

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Sběrnice CC-Link

CC-Link Bus

Bakalářská práce

Autor: Jan Červenka

Vedoucí práce: Ing.Miloš Hernych

Konzultant: doc.Ing.Jiřina Královcová, Ph.D.

V Liberci 4. 1. 2010

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 4. 1. 2010

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Miloši Hernychovi za vedení této práce, Martinu Chocholoušovi za zapůjčení funkční základny z jeho projektu a svojí rodině a přátelům za podporu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o sériové komunikaci, především pak o průmyslové sběrnici CC-Link. Úkolem této práce je popsat základní typy a principy sériové komunikace využívané v průmyslu a zaměřit se na sběrnici CC-Link, rozebrat přednosti této sběrnice, strukturu rodiny CC-Link a využití v praxi.

Druhá část této práce obsahuje popis vývojového prostředí GX IEC Developer, konfiguraci tohoto softwaru pro PLC Melsec a sběrnici CC-Link a nakonec realizaci praktické úlohy za využití výše zmíněného softwaru, PLC a sběrnice.

Klíčová slova

CC-Link, sběrnice, sériová komunikace, GX IEC Developer

Abstract

This bachelor thesis deals serial communication, especially fieldbus CC-Link. The objective of this thesis is to describe basic types and principles of serial communication used in industry and to focus on the CC-Link bus, to analyze the advantages of this bus, the family structure of CC-Link and use in practice.

The second part of this work contains the description of the development environment GX IEC Developer, configure of the software for PLC and bus Melsec CC-Link, and finally the implementation of practical problems for the use of this software, PLC and bus.

Key Words

CC-Link, bus, serial communication, GX IEC Developer

Obsah:

Úvod.....	8
Kapitola 1 - Sériová komunikace.....	9
1.1 Sběrnice.....	9
1.2 Determinovanost průmyslových sběrnic.....	9
1.3 Topologie sítí.....	10
1.3.1 Liniová topologie s odbočkami.....	10
1.3.2 Topologie strom.....	10
1.3.3 Topologie kruh.....	10
1.3.4 Topologie hvězda.....	11
1.4 Referenční model OSI.....	11
1.4.1 Komunikace mezi vrstvami.....	11
1.4.2 Fyzická vrstva.....	11
1.4.3 Linková vrstva.....	12
1.4.4 Síťová vrstva.....	12
1.4.5 Transportní vrstva.....	12
1.4.6 Relační vrstva.....	13
1.4.7 Prezentační vrstva.....	13
1.4.8 Aplikační vrstva.....	13
Kapitola 2 – Průmyslové sběrnice.....	15
2.1 CAN.....	15
2.2 Foundation Fieldbus.....	15
2.3 Profibus.....	16
2.4 M-Bus.....	17
2.5 Measurement Bus.....	17
2.6 ASI.....	18
2.7 HART.....	18
Kapitola 3 - CC-Link.....	20
3.1 Výhody CC-Link.....	20

3.1.1 Rychlost.....	20
3.1.2 Součinnost.....	21
3.1.3 Testování shody.....	21
3.1.4 Dostupnost produktů.....	21
3.1.5 Otevřenost.....	21
3.1.6 Spolehlivost.....	21
3.1.7 Determinismus.....	22
3.1.8 Snadnost implementace.....	22
3.2 Vlastnosti CC-Link.....	22
3.3 CC-Link LT.....	25
3.3.1 Snadné a efektivní síťové připojení.....	25
3.3.2 Specifické informace pro CC-Link LT.....	26
3.4 CC-Link IE.....	26
3.4.1 Konfigurace sítě.....	27
3.4.2 Komunikační protokol CC-Link IE.....	28
3.4.3 Komunikace prostřednictvím sdílené síťové paměti.....	28
3.4.4 Deterministický režim sítě s předáváním pověření.....	29
3.4.5 Acyklická komunikace peer-to-peer.....	29
3.4.6 Topologie sítě CC-Link IE.....	29
3.4.7 Funkce řídicí stanice.....	30
3.4.8 Výhody CC-Link IE.....	30
3.4.9 Další vývoj protokolu CC-Link IE.....	30
3.5 CC-Link Safety.....	31
3.5.1 Integrovaná otevřená technologie síťového systému CC-Link.....	31
3.6 CC-Link Partnerská asociace.....	32
3.6.1 Výhody členství.....	32
Kapitola 4 - Fyzikální úloha.....	33
4.1 Použité komponenty.....	33
4.1.1 Základna Melsec Q38B-E.....	33
4.1.2 Napájecí modul Q63P.....	34

4.1.3 Procesor Q25HCPU.....	34
4.1.4 CC-Link modul QJ61BT11N.....	35
4.1.5 Vstupní modul AJ65SBTB1-8D.....	36
4.1.6 Výstupní modul AJ65SBTB1-8TE.....	36
4.1.7 Zapojení a nastavení.....	37
4.2 GX IEC Developer.....	37
4.2.1 Struktura programu.....	37
4.2.2 Programovací jazyk.....	38
4.2.3 Proměnné.....	38
4.2.4 Uživatelské rozhraní.....	39
4.2.5 Konfigurace GX IEC Developeru.....	41
4.3 Datový rámec.....	45
4.4 Praktická úloha – indikace počtu stisknutých tlačítek.....	46
4.4.1 Segment 1.....	47
4.4.2 Segment 2.....	48
4.4.3 Segment 3.....	49
4.4.4 Segment 4.....	50
4.4.5 Segment 5.....	51
4.4.6 Segment 6.....	52
4.4.7 Segment 7.....	53
4.5 Obvod pro připojení sedmissegmentového displaye.....	54
Závěr	55

Seznam symbolů, zkratek a termínů

decentralizace – přesun pravomocí z vyšších vrstev do nižších vrstev

EBCDIC - rozšířený binárně kódované desítkový výměnný kód

zakončovací odpor, terminátor – rezistor na koncích vedení, aby nedocházelo k odrazům

repeater, opakovací, zesilovač – používá se v dlouhých vedeních na zesílení signálu

galvanické oddělení – ochrana proti zkratu, řeší problémy s propojováním zemí

signál JAM – 32bitový binární řetězec zasílaný právě vysílající stanicí ostatním stanicím

10Base5 – nejstarší verze Ethernetu realizovaná pomocí koaxiálního kabelu

100Base-TX – verze Ethernetu

IEEE 802.3z – verze Ethernetu

startbit/stopbit – první/poslední bit

paritní bit - bit přidáný k datovému slovu a obsahující informaci o počtu jedničkových bitů ve slově

polo-duplexní, plně-duplexní – jednosměrný, obousměrný

metoda NRZI - Non-Return-To Zero - nuly v datech vedou ke změně úrovně, jedničky nechávají úroveň beze změny

FIFO – First In First Out - fronta

EMI, RFI – druh elektromagnetického rušení

BITS - Broadcast Polling + Interval Timed Response

VCFT kabel – speciální druh kabelu

rámcová synchronizace systému – binární řetězec v rámci určený k synchronizaci systému

HDLC conformance - High-Level Data Link Control, komunikační protokol linkové vrstvy

CRC - cyklický součet, speciální hašovací funkce, používaná k detekci chyb během přenosu či ukládání dat

bitově orientovaný - mezi přenášená data jsou vkládána do předem definované posloupnosti bitů

redundance - zdvojování jednotlivých prvků systému a předávání řízení z primárního systému na sekundární v okamžiku jeho poruchy

vertikální integrace – propojování různých úrovní řízení

Baud - jednotka modulační rychlosti udávající počet změn stavu přenosového média za sekundu.

Úvod

Sériová komunikace je v průmyslu využívána pro její jednoduchost, robustnost a finanční nenáročnost. V praxi se sériová komunikace realizuje pomocí sběrnice. Existuje celá řada průmyslových sběrnic s širokým spektrem využití. Tato bakalářská práce pojednává o průmyslové sběrnici CC-Link. CC-Link je síťová technologie vyvinutá společností Mitsubishi. Tato sběrnice zažívá obrovský rozmach hlavně v Japonsku a Severní Americe. Ale i v Evropě se již pomalu začíná prosazovat, hlavně v automobilovém průmyslu.

Sběrnice CC-Link se využívá především s PLC Melsec, které taktéž vyrábí Mitsubishi. Pomocí softwaru GX IEC Developer a využití obrovského množství inteligentních modulů, převodníků a I/O zařízení je tak možné pomocí CC-Link vytvořit plně automatizované výrobní pracoviště.

Kapitola 1 – Sériová komunikace

Sériová komunikace probíhá po sériové lince, tzv. sběrnici, tvořené dvěma nebo více vodiči uzavřenými v jednom kabelu. Systémy sériové komunikace nahrazují dříve používané zapojení snímačů a akčních členů, kdy ke každému z nich musely vést alespoň „dva dráty“. Zkusme si představit, jak tlustý by musel být vodičový svazek vedoucí k tisíci snímačů a akčních členů. Zkusme si také představit, jak dlouho by montérům trvalo připojení všech prvků na vstupy a výstupy řídicího systému a přivedení všech vodičů kabelovými žlaby až ke snímačům a k akčním členům. Jak dlouho by asi trvalo nakreslit dokumentaci k takovému řešení? Všechny tyto problémy dokáže vyřešit zavedení systému sériové komunikace. Z tlustého svazku vodičů se stane jediný kabel, snímače snadno a rychle připojíme na cenově příznivé vzdálené vstupy a výstupy, projektant do dokumentace zakreslí jediný vodič.

1.1 Sběrnice

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

Data, která jsou nejčastěji přenášena průmyslovými sběrnici, jsou:

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

Přínosy zavádění průmyslových sběrnic:

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

1.2 Determinovanost průmyslových sběrnic

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

Determinovanost sítě je zajištěna výběrem vhodné metody přístupu ke sběrnici, která určuje způsob, jakým je předcházeno komunikačním kolizím (vysílat může v daném čase pouze jeden uzel na sběrnici).

Nejrozšířenější jsou dva základní způsoby komunikace:

- Master-Slave
- Master-Master

Master – aktivní stanice, která řídí komunikaci po sběrnici

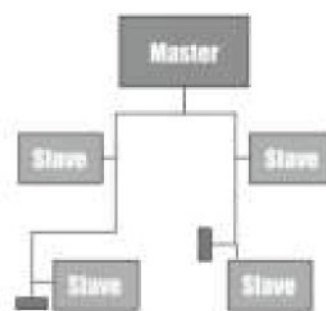
Slave – pasivní stanice, která získá právo vysílat pouze tehdy, umožní mu to master

1.3 Topologie sítí

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

1.3.1 Liniová topologie s odbočkami

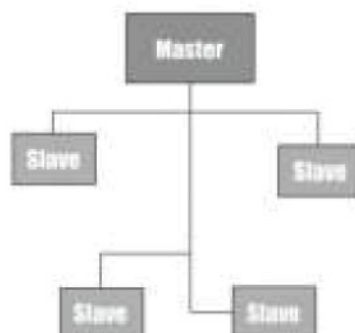
- jednotlivá zařízení jsou připojena ke sběrnici krátkými odbočkami
- výpadek jedné, či několika stanic neohrozí provoz na sběrnici
- přerušení sběrnice způsobí výpadek celé sítě za bodem přerušení
- konce sběrnice je obvykle nutné zakončit odporem (terminátorem)
- limitovaná délka odbočky
- použití v síti CC-Link



Obr. 1: Liniová topologie s odbočkami [1]

1.3.2 Topologie strom

- rozvinutí sběrnice topologie
- délka odbočky není limitována
- přerušení sběrnice způsobí výpadek celého „podstromu“
- velmi snadno rozšiřitelná topologie



Obr. 2: Topologie strom [1]

1.3.3 Topologie kruh

- informace je zasílána z jednoho uzlu k následujícímu v daném pořadí
- každý uzel je spojen pouze se svým nejbližším sousedem
- data se pohybují v kruhu od odesílatele k příjemci
- každý uzel je zároveň i repeater (zesilovač)
- na rozdíl od liniové topologie zde existuje pouze jednosměrný tok dat
- přerušení sběrnice způsobí výpadek celé sítě

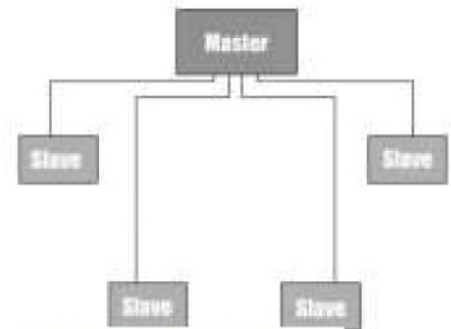


Obr. 3: Topologie kruh [1]

- zpráva je nutné ze sítě odstraňovat, aby neobíhaly donekonečna
- metoda přístupu je token ring, tzn. předávání práva na vysílání

1.3.4 Topologie hvězda

- výpadek jedné nebo více stanic neohrozí provoz na sběrnici
- přerušení sběrnice způsobí výpadek vždy pouze jedné stanice
- v dnešní době se používá tato topologie v zapojení přes switch, kdy je zpráva šířena jen do „podsítě“, v níž se fyzicky nalézá příjemce
- vysoké náklady na kabeláž (paralelní připojení), malý provoz na jednotlivých segmentech sběrnice [1]



1.4 Referenční model OSI

Referenční model OSI byl definován jako standard pro návrh komunikačních systémů. Hlavním důvodem vzniku tohoto standardu byla potřeba unifikovat popis komunikačního systému.

Jedná se o normalizovaný referenční model vrstvé architektury a tvůrci modelu byli vedeni všeobecnými principy sloužícími k co nejefektivnějšímu a nejjednoduššímu rozdělení komunikace do vrstev. Cílem bylo minimalizovat počet vrstev; umístit rozhraní tam, kde je specifikace příslušných služeb úsporná a kde je počet interakcí přes rozhraní minimalizovaný; vytvořit zvláštní vrstvy pro odlišné funkce; soustředit příbuzné funkce do společné vrstvy; zabezpečit snadnou výměnu protokolů a funkcí v rámci vrstvy bez dopadu na požadované a poskytované služby, tedy bez dopadu na ostatní vrstvy.

V souhrnu lze říci, že cílem každé z vrstev je nabídnout vyšší vrstvě takové služby, které nejsou zatíženy podrobnostmi o vlastní realizaci služby v dané vrstvě. Na určité úrovni vrstev tak mohou síťová zařízení komunikovat podle protokolů představujících soubory pravidel a konvencí. Mezi dvěma sousedními vrstvami je definováno rozhraní popisující, jaké operace a služby nabízí nižší vrstva vrstvě vyšší.

1.4.1 Komunikace mezi vrstvami

- každá vrstva využívá služeb nižší vrstvy
- každá vrstva nabízí svoje služby vyšší vrstvě
- partnerem vrstvy N při vzájemné komunikaci je opět vrstva N
- spolupráce mezi entitami téže vrstvy je řízena protokoly (Entita - více samostatných entit může existovat v rámci jedné vrstvy; Protokol - definuje pravidla komunikace mezi entitami jedné vrstvy)

1.4.2 Fyzická vrstva

Je nejnižší vrstva OSI modelu, která představuje fyzické propojení zařízení v síti.

- zabývá se přenosem jednotlivých bitů od příjemce k odesílateli

1.4.3 Linková vrstva

Fyzická vrstva OSI modelu zajišťuje přenos jednotlivých bitů mezi dvěma uzly, mezi kterými existuje přímé spojení. Linková vrstva pak navazuje na fyzickou vrstvu v tom, že využívá těchto spojení pro přenos větších bloků dat, které se označují jako rámce (frames). Přenos těchto rámců pak nabízí vyšší (síťové) vrstvě jako službu. Linková vrstva se dělí na horní subvrstvu zvanou Logical Link Control a dolní subvrstvu zvanou Media Access Control.

- přenáší celé bloky dat, tzv. rámce (frames)
- zajišťuje přenos pouze v dosahu přímého spojení
- funguje na linkových i bezdrátových technologiích
- může fungovat spolehlivě či nespolehlivě, spojovaně či nespojovaně

úkoly linkové vrstvy:

- synchronizace rámců - rozpoznání začátku i konce
- zajištění spolehlivosti - detekce i korekce chyb
- řízení toku dat - ochrana proti zahlcení
- řešení konfliktů - při vícenásobném přístupu ke sdílenému médiumu

1.4.4 Síťová vrstva

Pokud spolu chtějí komunikovat dva uzly, mezi kterými neexistuje přímé spojení, je potřeba pro ně najít spojení nepřímé, tedy prostřednictvím jiných uzlů. Těchto spojení může být více a právě úkolem síťové vrstvy je jednu z nich vybrat a zajistit správné předávání dat touto cestou.

- posílá celé bloky dat, tzv. datagramy či pakety
- zajišťuje doručení paketů až k cílovému uzlu
- zná skutečnou topologii sítě
- poslední vrstva, kterou musí mít přenosová infrastruktura

úkoly síťové vrstvy:

- zajištění doručení paketů - vyhledá vhodnou cestu v případě nepřímého spojení
- zajištění směrování - v uzlech mezi odesilatelem a příjemcem
- výběr směrovacího algoritmu - adaptivní či neadaptivní, izolované či distribuované.

1.4.5 Transportní vrstva

Hlavním úkolem transportní vrstvy referenčního modelu OSI je poskytovat efektivní přenosové služby své bezprostředně vyšší (tj. relační) vrstvě. Tyto služby přitom mohou mít spojovaný (connection-oriented) i nespojovaný (connectionless) charakter. Stejný charakter a stejnou podstatu však mají i služby síťové vrstvy, které transportní vrstva sama využívá. Do značné míry analogické jsou v obou vrstvách i mechanismy adresování a řízení toku dat. Zákonitě se pak nabízí otázka, proč je vlastně nutná samostatná transportní vrstva, když alespoň na první pohled nenabízí nic principiálně jiného, než vrstva síťová.

- může měnit nespolehlivý charakter přenosu na spolehlivý
- může zvyšovat spolehlivost přenosu
- může měnit nespojovaný přenos na spojovaný

úkoly transportní vrstvy:

- sladění nabídky nižších a požadavky vyšších vrstev
- zajištění komunikace mezi koncovými uživateli
- zabezpečení samoopravných cyklů

1.4.6 Relační vrstva

Doposud zmíněné vrstvy (fyzická, linková, síťová, transportní) relačního modelu OSI jsou zaměřeny na předávání dat mezi dvěma uzly sítě. Vyšší vrstvy (relační, prezentační, aplikační) jsou pak již zaměřeny na potřeby síťových aplikací. Přitom využívají přenosové možnosti transportní vrstvy a k nim přidávají služby, které jsou užitečné pro většinu aplikací. Původně se s relační vrstvou vůbec nepočítalo, nakonec se však do relačního modelu OSI přece jen prosadila. Dodnes je ovšem společně s prezentační nejméně propracovanou vrstvou.

úkoly relační vrstvy:

- navazování, udržování a rušení relací
- řízení dialogu - zajištění pravidelného střídání uzlů při vysílání
- synchronizace - zajištění souladu mezi daty vyslanými odesílatelem a přijatými příjemcem

1.4.7 Prezentační vrstva

Úkolem doposud zmíněných vrstev (fyzická, linková, síťová, transportní, relační) je, aby přenášená data vždy dorazila k příjemci přesně v takové podobě, v jaké byla odeslána. To ovšem ještě nezaručuje, že pro příjemce budou data představovat totéž, co pro odesílatele.

Obecně různé počítače používají různou reprezentaci dat (např. kódování znaků). Aby bylo zajištěno správné předávání dat mezi uzly, musí být zajištěny jejich správné konverze. A ty má právě na starosti prezentační vrstva.

Rozdíly mohou být například:

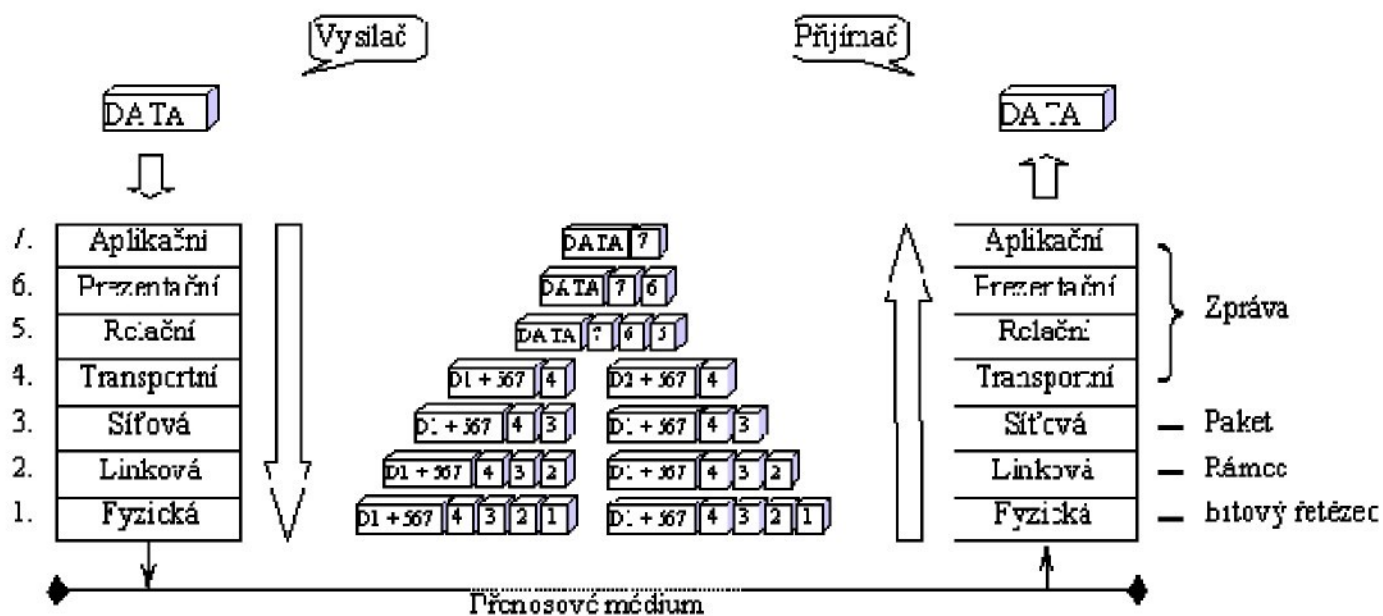
- v kódování znaků - ASCII, EBCDIC, ...
- ve formátování čísel
- v šifrování
- v typu komprese dat

1.4.8 Aplikační vrstva

Důvodem existence aplikační vrstvy je, aby umožnila aplikacím přístup do počítačové sítě na bázi OSI modelu. Funguje jako brána mezi aplikacemi běžícími v různých uzlech, které si vzájemně vyměňují informace.

