

Řízení modelu plnicí linky pomocí programovatelného automatu

Controlling of Bottling Station by Programmable Logic Controller

Bc. Milan Pozlovský

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Milan Pozlovský**
Osobní číslo: **A11844**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Řízení modelu plnicí linky pomocí
programovatelného automatu**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši na téma týkající se způsobu řízení, komunikace a možností programovatelných automatů ve výrobních procesech.**
- 2. Navrhnete možné rozšíření stávajícího modelu plnicí linky i způsobu jeho řízení. Provedte realizaci tohoto návrhu.**
- 3. Ověřte možnost vzdáleného řízení a monitorování laboratorního modelu a tento způsob řízení také realizujte.**
- 4. Pro daný model vytvořte příklady prezentující jeho možnosti a provedte také jeho vizualizaci ve SCADA/HMI systému.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **CENDELÍN, Jiří.** Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. Automa: časopis pro automatizační techniku [online]. 2003, roč. 3, č. 06 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28831
2. **MICROSYS, spol. s r.o.** SCADA/HMI systém PROMOTIC [online]. 21.12.2012 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.promotic.eu>
3. **OPC FOUNDATION.** OPC--The Interoperability Standard for Industrial Automation [online]. 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.opcfoundation.org>
4. **SIEMENS.** Industry Online Support [online]. 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://support.automation.siemens.com>
5. **ŠMEJKAL, Ladislav.** PLC a automatizace 2: Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
6. **ŠMEJKAL, Ladislav a Marie, MARTINÁSKOVÁ.** PLC a automatizace 1: základní pojmy, úvod do programování. 2. dotisk, 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2003. ISBN 80-86056-58-9.
7. **TECO a.s.** Tecomat, PLC for machine, process, technology, transport and building automation [online]. 2009 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com>

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Navrátil, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

11. června 2013

Ve Zlíně dne 24. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Hlavním tématem této diplomové práce je datová komunikace mezi různými prostředky průmyslové automatizace. Zabývá se zjednodušeným modelem linky pro plnění lahví umístěném v laboratoři Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Tento model je řízen programovatelným automatem. Je vytvořena a popsána sada softwarových aplikací zahrnujících SCADA/HMI aplikaci pro PC, projekty pro dva řídicí systémy založené na různých platformách, a HMI aplikaci pro operátorský dotykový panel.

Klíčová slova:

PLC, Simatic, Foxtrot, SCADA/HMI, OPC klient/server, Promotic, STEP7, Designer, Mosaic

ABSTRACT

The main topic of this thesis is communication between different devices in environment of industrial automation. It addresses bottling station production simplified model located in laboratory of Faculty of Applied Informatics at Thomas Bata University in Zlin. This model is controlled by programmable logic controller. There was written and described set of software applications, including SCADA/HMI application for PC, projects for programmable logic controllers based on two different platforms, and HMI application for operator's touch panel.

Keywords:

PLC, Simatic, Foxtrot, SCADA/HMI, OPC client/server, Promotic, STEP7, Designer, Mosaic

Děkuji Ing. Pavlu Navrátilovi, Ph.D. za vedení této diplomové práce, a za jeho cenné rady, náměty a vynaložený čas, který celému projektu věnoval.

