

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 40 - 8

Automatizované systémy řízení výrobních procesů
ve strojírenství

katedra technické kybernetiky

Mikropočítačové hierarchické systémy řízení

Jana Lukešová

Vedoucí práce: Ing. Josef Grosman

KTK - ASŘ - SF - 145

Rozsah práce a příloh

Počet stran:	54
Počet příloh:	2
Počet obrázků:	7

Liberec 11. května 1987

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DILA, UMELECKÉHO VÝKONU)

pro s. Janu Lukešovou
obor 23-40-8 ASŘ výrobních procesů ve strojírenství

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Mikropočítačové hierarchické systémy řízení

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
Zásady pro vypracování: LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

1. Prostudujte literaturu zaměřenou na aplikaci centralizovaných a decentralizovaných řídicích systémů v ČSSR.
2. Seznamte se s mikropočítačem SAPI I především z hlediska možnosti jeho použití v hierarchických systémech.
3. Proveďte rozbor metod komunikace v mikropočítačových systémech a vyberte metodu vhodnou pro mikropočítače SAPI I.
4. Vybranou metodu algoritmizujte a dle stavu technického vybavení ověřte na jednoduchém spojení mikropočítačů SAPI I.

V 27/87 5

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 50 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

- 1/ Sborník: Novinky v automatizačních prostředcích koncernu ZAVT. DVT 1984.
- 2/ Staňka, K., Dvorský, P.: Komunikace v distribuovaných systémech. DT ČSVTS Ústí n.L., 1983.
- 3/ Staňka, K., Dvorský, P.: Komunikace v lokálních systémech řízení průmyslových procesů. DT ČSVTS Ústí n.L., 1985.
- 4/ Ocasková, A.: Aplikace mikroprocesoru v řízení. DP VŠST Liberec, 1984.
- 5/ Časopisy Automatizace, Sdělovací technika r. 1983-86.
- 6/ Uživatelská dokumentace souboru SAPI I.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Grosman

Datum zadání diplomové práce: 3. 10. 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11. 5. 1987



Věchet
Doc. Ing. Vladimír Věchet, CSc.

Vedoucí katedry

Ján Alaxin
Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.

Děkan

v Liberci 29. 9. 86
dne 19

Místopřísežné prohlášení.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 11. 5. 1987

Jana Kubešová

Obsah

	strana
1. Úvod	7
2. Aplikace centralizovaných a decentralizovaných systémů v ČSSR	9
2.1. Vývoj prostředků pro řízení	9
2.2. Systémy používané v současné době	10
2.3. Stručný popis a aplikace vybraných systémů	12
2.3.1. CIRIS	12
2.3.2. DASOR-601	13
2.3.3. DERIS-900	16
2.3.4. MARK	18
3. Metody komunikace v mikropočítačových systémech	21
3.1. Multipočítačové systémy	21
3.2. Výstavba multipočítačových sítí	23
3.3. Sdílená paměť	24
3.4. Sdílená sběrnice	25
3.4.1. Centrálně řízené sběrnice s dotazovacím režimem	26
3.4.2. Centrálně řízené sběrnice s přerušovacím režimem	27
3.4.3. Centrálně řízené sběrnice s časovým dělením	28
3.4.4. Globální sběrnice s frekvenčním dělením	29
3.4.5. Globální sběrnice s časovým dělením	29
3.4.6. Globální sběrnice s vícenásobným přístupem	30
3.5. Smyčkové propojení	30
3.5.1. Pierceova smyčka	32
3.5.2. SDLC smyčka	33

3.6. Hvězdicové propojení	33
3.7. Hierarchické systémy	34
3.8. Spojení bod-bod	35
4. Komunikace mezi mikropočítači SAPI 1	37
4.1. Stručný popis mikropočítače SAPI 1	37
4.2. Způsoby komunikace	41
4.3. Komunikace pomocí desky DSM-1	42
4.3.1. Deska seriového přenosu a modemu	42
4.3.2. Návrh komunikace	46
4.3.3. Ověření komunikace	49
5. Závěr	51
6. Seznam literatury	53
Seznam příloh	54

Seznam použitých zkratk

VÚAP	Výzkumný ústav automatizačních prostředků
CIS	Číslicový informační systém
V/V	Vstup výstup
ZPS	Základní počítačová sestava
DSM-1	Deska seriového přenosu a modemu

1. Úvod

V současné etapě vývoje je kladen důraz na urychlení sociálně ekonomického rozvoje společnosti, na zvýšení výkonnosti a efektivnosti národního hospodářství. Všestranná intenzifikace je podmíněna podstatným urychlením vědeckotechnického pokroku a důsledným zaváděním jeho výsledků do praxe.

Na XVII. sjezdu KSČ bylo uvedeno, že v období do roku 2000 se budeme zaměřovat hlavně na elektronizaci národního hospodářství, na komplexní automatizaci výroby, na rozvoj jaderné energetiky, na výrobu nových materiálů a na rozvoj biotechnologií. V urychlování vědeckotechnického pokroku a v modernizaci výrobní základny hraje rozhodující úlohu strojírenství a elektrotechnika. Před strojírenským a elektrotechnickým průmyslem proto stojí závažný úkol zabezpečit výrobu ucelených systémů a komplexů strojů a zařízení, zajišťujících zásadní změny v technologiích a organizaci výroby. Jen tak je možné dosáhnout podstatného růstu společenské produktivity práce a efektivnosti v jednotlivých odvětvích národního hospodářství a prosadit vysoké tempo elektronizace.

Zvýšení a zkvalitnění úrovně řízení je dosahováno pomocí stále širšího uplatňování automatizace výroby. V této diplomové práci jsou uvedeny a popsány některé řídicí systémy, centralizované i decentralizované, a jejich konkrétní aplikace v našem národním hospodářství.

Práce se dále zabývá metodami komunikace v mikropočítačových systémech. Jsou zde uvedeny vlastnosti různých metod a faktory, které ovlivňují výběr určité metody pro danou aplikaci.

V poslední části této práce je uveden stručný popis

mikropočítače SAPI 1, popis desky seriového přenosu a modemu DSM-1, která je využívána pro komunikaci, a navržen algoritmus komunikace mezi dvěma mikropočítači SAPI 1.

2. Aplikace centralizovaných a decentralizovaných systémů v ČSSR

2.1. Vývoj prostředků pro řízení

V počátcích automatizace prováděl operátor místní měření fyzikálních veličin a místní ovládání a řízení ručně.

V druhé etapě bylo již měření a ovládání dálkové z pultů a štítů technologického zařízení. V oblasti řízení se používala automatická regulace jednotlivých obvodů nejprve s přímými regulátory, později se používaly nepřímé regulátory pneumatické, hydraulické a elektrické.

Třetí etapa byla charakterizována centralizací měření, ovládání a řízení do velínů. Měření a ovládání bylo dálkové a bylo, společně se signalizací, uspořádáno v podobě mnemoschématu technologického procesu v tabló a na pultech. V řízení převládaly elektrické a později elektronické regulační systémy /ERS/. V energetice byly nejpoužívanější systémy Siemens, Metra a kompaktní elektronické stavebnicové systémy VTI, KOMEGA z SSSR, ERS ORGREZ a ERS ZPA.

Úkolem čtvrté etapy bylo pozvednout úroveň řízení. V měření docházelo k unifikaci měronosných signálů, zlepšení vlastností čidel a převodníků. Zaváděly se měřicí a bilanční ústředny a existovaly již pokusy o využití počítačů v měřicích systémech. Ovládání bylo slaboproudé a v jeho automatizaci se používaly reléové automatiky, později se přecházelo na přístrojové logické systémy, z nichž se nejvíce rozšířil diodově reléový komplexní řídicí systém KŘS - DIAMO. Z řady ostatních se používal tranzistorový systém URS - C se zvětšeným odstupem proti rušení. V oblasti řízení byla automatizace budována na bázi nových modu-

lárních univerzálních regulačních systémů URS - Ge a později URS - Si a kompaktního systému NOTRIK.

Pátá etapa je nazývána zavádění automatizovaných systémů řízení technologických procesů - ASŘTP. Je charakterizována zejména používáním centralizovaných číslicových systémů v oblasti měření, volně programovatelných automatů v oblasti automatizace ovládání a číslicových řídicích systémů v oblasti řízení.

2.2. Systémy používané v současné době /1/

V důsledku intenzifikace technologických procesů již klasický systém měření nevyhovuje, a proto byl nahrazen centralizovaným číslicovým informačním systémem /CIS/, který předzpracovává a kontroluje informace pro operátora. Prvním takovým systémem v československé energetice byl řídicí a informační systém energetického bloku /RISEB/ na bázi počítače RPP 16S na dvou blocích elektrárny Nováky IV /1972-1976/; potom následoval číslicový informační systém CIS 3000 na čtyřech blocích v elektrárně Tušimice /1974/ a řada dalších: 4x CIS v elektrárně Dětmarovice, 4x CIS v elektrárně Chvaletice, řízení Vážské kaskády atd. V současné době se používá inovovaný číslicový informační systém CIRIS vyvinutý ve VÚAP. Pro menší informační systém lze využít podsystém INF řídicího systému DASOR. Z hlediska použití těchto systémů v jaderných elektrárnách se zlepšují jejich vlastnosti, zejména se zvětšuje spolehlivost a zjednodušuje komunikace operátora se systémem.

V oblasti ovládání, měření a signalizace se zachoval slaboproudý systém, avšak byl zdokonalen používáním modulár-

ního systému MOZAIKA. Tento systém současně umožňuje realizovat i zjednodušený záložní informační a ovládací systém /ZIS/. Pro automatizaci ovládnání byl vyvinut přístrojový systém ZEPALOG H a později nahrazen volně programovatelným systémem na základě logického procesoru ZEPALOG P. Dalším programovatelným prostředkem pro logické řízení je subsystém CAS řídicího systému DASOR.

V řízení lze použít inovovaný kompaktní regulační systém třetí generace automatizačních prostředků nebo jeho modulární verzi MODIN a modernější INPAKT. Je však také k dispozici číslicový řídicí systém DASOR se svým podsystémem CAR, který je analogií spojitého řízení.

Všechny uvedené systémy jsou centralizované a mají tyto nevýhody:

- Koncentrace všech funkcí do jedné centrální jednotky je nevýhodná z hlediska spolehlivosti. Ta se pak musí zajistit zálohováním, diagnostikou správné činnosti apod., což ovšem zvyšuje cenu systému.
- Základem centralizovaného systému je počítač, proto jsou tyto systémy relativně nákladné a vyplatí se jen pro rozsáhlé procesy.
- Velký rozsah náročného přístrojového vybavení způsobuje značnou poruchovost a složité odstraňování závad.
- Vzhledem ke složitosti a rozsahu systému jsou náklady na vytvoření uživatelského programového vybavení vysoké.
- Složitost těchto systémů je náročná na tvorbu systémového návrhu, programového vybavení a uvádění do provozu. Vyžaduje proto týmovou práci odborníků různých profesí.
- V důsledku velkého rozsahu, složitosti a univerzálnosti systémů narůstají požadavky na rozsah zařízení, paměti

- a na čas počítače potřebný pro vlastní organizaci systému.
- Silné vazby v řízeném i řídicím systému a jeho rozsáhlost komplikují a někdy i znemožňují uvedení systému do provozu a jsou překážkou jeho trvalé provozuschopnosti.
 - V centralizovaných systémech musíme všechny informace přivést do centrálního počítače a výsledky z něj zase rozvést do řízeného technologického zařízení. Tím vzrůstá rozsah kabeláže a to znamená, že rostou i náklady.

Z vyhodnocení těchto i dalších nedostatků centralizovaných informačních a řídicích systémů vyplývá nový směr vývoje těchto systémů - funkční a prostorová decentralizace. Její zavedení přinese řadu dalších výhod zejména pro výrobu, projektování, montáž a uvádění do provozu, údržbu, ale i pro uživatele. Podmínkou jejího včasného a úspěšného zavedení je dostatek kvalitních a levných prvků, zejména z oblasti mikroelektroniky, odolných vůči podstatně náročnějšímu pracovnímu prostředí.