V původních představách měla obsahovat aplikace, ale vzhledem k jejich velkému počtu by musely být všechny standardizovány, což je v praxi nerealizovatelné. Došlo tedy k úpravě základní myšlenky tak, že aplikační vrstva bude obsahovat pouze jádro aplikací, které má smysl standardizovat (např. přenosové mechanismy elektronické pošty). Ostatní části aplikací (typicky uživatelská rozhraní) byly posunuty nad aplikační vrstvu.

Úkolem aplikační vrstvy je tedy poskytovat uživatelským programům ucelené a dobře definované služby. [17]



Obr. 5: Referenční model OSI [17]

Kapitola 2 – Průmyslové sběrnice

2.1 CAN

Controller Area Network (CAN) je sériový komunikační protokol, který byl původně vyvinut firmou Bosch pro nasazení v automobilech. Vzhledem k tomu, že přední výrobci integrovaných obvodů implementovali podporu protokolu CAN do svých produktů, dochází k stále častějšímu využívání tohoto protokolu i v různých průmyslových aplikacích. Důvodem je především nízká cena, snadné nasazení, spolehlivost, vysoká přenosová rychlost, snadná rozšiřitelnost a dostupnost potřebné součástkové základny.

CAN byl navržen tak, aby umožnil provádět distribuované řízení systémů v reálném čase s přenosovou rychlostí do 1Mbit/s a vysokým stupněm zabezpečení přenosu proti chybám. Jedná se o protokol typu *multi-master*, kde každý uzel sběrnice může být *master* a řídit tak chování jiných uzlů. Není tedy nutné řídit celou síť z jednoho "nadráženého" uzlu, což přináší zjednodušení řízení a zvyšuje spolehlivost (při poruše jednoho uzlu může zbytek sítě pracovat dál). Pro řízení přístupu k médium je použita sběrnice s náhodným přístupem, která řeší kolize na základě prioritního rozhodování. Po sběrnici probíhá komunikace mezi dvěma uzly pomocí zpráv (datová zpráva a žádost o data), a management sítě (signalizace chyb, pozastavení komunikace) je zajištěn pomocí dvou speciálních zpráv (chybové zprávy a zprávy o přetížení).

Zprávy vysílané po sběrnici protokolem CAN neobsahují žádnou informaci o cílovém uzlu, kterému jsou určeny, a jsou přijímány všemi ostatními uzly připojenými ke sběrnici. Každá zpráva je uvozena identifikátorem, který udává význam přenášené zprávy a její prioritu, nejvyšší prioritu má zpráva s identifikátorem 0. Protokol CAN zajišťuje, aby zpráva s vyšší prioritou byla v případě kolize dvou zpráv doručena přednostně, a dále je možné na základě identifikátoru zajistit, aby uzel přijímal pouze ty zprávy, které se ho týkají (*Acceptance Filtering*). [2]

2.2 Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus je číslicová sběrnice s poloduplexním sériovým přenosem, která je určena ke komunikaci mezi prvky regulačních obvodů (senzory veličin, akční členy a řídicí automaty). Architektura FF je navržena tak, aby byly zachovány základní výhody dosavadních analogových systémů s proudovou smyčkou 4-20 mA.

výhody:

- obousměrný přenos více parametrů po páru vodičů (proudová smyčka přenáší jednu veličinu)
- úspora rozvodů, na jeden pár vodičů může být připojeno více jednotek
- schopnost funkční diagnostiky jednotek a jejich propojení
- rychlá informace o výjimečných stavech
- implementace principů distribuovaného řízení snižuje nároky na výkonnost a počet řídicích terminálů [3]

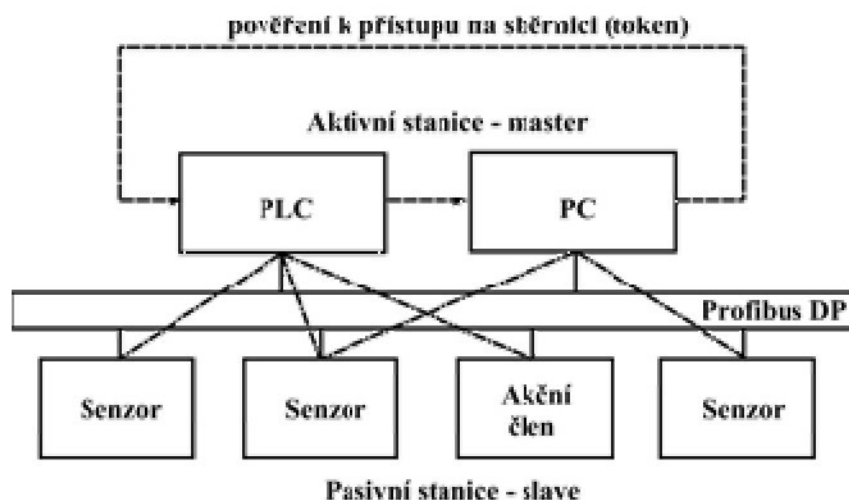


Obr. 6: Struktura FF v rámci OSI [3]

2.3 Profibus

Profibus je průmyslovou sběrnici, která nachází v automatizační technice široké uplatnění, a to jak v oblasti průmyslové automatizace - Profibus DP, tak i v oblasti procesní automatizace – Profibus PA. V roce 1996 byla přijata sběrnice PROFIBUS jako evropská norma EN50170, což zaručuje její standardizaci.

Nejznámější (nejpoužívanější) je Profibus DP. Slouží pro rychlou cyklickou komunikaci mezi PLC a jejich decentralizovanými vstupy a výstupy. Síť může být typu monomaster nebo multimaster. Při konfiguraci sítě monomaster je řízení typu master/slave, při multimaster si jednotlivé řídicí jednotky umožňují přístup na sběrnici metodou token passing, a komunikace mezi řídicí jednotkou, která vlastní token a podřízenou je opět master/slave. Profibus DP je vybaven diagnostickými funkcemi pro monitorování stavu systému z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti. Na jeden segment sběrnice je možno připojit až 32 zařízení (aktivních/pasivních) a pro připojení více zařízení je nutno použít opakovače. [26]



Obr. 7: Profibus DP [26]

2.4 M-Bus

M-Bus (také Meter Bus) je průmyslový komunikační protokol určený především pro dálkový odečet hodnot z měřičů spotřeby, kde příliš nezáleží na rychlosti komunikace jako spíše na odolnosti proti rušení.

Komunikace probíhá způsobem Master-Slave, přičemž na jedné sériové sběrnici může být připojeno až 250 stanic. Délka segmentu může být až 1000 m při rychlosti 300 baudů nebo 350 m při maximální rychlosti 9600 baudů.

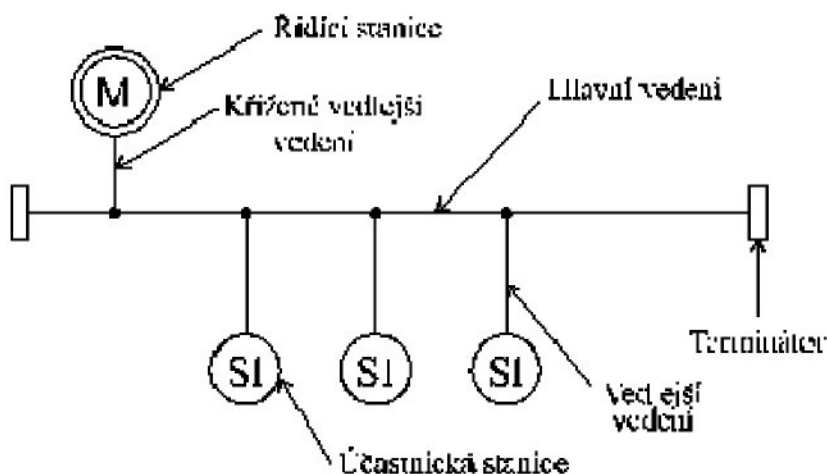
Fyzická vrstva této sběrnice je poněkud atypická. Na dvoudrátovém spojení v klidovém stavu vytváří Master napětí 36 V, toto napětí současně odpovídá logické 1 při komunikaci směrem od Mastera ke stanicím. Logické 0 vyslané Masterem odpovídá napětí 24 V. Tím je umožněno napájení stanic po sběrnici. Zatímco Master komunikuje změnou napětí, stanice odpovídají změnou proudu. Účastnická stanice (Slave) musí v klidovém stavu odebírat právě 1,5 mA, tento proud zároveň odpovídá logické 1, při vyslání logické 0 je proud o 11-20 mA vyšší.

Po sběrnici probíhá asynchronní sériová 8bitová komunikace, kdy si jednotlivé strany posílají ucelené rámce. Adresy stanic mohou být jednobajtové (0-250) nebo je možné použít tzv. sekundární adresy (8bajtové) implementované v síťové vrstvě, v takovém případě je primární adresa 253. [27]

2.5 Measurment Bus

Tato norma byla vytvořena především pro datové přenosy v oblasti jednoduché automatizace a sběru dat. Značnou výhodou tohoto standardu je jeho snadná implementovatelnost v libovolném procesoru, vybaveném pouhým asynchronním sériovým rozhraním, vše ostatní lze realizovat programově. Jelikož je toto rozhraní běžnou součástí prakticky všech mikrokontrolerů, další nezanedbatelnou výhodou standardu je jeho levná implementace. Charakteristické rysy lze shrnout do několika následujících bodů:

- Sběrnice dle EIA RS-485
- Galvanicky oddělené plně duplexní rozhraní
- Čtyřvodičová sběrnice se stíněným kabelem s kroucenými páry
- Délku vedení je doporučeno omezit asi na 500m, v praxi je závislá na přenosové rychlosti
- Maximálně 32 účastnických stanic včetně stanice řídicí
- Řízení komunikace na principu Master - Slave
- Asynchronní přenos znaků, 7 bitů dat, sudá parita
- Přenosová rychlost do 1 Mbit/s, typicky do 9600 Bd
- Zabezpečení datového bloku pomocí příčné parity [28]



Obr. 8: Struktura Measurment Bus [28]

2.6 ASI

Cílem standardu ASI je podpora binárních akčních členů a senzorů na nejnižších úrovních procesní automatizace. Jde o sběrnici s Master-Slave řízením, současně lze připojit až 31 účastnických jednotek. Důležitým rysem standardu je možnost jejich napájení po sběrnici, která tak slouží pro napájení i pro přenos dat. Velkou výhodou je také prakticky libovolná topologie (liniová, hvězda, strom či jejich kombinace) a neexistence terminátorů na koncích vedení. Charakteristické rysy lze shrnout do několika následujících bodů:

- Nestíněná dvoudrátová sběrnice s libovolnou topologií
- Přenos dat a napájení po jediném vedení
- Délku vedení maximálně 100 m, při použití opakovačů 300 m
- Maximálně 31 účastnických stanic
- Maximálně 124 senzorů a 124 akčních členů
- Řízení komunikace na principu Master - Slave
- Kódování dat kódem Manchester
- Zabezpečení telegramu paritou
- Vysoká rychlost komunikace (cyklus sběrnice kratší než 5 ms)
- Velmi jednoduchá instalace [19]

2.7 HART

HART (Highway Addressable Remote Transducer) je rozšířeným a průmyslem akceptovaným standardním protokolem, umožňujícím oboustrannou číslicovou komunikaci se zařízeními propojenými dvou vodičovou proudovou smyčkou s analogovým přenosem signálů proudovými úrovněmi 4 až 20 mA.

Podstatné je, že po původním vedení je možné k řídicímu centru současně přenášet jak analogový údaj o hodnotě měřené veličiny ve formě proudu v rozmezí 4 až 20 mA, tak i číslicovou informaci např. o stávající konfiguraci zařízení, identifikační údaje o senzoru („elektronickou jmenovku“) kalibrační a diagnostické údaje aj. Dále je možný přenos naměřených údajů jak v analogové tak i číslicové formě a vyloučit tak chyby vzniklé analogovo - číslicovým a číslicově - analogovým převodem proudového signálu 4 až 20 mA. Pokud by zpoždění vzniklé číslicovým přenosem naměřených dat způsobilo problémy při automatické regulaci procesu, lze k řízení využít analogového tvaru signálu. Navíc spojovacího vedení k jednomu zařízení (senzoru) lze využít pro přenos více měřených nebo odvozených veličin. Např. při komunikaci protokolem HART se senzorem průtoku lze v jedné zprávě přenášet údaje o rychlosti proudění, teplotě a hustotě média, případně o celkovém průtočném množství k okamžiku vysílání zprávy. Takto se podstatně rozšiřují možnosti zařízení a mohou snadno odpovídat vlastnostem očekávaným např. od inteligentních senzorů.

Z ekonomického hlediska je protokol velmi atraktivní, protože se s minimálními počátečními investicemi a prakticky bez rizika (v případě problémů se lze snadno vrátit k původnímu analogovému přenosu proudovou smyčkou) dosahuje nové kvality. Zavedením protolu komunikace a rozhraní HART může uživatel ještě během provozu stávajícího analogového senzoru vyzkoušet jeho chování jako inteligentního senzoru. Při eventuálním pozdějším přechodu na číslicový systém řízení procesu budou již senzory s komunikací HART pro takovýto systém plně připraveny. Navíc je protokol HART kompatibilní s protokolem Profibus a v případě přijetí normy Fieldbus může být upraven tak, aby ji vyhovoval. Příznivá je také skutečnost, že užívání protokolu HART je do značné míry osvobozeno od autorských a licenčních závazků. Výše uvedené přednosti protokolu způsobily, že po jeho úspěšném uvedení do praxe společností Rosemount byl akceptován předními světovými výrobci, takže v současné době se počet zařízení využívajících protokol HART odhaduje na 2 milióny a stále roste. [18]

V následující tabulce jsou shrnuty informace o výše uvedených průmyslových sběrnících. Pro porovnání jsou zde uvedeny i informace o sběrnici CC-Link. Podrobné informace o sběrnících CC-Link jsou uvedeny v následující kapitole.

Tab. 1: Shrnutí průmyslových sběrnic

	max. počet zařízení	topologie	přenosové médium	max. dosah	max. rychlost/délka vedení
CAN	30	sběrnice	Cannon D-Sub	5200 m	1000 kbps/ 40m
Foundation Fieldbus	16	sběrnice, strom	proudová smyčka	1900 m	2,5 Mbps
Profibus DP	127	sběrnice, strom, hvězda	RS485	1200 m	12Mbps/100m
M-Bus	250	sběrnice, hvězda	kroucená dvoulinka	1000 m	9600 Baud/350 m
Measurement Bus	32	sběrnice	RS485	500 m	9600 Baud / 500m
ASI	31	sběrnice, kruh, hvězda, strom	ASI kabel	100 m	166kbps
HART	10000	sběrnice, hvězda	proudová smyčka	1500 m	9600 Baud
CC-Link	64	sběrnice	CC-Link kabel	1200 m	10 Mbps/ 100 m
CC-Link IE	120	kruh	CC-Link kabel	66 km	1Gbps
CC-Link Safety	64	sběrnice	CC-Link kabel	1200 m	10Mbps

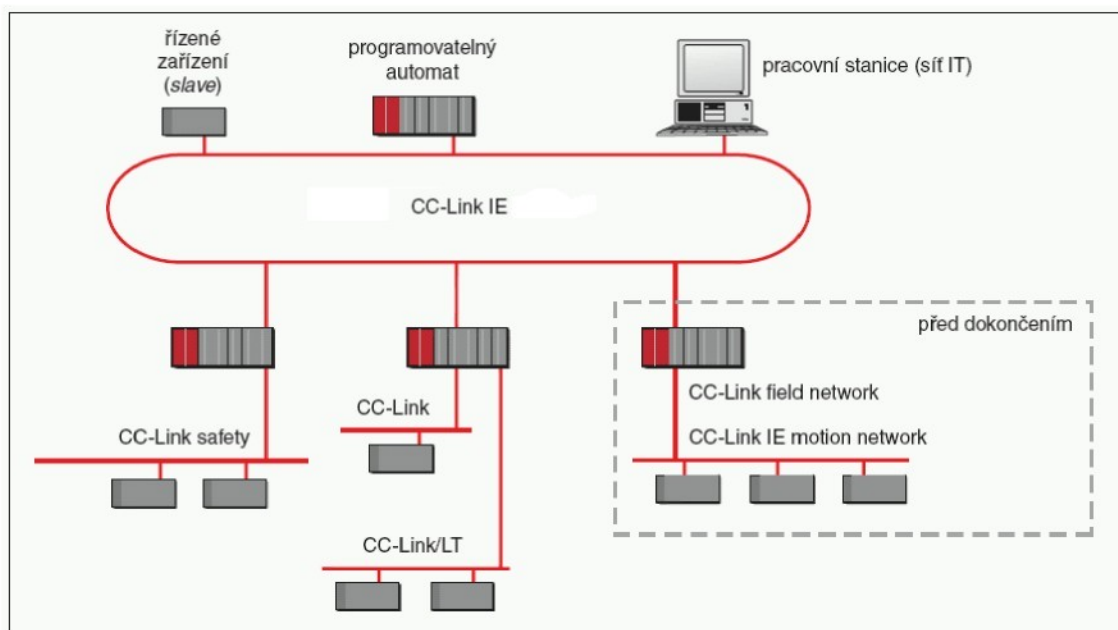
poznámka:

- maximální dosah je uveden bez využití opakovačů signálu
- maximální počet zařízení je uveden bez využití opakovačů signálu

Kapitola 3 - CC-Link

CC-Link je vysoce rychlá a výkonná síťová technologie, která umožňuje komunikaci velkému množství zařízení od různých výrobců. CC-Link má otevřenou architekturu sítě, která byla vyvinuta firmou Mitsubishi Electric. CC-Link se stal otevřenou technologií, kterou nyní spravuje sdružení CC-Link Partner Association (CPLA), které působí po celém světě. Dnes existuje více než tisíc partnerů tohoto sdružení. Tyto společnosti nabízejí široký sortiment produktů kompatibilních s CC-Link, mezi něž patří například průmyslové PC, PLC, servopohony, ventilové rozvody, digitální i analogové I/O moduly, regulátory teploty, regulátory hmotnostního průtoku a mnoho dalších. [4]

Zatímco na úrovni standardní výkonné průmyslové sběrnice jsou již od roku 2000 standardizovány (IEC 15745-5) protokoly CC-Link a CC-Link/LT (sběrnice nejnižší úrovně pro připojení snímačů a akčních členů), CC-Link Safety je standardizován od roku 2006 (podle IEC 61508 a ISO 13849-1). Další komunikační síť hierarchické řídicí struktury jsou tvořeny sběrnicemi CC-Link IE a dále sítěmi CC-Link IE motion network (průmyslový Ethernet pro řízení pohonů) a CC-Link IE field network (průmyslový Ethernet pro řízení spojitých technologických procesů), které jsou v poslední fázi vývoje. Cílem skupiny protokolů CC-Link bude umožňovat bezproblémově přenášet data mezi libovolnými komponentami nacházejícími se v jednotlivých segmentech hierarchické řídicí struktury. [20]



Obr. 9: Hierarchie CC-Link [20]

3.1 Výhody CC-Link

3.1.1 Rychlost

Význam vyšší komunikační rychlosti spočívá v umožnění rychlejšího a lepšího a procesu řízení a kontroly. Rychlost je často uvedena v jednotkách bity za sekundu, nicméně schopnost rychlé komunikace je spíše udána výkonem a dobou odezvy. CC-Link technologie byla optimalizována pro

rychlost, propustnost a dobrou odezvu. Systém se skládá z 64 stanic a tisíců vstupních a výstupních míst, která mohou být aktualizovány ve 4 ms. Je možno vybrat si z pěti různých rychlostí, podle délky kabelu. Ty se pohybují od 100 m pro 10 Mb/s až po 1200 m pro 156 kb/s. Nicméně delší vzdálenosti lze kalibrovat pomocí optických opakovacích/zesilovačů (až 4,3 km při rychlosti 10 Mb/s).