Také děkuji své rodině za vytrvalou podporu, kterou mi poskytovala po celou dobu mého studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ŘÍZENÍ AUTOMATIZOVANÝCH VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ	11
1.1 ŘÍZENÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE POMOCÍ VÍCE PLC	11
1.2 MOŽNOSTI KOMUNIKACE MEZI JEDNOTLIVÝMI PLC	15
1.2.1 Profibus	15
1.2.2 MPI (Multi-Point Interface)	16
1.2.3 Profinet	16
1.2.4 CAN (Controller Area Network), CANopen	18
1.2.5 ModBus	19
1.2.6 OPC (OLE for Process Control)	21
1.3 ZABEZPEČENÍ DATOVÉ KOMUNIKACE V PRŮMYSLVÉM PROSTŘEDÍ	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
2 LABORATORNÍ MODEL A ŘÍDICÍ SYSTÉMY	26
2.1 MODEL LINKY PRO PLNĚNÍ LAHVÍ	26
2.2 DIGITÁLNÍ A ANALOGOVÉ SIGNÁLY MODELU LINKY PRO PLNĚNÍ LAHVÍ	35
2.3 POPIS PLC A POUŽITÝCH MODULŮ	38
2.3.1 Simatic S7-313C	38
2.3.2 Foxtrot CP-1015	40
2.3.3 Netlink PRO Compact	42
2.3.4 Operátorský panel Exor	44
2.4 DATOVÁ KOMUNIKACE MODELU LINKY PRO PLNĚNÍ LAHVÍ	46
3 SOFTWARE	50
3.1 ORACLE VIRTUAL BOX	50
3.2 NORMA IEC 61 131	51
3.3 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ STEP7	53
3.3.1 Základní projekt pro Simatic S7-313C	54
3.3.2 Komplexní projekt pro Simatic S7-313C	55
3.4 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ MOSAIC	56
3.4.1 Základní projekt pro Foxtrot CP-1015	57
3.4.2 Vzdálené ovládání pro Foxtrot CP-1015	57
3.5 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ UNIOP DESIGNER	58
3.6 OPC SERVERY	59
3.6.1 OPC server Teco	59
3.6.2 OPC server Helmholtz	60
3.7 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PROMOTIC	61
3.7.1 SCADA/HMI aplikace pro laboratorní PC	62
ZÁVĚR	64

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	65
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	71
SEZNAM TABULEK	73
SEZNAM PŘÍLOH	74

ÚVOD

Hlavním tématem diplomové práce je problematika řízení automatizovaných výrobních procesů. Do této oblasti však lze zahrnout velmi širokou škálu činností, proto je práce zaměřena zejména na praktickou stránku řízení reálného výrobního procesu pomocí programovatelného řídicího systému, komunikace mezi více řídicími systémy a možnostmi, které dnes při řízení výrobních procesů moderní řídicí systémy nabízejí.

Jako jeden z typických příkladů aplikace řídicích systémů v průmyslové praxi je například proces plnění lahví. Zjednodušený model tohoto procesu je k dispozici v laboratořích Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Na tomto modelu je možné prakticky ověřovat funkčnost softwaru, jenž patří také k výstupům této diplomové práce. Přestože se jedná pouze o velmi zjednodušený model linky pro plnění lahví, lze říci, že obsahuje všechny základní složky typického automatizovaného výrobního procesu, tj. řídicí systém se soustavou senzorů, akční členy v podobě dopravníkových pásů, čerpadla, ventilu apod., a také prostředky pro komunikaci s obsluhou ve formě dotykového operátorského panelu.

Jedním z cílů diplomové práce je také rozšíření výše zmíněného modelu. Přidáním dalšího řídicího systému, tj. v tomto případě programovatelného automatu (PLC), do soustavy modelu může vzniknout variabilní prostředí, umožňující řízení celého procesu realizovat na dvou odlišných platformách. Bylo by tedy možné zkoumat možnosti a technické podmínky vzájemné komunikace mezi řídicími systémy dvou různých výrobců. Rozšíření modelu o mechanické ovládací a optické signalizační prvky, a vytvoření vizualizační aplikace pro PC, které by zastávalo roli nadřízeného systému v modelovaném výrobním procesu, by dále zvýšilo možnosti pro model výrobní linky.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části, a to teoretickou, zabývající se obecným popisem problematiky komunikace u průmyslových výrobních systémů, a praktickou, ve které jsou popsány vybrané technické podrobnosti modelu, a dále jeho rozšíření o výše zmíněné hardwarové a softwarové prvky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ŘÍZENÍ AUTOMATIZOVANÝCH VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ

1.1 Řízení výrobní technologie pomocí více PLC

Podle [1] byly učiněny první pokusy o nasazení výpočetní techniky v automatizaci již v 50. letech minulého století. V dnešní době pokračuje trend intenzivního využívání prostředků automatizace k nahrazení namáhavé a stereotypní lidské práce. Nejinak je tomu i ve výrobním procesu plnění lahví. Na rozdíl od dřívějších dob, kdy byla lidská práce ve výrobní sféře do značné míry nenahraditelná kvůli omezením danými nízkým stupněm rozvoje tehdejších technických prostředků, je dnes z hlediska vysokých požadavků na kvantitu a kvalitu, a hlavně důrazu na ekonomickou stránku výroby, naopak nevýhodné upřednostňovat lidskou práci před automatizací. Pokud je nutné uplatnit ve výrobním procesu lidskou práci, je potřeba počítat s vyššími riziky chybovosti výroby (schopnost soustředění u člověka klesá úměrně s délkou pracovního výkonu, a to nejen v případě často se opakujících pracovních úkonů), kolísajícího výkonu (nasazení nových pracovníků do manuální výroby se zpravidla odrazí na nižším počtu vyrobených výrobních jednotek za čas), a také s ekonomickými faktory (na lidskou práci přesčas a o svátcích je potřeba vynaložit vyšší finanční prostředky). Mezi nezanedbatelná hlediska však patří i možné zdravotní následky pro člověka. Zde lze zmínit následky dlouhodobé, vyvolané prací v prašném prostředí, v prostředí se zvýšenou teplotou nebo v jinak ztížených podmínkách, které se může projevit na zdravotním stavu pracovníků. A následky okamžité, a o to horší, způsobené vážnými pracovními úrazy, které často trvale diskvalifikují jedince z dalšího pracovního procesu.

Při použití prostředků automatizace jsou tyto rizika odstraněna nebo významně snížena. Řídicí systémy neznají chyby způsobené ztrátou koncentrace, není u nich potřeba zapracovávání se na nějakou činnost (pomineme-li proces počátečního zprovoznění), jejich práce si vyžaduje stejné finanční náklady bez ohledu na denní, noční či sváteční směnu. V případě nehody se jedná o pouhé neživé předměty, které lze ve srovnání s lidskou bytostí snadno nahradit a vrátit do původního stavu.

Jistě, ne každou lidskou práci lze nahradit soudobými automatizačními prostředky. Člověk stále těží z výhod, které jej vynesly na vrchol evoluční pyramidy. Je to schopnost učit se nejen z vlastních, ale i z cizích chyb. Přestože obory zabývající se umělou inteligencí dnes již

dokážou v tomto ohledu poskytnout strojům značný stupeň autonomního rozhodování, člověk má stále navrch. Dále je to schopnost předvídání, logiky, a v neposlední řadě také všestrannost lidských rukou, aby byly vyjmenovány alespoň některé, pro stroje stále nedostižné vlastnosti. Proto je většina dnešních výrobních procesů různou kombinací podílu lidské a stroji vykonávané automatizované práce. Dnes jsou již běžně celé rozsáhlé výrobní systémy obsluhovány jen několika pracovníky, kteří nad systémem provádějí pouze dohledovou činnost. Na druhou stranu však tento koncept zvyšující se úroveň automatizace má také vyšší požadavky na dostatečně kvalifikovanou a vyškolenou obsluhu.