V rámci vývoje čtvrté generace automatizačních prostředků se řeší decentralizovaný informační a řídicí systém DERIS a pro použití v menších systémech stavebnice mikroprocesorového systému MIKROSAT. Pro tyto účely bude možné použít také mikroprocesorové systémy vyvíjené v systému malých elektronických počítačů druhého pořadí /SMEP II/.

2.3. Stručný popis a aplikace vybraných systémů

2.3.1. CIRIS /1/

Systém je určený pro vytváření informačních, testovacích a řídicích systémů. Vznikl inovací osvědčeného číslicového

vého informačního systému CIS 3000, jehož první aplikací byl informační systém pro blok 200 MW v elektrárně Tušimice, který byl uveden do provozu v druhé polovině roku 1974. Na této elektrárně byly nasazeny ještě další tři systémy a po čtyřech systémech na elektrárnách Dětmarovice a Chvaletice. Číslicový informační systém v různých konfiguracích a jeho části se hojně používaly i v ostatních průmyslových odvětvích a při vybavování laboratoří.

Účelem modernizace bylo lepší přizpůsobení pro danou aplikaci, zvětšení výkonnosti a spolehlivosti všech částí systému, rozšíření sortimentu prováděných funkcí a zlepšení vybavení pro uživatele.

Základní jednotkou systému je minipočítač ADT 4400 /ADT 4500 nebo SM1P/. Základ aplikačního programového vybavení tvoří modulární systém IRIS, který umožňuje:

- snímání a základní zpracování veličin z technologického procesu,
- kontrolu překročení mezí a hlášení výstrah,
- monitorování a protokolování stavu procesu,
- komunikaci operátora se systémem.

Z ostatních aplikačních programů lze použít KORAL, který umožňuje programování a provádění algoritmů řízení formulovaných v jazyce vhodném pro regulační techniku, a GRAFOS, tj. systém pro formátování a generování sestav.

Zařízení bylo vyvinuto ve VÚAP Praha a první aplikací bylo řízení 500 MW bloku v elektrárně Mělník III /v r. 1980/.

2.3.2. DASOR 601 /2/

Systém pro přímé řízení technologických procesů DASOR-601

navazuje na předchozí typ DASOR-600. Liší se především typem počítače s rozšířenou vnitřní pamětí /ADT 4450/ a použitým uživatelským programovým vybavením. Stejně jako předchozí typ, ani DASOR-601 však nemá diskový operační systém, protože z hlediska spolehlivosti a rychlosti zpracování není nejvhodnější.

DASOR-601 je určen pro komplexní automatizaci technologických objektů, jejichž časové konstanty jsou řádově 10 s a delší, výjimečně 1 s a delší.

Jsou to zejména: energetika,

chemie,

potravinářství,

hutní provozy - tepelně technický obor,

klimatizace velkých budov.

DASOR-601 se nehodí pro řízení velkých elektrických pohonů a pro servomechanismy s vysokou sledovací rychlostí /těžní stroje, obráběcí stroje, roboty/ a elektrické regulace.

Systém se velmi dobře hodí pro regulaci teplot, tlaků, průtoků, spalování, najížděcí a odstavovací logické automaty, blokády a ochrany, zejména technologické, poruchovou signalizaci, archivní záznamy o sledování provozu.

Prvé nasazení systému DASOR-600 bylo provedeno v elektrárně Mělník III na energetickém bloku o výkonu 500 MW. Řídí tam spalovací proces, tlak a řadu dalších důležitých veličin.

Další použití, ve verzi 601, je při komplexním řízení vysoké pece č. 3, 4 a 2 v NHKG. V tomto projektu řídí veškeré funkce pece, zavážku, regulace teplot, řízení všech satelitních automatů ze systému DASUP-600 a zajišťuje úplný styk operátora s vysokou pecí. Pec č. 3 je dnes již šestým rokem v provozu se systémem DASOR-601.

Poněkud atypickým použitím DASORu je řízení stroje na úpravu textilu v Elitexu v Liberci. DASOR řídí veškeré funkce úpravárenského stroje na textil, včetně rozjezdu a regulace šířky textilu /výjimečné použití pro servomechanismus/. Nejrozšířenější oblast využití systému je však regulace teploty a vlhkosti v jednotlivých komorách stroje. Vzorový provoz pracuje v n. p. Hedva.

Z největších projektovaných aplikací DASOR-601 je použití pro rekonstrukce 110 MW bloků parních elektráren a pro nově budované jaderné elektrárny typu VVER 1000 MW.

Systém DASOR-601 představuje pro uživatele cenově dostupný, výkonem relativně mohutný systém pro logické řízení, analogové regulace s nejmodernějšími řídicími algoritmy a informační systém se zobrazováním na jeden nebo dva semigrafické barevné displeje. Cena systému umožňuje stoprocentní zálohování, a tak dosažení velmi vysoké spolehlivosti. Výhodou systému DASOR-601 je i komplexnost programového vybavení. Jediný přístroj nahradí dřívější nezávislé systémy měření, poruchové signalizace, registračních záznamů, dále logický systém /DIAMO, Zepalog H,P/ i regulační systém /MODIN/.

Systém DASOR-601 završuje komplexní systém centralizovaných automatizačních prostředků ZAVT. Pokračování vývoje centralizovaných prostředků se dále nepředpokládá. Protože však programové vybavení je kompatibilní a z velké části se přejímá i pro nové decentralizované pojetí řídicí techniky, zpětně lze předpokládat i možnost přejímání modernějších verzí programů decentralizovaných systémů pro uživatele systémů DASOR-601.

2.3.3. DERIS-900 /3/

System DERIS-900 je decentralizovaný systém pro měření, řízení a regulaci technologických procesů, jako je výroba elektrické energie, chemie, potravinářství a další obory, kde časové konstanty řízených soustav jsou v oblasti delší než 10 s, výjimečně od 1 s, v diskrétní oblasti od 0,1 s.

Pro vstupní informace systému se používají všechny druhy průmyslových čidel a dále i ruční zásahy operátora do ovládacích panelů.

Jako výstupní zařízení se používají všechny druhy servopohonů regulačních i uzavíracích, solenoidy, silové rozvaděče pro zapínání a vypínání elektrických pohonů, pecí a signalizační prvky pro potřebu operátora.

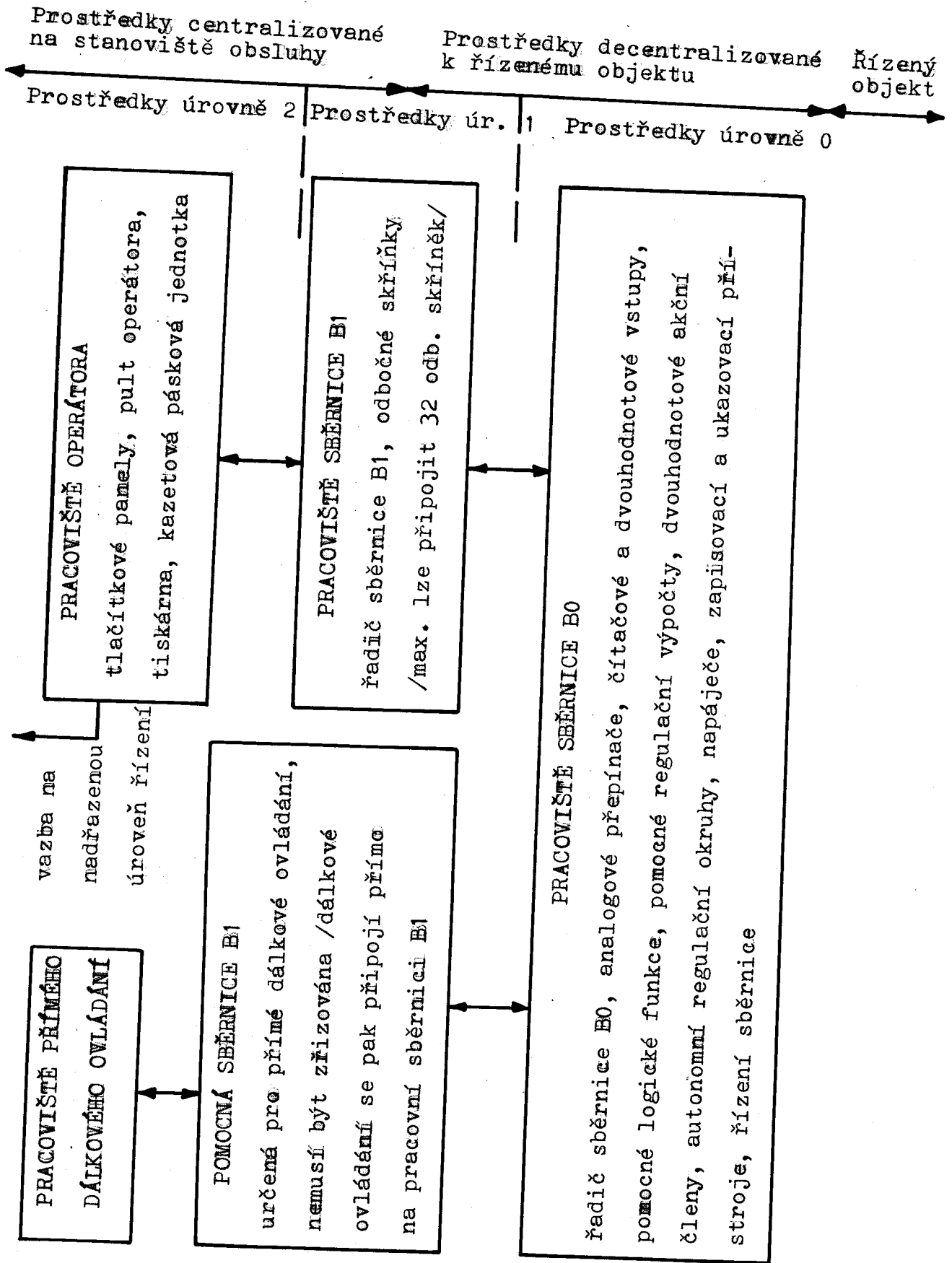
DERIS-900 je rozdělen do tří hierarchických úrovní:

úroveň_0 - základní úroveň řízení, která je v přímém styku s řízenou soustavou. Jednotlivé přístroje této úrovně jsou navzájem propojeny sběrnici B0, po které si navzájem nebo do /z/ vyšší úrovně předávají informace, a nazývají se stanice úrovně 0.

úroveň_1 - přístroje, které jsou připojitelné jak na sběrnici B0, tak na sběrnici B1. Nejsou v přímém spojení s řízenou soustavou a nazývají se stanice úrovně 1.

úroveň_2 - přístroje připojitelné pouze na sběrnici B1. Nejsou v přímém spojení s řízenou soustavou, jsou označovány jako stanice úrovně 2 a slouží převážně pro styk s operátorem.

sběrnice_B0 - spojuje stanice úrovně 0 navzájem a se stanicemi úrovně 1 uvnitř skříní, určených pro umístění těchto stanic. Z určení vyplývá, že



obr. 1

je používána ke spojení na relativně krátkou vzdálenost /do 100/. Sběrnice B0 umožňuje připojit 64 stanic s jednoduchou adresací nebo 384 stanic s rozšířenou adresací. Provoz po sběrnici řídí řadič provozu, nezávislý přístroj, který je součástí sběrnice.

sběrnice B1 - spojuje stanice úrovně 1 a stanice úrovně 2. Maximální délka sběrnice je 3 km. Na sběrnici, která je použita jako uzavřená smyčka, je možno připojit až 32 odbočných skříněk a řadič provozu. Pro lineární použití sběrnice nebo pro zvětšenou délku sběrnice než 3 km se maximální počet odbočných skříněk zmenšuje.

Ke každé odbočné skřínce se může připojit až 8 stanic úrovně 1 nebo 2, do celkového počtu 256 stanic na jedné sběrnici B1.

Provoz po sběrnici řídí řadič provozu, který, stejně jako odbočné skřínky, je součástí sběrnice B1.