3.1.2 Součinnost

Interoperabilita (=součinnost) je schopnost systémů vzájemně si poskytovat služby a efektivně spolupracovat. CC-Link technologie je založena na použití aplikace specifických integrovaných obvodů, které jsou k dispozici od Mitsubishi Electric pro automatizaci. Tyto obvody doplňují údaje o linkové a transportní vrstvě pro spolehlivou komunikaci a zajišťují interoperabilitu mezi zařízeními. Volně dostupné specifikace definují standardní konektory, kabelové vlastnosti, LED indikátory stavu, formáty přenosu dat a všechny další potřebné parametry sítě. Publikované úrovně zařízení a elektronické CC-Link systémové profily (CSP) zajišťují interoperabilitu souborů na aplikační vrstvě.

3.1.3 Testování shody

Testování shody pomocí CC-Link Partner Association (CLPA) zajišťuje, že zařízení splňuje funkční specifikace, aby se stalo certifikovaným zařízením CC-Link. Pokud je zařízení certifikováno, je zaručena jeho stoprocentní kompatibilita ve všech sítích CC-Link.

3.1.4 Dostupnost produktů

Úspěch otevřené sítě je dán dostupností automatizačními produkty, které podporují standard technologie. CC-Link je podporován více než tisíci členy sdružení, kteří vyrábějí více než tisíc CC-Link kompatibilních produktů (od ledna 2009).

3.1.5 Otevřenost

Otevřenost znamená úplné zveřejňování podrobných informací o síťových technologiích. To je důležité pro návrháře, aby byli schopni úspěšně uplatnit své vědomosti a naplno využít možností technologie CC-Link. CC-Link Partner Association vydává a distribuuje CC-Link specifikace otevřeně pro všechny společnosti, které vstoupí do sdružení.

3.1.6 Spolehlivost

Spolehlivost sítě zahrnuje odolnost proti elektrickým zásahům, schopnost rozpoznání chyb, tyto chyby lokalizovat, oddělit je a připustit nezasážené zařízení, aby pokračovalo v provozu a nakonec schopnost obnovit stav zařízení po chybě a pokračovat v normální bezchybné činnosti bez lidského zásahu.

Při opravě chyby CC-Link automaticky vrací odpojené zařízení do úplné síťové činnosti. Další podstatná volba je Stand - by Network Master, který zajišťuje maximální spolehlivost. Tato vlastnost

povoluje Stand - by Network Masteru, aby automaticky předpokládala kontrolu síťové komunikace v případě, že Primary Master stanice přestane pracovat.

3.1.7 Determinismus

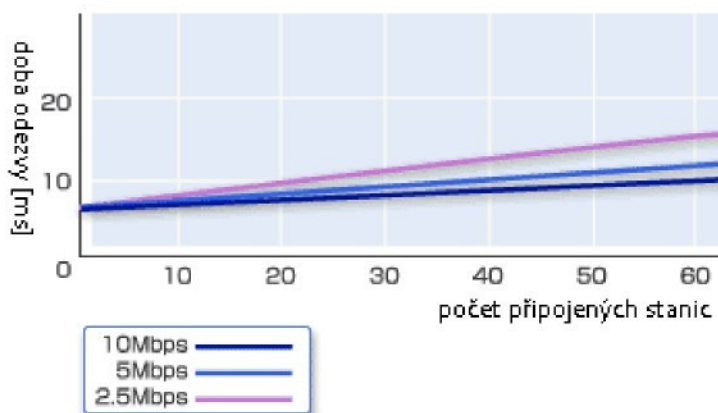
Determinismus je míra předvídatelnosti a opakovatelnosti. Stanoví nejhorší případ času nejistoty pro přenos dat (jako je čtení vstupů, nastavení výstupů). Schopnost sítě poskytnout stabilní uzavřený regulační obvod pro automatizaci systému velmi závisí na deterministických vlastnostech sítě. CC-Link technologie využívá master/slave architekturu. Proto tedy neexistuje časové nastavení nejistot (na rozdíl od některých jiných síťových technologií). Systémoví návrháři se mohou spolehnout na CC-Link, protože je rychlý a předvídatelný.

3.1.8 Snadnost implementace

Vývoj kompatibilních podřízených zařízení CC-Link se převážně skládá z jednoduchého hardware vykonávajícího jednoduché požadované nástroje. Ve strojírenství tento úkol zahrnuje integraci CC-Link zařízení do svého výrobku. CPLA poskytuje vývojářskému týmu hardwarové kity zdarma. Odborná inženýrská pomoc během vývoje je také dostupná. [5]

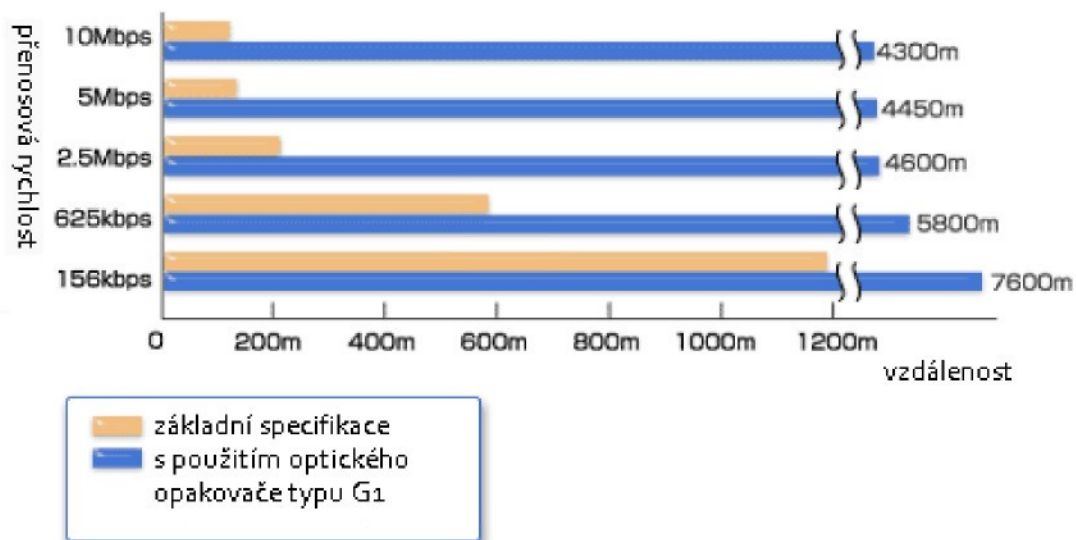
3.2 Vlastnosti CC-Link

- poskytování aktualizací vstupních a výstupních zařízení
- rychlá průchodnost velkých objemů dat
- poskytování deterministické odezvy pro spolehlivé, real-time ovládání
- sledování naprogramovaných procesů po síti
- poskytnutí síťové diagnostické informace, aby byla zjištěna případná problémová oblast
- umožnění převzít záložní síti kontrolu nad sítí v případě, že primární řízení je offline
- automatické připojení zařízení do sítě, které byly offline
- připojování zařízení do sítě, aniž by síť musela být nějak omezena
- vysokou rychlost odezvy výstupu
- komunikační rychlost vyšší než 10 Mb/s



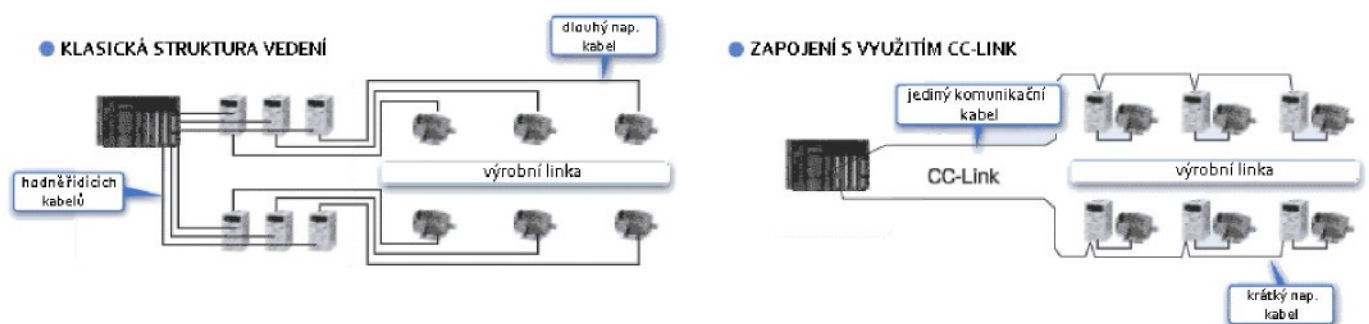
Obr. 10: Odezva CC-Link v závislosti na počtu připojených stanic[7]

- použití na dlouhé vzdálenosti
- maximální délka kabelu pro CC-Link je 1,2 km (při 156kb/s), při použití opakovací jednotek lze ale docílit ještě větší vzdálenosti



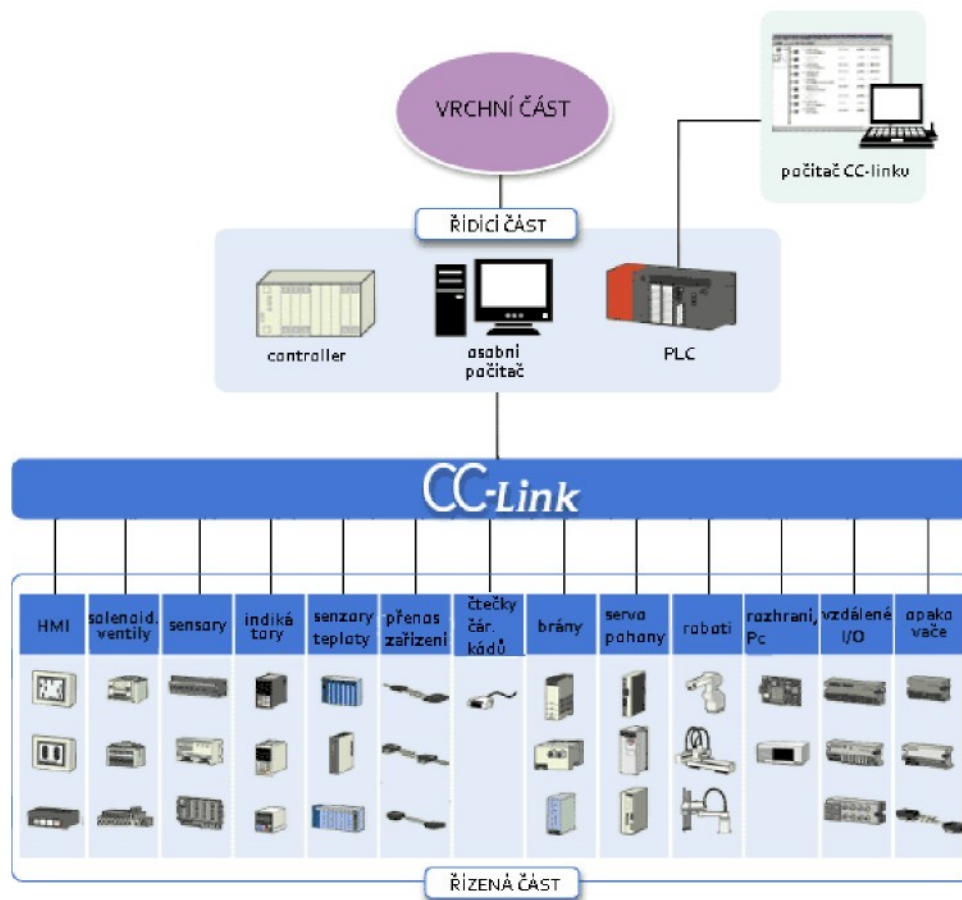
Obr. 11: Přenosová rychlost v závislosti na délce vedení [7]

- zlepšenou spolehlivost, pohotovost, praktičnost a funkčnost
- funkce „záložní master“ – pokud dojde k poškození stanice master, záložní stanice převzme její funkci
- oddělení stanice slave – umožní oddělit porušenou stanici slave a ostatní stanice slave nechat pracovat
- automatický návrat funkce – automaticky připojí stanic po vyřešení problému
- výrazně snížit množství potřebných vodičů, z čehož plynou výhody jako například:
 - snížení nákladů při zapojení
 - snížení doby zapojení/přepojení
 - zjednodušení údržby



Obr. 12: Menší počet vodičů při použití CC-Link oproti klasické struktuře zapojení [7]

- CC-Link poskytuje flexibilitu při výstavbě výrobních linek, prostřednictvím produktů různých výrobců [7]



Obr. 13: Příklad výrobní linky s použitím CC-Link [7]

Tab. 2: Specifické informace pro CC-Link [7]

maximální počet obsazených stanic	4 stanice
maximální počet zařízení v síti	64 zařízení
komunikační rychlost	10Mb/s 5Mb/s 2.5Mb/s 625kb/s 156kb/s
sdělovací systém	vysílání "dotazovacího signálu"
systemu synchronizace	rámcová synchronizace systému
system kódování	system NRZI
formát přenosové cesty	sběrníkový formát (kompatibilní RS485)
přenosový formát	HDLC conformance
system kontroly chyb	CRC ($X^{16}+X^{12}+X^5+1$)

3.3 CC-Link LT

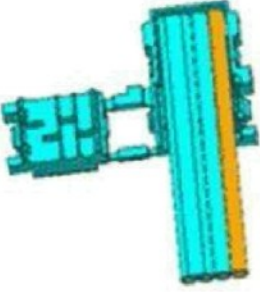
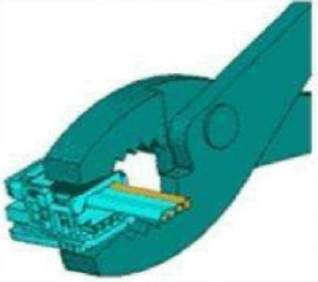
CC-Link LT je nižší úroveň protokolu CC-Link užívaného v oblasti síťových systémů pro zpracování dat vysokou rychlostí a pro efektivní automatizaci procesů. Je to síť určená pro zabudovávání senzorů a akčních členů. Zjednodušuje a minimalizuje kabeláž pro pole přístrojů a ovládacích panelů. Jsou tím eliminovány chyby na vedení a je možné případné jednoduché odstranění. CC-Link LT je založen na technologii CC-Link. CC-Link LT poskytuje otevřenost, vysokou komunikační rychlost a dobrou odolnost. [9]

Tab. 3: Síťová kompatibilita mezi CC-Link a CC-Link LT [10]

položka	CC-Link	CC-Link LT
otevřenost	plně otevřená síť	
kom. rychlost	10Mb/s 5Mb/s 2,5Mb/s	2,5Mb/s 625kb/s 156 kb/s
kom. metoda	cyklický a občasný přenos	cyklický přenos
fyzická vrstva	RS485	
počet I/O stanic	64 stanic	
kabel	stíněný, třívodičový	čtyřvodičový plochý kabel
datový paket	bity, datová slova	bity
body/stanice	32 bodů/stanice 4 slova/stanice	4,8 nebo 16 bodů
kom. metoda	broadcast polling	metoda BITR
kontrol. systém chyb	CRC	
RAS funkce	diagnostika sítě, automatický návrat funkce, oddělní stan. Slave	

3.3.1 Snadné a efektivní síťové připojení

Populární CC-Link LT "one-touch" konektor umožňuje rychlé a spolehlivé připojení na komunikační kabel bez potřeby speciálních nástrojů. Přidání dalších síťových jednotek je velmi jednoduché. Speciálně konstruované ploché síťové kabely přenášejí informaci i napájení. Tento kabel eliminuje možnost chyb elektroinstalace, snižuje čas pro výměnu jednotek a snižuje náklady na kabeláž. [9]

chybná ochrana vedení (příklad 1)	chybná ochrana vedení (příklad 2)	připojení
		
chyba vedení činí konektor nebezpečně blízko díky tvaru kabelu	pokud je oranžová barva plochého kabelu vidět skrz okénko, vyskytla se chyba	Snadné připojení bez speciálního nářadí. Konektor je snadno aplikován pomocí standardních kleští. Snadné připojení k T-odbočce

Obr. 14: Konektor „one touch“ [12]

3.3.2 Specifické informace pro CC-Link LT

Pro maximálně efektivní využití sběrnice CC-Link LT využívá 3 druhy nastavení. Zvolené nastavení se odvíjí podle počtu připojených stanic. Efektivita spočívá v tom, že se snižuje počet nevyužitých míst v paměti.

Tab. 4: Specifické informace pro CC-Link LT [20]

Druh nastavení	4 point mode	8 point mode	16 point mode
max. počet připojených bodů	512	1024	2048
počet připojených bodů mezi stanicemi	8	16	32
komunikační rychlost	2,5Mb/s 625kb/s 156kb/s		
celkový počet stanic Sláve	64		
Formát přenosu	„T-branch“ formát		
systém kontroly chyb	CRC		
počet připojených modulů	64		
připojovací kabel	plochý kabel (0.75mm ² ×4) VCFT kabel (0.75mm ² ×4, JIS C 3306) vysoce flexibilní kabel 0.75mm ² ×4		
komunikační metoda	metoda BITR		

3.4 CC-Link IE

Protokol CC-Link IE (*Control and Communication Link Industrial Ethernet*) je dalším úspěšným představitelem systémů typu průmyslového Ethernetu. Byl vyvinut firmou Mitsubishi jako velmi výkonný průmyslový komunikační systém pro účely automatizace. Je patrně jen otázkou krátké doby, kdy bude začleněn do normy IEC 61158-2 k dosavadním jedenácti standardům průmyslového Ethernetu. Protokol CC-Link IE je nejvýkonnější ze skupiny komunikačních protokolů a systémů firmy Mitsubishi a organizace CLPA, a to především, ale nejen na asijském trhu.

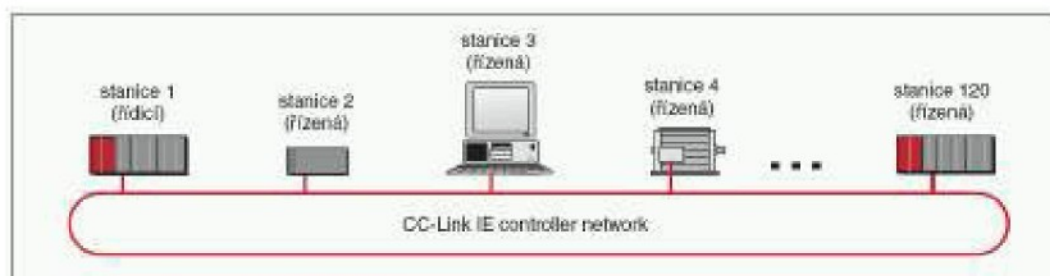
Jde o systém určený obecně pro účely průmyslové automatizace na úrovni propojení řídicích členů jako programovatelných automatů, průmyslových počítačů a dalších řídicích počítačových systémů. Systém CC-Link IE představuje konzistentní integrovanou průmyslovou komunikační síť řešenou na fyzické úrovni podle standardu IEEE 802.3z s mnohavidovým optickým vláknem s přenosovou rychlostí 1 Gb/s. Pro účely komunikace každá stanice (komunikující zařízení) disponuje sdílenou síťovou pamětí pro cyklická data velikosti až 256 kB, což umožňuje realizovat distribuovaný řídicí systém využívající síť autonomních, dostatečně inteligentních komunikujících uzlů. V praxi to znamená, že perioda cyklu sítě CC-Link IE se 64 uzly je 5 ms nebo kratší. K řízení sítě je použita metoda předávání pověření (*token passing*), což umožňuje dosáhnout velké propustnosti sítě současně se zajištěním deterministického přístupu komunikujících entit k datům a konstantní periody komunikačního cyklu a důsledně zabránit vzájemně kolizi dat při přenosu.

Tab. 5: CC-Link IE – základní informace [20]

Parametr	Charakteristika
způsob přenosu	Cyklická výměna dat v reálném čase a acyklický přenos dat bez požadavků na reálný čas
přenosová technologie	1 Gb/s
topologie	Kruh
redundance	duplexní komunikace po kruhu
řízení sítě	předávání pověření (token)
fyzické médium	1000BASE-SX (IEEE 802.3z), mnohavidový optické vlákno (pro gigabitový Ethernet)
konektor	dvojitý konektor (IEC 1754 20LC)
počet stanic v síti	120
vzdálenost mezi stanicemi	do 550 m
maximální délka sběrnice	66 km

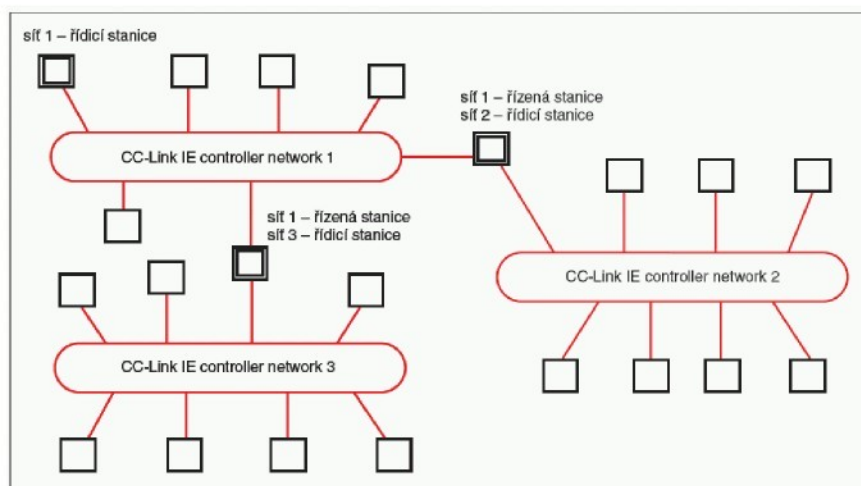
3.4.1 Konfigurace sítě

Síť CC-Link IE se skládá z jedné řídicí stanice a jedné nebo několika řízených stanic. Maximální počet stanic v jednom segmentu sítě CC-Link IE je 120. Jednoduché segmenty sítě CC-Link IE s jednou řídicí stanicí lze navzájem propojovat do složených sítí (uspořádání *multinetwork*). K propojení se používají stanice fungující jako řídicí stanice v jedné ze sítí a jako stanice řízená v síti druhé.



