

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická



Katedra řídicí techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Řízení modelů sítí PLC

Wypracoval: Jan Kučerka

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jan Bílek, Csc.

Katedra řídicí techniky

Školní rok: 2003/2004

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Jan Kučerka

Obor: Technická kybernetika

Název tématu: Řízení modelů sítí PLC

Zásady pro vypracování:

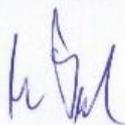
1. Navrhněte síť PLC včetně HW vizualizace.
2. Doplňte tuto síť dvěma vizualizačními SW na PC.
3. Aplikujte tuto síť na vhodný laboratorní model.

Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Bílek, CSc.

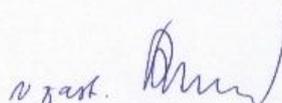
Datum zadání diplomové práce: listopad 2003

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2005



doc. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

L.S.



prof. Ing. Vladimír Kučera, DrSc.
děkan

V Praze dne 25.03.2004

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 24.1.2005

Jan Kučerka

Anotace

PLC automaty jsou dnes již nedílnou součástí řízení průmyslového procesu. Se složitostí úlohy řízení roste počet použitých automatů, které spolu musí spolupracovat a navzájem komunikovat. To lze umožnit pomocí sítě, ke které budou všechny automaty připojeny. Pomocí ní lze jak proces řídit, tak i pomocí připojených vizualizací kontrolovat. Tato diplomová práce se zabývá návrhem takovéto sítě. V práci je navržena a realizována síť PLC automatů od firmy TECO a.s., která je doplněna jak HW vizualizací pomocí operátorského panelu tak i dvěma SW vizualizacemi. Celá tato síť je aplikována na laboratorní model stacionárního a mobilního robota v učebně K 09.

Summary

Programmable Logical Controllers (PLC's) are a well established technology for process control. With growing complexity of process control, a need for cooperation of a number of PLC's arises. This cooperation can be organized upon a computer network which can be used also for PLC administration and process monitoring and visualization. This diploma thesis proposes a design of a PLC network. The network is designed and implemented to connect PLC's made by TECO a.s. The PLC's are complemented with an operator panel visualization and 2 visualization programs for a PC connected to the network. The network is applied to the control of laboratory models of stationary and mobile robots.

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Doc.Ing. J. Bílkovi, CSc. za cenné rady při zpracování této diplomové práce a za jeho vstřícný přístup k řešení problémů spojených s touto tematikou.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. L. Urbanovi z firmy Teco a.s. za poskytnuté odborné konzultace, Ing. B. Noskové, Mgr. J. Strachotovi, CSc. a Ing. L. Sedláčkovi za jejich věcné připomínky a rady během zpracování mé diplomové práce.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Distribuce řízení.....	10
3	Komunikace.....	12
3.1	Komunikační teorie	12
3.1.1	Obecné schéma komunikace.....	12
3.1.2	OSI model.....	13
3.2	Komunikační možnosti dostupného hardwaru.....	15
3.3	Vlastnosti sériových kanálů u PLC Tecomat.....	16
3.3.1	Rozhraní RS-232	16
3.3.2	Rozhraní RS-422	18
3.3.3	Rozhraní RS-485	20
3.4	Dostupná sériová rozhraní u PLC Tecomat	22
3.5	Možné režimy komunikace	28
3.5.1	Režim STM – Připojení periferních modulů	29
3.5.2	Režim PC – Komunikace s nadřazeným systémem.....	29
3.5.3	Režim PLC – Síť se sdílením dat	32
3.5.4	Režim MAS – Připojení sítě podřízených systémů (monomaster)	35
3.5.5	Režim MPC – Připojení sítě podřízených systémů (multimaster)	39
3.5.6	Režim UNI – Obecný uživatelský kanál.....	40
3.6	Nastavení sériového kanálu	44
4	Vizualizace	46
4.1	Hardwarová vizualizace	47
4.2	Reliance.....	50
4.3	InTouch	53
5	Návrh sítě PLC automatů	54
5.1	Navrhovaná řešení	54
5.1.1	Síť s využitím UNI režimu	54
5.1.2	Síť se zdvojenou sběrnici.....	55
5.1.3	Síť se sdílením dat.....	56
5.2	Řešení PLC sítě se sdílením dat.....	57
6	Závěr.....	62
7	Použitá literatura	64
8	Přílohy.....	65
A.	Celkové schéma ovládacích obrazovek u HW vizualizace	65
B.	Vizualizační okno pro stacionárního robota v programu Reliance	66
C.	Vizualizační okno pro mobilního robota v programu Reliance	67
D.	Vizualizační okno stavu sítě PLC v programu Reliance	68
E.	Obsah příloženého CD.....	69

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Síť automatů v režimu peer to peer	11
Obr. 2.2 Síť automatů v režimu master-slave	11
Obr. 3.1 Obecné schéma komunikace	12
Obr. 3.2 Aplikace obecného schématu komunikace na PLC TECOMAT	13
Obr. 3.3 Síťový model OSI	13
Obr. 3.4 Třídrátové propojení RS-232	16
Obr. 3.5 Pětivrátové propojení RS-232	17
Obr. 3.6 Třívodičové propojení rozhraní RS-232 CH2 PLC řady TC500	18
Obr. 3.7 Provedení nevětvené linky RS-422	18
Obr. 3.8 Propojení rozhraní RS-422 CH1 PLC řady TC600	20
Obr. 3.9 Provedení nevětvené linky RS485	20
Obr. 3.10 Propojení dvou rozhraní RS-485 CH1 PLC řady TC600	22
Obr. 3.11 Příklad piggybacků u PLC TECOMAT	22
Obr. 3.12 Blokové schéma piggybacku MR-02	23
Obr. 3.13 Blokové schéma piggybacku MR-17	23
Obr. 3.14 Blokové schéma Piggybacku MR-04, MR-09 CH1	24
Obr. 3.15 Rozmístění svorek u XL-41 a zapojení do sítě systémů	24
Obr. 3.16 Vnitřní propojení rozbočovače XL-41	25
Obr. 3.17 Převodník SLC72.46	25
Obr. 3.18 Převodník SLC72.46 s modulem PG485GS, řízení vysílače RTS	27
Obr. 3.19 Převodník SLC72.46 s modulem PG485GS, řízení vysílače od TxD	27
Obr. 3.20 Zakončení linky RS-485 u SLC 72.46 pro různé komunikační rychlosti	28
Obr. 3.21 Možné varianty sítě PLC TECOMAT v režimu PC	30
Obr. 3.22 Propojení systémů v síti (režim PLC)	33
Obr. 3.23 Grafické znázornění výměny dat mezi systémy v režimu PLC	33
Obr. 3.24 Propojení systému sběrnou sítí v režimu MAS-PC	36
Obr. 3.25 Grafické znázornění výměny dat mezi nadřazeným systémem v režimu MAS a podřazeným systémem v režimu PC	37
Obr. 3.26 Propojení systémů sítí v režimu MPC	40
Obr. 4.1 Pyramidová hierarchie systému IaRS	46
Obr. 4.2 Uspořádání ovládacího panelu PLC řady TC500	48
Obr. 4.3 Funkční blok obrazovek klávesy F1	48
Obr. 4.4 Funkční blok obrazovek klávesy F2	48
Obr. 4.5 Funkční blok obrazovek klávesy F3	49
Obr. 4.6 Funkční blok obrazovek klávesy F4 v automatickém režimu	49
Obr. 4.7 Funkční blok obrazovek klávesy F4 v manuálním režimu	49
Obr. 4.8 Dialog Reliance pro nastavení komunikace s TC-503	50
Obr. 4.9 Rozmístění řídicích a stavových slov v předávací zóně pro Vizualizace	51
Obr. 4.10 Dialog centrálního řízení v prostředí Reliance	51
Obr. 4.11 Část ovládacího panelu pro manuální režim v prostředí Reliance	52
Obr. 4.12 Blokové schéma manuálního řízení jedné souřadnice pomocí Vizualizace	52
Obr. 4.13 Konfigurace přístupového bodu DDE v prostředí InTouch	53
Obr. 5.1 Schéma sítě PLC s využitím režimu UNI	54
Obr. 5.2 Schéma sítě PLC se zdvojenou sběrnici	55

Obr. 5.3 Schéma sítě PLC se sdílením dat.....	56
Obr. 5.4 Propojení automatů v režimu PLC	57
Obr. 5.5 Vytvoření sítě PLC v prostředí Mosaic.....	58
Obr. 5.6 Definice nastavení sítě PLC v prostředí Mosaic	58
Obr. 5.7 Konkrétní rozmístění předávacích zón v síti PLC.....	58

Seznam tabulek

Tab. 3.1 Parametry rozhraní RS-232 PLC řady TC500 a TC600	16
Tab. 3.2 Signály rozhraní RS-232 CH1 PLC řady TC500 a TC600.....	17
Tab. 3.3 Signály rozhraní RS-232 CH2 PLC řady TC500	17
Tab. 3.4 Signály vazebního obvodu piggybacku MR-02 CH2	18
Tab. 3.5 Parametry rozhraní RS-422 PLC řady TC600.....	19
Tab. 3.6 Vyvedení vazebních obvodů piggybacku MR-17 CH1	19
Tab. 3.7 Parametry rozhraní RS-485 PLC řady TC500 a TC600	21
Tab. 3.8 Vyvedení vazebních obvodů piggybacků MR-04, MR-09 CH1	21
Tab. 3.9 Technické parametry rozhraní RS-485 u převodníku SLC 72.46	26
Tab. 3.10 Zapojení svorek pro rozhraní RS-485 u SLC 72.46.....	26
Tab. 3.11 Průměrné prodloužení cyklu uživatelského programu v závislosti na komunikační rychlosti sériového kanálu	30
Tab. 3.12 Minimální prodleva odpovědi při nastavené 0	31
Tab. 3.13 Maximální počet přenášených dat od jednoho účastníka v závislosti na celkovém počtu účastníků v režimu PLC.....	34
Tab. 3.14 Maximální počet přenášených dat od jednoho účastníka v závislosti na celkovém počtu účastníků v režimu MAS	36
Tab. 3.15 Nastavitelné parametry CPU (v pořadí zleva doprava a po řádcích).....	44
Tab. 3.16 Seznam dostupných přenosových rychlostí CH1, CH2 a CH3 v různých režimech	44
Tab. 4.1 Parametry ovládacího panelu PLC řady TC500	47
Tab. 5.1 Význam řídicích bitů u souřadnicového ovládnání	59

1 Úvod

Míra využití řídicích systémů v průmyslovém odvětví neustále narůstá. Současně s tím narůstá i počet řídicích automatů, které jsou určeny právě k řízení technologického procesu. Hlavními představiteli těchto řídicích obvodů jsou tzv. PLC automaty.

PLC je zkratka pro programovatelný logický automat. Jedná se o zařízení speciálně určené pro řídicí a regulační techniku. V podstatě je to mikroprocesorem osazený systém obvykle umožňující rozšíření o další moduly (např. moduly digitálních vstupů/výstupů, A/D a D/A převodník, moduly pro průmyslové sběrnice atd.). Ve většině případů lze tyto automaty programovat pomocí tří základních programovacích jazyků: IL (instruction list – obdoba assembleru), ST (structured text – obdoba jazyku Pascal) a tzv. žebříčkových diagramů. Instrukční soubor je velmi jednoduchý se zaměřením na regulaci a řízení.

A právě s rostoucím počtem těchto automatů pracujících na jedné úloze, či ovládání určitého celku, vzrostl význam distribuovaného řízení a sběru dat. Abychom mohli takové distribuované řízení použít, musí být PLC automaty napojené na síť, pomocí které se dají přenášet data i příkazy mezi jednotlivými automaty a příslušnou centrální jednotkou. To také umožňuje použít grafické rozhraní ke sledování a řízení průmyslového procesu. Takovému to rozhraní se říká vizualizace.

Cílem této diplomové práce je navrhnout jednoduchou síť PLC automatů určenou k ovládání modelů stacionárního a mobilního robota, které jsou umístěné v laboratoři K 09 a doplnit úlohu jednou HW a dvěma SW vizualizacemi. K řízení modelů budou použity tři PLC automaty od firmy TECO a.s.

V práci jsou naznačeny dostupné komunikační možnosti použitých PLC automatů (*kap.3*), požadavky na provedení HW i SW vizualizace (*kap.4*) a na základě těchto požadavků je navržena síť PLC automatů (*kap.5*) splňující zadání úlohy.

2 Distribuce řízení

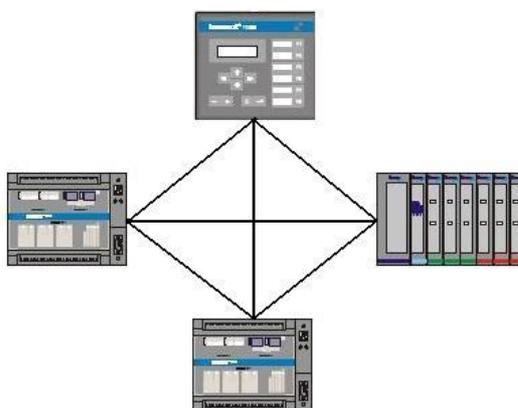
Distribucí, neboli rozdělením řízení, je v oboru automatického řízení míněno rozdělení úlohy na menší části, které nejsou ovládány centrálně, ale lokálně příslušným řídicím systémem. Takovýto celek, sestavený z menších lokálních podcelků, se nazývá: distribuovaný řídicí systém. Uvažujeme-li distribuovaný řídicí systém s použitím programovatelných automatů, bude to často systém s větším množstvím menších PLC, která budou řídit jednotlivé části technologie. Oproti tomu centrálně řízený systém by pravděpodobně používal k řízení jeden PLC s desítkami až stovkami vstupů a výstupů. Varianta centrálního řízení je nejen nákladnější, ale vznikají zde i rizika spojená s možností výpadku celého systému z důvodu chyby v centrální jednotce. Zásah do programu centrálního systému je také značně komplikovaný, neboť se jedná o jeden automat a tudíž i jeden program pro celý systém. Úspora kabeláže v distribuovaném řídicím systému je na první pohled zřejmá. Svazek vodičů vedoucí od místního PLC k akční části je nepoměrně větší ve srovnání s jedním kabelem pro sériový komunikační kanál mezi jednotlivými PLC. Navíc je při použití vhodného sběrnicevého systému možné na jeden komunikační kanál připojit i různá další zařízení jako jsou inteligentní senzory nebo čtečky, které budou předávat data celému systému.

Distribuci systému je nejsnazší a nejobvyklejší realizovat podle hlediska topografického uspořádání technologie, ale v zásadě mohou být hlediska distribuce zcela obecná (logické souvislosti, nebo jiné realizační či komunikační společné znaky, podle kterých je možné systém dělit). Dále se budu věnovat prvnímu případu, tedy distribuci řízení podle pracovišť. Zde je nejjednodušším modelem jednorozměrný systém, tedy například výrobní linka, kde jsou jednotlivá pracoviště umístěna za sebou a pohyb opracovávaných součástí je jednoznačně daný. Časový rozvrh je v tomto případě zcela v rukou technologa a řídicí systém pracuje pouze s bitovou proměnnou pro předávání součástí. Stav (pozice) součásti je jednoznačně určen jejím umístěním na lince. Výroba se může zefektivnit zavedením pracovišť s určitým stupněm univerzálnosti, která mohou vykonávat více činností. To však vede ke komplikovanosti řízení. Tato situace si přímo vynucuje zavedení řízení sestavování procesů tak, aby byla výroba maximálně efektivní a ekonomická v původním smyslu - tedy úsporná. Z toho vyplývá jednoznačný požadavek na řídicí systém: minimální prostoje strojů a minimální kumulace výrobků v průběhu výroby.

Celá situace se ještě více zkomplikuje, budeme-li uvažovat výrobu většího množství součástí. Možnosti řešení této situace jsou dvě. První možnost je sestavit pevný systém skládání jednotlivých procesů, který se bude neustále opakovat. Je to řešení z hlediska programování jednoduché, avšak za cenu malé flexibility. Navíc, je-li v systému větší množství pracovišť nebo výrobků (složitost je úměrná jejich součinu), je zcela nemožné vytvořit časový rozvrh ručně a je zapotřebí výpočetní techniky. Tyto výsledky pak následně zadat řídicí jednotce. Druhá varianta je neustále běžící optimalizační program, který vždy vyhodnocuje jaká zařízení jsou aktuálně v provozu, aby je mohl využít, kolik výrobků se kde nalézají, jakým způsobem se průběžně mění výrobní časy, atd.

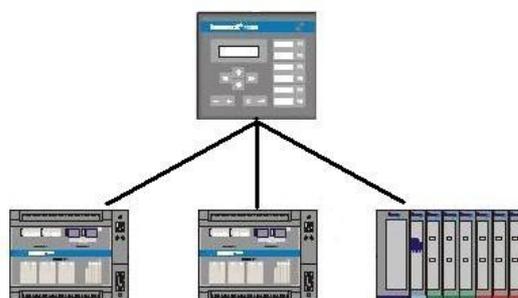
Každá stanice provádí koordinaci samostatně s tím, že poskytuje informace o svém stavu a svých výpočtech ostatním stanicím. Ty na tomto základě provádějí své výpočty. Výsledky výpočtů porovnávají všechny stanice a pokud se neshodnou, je to jednoznačně příznak chyby. Ta je ve většině případů odhalitelná, neboť vznikla jen na jedné stanici. Vyskytuje-li se neshoda

výsledků rovnoměrně náhodně rozložena na všech stanicích, je to příznak chyby komunikace. Druhou možností je neduplikovat výpočty na všech automatech, ale řídicí algoritmus sestavit tak, aby každé PLC vykonávalo svou část synchronizačního programu. Je to řešení ekonomicky hospodářící s hardwarem, avšak za cenu menší bezpečnosti systému. Jelikož některá data mohou být o jednu, popřípadě více otoček cyklu opožděná, je nutné tento stav označit jako chybný až po nějaké době, která je z hlediska uživatele zanedbatelná, ale z hlediska programu dostatečně veliká na to, aby proběhl celý výpočet. Trvá-li chybový stav i po této době, je nutné jej akceptovat. V opačném případě se jedná pouze o krátkodobý stav při změně stavu systému zapříčiněný zpožděním při komunikaci či otočce cyklu. Tomuto schématu distribuce nejvíce vyhovuje komunikace v režimu „PLC“ -sít' se sdílením dat (kapitola 3.5.3). V oboru lokálních počítačových sítí IEEE 802.3 (ethernet) je způsob této komunikace nazýván peer to peer, obr.2.1.



Obr. 2.1 Sít' automatů v režimu peer to peer

Jinou možností je ponechat řízení jednotlivých pracovišť, jako v předchozím případě, místním řídicím jednotkám, ale synchronizaci celého systému realizovat jedním centrálním automatem. Tomuto schématu distribuce nejvíce vyhovuje komunikace programovatelných automatů PLC Tecomat v režimu „MAS-PC“ - komunikace způsobem nadřízený a podřízený (kapitola 3.5.4), obvykle nazývaná master-slave. Tento systém má výhodu v tom, že uvolňuje program místních automatů od řízení komunikačních a synchronizačních činností. Master může vykonávat i jinou činnost než pouhou synchronizaci všech pracovišť, ale je-li celý systém dostatečně veliký, bylo by nevhodné zatěžovat synchronizační jednotku malými místními úkoly. Nevýhodou je, že v případě výpadku mastera dochází k totálnímu kolapsu komunikace. Systém master-slave je na obr. 2.2.



Obr. 2.2 Sít' automatů v režimu master-slave

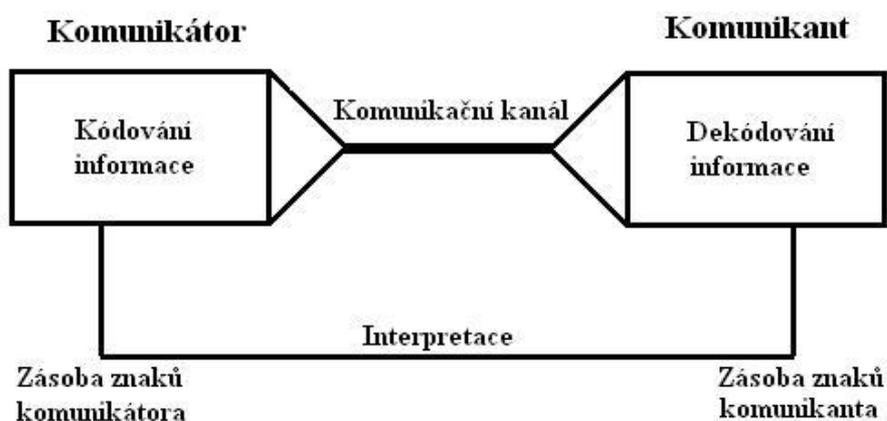
3 Komunikace

Komunikace je činnost zabývající se předáním informace mezi vysílačem (komunikátorem) a přijímačem (komunikantem) dat. Komunikace probíhá na více úrovních. Přenos bitové informace je jednoduchý a nepotřebuje žádné kódování. Přenos většího počtu dat již vyžaduje složitější kódování a rozdělení celé komunikace do několika vrstev.

3.1 Komunikační teorie

3.1.1 Obecné schéma komunikace

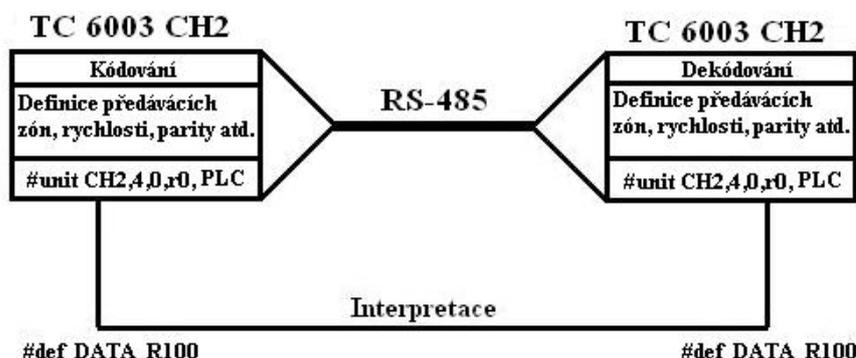
Obecné schéma komunikace vyjadřuje skutečnost, že si komunikátor a komunikant předávají informace (sdělení), k čemuž používají komunikační kanál, obr.3.1. Komunikátor zakóduje předávanou zprávu a předá ji komunikantovi, který ji dekóduje. K zakódování a dekódování zprávy použije komunikátor i komunikant svou zásobu znaků. Tato zásoba znaků je v ideálním případě totožná u komunikátora i komunikanta, ale tohoto ideálního stavu není vždy dosaženo.