Strukturální schema hierarchického uspořádání systému DERIS-900 je uvedeno na obr. 1.

Vývoj systému DERIS-900 probíhal v letech 1983-85 a je to jeden z prvních decentralizovaných systémů v ČSSR. Jeho první aplikace bude v jaderné elektrárně Mochovce.

2.3.4. MARK /4/

Systém MARK /Modulární automatické řízení a komunikace/ je určen pro řízení a automatizaci různých technologických objektů a procesů v reálném čase. Systém je koncipován jako

modulární stavebnice umožňující vytváření distribuovaných sítí s hierarchickým, paralelním či kombinovaným uspořádáním jednotlivých členů sítě.

Výrazným rysem systému je originální univerzální řešení komunikace mezi jednotlivými jeho částmi prostřednictvím rychlých kruhových komunikačních kanálů - tzv. KRUHU ČKD. Spojení jednotlivých modulů na každém KRUHU ČKD je realizováno jediným koaxiálním kabelem /v budoucnu uvažována možnost použití světelného kabelu/. Komunikace je jednosměrná po kruhu, pořadí modulů na kruhu není významné /s výjimkou zvláště rychlých úloh, kde může vhodné uspořádání řídicích modulů a modulů vstupů a výstupů přispět k optimalizaci úlohy/.

Systém umožňuje spojení se všemi počítači řady SMEP vybavenými tzv. společnou sběrnicí a instrukční množina jeho základního 16bitového centrálního procesoru je shora kompatibilní s instrukční množinou počítače SM3 řady SMEP. Kromě základního centrálního procesoru je systém MARK vybaven jednodeskovým mikropočítačem s použitím 8bitového mikroprocesoru typu Z 80 /U 880 výroby NDR/ a dvěma speciálními procesory: logickým procesorem a komunikačním procesorem.

Celek systému automatického řízení kteréhokoliv konkrétního technologického objektu /např. válcovny, kompresorové stanice, cementárny apod./ sestává ze soustavy technických kompletů MARK, z nakupovaných periférií a z programového vybavení zakázky. Každý z technických kompletů MARK sestává dále ze tří typů stavebních dílů: elektronických modulů, elektrovýzbrojí a kabátů. Elektronický modul je elektronický celek konstrukčně umístěný v jedné kazetě se stínící deskou a obsahující soupravu elektronických jednotek. V systému je celkem 9 základních elektronických modulů

- čtyři jsou řídicí a dalších pět modulů zajišťuje styk s řízeným objektem, s obsluhou nebo se spolupracujícím systémem řady SMEP. Elektrovýzbroj je soubor, který může obsahovat kabelové svorky, systémové kabely, konstrukční napájení a jištění, svorkovnicové konstrukční díly a nakupované díly konstrukčně vestavěné do výrobků MARK. Kabát je obal, do kterého jsou montovány elektronické moduly a elektrovýzbroje. Může být typu skříň, stojan, stolek apod. včetně konstrukčních dílů pro ventilaci a chlazení. Kompletaci elektronických modulů a elektrovýzbrojí do příslušného kabátu pro vytvoření určitého technického kompletu MARK provádí projektant závodu ČKD Polovodiče dle potřeb a charakteru jednotlivých zakázek.

V první etapě budou realizovány dva speciální technické komplety : komplet pro řízení lodního motoru LM a komplet řízení regálového zakladače. Systém pro řízení lodního motoru zajišťuje dálkové ovládání, automatické řízení a diagnostiku lodního naftového motoru a některé další funkce, jako monitorování polohy kormidel, sledování provozu dieselagregátů palubní sítě, paliva v nádržích a další. Systém pohonů a řízení regálového zakladače zajišťuje poloautomatické ovládání zakladače obsluhou z kabiny zakladače /obsluha zadává adresy a zakladač automaticky provádí dojezd na adresu a naložení či vyložení palety/ nebo dálkové ovládání z dispečerského pracoviště /zakladač funguje jako automatický bezobslužný stroj pracující dle povelů předávaných sériovým kanálem po komunikační troleji/.

3. Metody komunikace v mikropočítačových systémech /5/

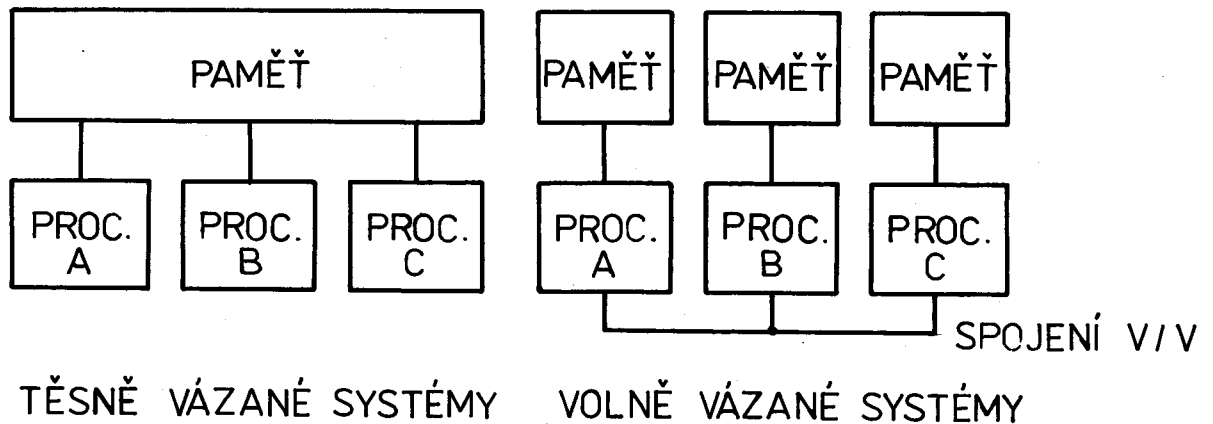
3.1. Multipočítačové systémy

V posledních letech se v oblasti systémů pro zpracování dat stále více používají mini nebo mikropočítačové systémy. Rozvoj technických prostředků umožňuje snižovat jejich cenu, a proto dochází k nasazování mikropočítačů v masovém měřítku. Vznikají tak v prostoru rozprostřené systémy, tzv. počítačové sítě.

Multipočítačový systém je takový systém, kde dva nebo více počítačů jsou propojeny prostřednictvím sdílené paměti nebo pomalého či rychlého datového spoje. Systémy se sdílenou pamětí se někdy označují jako těsně vázané a vyznačují se těmito vlastnostmi:

- všechny procesory v systému mají přístup do paměti a provádějí činnosti určené instrukčními kódy, které jsou v ní uloženy,
- V/V a ostatní prostředky systému jsou sdíleny procesory,
- časová neurčitost v meziprocessorové komunikaci je malá a je v zásadě určena skutečnou přístupovou dobou použité paměti.

Ostatní systémy se označují jako volně vázané. Každý z procesorů má vlastní paměť a je schopen samostatné činnosti. Takové volně vázané systémy, ve kterých jednotlivé počítače pracují nezávisle a v případě výpadku některého z nich zastanou jeho činnost ostatní počítače, se označují jako plně distribuované. Schematicky je struktura těsně a volně vázaných systémů znázorněna na obr. 2.



obr. 2

Multipočítačové systémy sestavené z mini nebo mikropočítačů jsou využívány ve velkém počtu aplikací jako jsou výroba, rozvod a spotřeba elektrické energie a jiných energetických zdrojů, řízení dopravy, výroba zboží, zemědělská výroba, zabezpečovací systémy např. v jaderných elektrárnách, systémy ochrany životního prostředí atd. Jejich zavádění má své výhody, ale i nedostatky, které nejsou zanedbatelné. Záleží na aplikačních požadavcích, zda výhody převáží nevýhody či naopak.

Stručná charakteristika multipočítačových sítí:

výhody - vyšší spolehlivost

- větší schopnost přežití systému při destrukčním zásahu
- rozdělení zpracovatelského výkonu v síti
- větší reakční schopnost na vnější události v důsledku větší možnosti přizpůsobení se aplikaci
- větší modularita
- systém je rozšiřitelný po menších částech

nevýhody - vyšší složitost programového vybavení

- obtížnější testování a diagnostika poruch

- větší závislost na komunikační technice
- vývoj a projekce systému vyžaduje komplexní znalost mnoha prostředků systému

3.2. Výstavba multipočítačových sítí

Druhy multipočítačových sítí jsou dány několika charakteristickými vlastnostmi jako délka přenosu zpráv, typ spojové cesty mezi počítači, typ přepínacích prvků, které řídí tok zpráv od vysílače k přijímači atd. Zpráva může mít pevnou nebo naopak proměnnou délku, může obsahovat záhlaví, ve kterém jsou uvedeny údaje jako adresa vysílajícího a přijímajícího účastníka a jiné další informace, které slouží ke kontrole chybnosti zprávy. Spojová cesta mezi dvěma účastníky v systému může být vyhrazena jen pro přenosy mezi libovolnou dvojicí účastníků nebo může být sdílena více účastníky.

Varianty komunikací mezi účastníky:

- sdílená paměť
- sdílená sběrnice
- smyčkové propojení
- hvězdicové propojení
- hierarchické propojení
- spojení bod-bod

Účastníci v systému mohou být realizováni libovolnými počítači, dále však budeme předpokládat, že účastník je realizován mikropočítačem nebo minipočítačem.

Vhodnost jednotlivých komunikačních variant je ovlivňována různými faktory, např. úrovní prostorové rozsáhlosti systému, spolehlivostí, rychlostí odezvy, rychlostí přenosu,

kapacitou přenosové cesty, modularitou, mírou možné změny konfigurace, celkovou složitostí, snadným vývojem a v neposlední řadě i cenou.

3.3. Sdílená paměť

Systemy se sdílenou pamětí se označují jako multiprocesorové systémy. Čisté multiprocesorové systémy mají tyto vlastnosti:

- jsou vytvořeny ze dvou nebo více procesorů srovnatelné výkonnosti,
- všechny procesory sdílejí přístup do společné paměti,
- všechny procesory sdílejí přístup ke V/V kanálům, řídicím jednotkám a periferním zařízením,
- celý systém pracuje pod jedním operačním systémem.

Tyto systémy využívají společnou paměť i pro instrukční kódy a proměnné jednotlivých procesorů. Většina dnešních minipočítačů a mikropočítačů však nemá vlastnosti čistých multiprocesorových systémů, protože procesory systému mají vlastní paměť a v ní uloženy programy. Společnou paměť pak využívají jen pro komunikaci mezi procesory. Procesory mohou mít i vlastní V/V kanály.

Nejjednodušším propojením v systémech s více procesory je společná sběrnice, ke které jsou připojeny všechny funkční jednotky systému, tj. procesory, paměti a V/V. Společná sběrnice je jedinou komunikační cestou v systému pro všechny funkční jednotky a přenosový výkon požadovaný procesory je omezen jejím maximálním přenosovým výkonem. To je jeden z hlavních důvodů, proč se vývoj systémů ubíral k procesorům s vlastní pamětí a vlastními V/V. Komunikace mezi pro-

cesorem a paměti pak nezatěžuje společnou sběrnici. Nevýhody společné sběrnice vedly k vývoji systémů, které používaly více sběrnic. Tyto systémy byly velmi složité, drahé a jejich rozšiřování bylo prakticky nemožné.

3.4. Sdílená sběrnice

Systémy se společnou sběrnici komunikují po společném kanálu a využívají techniky adresování jednotlivých počítačů. Každá zpráva obsahuje adresu příjemce a tou se jednotliví účastníci v systému odlišují. Sběrnice je účastníky sdílena v čase a systémy kolem ní budované jsou většinou lokální. Maximální délka sběrnice je 3 až 4 km. Sběrnice může být paralelní nebo sériová.