Obr. 15: Komunikace po CC-Link IE [20]

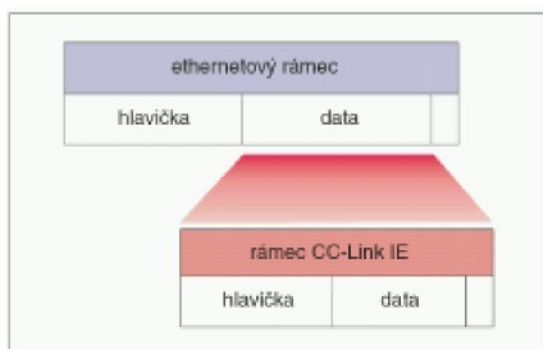
Komunikaci v každém segmentu sítě řídí jeho řídicí stanice prostřednictvím sekvence pověření zasílané řízeným stanicím. Řídicí stanice, která obdrží pověření, provede příslušnou operaci přenosu cyklických dat a pak pověření předá další stanici v pořadí. Poslední stanice v segmentu předá pověření pro uskutečnění cyklického přenosu řídicí stanici, která opět zahájí další cyklus. Ve složené síti může pracovat až 239 jednoduchých segmentů sítě CC-Link IE. Adresy jednotlivých stanic odkazují na číslo segmentu ve složené síti a číslo uzlu v segmentu.



Obr. 16: Multinetwork [20]

3.4.2 Komunikační protokol CC-Link IE

Systém CC-Link IE je založen na využití techniky Ethernetu. Protokolem prvních dvou vrstev je tedy protokol Ethernet. K připojení k optickým kabelům ethernetové sítě lze tak použít komerční připojovací karty a rovněž lze používat komerční analyzátory sítě. Sestavit a zkonfigurovat síť CC-Link IE a uvést ji do chodu po fyzické i softwarové stránce tudíž není složité. Kanál TCP/IP zajišťující kompatibilitu s internetem je využíván v acyklické fázi protokolu CC-Link IE. Systém CC-Link IE využívá k přenosu dat standardní ethernetový rámec, do jehož datové části se vkládá rámec CC-Link IE.

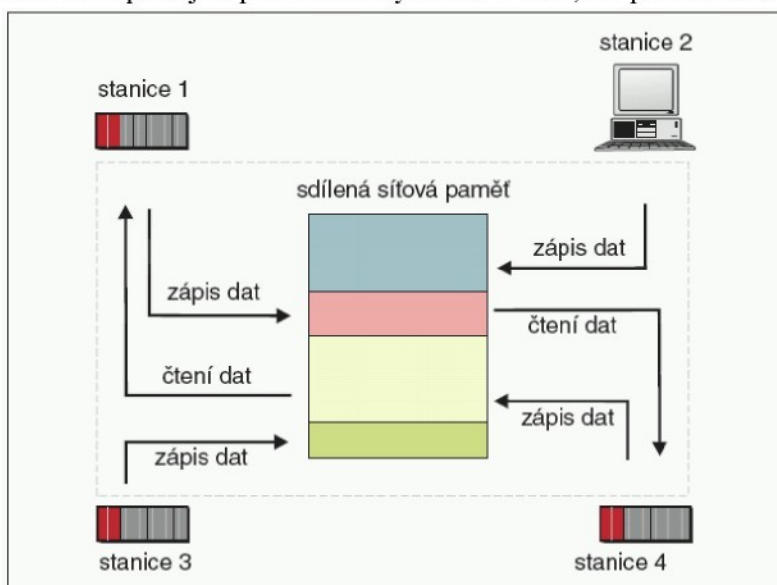


Obr. 17: CC-Link rámec[20]

Jednotlivé vrstvy protokolu jsou namapovány do standardního modelu komunikačního kanálu ISO/OSI, přičemž CC-Link IE využívá jen pět vrstev modelu ISO/OSI.

3.4.3 Komunikace prostřednictvím sdílené síťové paměti

Díky použité metodě umožňuje sdílená paměť sítě přenášet až 4 kB bitově orientovaných dat a až 256 kB slov mezi všemi stanicemi v síti. Každá stanice přistupuje ke své vlastní sdílené paměti, která obsahuje data ze všech stanic. Protože síť pracuje s přenosovou rychlostí 1 Gb/s, lze přenést data ze všech stanic bez významného zpoždění. Například při 32 stanicích, z nichž každá přenáší 4 kB dat, lze všechna data přenést během 60 μ s. Cyklická výměna dat má vždy přednost před acyklickým režimem sítě. Síťová sdílená paměť umožňuje také síť snadno modifikovat (např. změny typu přidání nebo odebrání stanice nevyžadují žádnou znalost způsobu připojení k síti). Síť je tudíž z principu flexibilní a snadno použitelná.



Obr. 18: CC-Link sdílená paměť [20]

3.4.4 Deterministický režim sítě s předáváním pověření

Každá stanice může posílat (zapisovat) data jen tehdy, vlastní-li pověření, a má právo zapisovat pouze do určité vyhrazené oblasti sdílené paměti. Z ostatních oblastí může pouze číst. Stanice vlastníci pověření zasílá zapisovaná data každé stanici v síti. Řízené stanice, které data přijímají, je kopírují do příslušně vyhrazené části sdílené paměti. Jakmile je tento jeden přenos uskutečněn, je pověření předáno další řízené stanici atd. Perioda cyklu musí být zcela deterministická. Při plánování přenosu je možné určit periodu cyklu i jednotlivých dílčích cyklů zasílání dat z jednotlivých stanic, což je důležité pro zachování determinismu sítě. Princip sdílené paměti má výhodu mj. v tom, že přenos dat v reálném čase z jednotlivých stanic nezávisí na stavu spojení mezi vysílací a přijímací stanicí.

3.4.5 Acyklická komunikace peer-to-peer

Zatímco základním režimem sítě CC-Link IE je cyklický režim pro předávání dat, pro časově nekritické acyklické zprávy je v síti použita přímá metoda komunikace mezi stanicemi (*peer-to-peer*). Využívá se k přímému předávání acyklických zpráv (stav, parametrizační data atd.) mezi dvěma stanicemi. Tyto nepravidelné, občasné zprávy jdou mimo standardní cyklický přenos dat v reálném čase a nenarušují jeho základní režim přesného časování. Aby byl tento základní přenos časově kritických dat v reálném čase skutečně zaručen, používá systém CC-Link IE zvláštní přenosové pásmo, které je vyhrazeno pro přenosy uvedených necyklických zpráv a nenarušuje cyklickou výměnu dat. Tím je zajištěn determinismus tam, kde je nezbytný, a přitom zůstává dostatek prostoru pro výměnu necyklických zpráv přímo mezi stanicemi. K hladkému přenosu acyklických dat mezi jednotlivými stanicemi stačí určit adresu segmentu sítě a vlastní adresu cílové stanice v segmentu.

Přenos probíhá tak, že každá stanice šíří svá řídicí data přes sdílenou síťovou paměť. To znamená, že uživatelský program komunikuje tak, že zapisuje nebo čte data přes sdílenou paměť. Přes sdílenou paměť může poslat i dostávat data každá stanice připojená k síti, aniž je k tomu nutná zvláštní znalost protokolu CC-Link IE. Je základním principem tohoto protokolu, že nekritické občasné zprávy z jednotlivé stanice do několika stanic zapojených v síti, potřebné pro nastavené řídicího programu, se předávají logickými spoji na jedné hierarchické úrovni bez ohledu na skutečnou fyzickou strukturu sítě.

3.4.6 Topologie sítě CC-Link IE

Podobně jako v jiných moderních sítích v oblasti IT, jejichž požadavkům na přenosovou rychlost již nestačí metalické přenosové médium, je i v systému CC-Link IE použito propojení optickými kabely. Lze tedy používat kompaktní přístroje s levným optickým rozhraním. Fyzickým médiem je ethernetový mnohavidový optický kabel pro IEEE 802.3z s konektory podle IEC 61754 20 LC (duplex). Toto řešení zvyšuje odolnost sítě proti elektromagnetickému rušení v průmyslovém prostředí, prodlužuje maximální přípustnou vzdálenost mezi stanicemi na 550 m, a tím i celkovou délku segmentu na 66 km. Protože vlastnosti fyzických komponent jsou určeny mezinárodními standardy, nejsou při instalaci sítě nutné žádné úpravy.

Systém CC-Link IE používá duplexní kruhovou topologii. Ta sice vede k poněkud vyšším nákladům na instalaci, přestože celková délka kabelu je obvykle menší než u zapojení typu hvězda, avšak současně přináší významnou výhodu odolnosti proti poruše ze společné příčiny při přerušení kabelu a umožňuje použít automatickou detekci chyby v propojení (*auto-negotiation*) dvou stanic. Dojde-li k chybnému zapojení typu vstup-vstup nebo výstup-výstup, nepřipojí se takové stanice k síti. S touto funkcí se lze vyhnout zdržení při spouštění systému zapříčiněnému použitím vadného kabelu.

Zavedením funkce obnovy smyčky (*loop-back*) lze při přerušení duplexní sítě v důsledku poruchy kabelu uzavřít spojení i v jejích fungujících částech. Při poruše kabelu mezi stanicemi nebo poruše jedné stanice je síť následně automaticky rekonfigurovaná, takže je obnovena cyklická výměna

dat mezi fungujícími stanicemi. Jde o základní vlastnost systému CC-Link IE nevyžadující žádné nastavování ani žádná přídavná zařízení.

3.4.7 Funkce řídicí stanice

Řídicí stanice systému CC-Link IE řídí cyklický režim přenosu dat mezi všemi stanicemi. Při její poruše přebírá řídicí funkci jiná stanice připojena v síti (funkce *floatingmaster*), což zvyšuje spolehlivost celého systému.

Řídicí stanice v systému spravuje parametry sítě, např. celkový počet stanic, přiřazení oblasti sdílené paměti apod., a je odpovědná za konzistenci a neporušenost sítě. Po spuštění sítě distribuuje požadované parametry do všech podřízených stanic. Jestliže se některá stanice v důsledku poruchy kabelu nebo chybou vlastní stanice zastaví, řídicí stanice automaticky aktivuje funkci *loop-back*. Vypoví-li ve stejném okamžiku funkce dvě stanice, síť se rozdělí, protože funkce *loop-back* ještě nestačila zapůsobit. V rozdělené síti se v jedné části jedna ze stanic stává záložní řídicí stanicí.

3.4.8 Výhody CC-Link IE

- *Robustnost* – Je integrována ve stavbě CC-Link IE, počínaje kabely z optického vlákna odolnými proti rušení až po redundandní prstencovou strukturu sítě.
- *Spolehlivost* – Je založena na redundandní prstencové struktuře sítě, na použití sdílené paměti a schopnosti zřídit v případě poruchy komunikace automaticky a dynamicky nové pohyblivé sub/master v každém izolovaném segmentu.
- *Stabilita* – Je zajištěna deterministickým předáváním dat v rámci celé síťové paměti. Mimoto se díky tomuto systému paměti zvětšuje flexibilita, s jakou je možné do sítě připojovat stanice, resp. je z ní odpojovat. Neboť díky tomu, že každá stanice v síti „vidí“ každou část síťové paměti, zcela odpadá vzájemná závislost při výměně dat.
- *Flexibilita* – Každé zařízení disponuje směrovací tabulkou. To uživateli umožňuje snadnou rychlou komunikaci „svého“ Industrial Ethernetu.
- *Uživatelská přívětivost* – Rychlost přenosu 1Gb/s, deterministická komunikace v reálném čase, kabely z optického vlákna a snadná rozšiřitelnost sítě, to vše znamená snadnou vertikální integraci v rámci výrobního zařízení, neboť velké objemy dat je možné sdílet konstantě a bezpečným způsobem.
- *Otevřenost/Normalizace* – CC-Link IE byl definován CLPA a představuje otevřenou normu, kterou znají všichni uživatelé. Tato skutečnost nechrání pouze uživatele proti jednomu dominantnímu výrobcí, ale je i zárukou dlouhodobosti této síťové technologie. [16]

3.4.9 Další vývoj protokolu CC-Link IE

Průmyslový Ethernet CC-Link IE je již zavedená vysokorychlostní komunikační síť na bázi Ethernetu. Profituje jednak ze svých kvalit a dobrého technického řešení, jednak ze schopnosti téměř bezproblémově komunikovat s ostatními sítěmi skupiny CC-Link. Staví především na optickém vláknu, přenosovém mediu, a tím na odolnosti proti elektromagnetickému rušení, velké přenosové rychlosti (1 Gb/s) a velkém dosahu a rozsahu (celková délka kabelu až 66 km při až 256 segmentech sítě) a na unikátním řešení předávání zpráv prostřednictvím sdílené distribuované virtuální síťové paměti.

V nejbližší době tento systém bude pravděpodobně dále expandovat jak směrem k sítím IT, tak i směrem dolů, do výrobních provozů, kde jsou před dokončením varianta velmi rychle síť CC-Link motion control pro úlohy spjaté s řízením elektrických pohonů a varianta CC-Link network pro účely

automatizace spojitých technologických procesů.

Třebaže protokol CC-Link IE controller network není prozatím součástí normy IEC 61158, lze očekávat jeho další rozšíření nejen na asijském, ale i na celosvětovém poli automatizačních prostředků díky jeho velmi dobrým vlastnostem a podpoře od předního japonského dodavatele automatizační techniky. [20]

3.5 CC-Link Safety

CC-Link Safety je síť s vysokou mírou spolehlivosti přenosu dat vhodná pro užití v bezpečnostních aplikacích, které vyžadují dodržování bezpečnostní normy IEC 61508 SIL3 a ISO 13849-1 Category 4.

IEC 61508 SIL3 vyžaduje méně než 10^{-7} komunikačních selhání a CC-Link Safety splňuje tento požadavek. Toto zabezpečení proti poruchám přivede hlídané zařízení do bezpečného stavu rychleji, než by se mohlo nějak poškodit. Toho je dosaženo přidáním bezpečnostní funkce na horní úroveň vrstvy CC-Link protokolu, který detekuje přenos každé chyby. Informace pro bezpečnostní funkci obsahuje „pořadové číslo“ pro určenou zprávu a CRC32 detekuje nečitelný přenosový bit.

Tab. 6: Specifikace CC-Link Safety [25]

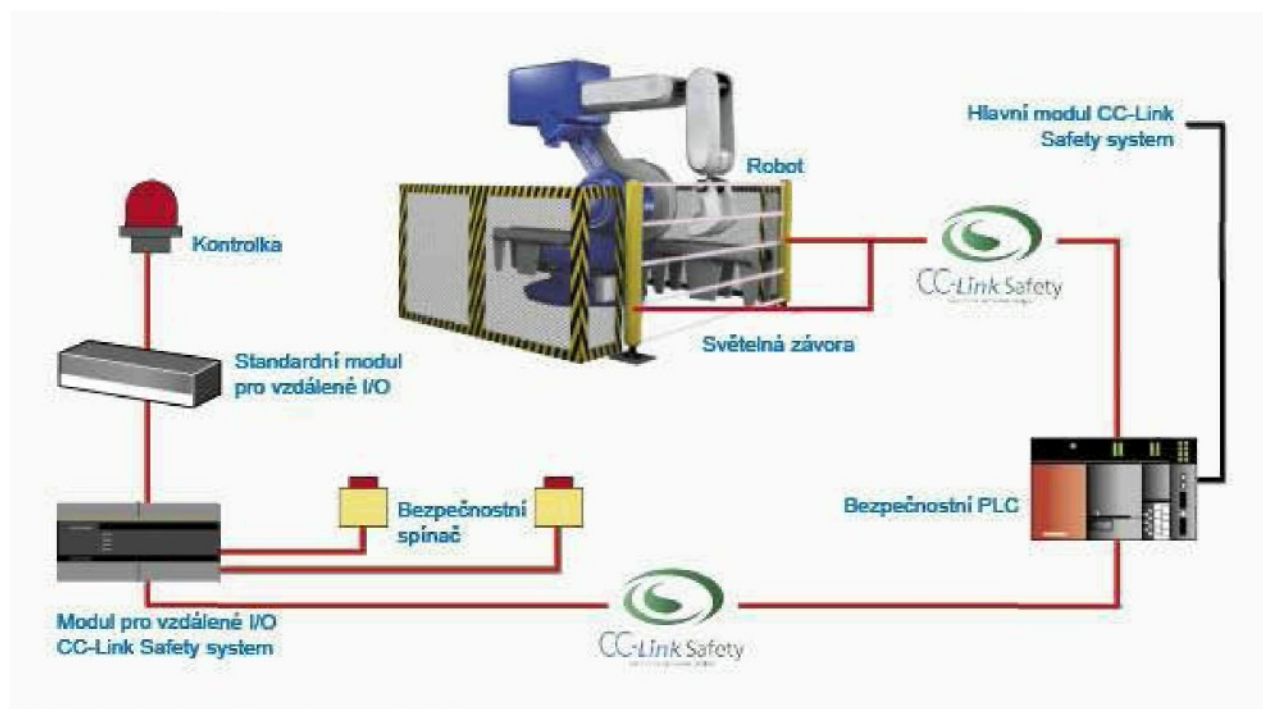
Kapacita I/O	4096
Šířka pásma	10 Mb/s
Maximální počet stanic	42 bezpečnostních nebo 64 konvekčních
Maximální vzdálenost	100 m
Konfigurace sítě	sběrnice
Diagnostické možnosti	I/O detekce spojení nakrátko a otevřených obvodů nesprávného zapojení a jiných ohrožujících podmínek
Bezpečnostní certifikáty	IEC 61508 SIL3, ISO 13849-1 Category 4

3.5.1 Integrovaná otevřená technologie síťového systému CC-Link

CC-Link Safety je samozřejmě kompatibilní se standardem CC-Link. To umožňuje využití stávajících investic do kabelové sítě, dalších kompatibilních produktů a existujících inženýrských činností. Bezpečnostní zařízení a ostatní zařízení mohou být umístěny ve stejné síti. Tato síť také poskytuje stejně vysokou rychlost komunikace a rychlost odezvy jako standard CC-Link.

CC-Link Safety se skládá z:

- CC-Link Safety stanice Master
- jedné nebo více CC-Link Safety stanic Slave
- nepovinně z jednoho nebo více CC-Link vzdáleného I/O zařízení nebo vzdáleného zařízení stanice Slave [13]



Obr. 19: Zapojení s využitím CC-Link Safety [13]

3.6 CC-Link Partnerská asociace

CC-Link Partner Association (CLPA) je organizace výrobců, kteří vyrábějí produkty kompatibilní s technologií CC-Link. CLPA dohlíží a řídí CC-Link specifikace a prosazuje celosvětové přijetí CC-Link technologie pro síťové komunikace v průmyslové automatizaci. CLPA má pobočky po celém světě, například v Severní Americe, Evropě, Japonsku, Číně, atd.

Na začátku darovala společnost Mitsubishi tomuto konsorciu techniku, a proto se stala jejím zakládajícím členem. CLPA propaguje CC-Linkovou techniku a zvětšuje tím vlastní pole působnosti. S podporou Mitsubishi se CC-Link stal vedoucí sběrnici v Asii a jednou z nejrozsáhlejších celosvětově. Rozsah CLPA bude významně růst a také bude růst hodnota vlastní technologie členů CLPA. [14]

V rámci bakalářské práce se Fakulta mechatroniky přidala do skupiny CLPA na úrovni „Registered Member“. Tato úroveň registrace je zdarma a fakulta tím získá přístup k dalším informacím, jako například strukturu protokolu CC-Link.