Obr. 3.1 Obecné schéma komunikace

Tato teorie je aplikovatelná na kteroukoliv komunikaci a v oboru komunikace programovatelných automatů Tecomat na všechny úrovně komunikace. Zakódování a dekódování přijaté a vyslané zprávy v tomto modelu komunikace znázorňuje přiřazení registru s předávanými hodnotami do zápisníkové oblasti určené k předání. Zásoba znaků komunikátora vyjadřuje přiřazení symbolických jmen těmto registrům a jejich správné pochopení. Aplikace obecného modelu pro případ komunikace mezi PLC TECOMATy ukazuje obr.3.2.

Interpretace komunikace je průnik, v ideálním případě totožnost množin přiřazení symbolických jmen odpovídajícím registrům ze správné předávací zóny.



Obr. 3.2 Aplikace obecného schématu komunikace na PLC TECOMAT

3.1.2 OSI model

Základní doporučení pro vzájemnou komunikaci mezi uzly distribuovaných systémů vydala organizace ISO (*International Standards Organization*) a označila jako OSI (*Open System Interconnection*). Komunikační protokoly jsou členěny do sedmi vrstev, z nichž každá plní specifické funkce. Grafické znázornění je zřejmé z obr. 3.3. Toto doporučení je zcela obecné a vychází z něj velké množství standardů jednotlivých distribuovaných systémů, ať se již jedná o počítačové sítě LAN i WAN nebo průmyslové distribuované systémy s fieldbusy.

Jedny z prvních konkrétních standardů počítačových sítí LAN byly definovány doporučením IEEE 802. Toto doporučení v obecné podobě určuje způsob komunikace mezi stanicemi od úrovně fyzického připojení až po způsob předávání rámců (přenosových protokolů) v síti.



Obr. 3.3 Síťový model OSI

Fyzická vrstva (*physical layer*) definuje přenosové medium (optické vlákno, koaxiální kabel, kroucenou dvoulinku, bezdrátové přenosy apod.), připojovací konektory, elektrické úrovně včetně kanálového kódování a modulace a také topologii sítě.

Linková vrstva (*link layer*) definuje způsob předávání zpráv v síti. Funkce protokolu linkové vrstvy se obvykle dělí do dvou podvrstev - LLC (*Logical Link Control*) a MAC (*Medium Access Control*). Zprávy jsou přenášeny ve formě dat v rámcích definovaných podvrstvou LLC. Rámec vzniká doplněním dat o záhlaví, adresaci a zabezpečení detekčním kódem. Opravné kódy se vzhledem k náročnosti na přenos redundantních dat většinou nepoužívají a data jsou zabezpečena pouze detekčními (obvykle) cyklickými kódy. Podvrstva MAC slouží k řízení

přístupu jednotlivých uzlů k médiu, její význam je zásadní v systémech s časovým sdílením komunikačního kanálu.

Síťová vrstva (*network layer*) definuje způsob, jakým se pakety pohybují v síti a mezi sítěmi, její základní úlohou je tedy směrování. U mnohobodové decentralizované sítě musíme určit způsob předávání paketu řetězem stanic umístěných mezi koncovými uživateli. Těmito stanicím, které propojují jednotlivé linky, říkáme obecně přepojovací uzly. Podle způsobu přepojování, jakým síť zajišťuje směrování dat, rozlišujeme síť pracující na principu:

1) *Přepojování okruhů*: Přepojování okruhů (*circuit switching*) je obdoba fungování telefonní sítě, kdy je pro spojení koncových účastníků vyhrazen komunikační kanál. Jednotlivé přepojovací uzly propojují linky tak, aby konečným výsledkem bylo vzájemné spojení koncových účastníků po dvoubodovém spoji. Nejprve je tedy vybudován komunikační kanál, kterým následovně proudí data.

2) *Přepojování paketů*: Přepojování paketů (*packet switching*) je analogií fungování pošty. Jednotlivá data jsou zabalena do obálek (paketů), které jsou opatřeny adresou. Při průchodu sítí (přepojovací uzel « poštovní úřad) jsou pak na základě adresy jednotlivé pakety směrovány k cíli. V rozlehlých sítích se mohou pakety soustřeďovat v uzlech a síťová vrstva směřuje a řídí jejich tok (metoda označovaná *store & forward*). Přepojovací uzly se snaží nalézt pro komunikaci uživatelů sítě co nejvýhodnější cesty, a to i na základě dynamicky vyhodnocovaných parametrů (např. zátěže jednotlivých kanálů). Nevýhodou je nezachovávání pořadí příchozích paketů, což může způsobovat nejrůznější problémy.

Transportní vrstva (*transport layer*) zajišťuje přizpůsobení možností nižších vrstev požadavkům vrstev vyšších, tj. vytváření dočasných komunikačních spojení mezi uzly distribuovaného systému, rozklad zpráv do paketů a jejich opětné složení na přijímací straně (a ve správném pořadí), zajištění spolehlivosti přenosu atd.

Relační vrstva (*session layer*) zajišťuje vytvoření, řízení a rušení relací mezi komunikujícími uzly, což může zahrnovat také autorizaci uživatele, evidenci provozu, účtování poplatků (*billing*) za provoz na síti, šifrování, transakční zpracování apod.

Prezentační vrstva (*presentation layer*) transformuje data do formy vhodné pro přenos, provádí převody kódů a formátů dat pro nekompatibilní uzly sítě. Příkladem může být změna pořadí přenosu bajtů vícebajtových proměnných (malý a velký endián) nebo překódování textů (ASCII↔EBDIC).

Aplikační vrstva (*application layer*) je podle původní představy oblastí aplikačních programů, které se v síti využívají. Vzhledem k počtu a variabilitě aplikací je součástí aplikačních protokolů obvykle pouze jakési společné jádro a většina aplikačního kódu se nachází nad aplikační vrstvou v oblasti, která je běžně nazývána *uživatelskou vrstvou* (*user layer*, i když OSI standard tento pojem nezná).

Uživatelsky je nejdůležitější vrstva aplikační, neboť v této vrstvě se pohybuje uživatel při používání sítě. Nejen, že tato vrstva zajišťuje předávání dat, ale je touto vrstvou i řízena. V režimu PLC je přes aplikační vrstvu řízeno přiřazení sériového kanálu předávacím zápisníkovým adresám. Podobně je tomu i v režimu MAS a MPC. V režimu komunikace PC je aplikační vrstva využívána ke komunikaci s nadřazeným systémem, ale je zcela uzavřena uživatelským zásahům. Úplným opakem toho je režim *uni*, který dovoluje definovat a řídit síť přes vrstvy modelu pomocí direktivy `#unit`.

3.2 Komunikační možnosti dostupného hardwaru

PLC Tecomat používají k převodu TTL signálů interních obvodů CPU na hodnoty standardních komunikačních rozhraní takzvané piggybacky. Jedná se o výměnné obvody umístěné v PLC, které realizují převod TTL signálů na RS-232, RS-485, atd. Je-li sériový kanál označen jako „volitelný“, znamená to, že je osaditelný piggybackem dle vlastního výběru. Piggybacky zajišťují nejen převod pro sériové kanály, ale také pro ostatní vstupy a výstupy PLC.

1. Dostupná sériová rozhraní

- I. RS-232
- II. RS-485
- III. RS-422
- IV. 20mA proudová smyčka

2. Sériové kanály PLC Tecomat

Sériový komunikační kanál 1 (CH1) je určen pro připojení PLC k nadřazenému systému. Nadřazený systém představuje nejčastěji počítač třídy PC ve funkci programovacího zařízení, vizualizační stanice nebo řídicího zařízení sítě PLC. Obsahuje kompletní soubor služeb sítě EPSNET.

Sériový komunikační kanál 2,3 (CH2,CH3) slouží především k připojení inteligentních periférií se sériovým vstupem nebo výstupem dat a vzájemnému propojení PLC.

I. řada TC-500, resp. TC-503

CH1 - RS-232
- RS-485

CH2 - RS-232

II. řada TC-600, resp. TC-603

CH1 - RS-232
- RS-422
- RS-485

CH2 - Volitelný

CH3 - Volitelný

3. Dostupné režimy komunikace

- I. Režim STM - Připojení rozšiřujícího modulu
- II. Režim PC - Komunikace s nadřazeným systémem (PC, Vizualizace atd.)
- III. Režim PLC - Sdílení dat mezi PLC
- IV. Režim MAS - Sběr dat z podřízeného systému jedním masterem
- V. Režim MPC - Sběr dat z podřízeného systému více mastery
- VI. Režim UNI - Obecný uživatelský kanál - nastavitelný softwarově (IRC, modbus, frekvenční měnič, atd.)

3.3 Vlastnosti sériových kanálů u PLC Tecomat

3.3.1 Rozhraní RS-232

RS-232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Komunikační rozhraní RS-232 používá kromě datových signálů RxD a TxD také signály pro řízení toku dat, což ovšem neznamená, že je všechna zařízení používají. Rozhraní RS-485 a RS-422 tyto signály pro řízení toku dat nemají, a proto je nutné je nahradit komunikačním protokolem. Nevýhodou linky RS-232 je omezená komunikační vzdálenost a nemožnost jejího větvení. I to je důvod, proč je v průmyslových podmínkách nahrazována RS-485. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím než je standardních 5 V. Skutečné parametry rozhraní RS-232 použité u PLC Tecomat jsou uvedeny v tab. 3.1.

Tab. 3.1 Parametry rozhraní RS-232 PLC řady TC500 a TC600

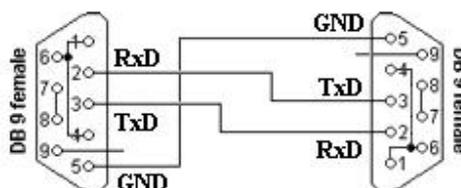
Přenosová rychlost	max. 230,4kBd ¹⁾
Délka kabelu	max. 15m ²⁾
Napětí výstupu TxD, RTS při úrovni 1	typ. -8V proti GND ($R_z = 5k\Omega$)
Napětí výstupu TxD, RTS při úrovni 0	typ. 8V proti GND ($R_z = 5k\Omega$)
Napětí výstupu RxD, CTS při úrovni 1	min. -3V proti GND max. -25V proti GND
Napětí výstupu RxD, CTS při úrovni 0	min. 3V proti GND max. 25V proti GND
Impedance vstupů RxD, CTS	5k Ω

¹⁾ Maximální přenosová rychlost je limitována maximální povolenou přenosovou rychlostí nastaveného režimu komunikačního kanálu.

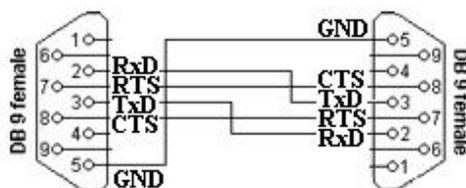
²⁾ Maximální délka kabelu může být použita pouze pro přenosové rychlosti do 19,6 kBd

Možnost propojení dvou rozhraní RS-232

Nejjednodušší je navzájem propojit země a TxD a RxD zapojit křížem, obr 3.4. Toto zapojení je možné v případě, že komunikující systémy nevyžadují řídicí signály RTS a CTS. V pětivodičovém provedení jsou signály RTS a CTS navzájem propojeny, obr 3.5.



Obr. 3.4 Třídrátové propojení RS-232



Obr. 3.5 Pětidrátové propojení RS-232

Zapojení rozhraní RS-232 u CH1

Rozhraní RS-232 CH1 je určeno především k připojení počítače třídy PC ve funkci programovacího zařízení. Vazební obvody rozhraní jsou vyvedeny na 9-ti pólovou zásuvku D-Sub (CONNECTOR L), označenou SERIAL CHANEL 1/RS-232. Propojení se provádí standardním sériovým kabelem, zakončeným na straně PC 9-ti pólovou zásuvkou D-Sub. Zapojení jednotlivých vývodů je v následující tabulce, tab. 3.2.

Tab. 3.2 Signály rozhraní RS-232 CH1 PLC řady TC500 a TC600

Vývod	Signál	Typ signálu	Užití
L2	RxD	Vstup	Datový signál
L3	TxD	Výstup	Datový signál
L5	GND	Signálová zem	
L7	RTS	Výstup	Řídicí signál ¹⁾
L8	CTS	Vstup	Řídicí signál ¹⁾
L9	232DIS	Vstup	Přepínač rozhraní CH1 ²⁾

¹⁾ Klidová úroveň signálu odpovídá hodnotě logická 1.

²⁾ Při zhotovování vlastního kabelu je třeba signál 232DIS propojit s GND

Zapojení rozhraní RS-232 u CH2

Rozhraní RS-232 u druhého kanálu (CH2) je vyvedeno na svorky N1-N5(6) svorkovnice v poli SERIÁL CHANEL 2. U PLC řady TC-500 je CH2 pevně osazen rozhraním RS-232 a příslušné zapojení vývodu ukazuje tab.3.3. U řady TC-600 je rozhraní CH2 volitelné. Vazební obvod realizující rozhraní RS-232 je označen jako piggyback MR-02. Zapojení vývodů piggybacku je uvedeno v tab. 3.4.

Tab. 3.3 Signály rozhraní RS-232 CH2 PLC řady TC500

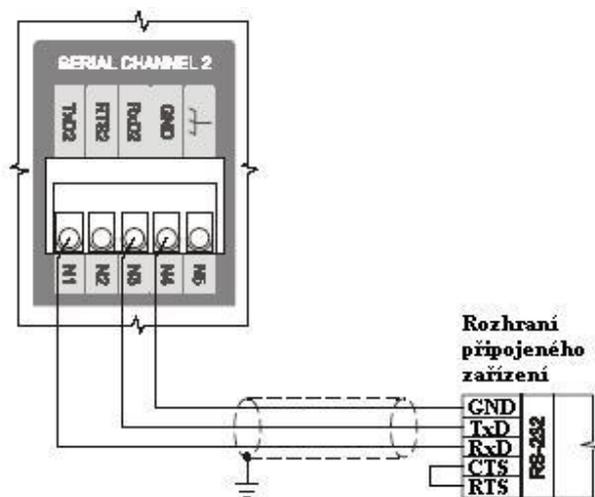
Vývod	Signál	Typ signálu	Užití
N1	TxD2	Výstup PLC	Datový signál
N2	RTS2	Výstup PLC	Řídicí signál
N3	RxD2	Vstup PLC	Datový signál
N4	GND	Signálová zem	
N5		Kostra	Připojení stínění

Tab. 3.4 Signály vazebního obvodu piggybacku MR-02 CH2

Vývod	Signál	Typ signálu	Užití
N1		Kostra	Připojení stínění
N2	CTS	Vstup	Řídicí signál ¹⁾
N3	RTS	Výstup	Řídicí signál ¹⁾
N4	TxD	Výstup	Datový signál
N5	RxD	Vstup	Datový signál
N6	GND	Signálová zem	

¹⁾ Klidová úroveň signálu odpovídá hodnotě logická 1.

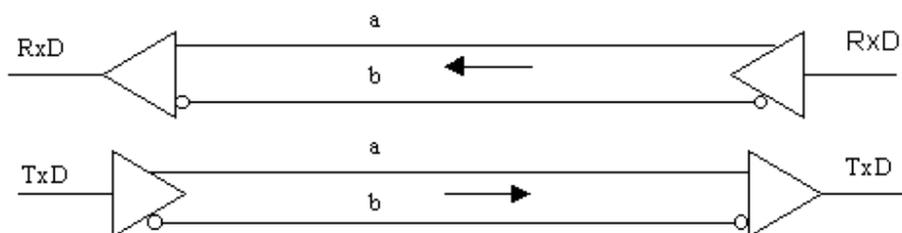
Propojení se provádí stíněným kabelem. Stínění vnějšího i vnitřního kabelu se spojuje s uzemněnou kostrou rozváděče na vstupu do rozváděče. Na straně PLC řady TC500 není u CH2 detekce signálu CTS možná. V takovém případě použijeme třívodičové vedení, uvedené na obr. 3.6. Obrázek ukazuje vytvoření smyčky RTS-CTS na straně připojeného zařízení.



Obr. 3.6 Třívodičové propojení rozhraní RS-232 CH2 PLC řady TC500

3.3.2 Rozhraní RS-422

RS-422 je elektrotechnický standard definovaný specifikací V.11 (X.27, EIA RS-422). Je možné jej použít i při větším elektromagnetickém rušení a na větší vzdálenosti (maximálně 1200 m). Pracuje v plně duplexním režimu a ačkoliv se jedná o spojení dvoubodové, je možné jej větvit. Provedení linky RS-422 je na obrázku, obr.3.7. Jak je z obrázku vidět, linka přenáší pouze data a nepoužívá žádné řídicí signály.



Obr. 3.7 Provedení nevětvené linky RS-422

Parametry symetrických vazebních obvodů rozhraní RS-422 Tecomat umožňují dvoubodové spojení koncových zařízení v duplexním režimu. Je vhodné pro spojení na střední vzdálenosti v prostředí s vyšší úrovní elektromagnetického rušení.

Rozhraní RS-422 je dostupné pouze u PLC řady TC 600 a to u všech sériových kanálů (CH1, CH2, CH3). Vazební obvody používají ke komunikaci pouze signály TxD a RxD standardního rozhraní RS-422. Parametry rozhraní RS-422 jsou uvedeny v tabulce, tab. 3.5.

Tab. 3.5 Parametry rozhraní RS-422 PLC řady TC600

Přenosová rychlost	max. 230,4kBd ¹⁾
Délka kabelu	max. 1200m ²⁾
Citlivost diferenciálního vstupu RxD, RxD-	± 200mV
Vstupní odpor diferenciálního vstupu RxD, RxD-	min. 12 kΩ
Napětí diferenciálního vstupu RxD, RxD- pro úroveň 1	min. 0,2 V, max.12 V
Napětí diferenciálního vstupu RxD, RxD- pro úroveň 0	min. -0,2 V, max.-7 V
Napětí diferenciálního výstupu TxD, TxD- pro úroveň 1	max. 5 V (I _o =0), 2,3 V (R _z = 100Ω)
Napětí diferenciálního výstupu TxD, TxD- pro úroveň 0	max. -5 V (I _o =0), -2,3 V (R _z = 100Ω)
Rozdíl hodnoty výstupního napětí při úrovních 0 a 1	max. ± 0,2V
Výstupní proud	max. ± 60mA

¹⁾ Maximální přenosová rychlost je limitována maximální povolenou přenosovou rychlostí nastaveného režimu komunikačního kanálu.

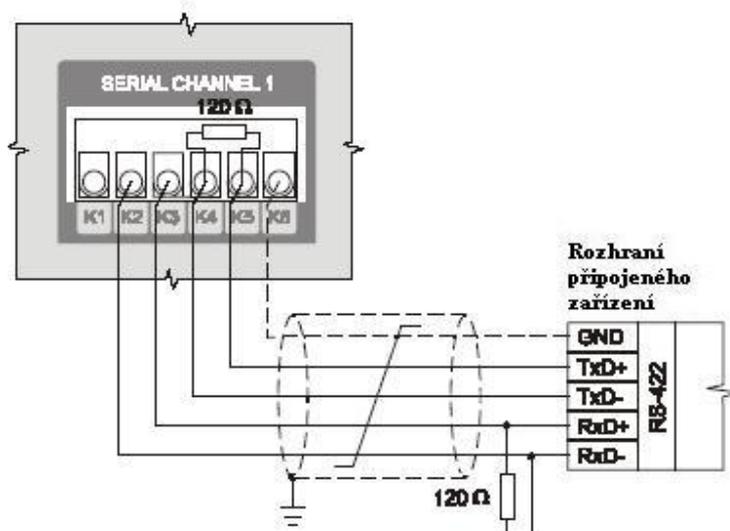
²⁾ Maximální délka kabelu může být použita pouze pro přenosové rychlosti do 76,8 kBd. Maximální přenosová rychlost může být použita při délce kabelu menší než 300m.

Vazební obvody rozhraní RS-422 CH1 jsou vyvedeny na svorky K1 až K6 svorkovnice v poli SERIAL CHANNEL 1. Zapojení vývodů piggybacku MR-17 CH1 je v tabulce, tab. 3.6. Pro kanál CH2 je použit stejný vazební obvod piggyback MR-17 který je vyveden na svorky N1 až N6 svorkovnice v poli SERIAL CHANNEL 2. Zapojení vývodů rozhraní je shodné s kanálem CH1.

Tab. 3.6 Vyvedení vazebních obvodů piggybacku MR-17 CH1

Vývod	Signál	Typ signálu	Užití
K1		Kostra	Připojení stínění
K2	TxD-	Výstup	Datový signál
K3	TxD+	Výstup	Datový signál
K4	RxD-	Vstup	Datový signál
K5	RxD+	Vstup	Datový signál
K6	GND	Signálová zem	

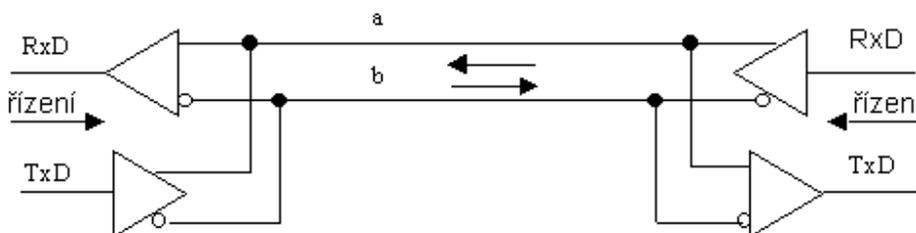
Propojení se provádí dvěma páry stíněných kroucených vodičů. Stínění vnějšího i vnitřního kabelu se spojuje s uzemněnou kostrou rozváděče na vstupu do rozváděče. Obecně platí, že pro vyšší rychlost a větší délky kabelů je třeba větší průřez vodičů. Pro snížení odrazu se vedení impedančně přizpůsobuje zakončovacími rezistory na straně přijímačů. V některých případech je nutné propojit signálové země k vyrovnání potenciálů. Na obr. 3.8 je schematicky znázorněno propojení dvou rozhraní RS-422.