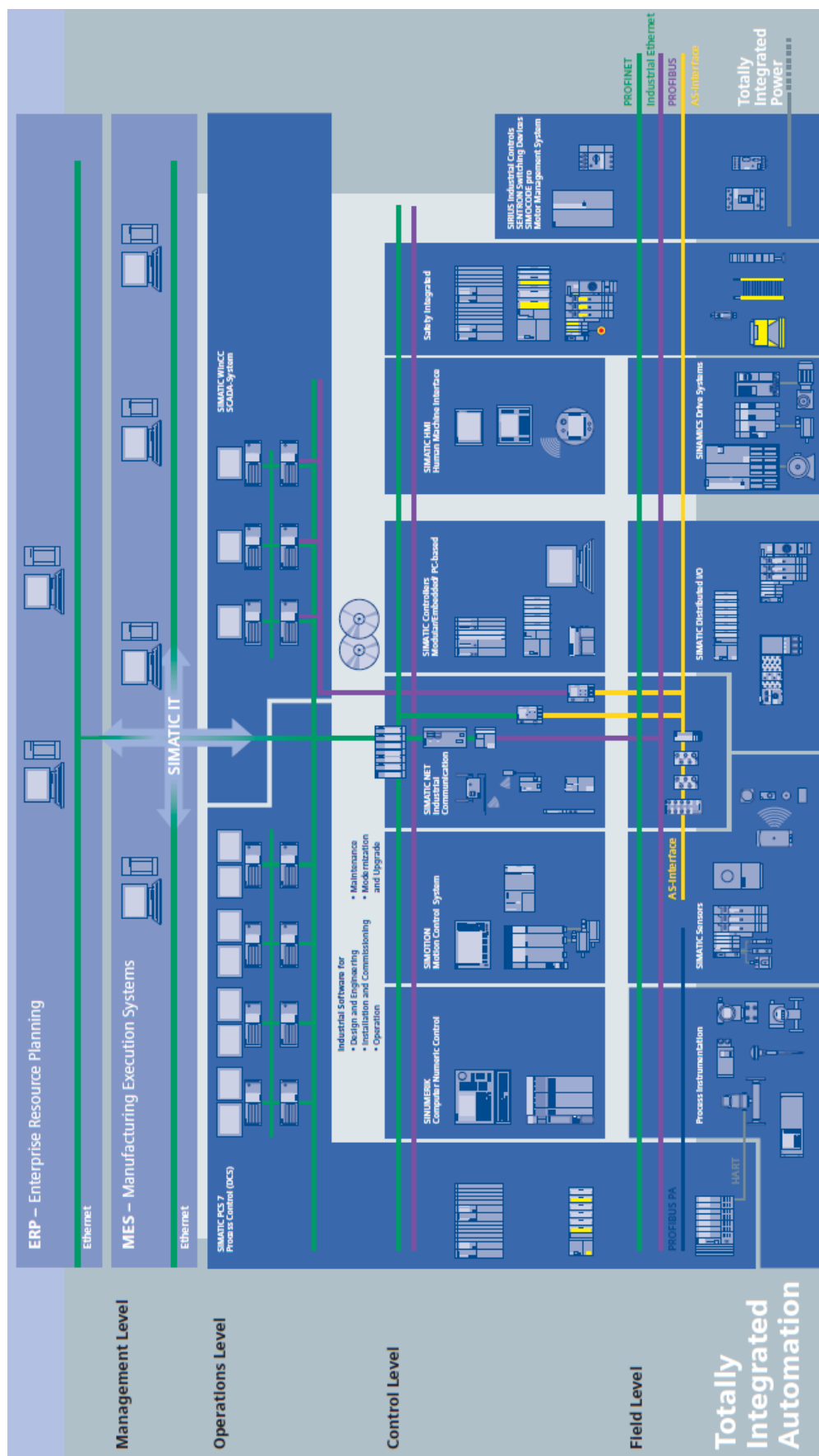
Zařízení u výrobního procesu plnění lahví, a z obecného hlediska by mělo být možné podobně rozdělit jakýkoliv výrobní proces, lze podle funkce v systému rozdělit do několika skupin:

- prostředky pro manipulaci: dopravníky sloužící pro dopravu, případně třídění zpracovávaného materiálu a techniku pro manipulaci s balicím materiálem (přepravky, krabice, palety atp.)
- prostředky pro přípravu plněné kapaliny: zásobníky, mísiče, ohřívání/chlazení
- prostředky pro dopravu zpracovávané kapaliny a její plnění: čerpadla, ventily
- prostředky pro kontrolu kvality: různé vision systémy pro kontrolu kvality, v případě plnění lahví např. kontrola umístění a správnosti etiket a zazátkování
- balicí systémy: systémy pro ukládání do přepravek, systémy pro stohování přepravek na palety, baličky
- prostředky zajišťující uskladnění a expedici: uskutečňují manipulaci s paletami, inteligentní regálové skladovací systémy apod.
- prostředky pro identifikaci: různé RFID systémy, čtečky čárových kódů atp.