Řízení sběrnice je centralizované nebo decentralizované. V systémech s centralizovaným řízením jsou prostředky pro řízení koncentrovány v jednom místě, do kterého přicházejí všechny zprávy účastníků v systému. Tento řídicí prostředek pak zasílá přijaté zprávy po stejné sběrnici skutečnému příjemci. Řízení může být trvale realizováno jedním z počítačů na sběrnici nebo může být přiděleno speciálnímu řadiči sběrnice. Řadič může pracovat:

- v dotazovacím režimu, kdy postupně adresuje účastníky v systému a získává od nich zprávy,
- v přerušovacím režimu, kdy asynchronně přicházející zprávy jsou dočasně uchovávány a adresovanému příjemci zasílány podle priority,
- na žádost účastníka, který chce vysílat, mu přidělí sběrnici na jeden nebo více časových intervalů.

V decentralizovaných systémech je řízení rozděleno me-

zi všechny účastníky, kteří jsou připojeni ke sběrnici. Tyto sběrnice jsou obecnější než centrálně řízené a využívají tři následující přístupové metody:

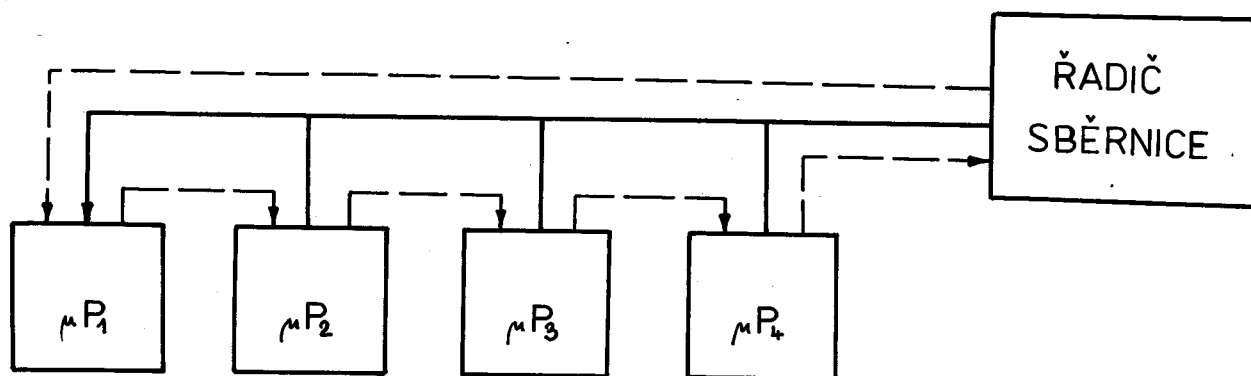
- frekvenční dělení; každý přijímač a vysílač má pevně přidělené frekvenční pásmo,
- časové dělení; každý přijímač a vysílač má pro komunikaci pevně přidělen časový interval,
- vícenásobný přístup; účastníci o sběrnici soutěží.

Činnost systémů kolem společné sběrnice je určena několika parametry jako jsou šířka pásma sběrnice, počet mini nebo mikropočítačů připojených ke sběrnici, způsob řízení přístupu ke sběrnici, protokol sběrnice, časové a jiné tolerance zadané pro tvorbu systému, střední a špičkové zatížení sběrnice.

3.4.1. Centrálně řízené sběrnice s dotazovacím režimem

V systémech s dotazovacím režimem mohou vysílat počítače připojené ke sběrnici pouze tehdy, jsou-li vyzvány řadičem sběrnice. Pokud nemají žádná data k vysílání, vysílají jen stavovou zprávu, kterou informují řadič, že jsou v činnosti.

Dotazovací režim organizovaný jako cyklický je vhodný pro systémy, ve kterých účastníci odpovídají na dotaz vždy zprávou. V systémech, kde během cyklu je většina účastníků neaktivních, je vhodnější jiná organizace dotazování. Na obr. 3 je uvedeno postupující dotazování. Řadič se dotazuje nejvzdálenějšího účastníka. Pokud ten nemá zprávu k odeslání, vysílá dotaz na dalšího účastníka. Postupné předávání probíhá tak dlouho, dokud se nenajde účastník, který je při-



obr. 3

praven odvíšlat zprávu. Po skončení relace vyšle řadič dotaz dalšímu účastníkovi a celý postup se opakuje.

3.4.2. Centrálně řízené sběrnice s přerušovacím režimem

Sběrnice s přerušovacím režimem je v podstatě shodná se sběrnici s dotazovacím režimem, která využívá oddělené vodiče pro řízení přístupu na sběrnici. Na těchto vodičích však řadič sběrnice přijímá náhodně generované žádosti účastníků o přidělení datové sběrnice a řadí je do fronty. Přerušovací režim je výhodnější než dotazovací jen tehdy, když pouze malý počet ze všech připojených účastníků chce během daného časového intervalu vysílat svá data. Pokud je aktivita všech účastníků zhruba stejná, je dotazovací režim vhodnější.

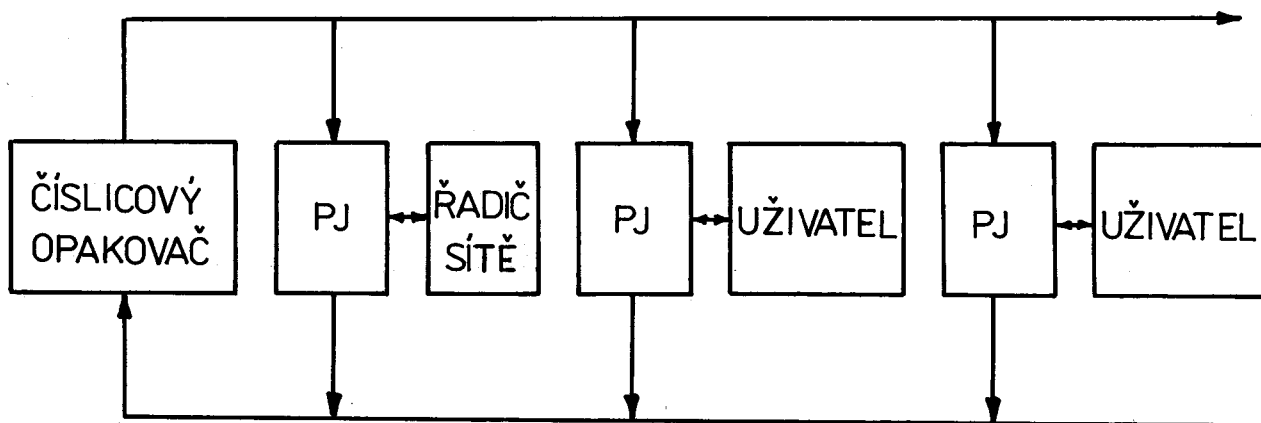
V systémech okolo sběrnice s přerušovacím režimem jednotliví účastníci soutěží o přístup na sběrnici. Jejich žádosti jsou obvykle velmi krátké, aby se snížily časové ztráty při řešení kolizních stavů. Řadič sběrnice řadí žádosti do fronty a zpětně je na řídicím spoji potvrzuje. Když účastník neobdrží potvrzení své žádosti, po určité době automa-

ticky opakuje svou zprávu. Jestliže je datová sběrnice uvolněna, informuje řadič žádajícího účastníka, že ji může použít. Po skončení relace je pak přidělena jinému účastníkovi.

3.4.3. Centrálně řízené sběrnice s časovým dělením

V těchto systémech probíhá přenos tak, že vysílající terminál - počítač vysílá svou zprávu v předem určeném časovém intervalu do kabelového spoje, ke kterému jsou prostřednictvím připojovacích jednotek /PJ/ připojeny všechny vysílače terminálů v systému. Zprávu přijme číslicový opakovač sběrnice a vyšle ji do kabelového spoje, ke kterému jsou připojeny všechny přijímače terminálů - viz. obr. 4. Každá zpráva obsahuje adresu příslušného přijímače, a tak je zajištěno, že jen jeden přijímač ji akceptuje.

Základní časové intervaly se spojují do rámců neboli cyklů sběrnice. Přidělování jednoho nebo více časových intervalů jednotlivým terminálům provádí řídicí centrum sítě pouze



obr. 4

jednou během cyklu. Je-li trvání rámce delší, nevyhovuje tento způsob účastníkům, kteří nárazově vysílají větší počet dat. Nepravidelný provoz na sběrnici způsobuje její horší využití, a proto všechny připojovací jednotky musí pracovat maximální rychlostí sběrnice, což však zvyšuje jejich cenu.

3.4.4. Globální sběrnice s frekvenčním dělením

Globální sběrnice s frekvenčním dělením je typicky realizována jako sdílený koaxiální kabel. Zprávy účastníků jsou frekvenčně modulovány a přímo vysílány na sběrnici. Přijímač příslušného účastníka je naladěn pro příjem v určitém pásmu, které odpovídá určitému vysílači. Frekvenční pásmo je rozděleno na pásmo dopředných kanálů a pásmo zpětných kanálů.

Ze vzájemného jednoznačného přidělení frekvenčního pásma vysílači jednoho účastníka a přijímači korespondujícího účastníka vyplývá, že na kabelu je provozována komunikace typu bod-bod. Určitými úpravami však může vzniknout mnohobodový spoj, který umožňuje vzájemnou komunikaci mezi účastníky na tomto spoji. Tito účastníci musí mít své vysílače nebo přijímače naladěny na stejný dopředný nebo zpětný kanál. Provoz na sběrnici může být realizován např. v dotazovacím režimu nebo technikou vícenásobného přístupu.

3.4.5. Globální sběrnice s časovým dělením

Globální sběrnice s časovým dělením může být realizována jako seriová nebo paralelní. Vysílajícímu účastníkovi je přidělena v rámci cyklu jen na dobu, která je celistvým násobkem základního časového intervalu. Sběrnice obsahuje centrální

oscilátor, který vysílá časové impulsy všem účastníkům. Praktická realizace rozvodu časových impulsů přináší značné problémy. Proto je vhodnější, aby každý účastník byl vybaven vlastní, lokální časovou základnou, která je globálně synchronizována pouze na počátku cyklu sběrnice. Lokální časová základna řídí interní čítače. Dekódováním jejich určitého stavu se získají časové intervaly přidělené každému účastníkovi pro přístup na sběrnici. Nesmějí se překrývat, aby byl zajištěn výlučný přístup na sběrnici.

3.4.6. Globální sběrnice s vícenásobným přístupem

Přístup účastníků na tuto sběrnici je nedeterministický. Každý účastník může vyslat zprávu, kdykoliv zjistí, že sběrnice není obsazena. Přijímač každého účastníka je stále na příposlechu a detekuje stav uvolněné sběrnice. Kdykoliv účastník začne vysílat, jeho přijímač odposlouchává provoz na sběrnici, aby mohl případně detekovat kolizní stav vyvolaný tím, že i jiný účastník začal právě vysílat. Detekce kolize znamená, že všichni aktivní účastníci předčasně ukončí svou relaci. Sběrnice se uvolní a odstavení účastníci začnou vysílat po uplynutí časového intervalu, jehož délka je v jistém rozsahu náhodně volena.

3.5. Smyčkové propojení

Systemy tohoto typu jsou budovány kolem rychlého jednosměrného digitálního kanálu, ke kterému jsou účastníci připojeni pomocí zvláštních připojovacích jednotek. Vyslaná zpráva putuje postupně v jednom směru od jednoho účastníka k druhé-

mu, až je dosaženo adresovaného účastníka nebo až se zpráva vrátí k vysílajícímu účastníkovi. V některých systémech tohoto typu je zpráva likvidována vysílajícím účastníkem, v jiných volaným účastníkem.

Systémy s provozem ve smyčce jsou velmi atraktivní, hlavně z následujících důvodů:

- 1/ Provoz probíhá v jednom směru. Vysílaná zpráva je pro příjemce snadno dostupná.
- 2/ Spojení může být navázáno velmi rychle, což je velmi důležité při vysílání krátkých zpráv.
- 3/ Není zapotřebí zvláštních měničů - modernů pro datovou konverzi, protože spoj pro přenos informací je v naprosté většině případů číslicový.
- 4/ Počáteční investice na vybudování komunikačního subsystému je malá a roste úměrně s počtem účastníků v systému.
- 5/ Využitelná propustnost spoje je vysoká, protože pro předávání zpráv dalšímu účastníkovi spoje není zapotřebí programové podpory a v některých systémech může být najednou přenášeno víc zpráv.
- 6/ Distribuční mechanismus může být snadno implementován. Provoz je deterministický a nevyžaduje tudíž aplikaci žádných zvláštních metod společného řízení. Každá připojovací jednotka je schopná se sama synchronizovat a rozhodnout o přístupu na spoj.