Obr. 3.8 Propojení rozhraní RS-422 CH1 PLC řady TC600

3.3.3 Rozhraní RS-485

RS-485 je elektrotechnický standard definovaný specifikací V.11 (X.27, EIA RS-485). Je možné jej použít i při větším elektromagnetickém rušení a na větší vzdálenosti (maximálně 1200 m). Významnou výhodou je, že na linku RS-485 je možné připojit více stanic. Jelikož linka RS-485 na rozdíl od RS-232 používá diferenciální vstupy a výstupy, je nejvhodnější ji realizovat kroucenou dvoulinkou (Twisted Pair). Základní provedení linky RS-485 je na obrázku, obr.3.9.



Obr. 3.9 Provedení nevětvené linky RS485

Není-li k dispozici kroucená dvoulinka, bylo by dobře alespoň zajistit, aby se do obou žil indukovalo rušivé napětí stejně. PLC řady TC500 a TC 600 využívají ke komunikaci vazební obvody signálů TxD a RxD rozhraní RS-485. Nevýhodou oproti RS-232 je nutnost přepínat směr komunikace (half duplex). To výrobce Tecomatů řeší použitím signálu RTS, který linka RS-485 nepoužívá a interně ho využívá k řízení aktivace vysílače. Bylo by také možné používat automatické přepínání směru komunikace, ale s rizikem kolapsu při přijetí dat v okamžiku, kdy systém vysílá. Parametry rozhraní RS-485 jsou uvedeny v tabulce, tab. 3.7.

Tab. 3.7 Parametry rozhraní RS-485 PLC řady TC500 a TC600

Přenosová rychlost	max. 230,4kBd ¹⁾
Délka kabelu	max. 1200m ²⁾
Citlivost diferenciálního vstupu RxD+, RxD-	± 200mV
Vstupní odpor diferenciálního vstupu RxD+, RxD-	min. 12 kΩ
Napětí diferenciálního vstupu RxD+, RxD- pro úroveň 1	min. 0,2 V, max.12 V
Napětí diferenciálního vstupu RxD+, RxD- pro úroveň 0	min. -0,2 V, max.-7 V
Napětí diferenciálního výstupu TxD+, TxD- pro úroveň 1	max. 5 V (I _o =0), 1,5 V (R _z = 75Ω)
Napětí diferenciálního výstupu TxD+, TxD- pro úroveň 0	max. -5 V (I _o =0), -1,5 V (R _z = 75Ω)
Rozdíl hodnoty výstupního napětí při úrovních 0 a 1	max. ± 0,2V
Výstupní proud	max. ± 250mA

¹⁾ Maximální přenosová rychlost je limitována maximální povolenou přenosovou rychlostí nastaveného režimu komunikačního kanálu.

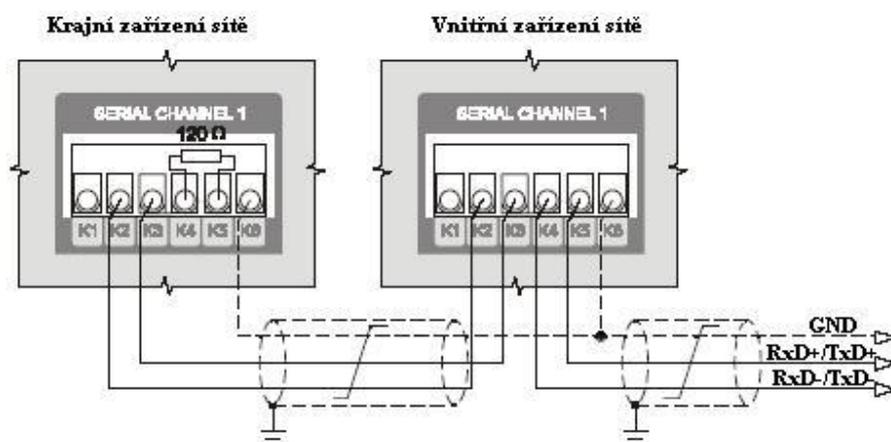
²⁾ Maximální délka kabelu může být použita pouze pro přenosové rychlosti do 76,8 kBd. Maximální přenosová rychlost může být použita při délce kabelu menší než 300 m.

Vazební obvody rozhraní RS-485 jsou realizovány pomocí piggybacků MR-09 pro CH1 a MR-04 pro ostatní kanály. Výstupy z vazebního obvodu MR-09 CH1 jsou vyvedeny na svorky K1 až K6 svorkovnice v poli SERIAL CHANNEL 1. Jejich rozmístění je uvedeno v tab.3.8. V případě kanálu CH2 je zapojení výstupů shodné s kanálem CH1, pouze svorky jsou označeny N1 až N6 na svorkovnici SERIAL CHANNEL 2.

Tab. 3.8 Vyvedení vazebních obvodů piggybacků MR-04, MR-09 CH1

Vývod	Signál	Typ signálu	Užití
K1		Kostra	Připojení stínění
K2,K4	RxD- /TxD-	Vstup/Výstup	Datový signál
K3,K5	RxD+/TxD+	Vstup/Výstup	Datový signál
K6	GND	Signálová zem	

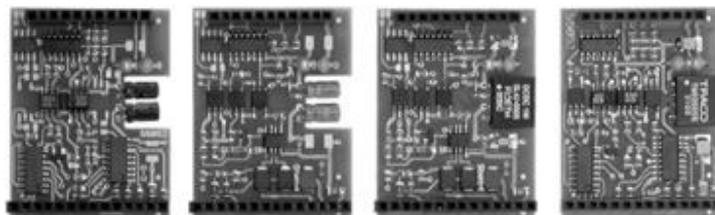
Propojení se provádí párem stíněných vodičů. Stínění vnějšího i vnitřního kabelu se spojuje s uzemněnou kostrou rozváděče na vstupu do rozváděče. Obecně platí, že pro vyšší komunikační rychlost a větší délky kabelů je třeba použít větší průřez kabelu. Pro snížení odrazů se vedení impedančně přizpůsobuje zakončovacími rezistory na obou koncích linky. V některých případech je nutné připojit signálovou zem k vyrovnání jejich potenciálů (na obrázku značeno čárkovaně). Na obr. 3.10 je schematicky znázorněno propojení rozhraní RS-485 u krajního a vnitřního zařízení sítě.



Obr. 3.10 Propojení dvou rozhraní RS-485 CH1 PLC řady TC600

3.4 Dostupná sériová rozhraní u PLC Tecomat

Jak již bylo zmíněno, fyzický převod interních signálů PLC TECOMAT na používané standardy realizují piggybacky. Jedná se o zásuvné moduly pro převod TTL signálu na určený typ rozhraní. Některá rozhraní jsou osazena pevně, například RS-232 na kanálu CH1, a jiná jsou volitelná. To znamená, že je můžeme osadit libovolným piggybackem z nabídky výrobce. Piggybacky, kterými je možné vybavit sériové rozhraní, jsou MR-02 pro linku RS-232, MR-04 a MR-09 pro RS-485 a MR-17 pro standard RS-422. Obr. 3.11 ukazuje možná provedení piggybacků.

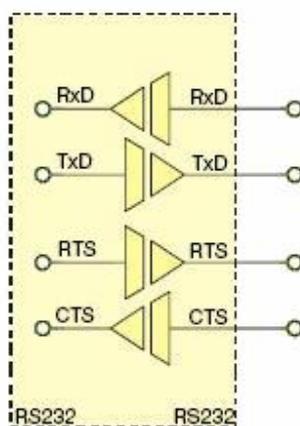


Obr. 3.11 Příklad piggybacků u PLC TECOMAT

Piggyback MR-02

Piggyback MR-02 zajišťuje převod výstupních signálů TTL úrovně procesoru na úroveň definovanou EIA RS-232 a naopak. Vazební obvody rozhraní jsou galvanicky spojeny s interními řídicími obvody. Umožňuje provoz v plně duplexním režimu. Je vhodné pro spojení na krátké

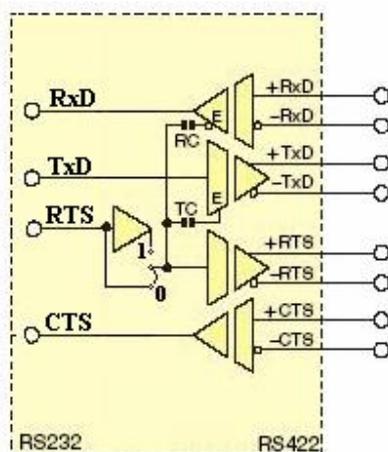
vzdálenosti v prostředí s nízkou úrovní elektromagnetického rušení. PLC Tecomat používají signály TxD, RxD, CTS a RTS standardního rozhraní RS-232. Blokové schéma piggybacku MR-02 je na obr. 3.12.



Obr. 3.12 Blokové schéma piggybacku MR-02

PiggyBack MR-17

MR-17 zajišťuje převod výstupních signálů TTL úrovně procesoru na úroveň definovanou EIA RS-422 a naopak. Vazební obvody rozhraní jsou galvanicky spojeny s interními řídicími obvody. Parametry symetrických vazebních obvodů umožňují vícebodové spojení koncových zařízení v duplexním režimu. Je vhodné pro spojení na střední vzdálenosti v prostředí s vyšší úrovní elektromagnetického rušení. PLC Tecomat používají signály TxD, RxD standardního rozhraní RS-422. Blokové schéma piggybacku MR-17 je na obr. 3.13.

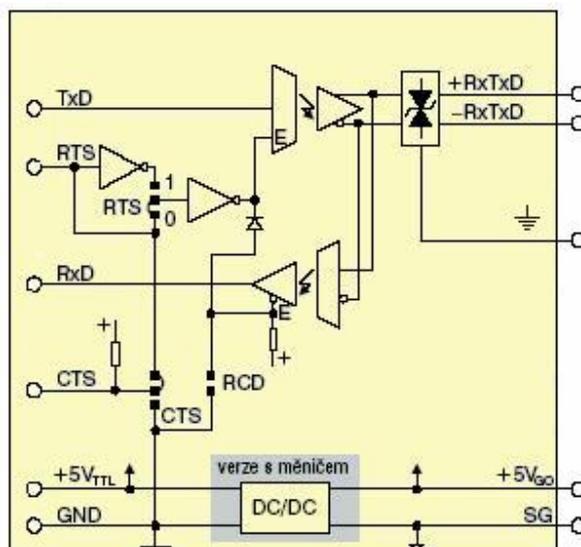


Obr. 3.13 Blokové schéma piggybacku MR-17

Piggyback MR-04, MR-09 CH1

Piggyback MR-04 a MR-09 CH1 zajišťuje převod výstupních signálů TTL úrovně procesoru na úroveň definovanou EIA RS-485 a naopak. Vazební obvody rozhraní jsou galvanicky spojeny s interními řídicími obvody. Parametry symetrických vazebních obvodů

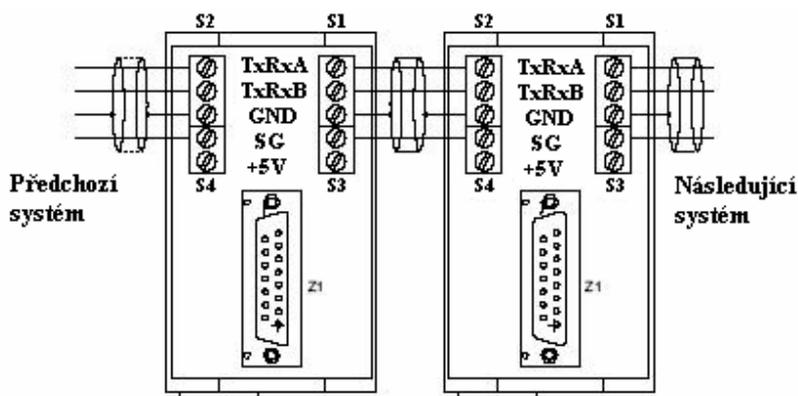
umožňují vícebodové spojení koncových zařízení v režimu poloviční duplex. Je vhodné pro spojení na střední vzdálenosti v prostředí s vyšší úrovní elektromagnetického rušení. PLC Tecomat používají signály TxD, RxD standardního rozhraní RS-485. Signál RTS je interně využit k řízení aktivace vysílače. Blokové schéma piggybacku MR-04 a MR-09 je na obr. 3.14.



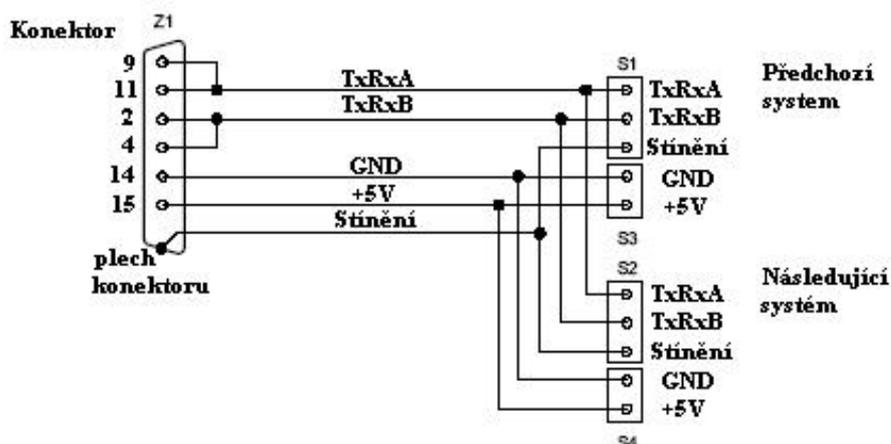
Obr. 3.14 Blokové schéma Piggybacku MR-04, MR-09 CH1

Rozhraní RS485 – použití rozbočovače XL-41

Při realizaci rozsáhlých sítí systémů může vadit použití kabelů s konektory CANNON (D-Sub) na obou koncích (nemožnost protahování kabelovými trasami apod.). Proto je k dispozici rozbočovač XL-41, který nám umožní hlavní páteř sběrnice protahovat samotnými kabely zakončenými na šroubovacích svorkách modulu a pouze od modulu (umístěného v rozváděči blízko PLC) je použit kabel s konektorem. Tento kabel musí být co nejkratší (do 25 cm). Na obr. 3.15 je znázorněno rozmístění svorek a zapojení do sítě systémů. Obr.3.16 ukazuje vnitřní zapojení rozbočovače XL-41.



Obr. 3.15 Rozmístění svorek u XL-41 a zapojení do sítě systémů



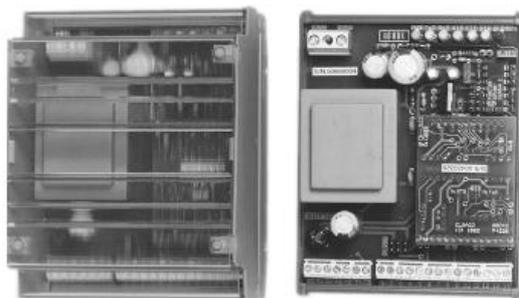
Obr. 3.16 Vnitřní propojení rozbočovače XL-41

Převaděče rozhraní

V případě, že je zapotřebí jiné rozhraní, než je nabízené výrobcem, je možno použít převaděče rozhraní. Běžně dostupné jsou převodníky rozhraní RS-232 na RS-485, RS-422 či 20 mA proudovou smyčku a jejich vzájemné kombinace. Vyrábějí se však i převodníky pro velké sběrnice systémy jako je například CAN4. Provedení může být stolní, rozváděčové nebo průmyslové. Převodníky se také využívají pro galvanické oddělení dvou částí obvodu, což má pozitivní vliv zvláště na kvalitu signálu. K tomuto účelu se vyrábějí i převodníky stejného rozhraní (například RS-232 na RS-232). Pro PLC řady Tecomat výrobce doporučuje používat převodníky od firmy Elsaco, a.s. Tato firma vyrábí sériové převodníky ve všech provedeních i různých variantách napájení. Protože k návrhu sítě PLC bude těchto převodníků použito, jsou v následujícím odstavci naznačeny základní parametry a funkce.

Převaděč rozhraní SLC 72.46 RS-232 <-> RS-485

Převodníky SLC-72.46 jsou určeny k převodu a galvanickému oddělení signálů rozhraní RS-232C (V.24, V.2S) na rozhraní RS-485. Převodník je v provedení se šroubovacími svorkami v držáku na lištu DIN. Provedení převodníku je na obr. 3.17. Napájení je vždy externí 24 V DC. Na straně RS-485 je převodník vybaven jednostupňovou ochranou prvky transil, které zvyšují odolnost proti přepětí na lince. Technické parametry rozhraní jsou uvedeny v tab. 3.9.



Obr. 3.17 Převodník SLC72.46

Tab. 3.9 Technické parametry rozhraní RS-485 u převodníku SLC 72.46

Přenosová rychlost	max. 2MBd
Vstupní odpor přijímače	12k Ω
Citlivost přijímače	\pm 200mV
Výstupní dif. napětí vysílače	typ. 3,7 V, min 1,5 V
Max .napětí signálových vodičů proti SG	trvale 6 V špičkově 11 V
Max. napětí SG proti uzemnění	trvale 24 V špičkově 36 V
Délka vodiče	max. 1200m

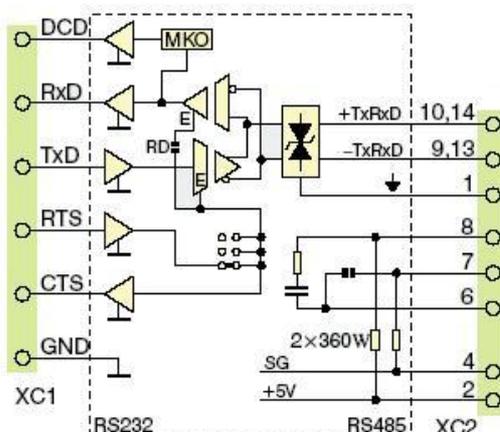
Strana rozhraní RS-232 základové desky je vyvedena na sedm svorek. Pojmenování signálu strany RS-232 souhlasí s COM portem PC – jedná se pouze o prodloužení. Signál RxD je tedy na převodníku výstupem a vede na stejnojmenný vstup portu PC atd. Strana galvanicky odděleného rozhraní je vyvedena na čtrnáct svorek. Zapojení těchto svorek pro rozhraní RS-485 je uvedeno v tab. 3.10. Pro rozhraní RS-485 je převodník osazen modulem „piggy“ P485GS. Převodník může pracovat ve dvou režimech řízení vysílání.

Tab. 3.10 Zapojení svorek pro rozhraní RS-485 u SLC 72.46

Svorka	Signál	Svorka	Signál
1	GND	8	-
2	+5V	9	-TxRxD
3	-	10	+TxRxD
4	Signálová zem	11	-
5	-	12	-
6	-	13	-TxRxD
7	-	14	+TxRxD

1) Řízení vysílání signálem RTS

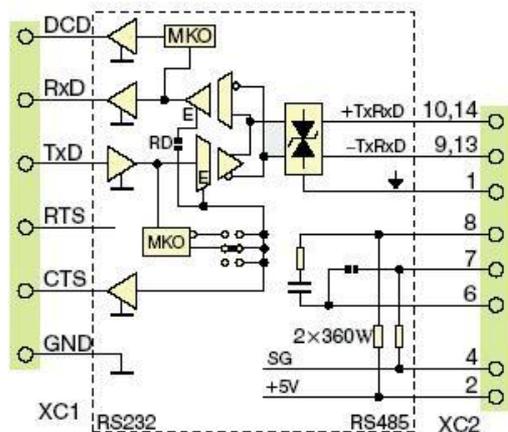
Přepínání vysílání/příjem RS-485 se ovládá signálem RTS strany RS-232. Zařízení připojené na straně RS232 musí být schopné aktivovat signál RTS a udržet jej až do odvysílání celého posledního znaku zprávy. Pokud je řídicím zařízením počítač PC, je vhodné stav signálu RTS prověřit. Ne všechny programy (obzvláště v prostředí Windows) jsou schopné provádět ovládání korektně a bez časových prodlev. Pokud signál RTS zůstane aktivní i po ukončení vysílání, vede to obvykle k destrukci přijímané zprávy (odpovědi). Celkové schéma zapojení převodníku je na obr. 3.18.



Obr. 3.18 Převodník SLC72.46 s modulem PG485GS, řízení vysílače RTS

2) Automatické řízení vysílače od TxD

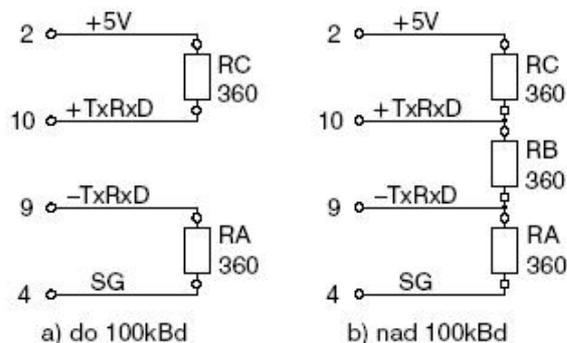
Přepínání vysílače RS485 zajišťuje monostabilní klopný obvod, který se spouští aktivním stavem signálu TxD. Po ukončení vysílání (TxD se vrátí trvale do neaktivní úrovně) vyprší doba MKO a převodník se přepne na příjem. Časová konstanta MKO musí být nastavena podle přenosové rychlosti a doby reakce připojeného zařízení (doba mezi ukončením vysílání posledního znaku a prvním přicházejícím znakem). Standardně je doba MKO nastavena na 7 ms. Ta vyhovuje pro přenosové rychlosti od 2400 Bd a reakci připojeného zařízení 10 ms. Pro nižší přenosové rychlosti je nutno dobu MKO příslušně prodloužit, jinak může být vysílač odpojen v průběhu vysílání znaku (více jedničkových bitů za sebou). Pro vyšší přenosové rychlosti může být doba setrvávání vysílače v aktivním stavu na obtíž, neboť po tuto dobu nemůže na linku vysílat žádná jiná stanice. V takovém případě je možné časovou konstantu MKO zkrátit přibližně až na 1.2 délky jednoho znaku. Celkové schéma zapojení převodníku je na obr. 3.19.