Všechny tyto skupiny se mohou navzájem prolínat a ovlivňovat. Každá z těchto skupin může být řízena programovatelným automatem, mikrokontrolerem či průmyslovým počítačem. U některých výrobních celků je nutnost použití více řídicích systémů dána geografickou rozlehlostí technologie, přestože se stále jedná o jednu skupinu. Pak musí být řízení skupiny rozděleno na více částí z důvodů technických limitů použitých sběrnic. Přirozeně tak vzniká prostředí sestávající z více řídicích systémů, ve kterém každý řídicí systém zabezpečuje svoji část výrobního procesu. K tomu, aby jednotlivé skupiny tvořící

výrobní celek mohly spolupracovat, je však potřeba navrhnout je tak, aby spolu byly schopny komunikovat. Bez možnosti vzájemné komunikace mezi těmito skupinami je celý výrobní proces degradován na izolované ostrůvky nesourodých subsystémů bez vzájemných vazeb. Situace při řešení vzájemné komunikace se pak může nadále komplikovat, pokud jsou v systému řízení použity řídicí systémy od různých výrobců. K tomu dochází v případech, kdy je v rámci rekonstrukce části výrobní technologie nahrazen starý řídicí systém systémem novým, výkonnějším, který však již není vybaven portem pro starou sběrnici, nebo kdy je potřeba použít řídicí systém se specifickými vlastnostmi, které převýší nevýhodu diverzifikace systému řízení. Poměrně často se lze v praxi setkat také s tím, že je dceřiná firma donucena ke změně svého léty ověřeného dodavatele řídicích systémů poté, co se změni vlastnická struktura mateřské firmy a dceřiné firmě je změna dodavatele nařízena.

Pokračující rozvoj u technických prostředků automatizace a v oblasti počítačem podporované výroby (CAM) klade zvyšující se nároky také na rozsah funkcí zabezpečovaných řídicími systémy. Zatímco dříve bylo dostačující, že řídicí systém zajišťoval pouze úkoly vyplývající z podstaty jeho funkce, tj. řízení akčních členů technologie na základě zpětné vazby získané senzory, nyní se k tomuto základnímu úkolu přidávají úkoly další, jako například vytváření informací o výrobě ve formě protokolů, statistik a měření efektivity výroby pomocí OEE, načítání informací o požadovaném výrobku ve formě receptur a výrobních postupů, interakce s podnikovým informačním systémem za účelem optimalizace plánování výroby, diagnostice výrobního zařízení jako prostředku pro předcházení poruch a neplánovaných odstávek výroby apod. Všechny tyto úkoly však mají jedno společné, a to potřebu schopnosti komunikace řídicího systému s okolními prvky řízení, ať už se jedná o další řídicí systémy nebo nadřazené úrovně řízení výroby. Z těchto důvodů se schopnost datové komunikace s okolím u moderních řídicích systémů jeví již jako nepostradatelná. Na obrázku č.1 je uveden příklad systému řízení výroby v podání společnosti Siemens AG. Systém řízení je zde hierarchicky rozdělen podle standardu ANSI/ISA-95 do čtyř vrstev. Komunikace mezi vrstvou ERP a MES je založena na B2MML (Business to Manufacturing Markup Language), což je upravený XML formát. Mezi MES a nižší vrstvou výrobních technologií je ke sběru dat využíváno SCADA/HMI aplikací. V komunikaci mezi SCADA/HMI aplikacemi a řídicími systémy jako nejnižší postavenými prvky systému řízení se uplatňují OPC server/klient standardy. Více informací o problematice systémů řízení výroby lze najít např. v [3].