Hlavní nevýhodou systémů s provozem ve smyčce je principiálně malá spolehlivost v důsledku seriového propojení připojovacích jednotek účastníků. Zprávy jsou přenášeny ve formě adresovaných bloků zvaných rámeček. V připojovací jednotce je rámeček formován, opatřen adresou příjemce a odeslán nejbližšímu dalšímu účastníkovi. Jeho připojovací jednotka srovnává adresu

v přijímané zprávě se svou vlastní adresou a pokud je shodná, předává ji účastníkovi. V opačném případě ji vysílá v řadě dalšímu účastníkovi. Přenos probíhá obvykle na principu časového dělení.

3.5.1. Pierceova smyčka

Komunikační kapacita Pierceovy smyčky je rozdělena na konečný počet intervalů, do kterých jsou zapisovány zprávy nebo jejich části, pokud je zpráva delší než interval. Přenosová rychlost je konstantní, provoz ve smyčce je řízen centrálně. Každý interval obsahuje informaci o tom, jestli je zaplněn nebo jestli je prázdný. Vysílač, má-li připravenou zprávu rozdělenou do paketů, čeká, až je přisunut prázdný interval, a ten zaplní daty.

Účastník provozu v Pierceově smyčce je dvojího druhu. Jeden účastník zastoupený jen připojovací jednotkou řídí provoz v síti, uzavírá smyčku a generuje synchronizační informace pro všechny zprávy ve smyčce. Připojovací jednotky ostatních účastníků užívají těchto informací pro to, aby mohly bloky pevné délky zapisovat nebo číst. Zprávy mohou buď přijímat všichni účastníci nebo jen adresovaný účastník. Optimálního přenosového výkonu se dosáhne, když zprávy jsou tvořeny jedním pakem.

Teoreticky je možné, aby jeden účastník, jehož vysílací schopnost je rovna nebo větší, než je kapacita smyčky, obsadil všechny intervaly, a tak nepřipustil žádného jiného účastníka k vysílání. V tom případě pomůže způsob řízení provozu na základě prioritních pravidel, ale výsledkem je nižší maximální průchodnost komunikačního systému.

3.5.2. SDLC smyčka

Provoz ve smyčce řídí jeden z účastníků, tzv. řadič smyčky, ostatní účastníci mu jsou podřízeni. Přenos je jednosměrný, zprávy jsou přenášeny v rámci a podřízení účastníci je opakují s jednobitovým zpožděním. Rozlišují se dva režimy činnosti - sběr informací od podřízených účastníků a zasílání adresované zprávy řadičem určitému účastníkovi. V režimu sběru informací vyšle řadič zvláštní rámeček, jehož řídicí pole obsahuje kód dotazovací zprávy. Za zprávou je vyslán speciální zakončovací znak, který signalizuje podřízeným účastníkům, že mohou vyslat zprávu do smyčky. Rámeček vyslaný řadičem je přijímán, s jednobitovým zpožděním pak vysílán v řadě prvním účastníkem dalšímu účastníkovi. Kdykoliv libovolný příjemce zjistí, že přijal zakončovací znak a má data k vysílání, přepíše tento znak, začne vysílat svou zprávu a na závěr opět koncový znak vygeneruje. Popsaný způsob sběru informací nepreferuje žádného účastníka a zároveň umožní každému účastníkovi, aby během cyklu odvysílal svoji zprávu.

3.6. Hvězdicové propojení

Ve hvězdicových systémech existuje jeden počítač, který pracuje jako systémový řadič, a všichni ostatní účastníci jsou k němu připojeni oddělenými sdělovacími spoji. Přenos zpráv mezi účastníky probíhá na principu přepínání zpráv. Vysílající účastník naváže spojení se systémovým řadičem a odvysílá řadiči zprávu určenou jinému účastníkovi v systému. Řadič ji uchová ve své paměti, naváže spojení s účastníkem, kterému je zpráva určena, a z paměti mu ji odvysílá.

Průchodnost systému je ovlivněna dílčími komunikačními

rychlostmi, počtem komunikujících účastníků a v největší míře přepínací kapacitou systémového řadiče.

Porucha jednoho spoje má obvykle jen lokální působnost a činnost systému se neohrozí. Katastrofické účinky však má porucha systémového řadiče, protože účastníci nemohou mezi sebou komunikovat a systém se zhroutí.

3.7. Hierarchické systémy

V hierarchických systémech jsou počítače umístěny v uzlech sítě ve tvaru stromu a jejich výkonnost roste směrem k nejvyšší úrovni v systému. Prostředky na nejnižší úrovni řeší specializované úlohy, prostředky vyšších úrovní jsou obecnější a řídí činnost všech prostředků nižších úrovní. Počítač na nejvyšší úrovni řídí činnost celého systému.

Komunikace probíhá vždy jen mezi počítači na sousedních úrovních a spoje jsou typu bod-bod. Přenos informací je založen na výměně datových paketů pevné nebo proměnlivé délky.

Spolehlivá činnost hierarchického systému je silně závislá na tom, v jaké úrovni nastane úplný výpadek počítače nebo mezi jakými úrovněmi se přeruší spojení, protože v tom případě je zbytek systému nižší úrovně odpojen od vyšší řídicí úrovně. Vliv takové poruchy se omezuje zavedením záložních prostředků vyšších úrovní a záložních spojových cest, což však zvyšuje složitost a cenu systému. Vždy však musí být pamatováno na to, aby prostředek každé úrovně byl vybaven algoritmy pro náhradní řízení při výpadku vyšší úrovně.

3.8. Spojení bod-bod

V systémech tohoto typu jsou dva nebo více účastníků propojeni navzájem seriovými spoji typu bod-bod. Složitost propojení v takových systémech roste velice rychle s počtem účastníků. Výpadek jednoho spoje má velice malý vliv na činnost systému. Systémy s větším počtem účastníků a s přenosy na velké vzdálenosti jsou velmi drahé a jednotlivé spoje nejsou obvykle rovnoměrně zatíženy. V praktických realizacích se volí neúplné propojení účastníků, ale vždy tak, aby byl přijímající účastník dosažitelný minimálně po dvou nezávislých cestách.

Přenos zpráv je založen na metodách přepínání spojových cest nebo přepínání zpráv či paketů. V systémech s přepínáním spojových cest je spojení mezi vysílajícím a cílovým přijímajícím účastníkem ustaveno na žádost vysílajícího účastníka a slouží výhradně jen těmto dvěma účastníkům po celou dobu komunikace /např. telefonní sítě/.

V systémech, které využívají metody přepínání zpráv, je zpráva jako celek vyslána po předem určené spojové cestě mezilehlému účastníkovi. Ten ji přijme, uchová ve své paměti a z ní pak odvysílá, když je výstupní spojová cesta volná. Při této metodě jsou prostředky v síti využívány neefektivně a komunikační procesory jsou drahé, protože vyžadují velké paměti. Navíc dochází ke zpoždění přenosu zpráv, které vzniká v důsledku závislosti na velikosti provozu v daném směru.

Metoda přepínání paketů se liší od metody přepínání zpráv v tom, že zpráva, kterou vysílající účastník chce zaslat přijímajícímu účastníkovi, není vyslána jedním směrem celá, nýbrž je rozdělena na několik částí, paketů. Každý paket může být vyslán po jiné spojové cestě. Adresát přijme jednotlivé pakety z různých směrů, obecně i v různém pořadí, a celou zprávu

si sestaví z těchto dílčích částí. Hlavní výhoda této metody spočívá v tom, že přijímané pakety jsou značně kratší než celá zpráva a mohou být uloženy v hlavní paměti komunikačního procesoru. Dále pak, pokud je původně vybraná cesta obsazena, může být paket zaslán adresátovi po jiném spoji, což podstatnou měrou redukuje zpoždění při přenosu zpráv.

4. Komunikace mezi mikropočítači SAPI 1

4.1. Stručný popis mikropočítače SAPI 1

Mikropočítačový stavebnicový soubor SAPI 1 je nejmenším, ale nejlevnějším a nejrozšířenějším členem rodiny SAPI, jejíž nezkrácený název zní Soubory pro Automatizované Pořizování a předzpracování Informací a dat. Tyto systémy byly vyvinuty pro sběr a zpracování informací, řízení technologických zařízení, řízení měřících a testovacích zařízení atd. Každý systém je vybaven technickými prostředky pro komunikaci mezi jednotlivými počítači systému SAPI.

Základní sestava ZPS-1 obsahuje tyto prvky: JZS-1, SPN-1, JPR-1, REM-1/2K, AND-1, DSM-1, PDK-1, BDK-1, KB-01, KB-05, KB-06, KB-07.

Mechanickým základem souboru SAPI 1 je panelová jednotka zdroje a sběrnice JZS-1. Je v ní zabudována deska sběrnice ARB-1 s jednou pozicí pro desku procesoru JPR-1 a 7 pozicemi pro další desky souboru. V jednotce JZS-1 je umístěn systémový panel SPN-1, který umožňuje připojit k souboru některá přídatná zařízení, která potřebují napájení +5 V a +12 V nebo která mají zabudováno tlačítko RESET pro nulování. Polovinu celé jednotky JZS-1 zabírá napájecí zdroj ZDR-1, který je spojen kabelem KB-08 s deskou sběrnice ARB-1. Blokové schéma je uvedeno na obr. 5. Druhá varianta souboru SAPI 1 obsahuje jednotky JSB-1 /jednotka sběrnice/ a JZD-1 /jednotka zdroje/. V jednotce JSB-1 je deska sběrnice ARB-1 a systémový panel SPN-1. V jednotce JZD-1 je zabudován napájecí zdroj ZDR-1. Jednotky jsou zhruba poloviční šířky než JZS-1, a proto umožňují lepší využití prostoru v zařízení, kde bude systém pracovat.

Základní deskou souboru SAPI 1 je deska procesoru JPR-1. Na desce je kompletní mikropočítač s mikroprocesorem MHB 8080A. K desce je možno připojit membránovou klávesnici ANK-1 a tiskárnu EC 2111. Mikropočítač JPR-1 může pracovat sám, bez podpory dalších desek a dílů souboru SAPI 1.

Dále je součástí souboru deska pamětí REM-1, na které je maximálně 8 kB paměti RAM a 16 kB paměti EPROM. V základní sestavě je na desce REM-1 4 kB programu MICROBASIC v pamětech EPROM a 2 kB v paměti RAM. Programové vybavení pro kazetopáskový systém SAPI 1 obsahuje rezidentní a transparentní programy. Na EPROM pamětech je 2 kB MONITOR se základními funkcemi pro řízení systému a 2 kB MONITOR PLUS a MIKOS, které rozšiřují funkce MONITORu o mikrokazetový operační systém pro kazetový magnetofon ve funkci vnější paměti. Na kazetové pásce je jednak 7 kB soubor programů pro práci v Assembleru a jednak 7 kB interpreter jazyku BASIC s grafickými příkazy pro připravovanou desku grafiky.

Další deska souboru je AND-1, na které jsou umístěny obvody pro připojení TV přijímačů ve funkci alfanumerického displeje. K souboru patří i deska DSM-1, která umožňuje připojení komerčního kazetového magnetofonu ve funkci vnější paměti. Současně jsou na desce DSM-1 obvody pro seriový asynchronní přenos, takže je možno připojit jakékoliv zařízení /terminál, jiný počítač atd./, které splňuje doporučení V 24. Součástí souboru SAPI 1 je také prodlužovací deska PDK-1, která slouží pro měření na deskách souboru, při vývoji nových desek nebo při hledání závad. Pro připojení nestandardních přídatných zařízení slouží univerzální deska BDK-1. / /6/, /7/ /

Od druhého pololetí roku 1985 je dodávána základní počítačová sestava ZPS 2, která obsahuje následující části:

- desku jednotky programového řízení JPR-1,
- desku RAM a EPROM pamětí REM-1/OK,
- desku dynamické operační paměti RAM-1,
- desku alfanumerického displeje AND-1,
- desku seriového přenosu DSM-1,
- jednotku zdroje a sběrnice JZS-1A,
- kabel KB-05 pro připojení magnetické kazetopáskové paměti,
- kabel KB-06 pro připojení zobrazovací jednotky ZJS-1.

