicí systémy:

§ pro laboratorní provoz

§ pro průmyslový provoz.

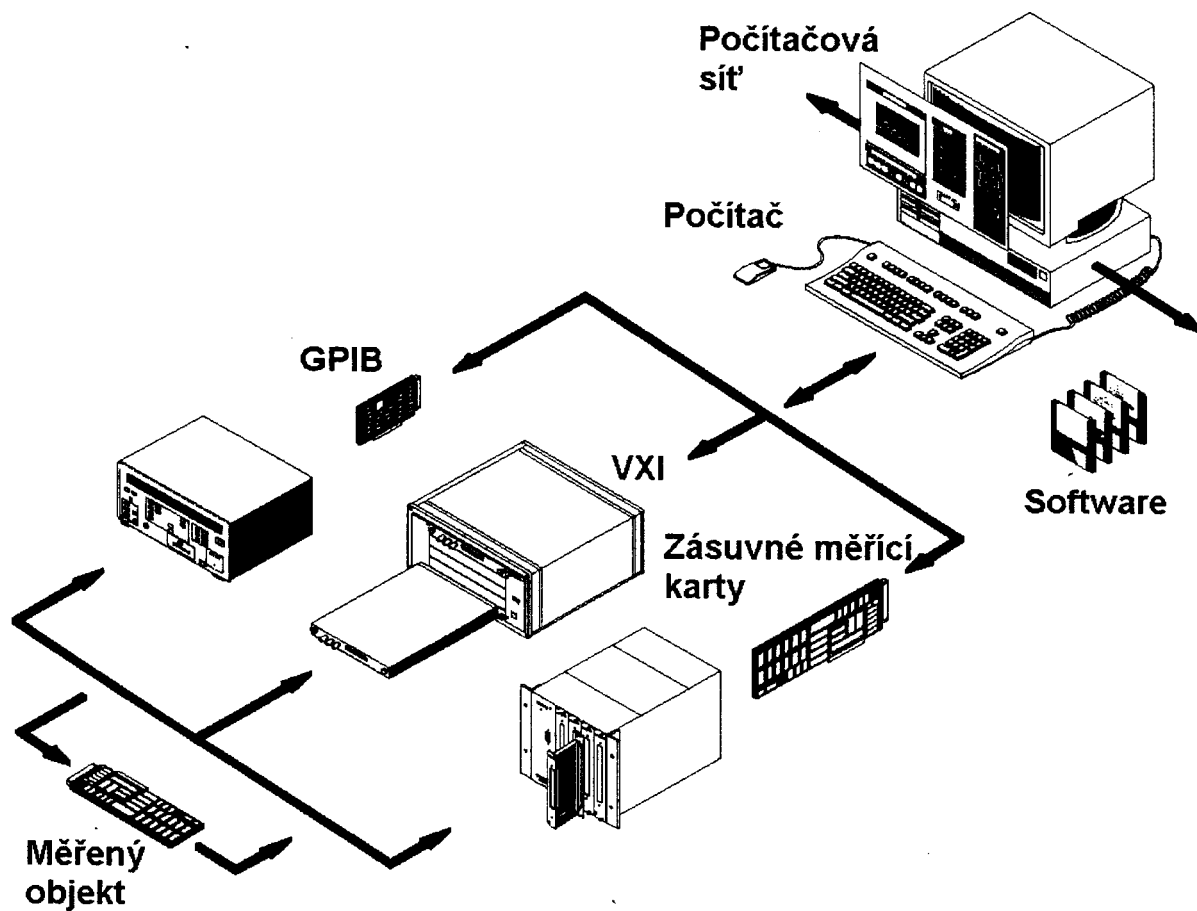
Rozdílný přístup k technickým prostředkům pro sběr a zpracování dat pro průmyslový a laboratorní provoz vyplývá z jiných požadovaných podmínek činnosti obou skupin. Nejzákladnější rozdíly v provozu jsou asi následující:

Laboratorní provoz (obr. 1.3):

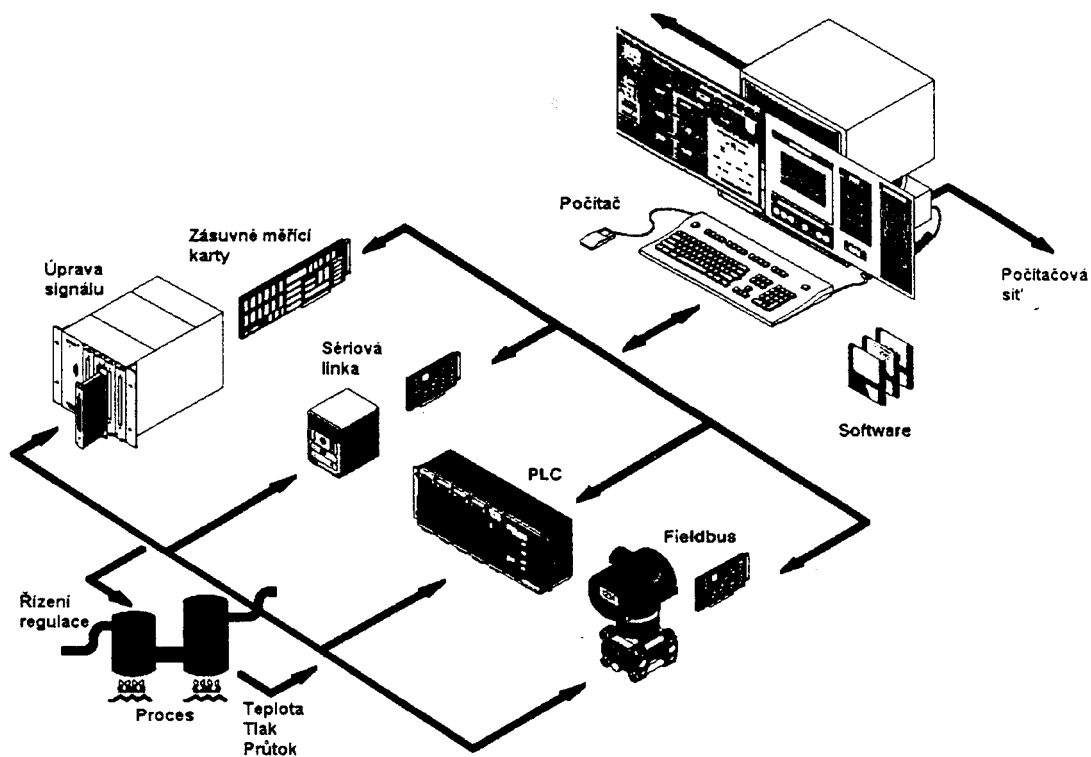
1. krátká připojovací vedení snímačů
2. centralizované měření
3. malá souhlasná napětí
4. nízká nebo vůbec žádná rušivá napětí
5. není nutné galvanické oddělení výstupů
6. jsou vyžadovány rychlé dotazovací cykly
7. jedná se většinou o centralizovaná měření
8. měřicí přístroje jsou většinou v klasickém stolním provedení
9. často se mění provedení a uspořádání měření

Průmyslový provoz (obr. 1.4.)