Obr. 1: Příklad struktury řízení u výrobní organizace [2]

1.2 Možnosti komunikace mezi jednotlivými PLC

Jednou z nejčastějších variant výměny dat mezi PLC jsou průmyslové sběrnice. V následujících kapitolách jsou proto stručně popsány některé průmyslové sběrnice a s nimi související protokoly.

1.2.1 Profibus

Profibus je průmyslová sběrnice, jejíž vývoj se datuje do roku 1987. Organizace *Profibus Nutzerorganisation e.V.* (www.profibus.com) zastřešuje dnes více než 1400 výrobců a uživatelů tohoto průmyslového standardu. Od roku 1989 je používána firmou Siemens AG. Profibus je otevřený, vysoce výkonný a robustní systém kompatibilní s normou IEC-61158. Je realizován dvěma kroucenými vodiči se společným stíněním s fyzickou vrstvou založenou na RS485. Kabel má obvykle fialovou barvu vnější izolace. Může mít liniovou, stromovou nebo hvězdicovou topologii, která však musí být na každém konci vybavena terminačním odporem, aby na sběrnici nedocházelo k odrazu signálu a tím k rušení. Maximální délka segmentu je 1000 m. Je rozlišováno několik protokolů:

Profibus DP (Distributed Periphery)

V dnešní době se jedná o nejpoužívanější protokol z rodiny Profibus. Používá se pro propojení PLC s prostředky průmyslové automatizace, jako jsou např. distribuované periferie nebo pohony vyžadující velmi rychlou dobu odezvy. Maximální komunikační rychlost je 12Mbps. Komunikace s ostatními CPU a pohony, načítání vstupů a výstupů a uživatelský program je synchronizován pomocí společného hodinového cyklu stanoveného master zařízením. Tak je zajišťován isochronní mód přenosu dat.

Profibus PA (Process Automation)

Jedná se o verzi protokolu, která je oproti Profibus DP navíc doplněna o funkce, zajišťující zvýšenou spolehlivost přenosu naměřených dat. Používá se pro připojení inteligentních senzorů a podobných zařízení. Lze ji použít i v explozivním prostředí.

Profibus FMS (Field Message Specification)

Byl historicky první protokol standardu Profibus. Byl navržen pro datovou komunikaci mezi PLC a PC a mezi různými výrobci PLC. Disponuje rozšířenými funkcemi pro práci s daty. Dosahuje však nižších rychlostí než Profibus DP.

1.2.2 MPI (Multi-Point Interface)

Je to proprietární rozhraní firmy Siemens AG odvozené od sběrnice Profibus, má s ní tedy shodnou fyzickou vrstvu (RS485). Jak název napovídá, je určeno pro komunikaci mezi více než dvěma účastníky (na rozdíl od velmi podobného rozhraní PPI: Point-to-Point Interface). Standardní komunikační rychlost je 187,5 Kbps. Nevýhodou tohoto rozhraní je, že kromě firmy Siemens AG není mezi ostatními výrobci příliš podporováno.