3.6.1 Výhody členství

- Kopie technických protokolů zdarma
- Technická podpora vývoje produktů kompatibilních s CC-Link
- Podpora prodeje.
- Doporučování produktů
- Technická podpora CC-Link sítě, instalace produktu
- Celosvětová podpora CC-Link kompatibilních produktů [15]

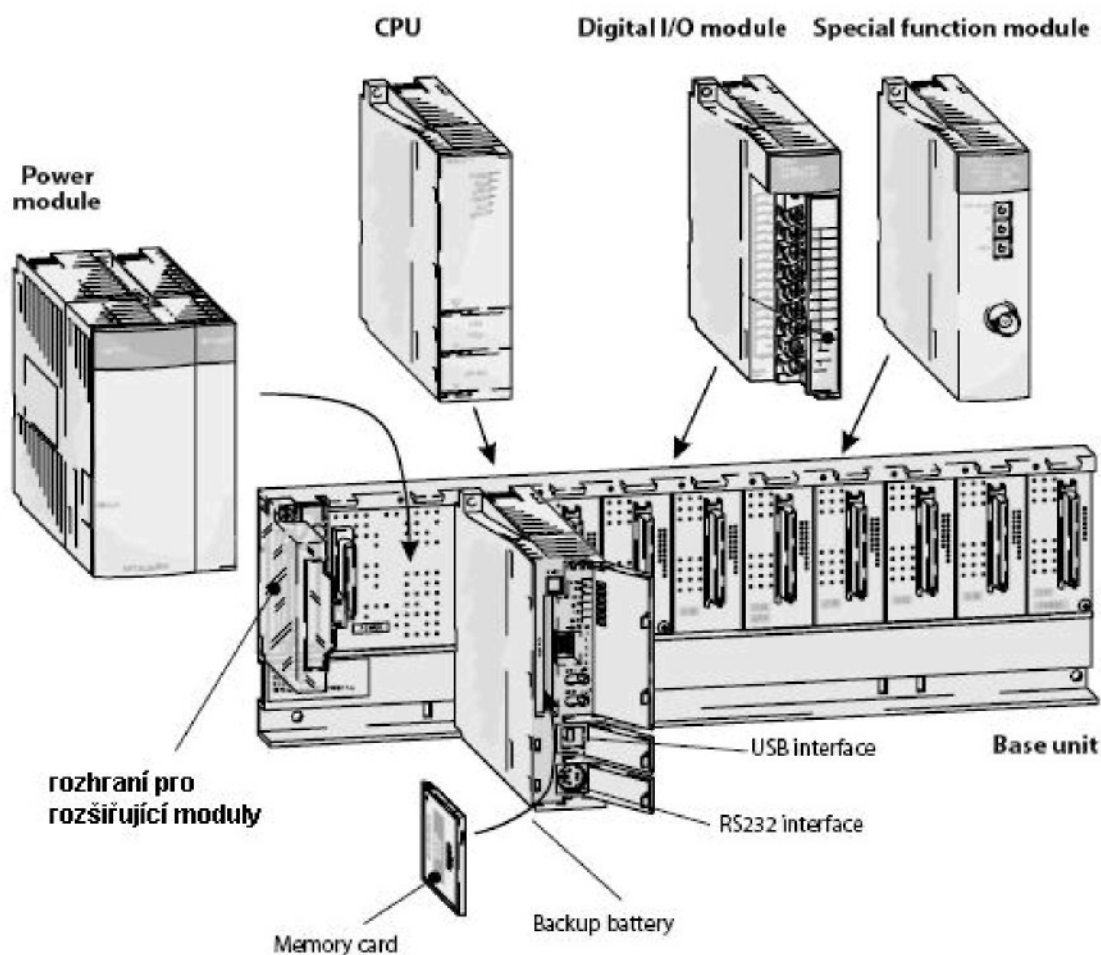
Kapitola 4 – Fyzikální úloha

Úkolem praktické části je využít fakultou dodané komponenty k vytvoření úlohy, v níž bude pomocí vstupního modulu řízen modul výstupní.

4.1 Použité komponenty

4.1.1 Základna Melsec Q38B-E

Tento modul je základna, na níž se vkládají veškeré moduly. Způsob je velmi dobře ilustrován na následujícím obrázku.

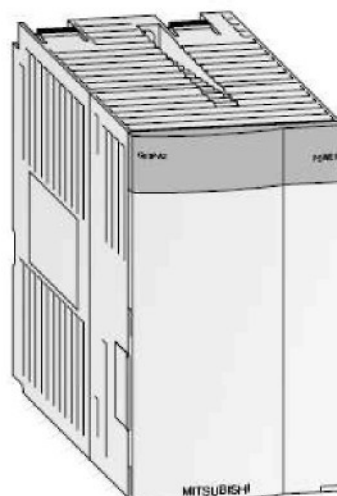


Obr. 20: Základna Melsec Q38B-E [21]

Úplně vlevo na základně je rozhraní pro rozšiřující moduly. Pomocí tohoto rozhraní se může k základně připojit display nebo další základna. Do prvního (širšího) slotu se vkládá napájecí modul, za ním následuje procesor. Tyto dva moduly mají pevně určené svoje pozice a není dovoleno je vkládat jinak, i když CPU modul svým rozměrem odpovídá i slotům pro ostatní moduly. Za CPU následuje 8 slotů určených pro další zařízení. Patří mezi ně inteligentní zařízení, vstupy, výstupy, převodníky, atd. Při realizaci úlohy se osvědčilo vložit za CPU inteligentní zařízení a až potom další vstupy a výstupy. Pokud tak nebylo učiněno, základna byla nestabilní.

4.1.2 Napájecí modul Q63P

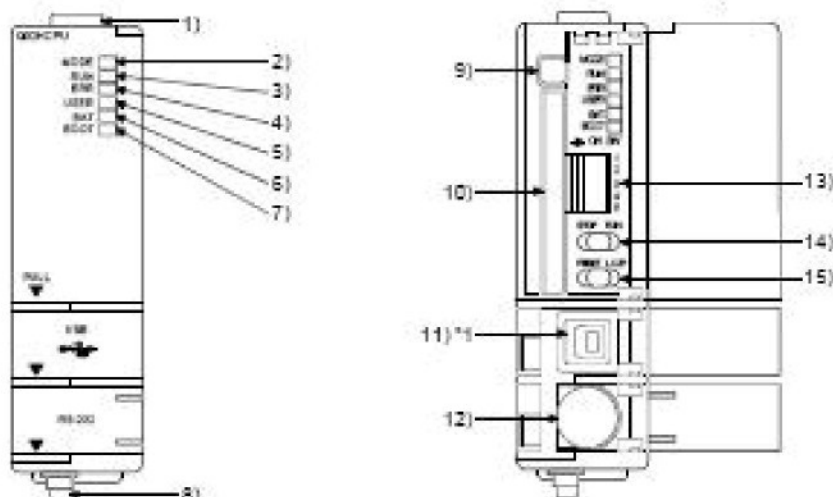
Tento modul zajišťuje napájení celé základny. Vstupuje do něj 24 V DC, takže pro jeho napájení se musí použít zdroj stejnosměrného napětí. Kromě vstupů pro vlastní napájení obsahuje ještě „uzemňující“ vstupy FG a LG, které se používají při připojení elektrických zařízení.



Obr. 21: Napájecí modul Q63P [21]

4.1.3 Procesor Q25HCPU

Jako procesor je použit modul Q25HCPU. Tento modul obsahuje rozhraní USB i RS232, takže se velmi jednoduše propojí i s novějšími počítači či notebooky, které nejsou vybaveny sériovou linkou.



Obr. 22: Procesor Q25HCPU [22]

popis jednotlivých částí:

- 1) Háč, který slouží k uchycení modulu na základnu.
- 2) LED dioda signalizující správnou komunikaci mezi základnou a procesorem.
- 3) LED dioda signalizující správný běh programu.
- 4) LED dioda signalizující chybu CPU.
- 5) LED dioda signalizující chybu
- 6) LED dioda signalizující problém se záložní baterií
- 7) LED dioda signalizující problém se zápisem do paměti CPU
- 8) Háč, který slouží k uchycení modulu na základnu.

- 9) Tlačítko, pomocí kterého se vysune paměťová karta
- 10) Slot pro paměťovou kartu.
- 11) Rozhraní USB sloužící pro propojení počítače a procesoru.
- 12) Rozhraní RS232 sloužící pro propojení počítače a procesoru.
- 13) Přepínače pro nastavení procesoru
 - SW1 – Slouží, jako ochrana proti přepisu dat v CPU
 - SW2, SW3 – Nastavuje paměť, ke které se bude přistupovat
 - SW4, SW5 – Z pravidla zůstávají nevyužity
- 14) Start/stop běhu programu
- 15) Start/stop/reset CPU

Při komunikaci s počítačem byla použita sériová linka RS232. Vzhledem k tomu, že nebyla použita žádná paměťová karta a program zapisujeme přímo do paměti modulu (drive 0), všechny přepínače zůstávají v pozici off.

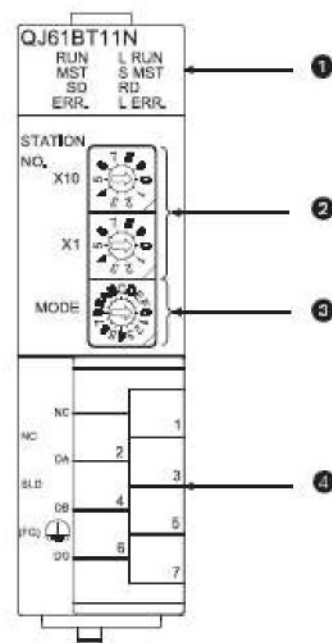
4.1.4 CC-Link modul QJ61BT11N

Po nakonfigurování CPU se může na základnu vložit další modul. Tím je modul CC-Link QJ61BT11N. Ten spadá do skupiny inteligentních.

Modul je rozdělen na 4 části:

- 1) část obsahující informační LED diody
 - RUN* – normální provoz / chyba
 - MST* – modul pracuje jako stanice master
 - SD* – vysílání dat
 - RD* – přijímání dat
 - ERR.* - chyba, porucha komunikace u některé ze stanic
 - L RUN* – probíhá datový přenos
 - SMST* – modul pracuje jako záložní stanice master
 - L ERR.* – během zapínání došlo ke změně polohy přepínače u 2 nebo 3 / chybí zakončovací rezistor
- 2) nastavení čísla stanice

Číslo stanice může být v intervalu 0 až 64, přičemž 0 znamená, že stanice pracuje jako master a v ostatních případech pracuje jako slave. V našem případě potřebujeme, aby byl tento modul master, tudíž jeho číslo volíme 0.



Obr. 23: CC-Link modul QJ61BT11N [22]

- 3) nastavení přenosové rychlosti a druhu provozu

Následující tabulka ukazuje význam jednotlivých poloh přepínačů. Při běžném provozu se využívají pouze polohy 0 až 4, polohy 5 až E se využívají k testování dalšího připojeného hardwaru. V tabulce není obsažena poloha F, protože ta je zakázaná.

Tab. 7: Přenosové rychlosti CC-Link modulu QJ61BT11N [22]

Přenosová rychlost	156 kbit/s	625 kbit/s	2,5 Mbit/s	5 Mbit/s	10 Mbit/s
Poloha přepínače *	0	1	2	3	4
Druh provozu	Online (připojena k síti)				
Poloha přepínače *	5	6	7	8	9
Druh provozu	Test linky: Station Nr. 0: Leitungstest 1 Station Nr. 1–64: Leitungstest 2				
Poloha přepínače *	A	B	C	D	E
Druh provozu	Test technického vybavení (hardware)				

V naší úloze je přepínač nastaven na hodnotu 0, protože i takto nízká rychlost je pro nás dostačující.

4) svorkovnicový blok

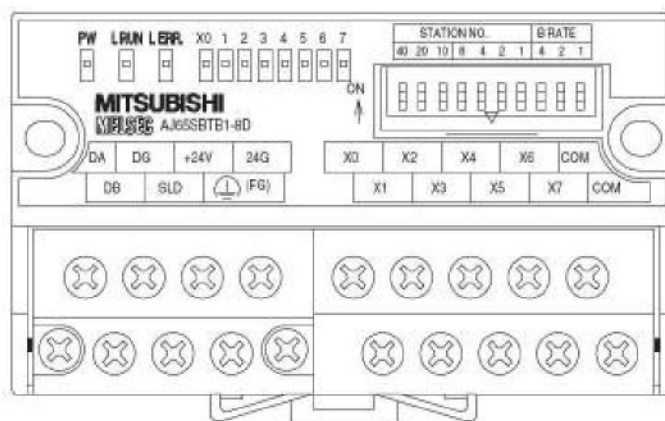
Pomocí svorkovnicového bloku se k tomuto modulu připojují další CC-Link moduly. V praxi se zapojují pouze čtyři svorky a využívá se k tomu speciální CC-Link kabel.

Musí být zapojeny datové vodiče DA a DB, dále uzemnění DG a stínění SLG. Svorka NC se nepoužívá. FG je tzv. přístrojová zem, tudíž by se použila, pokud by v zapojení byl nějaký elektrický přístroj.

4.1.5 Vstupní modul AJ65SBTB1-8D

Po instalaci master modulu je možné začít instalovat moduly slave. Jako vstupní modul je použit AJ65SBTB1-8D.

Tento modul má 8 vstupů (X0 až X7), jejichž sepnutí je signalizováno osmi LED diodami. Dále je pomocí LED diod signalizováno napájení, přijímání dat ze stanice master a chybový stav. Číslo stanice se nastaví pomocí přepínačů *station number* a přenosová rychlost pomocí *bit rate*. Číslo stanice musí být unikátní, nesmí kolidovat s jinou stanicí. Přenosová rychlost musí mít stejnou hodnotu jako u stanice master, jinak je hlášena chyba a modul nepracuje.



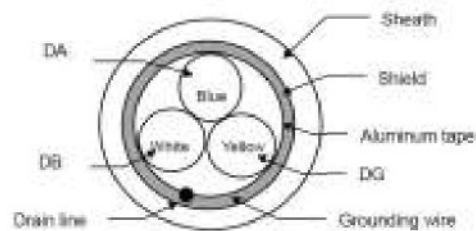
Obr. 24: Výstupní modul AJ65SBTB1-8B [23]

4.1.6 Výstupní modul AJ65SBTB1-8TE

Jako výstupní modul je použit AJ65SBTB1-8TE. Jeho vzhled i princip nastavení je naprosto totožný jako u vstupního modulu, pouze místo vstupů X0 až X7 obsahuje výstupy Y0 až Y7.

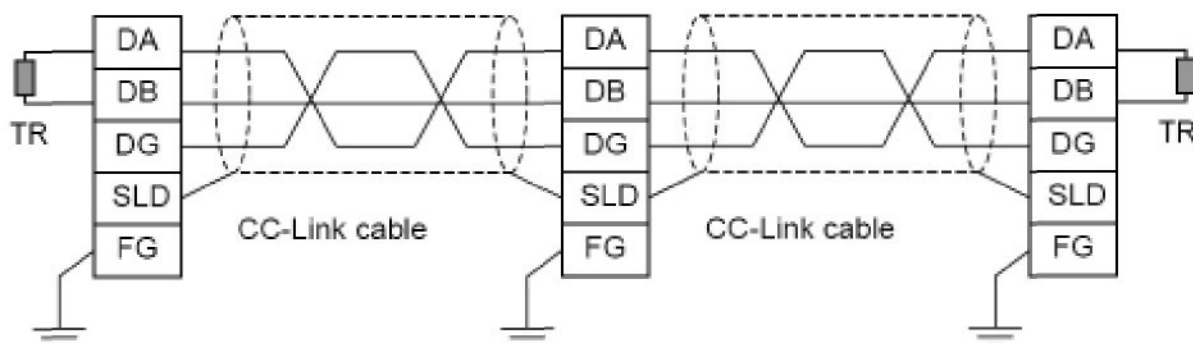
4.1.7 Zapojení a nastavení

Pro propojení CC-Link modulů se používá speciální CC-Link kabel. Ten ovšem fakulta nemá k dispozici, takže byl místo něho použit „obyčejný“ kabel se čtyřmi vodiči, který je pro tuto konkrétní úlohu naprosto dostačující.



Obr. 25: Řez CC-Link kabelem

Moduly byla zapojena podle následujícího schématu. Pokud není využit repeater, je nutné na začátek a konec vedení připojit zakončovací rezistor TR, který má hodnotu 110Ω.



Obr. 26: Zapojení CC-Link modulů[22]

Číslo inteligentního modulu na základně je nastaveno na nulu, tudíž funguje jako stanice master. Výstupnímu modulu bylo přiřazeno číslo jedna, vstupům číslo dvě. Komunikační rychlost je na všech modulech nastavena na 156 kb/s.

4.2 GX IEC Developer

Po zapojení a hardwarovém nastavení je možné PLC připojit k počítači. K programování PLC Mitsubishi se používá software GX IEC Developer, který je k tomu speciálně vyvinut. Tento software je navržen podle mezinárodního standardu IEC 1131.3, což je standard pro programování PLC vydaný mezinárodní elektrotechnickou komisí IEC.

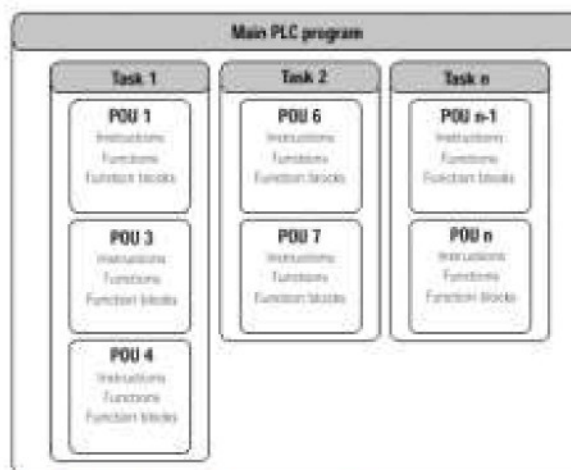
4.2.1 Struktura programu

Standard IEC 1131.3 navzájem přibližuje širokou škálu instrukcí definovaných jednotlivými výrobci PLC a umožňuje podle přesně daných pravidel jejich zápis do programových modulů. Tyto programové moduly jsou nazývány POU (Program Organisation Units) a tvoří základ budoucího programu. Každý POU se skládá z hlavičky (head), kde se definují lokální proměnné a z těla (body), které obsahuje vlastní program.

Existují celkem tři různé typy POU, rozdělené podle jejich funkce:

- programy
- funkce
- funkční bloky

Výsledný program vznikne sloučením jednotlivých programových modulů do jedné nebo více úloh (Task). Všechny Tasky jsou při kompilaci automaticky převedeny do formy skutečného PLC kódu v takzvaném Task Pool.



Obr. 27: Struktura PLC programu [24]

4.2.2 Programovací jazyk

Pro napsání programu je možno použít kterýkoliv z níže uvedených editorů, přičemž nelze jednoznačně stanovit výhodnost některého z nich, protože pro každou úlohu je vhodný jiný typ editoru. Proto je výběr závislý zejména na osobě programátora, který typ si zvolí. Já jsem využil tvorbu kontaktních schémat (Ladder Diagram – LD), protože je nejvhodnější pro návrh kombinačního obvodu.

Editory se dělí:

- *Textové editory:*
Seznam instrukcí (Instruction List – IL)
Strukturovaný text (Structure Text – ST)
- *Grafické editory:*
Kontaktní schéma (Ladder Diagram – LD)
Diagram funkčních bloků (Function Block Diagram – FBD)
Sekvenční funkční diagram (Sequential Function Chart – SFC)

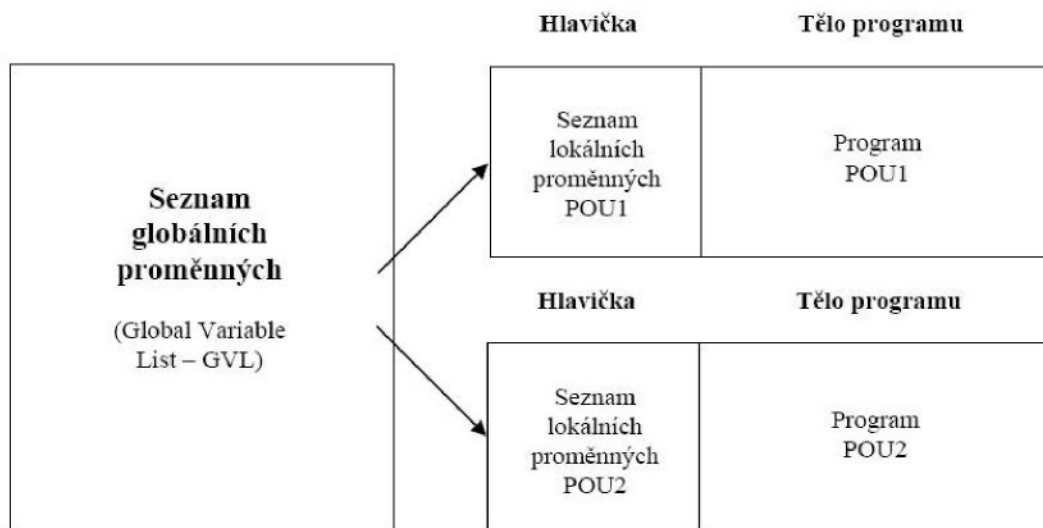
4.2.3 Proměnné

Proměnné jsou dvojího typu:

Lokální proměnné – definované v seznamu lokální proměnných daného POU

Globální proměnné – definované v seznamu globálních proměnných (Global Variable List)

Globální proměnné je většinou přiřazena přímá adresa a v celém programu má stejný význam. Lokální proměnná nemá přiřazenou adresu a v různém POU může mít různý význam (hodnotu). [17]



Obr. 28: Hierarchie PLC programu [24]