1. dlouhá připojovací vedení snímačů
2. decentralizovaná měření
3. velká souhlasná napětí
4. většinou vysoká rušivá napětí
5. galvanické spojení je příčinou poruch a havárií a je proto nutné instalovat dokonalé galvanické oddělení
6. průměrné dotazovací cykly na měřené veličiny
7. měřicí přístroje umístěné v robustních skříních zabezpečených proti vnikání prachu, vlhkosti a často v jiskrově bezpečném provedení
8. projektovaná trvanlivost dlouhodobá, požadavek na velmi vysokou spolehlivost
9. použití specializovaných procesorových stanic místo klasické počítače PC



Obr. 1.3 Schéma laboratorního (testovacího) systému



Obr. 1.4 Schéma průmyslového systému.

V laboratorním prostředí se prosadila jako standard sběrnice IEEE 488 (GPIB) pro propojení počítačů PC a laboratorních přístrojů. Pro aplikace měření v průmyslovém prostředí však sběrnice IEEE 488 nesplňuje podmínky uvedené jako požadované pro průmyslový provoz. Nedovoluje přenos na větší vzdálenosti, realizace galvanického oddělení je náročná a systém při dlouhých propojovacích vedeních mezi měřicími místy a počítačem vyžaduje velmi vysoké pořizovací náklady.

Další z velmi rozšířených standardů je RS 232C není však určen pro připojení vícebodové (více přístrojů). Jeho použití je možné jen pro značně omezený počet stanic. Skupinu výše uvedených požadavků, kladených na měřicí systémy pro průmyslové použití nejlépe splňují systémy využívající pro přenos sběrnici RS-485. Od roku 1988 došlo k již velmi značnému rozšíření těchto systémů, ale každý výrobce se snažil vyvinout a používat systém, který by byl kompromisem mezi požadavky zákazníků a možnostmi výroby. Takový přístup vedl ke zcela chaotickému chování výrobců z hlediska vzájemné kompatibility.

Teprve po roce 1990 dochází mezi výrobci k dohodám a standardizují se některé systémy. Měřicí systémy na bázi zásuvných karet do PC jsou zařízeními s univerzálním technickým vybavením, které v těsné blízkosti snímače nebo v místě měření většinou neprovádí žádné předzpracování dat. Při volbě nevhodného zapojení nebo topologie může nastat případ propojení snímače s A/D převodníkem na zásuvné kartě v počítači příliš dlouhým vedením. Příliš dlouhá spojovací cesta velmi nepříjemně ovlivňuje elektromagnetickou slučitelnost užitečného signálu. Při nasazení v průmyslových systémech je vhodné provádět A/D převod co nejbližší snímači a získaný číslíkový údaj přenášet k dalšímu zpracování sběrnici. Při tomto postupu musí být splněno několik základních podmínek:

1. přístup na jednotlivá periferní zařízení (snímače, akční členy) musí probíhat v časově ekvidistantních krocích,
2. přenosová rychlost sběrnice musí být co nejvyšší, zpoždění na sběrnici a čas připojení jednotlivých zařízení musí být co nejkratší, aby dotazovací cyklus celého systému mohl probíhat v reálném čase.

1.2.1 Požadavky na systém

V případě řízení a kontroly průmyslové výroby měřicí systémy pracují samostatně a zjišťují důležité hodnoty stavových veličin nutných pro optimální chod procesu. Předem naměřené hodnoty jsou centrální jednotkou zpracovány a výsledkem je korekce parametrů celého měřeného nebo řízeného systému. Přenos dat mezi počítačem a měřeným systémem podléhá příkazové struktuře a je třeba dodržet, aby přenos dat byl zajištěn proti poruchám. V případě chybného přenosu se přenos ve stanoveném okamžiku opakuje. Nesmí dojít ke ztrátě žádných dat, jestliže měřicí moduly pracují průběžně a řídící jednotka vyžaduje naměřené hodnoty pouze v určitých časových intervalech, je přenos dat minimalizován podle požadavků řídící jednotky, okamžik, ve kterém je výsledek měření připraven k odeslání nemusí být předem pevně stanoven; zpravidla existuje možnost zeptat se na skutečný stav (tzv. status). Konkrétním požadavkům měření však nevyhovuje vždy jen jeden standard, proto existuje několik vzájemně se lišících typů sběrnic, jejichž stručný přehled bude následovat.

Tyto činnosti se ale neodehrávají přímo v oblasti měřících míst, která jsou většinou špatně přístupná. Odehrávají se v tzv. velínech, specializovaných pracovištích, kam je informace o jednotlivých měřených veličinách technologického procesu přenášena, a kde se dále zpracovává (pro účely analýzy, řízení, regulace, optimalizace výrobního procesu atd.). Velín není jediným místem, kam se informace přenášejí, a kde se zpracovávají. Ve výrobních technologiích existuje zpravidla celá hierarchie komunikačního řetězce, která začíná měřícími místy a končí vedením podniku.

1.3 Distribuované průmyslové systémy

LAN - WAN

Filozofie vychází z rozdělení jednotlivých funkcí sítě do tzv. úrovní (vrstev) s přesně definovanými vzájemnými vztahy. Vrstvy jsou definovány modelem OSI:

1. fyzická vrstva - přenos signálu
2. linková vrstva - vytváření zpráv ve formě rámců a řízení přístupu k přenosovému médium
3. síťová vrstva - obsluha navázání a ukončení spojení
4. transportní vrstva - ošetření chyb
5. relační vrstva - způsob komunikace mezi stanicemi
6. prezentační vrstva - vazba software na technické prostředky sítě
7. aplikační vrstva - aplikační software využívající služeb sítě

Tyto systémy můžeme dále členit podle:

§ přenosového média

- kroucená dvojlinka
- koaxiální kabel
- světlovodný kabel
- radiové spojení

§ topologie sítě

- sběrnice
- kruh
- hvězda
- strom
- hvězdicový kruh
- mnohostěn

§ metody přístupu

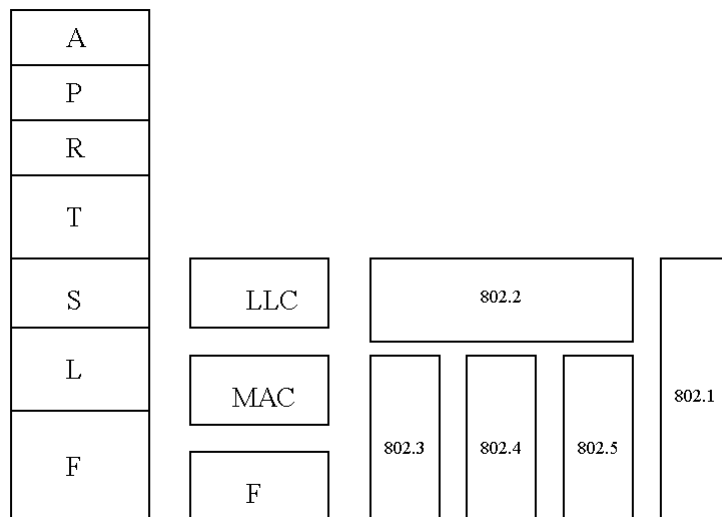
- CSMA, CSMA/CD - statistický přístup k přenosovému kanálu
- Token Passing - deterministický přístup k přenosovému kanálu

§ doporučení IEEE 802- 1981:

- IEEE 802.1 shrnuje všechna doporučení definuje jejich strukturu a vzájemnou vazbu

- IEEE 802.2 určuje logické řízení komunikačního kanálu
- IEEE 802.3 CSMA/CD Bus Network
- IEEE 802.4 Token Passing Bus (ArcNet)
- IEEE 802.5 Token Passing Ring
- IEEE 802.6 Metropolitan Area Network

Struktura a vzájemné vazby takového systému jsou na obr. 1.5.