Obr. 3.19 Převodník SLC72.46 s modulem PG485GS, řízení vysílače od TxD

Linka RS-485 má charakter sběrnice a měla by být zakončena na obou koncích vedení. Zakončovací rezistory mají dvě funkce - upravují neaktivní stav linky a impedančně zakončují vedení. Pokud do linky nevysílá žádná stanice a vedení je bez zakončovacích rezistorů, může být přijímačem snadno detekován start bit, což by způsobilo náhodné přijímání znaků. Impedanční přizpůsobení je kromě toho důležité při vysokých rychlostech přenosu (nad 100 kBd), kde má

vedení vysokou impedancí, zabraňuje odrazům signálu od konce vedení. Pro většinu aplikací je vhodnější zapojení pro nižší rychlosti s vynechaným středním rezistorem (zapojení dle obr. 3.20a), protože zajišťuje vyšší úroveň přijímaného signálu. Zapojení zakončovacích rezistorů je na obr. 3.20.



Obr. 3.20 Zakončení linky RS-485 u SLC 72.46 pro různé komunikační rychlosti

Pro spojení zařízení linkou RS-485 principiálně postačuje jeden pár vodičů (pouze \pm TxRxD). Vyrovnání datové linky vzhledem k napájecímu napětí zajistí zakončovací rezistory. Lepší je však propojit i signálovou zem (SG) všech připojených přístrojů. Jako společný vodič může být použito i stínění kabelu. Převodník je na modulu P485GS vybaven ochrannými prvky transil, které zajišťují omezení diferenciálního napětí mezi vodiči a také omezení napětí proti zemi. Pro funkci ochrany musí být připojena zemní svorka převodníku (svorky 1, 3 svorkovnice XC2) na zemní potenciál.

3.5 Možné režimy komunikace

Seznam režimů sériových kanálů PLC Tecomat byl uveden v kapitole 3.2. Z těchto režimů jsou tecomatům TC500 a TC600 dostupné pouze režimy PC, PLC, MAS a uni. Sériové kanály se u PLC Tecomat nastavují:

1. hardwarově pomocí tlačítek na automatu
2. softwarově direktivou #unit z uživatelského programu.

Platí, že co nenastavíme hardwarově, musíme nastavit softwarově. Žádné softwarové nastavení nepotřebuje režim PC, částečné nastavení potřebují režimy PLC a MAS a úplného softwarového nastavení je nutné u režimu uni.

Jelikož se ve všech režimech (s výjimkou režimu PC) musí nastavovat sériový kanál direktivou #unit a jelikož budu jednotlivé zápisy uvádět u příslušných režimů, považuji za potřebné popsat tuto direktivu.

Direktiva #unit

#unit modul, adr, typ, poc_m, poc_out, z_in, z_out, akt, initab

modul	- pro TC500 a TC600 vždy 0
adr	- pro sériový kanál CH2 vždy 2 - pro sériový kanál CH3 vždy 3

typ	- vstupů nebo výstupů - sériový kanál CH2 a CH3	- \$10
poc_m	- počet vstupních bytů	
poc_out	- počet výstupních bytů	
z_in	- umístění prvního vstupního bytu v zápisníku	
z_out	- umístění prvního výstupního bytu v zápisníku	
akt	- aktivace obsluhy vstupů nebo výstupů	
	-X_On	- aktivace obsluhy vstupů
	-X_Off	- obsluha vstupů není aktivována
	-Y_On	- aktivace obsluhy výstupů
	-Y_Off	- obsluha výstupů není aktivována
	-On	- současná aktivace obsluhy vstupů i výstupů
	-Qff	- obsluha vstupů i výstupů není aktivována
initab	- adresa tabulky obsahující inicializační data. Absolutní zápis může být například TO, symbolický například InitDS (v tomto případě musí být tabulka definována před direktivou #unit).	

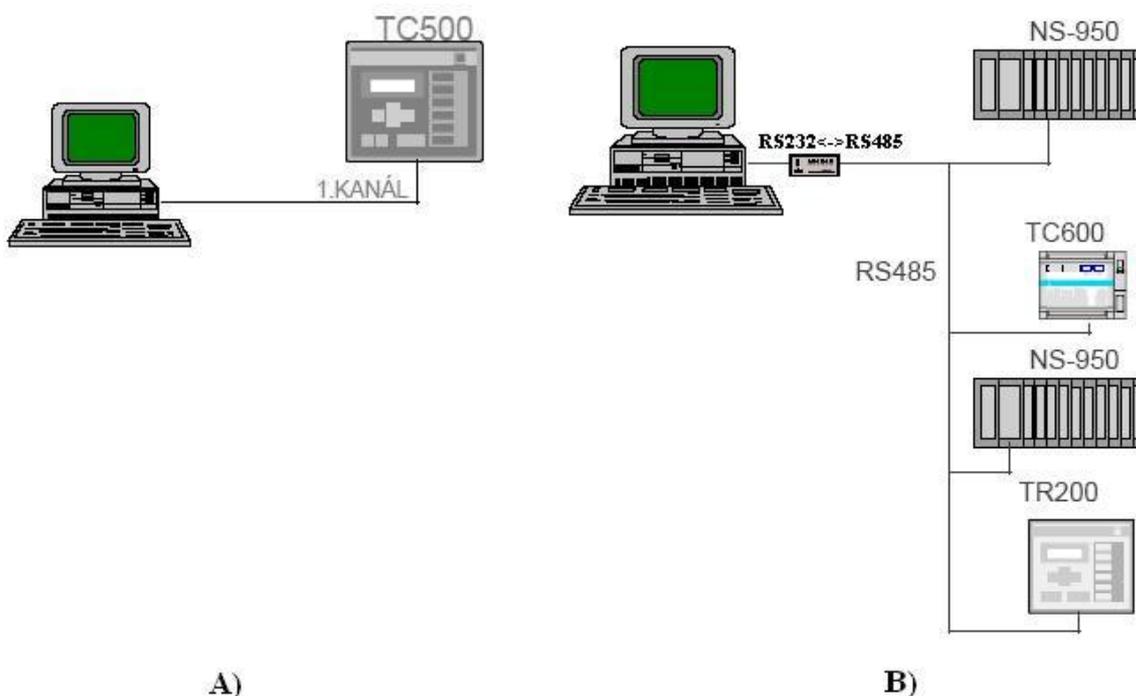
Absolutní hodnoty položek modul, adr a typ je možné nahradit jedním symbolem. Pro sériový kanál je symbol CH2, CH3, pro binární vstupy a výstupy Digit_500, Digit_600, atd. podle typu tecomatu. Symbolické jméno pro analogové vstupy je Analog_ a pro klávesnici a display to je _Keydisp_500.

3.5.1 Režim STM – Připojení periferních modulů

Režim STM umožňuje připojení rozšiřujících rámců, které obsahují centrální jednotky modulárního programovatelného automatu TECOMAT NS950 RAPID na vybraných kanálech. Připojení modulárních rámců nevyžaduje žádný zásah do uživatelského programu. Příslušný kanál se pouze nastaví do režimu STM a zvolí se komunikační rychlost. Ke spojení expanzních jednotek a centrální jednotky se používá sériové rozhraní RS-485.

3.5.2 Režim PC – Komunikace s nadřazeným systémem

Připojení nadřazeného systému nevyžaduje žádný zásah do uživatelského programu. Příslušný sériový kanál se nastaví do režimu PC, nastaví se komunikační rychlost, adresa, prodleva odpovědi, detekce signálu CTS a parita. Sériový kanál CH1 všech systémů TECOMAT lze použít pouze v režimu PC, protože je tak trvale nastaven. Komunikace jsou vyvolávány nadřazeným systémem na principu dotaz - odpověď. Tento princip umožňuje připojení většího počtu účastníků k nadřazenému systému na rozhraní RS-485. V případě že PLC neobsahuje rozhraní RS-485 a není ani možné osadit piggyback MR-05 nebo MR-09 CH1, je nutné použít převodník rozhraní RS-232 a RS-485. TECOMAT v režimu PC se chová jako pasivní podřízený účastník (slave). Možné varianty sítě s režimem PC jsou patrné na obr. 3.21.



Obr. 3.21 Možné varianty sítě PLC TECOMAT v režimu PC

Nastavení adresy

Volba adresy umožňuje připojení více systémů TECOMAT k jednomu nadřazenému systému (v tomto případě je nutností rozhraní RS-485). Zde je třeba zajistit, aby připojené PLC i nadřazený systém měly každý jinou adresu. Adresy nemusí tvořit spojitou řadu.

Nastavení komunikační rychlosti

Sériové kanály v tomto režimu umožňují komunikační rychlost až do 57,6 kBd podle typu centrální jednotky. Čím vyšší komunikační rychlost, tím kratší dobu trvá přenos dat. Vzhledem k tomu, že komunikace běží nezávisle na uživatelském programu, ovlivňuje rovnoměrně všechny fáze cyklu uživatelského programu. Zde platí, že zvyšováním komunikační rychlosti mírně prodlužujeme dobu cyklu. V tab.3.11 je uvedeno prodloužení doby cyklu v procentech. Tyto hodnoty platí pro případ maximálního vytížení kanálu (nepřetržitá komunikace). Čím větší prodlevy budou mezi jednotlivými zprávami, tím nižší bude prodloužení doby cyklu.

Tab. 3.11 Průměrné prodloužení cyklu uživatelského programu v závislosti na komunikační rychlosti sériového kanálu

Komunikační rychlost	TC 500,TC 600
9,6kBd	1%
19,2kBd	2%
38,4kBd	4%
57,6kBd	7%

Nastavení prodlevy odpovědi

Nastavení prodlevy odpovědi umožňuje volbu minimální doby, která uplyne od odvysílání posledního bytu zprávy nadřazeného systému do začátku vysílání prvního bytu odpovědi dotazovaného systému TECOMAT. Během této doby se nadřazený systém musí připravit na příjem. Tato příprava někdy může zabrat více času v závislosti na druhu nadřazeného systému (například u počítače PC v závislosti na použitém operačním systému).

Minimální a maximální hodnota prodlevy odpovědi

Nastavuje se minimální hodnota prodlevy odpovědi. Její maximální hodnota je u většiny služeb závislá na době cyklu systému TECOMAT, protože data jsou předávána pouze v otočce cyklu, aby byla zaručena jejich neměnnost během vykonávání uživatelského programu. Minimální prodlevu odpovědi lze nastavit v rozmezí 1 až 99 ms pevně. Hodnota 0 znamená, že minimální prodleva odpovědi odpovídá době potřebné k odeslání jednoho bytu, tedy prodleva je závislá na komunikační rychlosti podle tab.3.12.

Tab. 3.12 Minimální prodleva odpovědi při nastavené 0

Komunikační rychlost	Minimální prodleva odpovědi	Komunikační rychlost	Minimální prodleva odpovědi
0,3kBd	36,67ms	14,4kBd	0,76ms
0,6kBd	18,33ms	19,2kBd	0,57ms
1,2kBd	9,17ms	28,8kBd	0,38ms
4,8kBd	2,92ms	38,4kBd	0,29ms
9,6kBd	1,14ms	57,6kBd	0,19ms

Nastavení detekce signálu CTS

Zapnutí detekce signálu CTS umožňuje pozdržet odpověď externím signálem z modemu. Odpověď bude vyslaná až 10 ms po změně signálu CTS na hodnotu odpovídající stavu signálu RTS platnému pro vysílání odpovědi. Detekce signálu CTS je určena především pro případy komunikace přes modemy. I při detekování signálu CTS je současně zaručena nastavená minimální prodleva odpovědi. TECOMAT tedy nezačne vysílat odpověď dříve, než uplyne minimální prodleva odpovědi, i kdyby signál CTS byl již správně nastaven.

Nastavení parity

Protokol sítě EPSNET používá sudou paritu. Některé modemy však neumožňují paritu přenášet. V případě jejich použití, lze paritu vypnout na sériovém kanálu centrální jednotky. Parita se však výrazně podílí na bezpečném přenosu dat. Jejím vypnutím se výrazně zvyšuje riziko přenosu chybných dat.

Datový formát

Zprávy v režimech PC mají pevný formát. Jeden start bit, osm datových bitů, sudá parita a stop bit. Při komunikaci v PC jsou používány dva formáty dat

1) zpráva bez datového pole

SD1	DA	SA	FC	FCS	ED
-----	----	----	----	-----	----

2) zpráva s datovým polem

SD2	LE	LER	SD2R	DA	SA	FC	Data	FCS	ED
-----	----	-----	------	----	----	----	------	-----	----

Komunikace směrem k nadřazenému systému používá navíc krátké kladné odpovědi SACK

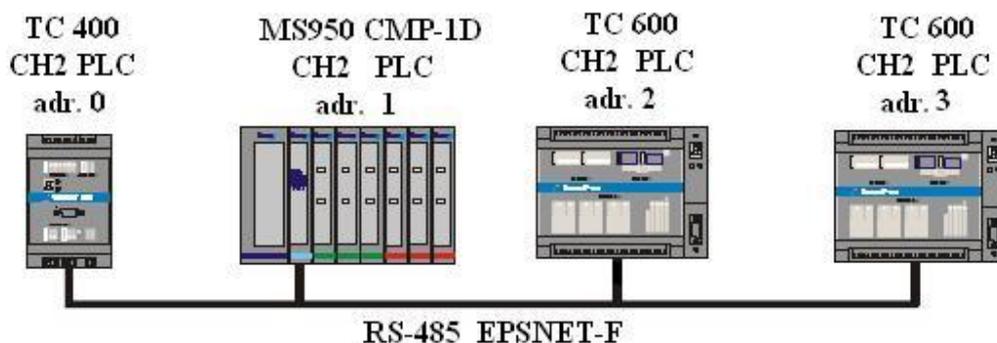
SD1	úvodní znak 1 (start delimiter 1)	\$10
SD2	úvodní znak 2 (start delimiter 2)	\$68
LE	délka dat (Lenght)	DA + SA + FC + DATA
LER	opakovaná délka (dat Lenght repeat)	
SD2R	opakovaný úvodní znak 2 (start delimiter 2 repeat)	
DA	cílová adresa (destination address)	
SA	zdrojová adresa (source address)	
FC	řídící byte rámce (frame control byte)	
Data	vlastní data	maximálně 256 byte
FCS	kontrolní součet (frame check sum)	
ED	koncový znak (end delimiter)	\$16
SACK	krátké potvrzení (short acknowledge)	\$e5

Odezvy při komunikaci mohou nabývat následujících významů:

Odpovědi	- OK (dotaz byl přijat a korektně vyřízen)
	- CPU nezná komunikační službu
	- požadovaná data nejsou ještě k dispozici
	- komunikační služba má chybné parametry

3.5.3 Režim PLC – Sít' se sdílením dat

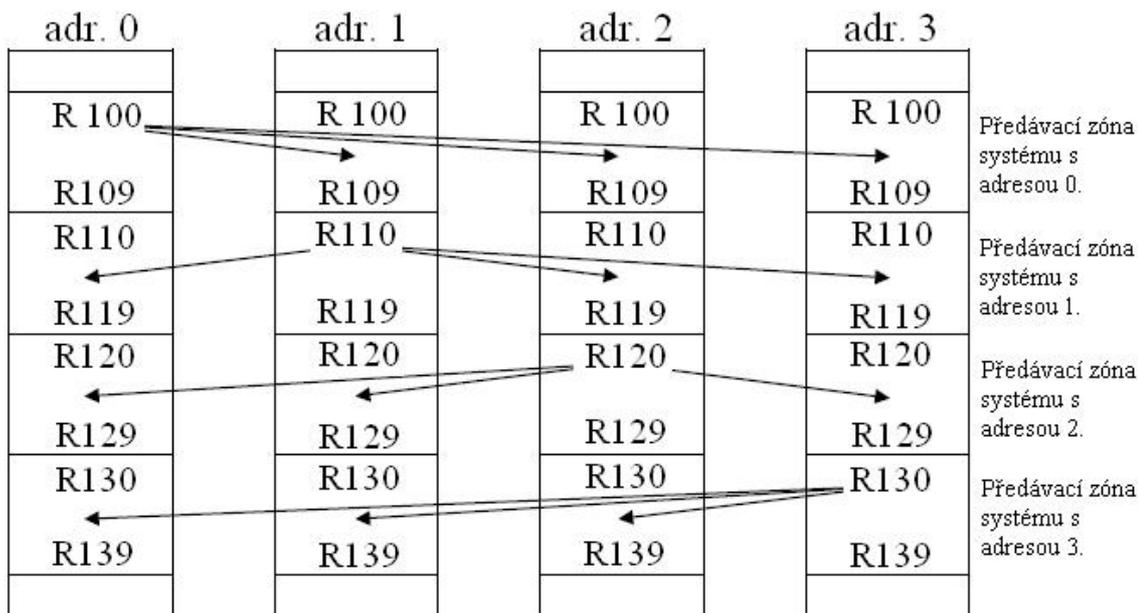
Sériový kanál v tomto režimu slouží k propojení více zařízení TECOMAT za účelem rychlého vzájemného předávání dat. Komunikace probíhá protokolem EPSNET-F na sériovém rozhraní RS-485, které umožňuje vytvoření sítě. Ve všech systémech jsou vyhrazeny předávací zóny pro každého účastníka sítě na stejných registrech (předávací zóna dat z jednoho systému je vždy umístěna na stejných registrech ve všech ostatních systémech propojených do sítě). Výměnou za toto určité omezení je vysoká propustnost sítě, protože stejné rozmístění předávacích zón ve všech systémech dovoluje přenos jednoho bloku dat vždy do všech účastníků sítě zároveň. Tím dochází ke značné časové úspoře a nižším nárokům na strojový čas procesorů centrálních jednotek. Schéma takové sítě je na obr. 3.22.



Obr. 3.22 Propojení systémů v síti (režim PLC)

Inicializace předávacích zón sítě je součástí uživatelských programů propojených zařízení a musí být pro všechny shodná. Příslušný sériový kanál je třeba nastavit do režimu PLC, dále se nastavuje komunikační rychlost a adresa.

Režim PLC je určen pro rychlé předávání dat, a proto nepočítá s žádnými časovými prodlevami v komunikaci. Proto není možné v tomto režimu používat modemy a podobná zařízení, která zpožďují přenos dat po lince. Pokud musíme některé z těchto zařízení použít, pak propojíme systémy TECOMAT pomocí režimu MPC nebo MAS. Rozvržení a způsob přenosu dat v předávacích zónách je na obr.3.23.



Obr. 3.23 Grafické znázornění výměny dat mezi systémy v režimu PLC

Volba komunikační rychlosti

Režim PLC dovoluje komunikační rychlost až do 230,4 kBd (podle typu systému). Čím vyšší komunikační rychlost, tím kratší dobu trvá přenos dat, ale snižuje se odolnost linky proti rušení. Doporučuje se volit komunikační rychlost sítě jen tak vysokou, aby zvládla přenášet data

s ohledem na požadavky odezvy řízené technologie. Data se v předávacích zónách umístěných v zápisníku aktualizují vždy v otočce cyklu. Tab. 3.13 ukazuje maximální počet přenášených dat od jednoho účastníka v závislosti na celkovém počtu účastníků.

Tab. 3.13 Maximální počet přenášených dat od jednoho účastníka v závislosti na celkovém počtu účastníků v režimu PLC

Celkový počet účastníků sítě	Max. počet přenášených dat od jednoho účastníka
2	238 bytů
3 až 4	128 bytů
5 až 8	64 bytů
9 až 16	32 bytů

V systémech TC500, TC600 na prvních dvou kanálech CH1 a CH2 provádí vlastní komunikaci procesor centrální jednotky. Vzhledem k tomu, že komunikace běží nezávisle na uživatelském programu, ovlivňuje rovnoměrně všechny fáze cyklu uživatelského programu. Zde platí, že zvyšováním komunikační rychlosti prodlužujeme dobu cyklu.

Provoz Sítě

Obsluha sítě probíhá na pozadí uživatelského programu. O stavu komunikace se uživatel dovídá ze stavové zóny, která obsahuje vždy ke každému účastníku sítě status komunikace o velikosti 1 byte. Umístění stavové zóny je dáno překladačem a přístup k nim je možný pomocí symbolických jmen uvedených v tabulce definice nastavení sítě. Ze statusu se dozvíme, jsou-li předávaná data platná.

Stavová zóna

	STAT1	STAT2	...	STATn
byte	0	1	...	n-1

STATn - status komunikace

a) pro připojené stanice

	NET	X	X	X	X	X	COM	X
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

NET - účastník

0 - jedná se o nepřipojitelnou stanici (sériový kanál stanice je nastaven do jiného režimu)

1 - jedná se o platného účastníka sítě

COM - stav komunikace

0 - komunikace není navázaná, data v příslušné předávací zóně nejsou platná

1 - komunikace je navázaná, data v příslušné předávací zóně jsou platná

b) pro tento systém, jehož zápisník monitorujeme

	0	0	0	0	M3	M2	M1	M0
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

M3-M0 - stav sítě

- 1 - příjem dat a monitorování provozu sítě
- 2 - navazování spojení s ostatními účastníky sítě
- 3 - vysílání vlastních dat do sítě
- 4 - předání řízení sítě dalšímu účastníkovi
- 5 - převzetí řízení sítě

Do předávací zóny příslušné k systému, pro který je uživatelský program určen, zapisuje uživatel data určená ke sdílení. V ostatních předávacích zónách jsou data přenesená z ostatních účastníků sítě. Před jejich zpracováním je třeba zkontrolovat v příslušném statusu bit COM.

3.5.4 Režim MAS – Připojení sítě podřízených systémů (monomaster)

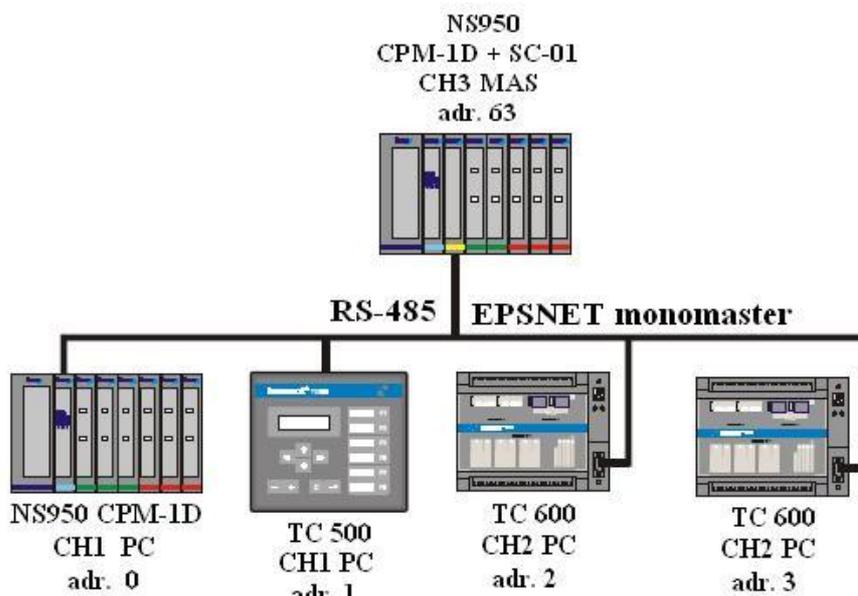
Sériový kanál v tomto režimu slouží k připojení podřízených systémů za účelem výměny dat mezi těmito systémy a jedním nadřízeným systémem TECOMAT. Komunikace probíhá protokolem EPSNET na sériovém rozhraní RS-485, které umožňuje vytvoření sítě.