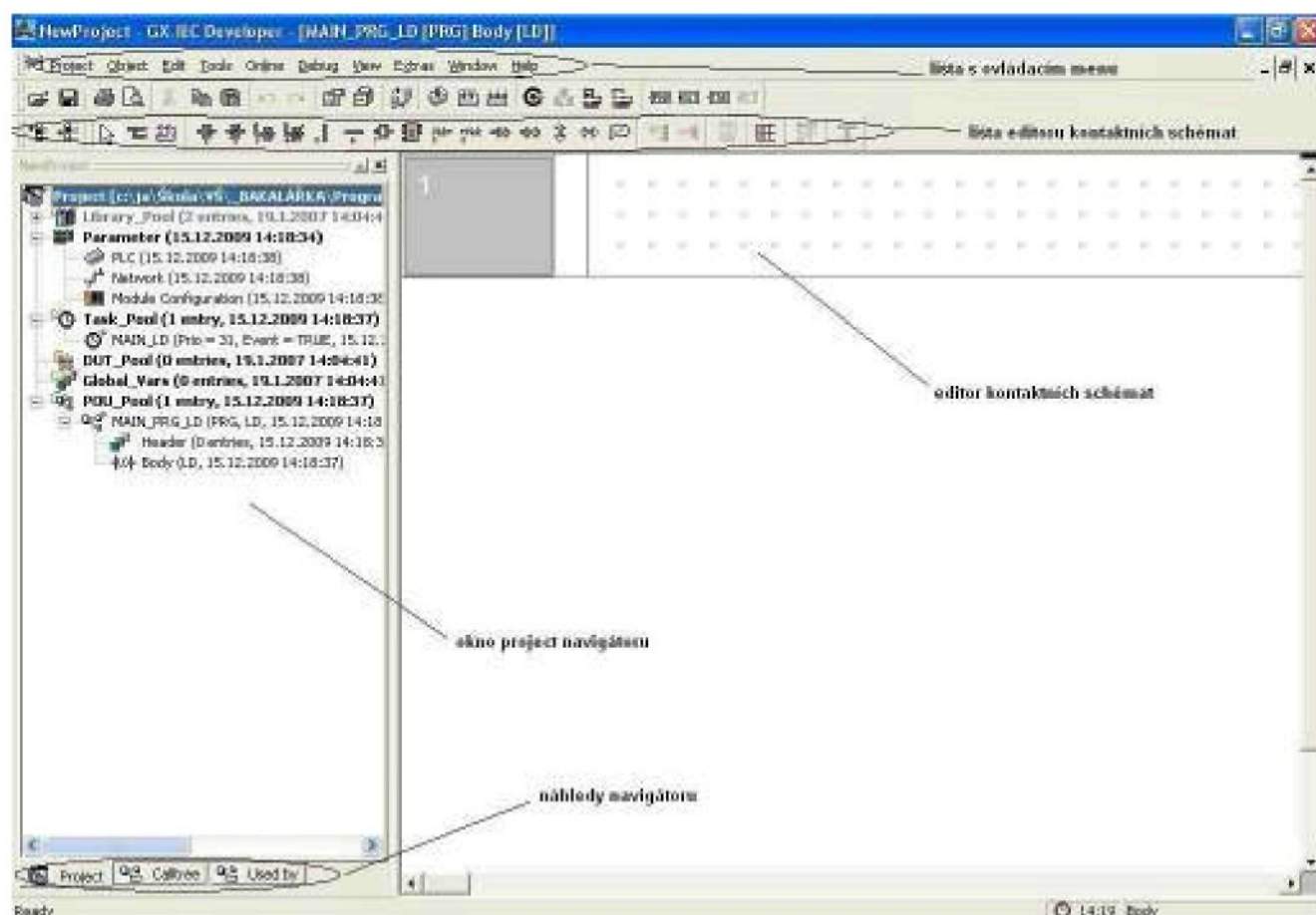
4.2.4 Uživatelské rozhraní

GX IEC Developer je kompatibilní s Windows Me a vyššími verzemi. Po zadání uživatelského jména a sériového čísla proběhne instalace pomocí souboru *setup.exe*.

Po spuštění GX IEC Developeru naběhne hlavní okno, kde je možné buď otevřít již vytvořený projekt, nebo vytvořit projekt nový. Pokud se bude vytvářet nový projekt, je třeba správně vybrat typ a sérii PLC. V našem případě se jedná o sérii Q a typ Q25H. Následně vybereme místo, kam se projekt uloží. Dále je třeba vybrat způsob, jakým bude program editován.

Na výběr jsou 4 možnosti:

- Kontaktní schéma (Ladder Diagram – LD)
- Seznam instrukcí (Instruction List – IL)
- Project Structure – obsahuje několik kroků, ve kterých uživatel přesně definuje svoje požadavky
- Empty Project – prázdný projekt, ve kterém je u každého POU možno zvolit styl, kterým bude editován



Obr. 29: Graf. rozhraní GX IEC Developer

Lišta s ovládacím menu – obsahuje příkazy pro práci s projektem, překlad programu a komunikaci PC a PLC

Lišta editoru kontaktních schémat – obsahuje bloky kontaktních schémat, jako jsou vstupy, výstupy, propojovací čáry, atd. Kliknutím (zkratkou CTRL+F) se otevře okno, ze kterého je možné dále vybírat hradla logických operací, širokou škálu funkcí a různé druhy funkčních bloků.

Okno projekt navigátoru – v horní části toho okna je zobrazena adresa k otevřenému projektu. Dále je tu uvedeno několik treeview menu:

- *Library_Pool* – obsahuje tři druhy knihoven:
 - *Standart Library* – pouze pro informativní účely
 - *Manufacturer Library* – taktéž pro informativní účely
 - *User Libraries* – tvorba a úprava uživatelských knihoven
- *Parameter* - V dialogovém okně parametrů PLC je možné nastavit mnoho parametrů PLC, jako např. parametry paměti, systémové proměnné, dobu odezvy nebo konfiguraci vstupů a výstupů. V praxi se ovšem vše nastaví automaticky po spuštění a zvolení správného PLC.
- *Task_Pool* - Je na nejvyšší úrovni v hierarchii projektu. Obsahuje jednotlivé podprogramy (úlohy), které se podílejí na vytváření projektu. Jednotlivé tasky mohou být spuštěny buď událostí, nebo mohou být spuštěny v předem definovaných časových intervalech. Pro případ kolize je jednotlivým taskům přiřazena priorita, podle níž se mají procesy provádět.
- *DUT* – Data Unit Types jsou strukturované datové typy, které se skládají z proměnných, které mohou být různého datového typu.

- **Global_Vars** - jsou definovány pro celý projekt, tj. jsou dostupné ze kteréhokoliv POU a ve všech POU mají stejný význam. Při definování globálních proměnných je nutno uvést rovněž absolutní adresu, která dané proměnné přiřadí konkrétní vstup, výstup nebo vnitřní proměnnou v řídicím systému.
- **POU_Pool** - programové moduly. Každý programový modul obsahuje hlavičku a tělo. V hlavičce jsou definovány proměnné použité v daném POU, tělo obsahuje vlastní program. Programové moduly podle své funkce dělí do tří kategorií:
 - Programy (PRG))
 - Funkce (FUN): Funkce mohou být volány z programových modulů (Program POU), funkčních bloků nebo z jiných existujících funkcí. Funkce může obsahovat instrukce z knihoven nebo jiné existující funkce.
 - Funkční bloky (FB): Funkční bloky mohou být volány z programových modulů (Program POU) nebo z jiných existujících funkčních bloků. Nemůže být volán z funkce. Funkční blok může obsahovat instrukce z knihoven, jiné funkční bloky nebo funkce.

Náhledy navigátoru – Pomocí tlačítek pod oknem navigátoru si lze zvolit jeden ze tří různých náhledů navigátoru:

- **Project** - Tato volba poskytuje celkový přehled o projektu. Obsahuje všechny prvky projektu.
- **CallTree** - Pro tento náhled jsou odpovídajícími kořenovými položkami úlohy (Tasks) a rovněž programové moduly (POU) pokud nejsou vztaženy ke specifickým úlohám. Jako podpoložky jsou všechny použité POU. Navíc si lze v objektu navolit zobrazení použitých globálních proměnných.
- Tento náhled má dvě kořenné položky - **POU Pool** a **Global Vars**. Podpoložkami POU a globálních proměnných jsou vždy POU volající respektive používající odpovídající POU nebo globální proměnnou.

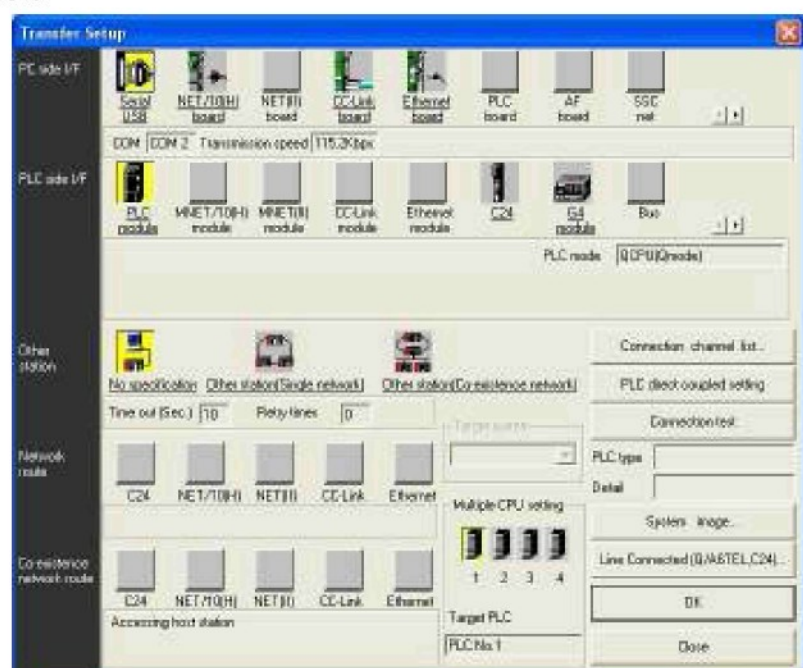
Editor kontaktních schémat - V tomto grafickém editoru je možno použít veškeré dostupné funkce. Program v kontaktním schématu se skládá ze spínacích nebo rozpínacích kontaktů (contact), cívek (coil), funkčních bloků (function block) a funkcí (function). Tyto prvky jsou propojeny vertikálními nebo horizontálními spojnicemi nazývané mezipropoje (interconnects). Tyto mezipropoje vždy začínají na tzv. napájecí liště (power bar) na levé straně pracovní plochy. [24]

4.2.5 Konfigurace GX IEC Developeru

Před samotným programováním je nutné správně nastavit parametry PLC, aby komunikace mezi PLC a počítačem probíhala korektně.

Nejprve je třeba nastavit rozhraní, pomocí kterého bude PLC s počítačem komunikovat. To se provede tak, že se v liště s ovládacím menu zvolí *Online* a v nabídce *Transfer setup* se klikne na *Ports*.

Zobrazí se okno nastavení přenosu dat.



Obr. 30: Nastavení přenosu dat v GX IEC Developer

V řádku nazvaném *PC side I/F* se vybere port, kterým bude PLC komunikovat. Je na výběr z mnoha různých rozhraní, pro osobní počítač jsou zajímavá 3 – USB, RS232 a Ethernet. V naší úloze je použit procesor Q25HCPU, který obsahuje jak RS232, tak i USB. Při použití USB se však musí doinstalovat speciální ovladač, který je součástí instalačního balíku GX IEC Developer. Při použití RS232 se ještě musí nastavit číslo portu a jeho přenosová rychlost. Dále se v *PLC side I/F* dá nastavit (změnit) typ používaného PLC.

V řádku *Other station* se nastavuje, zda jsou k PLC připojena další PLC a případně se zvolí topologie připojení. V naší úloze je použito pouze jedno PLC, takže zvolíme *No specification*.

Pokud je použito více, než jedno CPU, je třeba nastavit také *Multiple CPU setting*. V našem případě je použito pouze jedno CPU, tudíž zvolíme PLC číslo 1.

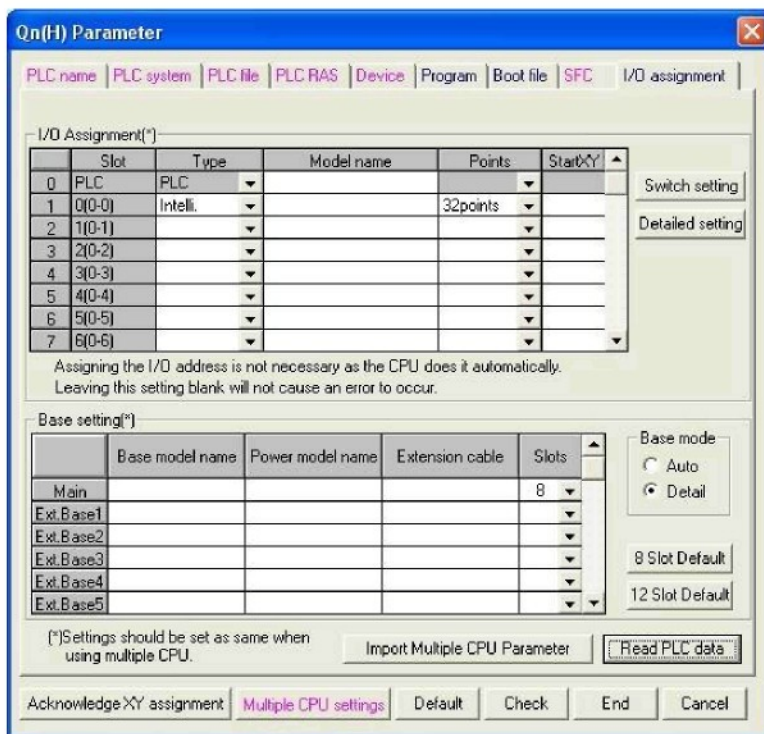
Po nastavení je možno pomocí tlačítka *Connection test* otestovat, zdali PLC a počítač opravdu komunikují. Pokud ano, vše se potvrdí tlačítkem *OK*.

Po úspěšném nastavení komunikace je třeba nastavit základnu a moduly, které jsou na ní. Nejprve se provede kontrola, zda základna správně funguje a jestli rozeznala počet modulů na ní. To se provede tak, že v záložce *Debug* z lišty ovládacího menu se vybere *System monitor* a následně tlačítko *Base information*. Zde musí být zobrazen typ základny, počet slotů a počet instalovaných modulů. Pokud tomu tak není, je základna vadná a je třeba ji vyměnit, protože jinak bude nestabilní a nebude pracovat korektně.

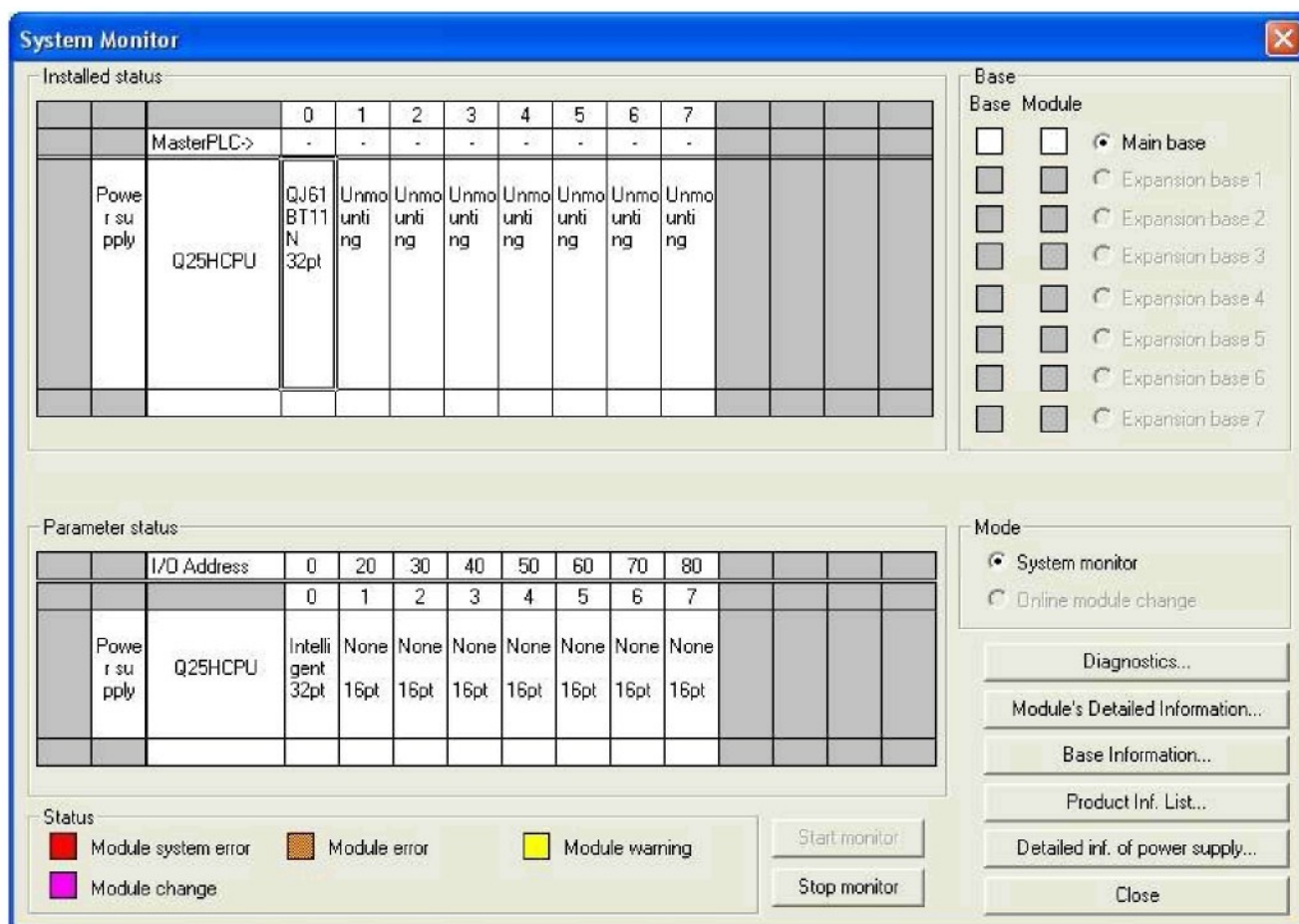
Pokud je základna v pořádku, je třeba zajistit komunikaci instalovaných modulů ze základny a GX IEC Developeru. V naší úloze je na základně pouze jeden inteligentní modul – CC-Link QJ61BT11N, který je nastaven jako master. Ten je třeba nejprve inicializovat. To se provede následovně – v *projekt navigátoru* se zvolí *Parameter* a dvojklikem na *PLC* otevře okno s nastavením parametrů. V něm se zvolí záložka *I/O assignment*.

Zde se nastavuje adresa jednotlivých zařízení, která jsou na sběrnici. Adresaci je možné provést automaticky tlačítkem *Read PLC data*. Pokud se automatická adresace neprovede, je nutné ji provést ručně. Naše sběrnice má osm slotů, pro osm modulů. Jejich adresy jsou 0 až 7, přičemž hned za CPU je právě adresa 0, na níž je „náš“ inteligentní modul. V políčku *Points* se zadá číslo 32, což je počet adres, který tento modul zabírá. Další parametry modulu se nenastavují. Pod tímto nastavením je ještě nastavení pro připojení externí základny, které se v našem případě nevyužije. Celá akce se potvrdí tlačítkem *End*.

Nyní je možné zkompilevat program (i když je prázdný) a poslat ho do PLC, abychom zjistili, jestli konfigurace proběhla úspěšně. Kompilaci provedeme příkazem *Build* v položce menu *Project*. Na tom samém místě pomocí položky *Download to PLC* v nabídce *Transfer* je možno konfiguraci poslat do PLC. Po úspěšném nahrání do PLC je třeba PLC restartovat. Pokud je konfigurace správná a byla úspěšně nahrána, zobrazí se v *System monitor* sběrnice se všemi moduly a jejich umístěním.



Obr. 31: Nastavení základny v GX IEC Developer



Obr. 32: System monitor v GX IEC Developer

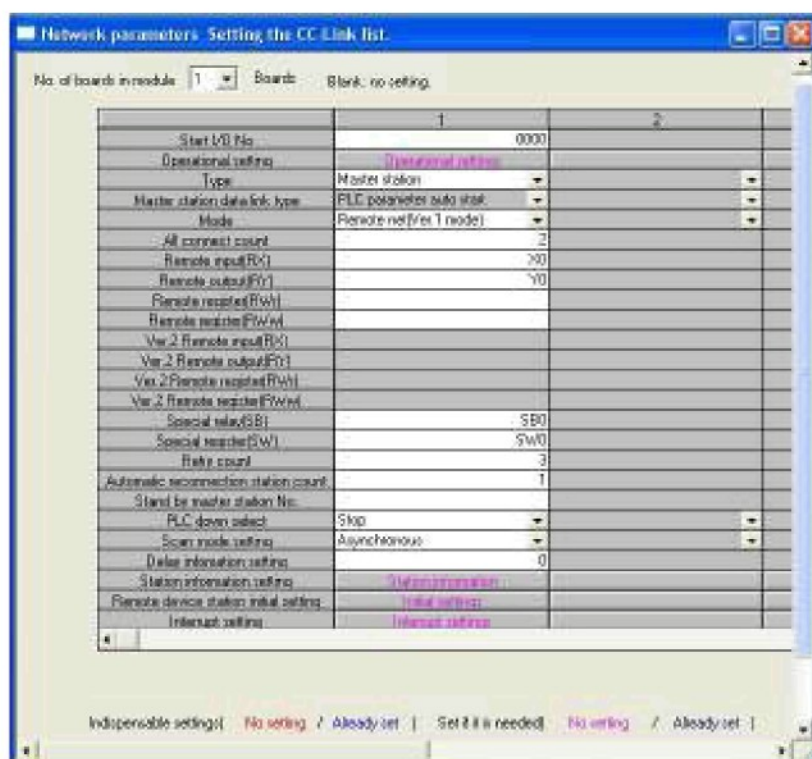
Po konfiguraci základny a modulů na ní je možné začít nastavovat CC-Link I/O moduly. To se provede tak, že v *Project navigatoru* se klikne na *Network* a následně v okně *Network parameter* zvolí tlačítko *CC-Link*. Objeví se okno, ve kterém se nastavují následující parametry:

Number of boards within modules: Počet CC-Link modulů umístěných na základně, v našem případě tedy 1.