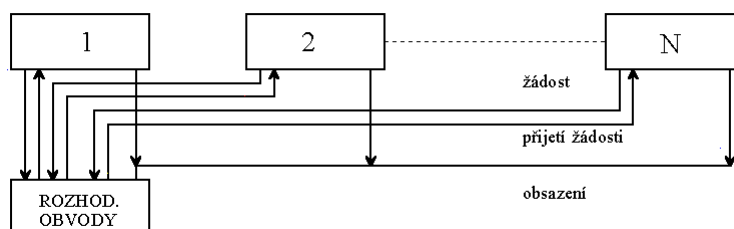


Obr. 1.5 Model distribuovaného systému na bázi LAN - WAN

1.3.1 Metody řízení přístupu k přenosovému mediu a systémovým prostředkům

§ Centralizované

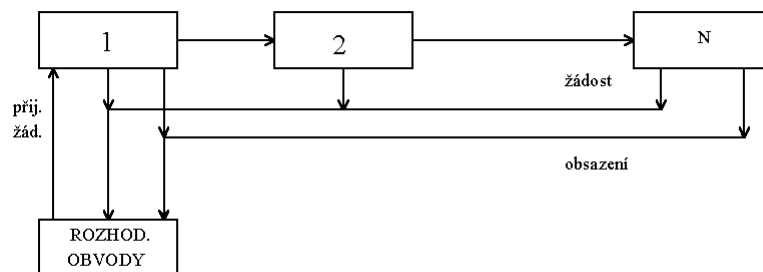
- paralelní (obr. 1.6)
- sériové (obr. 1.7)
- přidělování metodou výzvy



Obr. 1.6 Paralelní přístup

§ Distribuované

- synchronní (rezervační)
- logický kruh
- virtuální logický kruh
- MAP - (GM)



Obr. 1.7 Sériový přístup

§ Náhodný přístup

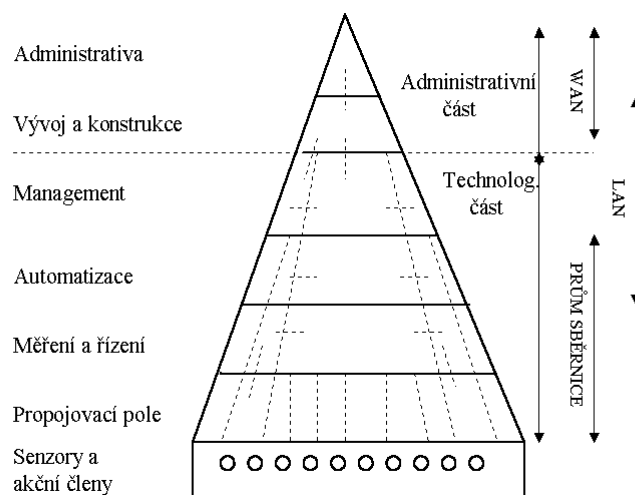
- ALOHA
- CSMA

§ Kruhové sítě

- token ring
- Piercův kruh
- vkládání rámců

1.3.2 Uspořádání technologického a informačního systému

Celý systém pak vypadá následovně (obr. 1.8):



Obr. 1.8 Komunikační řetěz informačního technologického systému

Základní vrstvu tvoří **akční členy a senzory**. Tato vrstva je základní a o snímačích jednotlivých fyzikálních veličin pojednává podstatná část předchozího textu. Snímače jsou tedy nezbytnou částí hierarchie nutnou pro dokonalé řízení a monitorování celého technologického procesu. Propojovací pole má za úkol každý snímač propojit s jeho řídicím obvodem. Stupeň inteligence snímačů, ale není

specifikován. Zpravidla vždy může jít o klasické snímače fyzikálních veličen tak, jak byly popsány v předchozích kapitolách a propojovací pole potom představuje dvouobvodové spojení s řídicím obvodem pro přenos analogové elektrické (příp. i jiné neelektrické veličiny). Může však jít i o tak zvané inteligentní snímač, jejichž součástí je vždy i komunikační jednočipový mikroprocesor a přenos informace o měřené veličině se uskutečňuje zásadně číslicovým způsobem. Je možné kombinovat obě spojení. Vyhodnocovací obvody propojovacího pole jsou pomocí multiplexorů připojeny na několik snímačů.

Propojovací pole bývá v současnosti nejčastěji realizováno tzv. průmyslovou sběrnicí, která nutně nevyžaduje vzájemné přímé propojení snímačů.

Vrstva měření a řízení vyhodnocuje naměřené hodnoty pro další vrstvu (automatizace) a také zpracovává informace z vyšší vrstvy pro případné řízení inteligentních snímačů (změny rozsahu, korekce apod.). Výsledky získané ve vrstvě měření a řízení se využívají pro zabezpečení optimálního chodu celého technologického procesu. Jestliže se naměřená veličina dostane mimo tolerance a hrozí nebezpečí vzniku havarijního stavu, předává se tato naměřená hodnota přímo řídicím obvodům akčních orgánů (vodorovné spoje ve vrstvě měření a řízení), aby reakce změny řízení celého procesu byly co nejkratší.

Vrstva automatizace provádí automatické řízení celého procesu. Z vrstvy měření a řízení odebírá potřebné naměřené hodnoty a zpět předává údaje pro řízení akčních členů. Jednotlivé části mezi sebou velmi úzce spolupracují – vodorovná propojení. Z hlediska měření a automatického řízení tvoří vrstvy snímače a akční členy, měření a řízení, automatizace nezávislý celek.

Management soustřeďuje důležité údaje o technologickém procesu a jejich vyhodnocováním se celý měřicí a řídicí proces optimalizuje z hlediska kvality výroby, ekonomické náročnosti provozu, úspor energií apod. Požadované změny se předávají vrstvě automatizace jako změny v nastavení parametrů a koeficientů pro jejich výpočet. Pro samostatné technické měření nemá však tak velký význam. Ostatní části hierarchické struktury dotvářejí její komplex a jsou rozhodující z hlediska návaznosti výroby. Z hlediska snímání a zpracování fyzikálních veličin mají však až podružný význam, který spočívá v informativním využití naměřených údajů pro konstrukci a vývoj i pro administrativu.