Podřízené systémy

Podřízeným systémem může být libovolné zařízení, které má implementovány služby sítě EPSNET, tedy naprostá většina systémů TECOMAT. Příslušný sériový kanál podřízeného systému musí být nastaven do režimu PC. Z toho vyplývá i možnost použití kanálu CH1 (kanál, přes který se uvedené systémy zpravidla programují).

Nadřízený systém

Inicializace předávacích zón sítě je součástí pouze uživatelského programu nadřízeného systému. Příslušný sériový kanál nadřízeného systému je třeba nastavit do režimu MAS a dále se nastavuje komunikační rychlost, dopravní zpoždění a detekce CTS. Adresa je pevně nastavena na hodnotu 63. Komunikace probíhá na principu dotaz – odpověď. Systém v režimu PC se chová jako pasivní podřízený účastník (slave), systém v režimu MAS se chová jako aktivní nadřízený účastník (master). Schéma zapojení sítě je na obr. 3.24.



Obr. 3.24 Propojení systému sběrnou sítí v režimu MAS-PC

Volba komunikační rychlosti

Výměna dat s podřízeným systémem probíhá jen v otočce jeho cyklu. Doba cyklu podřízeného systému musí být menší než 500 ms. Po tuto dobu čeká nadřízený systém na odpověď. Pokud by podřízený systém odpovídal pomaleji, bude docházet ke ztrátě komunikace. Tento problém se dá vyřešit nastavením dopravního zpoždění. Data se ve sběrných zónách umístěných v zápisníku nadřízeného systému aktualizují vždy v otočce cyklu.

Režim MAS dovoluje komunikační rychlost do 57.6 kBd. Čím vyšší komunikační rychlost, tím kratší dobu trvá přenos dat, ale snižuje se odolnost linky proti rušení. Doporučuje se volit komunikační rychlost sítě jen tak vysokou, aby zvládla přenášet data v takovém čase, v jakém potřebujeme s ohledem na reakční požadavky řízené technologie. Pro podřízené systémy platí všechny podmínky režimu PC (viz kap 3.5.2).

V systémech TECOMAT TC500, TC600 (kanál CH2) provádí vlastní komunikaci procesor centrální jednotky. Vzhledem k tomu, že komunikace běží nezávisle na uživatelském programu, ovlivňuje rovnoměrně všechny fáze cyklu uživatelského programu. Zde platí, že zvyšováním komunikační rychlosti prodlužujeme dobu cyklu. Tab. 3.14 ukazuje maximální počet přenášených dat od jednoho účastníka v závislosti na celkovém počtu účastníků.

Tab. 3.14 Maximální počet přenášených dat od jednoho účastníka v závislosti na celkovém počtu účastníků v režimu MAS

Celkový počet účastníků sítě	Max. počet přenášených dat od jednoho účastníka
2	238 bytů
3 až 4	128 bytů
5 až 8	64 bytů
9 až 16	32 bytů

Nastavení dopravního zpoždění

Volitelné dopravní zpoždění slouží k vyřešení případů, kdy nadřízený systém je propojen s podřízenými systémy přes modemy, které způsobují zpoždění komunikace, jehož součet s maximální dobou cyklu libovolného podřízeného PLC přesahuje 500 ms. Stejně lze nastavení dopravního zpoždění použít v případech, kdy doba cyklu některého podřízeného PLC překračuje 500 ms.

Dopravní zpoždění se nastavuje v násobcích 100 ms a může nabývat hodnot 0 až 6,0 s. Hodnota 0 znamená, že nadřízený systém čeká na odpověď max. 0,5 s (maximální doba cyklu podřízeného systému). Hodnoty 1 až 60 určují dopravní zpoždění 0,1 až 6,0 s, které se připočte k již zmíněné hodnotě 0,5 s. Hodnoty 61 až 99 nastaví maximální dopravní zpoždění 6,0 s.

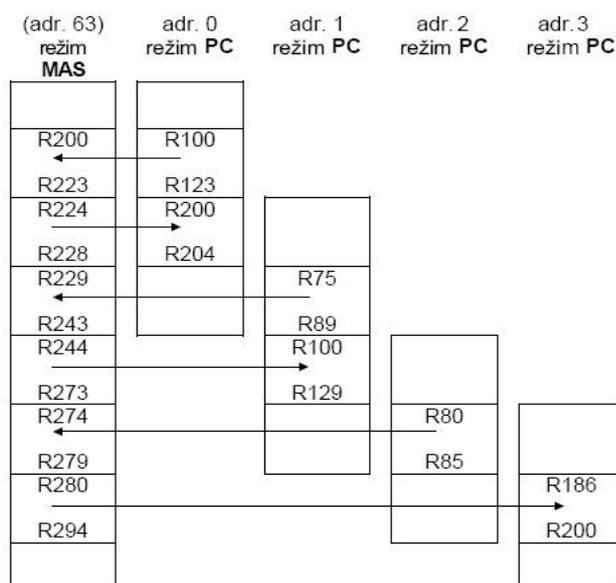
Nastavení detekce signálu CTS

Zapnutí detekce signálu CTS umožňuje pozdržet vyslání zprávy externím signálem z modemu. Zpráva bude vyslána až 10 ms po změně signálu CTS na hodnotu odpovídající stavu signálu RTS platnému pro vyslání zprávy. Detekce signálu CTS je určena především pro případy komunikace přes modemy.

Řešení požadavku předstihu nastavení RTS před vysláním dat

Prodleva 10 ms po detekci změny CTS je určená pro uklidnění poměrů na přenosovém médiu před vysláním dat (např. náběh nosné frekvence). Pokud modem nevrací signál CTS, ale vyžaduje prodlevu 10 ms mezi nastavením signálu RTS a vlastními daty, provedeme přepojení signálů RTS a CTS na konektoru sériového kanálu PLC a zapneme detekci signálu CTS.

Z výše uvedeného vyplývá, že obsahy jednotlivých zón podřízených systémů jsou ukládány bezprostředně za sebou do komunikační zóny nadřízeného systému v pořadí čtená data a zapisovaná data. Je třeba dát pozor, aby se komunikační zóna nepřekrývala s žádnými jinými strukturami. Toto nebezpečí lze snadno odstranit symbolickými deklaracemi registrů. Grafické znázornění výměny dat a umístění registrů v zónách ukazuje obr. 3.25.



Obr. 3.25 Grafické znázornění výměny dat mezi nadřízeným systémem v režimu MAS a podřízeným systémem v režimu PC

Zásady adresování

Jak již bylo uvedeno, nadřazený systém má v síti adresu 63. Tuto adresu nesmí mít nastavenou žádný podřazený systém. Jinak adresy podřazených systémů mohou mít jakoukoli hodnotu v rozsahu 0 až 99. Tyto adresy na sebe nemusí číselně navazovat ale nesmějí se shodovat. Samozřejmě všechny systémy musí mít na příslušném sériovém kanálu nastavenou stejnou komunikační rychlost.

Sběr více oblastí z jednoho systému

Pokud potřebujeme z jednoho podřazeného systému přenášet data ze dvou nespojitých oblastí (např. z registrů RO až R15 a registrů R24 až R55), řešíme tuto situaci tak, že uvedeme tento podřazený systém do seznamu v inicializační tabulce dvakrát, jednou s první oblastí a znovu s druhou oblastí. Nadřazený systém pak k tomuto podřazenému systému přistupuje jako ke dvěma podřazeným systémům. Časově výhodnější ale je sloučit obě oblasti do jedné spojitě.

Provoz sítě

Obsluha sítě probíhá na pozadí uživatelského programu. O stavu komunikace se uživatel dozvídá ze stavové zóny, která obsahuje vždy ke každému podřazenému systému status komunikace o velikosti 1 byte. Ze statusu se dozvíme, jsou-li předávaná data platná.

Stavová zóna

	STAT1	STAT2	...	STATn
byte	0	1	...	n-1

STATn - status komunikace

a) pro připojené stanice

	NET	X	X	X	X	X	COM	X
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

NET - účastník

0 - jedná se o nepřipojitelnou stanici (sériový kanál stanice je nastaven do jiného režimu)

1 - jedná se o platného účastníka sítě

COM - stav komunikace

0 - komunikace není navázaná, data v příslušné předávací zóně nejsou platná

1 - komunikace je navázaná, data v příslušné předávací zóně jsou platná

V komunikační zóně nadřazeného systému jsou data přenesená z podřazených systémů sítě. Před jejich zpracováním je třeba zkontrolovat v příslušném statusu bit COM.

3.5.5 Režim MPC – Připojení sítě podřízených systémů (multimaster)

Sériový kanál v tomto režimu slouží k připojení podřízených systémů za účelem výměny dat mezi těmito systémy a více nadřízenými systémy TECOMAT. Komunikace probíhá protokolem EPSNET na sériovém rozhraní RS-485, které umožňuje vytvoření sítě. Protože sériový kanál s režimem MPC je pouze u PLC řady NS950, uvedeme si jen základní informace o tomto režimu.

Podřízené systémy

Podřízeným systémem může být libovolné zařízení, které má implementovány služby sítě EPSNET, tedy naprostá většina systémů TECOMAT. Příslušný sériový kanál podřízeného systému musí být nastaven do režimu PC. Z toho vyplývá i možnost použití kanálu CHI (kanál, přes který se uvedené systémy programují)

Nadřízené systémy

Inicializace předávacích zón sítě je součástí pouze uživatelského programu nadřízeného systému. Příslušný sériový kanál nadřízeného systému je třeba nastavit do režimu MPC a dále se nastavuje adresa, komunikační rychlost, prodleva odpovědi, dopravní zpoždění, detekce CTS.

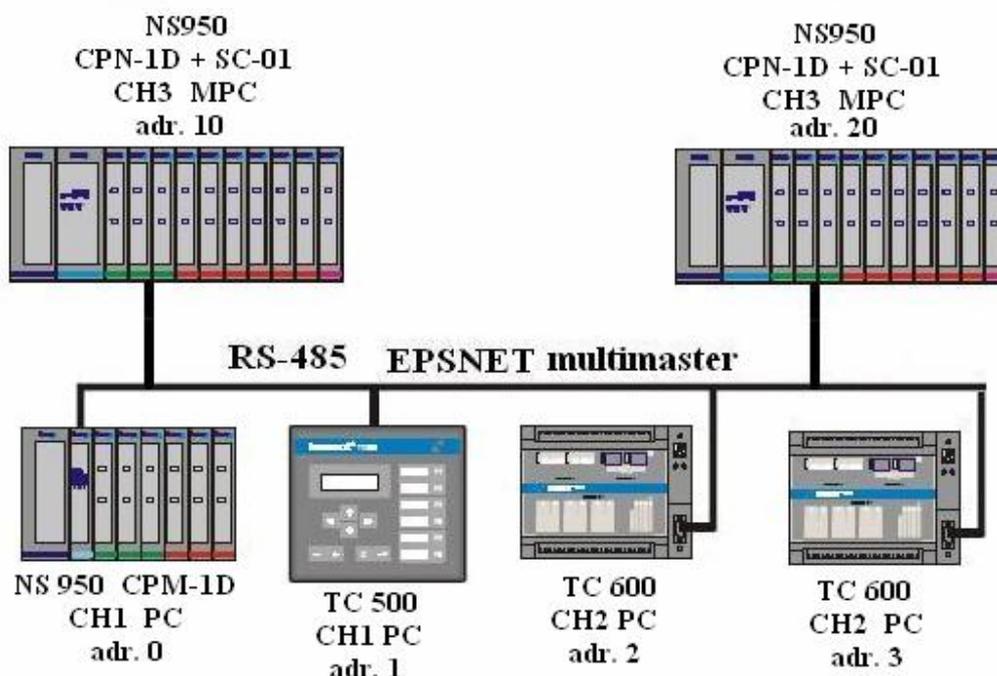
Režim MPC je rozšířením režimu MAS popsaného v předchozí kapitole a umožňuje navíc provoz více nadřízených systémů v jedné síti. Komunikace probíhá na principu dotaz-odpověď. Systém v režimu PC se chová jako pasivní podřízený účastník (slave), systém v režimu MPC se chová jako aktivní nadřízený účastník (master). Výměna dat je cyklická, to znamená, že přenášená data jsou stále periodicky obnovována.

Provoz více nadřízených systémů

Každý nadřízený systém má v uživatelském programu definován seznam jemu podřízených stanic s požadavky pro čtení a zápis. Každá podřízená stanice se může vyskytovat ve více seznamech nadřízených systémů. Nadřízený systém může také figurovat v seznamu podřízených systémů jiného nadřízeného systému.

Provoz více nadřízených systémů na jedné síti je realizován pomocí výměny telegramu token. Stanice, která přijme token (všechny stanice v síti nastavené do režimu MPC), se od tohoto okamžiku chová jako master a vyřídí si svoje požadavky podle seznamu v uživatelském programu. Pak předá token další nadřízené stanici a od této chvíle se chová jako slave, který je schopen splnit požadavek jiné libovolné stanice, která se právě chová jako master.

Stanice nastavené do režimu PC nemohou přijmout token a jsou tedy stále jen podřízené (slave). Princip předávání token umožňuje zařazení nové nadřízené stanice do stávající sítě bez zásahu do uživatelských programů stávajících účastníků sítě (pokud se nemění jejich požadavky na výměnu dat). Schéma zapojení sítě je na obr. 3.26.



Obr. 3.26 Propojení systémů sítí v režimu MPC

Volba adresy

Každý účastník sítě musí mít svoji výlučnou adresu. Adresy nemusí na sebe navazovat.

3.5.6 Režim UNI – Obecný uživatelský kanál**Využití obecného uživatelského kanálu**

Sériový kanál v tomto režimu je volně použitelný např. pro připojení sériových tiskáren, snímačů čárového kódu, frekvenčních měničů, inteligentních čidel nebo operačních panelů.

Režim obecný uživatelský kanál je určen pro univerzální použití. Obsahuje služby pro podporu jednoduchých znakově orientovaných sériových protokolů, pomocí kterých lze kanál nastavit tak, aby předával do systému jen platná data bez nutnosti dalších kontrol uživatelským programem.

Služby pro příjem zprávy

Služby pro příjem zprávy jsou následující:

- | | |
|--------------------------|---|
| Detekce začátku zprávy | - test počátečního znaku |
| | - test opačné parity prvního znaku |
| Detekce konce zprávy | - test koncového znaku |
| | - test klidu na lince |
| | - pevná délka zprávy |
| | - načtení délky zprávy z protokolu zprávy |
| Volby pro ochranu zprávy | - kontrola parity |
| | - test kontrolního součtu dat zprávy |
| Detekce adresy stanice | |

Služby pro vysílání zprávy

Služby pro vysílání zprávy jsou následující:

- Volby pro začátek zprávy
 - počáteční znak
 - opačná parita prvního znaku
 - Volby pro konec zprávy
 - koncový znak
 - klid na lince
 - Volby pro ochranu zprávy
 - výpočet parity
 - výpočet kontrolního součtu dat zprávy
- Doplnění adresy stanice

Jednotlivé služby a jejich volby lze kombinovat tak, aby bylo možné se přiblížit k ideálnímu stavu, kdy systém dostává ke zpracování jen vlastní data bez dalších znaků, sloužících pouze k zabezpečení přenosu zprávy.

Inicializace sériového kanálu je součástí uživatelského programu. Příslušný sériový kanál je třeba nastavit do režimu *uni*. Komunikační rychlost a adresa se nenastavuje na centrální jednotce, ale je součástí inicializace kanálu v uživatelském programu

Volba komunikační rychlosti

Centrální jednotky v tomto režimu umožňují komunikační rychlost do 115,2 kBd. Čím vyšší komunikační rychlost, tím kratší dobu trvá přenos dat. Vzhledem k tomu, že komunikace běží nezávisle na uživatelském programu, ovlivňuje rovnoměrně všechny fáze cyklu uživatelského programu. Zde platí, že zvyšováním komunikační rychlosti mírně prodlužujeme dobu cyklu.

Uspořádání komunikačních zón

Obsluha sériového kanálu v režimu *uni* probíhá prostřednictvím komunikačních zón v zápisníkové paměti, které jsou deklarovány direktivou *#unit*, resp. v prostředí MOSAIC pomocí zadávacího formuláře.

Uspořádání komunikačních zón je následující:

Přijímací zóna:

	STAT	ERR	NUMR	DATR
byte	0	1	2	3...

Vysílací zóny:

	CONT	SIGN	NUMT	DATT
byte	0	1	2	3...

Struktura přijímací zóny

STAT - status vysílání a příjmu

	ARC	TRF	ROV	RCF	X	X	CTS	DSR
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

- ARC - alternace příjmu
 - při nově přijaté zprávě dojde ke změně bitu
- TRF - vysílací zásobníky jsou plné, zápis další zprávy bude neplatný (log. 1)
- ROV - přetečení (log. 1)
 - přijatá zpráva je delší, než vyhrazená přijímací zóna
- RCF - přijímací zásobníky jsou zaplněny, dojde ke ztrátě již přijaté zprávy (log. 1)
- CTS - stav signálu CTS (připravenost k vysílání)
- DSR - stav signálu DSR

ERR - chyba příjmu

NUMR - počet přijatých bytů

DATR - přijata zpráva

Struktura vysílací zóny

CONT - řízení vysílání a příjmu

	ACN	CLR	TRG	X	X	X	X	X
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

- ACN - alternace řízení
 - při změně bitu dojde k akceptování hodnot ostatních bitů CONT
- CLR - vymazání vysílacích a přijímacích zásobníků (log. 1)
- TRG - spuštění vysílání zprávy (log. 1)

SIGN - řízení modemových signálů

	X	X	X	X	X	X	RTS	DTR
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

RTS - řízení signálu RTS

DTR - řízení signálu DTR

NUMT - počet vysílaných bytů

DATT - vysílaná zpráva

Zásobníky sériového kanálu

Předávání zpráv určených k odvysílání z uživatelského programu do vnitřního vysílacího zásobníku sériového kanálu a přebírání přijatých zpráv z vnitřního přijímacího zásobníku sériového kanálu do uživatelského programu je prováděno výhradně v otočce cyklu se zajištěnou časovou konzistencí dat (tj. shodné „stáří“ všech bytů zprávy).

Sériový kanál má přijímací zásobník a vysílací zásobník, každý o velikosti 252 bytů dat.

Postup při vysílání zprávy

Do vysílací zóny sériového kanálu zapíšeme zprávu, nastavíme bit TRG v bytu CONT na log 1 a změníme hodnotu bitu alternace ACN. Vysílání další zprávy aktivujeme opět změnou hodnoty bitu alternace ACN (bit TRG stále v log.1). Pokud budeme chtít pouze smazat zásobníky a nevysílat, musíme před alternací bitu ACN bit TRG vynulovat.

Postup při příjmu zprávy

Přijme-li sériový kanál zprávu, předá ji v otočce cyklu do přijímací zóny v zápisníku PLC. Bit ARC v bytu STAT změní hodnotu (alternuje).

Pokud je přijata zpráva delší, než je velikost přijímací zóny v zápisníku, je bit ROV v bytu STAT nastaven na log 1.

Vymazání vysílacích a přijímacích zásobníků

Nastavením bitu CLR v bytu CONT na log1 provedeme vymazání vysílacích a přijímacích zásobníků. Všechny zprávy, které zde byly uloženy, budou ztraceny. Nastavení jednotky se nemění. Bit je třeba v následujícím cyklu opět vynulovat

Tento příkaz lze kombinovat s příkazem vysílání, vymazání zásobníků se provede vždy jako první.

Alternace bitu ACN v bytu CONT je podmínkou pro akceptování tohoto příkazu.

Režim UNI se používá v případech, kdy potřebujeme komunikovat způsobem, který není slučitelný s ostatními dostupnými režimy (PC, PLC, MAS, MPC). Z předchozího popisu je zřejmé, že uživatelská definice sériového kanálu je velmi obtížná záležitost a jelikož zde není nic implicitně přednastaveno, musí uživatel předat systému také velké množství dat o způsobu komunikace v síti, které původně nastavovat ani nechtěl. V případě, kdy je však nutné založit komunikační protokol na vlastním modelu, nebo komunikovat s jiným zařízením než PLC TECOMAT / TECOREG, není jiná možnost.

3.6 Nastavení sériového kanálu

Nastavení sériového kanálu se provádí v režimu "nastavení parametrů CPU". Tento režim se u PLC Tecomat TC 500 aktivuje současným stiskem tlačítek šipka vlevo a šipka vpravo a u TC 600 současným stiskem tlačítka SET a MODE při zapnutí napájení PLC. Režim SET se ohlásí zobrazením tří vodorovných čar nad sebou. Možné parametry CPU ukazují tab.3.15.

Tab. 3.15 Nastavitelné parametry CPU (v pořadí zleva doprava a po řádcích)

Nastavovaný Objekt	Nastavitelné parametry / nastavení					
	Kanál CH1	- (režim/PC)	adresa	Rychlost	prodleva odpovědi	detekce CTS ²⁾
Kanály CH2 a CH3 ¹⁾	Vypnout/OFF	-	-	-	-	-
	režim/PC	adresa	Rychlost	prodleva odpovědi	detekce CTS ²⁾	parita ⁴⁾
	režim/PLC	adresa	Rychlost	-	-	-
	režim/MAS	-	Rychlost	dopravní zpoždění	detekce CTS ²⁾³⁾	parita ⁴⁾
	režim/ uni ⁵⁾	-	-	-	-	-
Zdroj. paměť programu	užití					

¹⁾ Kanál CH3 obsahují pouze TC 600 s ZN osazené volitelným komunikačním piggybackem

²⁾ Detekce signálu CTS je možná pouze s rozhraním RS-232

³⁾ Detekci signálu CTS v režimu MAS lze nastavit pouze pro CH2

⁴⁾ Nastavení parity je zavedeno od verze systémového programového vybavení 7.4 a verze programového vybavení piggybacků MR-14, MR-15 1.6

⁵⁾ V režimu uni je nastavení kanálu součástí inicializační tabulky v uživatelském programu

Nastavení parametrů

1) *Režim kanálu*: C"číslo sériového kanálu" - "režim"

Např.: C2-PLC

2) *Adresa*: A"číslo sériového kanálu" - "adresa sériového kanálu".