Tuto sestavu lze ještě doplnit o klávesnici ANK-1, zobrazovací jednotku ZJS-1, magnetickou kazetopáskovou paměť MKP-1, kabel KB-01 pro připojení ANK-1 a kabel KB-07 pro napájení ANK-1.

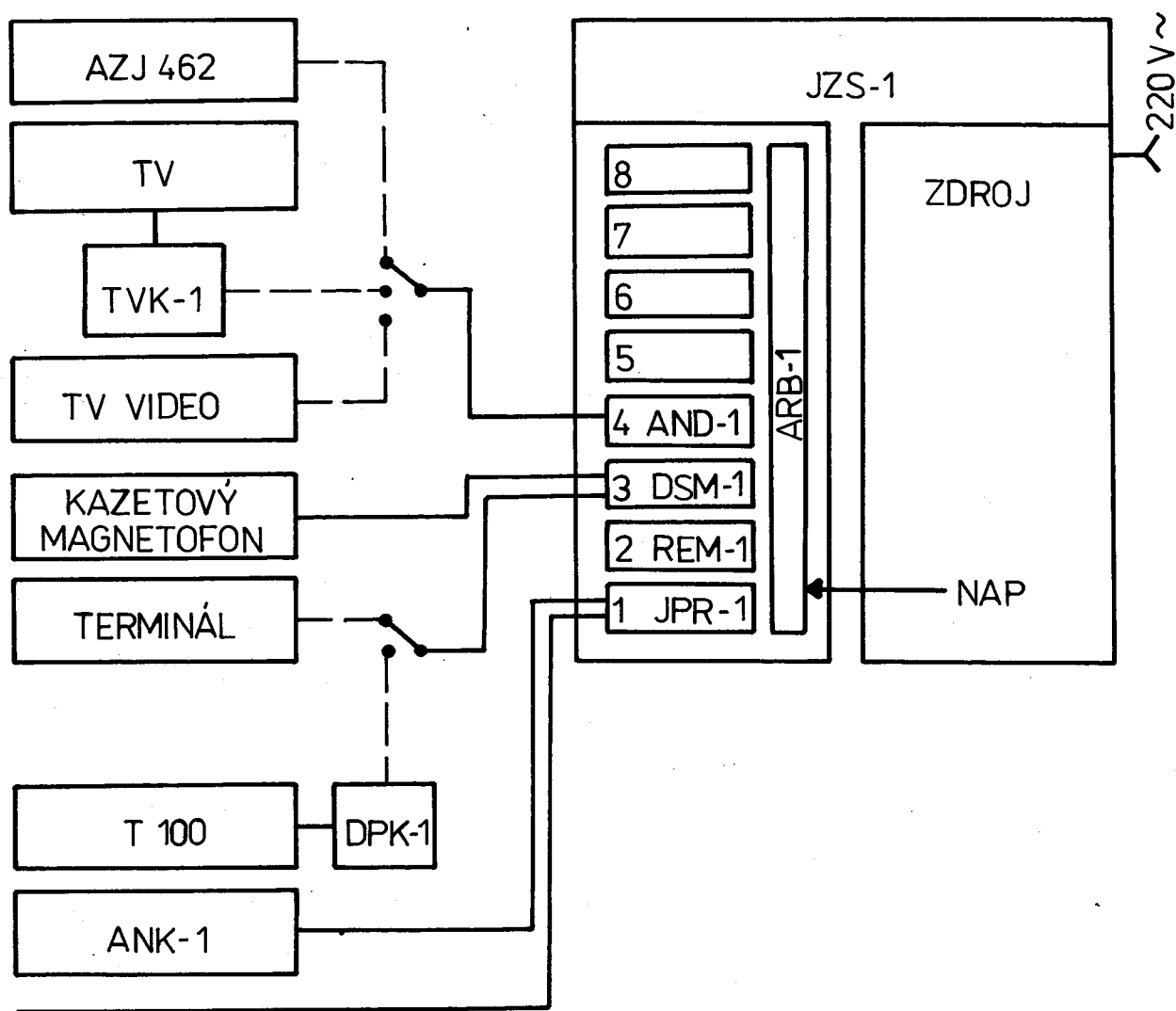
Jednotlivé desky sestavy ZPS 2 mají formát standardních desek souboru SAPI, tj. 150 x 140 mm, a využívají FRB konektorů pro spojení se sběrnicí ARB-1 i s vnějším prostředím. Vkládají se do jednotky zdroje a sběrnice JZS-1. /8/

Ve druhém pololetí roku 1986 byla zahájena sériová výroba sestavy ZPS 3 s novou jednotkou programového řízení JPR-1A pracující pod operačním systémem CPM. Je dodávána v následující konfiguraci:

- deska jednotky programového řízení JPR-1A,
- deska dynamické operační paměti RAM-1/48 KB,
- deska alfanumerického displeje AND-1A,
- deska seriového přenosu a modemu DSM-1,
- jednotka řadiče pružného disku RPD-1,
- systémový panel SPN-1,
- jednotka zdroje a sběrnice /krytovaná/ JZS-1A,
- kabel KB-06 pro připojení zobrazovací jednotky ZJS-1,
- kabel KB-13 pro připojení klávesnice CONSUL 259.11.

K této sestavě lze ještě dodat krytovanou jednotku 8" pružného disku se zdrojem a kabelem KB-16 JPD-1, kabel KB-13 pro připo-

jení tiskárny, kabel KB-12 pro připojení displeje SM 1601, desku dynamické operační paměti /rozšíření na 64k/ RAM-1/16k, programátor PROM a EPROM pamětí PRG-1, krytovanou jednotku 5 1/4" pružného disku se zdrojem JMD-1, zobrazovací jednotku ZJS-1, alfanumerickou klávesnici CONSUL 259.11, alfanumerický displej SM 1601. Jednotlivé desky mají opět standardní formát a využívají FRB konektorů pro spojení se sběrnicí ARB-1 i s vnějším prostředím. /9/



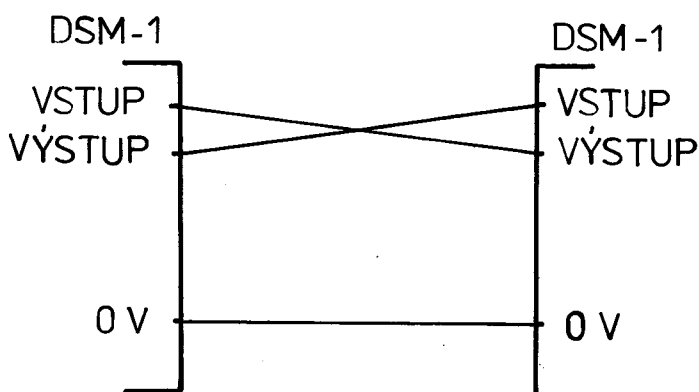
VSTUPY A VÝSTUPY PRO UŽIVATELE

4.2. Způsoby komunikace

V Tesle Liberec byla vyvinuta deska DSV-4, která umožňuje komunikaci mezi soubory SAPI 1 - ZPS 3 a ZPS 2. Otázky komunikace byly řešeny ve dvou úrovních: pooling - pomalejší a přerušovací systém - rychlejší, ale také složitější. Pomocí této desky mohou být k ZPS 3 připojeny 4 satelity a vzhledem k tomu, že v ZPS 3 mohou být tyto desky tři, je možno připojit celkem 12 satelitů. Deska se v satelitech propojí s deskou DSM-1, přenos probíhá asynchronně a byl odzkoušen na vzdálenost 800 m s rychlostí 9 600 Bd. Deska se zatím nevyrábí pro nedostatek některých součástí na domácím trhu.

Pro paralelní přenos by mohla být použita deska paralelních portů DPP-1. Je určena pro připojení periferních zařízení s paralelním vstupem/výstupem /snímač děrné pásky, děrovač děrné pásky, tiskárna/. Obsahuje dva obvody MHB 8255A se 48 vstupy/výstupy. Přepínači na desce lze přizpůsobit desku pro různé aplikace. /10/

V této práci byl pro komunikaci mezi mikropočítači SAPI 1 vybrán sériový přenos a s ním použití desky DSM-1. Propojení těchto desek je velmi jednoduché - spojí se konektory pro vstup dat, výstup dat a nulový potenciál, jak naznačuje obr. 6.



obr. 6

4.3. Komunikace pomocí desky DSM-1

4.3.1. Deska seriového přenosu a modemu

Deska DSM-1 má 4 adresy pro zápis a 3 adresy pro čtení. Zápis do registrů se provádí instrukcí výstupu. Tato instrukce přenese současný obsah akumulátoru mikroprocesoru 8080A do registru výstupního zařízení, jehož adresa je součástí instrukce. Instrukce výstupu má symbolický název OUT a operační kód D3 /HEX/. Tato instrukce je dvoubytová, první byte obsahuje uvedený operační kód a druhý adresu registru přídatného zařízení. Čtení ze vstupních registrů se provádí instrukcí vstupu. Tato instrukce přenese obsah registru přídatného zařízení, jehož adresa je součástí instrukce, do akumulátoru mikroprocesoru 8080A. Instrukce vstupu má symbolický název IN a operační kód DB /HEX/. Také u této instrukce je druhý byte adresou přídatného zařízení. Deska DSM-1 má pro volbu adresy propojky, které umožňují navolit 4 adresy tak, že je možné použít až 4 desky DSM-1 v souboru SAPI 1.

U každého registru mají jednotlivé bity svůj význam. Proto je v následujícím textu uveden vždy název registru, zda se registr čte signálem IOR /doprovází instrukci IN/ nebo zda se do registru zapisuje signálem IOW /doprovází instrukci OUT/, základní adresa registru a v závorce další možné adresy. /6/

registr: STAV MODEMU

čtení/zápis: IOR

adresa: 10 /14,18,1C/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	CTS	DSR	DSD	RL	PE	FE	OE	INTR

V 24

7 signál CTS z doporučení V 24 "CLEAR TO SEND"

- 6 signál DSR z doporučení V 24 "DATA SET READY"
- 5 signál DCD z doporučení V 24 "DATA CARRIED DETECT"
- 4 data přijímaná obvodem UART "RECEIVED INPUT"
- 3 chyba parity "PARITY ERROR"
- 2 chyba stop bitu "FRAMING ERROR"
- 1 nepřevzetí přijatých dat "OVERRUN ERROR"
- 0 přerušeni "INTERRUPT"

registr: STAV UARTU

čtení/zápis: IOR

adresa: 11 /15,19,1D/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	DR	TBRE	1	1	1	1	1	1

- 7 "DATA READY" - Je k dispozici přijmutý znak. Je-li IER = 1, pak se hlásí i přerušeni. Bit DR se nuluje přečtením registru PŘIJMUTÁ DATA.
- 6 "TRANSMITTER BUFFER REGISTER EMPTY" - Vysílací registr UARTu je prázdný a je možno poslat další znak. Je-li IET = 1, pak se hlásí i přerušeni. Bit TBRE se nuluje zápisem dalšího znaku do registru DATA K VYSÍLÁNÍ.
- 5 až 0 se čte vždy jako "1"

registr: PŘIJMUTÁ DATA, vstupní datový registr

čtení/zápis: IOR

adresa: 12 /16,1A,1E/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

- 7 až 0 Přijmutá data. Čtení registru nuluje bit 7 = DR registru STAV UARTU.

registr: ŘÍZENÍ MODEMU

čtení/zápis: IOW

adresa: 10 /14,18,1C/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	IER IET		START KAZ		RD	BRK DTR		RTS
	přerušeni		funkce			V 24		

- 7 IER - povolení přerušeni od přijímače
- 6 IET - povolení přerušeni od vysílače
- 5 sepnutí relé pro start kazetového magnetofonu
- 4 KAZ = 1 volba magnetofonu, KAZ = 0 volba terminálu V 24
- 3 RD = 1 čtení z magnetofonu, RD = 0 zápis na magnetofonu
- 2 BRK = 1 poslání trvalého start bitu na přenosovou linku V 24
BRK = 0 povolení posílání dat
- 1 signál DTR z doporučení V 24 "DATA TERMINAL READY"
- 0 signál RTS z doporučení V 24 "REQU-EST TO SEND"

registr: ŘÍZENÍ UARTU

čtení/zápis: IOW

adresa: 11 /15,19,1D/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	PS	WLS1	WLS2	SBS	PI

- 7 až 5 bez významu, obvykle 0
- 4 PS = 1 sudá parita, PS = 0 lichá parita
- 3 až 2 délka slova 00 5 bitů
10 6 bitů
01 7 bitů
11 8 bitů
- 1 SBS = 1 2 stop bity, SBS = 0 1 stop bit
- 0 PI = 1 není kontrola ani generace parity
PI = 0 kontroluje a generuje paritu

registr: DATA K VYSÍLÁNÍ, výstupní datový registr

čtení/zápis: IOW

adresa: 12 /16,1A,1E/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

7 až 0 Data určená k vysílání. Zápis do tohoto registru nuluje bit 6 = TBRE registru STAV UARTU.

registr: NULOVÁNÍ

čtení/zápis: IOW

adresa: 13 /17,1B,1F/

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	-	-

7 až 0 bez významu. Zápis do tohoto registru nuluje obvod UART. Po nulování je DR = 1 a TBRE = 1.