Komunikační řetězec technologického systému je vždy rozdělen do několika částí tak, aby příslušné médium pro přenos aktivního signálu nebo informace vždy splňovalo požadavky aplikace, a použitý typ přenosu včetně druhu použitého přenosového protokolu je vždy volen tak, aby splňoval požadavky na daný stupeň hierarchie řízení technologického procesu. Z hlediska technických měření pro nás bude nejzajímavější oblast snímačů, včetně propojovacích polí a úrovně měření a řízení. V současné době se prakticky bezvýhradně k řízení toku měřených dat v hierarchických systémech používají standardy průmyslových sběrnic, sítí LAN a WAN. Chceme-li se zabývat úrovněmi nejnižšími (až po management) je nutné si uvědomit, že pro tyto úrovně se používají sítě lokální. Sítě typu LAN a WAN se používají zpravidla až od úrovně management, a proto se jimi zabývat nebudeme. V dalších částech se budeme podrobněji zabývat strukturami a typy průmyslových sběrnic, které se stávají standardy pro přenos měřených fyzikálních veličin komplexních technologických procesů a částečně i softwarovým vybavením potřebným pro provoz aplikací snímáných a monitorovaných fyzikálních veličin, které

se vyskytují na úrovni velínů a operátorských panelů v průmyslových technologických procesech, kde měření vybraných fyzikálních veličin hraje důležitou roli.

Vzájemné fyzické propojení několika prvků systému zajišťuje sběrnice. Sběrnici rozumíme fyzickou část komunikační cesty mezi prvky systému nebo jeho částmi. Proto dělíme sběrnice na vnitřní a vnější.

Vnitřními sběrnici rozumíme například sběrnice počítačů, které jsou pro funkci daného počítače jako celku nezbytné. Běžný uživatel se s nimi nesetkává. Znalost jejich funkce je nutná pro analýzu mezních stavů, využití maximální hranice rychlosti přenosu dat, zálohování dat, diagnostiku poruch apod.

Vnější sběrnici nazýváme komunikační cestu, přes kterou spolu prvky vzájemně spolupracují. V literatuře se velmi často vyskytují pojmy rozhraní (interface) a sběrnice (bus).

Rozhraní má dva možné významy:

1. Jedná se o společnou hranici, která je definována charakteristikami fyzického, signálového a procedurálního propojení.
2. Rozhraní je souhrn pravidel pro komunikace mezi sousedními zařízeními.

Rozhraní tedy propojuje dvě jednotky. Jestliže je vzájemně propojených jednotek více, hovoříme o sběrnici. Sběrnice je soubor fyzických spojů spolu s příslušnými pravidly a protokoly pro přenos informace z libovolně zvoleného souboru do jednoho nebo několika míst určení.

Při návrhu a realizaci technologických procesů se vychází z těchto požadavků:

- navrhované systémy jsou otevřené standardy
- snadná integrace pro danou aplikaci
- snadné a finančně nenáročné projektování s využitím modulových prvků
- systém musí zajišťovat komplexní řešení úkolu
- další možnost rozšíření o standardní prvky výrobců
- využití sběrnice sítě se zohledněním ceny, redundance systému a vysoké spolehlivosti
- programové vybavení pro konkrétní aplikaci vychází ze standardních struktur dodavatele
- technické vybavení je řešeno s ohledem na zajištění vysoké spolehlivosti

Uvedenou problematiku měření lze řešit s použitím měřících a řídicích systémů v zahraničí zvaných FIELDBUS (FELDBUS). Doslovný překlad do češtiny, ale v žádném případě nevystihuje to, co tyto prostředky řeší a proto se používá termín rozsáhlé průmyslové systémy. Výraz „FIELDBUS“ zcela vymezuje technické i programové vybavení pro komunikaci mezi snímači fyzikálních veličin, procesory zajišťujícími sběr dat a ostatními prvky (akčními členy, případně i regulátory). Výrazem průmyslová sběrnice potom chápeme technickou realizaci sériové sběrnice, kterou se přenášejí bloky dat mezi snímači fyzikálních veličin, jejich řídicími moduly a vyhodnocovacími členy a nadřazeným počítačem, na němž dochází k vyhodnocování a správě naměřených dat a na němž se zpravidla uplatňuje software pro vizualizaci a monitorování či řízení technologických procesů.

Organizace, zabývající se specifikací, vývojem a vyhodnocováním různých aspektů kandidátů na Fieldbus, lze rozčlenit podle geografické působnosti na mezinárodní (IEC Fieldbus), evropskou (Eureka Fielbus) a národní (Francie: FIP, SRN: PROFIBUS, GB: ERA, USA: IEEE P1118, ISA 5P50, NEMÁ SC21). Označení FIP, PROFIBUS, ERA a P1118 jsou názvy protokolů původně kandidujících na statut Fieldbus, standardizovaných a podporovaných národními normalizačními institucemi. V normalizačních organizacích a sdružených se angažují významní výrobci výpočetní a automatizační techniky, jako Foxboro, Fuji, Honeywell, Resemount a Siemens.

1.3.3 FROFIBUS

Sdružení německých výrobců elektrických zařízení se zapojilo do mezinárodní standardizační iniciativy úrovně Fieldbus. Zatímco jedna skupina se zúčastnila programu Eureka Fieldbus, druhá, v čele s firmou Siemens, vyvinula PROFIBUS (PROcess FieldBus) je komunikační standard s vrstvou architektury. Fyzická vrstva ve verzi 1 odpovídá standardu RS-485 a uvažuje poloduplexní a rytmický přenos vybranými rychlostmi v rozsahu 9.6 až 500 Kb/s. Linková vrstva je založena na hybridní přístupové metodě spočívající jednak v předávání pověření mezi aktivními účastníky v logickém kruhu, jednak ve vyzývání pasivních a aktivních účastníků držitelem pověření. Je-li v systému jediný aktivní účastník, jedná se o centralizované vyzývání. Naopak, nejsou-li v systému pasivní účastníci, jde o token-bus. Obsluženo je dynamické přidávání a odstraňování aktivních a pasivních účastníků a reinitializace logického kruhu v případě ztráty pověření. Linková vrstva zajišťuje datagramovou službu.

Komunikační sekvence obsahují rámce s vysokou a nízkou prioritou a tzv. cyklický provoz, což je periodické vyzývání podle předem připraveného seznamu. Na linkovém rozhraní jsou k dispozici služby SDA (Send Data with Acknowledge), SDN (Send data with No Acknowledge), RDR (Request Data with Reply), SRD (Send and Reques Data) a cyklické verze RDR a SRD.

Nižší podvrstvy aplikační vrstvy řídí tok dat a případně vytváří a ruší asociace. S tím účelem eviduje aktuální vzdálené účastníky a příslušný typ komunikace. Pro službu virtuálních spojů poskytuje acyklické, či cyklické spojení s případnou možností iniciativy podřízeného. Datagramová služba zahrnuje vysílání s hromadnou či skupinovou adresou.

Vyšší podvrstvy aplikační vrstvy poskytuje prostředky pro popis komunikačních objektů a na ně vázané komunikační služby. Opět se jedná o klienta, užívajícího služby rozhraní aplikační vrstvy a serveru a modulovaného pomocí abstrakce reálného zařízení. Odlišnost je dána omezením se na menší počet jednodušších typů objektů popisujících strukturu. Dalším podstatným rysem je, že tabulky popisů jsou definovány mimo reálný provoz, což redukuje provozní tok dat. Uživatelské služby jsou služby přístupu k proměnné, správy spuštěného programu, správy události a správy domény. Konečně třetí skupinou služeb jsou služby správy sítě.