Např.: A2-0

3) *Komunikační rychlost*: S"číslo sériového kanálu" - "komunikační rychlost"

Např.: S2 - 19_2

Tab. 3.16 Seznam dostupných přenosových rychlostí CH1, CH2 a CH3 v různých režimech

Režim	Rychlost
PC	0,6kB/s – 57,6kB/s
MAS	0,6kB/s – 57,6kB/s
PLC	9,6kB/s-230,4kB/s

4) *Prodleva odpovědi/ dopravní zpoždění*: t"číslo sériového kanálu" - "doba prodlevy"

Např. t2-10

Prodleva odpovědi se nastavuje v režimu PC a dopravní zpoždění v režimu MAS

5) *Detekce CTS*: CTS"číslo sériového kanálu" - "stav"

Stav: "ON" nebo "OFF"

Např. CTS2-on

6) *Režim parity*: PAR"číslo sériového kanálu" - "stav"

Stav: "ON" nebo "OFF"

Např. PAR2-off

Režim parity se nastavuje pouze u režimu PC a MAS

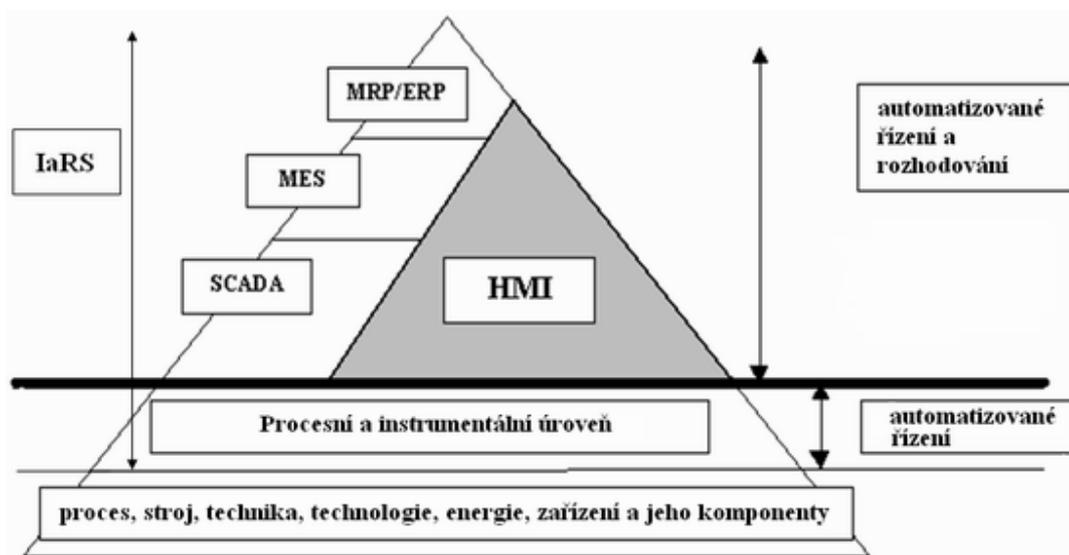
4 Vizualizace

Vizualizace procesu znamená použití teoretických, technických, programových a komunikačních prostředků v průmyslovém podniku na zviditelnění definovaných objektů týkajících se technologického procesu a jeho automatického řídicího systému s cílem podpory rozhodování a řízení v reálném čase.

V procesní vizualizaci nejde jen o grafické zobrazení objektů, ale o všechny činnosti týkající se jejich definování a zpracování údajů, které s nimi souvisí. Vizualizace je největší částí uživatelského rozhraní mezi procesem, automatickým řídicím systémem a člověkem, který vystupuje jako uživatel na různých úrovních bezpečnostního, informačního a řídicího systému. Z tohoto důvodu se v současnosti považují za synonyma pojmy Vizualizační systémy a systémy SCADA/HMI (Supervisory Control and Data Acquisition/ Human Machine Interface).

Současné modely průmyslových informačních a řídicích systémů - IaRS jsou převážně hierarchické (pyramidové) s prvky fyzické a logické distribuce, integrace jako celku, otevřené a stupňovatelné (scalable). Jednotliví světoví výrobci automatizace navrhnou své vlastní modely, které jsou přizpůsobeny jejich zaměření a výrobě. Pyramida IaRS na obr 4.1 je pouze jedna z variant pojetí IaRS s automatizovanými úrovněmi:

- SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition
- MES – Manufacturing Execution System
- ERP/MRP – Enterprise Resource Planing/ Manufacturing Resource Planning



Obr. 4.1 Pyramidová hierarchie systému IaRS

Další podstatnou skutečností je to, že vizualizace procesu se vztahuje přímo k technologickému a výrobnímu procesu v reálném čase, který je dán příslušnou úrovní řízení.

Vizualizace dělíme principiálně na:

- Hardwarovou
- Softwarovou

Hardwarová vizualizace je tvořena převážně operátorskými panely, které jsou přes komunikační rozhraní připojeny k systému. Svým mechanickým provedením umožňují montáž do rozváděčových nebo ovládacích skříní v blízkosti sledované a řízené technologie.

Softwarová vizualizace slouží pro grafické znázornění a ovládání technologických procesů. Zpravidla se jedná o dvojici programu - vývojářská aplikace + vlastní vizualizační nástroj. Jedná se o vektorovou grafiku, která je parametrizována transformovanými vstupy z technologického procesu. Operátor zároveň může s objekty manipulovat a jeho interakce se zpětně přenáší jako řídicí signál vizualizovaného procesu. Implementací SW vizualizace existuje velké množství (např. FactorySuite, Fix, ControlPanel, IGSS). Obecně všechny tyto programy umožňují nejen sledování a řízení technologického procesu, ale dále umožňují také zpracovávat vstupní data, vytvářet trendy nebo spolupracovat s SQL databázemi.

Vzhledem k dostupnosti vizualizačních nástrojů na katedře jsem nakonec zvolil následující dvě softwarové vizualizace:

- Intouch 8 jako součást FactorySuite od firmy Wonderware
- Reliance 3 od firmy Geovap doporučené pro PLC Tecomat

4.1 Hardwarová vizualizace

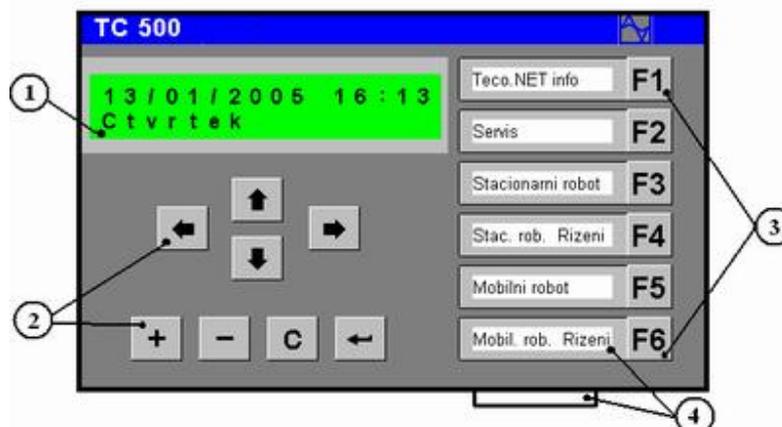
Pro hardwarovou vizualizaci byl zvolen PLC automat řady TC500, konkrétně model TC-503. PLC řady TC500 jsou volně programovatelné logické systémy, určené pro řízení pracovních strojů a technologických procesů. Jedná se o kompaktní systém s integrovaným ovládacím (operátorským) panelem. Jejich provedení je navrženo tak, aby umožňovaly vestavbu do dveří nebo čelních stěn rozvodných skříní.

Ovládací panel

Ovládací panel je určen především k zadávání parametrů uživatelského programu a zobrazování důležitých provozních stavů vyhodnocených uživatelským programem. Kromě těchto funkcí, které jsou plně realizovány uživatelským programem, je panel využíván systémem k zobrazení diagnostických hlášení a při nastavování parametrů CPU. Ovládací část panelu je realizována fóliovou klávesnicí, která souvisle kryje i dvouřádkový podsvícený displej. Zasouvací označovací štítek univerzálních funkčních tlačítek poskytuje možnost optimálního přizpůsobení popisu tlačítek konkrétní aplikaci. Parametry ovládacího panelu jsou uvedeny v tab. 4.1. Vlastní provedení panelu ukazuje obr. 4.2.

Tab. 4.1 Parametry ovládacího panelu PLC řady TC500

Displej	Podsvícený LCD
Počet znaků	2 x 16
Výška znaků	5 mm
Klávesnice	Fóliová
Počet tlačítek	14



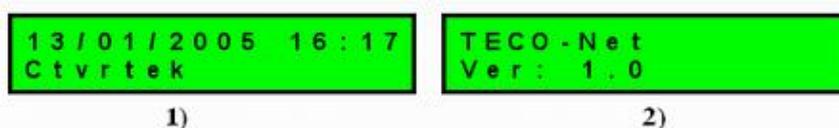
- 1 LCD displej
- 2 editační tlačítka
- 3 funkční tlačítka
- 4 označovací štítek

Obr. 4.2 Uspořádání ovládacího panelu PLC řady TC500

Vlastní ovládání

Ovládání celého systému je navrženo pomocí sad obrazovek, přepínaných pomocí funkčních kláves F1 až F6. Celkové schéma obrazovek je uvedeno v příloze A. Pohyb mezi jednotlivými obrazovkami v sadě provádíme kurzorovými klávesami „↑“ a „↓“.

Funkční blok obrazovek klávesy F1 obsahuje informace s aktuálním časovým údajem a informaci o verzi ovládacího software, obr. 4.3.



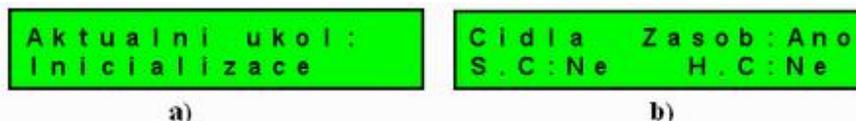
Obr. 4.3 Funkční blok obrazovek klávesy F1

Centrální ovládání a sledování systému se provádí v bloku obrazovek klávesy F2. První obrazovka ukazuje v přehledu aktuální stav systému (nastavení TotalStopu, StavŘízení a připojení stanic), obr 4.4a. Vlastní změna proměnných TotalStop a StavŘízení se provádí v druhé a třetí obrazovce stiskem klávesy „←“, obr.4.4b. Poslední obrazovka informuje o stavu připojení ovládaných PLC, obr 4.4c.



Obr. 4.4 Funkční blok obrazovek klávesy F2

Ke sledování a ovládání stacionárního robota, jsou použity sady obrazovek funkčních kláves F3 a F4. Sada funkčních obrazovek F3 obsahuje informace o aktuálním prováděném úkolu robota (obr 4.5a) a o stavu vnějších čidel zásobníku a dopravního pásu (obr 4.5b).

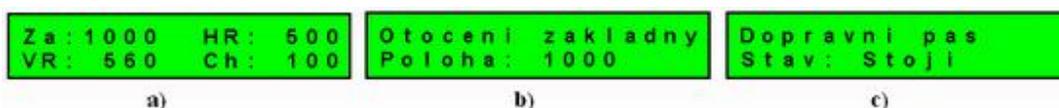


Obr. 4.5 Funkční blok obrazovek klávesy F3

Sada obrazovek pro sledování a vlastní řízení robota ve všech dostupných souřadnicích klávesy F4 obsahuje dvě verze podle aktuálního stavu řízení.

Automatický režim

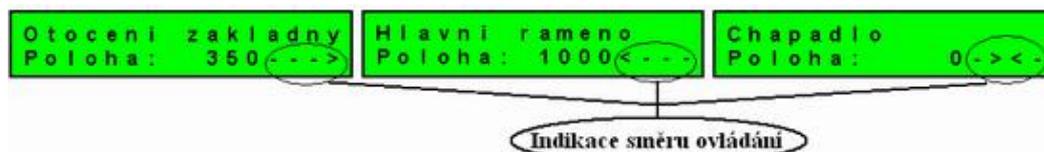
V automatickém režimu obsahuje první obrazovka ucelené informace o stavu všech souřadnic robota (obr 4.6a). Další obrazovky ukazují hodnoty po jednotlivých souřadnicích (obr 4.7b). Poslední pak o stavu dopravního pásu (obr 4.6c).



Obr. 4.6 Funkční blok obrazovek klávesy F4 v automatickém režimu

Manuální režim

V manuálním režimu je možné ručně ovládat jednotlivé souřadnice. Ovládání probíhá v obrazovce vybrané souřadnice stiskem kláves „+“ pro inkrementaci a „-“ pro dekrementaci souřadnice. Klávesa „C“ pak chod robota zastaví. Směr pohybu robota je indikován šipkou v pravém dolním rohu obrazovky, obr 4.7.



Obr. 4.7 Funkční blok obrazovek klávesy F4 v manuálním režimu

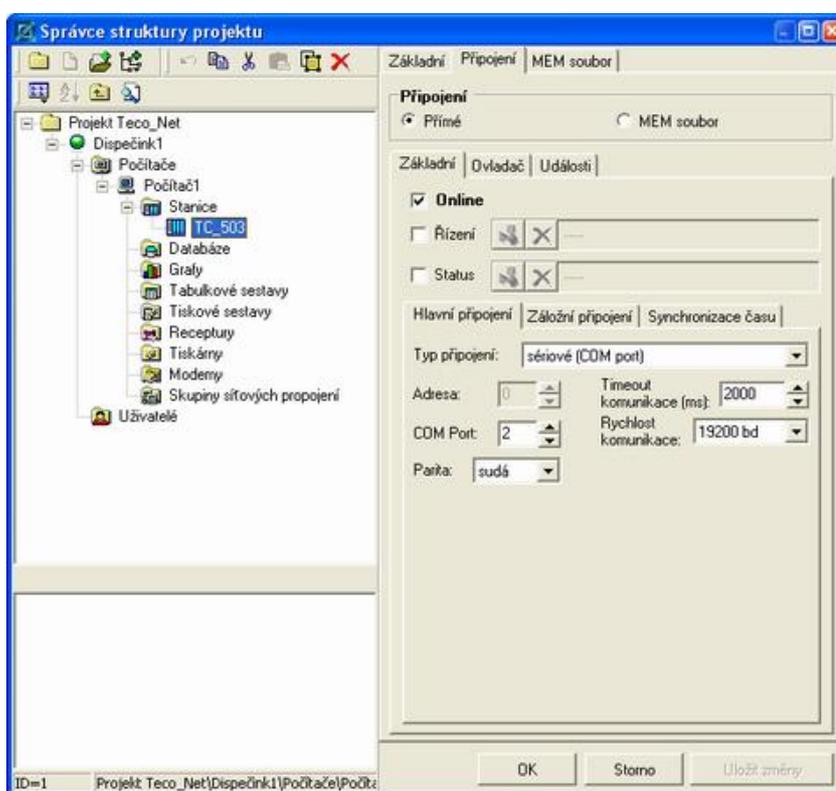
Ovládání mobilního robota se provádí sadou obrazovek kláves F5 a F6. Protože jejich provedení a ovládání je totožné se stacionárním robotem, není nutné je zde uvádět.

Pravidla pro řízení

Z hlediska bezpečnosti a funkčnosti celého systému, jsou zavedena jistá pravidla řízení. V případě připojení nebo odpojení kterékoliv stanice, je celý systém uveden do stavu TotalStop a manuálního řízení. Zároveň je na všechny stanice odeslán požadavek o provedení inicializace všech souřadnic. V průběhu inicializace nelze kromě funkce TotalStop provádět žádné řízení ani změnu nastavení. Aktuálně lze ovládat pouze jednu souřadnici robota. Řídicí systém je vybaven funkcí detekce možné kolize obou robotů v průběhu automatického řízení. Tato funkce zabraňuje případné srážce obou robotů.

4.2 Reliance

Reliance je moderní SCADA/HMI systém určený pro monitorování a ovládání průmyslových technologií. Umožňuje řadu funkcí jako například ukládání dat do SQL databáze a jiné. Protože výrobce a distributor Reliance, firma Geovap je partnerem firmy Teco, obsahuje Reliance ovladače pro přímou komunikaci se všemi PLC automaty řady Tecomat a Tecoreg. Velkou výhodou je i možnost připojit vizualizaci k vývojovému prostředí Mosaic, které obsahuje simulátor PLC automatů řady Tecomat. Pro vytvoření vlastní vizualizace byla použita Reliance nejvyšší aktuálně dostupné verze 3.5.4 (Sestavení 5176). Vlastní nastavení Reliance pro komunikaci s PLC automatem zobrazuje obr 4.8.



Obr. 4.8 Dialog Reliance pro nastavení komunikace s TC-503

Dalším nastavením je definice předávací zóny a interval čtení z PLC. Interval čtení dat z předávací zóny PLC je přednastavena na 500 ms. Tato hodnota plně dostačuje pro časově nenáročné aplikace. V případě příliš velké předávací zóny a krátkého intervalu čtení, dochází k velkému zatížení jak PLC, tak i vizualizace.

Jednotlivé proměnné v prostředí Reliance jsou přímo mapovány na registry v předávací zóně. Konkrétní rozmístění řídicích a stavových slov v předávací zóně včetně jejich adresy jsou uvedeny na obr. 4.9. Přesný význam jednotlivých řídicích a stavových slov je uveden v kapitole 5.2

R 800	S-COM
R 801	S-Zakladna
R 803	S-HI_Rameno
R 805	S-Ve_Rameno
R 807	S-Chapadlo
R 809	S-Cidla
R 810	S-Ukol
R 811	M-Podvozek
R 813	M-Zakladna
R 815	M-HI_Rameno
R 817	M-Ve_Ramenc
R 819	M-Chapadlo
R 821	M-Cidla
R 822	M-Ukol
R 823	S-COM
R 824	Stac-COM
R 826	S-COM
R 827	Mob-COM

Obr. 4.9 Rozmístění řídicích a stavových slov v předávací zóně pro Vizualizace

Celý systém grafické vizualizace se skládá ze základního navigačního menu, dvou oken pro vlastní vizualizaci řízených robotů, okna zobrazujícího aktuální stav sítě PLC a malého dialogového okna pro základní ovládání systému.

Centrální ovládání

K základnímu ovládání systému slouží malé dialogové okno obsahující tlačítka pro ovládání funkce TotalStop a StavŘízení. Zároveň je zde zobrazena informace o připojených stanicích. Tento dialog je zobrazen na obr. 4.10.



Obr. 4.10 Dialog centrálního řízení v prostředí Reliance

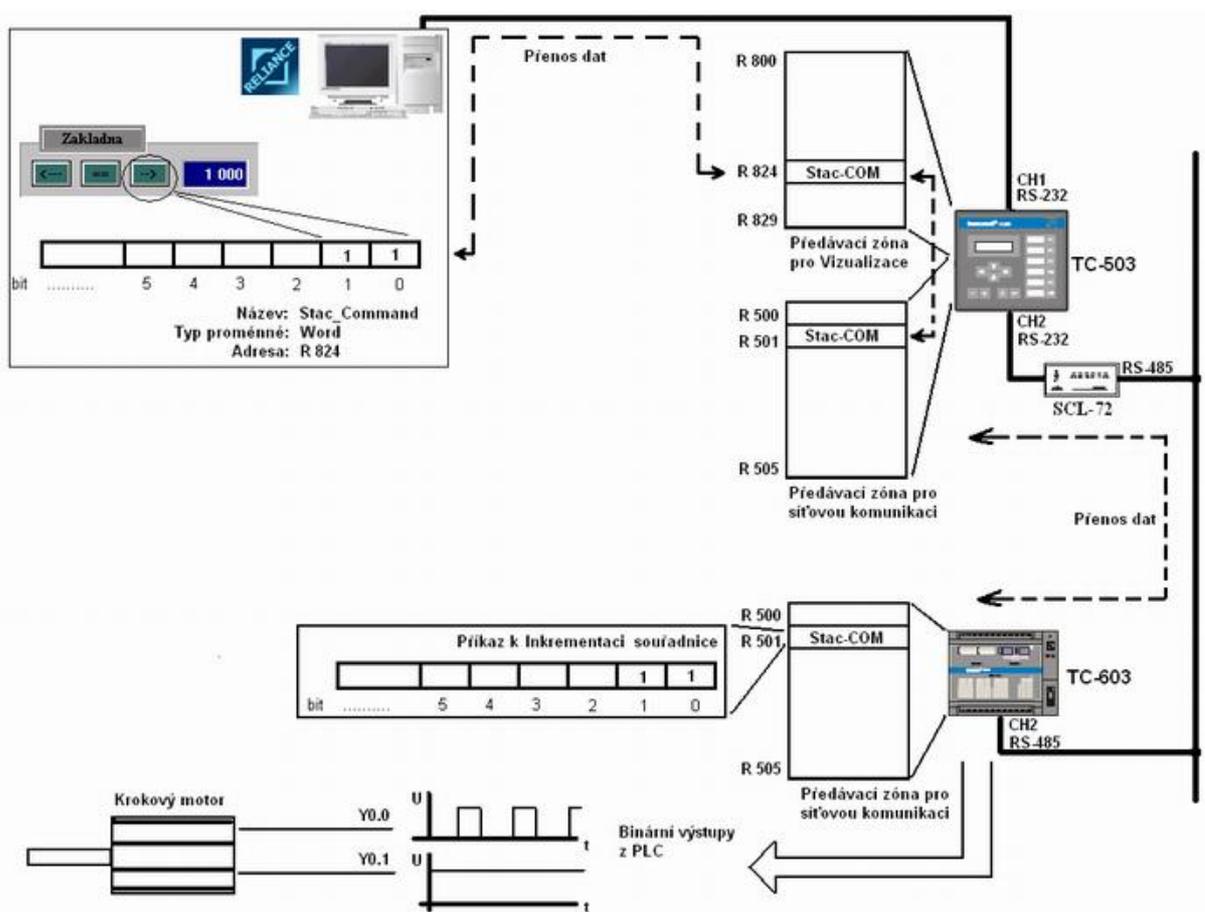
Manuální režim

V případě manuálního režimu probíhá řízení jednotlivých souřadnic robota pomocí tří tlačítek. Jedná se o tlačítka pro inkrementaci a dekrementaci souřadnice a zastavení. Z důvodu lepší ovladatelnosti softwarové vizualizace, než v případě operátorského režimu, je zde dovoleno ovládat všechny souřadnice najednou. Pro případ nouzového zastavení je zde kromě funkce TotalStop i tlačítko v dolní části ovládacího panelu označené jako „Stop“. To na rozdíl od funkce TotalStop pouze zastaví pohyb u všech ovládaných souřadnic jednoho robota. Část ovládacího panelu pro manuální režim ukazuje obr. 4.11. Blokové schéma vlastního průběhu manuálního řízení jedné souřadnice je na obr. 4.12.