Start I/O No.: Adresa nastavovaného modulu. Náš modul je ve slotu číslo 0, proto je jeho adresa 0000.

Operational setting: Necháme defaultní nastavení.

Type: Zvolíme Master.



Obr. 33: Nastavení sítě CC-Link v GX IEC Developer

Master station data link type: Nastaveno automaticky dle typu hardwaru.

Mode: Mód komunikace, necháme defaultní nastavení.

All connect count: Počet připojených I/O modulů.

Remote input [RX]: Adresa prvního bitu modulu vstupů.

Remote output [RY]: Adresa prvního bitu modulu výstupů.

Remote register [Rwr]: Adresa prvního znaku u vstupního slova. V našem případě zůstane nevyplněno, protože používáme proměnné typu bool.

Remote register [Rww]: Adresa prvního znaku u výstupního slova. V našem případě zůstane nevyplněno, protože používáme proměnné typu bool.

Special relay [SB]: Nastavení speciálního relé, použita hodnota 0.

Special register [SW]: Nastavení speciálního registru, použita hodnota 0.

Retry count: Počet pokusů opakování, pokud se nezdaří komunikace. V našem případě nechávám defaultní hodnotu 3.

Automatic reconnection station count: Nechávám defaultní 1.

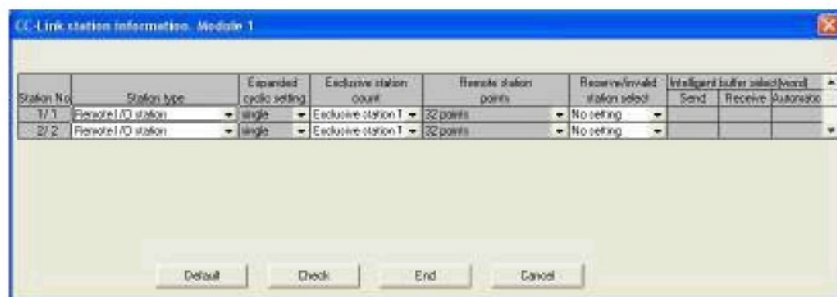
Standby master station No.: Číslo záložní stanice pro případ výpadku master stanice. Záložní stanici nemáme, takže položku necháme prázdnou.

PLC down select: Nastavení, pro případ, že je PLC zastaveno. Necháme defaultní hodnotu stop, která zastaví CC-Link v případě vypnutí PLC.

Scan mode setting: Nastavení, zdali jsou sekvence skenování synchronizovány nebo ne.

Delay information settings: Interval zpoždění mezi jednotlivými skenováními.

Station information settings: Obsahuje informace o vzdálených zařízeních CC-Link. Kliknutím na tlačítko se nám zobrazí I/O moduly.

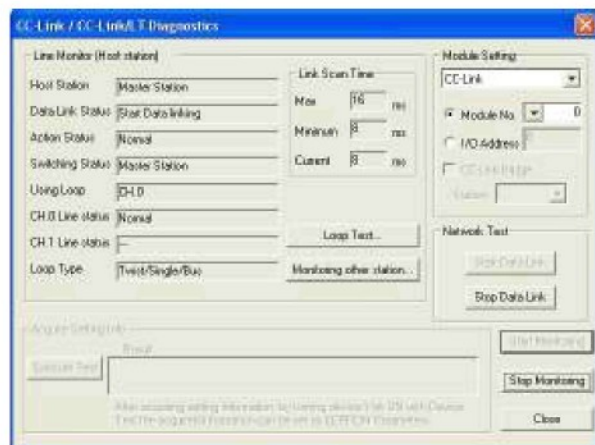


Obr. 34: vzdálené CC-Link I/O moduly v GX IEC Developer

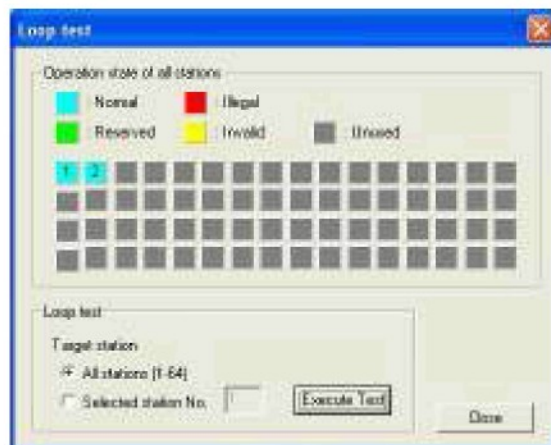
Remote device station initial setting: Registrace vzdálených stanic. Toto menu může taktéž zůstat prázdné.

Interrupt settings: Nastavení přerušení. To v našem projektu nevyužijeme, tudíž ho nebudeme nastavovat.

Pokud je vše nastaveno dobře, v okně CC-Link diagnostiky se zobrazí informace o master modulu, ve kterém můžeme provést *Look Test*, který nám zobrazí čísla všech I/O CC-Link zařízení, která jsou připojena a správně nakonfigurována.



Obr. 35: CC-Link diagnostika v GX IEC Developer

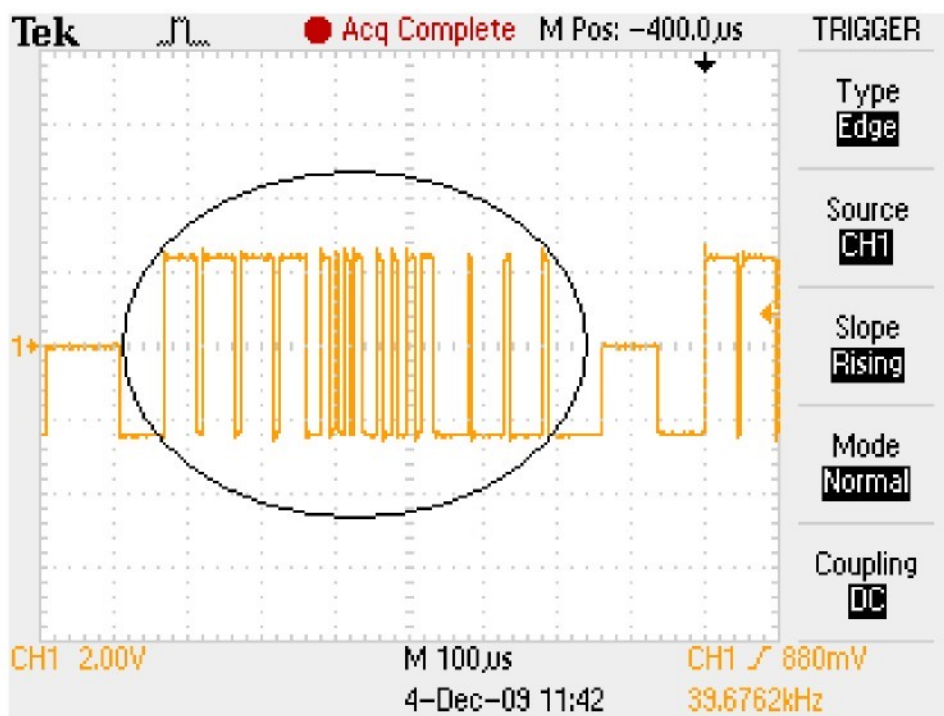


Obr. 36: Loop test v GX IEC Developer

4.3. Datový rámeček

Pokud je vše nastaveno dobře, přes datové vodiče DA a DB by měla při komunikaci proudit data. To se zjistí tak, že se na vodiče DA a DB připojí osciloskop, pomocí kterého odchytí se datový rámeček. Z něj se pak dá i odhadnout přibližná rychlost.

Na následujícím obrázku je zobrazen datový rámeček, který byl odchycen v naší úloze. Osciloskopem získaný údaj potvrzuje nastavenou rychlost 156kb.



Obr. 37: Datový rámeček

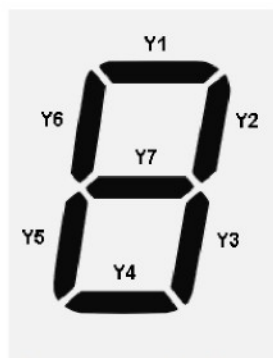
4.4. Praktická úloha – indikace počtu stisknutých tlačítek

V praktické úloze bych chtěl ukázat ovládání výstupů pomocí vstupů a současně využití některých bloků, které knihovna GX IEC Developeru obsahuje.

Na vstupy X1 až X5 jsem přivedl tlačítka, pomocí kterých budu vstupy nastavovat do log. 0 nebo log. 1. Při sepnutí tlačítka se na vstup přivede 24V DC, což je úroveň log. 1.

Na výstupy Y1 až Y7 je připojen sedmisegmentový display, na kterém se bude zobrazovat počet sepnutých tlačítek.

Úloha je realizována pomocí kontaktního schématu. Projekt se skládá ze sedmi POU, každé POU pro jeden segment displaye. Pro každé POU je třeba vytvořit pravdivostní tabulku vstupů, potom funkci minimalizovat pomocí karnaugovi mapy a nakonec zrealizovat pomocí hradel. Minimalizace funkce byla prováděna pomocí softwaru Karnaugh Map Minimizer.



Obr. 38: Zapojení sedmisegmentovky

4.4.1 Segment 1

První segment bude svítit pro číslice: 0,2,3,5

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	1	0	
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	0	0	
5	0	0	1	0	1	1
6	0	0	1	1	0	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	1	1
10	0	1	0	1	0	1
11	0	1	0	1	1	1
12	0	1	1	0	0	1
13	0	1	1	0	1	1
14	0	1	1	1	0	1
15	0	1	1	1	1	
16	1	0	0	0	0	
17	1	0	0	0	1	1
18	1	0	0	1	0	1
19	1	0	0	1	1	1
20	1	0	1	0	0	1
21	1	0	1	0	1	1
22	1	0	1	1	0	1
23	1	0	1	1	1	
24	1	1	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	1
26	1	1	0	1	0	1
27	1	1	0	1	1	
28	1	1	1	0	0	1
29	1	1	1	0	1	
30	1	1	1	1	0	
31	1	1	1	1	1	1

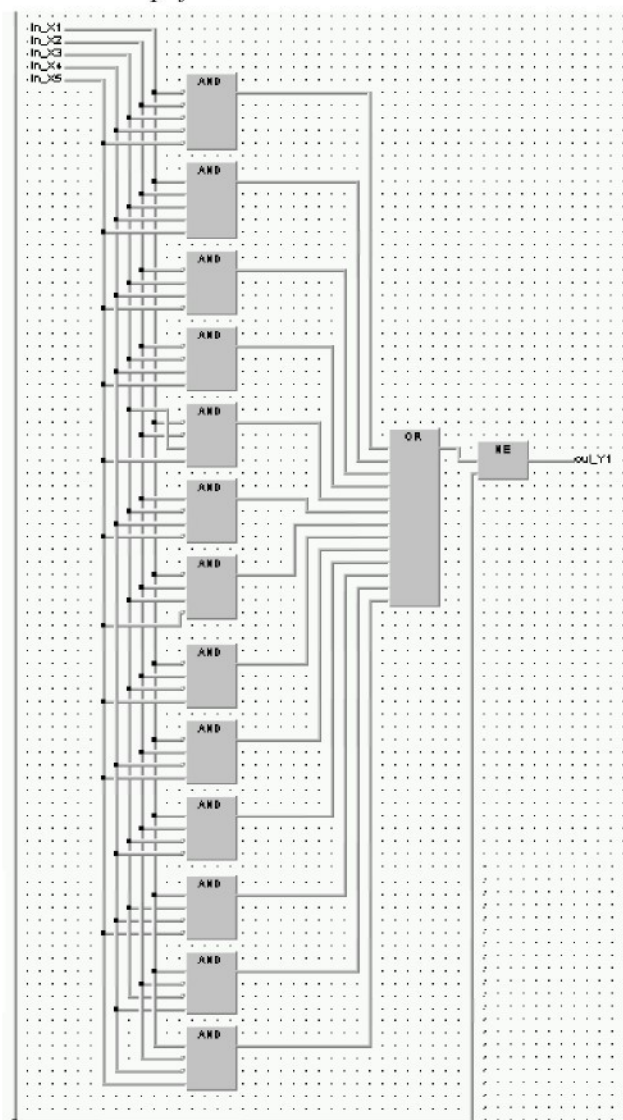
Obr. 39: Pravdivostní tabulka - segment 1

Karnaughova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00	1		1			1	1	1
01		1	1	1	1	1		1
11	1	1		1	1			
10		1	1	1	1	1		1

Obr. 40: Karnaughova mapa - segment 1

Schéma zapojení:



Obr. 41: Schéma zapojení - segment 1

Minimalizovaný tvar:

$AB\bar{C}DE + ABCDE + \bar{B}CDE + \bar{B}CDE + ABCE + BCDE + ABCE + ABCE + ABDE + ABCD + ACDE + ABCD + ABDE$

4.4.2 Segment 2

Druhý segment bude svítit pro číslice: 0,1,2,3,4

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	1	0	1
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	0	0	1
5	0	0	1	0	1	1
6	0	0	1	1	0	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	0	0	1
9	0	1	0	0	1	1
10	0	1	0	1	0	1
11	0	1	0	1	1	1
12	0	1	1	0	0	1
13	0	1	1	0	1	1
14	0	1	1	1	0	1
15	0	1	1	1	1	1
16	1	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1	1
18	1	0	0	1	0	1
19	1	0	0	1	1	1
20	1	0	1	0	0	1
21	1	0	1	0	1	1
22	1	0	1	1	0	1
23	1	0	1	1	1	1
24	1	1	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	1
26	1	1	0	1	0	1
27	1	1	0	1	1	1
28	1	1	1	0	0	1
29	1	1	1	0	1	1
30	1	1	1	1	0	1
31	1	1	1	1	1	1

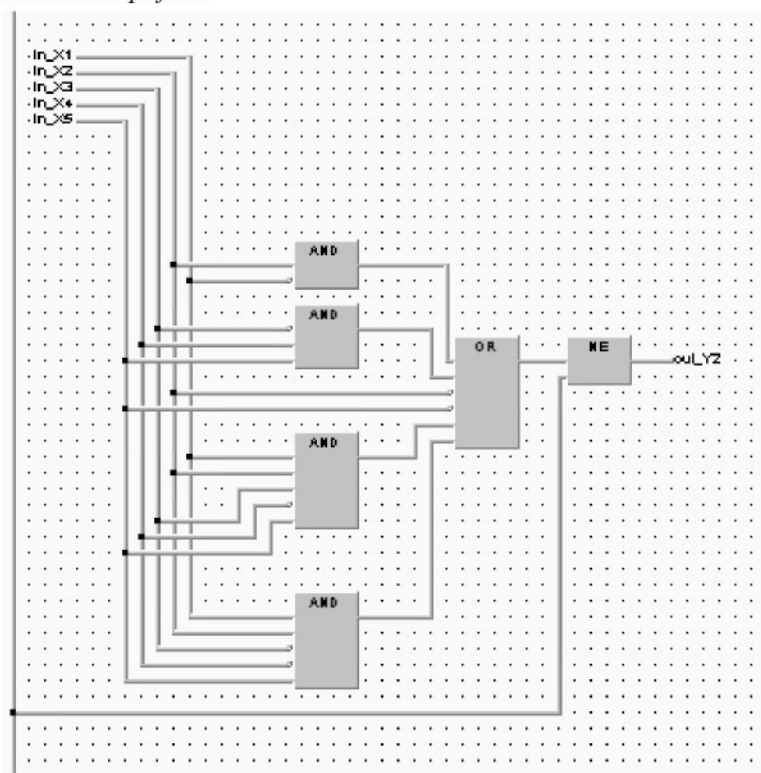
Obr. 42: Pravdivostní tabulka - segment 2

Karnaughova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00	1	1	1	1	1	1	1	1
01	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1		1
10	1	1	1	1	1	1	1	1

Obr. 43: Karnaughova mapa - segment 2

Schéma zapojení:



Obr. 44: Schéma zapojení - segment 2

Minimalizovaný tvar:

$$AB + CDE + B + E + ABCDE + ABCDE$$

4.4.3 Segment 3

Třetí segment bude svítit pro číslce: 0,1,3,4,5

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	1	0	1
3	0	0	0	1	1	
4	0	0	1	0	0	1
5	0	0	1	0	1	
6	0	0	1	1	0	
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	0	0	1
9	0	1	0	0	1	
10	0	1	0	1	0	
11	0	1	0	1	1	1
12	0	1	1	0	0	
13	0	1	1	0	1	1
14	0	1	1	1	0	1
15	0	1	1	1	1	1
16	1	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1	
18	1	0	0	1	0	
19	1	0	0	1	1	1
20	1	0	1	0	0	
21	1	0	1	0	1	1
22	1	0	1	1	0	1
23	1	0	1	1	1	1
24	1	1	0	0	0	
25	1	1	0	0	1	1
26	1	1	0	1	0	1
27	1	1	0	1	1	1
28	1	1	1	0	0	1
29	1	1	1	0	1	1
30	1	1	1	1	0	1

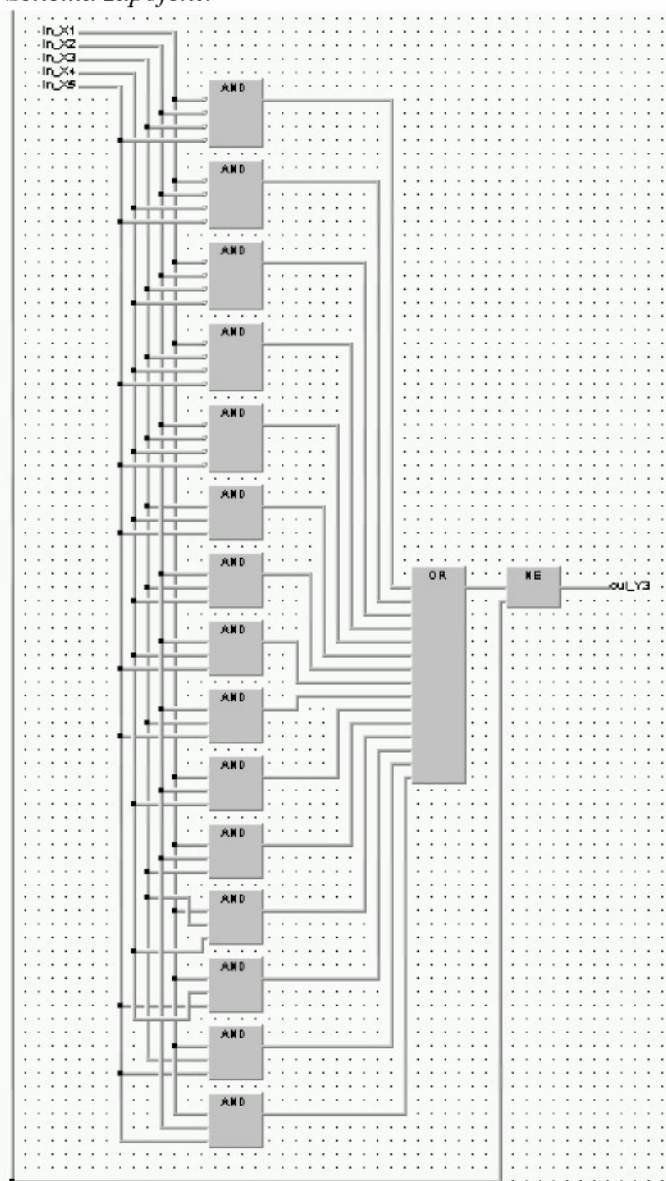
Obr. 45: Pravdivostní tabulka - segment 3

Karnaughova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00	1	1		1	1		1	
01	1		1			1	1	1
11		1	1	1	1	1	1	1
10	1		1			1	1	1

Obr. 46: Karnaughova mapa - segment 3

Schéma zapojení:



Obr. 47: Schéma zapojení - segment 3

Minimalizovaný tvar:

$ABCE + ABDE + ABCD + ACDE + BCDE + CDE + BCD + BDE + BCE + ABD + ABC + ACD + ABE + ADE + ACE$

4.4.4 Segment 4

První segment bude svítit pro číslce: 0,2,3,5

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	1	0	
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	0	0	
5	0	0	1	0	1	1
6	0	0	1	1	0	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	1	1
10	0	1	0	1	0	1
11	0	1	0	1	1	1
12	0	1	1	0	0	1
13	0	1	1	0	1	1
14	0	1	1	1	0	1
15	0	1	1	1	1	
16	1	0	0	0	0	
17	1	0	0	0	1	1
18	1	0	0	1	0	1
19	1	0	0	1	1	1
20	1	0	1	0	0	1
21	1	0	1	0	1	1
22	1	0	1	1	0	1
23	1	0	1	1	1	
24	1	1	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	1
26	1	1	0	1	0	1
27	1	1	0	1	1	
28	1	1	1	0	0	1
29	1	1	1	0	1	
30	1	1	1	1	0	