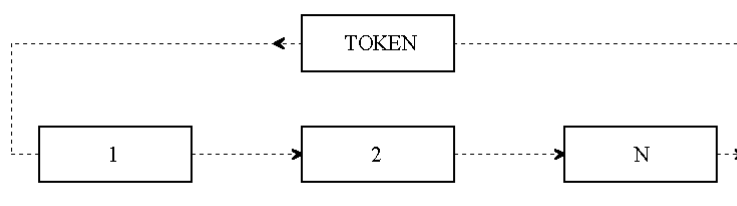
Jedná se o otevřený systém, otevřenost se týká :

- § řídicího počítače
- § programového vybavení
- § komunikačních kanálů

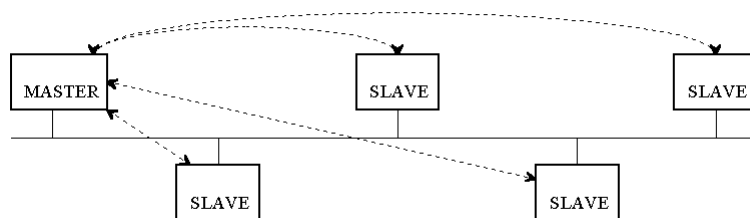
Základní vlastnosti

§ přístupová metoda sítě

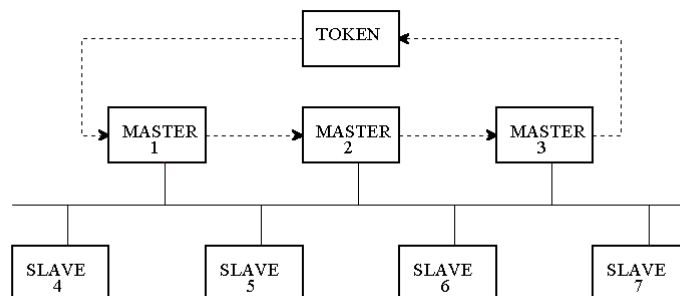
- Token Passing (obr. 1.9)
- Master Slave (Obr. 1.10)
- Hybridní (Obr. 1.11)



Obr. 1.9 Metoda přístupu Token Passing



Obr. 1.10 Metoda přístupu Master Slave



Obr. 1.11 Hybridní metoda přístupu

§ Technické parametry

- přenosové médium - sběrnice RS-485, kroucený dvoudrát, galvanické oddělení
- délka sběrnice - 1200 m, s opakovači 4800 m
- přenosová rychlost - 9.6 - 500 kb/s
- počet stanic - 127
- kódování - NRZ
- řízení sběrnice hybridní - kombinované decentralizované a centralizované
- priorita dvou zpráv
- způsob synchronizace - asynchronní přenos, poloviční duplex, synchronizace UART

1.3.4 INTERBUS-S

Sběrnice dostala svůj název pro rychlé (S-schnell) řízení akčních členů. Pro požadovanou komunikaci mezi snímači a akčními členy (tato sběrnice je orientovaná na řízení v reálném čase mezi snímači fyzikálních veličin a akčními členy) musí sběrnice splňovat dynamické podmínky přístupu k přenosovému médium, které se mohou pohybovat mezi 1 až 5ms. Pro řízení se zpětnou vazbou nebo i bez zpětné vazby je výhodné stanovit konstantní časový interval pro přenos datového souboru nebo instrukce.

Pro splnění tohoto požadavku je nejvýhodnější použít kruhového přenosu. kdy paket prochází všemi stanicemi ke sběrnici připojenými. Podporuje se připojení max. 256 stanic a sběrnici tvoří dvojice vodičů procházející všemi stanicemi. Způsob řízení sběrnice je centrální Master Slave. Výhodou kruhového přenosu je velmi jednoduchá diagnostika funkčnosti systému, kterou provádí Master. Při měření a řízení v reálném čase je tato činnost nezbytná. Z hlediska poruch jednotlivých stanic není kruhová struktura příliš výhodná, protože jediná porucha může zcela paralyzovat chod celého systému. Předpokládá se tedy velmi nízká poruchovost. V případě poruchy Master rychle identifikuje vadnou stanici a obsluha stanici vyřadí nebo vymění. Interbus-S je otevřenou sběrnici, což chápeme například jako možnost jejího připojení na jiné průmyslové systémy. Propojení má však značná omezení. Vždy je v podstatě možné předávat pouze data, která do podoby transportního protokolu převádí programovatelné logické obvody. Pro zapojení do Interbus-S je možné použít snímače a měřicí přístroje různých výrobců, které mají různé úrovně výstupních signálů i různé způsoby řízení.

1.3.5 DIN Messbus

je průmyslová sběrnice, která byla vyvinuta v roce 1985 v SRN. Rozšířena jako standard DIN 66 384 je od roku 1990. Od ostatních typů průmyslových sběrnic se liší fyzickou vrstvou. Tato sběrnice je určena pro duplexní provoz mezi řídicí a podřízenou stanicí. Proto se jako fyzické vrstvy používá čtyřvodičová varianta sběrnice RS-485 (dva páry krouceného dvoudrátu) se stíněním celého svazku. Pro omezení rušení a zvýšení spolehlivosti jsou jednotlivé stanice galvanicky odděleny. Sběrnice je řízena jednou řídicí stanicí dotazovacím způsobem. Řídicí stanice se dotazuje jednotlivých podřízených stanic. Každý účastník má svoji přijímací a vysílací adresu.

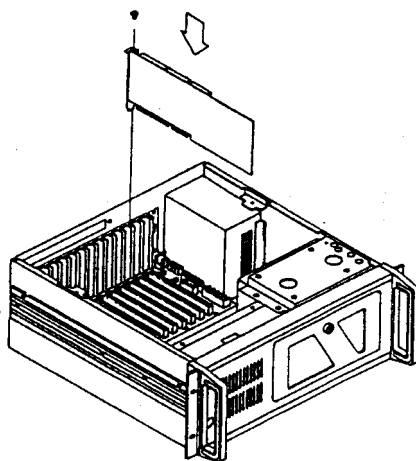
1.3.6 CAN (Controller Area Network)

je sériová sběrnice, původně vyvinutá firmou Bosch pro komunikaci mezi řídicími prvky, senzory a akčními členy v automobilech. Díky svým vlastnostem, jako je vysoká přenosová rychlost, vysoká spolehlivost a odolnost proti rušení, široký rozsah pracovních teplot, definovaný čas přístupu na sběrnici při přenosu důležitých zpráv a nízká cena komunikačních obvodů, se velmi rychle začala prosazovat v řídicí technice z dalších oblastí. Postupně začínají podporovat toto komunikační rozhraní firmy vyrábějící průmyslové řídicí systémy, výrobci snímačů, zdravotnické techniky, řídicí techniky, textilních strojů, strojů pro výrobu a zpracování papíru atd.