Použití registrů v programu

STAV MODEMU - v základních programech se nepoužívá, mohl by se použít pro kontrolu parity

STAV UARTU - na straně vysílače se testuje, zda je možno vyslat další znak /TBRE = 1 ?/

- na straně přijímače se testuje, zda je možno převzít přijímaný znak /DR = 1 ?/

ŘÍZENÍ MODEMU - funkce řízení modemu není využita, pro navrhovaný přenos není použita ani metoda přerušování

ŘÍZENÍ UARTU - není použita kontrola paritou, přenos je osmibitový s jedním stop bitem, proto se tento registr inicializuje hodnotou 0D /HEX/

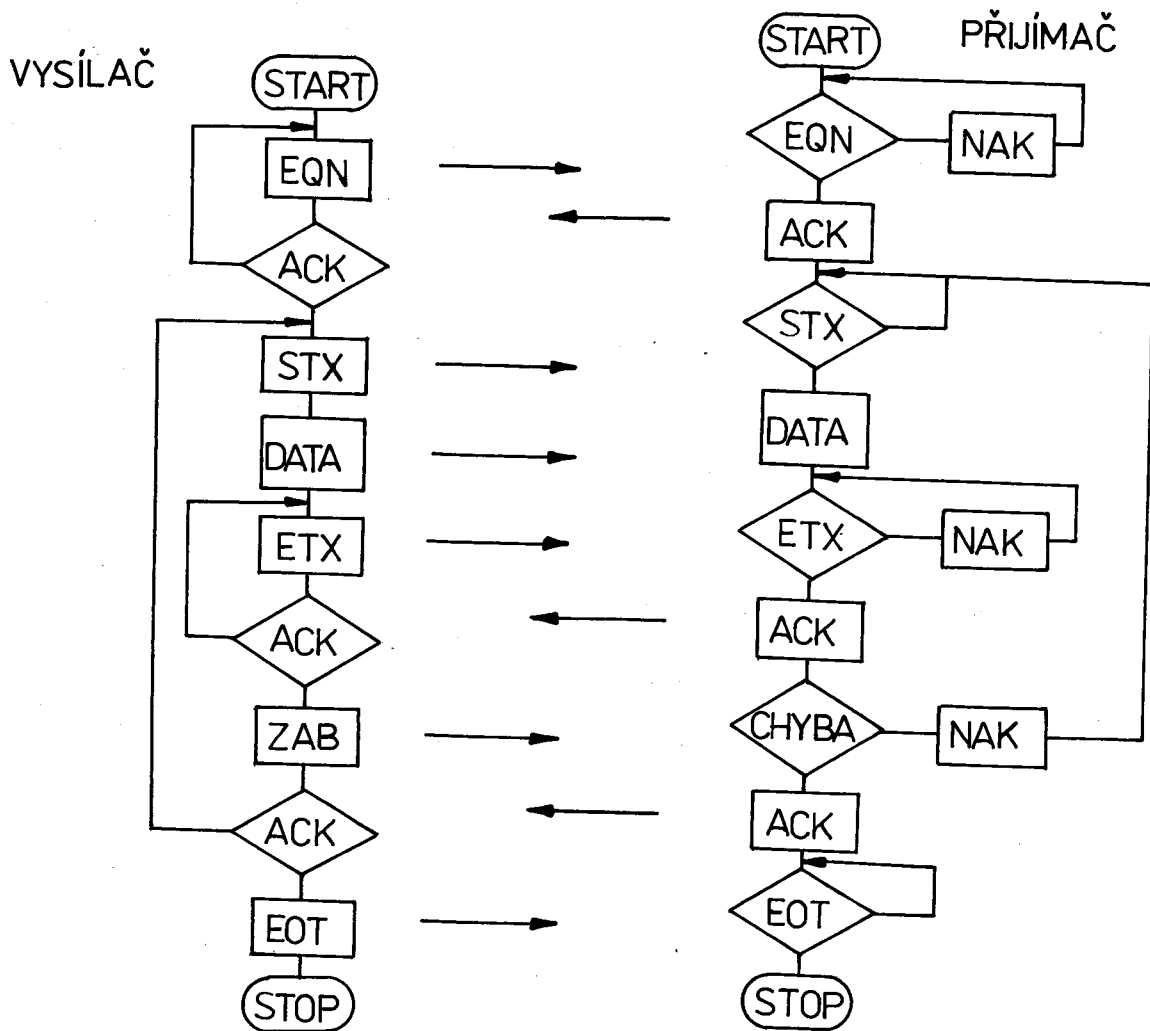
NULOVÁNÍ - v inicializačním podprogramu slouží k definování počátečního stavu přenosového kanálu

Datové registry vstupu a výstupu se používají pro vlastní příjem dat.

4.3.2. Návrh komunikace

Navržená komunikace je typu bod-bod a využívá seriového asynchronního přenosu pomocí obvodu UART desky DSM-1.

V případě správného, bezchybného přenosu obdrží vysílající mikropočítač na svůj dotaz či zprávu vždy kladnou odpověď. Dojde-li při přenosu ke zkreslení signálu, dostane zápornou odpověď a musí přenos zopakovat. Schematicky je komunikace naznačena na obr. 7.



obr. 7

Komunikace probíhá pomocí řídicích znaků kódu ASCII, jejichž význam je následující:

EQN dotaz kdo tam

STX začátek textu

ETX konec textu

EOT konec přenosu

ACK potvrzení

NAK zápor

Vzhledem k tomu, že řídicí znaky jsou ASCII, bylo nutno i přenášená data převádět do tohoto kódu, aby nedošlo k záměně s řídicím znakem.

Základní podprogramy

1/ INIC

význam: inicializace přenosového kanálu

INIC: MVI A,0D

OUT 13

OUT 11

RET

2/ VYS

význam: vyslání jednoho znaku

vstup: vysílaný znak v registru A

Protože přijímač nedává informaci o tom, zda již přijmutý znak zpracoval a je schopen přijmout další znak, je zařazena do podprogramu VYS časová prodleva. Tato prodleva činí asi 1,9 ms a lze ji snížit zadáním jiné konstanty do registru A /MVI A,konst./.

VYS: PUSH PSW

V1: IN 11

RLC


```
RLC
JNC V1
MVI A,FF
V2: DCR A
JNZ V2
POP PSW
OUT 12
RET
```

3/ PRI

význam: přijetí jednoho znaku

výstup: přijatý znak v registru A

```
PRI: IN 11
```

```
RLC
```

```
JNC PRI
```

```
IN 12
```

```
RET
```

4/ AH

význam: převod z ASCII na hexadecimální číslici

vstup: znak v ASCII v registru A

výstup: indikace hexadecimální číslice v CY

CY = 0 znak ASCII odpovídá hexadecimální číslici

CY = 1 znak ASCII neodpovídá hexadecimální číslici

hexadecimální číslice v nižších 4 bitech registru A

/vyšší 4 bity jsou vynulovány/

```
AH: SUI 30
```

```
RC
```

```
CPI 17
```

```
CMC
```

```
RC
```

```
CPI 0A
```

CMC

RNC

SUI 07

RET

5/ HA

význam: převod hexadecimální čísllice do ASCII

vstup: hexadecimální čísllice v nižších 4 bitech registru A
/vyšší 4 bity musí být nulové/

výstup: znak v ASCII v registru A

HA: ADI 30

CPI 3A

RC

ADI 07

RET

4.3.3. Ověření komunikace

Konkrétně byl vytvořen program pro přenos bloku informací z paměti jednoho mikropočítače SAPI 1 do druhého.

Nejprve se informace přenášely bez komunikace mezi mikropočítači. Tento způsob je nevýhodný v tom, že nevíme, zda při přenosu nedošlo k chybě, která se zjistí jen při postupném prolístování obsahu přenesené paměti. Vytvořený program PŘENOS 1 se však využil v následujícím, rozšířeném programu PŘENOS 2, ve kterém se již uvažovalo zabezpečení proti chybnému přenosu. Programy jsou uvedeny v přílohách 1 a 2.

Charakteristika programu PŘENOS 2

V programu pro vysílač i pro přijímač se využívají shora uvedené podprogramy.

Vysílač

Mikropočítač se inicializuje a odvysílá přijímači dotaz EQN. Jestliže obdrží potvrzení ACK, vyšle znak STX a začne vysílat zprávu. V HL registrovém páru má uloženu počáteční adresu přenášeného bloku dat a v DE registrovém páru délku bloku. Na konci zprávy odvysílá znak ETX a potom i zabezpečující znak. Existuje více způsobů, jak provádět zabezpečení např. VCR - zajišťuje kontrolu znaků pomocí parity, LCR - zajišťuje kontrolu parity celé zprávy nebo CRC - zpráva se celá dělí určitým polynomem a zbytek po dělení se zařadí do zprávy, při příjmu se zpráva dělí stejným polynomem a zbytky se porovnají. V této práci bylo využito zabezpečení pomocí součtu dat a vytvoření jeho doplnku. Vysílač vyšle doplněk ZAB a, pokud přijímač nehlásí chybu, vyšle znak EOT a přenos je ukončen.

Přijímač

Mikropočítač se inicializuje a očekává znak EQN. Jakmile ho obdrží, vyšle potvrzení ACK a očekává znak STX a po něm zprávu. Přijímač má v HL registrovém páru uloženou počáteční adresu, od které má přenášená data ukládat, a v DE registrovém páru délku bloku přenášených dat. Na konci zprávy přijme znak ETX a potvrdí jej. Pak přijme zabezpečující doplněk ZAB a ten sečte se svým součtem přijatých dat. Pokud není výsledek nulový, došlo při přenosu k chybě. V tom případě vyšle přijímač zápornou odpověď NAK a očekává opakování zprávy. Jestliže je přenos správný, vyšle přijímač potvrzení ACK a přenos se ukončí.

V programech uvedených v přílohách jsou zadána tato vstupní data: F05A - počáteční adresa přenášeného i přijímaného bloku dat, 0005 - délka bloku dat.

5. Závěr

Diplomová práce nás seznámila s řídicími systémy zaváděnými v ČSSR. Byly uvedeny systémy centralizované i decentralizované a jejich konkrétní aplikace. Stručně byly popsány systémy CIRIS, DASOR-601, DERIS-900 a systém MARK.