Celkový vzhled vizualizačních obrazovek je uveden v příloze B,C a D.



Obr. 4.11 Část ovládacího panelu pro manuální režim v prostředí Reliance



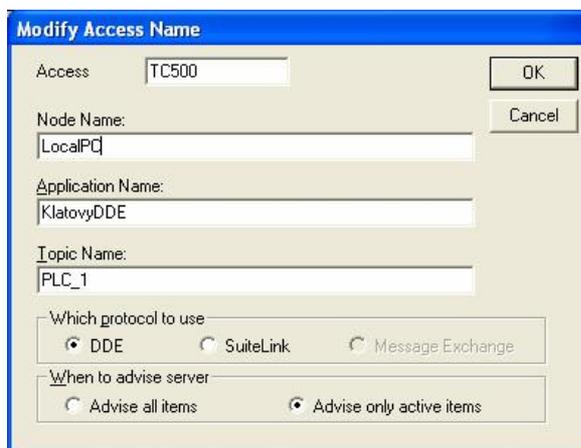
Obr. 4.12 Blokové schéma manuálního řízení jedné souřadnice pomocí Vizualizace

4.3 InTouch

InTouch jako součást programového balíku FactorySuite je po celém světě velmi rozšířený software pro vytváření komplexních aplikačních programů kategorie SCADA/HMI. Tyto programy zajišťují dohled nad nejrůznějšími technologickými procesy prostřednictvím PC s operačním systémem typu Windows od společnosti Microsoft. Software InTouch je určen k tvorbě vlastních aplikací HMI i jako společný nástroj k tvorbě uživatelských rozhraní (front-end) pro další systémy z integrované skupiny softwarových produktů pro průmyslovou automatizaci Wonderware FactorySuite A2. Ta umožňuje názorně zviditelňovat, analyzovat a optimalizovat technologické procesy (systémy Industrial Application Server, InTrack, InBatch, IndustrialSQL Server, DT Analyst aj.).

Protože vizualizace Intouch nemá integrovaný ovladač pro komunikaci s PLC Teco, je nutné použít externí DDE server. Jedná se o KlatovyDDE server výrobek plzeňské aplikační skupiny při ZČU. Po spuštění tohoto serveru je nutné nejprve zadat parametry sériové komunikace mezi ním a PLC.

Dalším krokem je při vytvoření projektu nakonfigurovat přístupový bod do DDE serveru. Konfigurace se provádí podle obr. 4.13



Obr. 4.13 Konfigurace přístupového bodu DDE v prostředí InTouch

Jelikož provedení vizualizace a ovládání modelu v prostředí InTouch je shodné s předchozí vizualizací Reliance, nebudu ji zde již popisovat.

5 Návrh sítě PLC automatů

Jak již bylo řečeno v úvodu, cílem této práce je navrhnout síť PLC automatů a aplikovat ji na vhodný laboratorní model. Jako model byl zvolen stacionární a mobilní robot umístěný v laboratoři K09. K ovládní robotů jsou použity dva PLC automaty Tecomat TC-603. Protože u těchto modelů není dostatek binárních výstupů k ovládní robotů, jsou obě PLC doplněny rozšiřujícím modulem TC-631, který obsahuje 8 binárních vstupů a výstupů. Jako ovládacího prvku je použito kompaktního PLC TC-503, který je vybaven integrovaným operátorským panelem a zároveň tak splňuje funkci HW vizualizace. Pro připojení obou SW vizualizací je použit standardní PC se sériovým rozhraním RS-232.

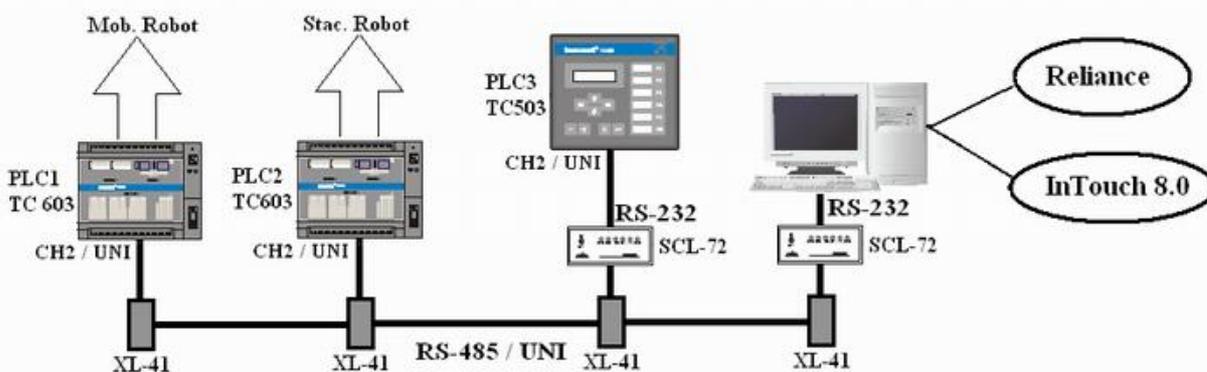
5.1 Navrhovaná řešení

Navrhovaných řešení je několik. Ne všechna se ukázala jako realizovatelná a splňující všechna zadání úlohy.

5.1.1 Síť s využitím UNI režimu

Prvním návrhem bylo realizovat síť, kde by všechna zařízení byla připojena na společnou sběrnici RS-485 s využitím komunikačního režimu *uni*. Tento režim byl popsán v kapitole 3.5.5. Je to plně uživatelsky nastavitelný sériový protokol s vlastní definicí počátečního a koncového znaku, délky zprávy, parity a dalších nastavení které lze u Uni režimu definovat.

Schéma takové sítě je na obr.5.1. Všechna zařízení jsou připojena ke sběrnici RS-485 pomocí rozbočovačů XL-41. U TC-603 je použit druhý sériový kanál CH2 s piggybackem MR-04. Model TC-503 má však pevně osazené všechny sériové převodníky. Rozhraní RS-485 je dostupné pouze u prvního sériového kanálu CH1. Ten však není možné nastavit do režimu Uni. Druhý sériový kanál CH2 je osazen převodníkem rozhraní RS-232, avšak s možností nastavení do režimu Uni. Proto použijeme kanál CH2 s převodníkem rozhraní SCL-72. Tento převodník mezi RS-232 a RS-485 použijeme i k připojení PC.

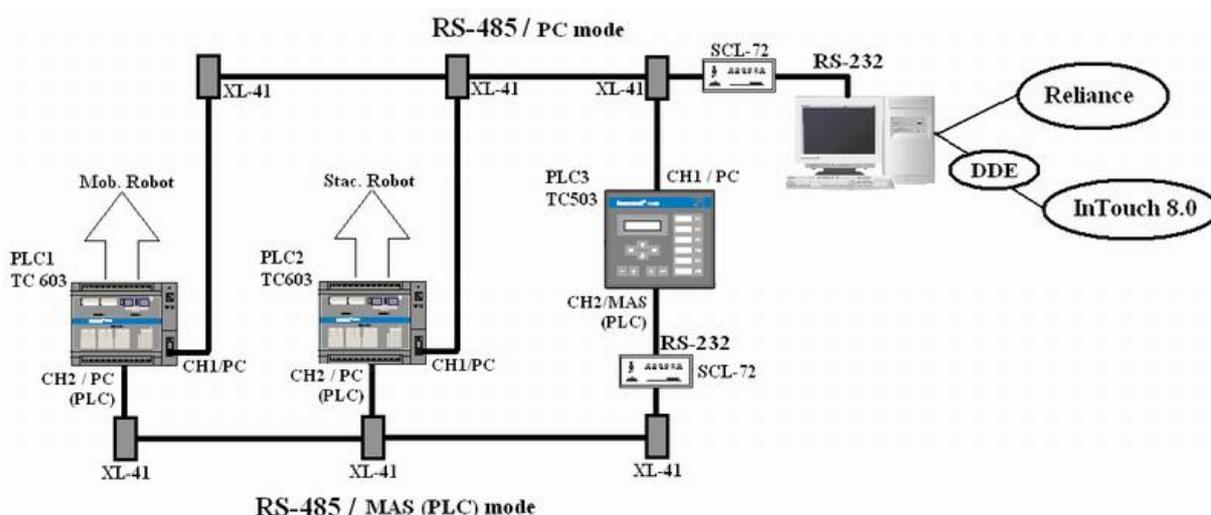


Obr. 5.1 Schéma sítě PLC s využitím režimu UNI

Hlavní myšlenkou této varianty bylo navrhnout takový sériový protokol, který by dokázal komunikovat s vizualizačním programem InTouch bez použití DDE serveru. Toto řešení se po konzultacích s výrobcem Tecoma a.s. ukázalo jako nerealizovatelné z následujících důvodů: Režim *uni* je určen pouze ke komunikaci PLC automatu a nestandardního zařízení jako např. čtečky čárových kódů, inteligentních čidel atd. Realizace sériové komunikace mezi dvěma a více PLC nebo mezi PLC a PC by byla velice náročná a neefektivní s ohledem na fakt, že PLC Tecomat již mají k těmto účelům předdefinované režimy komunikace (viz. kapitola 3.5). Druhým vážným důvodem je nemožnost navázat komunikaci mezi PLC a vizualizací Reliance v jiném režimu než PC.

5.1.2 Síť se zdvojenou sběrnici

Druhou variantou je síť, která využívá dvě nezávislé sběrnice. Tato varianta se snaží řešit problémy vzniklé v předchozí verzi. Komunikace mezi PLC a vizualizací je realizována pomocí sběrnice RS-485. Protože je zde použit režim PC, je možné u TC-503 využít první sériový kanál CH1, který obsahuje převodník rozhraní RS-485 a je trvale nastaven do režimu PC. Pro připojení k PC je nutné použít převodník rozhraní SCL-72. Schéma sítě je na obr. 5.2.



Obr. 5.2 Schéma sítě PLC se zdvojenou sběrnici

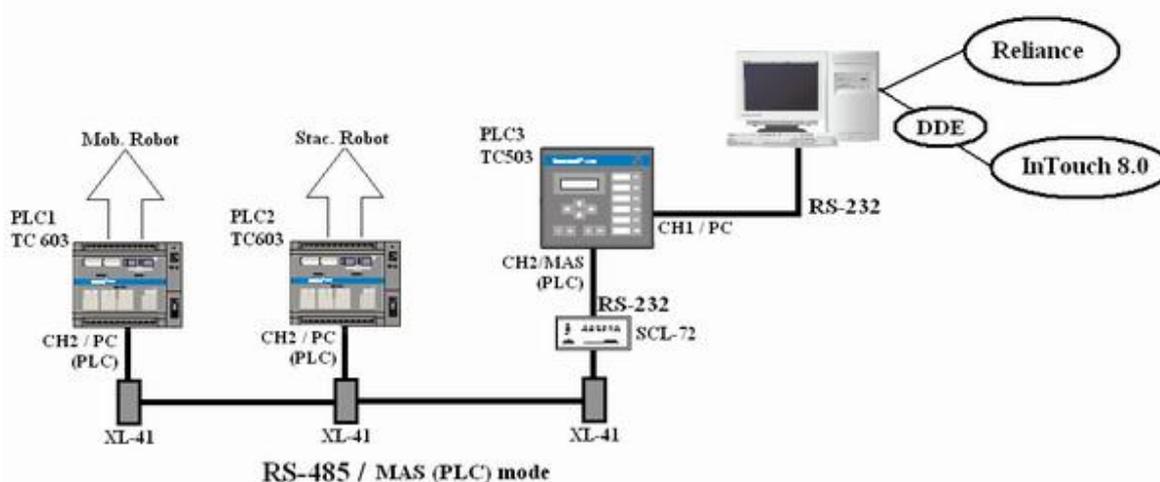
Nyní je již možné bez problému připojit obě vizualizace k PLC. V případě vizualizace InTouch je nutné použít DDE server. Vizualizace v tomto případě funguje jako server a řídí přenos dat mezi PLC a PC. Aby bylo možné ovládat model pomocí operátorského panelu, je nutné přenášet řídicí data z TC-503 do ostatních PLC pomocí skriptu ve vizualizacích. Toto řešení přináší jistá omezení. Prvním je časově omezené cyklické spouštění skriptu a interval předávání dat z komunikační zóny mezi PLC a vizualizací. S ohledem na použitý operační systém a celkovou odezvu vizualizací spouštěných na platformě Windows, není vhodné vzhledem k možnému zatížení vizualizace spouštět cyklické skripty s časem opakování menším než 500 ms. Druhým omezením je kompletní výpadek řízení v případě odpojení PC nebo vizualizace.

Tato omezení se obejdou použitím druhé sběrnice RS-485, kterou se přenáší data mezi jednotlivými PLC. V tomto případě bude nejvýhodnější použít některého z předdefinovaných režimů komunikace, např. PLC nebo MAS-PC.

Ani toto řešení není vhodné z hlediska nutnosti použít dvou sběrnic RS-485 a dvojnásobného počtu rozbočovačů XL-41.

5.1.3 Síť se sdílením dat

Síť se sdílením dat kombinuje prvky obou předchozích řešení. Všechna data mezi jednotlivými PLC jsou přenášena po jedné sběrnici RS-485. Je zde použit komunikační režim PLC nebo MAS-PC. Obě vizualizace jsou připojené pomocí linky RS-232 v režimu PC na první sériový kanál CH1 TC-503. Schéma sítě je na obr 5.3.



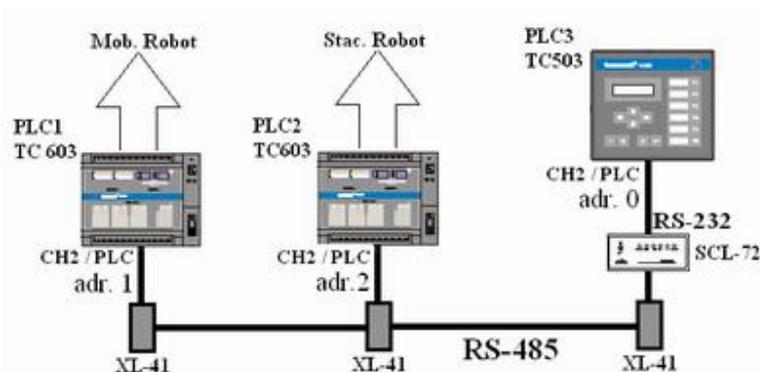
Obr. 5.3 Schéma sítě PLC se sdílením dat

Tato varianta byla vyhodnocena jako nejlepší a je použita pro realizaci úlohy. Její bližší specifikace je obsahem následující kapitoly.

5.2 Řešení PLC sítě se sdílením dat

Navrhované řešení uvedené v kapitole 5.1.3 a označené jako síť se sdílením dat, bylo zvoleno pro svou HW nenáročnost a proto, že splňuje všechna zadání úlohy.

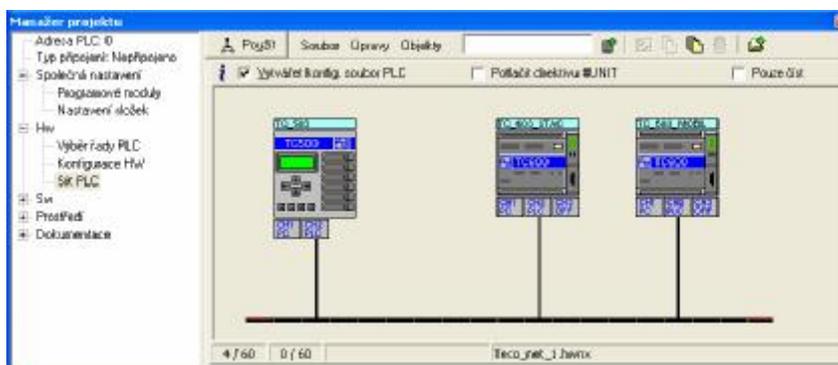
Jak je patrné z obr. 5.4, jsou všechna tři PLC propojena pomocí sběrnice RS-485 a rozbočovačů XL-41. Protože u TC-503 je k připojení na sběrnici využit druhý sériový kanál CH2 (první sériový kanál CH1 slouží k připojení vizualizace), je nutné použít jeden převodník sériového rozhraní SCL-72.



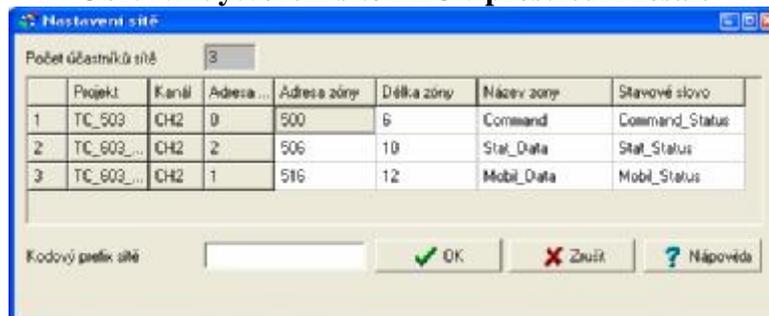
Obr. 5.4 Propojení automatů v režimu PLC

Pro vlastní vedení linky je použit TP kabel používaný pro počítačové sítě. Jeden pár vodičů slouží pro vlastní přenos dat (\pm TxRx), druhý pak pro rozvod +5V a GND. Zbylé vodiče slouží jako stínění. Vedení je zakončeno na obou stranách dvěma rezistory 360 Ω dle obr. 3.20a. Jako převodníku rozhraní mezi RS-232 a RS-485 je použit SCL-72.46 s napájecím napětím 24V, držákem pro montáž do DIN lišty a plastovým krytem.

Původním návrhem bylo použít komunikační režim MAS-PC. PLC automat TC-503 by zde pracoval jako master v režim MAS a zbylé dva TC-603 jako slave v režimu PC. Později se ukázalo, že toto řešení má zásadní problém. Podřízená stanice, tedy stanice v režimu PC není schopna detekovat odpojení resp. přerušování komunikace s nadřízeným automatem. Což v případě řízení běhu robota a výpadku řízení může vést k fyzické kolizi obou robotů. Proto zde byl použit komunikační režim PLC, označený jako režim se sdílením dat (kapitola 3.5.2).



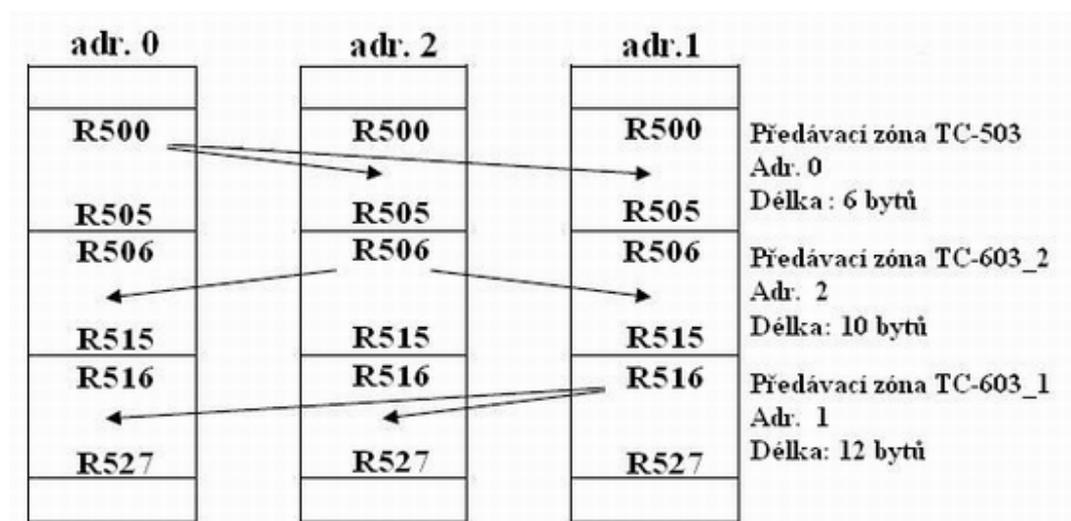
Obr. 5.5 Vytvoření sítě PLC v prostředí Mosaic



Obr. 5.6 Definice nastavení sítě PLC v prostředí Mosaic

Vytvoření takovéto sítě a definice jejich parametrů v programovacím prostředí Mosaic je patrné z obr. 5.5 a obr. 5.6.

U režimu PLC jsou ve všech systémech vyhrazeny předávací zóny pro každého účastníka sítě na stejných registrech (předávací zóna dat z jednoho zařízení je vždy umístěna na stejných registrech ve všech ostatních zařízeních připojených do sítě). To zajišťuje vysokou propustnost sítě, protože stejné rozmístění předávacích zón ve všech zařízeních dovoluje přenos jednoho bloku dat vždy do všech účastníků sítě zároveň. V tomto případě to znamená, že řídicí PLC TC-503, musí obsahovat v zóně řídicí data pro obě zbylá PLC, a ty přenášejí data o poloze robotů mezi sebou. Toto samozřejmě není z hlediska přenášeného objemu dat optimální, přesto je tento režim nejrychlejší. Přesné umístění předávacích zón ukazuje obr. 5.7.