2. PRŮMYSLOVÉ PROVEDENÍ ŘÍDICÍCH POČÍTAČŮ MĚŘICÍCH SYSTÉMŮ

Osobní počítače byly navrženy a jsou vyráběny zejména pro "kancelářskou práci". Pro průmyslové aplikace je třeba PC alespoň mechanicky zpevnit - robustní kovová skříň utěsněná proti vnikání prachu a dostatečně chlazená filtrovaným vzduchem. Stejným způsobem je třeba konstrukčně upravit obrazovkový displej, klávesnici a diskové jednotky.

Běžný PC je konstrukčně řešen jako základní deska (motherboard) s několika sloty. Většina technického vybavení počítače je na základní desce, pouze některé jeho části na zásuvných deskách - např. videoadaptér VGA. Speciální průmyslové typy jsou řešeny modulárně - pasivní sběrnice a veškeré technické vybavení PC jako zásuvné desky. Diskové jednotky jsou často z důvodů jejich malé odolnosti proti otřesům a prachu nahrazeny polovodičovými pamětmi tzv. RAM a ROM disky. Tato náhrada není omezujícím faktorem, protože při průmyslovém nasazení se obvykle používají již vyvinuté aplikační programy uložené v ROM disku.

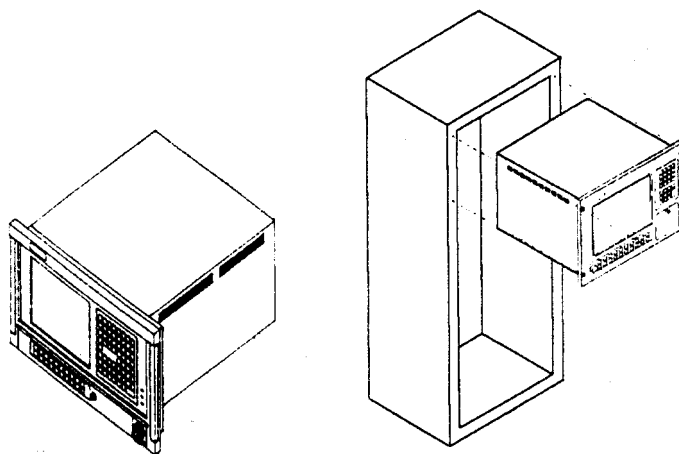


Obr. 2.1 Průmyslový počítač s pasivní sběrnicí

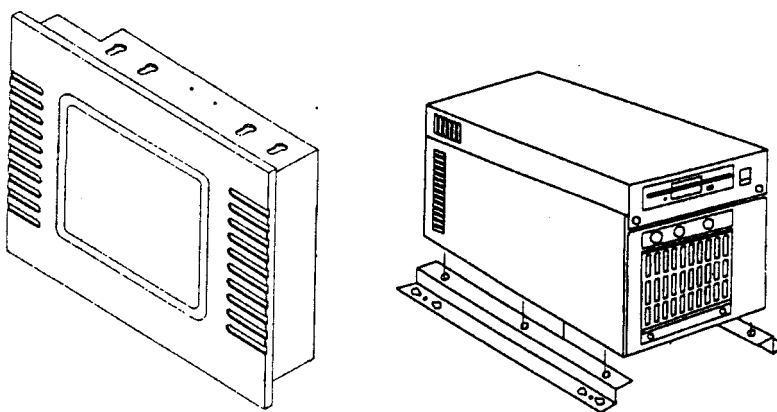
Jako příklad lze uvést Industrial PC firmy Adventech, která je tvořena robustní utěsněnou kovovou skříní pro zásuvné moduly rozměrově shodné se zásuvnými

deskami pro ISA slot. Ve skříni je zdroj 200W a chladicí ventilátor se vzduchovými filtry (obr. 2.1).

Další provedení průmyslových počítačů je na obr. 2.2 tzv. integrovaná průmyslová počítačová skříň, kde v jedné jednotce je integrován počítač PC s pasivní sběrnici (4-8 slotů) monitor (14" barevný) a membránová klávesnice. Toto provedení je velmi výhodné pro zástavbu do 19" průmyslových skříní (obr. 2.2). Další možná průmyslová provedení počítačů PC jsou na obr. 2.3. Panelové provedení se skládá s LCD displeje v jehož zadní části je deska počítače PC, tyto systémy se rozšiřují o měřicí stohovatelné karty typu PC 104 (jiná kompaktní varianta ISA sběrnice). Rozvaděčové provedení počítače PC je vhodné pro vestavbu do skříně, kde se nepředpokládá častý přístup k počítači.



Obr. 2.2 Integrovaná průmyslová počítačová stanice



Obr. 2.3 Panelové provedení PC a rozvaděčové provedení PC

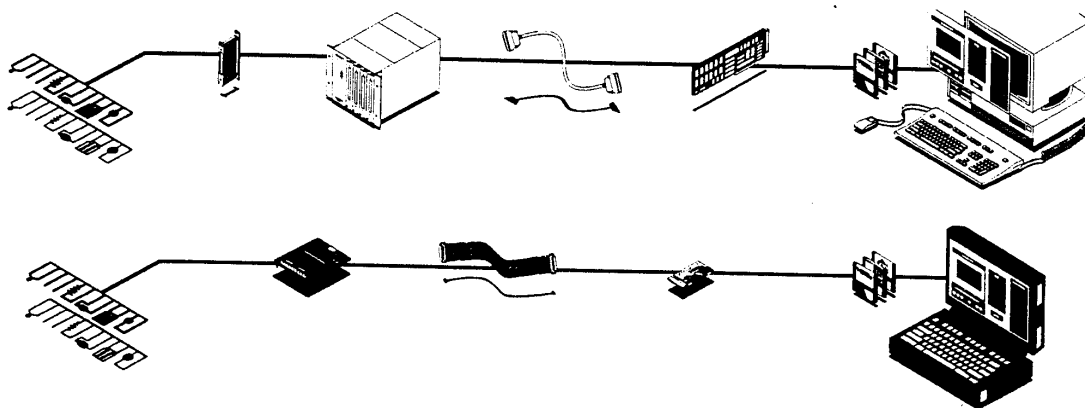
2.1 Mobilní měřicí systémy

Mobilní měřicí systémy jsou potřeba pro měření v dopravních prostředcích (automobily, vlaky), ale zejména při oživování stabilních průmyslových systémů, diagnostice závad zařízení apod. Mobilní počítačový systém lze řešit různými způsoby:

- § **datalogery**: jsou přístroje, které měřené data ukládají do své vnitřní paměti. Odkud je lze přenést do počítače (obvykle po RS 232) a tam zpracovávat,
- § **měřicí ústředny**: jsou přístroje založené na procesorech, které umožňují měřit, ukládat případně i zobrazovat měřené veličiny. Do této kategorie jsou zařazovány přístroje, které nejsou postaveny na univerzálních počítačích,
- § **autonomní měřicí přístroje**: lze je spojit s přenosným PC pomocí sběrnic IEEE 488 nebo RS-232C,
- § **portable PC**: nebo-li kufříkové provedení počítače PC, do kterého lze zasouvat měřicí ISA karty,
- § **notebook s docking stanicí**, která umožňuje opět použít měřicí ISA (PCI) karty,
- § notebook s PC-card

PC-card dříve označované jako PCMCIA karty jsou speciální zásuvné karty přibližně velikosti kreditní karty, které jsou uzavřeny v pouzdru. Existující standard rozlišuje tři tloušťky těchto karet (I,II,III). Nejrozšířenější jsou karty tloušťky II tj. okolo 5 mm. Sběrnice PC-card je co do signálu kompatibilní s ISA sběrnicí, ale karty lze zasouvat při zapnutém počítači. Běžné notebooky jsou vybaveny dvěma sloty pro PC-card, které jsou zejména určeny pro síťové karty, faxmodemové a paměťové karty a dnes většina měřicích karet vyrábí multifunkční případně i další měřicí karty v provedení PC-card.