V další kapitole jsme se seznámili s metodami komunikace v mikropočítačových systémech. Existuje několik variant komunikace: sdílená paměť, sdílená sběrnice, smyčkové propojení, hvězdicové propojení, hierarchické propojení a spojení bod-bod. Každá metoda má své výhody i nevýhody. Záleží na konkrétní aplikaci, které vlastnosti se více projeví. Vždy však musíme dbát na to, aby vytvořený systém byl spolehlivý. Dále sledujeme i rychlost odezvy, rychlost přenosu, kapacitu přenosové cesty, modularitu, možnosti rozšiřování systému, složitost systému, ale také jeho cenu.

V poslední kapitole byl uveden stručný popis mikropočítače SAPI 1. Navržená komunikace mezi mikropočítači byla typu bod-bod a byla zabezpečena asynchronním seriovým přenosem, který byl zajištěn propojením desek DSM-1 v jednotlivých mikropočítačích SAPI 1. Spojení bod-bod bylo zvoleno proto, že v souboru SAPI 1 není k dispozici komunikační modul, který umožňuje komunikaci pomocí sdílené vnější datové sběrnice. Obvody tohoto modulu by uživatel musel navrhnout a oživit z vlastních prostředků.

Byl vytvořen algoritmus komunikace a konkrétně ověřen na přenášení bloku informací z paměti jednoho počítače do druhého. Do programu se jako vstupní data zadává adresa, od které chceme data přenášet, a délka bloku, obojí v hexadecimální soustavě. V programu určeném pro příjemce se zadává adresa,

od které chceme přenesená data ukládat, a délka bloku dat. Zajištění bezpečnosti přenosu bylo vytvořeno pomocí součtu vysílaných dat a jeho doplňku.

Vytvořený program najde své využití při vědecké práci na katedře KTK VŠST Liberec, protože za tím účelem byla diplomová práce zadávána.

V závěru diplomové práce bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce ing. J. Grosmanovi za všestrannou pomoc a cenné rady, které mi v průběhu celé práce poskytoval.

6. Seznam literatury

- /1/ Vavřín, P., Zelina, F.: Automatické řízení počítačem.
2. vydání, SNTL/ALFA Praha, 1982
- /2/ Hajič, J.: DASOR-601 - zařazení v koncepci automatizač-
ních prostředků ZAVT, Hlavní aplikační oblasti
systému DASOR-600, 601. In. Řídící systém DASOR-601.
DT ČSVTS Ústí nad Labem, 1984, s. 1.
- /3/ Hajič, J.: Architektura systému DERIS-900. In. Novinky
v automatizačních prostředcích koncernu ZAVT.
DNT 1984, s. 1A.
- /4/ Systém ČKD MARK. Základní technický popis, 1984.
- /5/ Staňka, K., Dvorský, P.: Komunikace v distribuovaných
systémech. DT ČSVTS Ústí nad Labem, 1983
- /6/ Uživatelská dokumentace souboru SAPI 1 pro výrobky
roku 1983 - 1984.
- /7/ SAPI 1. DIZ TESLA ELTOS Praha. Expres informace, č. 20.
- /8/ SAPI 1. DIZ TESLA ELTOS Praha. Expres informace, č. 28.
- /9/ SAPI 1. DIZ TESLA ELTOS Praha. Expres informace, č. 29.
- /10/ SAPI 1. DIZ TESLA ELTOS Praha. Expres informace, č. 25.

Seznam příloh

Příloha 1 PŘENOS 1

Příloha 2 PŘENOS 2

Příloha 1

PŘENOS 1

Program pro vysílač

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F000	3E 0D	INIC	MVI A,06	
F002	D3 13		OUT 13	
F004	D3 11		OUT 11	
F006	C9		RET	
F009	F5	VYS	PUSH PSW	
F00A	DB 11	V1	IN 11	
F00C	07		RLC	
F00D	07		RLC	
F00E	D2 0A F0		JNC V1	
F011	F1		POP PSW	
F012	D3 12		OUT 12	
F014	C9		RET	
F015	26 F0		MVI H,F0	vstupní data
F017	2E 5A		MVI L,5A	vstupní data
F019	16 00		MVI D,00	vstupní data
F01B	1E 05		MVI E,05	vstupní data
F01D	CD 00 F0		CALL INIC	
F020	7E		MOV A,M	
F021	CD 09 F0	ZPR	CALL VYS	
F024	06 FF		MVI B,FF	
F026	05	SM	DCR B	
F027	C2 26 F0		JNZ SM	
F02A	23		INX H	
F02B	1B		DCX D	
F02C	7B		MOV A,E	
F02D	B2		ORA D	

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F02E	C2 21 F0		JNZ ZPR	
F031	76		HLT	
<u>Program pro přijímač</u>				
F000	3E 0D	INIC	MVI A,0D	
F002	D3 13		OUT 13	
F004	D3 11		OUT 11	
F006	C9		RET	
F009	DB 11	PRI	IN 11	
F00B	07		RLC	
F00C	D2 09 F0		JNC PRI	
F00F	DB 12		IN 12	
F011	C9		RET	
F017	21 5A F0		LXI H,F05A	vstupní data
F01A	11 05 00		LXI D,0005	vstupní data
F01D	CD 00 F0		CALL INIC	
F020	CD 09 F0	ZPR	CALL PRI	
F023	77		MOV M,A	
F024	23		INX H	
F025	1B		DCX D	
F026	7B		MOV A,E	
F027	B2		ORA D	
F028	C2 20 F0		JNZ ZPR	
F02B	76		HLT	

Příloha 2

PŘENOS 2

Podprogramy

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F100	3E 0D	INIC	MVI A,0D	
F102	D3 13		OUT 13	
F104	D3 11		OUT 11	
F106	C9		RET	
F107	F5	VYS	PUSH PSW	
F108	DB 11	V1	IN 11	
F10A	07		RLC	
F10B	07		RLC	
F10C	D2 08 F1		JNC V1	
F10F	3E FF		MVI A,FF	
F111	3D	V2	DCR A	
F112	C2 11 F1		JNZ V2	
F115	F1		POP PSW	
F116	D3 12		OUT 12	
F118	C9		RET	
F119	DB 11	PRI	IN 11	
F11B	07		RLC	
F11C	D2 19 F1		JNC PRI	
F11F	DB 12		IN 12	
F121	C9		RET	
F125	D6 30	AH	SUI 30	
F127	D8		RC	
F128	FE 17		CPI 17	
F12A	3F		CMC	
F12B	D8		RC	
F12C	FE 0A		CPI 0A	
F12E	3F		CMC	

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F12F	D0		RNC	
F130	D6 07		SUI 07	
F132	C9		RET	
F135	C6 30	HA	ADI 30	
F137	FE 3A		CPI 3A	
F139	D8		RC	
F13A	C6 07		ADI 07	
F13C	C9		RET	

Program pro vysílač

F145	CD 00 F1		CALL INIC	
F148	3E 05	EQN	MVI A,05	
F14A	CD 07 F1		CALL VYS	
F14D	CD 19 F1		CALL PRI	
F150	FE 06		CPI 06	
F152	C2 48 F1		JNZ EQN	
F155	3E 02	STX	MVI A,02	
F157	CD 07 F1		CALL VYS	
F15A	21 5A F0		LXI H,F05A	počáteční adresa bloku dat
F15D	11 05 00		LXI D,0005	délka bloku
F160	0E 00		MVI C,00	
F162	7E	ZPR	MOV A,M	
F163	47		MOV B,A	
F164	81		ADD C	
F165	4F		MOV C,A	
F166	78		MOV A,B	
F167	E6 F0		ANI F0	
F169	0F		RRC	
F16A	0F		RRC	

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F16B	0F		RRC	
F16C	0F		RRC	
F16D	CD 35 F1		CALL HA	
F170	CD 07 F1		CALL VYS	
F173	78		MOV A,B	
F174	E6 0F		ANI 0F	
F176	CD 35 F1		CALL HA	
F179	CD 07 F1		CALL VYS	
F17C	23		INX H	
F17D	1B		DCX D	
F17E	7B		MOV A,E	
F17F	B2		ORA D	
F180	C2 62 F1		JNZ ZPR	
F183	3E 03	ETX	MVI A,03	
F185	CD 07 F1		CALL VYS	
F188	CD 19 F1		CALL PRI	
F18B	FE 06		CPI 06	
F18D	C2 83 F1		JNZ ETX	
F190	79		MOV A,C	
F191	2F		CMA	
F192	3C		INR A	
F193	47		MOV B,A	
F194	E6 F0		ANI F0	
F196	0F		RRC	
F197	0F		RRC	
F198	0F		RRC	
F199	0F		RRC	
F19A	CD 35 F1		CALL HA	
F19D	CD 07 F1		CALL VYS	

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F1A0	78		MOV A,B	
F1A1	E6 0F		ANI 0F	
F1A3	CD 35 F1		CALL HA	
F1A6	CD 07 F1		CALL VYS	
F1A9	CD 19 F1		CALL PRI	
F1AC	FE 06		CPI 06	
F1AE	C2 55 F1		JNZ STX	
F1B1	3E 04		MVI A ,04	
F1B3	CD 07 F1		CALL VYS	
F1B6	76		HLT	

Program pro přijímač

F145	CD 00 F1		CALL INIC	
F148	CD 19 F1	EQN	CALL PRI	
F14B	FE 05		CPI 05	
F14D	C2 58 F1		JNZ NAK	
F150	3E 06		MVI A,06	
F152	CD 07 F1		CALL VYS	
F155	C3 60 F1		JMP TEXT	
F158	3E 15		MVI A,15	
F15A	CD 07 F1		CALL VYS	
F15D	C3 48 F1		JMP EQN	
F160	CD 19 F1	TEXT	CALL PRI	
F163	FE 02		CPI 02	
F165	C2 60 F1		JNZ TEXT	
F168	21 5A F0		LXI H,F05A	počáteční adresa přijímaných dat
F16B	11 05 00		LXI D,0005	délka bloku
F16E	0E 00		MVI C,00	
F170	CD 19 F1	ZPR	CALL PRI	

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F173	CD 25 F1		CALL AH	
F176	07		RLC	
F177	07		RLC	
F178	07		RLC	
F179	07		RLC	
F17A	E6 F0		ANI F0	
F17C	47		MOV B,A	
F17D	CD 19 F1		CALL PRI	
F180	CD 25 F1		CALL AH	
F183	E6 0F		ANI 0F	
F185	B0		ORA B	
F186	77		MOV M,A	
F187	81		ADD C	
F188	4F		MOV C,A	
F189	23		INX H	
F18A	1B		DCX D	
F18B	7B		MOV A,E	
F18C	B2		ORA D	
F18D	C2 70 F1		JNZ ZPR	
F190	CD 19 F1	ETX	CALL PRI	
F193	FE 03		CPI 03	
F195	C2 A0 F1		JNZ NAK1	
F198	3E 06		MVI A,06	
F19A	CD 07 F1		CALL VYS	
F19D	C3 A8 F1		JMP ZAB	
F1A0	3E 15	NAK1	MVI A,15	
F1A2	CD 07 F1		CALL VYS	
F1A5	C3 90 F1		JMP ETX	
F1A8	CD 19 F1	ZAB	CALL PRI	

Adresa	Kód	Návěští	Instrukce	Komentář
F1AB	CD 25 F1		CALL AH	
F1AE	07		RLC	
F1AF	07		RLC	
F1B0	07		RLC	
F1B1	07		RLC	
F1B2	E6 F0		ANI F0	
F1B4	47		MOV B,A	
F1B5	CD 19 F1		CALL PRI	
F1B8	CD 25 F1		CALL AH	
F1BB	E6 0F		ANI 0F	
F1BD	B0		ORA B	
F1BE	81		ADD C	
F1BF	C2 CA F1		JNZ NAK2	
F1C2	3E 06		MVI A,06	
F1C4	CD 07 F1		CALL VYS	
F1C7	C3 D2 F1		JMP EOT	
F1CA	3E 15	NAK2	MVI A,15	
F1CC	CD 07 F1		CALL VYS	
F1CF	C3 60 F1		JMP TEXT	
F1D2	CD 19 F1	EOT	CALL PRI	
F1D5	FE 04		CPI 04	
F1D7	C2 D2 F1		JNZ EOT	
F1DA	76		HLT	