Obr. 5.7 Konkrétní rozmístění předávacích zón v síti PLC

Struktura předávací zóny TC-503

Předávací zóna automatu TC-503 obsahuje řídicí data pro PLC, která ovládají jednotlivé roboty. Zóna má velikost 6 bytů, tj. 3 byty pro jeden řídicí automat. První a čtvrtý byte je shodný a obsahuje informace o nastavení celého systému. Druhý a třetí byte společně tvoří řídicí slovo pro ovládání stacionárního robotu v manuálním režimu. Pátý a šestý byte tvoří řídicí slovo pro mobilního robotu.

Popis jednotlivých bytů předávací zóny

	S-COM	Stac-COM	S-COM	Mob-COM
Byte	0	1	2	3

- S-COM - stavový byt nastavení systému
- Stat-COM - řídicí slovo pro ovládání stacionárního robota v manuálním režimu
- Mob-COM - řídicí slovo pro ovládání mobilního robota v manuálním režimu

Popis jednotlivých bitů s řídicího bytu S-COM

	X	X	X	X	Hold	Init	Rz	TStop
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

- TStop - TotalStop log. 1 nastaven
log. 0 nenastaven
- Rz - Režim řízení log. 1 automatický režim
log. 0 manuální režim
- Init - Příkaz k provedení inicializace souřadnic
- Hold - Pozastavení robota v důsledku možné kolize

Řídicí slova pro manuální ovládání robotů

Pro ovládání robota v manuálním režimu je použito stavové slovo, kde pro každou z ovládaných souřadnic jsou vyhrazeny dva bity. Význam těchto bitů je v tab. 5.1.

Tab. 5.1 Význam řídicích bitů u souřadnicového ovládání

bit X2	bit X1	Význam
0	0	Stop
0	1	Dekrementace
1	0	Inkrementace
1	1	-

Řídicí slovo Stac-COM pro ovládání stacionárního robota

	X	X	X	X	X	X	X	Pas	Ch2	Ch1	Ve2	Ve1	Hl2	Hl1	Za2	Za1
bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

- Za1,2 - Otáčení základny
- Hl1,2 - Ovládání hlavního ramene
- Ve1,2 - Ovládání vedlejšího ramene
- Ch1,2 - Sevření chapadla
- Pas - Ovládání dopravníkového pásu

Řídicí slovo Mob-COM pro ovládání mobilního robotu

	X	X	X	X	X	X	Pd2	Pd1	Ch2	Ch1	Ve2	Ve1	Hl2	Hl1	Za2	Za1
bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

- Za1,2 - Otáčení základny
- Hl1,2 - Ovládání hlavního ramene
- Ve1,2 - Ovládání vedlejšího ramene
- Ch1,2 - Sevření chapadla
- Pd1,2 - Ovládání podvozku

Struktura předávací zóny TC-603 ovládající stacionárního robotu

Předávací zóna obsahuje data o všech souřadnicích robotu, informace z čidel a informace o aktuálně prováděné činnosti. Velikost předávací zóny je 10 bytů. Jednotlivé souřadnice jsou ve formátu word (2 byty).

	S-Zakladna		S-Hl_rameno		S-Ve_rameno		S-Chapadlo		S-Cidla		S-Stav	
Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

- S-Zakladna - Souřadnice natočení základny
- S-Hl_rameno - Souřadnice vychýlení hlavního ramene
- S-Ve_rameno - Souřadnice vychýlení vedlejšího ramene
- S-Chapadlo - Souřadnice sevření chapadla
- S-Cidla - Informace o stavu vstupních čidel
- S-Stav - Aktuální stav činnosti
 - 0 - chyba
 - 1 - inicializace
 - 2-11 - informaci o právě prováděném kroku v automatickém režimu
 - 12 - manuální režim

Informace o stavu čidel S-Cidla

	X	HC	SC	ZS	X	X	X	PD
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

- PD - Pohon dopravníku
- ZS - Indikace válečku v zásobníku
- SC - Spodní čidlo dopravníku
- HC - Horní čidlo dopravníku

Struktura předávací zóny TC-603 ovládající mobilního robotu

Předávací zóna obsahuje data o všech souřadnicích robotu, informace z čidel a informace o aktuálně prováděné činnosti. Velikost předávací zóny je 12 bytů. Jednotlivé souřadnice jsou ve formátu word (2byty).

	<i>M-podvozek</i>	<i>M-Zakladna</i>	<i>M-Hl_rameno</i>	<i>M-Ve_rameno</i>	<i>M-Chapadlo</i>	<i>M-Cidla</i>	<i>M-Stav</i>					
Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- M-podvozek - Souřadnice podvozku
- M-Zakladna - Souřadnice natočení základny
- M-Hl_rameno - Souřadnice vychýlení hlavního ramene
- M-Ve_rameno - Souřadnice vychýlení vedlejšího ramene
- M-Chapadlo - Souřadnice sevření chapadla
- M-Cidla - Informace o stavu vstupních čidel
- M-Stav - Aktuální stav činnosti
 - 0 - chyba
 - 1 - inicializace
 - 2-13 - informaci o právě prováděném kroku v automatickém režimu
 - 14 - manuální režim

Informace o stavu čidel M-Cidla

	<i>ZA4</i>	<i>ZA3</i>	<i>ZA2</i>	<i>ZA1</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>HC</i>
bit	7	6	5	4	3	2	1	0

- HC - Horní čidlo dopravníku
- ZA1 - Indikace válečku v regálu 1
- ZA2 - Indikace válečku v regálu 2
- ZA3 - Indikace válečku v regálu 3
- ZA4 - Indikace válečku v regálu 4

6 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout síť PLC automatů včetně HW vizualizace, která bude sloužit k ovládní mobilního a stacionárního robotu. Tento návrh zahrnoval výběr vhodného typu PLC, operátorského panelu a použité sběrnice. Dále bylo nutné navrhnout komunikační protokol včetně struktury přenášených dat a napsání programu v prostředí Mosaic k řízení použitého modelu pro PLC Tecomat. Dalším úkolem bylo doplnit systém o dvě SW vizualizace.

Jako SW vizualizace jsou použity Reliance od firmy Geovap, spol. s.r.o. a InTouch, který je součástí programového balíku FactorySuite od firmy Wonderware. Vizualizační prostředek Reliance byl zvolen z toho důvodu, že obsahuje kompletní podporu pro komunikaci s PLC od firmy Teco. Druhý zvolený vizualizační prostředek InTouch byl vybrán pro své celosvětové rozšíření. Pro komunikaci a přenos dat mezi PLC a vizualizací InTouch je použit DDE server od plzeňské aplikační skupiny při ZČU. Obě vizualizace obsahují navigační menu a tři základní okna. První dvě obsahují ucelené informace o stavu obou robotů včetně možnosti jejich plného ovládní. Třetí obrazovka slouží k monitorování stavu sítě.

Pro návrh sítě byly zvoleny PLC automaty Tecomat od firmy TECO a.s., konkrétně se jedná o dvě PLC řady TC-603 s přídatnými moduly TC-631 určené k vlastnímu ovládní obou robotů a dále jedno PLC řady TC-503, které má přímo v sobě integrovaný operátorský panel. Všechny automaty jsou připojeny ke sběrnici RS-485 pomocí rozbočovačů XL-41 rovněž od firmy TECO. Protože PLC řady TC-503 neobsahuje komunikační rozhraní RS-485, bylo nutné použít převodníku rozhraní SCL-72.46 od firmy Elsaco, které převádí sériové rozhraní mezi RS-232 a RS-485.

Byly postupně navrženy tři možné varianty sítě:

- Síť s využitím Uni režimu
- Síť se zdvojenou sběrnici
- Síť se sdílením dat

První varianta využívá plně uživatelsky definovaného sériového protokolu *uni*. Cílem bylo připojit použité PC s vizualizací přímo na sběrnici sítě PLC a při vhodné volbě použitého sériového protokolu docílit přímé komunikace mezi PLC a InTouch bez nutnosti použít DDE server. Tato varianta se po konzultacích s firmou Teco ukázala jako nerealizovatelná. Hlavním důvodem byla nemožnost připojit vizualizaci Reliance v jiném režimu než PC. Navíc režim *uni* je určen pouze ke komunikaci PLC automatu a nestandardního zařízení. Pro překonání těchto problémů byla navržena varianta druhá. Vizualizace jsou v tomto případě připojeny k PLC druhou sběrnici RS-485 v režimu PC. Nevýhodou tohoto řešení je však použití dvou sběrnic RS-485 a dvojnásobného počtu rozbočovačů XL-41. Proto byla vypracována třetí varianta, síť se sdílením dat, která splňuje všechna zadání úlohy a odstraňuje všechny problémy předchozích variant. Všechny tři automaty jsou propojeny sběrnici RS-485 v komunikačním režimu PLC (režim sdílení dat). Obě vizualizace jsou připojené pomocí linky RS-232 v režimu PC na první sériový kanál CH1 TC-503. Zároveň se sítí byly navrženy datové

struktury předávacích datových zón, které obsahují informace o souřadnicích a stavech robotů, dále řídicí a stavová slova pro jejich ovládaní.

Závěrem lze konstatovat, že se v souladu se zadáním diplomové práce podařilo navrhnout a realizovat síť PLC automatů včetně HW vizualizace následně doplněné dvěma SW vizualizacemi a úspěšně ji použít k řízení dvou laboratorních modelů robotů.

7 Použitá literatura

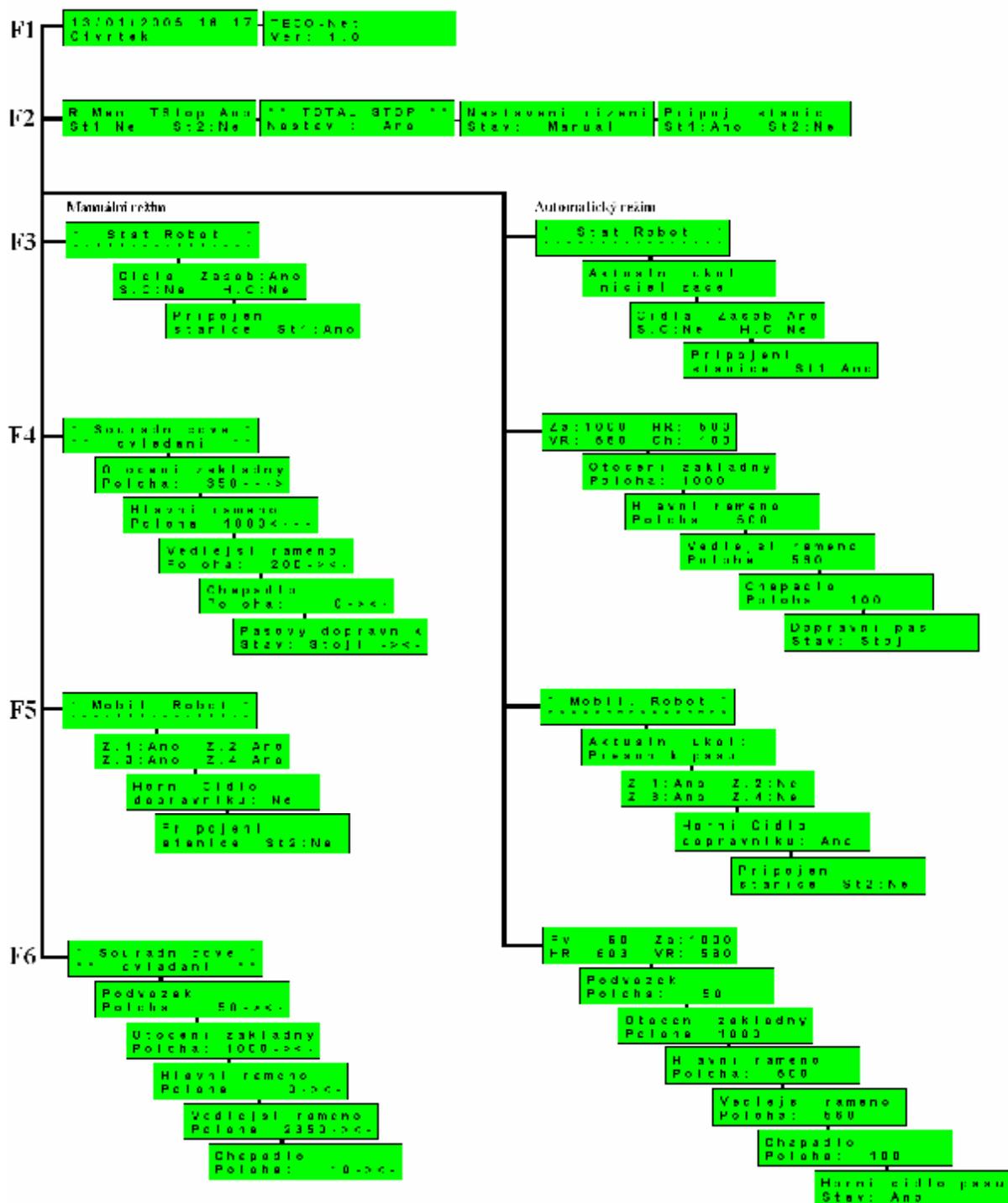
- [1] Technické vybavení programovatelných automatů řady TC500, TXV 13807.01, 4.vydání - říjen 2002, <http://www.tecomat.com/cz/Docs/Tecomat/txv13807.pdf>
- [2] Technické vybavení programovatelných automatů řady TC600, TXV 13808.01, 6.vydání - červenec 2002, <http://www.tecomat.com/DOCS/txv13808/txv13808.pdf>
- [3] Sériová komunikace programovatelných automatů TECOMAT a TECOREG, TXV 00106.01, 10.vydání - květen 2003, <http://www.tecomat.com/cz/Docs/General/txv00106.pdf>
- [4] Modulární a kompaktní systémy TECOMAT, TXV 00199.01 září 2003, http://www.tecomat.com/cz/Docs/Katalog/tecomat/tecomat_9_2003.pdf
- [5] Příručka pro projektování systémů Tecomat a Tecoreg, TXV 00108.01 <http://www.tecomat.com/cz/Docs/General/txv00108.pdf>
- [6] Soubor instrukcí PLC Tecomat – Model 16 bitů, TXV 00105.01 8. vydání - září 2003, <http://www.tecomat.com/cz/Docs/General/txv00105.pdf>
- [7] Převodníky sériového rozhraní SLC- 66/70/71/72, MSLC66, Elsaco, a.s. ,<http://www.elsaco.cz/download/pdf/mslc66.pdf>
- [8] Kocourek P., Novák J.,: Přenos informace, Skriptum, Vydavatelství CVUT, 2004

Použitý software

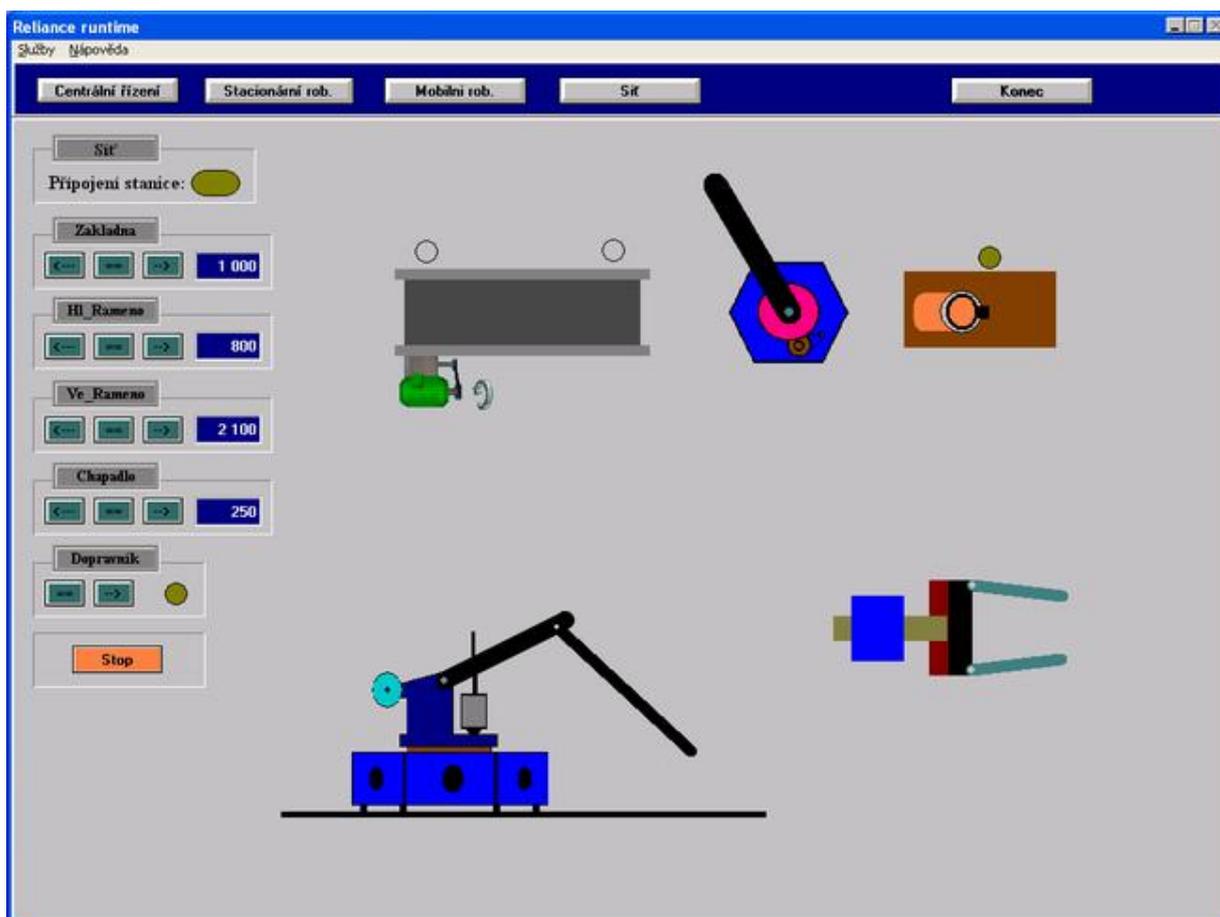
- [1] Mosaic, verze 1.4.1.0, od firmy Teco, a.s. + HW klíč
- [2] Reliance 3, verze 3.5.4 (Sestavení 5176), od firmy Geovap, spol. s.r.o.
- [3] Klatovy DDE server, ver. 1.5, od firmy Wonderware
- [4] InTouch, ver. 8.0.2, od firmy Wonderware

8 Přílohy

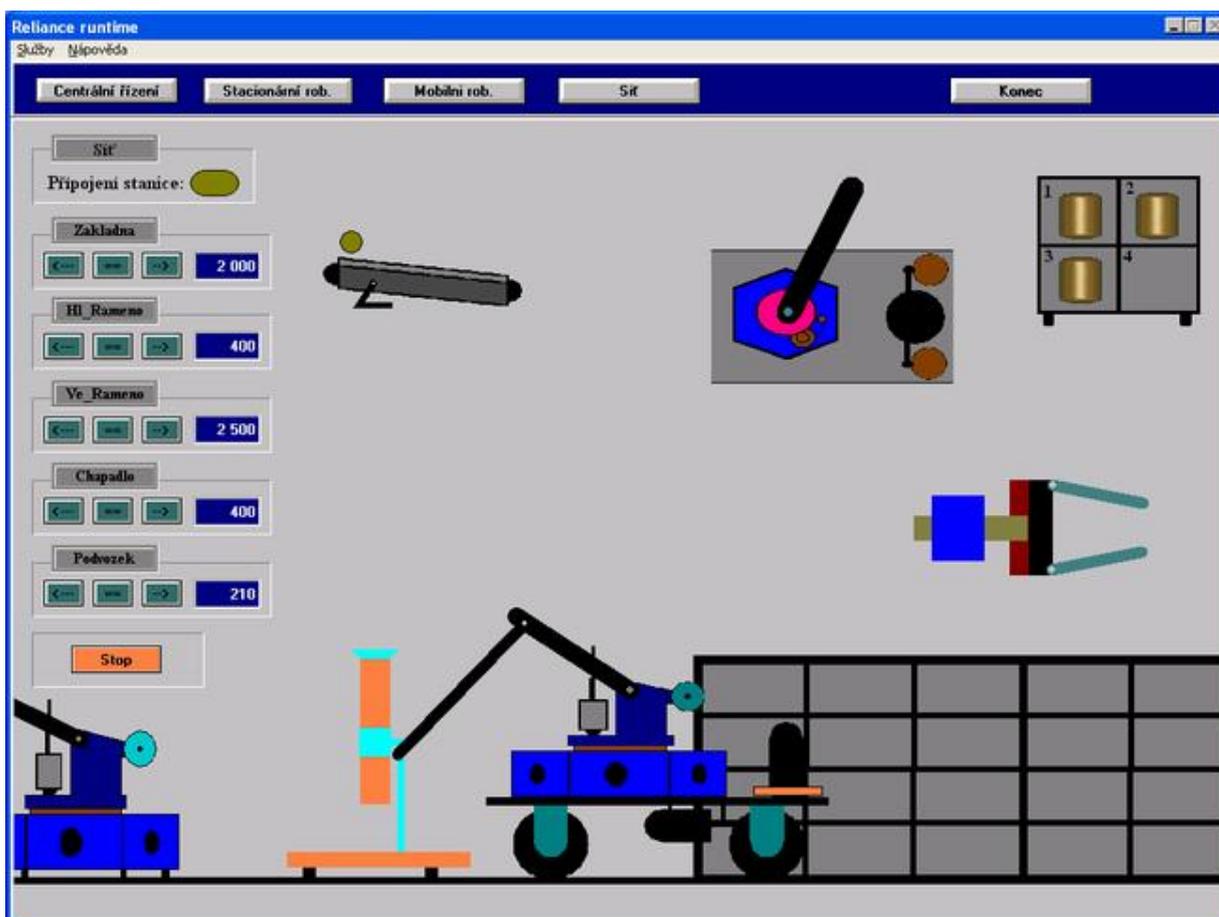
A. Celkové schéma ovládacích obrazovek u HW vizualizace



B. Vizualizační okno pro stacionárního robota v programu Reliance



C. Vizualizační okno pro mobilního robota v programu Reliance



E. Obsah přiloženého CD

Přiložené CD obsahuje:

- Vývojové prostředí Mosaic
- Vizualizační prostředí Reliance 3
- Uživatelské programy pro PLC Teco
- Aplikace do vizualizačního prostředí Reliance
- Aplikace do vizualizačního prostředí InTouch
- DDE Server pro Intouch
- Fotografie řídicího pracoviště a modelu robotů