Porovnání centralizovaného měřicího systému se zásuvnými kartami a mobilního měřicího systému s notebookem a zásuvnou kartou PC-card (PCMCIA) :



Obr. 2.4 Porovnání centralizovaného měřicího systému a mobilního měřicího systému

3. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA A POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ MĚŘICÍCH SYSTÉMŮ

Při výběru vhodného typu měřicího systému a při jeho konfiguraci pro řešení zadaného problému je nejprve třeba definovat základní požadavky, které jsou na systém kladeny, a ty pak porovnat se základními vlastnostmi a parametry jednotlivých druhů systémů. Je třeba vzít v úvahu zejména tyto faktory:

1. Počet měřicích míst,
2. Rychlost změn měřené veličiny,
3. Požadovaná přesnost měření,
4. Vzdálenost měřicích míst od řídicího počítače a jejich rozmístění,
5. Vnější vlivy (rušení, teplota, vlhkost, prašnost atd.),
6. Cena systému.

3.1 Měřicí systémy využívající sběrnice RS-485

RS-485 je v současné době nejrozšířenější průmyslovou sběrnicí. Většina výrobců vyrábí moduly pro tuto sběrnici, díky tomu je příznivá i cena těchto prvků. Počet přijímačů je omezen na 32 na jedné sběrnicí. Signál se přenáší v binární formě maximální modulační rychlostí (která je vzhledem k binární formě signálu i rychlostí přenosovou) 10 Mb/s předpokládanou stejnosměrnou složkou. Přenosovým médiem je dvoudrát, většinou kroucený s přidavným stíněním, aby se snížilo rušení.

3.2 Měřicí systémy na bázi zásuvných měřicích desek do PC

Jedná se o typicky centralizované měřicí systémy vhodné jak pro laboratorní, tak pro některé průmyslové aplikace (dle použitého typu PC a příslušenství pro předzpracování analogových signálů). Nabízené zásuvné měřicí desky umožňují měřit napětí na více měřicích místech, měřit kmitočty, generovat stejnosměrná či měnící se napětí či proudy a periodické průběhy. Speciální desky umožňují též přímé připojení řady senzoru (tenzometry, inkrementální čidla apod.) či řízení akčních členů (např. krokové motory). Typický počet analogových vstupů je od 8 do 64 pro jednu zásuvnou desku (bez externího multiplexeru). Dosažitelná vzorkovací rychlost je pro desky bez interní paměti max. 250 kb/s pro jednokanálové měření (při vícekanálovém měření je nutné tuto hodnotu dělit počtem použitých kanálů) a pro sběrnici ISA a až 1MS/s pro sběrnici PCI. U desek s interní pamětí dat s kapacitou od 1kB do stovek kB lze dosáhnout vzorkovací rychlosti až 100 Mb/s pro jednokanálová měření (přenos do operační paměti počítače proběhne až po ukončení měření).

Při měření signálů nízké úrovně je vhodné jejich zesílení co nejbližší u senzoru. Počet použitých desek je omezen počtem volných slotů PC, což omezuje též možnost případného pozdějšího rozšíření systému.

3.3 Systémy se sběrnicí VME

Systémy se sběrnicí VME jsou průmyslové modulární systémy se zásuvnými moduly. Modulární uspořádání se týká nejen měřicích modulů, ale též řídicího počítače a jeho příslušenství (různé typy paměti či komunikační moduly). Moduly mohou mít jednoduchou či dvojnásobnou výšku. Základní rám může obsahovat až 21 zásuvných modulů, přičemž v 1. slotu musí být umístěn řídicí modul. Jedná se o multiprocesorový systém s 32 bitovou datovou i adresovou sběrnicí pro moduly s dvojnásobnou výškou a 16-ti bitovou sběrnicí pro moduly s jednoduchou výškou. Rychlost přenosu dat po sběrnicí je max. 40 MB/s při 32 bitové sběrnicí a blokovém přenosu dat.

V nabídce zásuvných měřicích modulů figurují obvykle moduly s A/D převodníky většinou s max. 16-ti vstupy, moduly s D/A převodníky, moduly číslicových vstupů a výstupů, moduly pro zpracování signálů ze senzorů apod. Maximální vzorkovací rychlost je u modulů bez interní paměti dat obvykle menší než 1 MS/s na kanál (i při vícekanálovém měření), speciální řešení se samostatnou pamětí dat však umožňují dosáhnout rychlosti vzorkování až 100 MS/s. Celkový počet analogových vstupů je omezen počtem volných slotů v systému využitelných pro moduly s A/D převodníky (obvykle několik desítek měřicích míst). Toto řešení je ale vhodné pouze pro analogové signály úrovně jednotek volt a vzdálenosti senzorů od systému do několika desítek metrů. Pro sběr dat z většího počtu měřicích míst či na větší vzdálenosti jsou určeny komunikační moduly s rozhraním RS-485, umožňující připojení distribuovaných systémů.

Přestože parametry základních měřicích modulů pro sběrnici VME jsou srovnatelné s parametry zásuvných měřicích desek do PC, jedná se v tomto případě o podstatně výkonnější systémy zejména z hlediska zpracování naměřených dat. Výkonný řídicí počítač obvykle na bázi procesorů Motorola 680x0 a použití operačních systémů reálného času umožňují měření a řízení v reálném čase na kvalitativně vyšší úrovni s možností paralelního řešení úloh a s možností využití měřicích jednotek s vlastními procesory (předzpracování dat) zařazenými do multiprocesorové architektury systému (společná sběrnice, sdílené moduly např. paměťové).

Konstrukce všech komponent systému je podřízena požadavku dosažení vysoké spolehlivosti i v těžkých průmyslových provozech. Tomu odpovídá i jejich cena, která je např. u zásuvných měřicích modulů až několikrát větší než u zásuvných měřicích desek do PC srovnatelných parametrů. Z výše uvedených důvodů se tyto systémy používají zejména v oblasti měření parametrů dynamických procesů v průmyslových podmínkách a pro jejich řízení, kdy je požadována rychlá reakce a vysoká spolehlivost (řízení pohonů spod.).