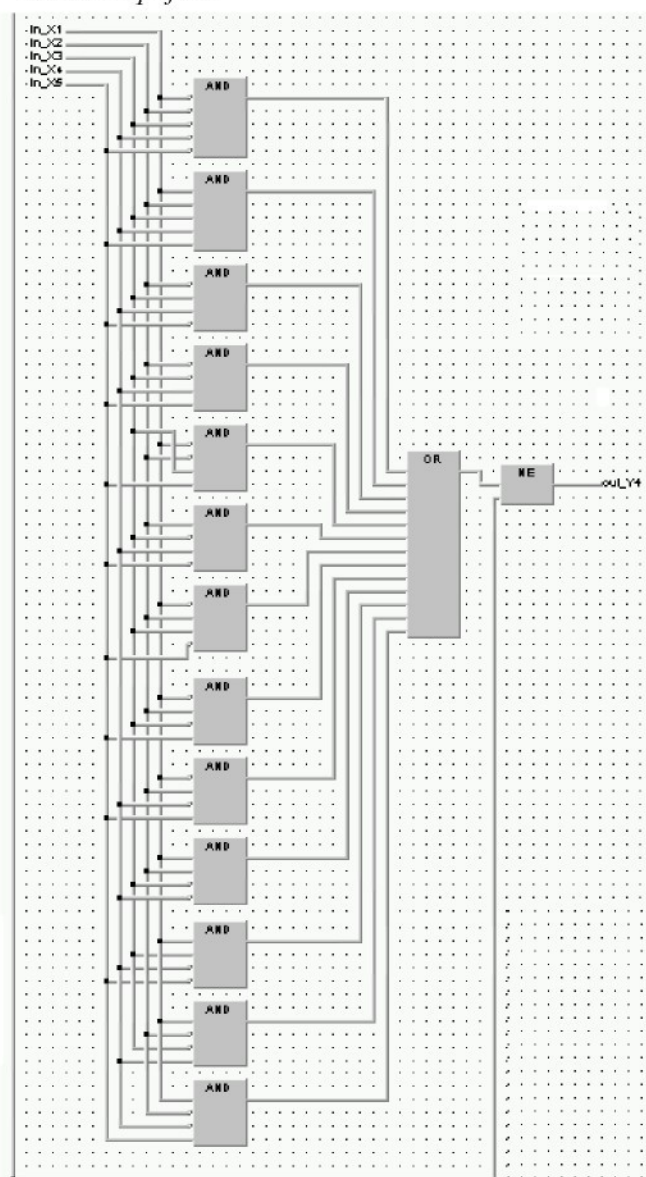
Obr. 48: Pravdivostní tabulka - segment 4

Karnaugova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00	1		1			1	1	1
01		1	1	1	1	1		1
11	1	1		1	1			
10		1	1	1	1	1		1

Obr. 49: Karnaugova mapa - segment 4

Schéma zapojení:



Obr. 50: Schéma zapojení - segment 4

Minimalizovaný tvar:

$$ABCD + ABCD + BCDE + BCDE + ABCE + BCDE + ABCE + ABCE + ABDE + ABCD + ACDE + ABCD + ABDE$$

4.4.5 Segment 5

První segment bude svítit pro číslice: 0,2

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	1	0	
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	0	0	
5	0	0	1	0	1	1
6	0	0	1	1	0	1
7	0	0	1	1	1	
8	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	1	1
10	0	1	0	1	0	1
11	0	1	0	1	1	
12	0	1	1	0	0	1
13	0	1	1	0	1	
14	0	1	1	1	0	
15	0	1	1	1	1	
16	1	0	0	0	0	
17	1	0	0	0	1	1
18	1	0	0	1	0	1
19	1	0	0	1	1	
20	1	0	1	0	0	1
21	1	0	1	0	1	
22	1	0	1	1	0	
23	1	0	1	1	1	
24	1	1	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	
26	1	1	0	1	0	
27	1	1	0	1	1	
28	1	1	1	0	0	
29	1	1	1	0	1	
30	1	1	1	1	0	
31	1	1	1	1	1	

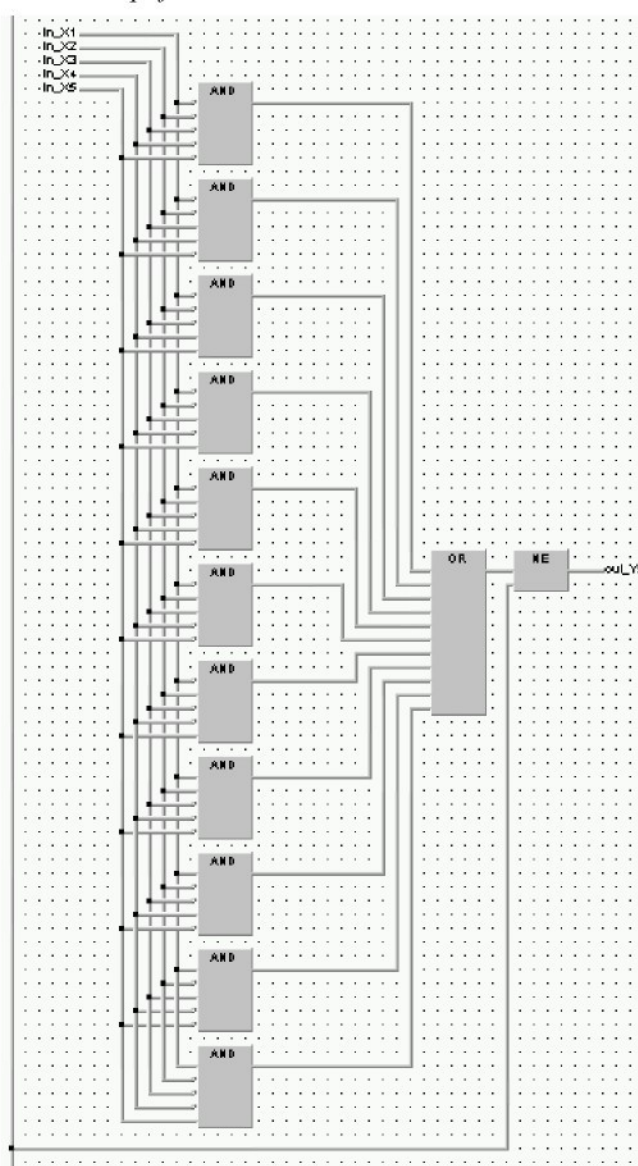
Obr. 51: Pravdivostní tabulka - segment 5

Karnaughova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00	1		1			1		1
01		1		1	1			
11	1							
10		1		1	1			

Obr. 52: Karnaughova mapa - segment 5

Schéma zapojení:



Obr. 53: Schéma zapojení-segment 5

Minimalizovaný tvar:

$$ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE + ABCDE$$

4.4.6 Segment 6

První segment bude svítit pro číslice: 0,4,5

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	1	0	
3	0	0	0	1	1	
4	0	0	1	0	0	
5	0	0	1	0	1	
6	0	0	1	1	0	
7	0	0	1	1	1	
8	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	1	
10	0	1	0	1	0	
11	0	1	0	1	1	
12	0	1	1	0	0	
13	0	1	1	0	1	
14	0	1	1	1	0	
15	0	1	1	1	1	1
16	1	0	0	0	0	
17	1	0	0	0	1	
18	1	0	0	1	0	
19	1	0	0	1	1	
20	1	0	1	0	0	
21	1	0	1	0	1	
22	1	0	1	1	0	
23	1	0	1	1	1	1
24	1	1	0	0	0	
25	1	1	0	0	1	
26	1	1	0	1	0	
27	1	1	0	1	1	1
28	1	1	1	0	0	
29	1	1	1	0	1	1
30	1	1	1	1	0	1
31	1	1	1	1	1	1

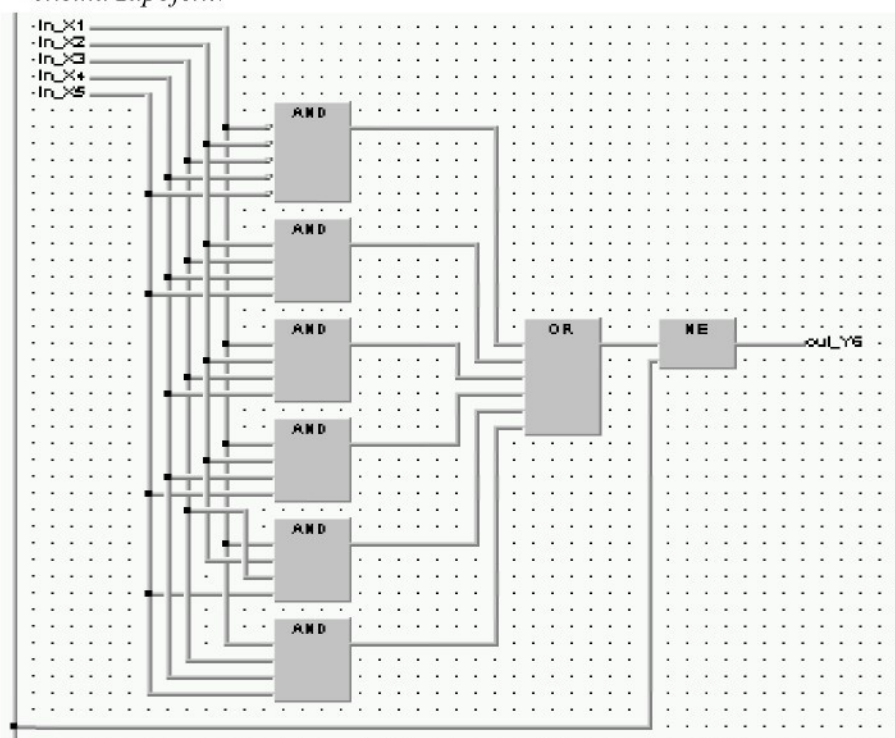
Obr. 54: Pravdivostní tabulka - segment 6

Karnaughova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00	1							
01							1	
11			1			1	1	1
10							1	

Obr. 55: Karnaughova mapa-segment 6

Schéma zapojení:



Obr. 56: Schéma zapojení-segment 6

Minimalizovaný tvar:

$\overline{A}BCDE + BCDE + ABCD + ABDE + ABCE + ACDE$

4.4.7 Segment 7

První segment bude svítit pro číslice: 2,3,4,5

Pravdivostní tabulka:

	A	B	C	D	E	f
0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	1	0	
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	0	0	
5	0	0	1	0	1	1
6	0	0	1	1	0	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	0	0	
9	0	1	0	0	1	1
10	0	1	0	1	0	1
11	0	1	0	1	1	1
12	0	1	1	0	0	1
13	0	1	1	0	1	1
14	0	1	1	1	0	1
15	0	1	1	1	1	1
16	1	0	0	0	0	
17	1	0	0	0	1	1
18	1	0	0	1	0	1
19	1	0	0	1	1	1
20	1	0	1	0	0	1
21	1	0	1	0	1	1
22	1	0	1	1	0	1
23	1	0	1	1	1	1
24	1	1	0	0	0	1
25	1	1	0	0	1	1
26	1	1	0	1	0	1
27	1	1	0	1	1	1
28	1	1	1	0	0	1
29	1	1	1	0	1	1
30	1	1	1	1	0	1
31	1	1	1	1	1	1

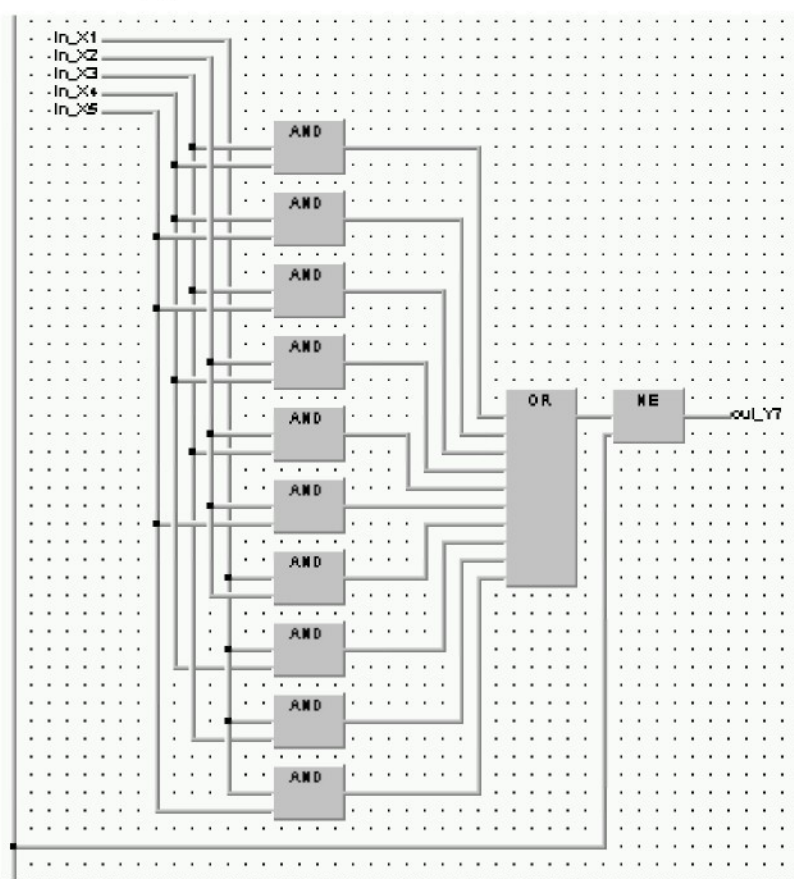
Obr. 57: Pravdivostní tabulka - segment 7

Karnaughova mapa:

	000	001	011	010	100	101	111	110
00			1			1	1	1
01		1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1
10		1	1	1	1	1	1	1

Obr. 58: Karnaughova mapa - segment 7

Schéma zapojení:



Obr. 59: Schéma zapojení - segment 7

Minimalizovaný tvar:

$$CD+DE+CE+BD+BC+BE+AB+AD+AC+AE$$

4.5 Obvod pro připojení sedmisegmentového displaye

K zobrazení je použit sedmisegmentový display. Výstupy Y1 až Y7 jsou připojeny k segmentům 1 až 7.

Display je umístěn na kuprexitové destičce. Na ní však muselo být nejprve nakresleno schéma obvodu a následně vyleptáno pomocí leptacího roztoku. Nakonec musely být vyvrtány díry pro vsazení displaye, ochranného rezistoru a připojených vodičů.

K zobrazení jsem použil sedmisegmentový display SA10-21EWA od firmy Kingbright. Ten je napájen ze společného dvaceti-čtyř voltového zdroje. Vstupní proud $I_f = 20\text{mA}$, tudíž jsem jako předřadný odpor použil rezistor o velikosti $1200\ \Omega$. Tento display využívá zapojení se společnou anodou, to znamená, že display se napájí pouze jedním vstupem a jednotlivé segmenty se rozsvěcí přivedením log. 0. To je v úloze vyřešeno zapojením invertoru vloženého před každý výstup.

Závěr

Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. V teoretické části bylo za úkol vypracovat rešerši o sériové komunikaci a dále se zaměřit na průmyslovou sběrnici CC-Link, rozebrat její výhody a využití v praxi. V praktické části měl být vypracován projekt, ve kterém budou využity výše uvedené moduly, a bude demonstrována závislost výstupního modulu na vstupním.

V teoretické části jsem se nejprve zaměřil na obecné informace o sběrnících, topologiích sítí a referenční model OSI. Dále jsem se podotkl některá další sériová rozhraní a nakonec jsem popsal všechny typy sítě CC-Link. V neposlední řadě jsou zde uvedeny informace o sdružení CLPA, do kterého se FM TUL v rámci této bakalářské práce připojila.

V praktické části jsou uvedeny informace o modulech, které budou použity, dále jsem popsal princip fungování softwaru GX IEC Developer a detailně vysvětlil konfiguraci PLC Melsec a sítě CC-Link v tomto softwaru. Následně se mi podařilo odchytnout datový rámec sítě CC-Link. Nakonec jsem vypracoval úlohu, ve které sedmissegmentový display, který je připojen na výstupní modul, zobrazuje počet sepnutých vstupů. Jelikož software není schopen zpracovat tolik hradel, kolik by při využití všech osmi vstupů bylo potřeba, je úloha realizována pro vstupů pět.

Seznam použité literatury:

- [1] Technické fórum SMC Industrial Automation CZ s.r.o. <http://forum.smc.cz/index.php> [online]. Citováno 15.2.2009
- [2] ČVUT Fakulta elektrotechnická. www.feld.cvut.cz [online]. Citováno 3.1.2009
URL:<<http://fieldbus.feld.cvut.cz/can/can1.html>>
- [3] ČVUT Fakulta elektrotechnická. www.feld.cvut.cz [online]. Citováno 3.1.2009
URL:<<http://fieldbus.feld.cvut.cz/foundation/ff1.html>>
- [4] Mitsubishi Electric Automation. www.meau.com [online] Publikováno 08.04.2009
URL :<<http://www.meau.com/eprise/main/sites/CC-Link/Home/default>>
- [5] Mitsubishi Electric Automation. www.meau.com [online] Publikováno 08.04.2009
URL :<http://www.meau.com/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link/default>
- [6] CC-Link home. www.CC-Linkamerica.org [online] Publikováno 31.3.2009
URL:<http://www.CC-Linkamerica.org/Files/CC-Link_IE_White_Paper_by_ARC.PDF>
- [7] Mitsubishi Electric Automation. www.meau.com [online] Publikováno 08.04.2009
URL :<http://www.meau.com/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link/Features>
- [8] CC-Link. www.CC-Link.org [online] Publikováno 09.04.2009
URL:<<http://www.clpa-europe.com/cclink/specification.php>>
- [9] CC-Link home. www.CC-Linkamerica.org [online] Publikováno 31.3.2009
URL :<www.CC-Linkamerica.org/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link-LT/default>
- [10] CC-Link home. www.CC-Linkamerica.org [online] Publikováno 31.3.2009
URL :<http://www.CC-Linkamerica.org/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link-LT/-LT_Compatibility>
- [11] CC-Link home. www.CC-Linkamerica.org [online] Publikováno 31.3.2009
URL :<http://www.CC-Linkamerica.org/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link-LT/-LT_Point_Mode>
- [12] CC-Link home. www.CC-Linkamerica.org [online] Publikováno 31.3.2009
URL :<http://www.CC-Linkamerica.org/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link-LT/-LT_Connection>
- [13] Mitsubishi Electric Automation. www.meau.com [online] Publikováno 09.04.2009
URL :<http://www.meau.com/eprise/main/sites/CC-Link/What_is_CC-Link_Safety/default>
- [14] Mitsubishi Electric Automation. www.meau.com [online] Publikováno 09.04.2009
URL :<http://www.meau.com/eprise/main/sites/CC-Link/Partner_Association/default>
- [15] Mitsubishi Electric Automation. www.meau.com [online] Publikováno 09.04.2009
URL :<http://www.meau.com/eprise/main/sites/CC-Link/Partner_Association/1._Membership_Benefits>
- [16] Mitsubishi Electric. www.mitsubishi-automation.com [online] Publikováno 08.04.2009
URL:<http://download.mitsubishi-automation.com/branch/database/service/downloads_show.php?portal_id=11&doc_type=cat+tech+leaflet&sstr=FR>
- [17] Síťové modely a architektury. <http://site.borec.cz> [online] Publikováno 30. 12. 2009
URL:<<http://site.borec.cz/02%20Architektura%20iso%20osi.htm>>
- [18] ČVUT Fakulta elektrotechnická. www.feld.cvut.cz [online]. Citováno 3.1.2009
URL:<<http://fieldbus.feld.cvut.cz/hart/Hart.html>>

- [19] ČVUT Fakulta elektrotechnická, www.feld.cvut.cz [online]. Citováno 3.1.2009
URL:< <http://fieldbus.feld.cvut.cz/asi/asi1.html>>
- [20] Automa, www.odbornecasopisy.cz [online] Publikováno 28.12.2009
URL: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38986>
- [21] Elvac s.r.o. , www.elvac.sk [online] Publikováno 24.12.2009
URL:<http://www.elvac.sk/automation/download/modularne_plc.pdf>
- [22] Ansin, <http://ansin.com.tw> [online] Publikováno 28.12.2009
URL: <<http://ansin.com.tw/upload/QJ61BT11-Hardware.pdf>>
- [23] AA Electric, www.a-aelectric.com [online] Publikováno 18.12.2009
URL:<http://www.a-aelectric.com/pdfs/Distributed_I_O_2006.pdf>
- [24] Autocont Control Systems, www.autocontcontrol.cz [online] Publikováno 22.12.2009
URL:<http://www.autocontcontrol.cz/rs/download/manual/GXIECDev_manual_cz.pdf>
- [25] Mitsubishi Electric, www.mitsubishi-automation-cz.com [online] Publikováno 12.12.2009
URL:<http://www.mitsubishi-automation-cz.com/solutions/safety_CC-Link.html>
- [26] HW.cz Vše o elektronice a programování, www.hw.cz [online]. Citováno 3.1.2009
URL:<<http://hw.cz/Rozhrani/ART1028-Prumyslova-sbernice-Profibus.html>>
- [27] M-Bus [online], poslední aktualizace 16.6.2009 ve 14:06, Citováno 25.12.2009, Wikipedia.cz
URL:<<http://cs.wikipedia.org/wiki/M-Bus>>
- [28] ČVUT Fakulta elektrotechnická, www.feld.cvut.cz [online]. Citováno 3.1.2009
URL:< <http://fieldbus.feld.cvut.cz/messbus/messbus.html>>