3.4 Systémy se sběrnici VXI

Tyto systémy z hlediska měřicích aplikací spojují výhody výkonných modulárních systémů se sběrnici VME a systémů složených z autonomních přístrojů (systémy se sběrnici IEEE 488). VME sběrnice po doplnění vodiči pro synchronizaci spouštění měření (spouštěcí linky), synchronizaci odměrů (hodinové a synchronizační linky) a lokální sběrnici pro spojení sousedních modulů jak pro číslicové, tak pro analogové signály, umožňuje optimální propojení jednotlivých modulů měřicího systému. Standard VXI bus definuje 4 základní velikosti VXI modulů - A a B odpovídá rozměru VME modulů, větší rozměry C a D definuje VXI. Také šířka modulů je o 50% větší než u modulů VME. To umožňuje realizovat nejen obvyklé moduly s A/D či D/A převodníky a přepínači měřicích míst srovnatelných či lepších parametrů ve srovnání se systémem VME, ale zejména moduly funkčně odpovídající špičkovým měřicím přístrojům (např. číslicový osciloskop, multimetr, programovatelný generátor). Přitom jejich vzájemnou spolupráci je možné řešit díky parametrům VXI sběrnice snáz, než při propojení autonomních přístrojů sběrnici IEEE 488, a to při podstatně menších rozměrech celého systému.

Je-li řídicí počítač řešen jako zásuvný modul zasunutý do slotu 0, pak dosažitelná rychlost přenosu dat z modulů do řídicího počítače odpovídá dosažitelné

rychlosti přenosu dat VME systému, tedy max. 40 MB/s. Propojení s externím řídicím počítačem lze realizovat buď paralelním rozhraním VXI (rychlost přenosu až 20 MB/s - závisí na použitém počítači) či standardizovanou sběrnici IEEE 488 (přenosová rychlost max. 1 MB/s).

Špičkové parametry jak jednotlivých modulů, tak celého systému umožňují splnit nejnáročnější požadavky zejména v oblasti rychlosti a přesnosti měření. Tyto systémy i přes jejich vyšší cenu jsou předurčeny k nasazení při nejnáročnějších aplikacích v oblasti měření dynamických veličin a při velkém počtu měřicích míst, např. ve zkušebnách točivých strojů, dynamických zatěžkávacích zkouškách či při dozorem nad tak složitými zařízeními, jakými jsou jaderné reaktory.

Základní rám obsahuje max. 10 slotů pro funkční jednotky (moduly). Další rozšíření je možné kaskádním řazením rámu. přičemž slot 0 je vždy vyhrazen pro řídicí modul rámu (v případě externího počítače či kaskádního řazení obsahuje komunikační a řídicí modul).

3.5 Systémy se zásuvnými moduly s nestandardními typy interních sběrnic

V případech, kdy počet měřicích míst přesahuje možnosti systému na bázi zásuvných karet do PC nebo jsou měřicí místa sice vzdálena od řídicího počítače, ale přitom soustředěna pouze do několika míst, je vhodné použít měřicí systémy se zásuvnými moduly a s externím řídicím počítačem - měřicí ústředny. Výrobci těchto systémů obvykle používají pro propojení jednotlivých modulů nestandardizované vnitřní paralelní sběrnice pro přenos dat z měřicích modulů do rozhraní systému, které umožňuje připojení systému k řídicímu počítači či kaskádní řazení modulů. Pro řadu aplikací jsou parametry těchto systémů zcela postačující, přičemž jsou tyto systémy podstatně levnější než VME či VXI systémy.

Druh systému	IEEE 488	RS-232	RS-485	Zásuvné desku do PC	VMEbus	VXIbus	Zásuvné modulu - ne-standardní sběrnice
Počet měř. míst V modulu/jednotce	až stovky	desítky	stovky	8 až 64	4 až 16	8 až 128	8 až 32
Počet modulů/přístrojů	I-I (bez exp.)	1 až 3 (dle počtu ser Portů	32	2-6 desek (dle počtu volných slotů)	1 až 16 (dle počtu volných slotů)	1 až 16 (dle počtu volných slotů)	až 10 dle počtu volných slotů)
Rychlost vzork. - přímý přenos dat do paměti počítače	typ 150 kS/s max.500kS/s	1kS/s	1MS/s	250kS/s-ISA 1 MS/s-PCI	až 1 MS/s na kanál	až 100 kS/s na kanál	až 1 MS/s na
Rychlost vzork. Data ukládána do paměti modulu	až 2 GSa/s	až 1 GS/s	až 1 MS/s	až 100 MS/s	-	až 1 GS/s	až 100 MS/ss
Kapacita paměti modulu	stovky kB	stovky kB	stovky kB	stovky kB	-	až 1 MB na kanál	až 1 MB na kanál
Rychl. přenosu dat o sběrnici systému	typ. 300kB/s max. 1 MB/s	19200 baudů 2kB/s	10 MB/s	500 kB/s (DMA)	40 MB/s	40 MB/s	dle použitého propojení
Vzdálenost sys. Od řídicího očiště	20 m	1200 m	-	0	0	20 m	dle použitého propojení
Spec. moduly	-	-	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Typické použití	Laboratorní Systém složené z autonomních měřicích jednotek	Malé laboratorní systémy 1 až 3 měřicí jednotky	Průmyslové měřicí systémy	Malé laboratorní a průmyslové systémy	Výkonné průmyslové řídicí a měřicí systémy	Nejvýkonnější měřicí systémy	Průmyslové měřicí systémy

Tab 3.1 Srovnání měřicích systému

S KONTROLNÍ OTÁZKY TEORETICKÉ

1. (2 body) Jaké základní uspořádání měřících známe? Stručně je charakterizujte.
2. (2 body) V čem se liší požadavky na měřicí systém pro laboratorní a průmyslový provoz?
3. (2 body) Charakterizujte distribuované průmyslové systémy.
4. (2 body) Vysvětlete paralelní a sériový přístup k měřícím prostředkům.
5. (4 body) Popište a vysvětlete uspořádání technologického a informačního systému.
6. (4 body) Charakterizujte systém PROFIBUS.
7. (2 body) Jaké požadavky jsou kladeny na provedení řídicích počítačů měřících systémů ?
8. (2 body) Jaké požadavky jsou kladeny na mobilní měřicí systémy?
9. Porovnejte jednotlivé měřicí systémy.

— SHRUTÍ

Nové poznatky:

- distribuované měřicí systémy
- centralizované měřicí systémy
- uspořádání měřícího systému
- rozdělení měřících a řídicích systémů
- průmyslové provedení řídicích počítačů měřících systémů
- mobilní měřicí systémy
- možnosti jednotlivých systémů

Nové pojmy :

měřicí systém, přenosové médium, topologie systému, sběrnice.

Ñ KLÍČ K TEORETICKÝM OTÁZKÁM

1. Kapitola 1.1
2. Kapitoly 1.2
3. Kapitola 1.3
4. Kapitola 1.3.1
5. Kapitola 1.3.2
6. Kapitola 1.3.3
7. Kapitola 2
8. Kapitola 2.1
9. Kapitola 3

\$ AUTOKONTROLA

Pokud jste získali minimálně 15 bodů z teoretických otázek, můžete pokračovat dále ve studiu. V opačném případě si ve zkráceném čase příslušné kapitoly znovu nastudujte.