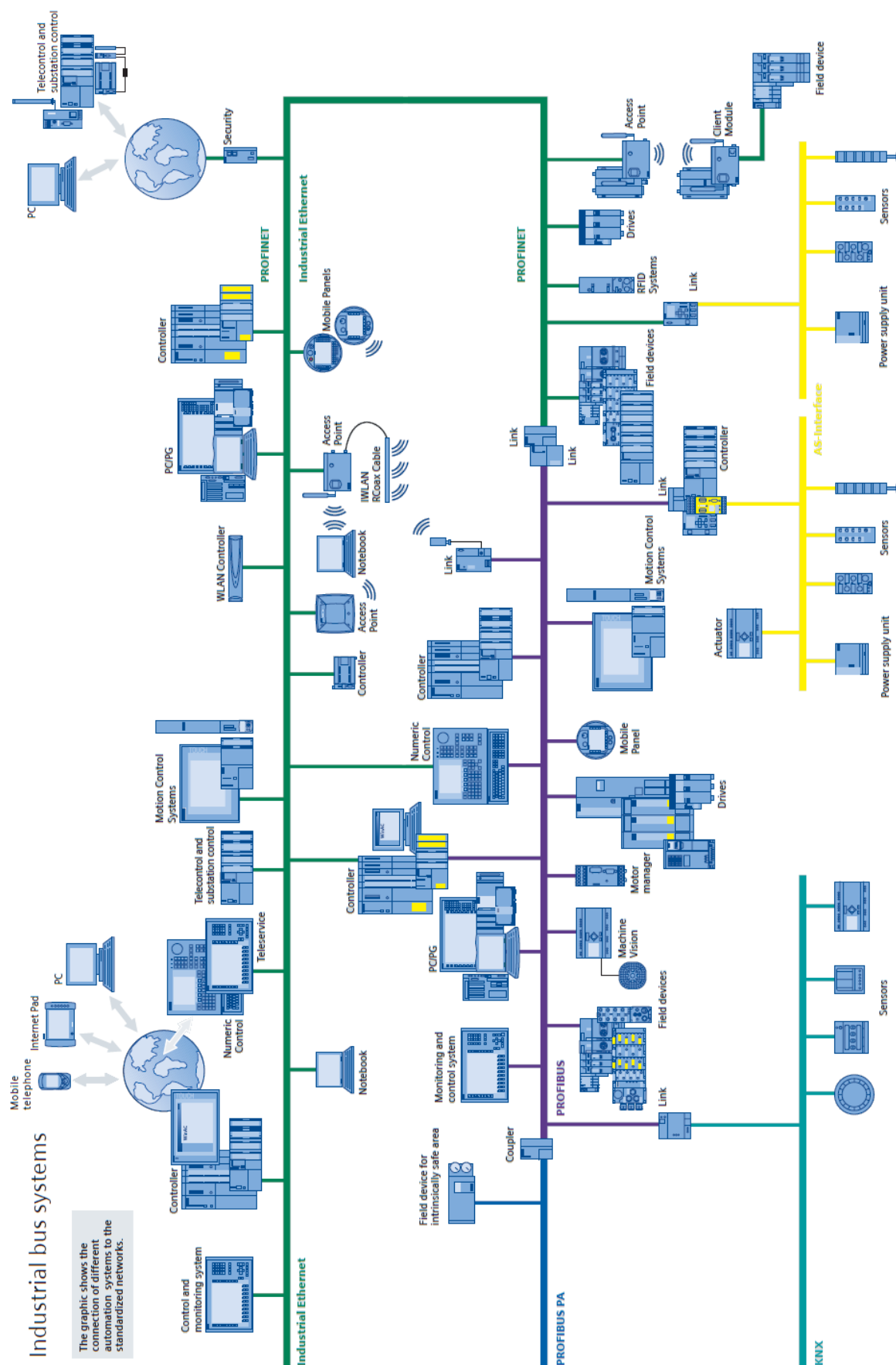
1.2.3 Profinet

Ethernet je technologie, na které je založen Internet, a která v posledních letech nachází čím dál větší uplatnění také v oblasti průmyslové automatizace v podobě Industrial Ethernetu. Výrobci zařízení s Profinet rozhraním a jejich uživatelé jsou seskupeni kolem organizace *Profibus and Profinet International* (www.profinet.com). Profinet je postaven na otevřeném standardu Industrial Ethernet (IEC 61158) a využívá protokol TCP/IP pro parametrizaci, konfiguraci a diagnostiku. Tím, že Profinet a Ethernet mají společné základy, umožňují po stejné sběrnici propojit počítače v ERP a MES úrovních řízení přímo s PLC ve výrobě. Profinet lze podle doby odezvy rozdělit na tři úrovně:

- TCP/IP pro Profinet CBA (Component Based Automation): doba odezvy se pohybuje ve stovkách milisekund.
- Real-time pro Profinet CBA a Profinet IO: uplatňuje systém priorit a na jeho základě optimalizuje přenos po síti tak, že upřednostňuje „real-time“ data před TCP a UDP pakety. Dosahovaná doba odezvy je kolem 10 milisekund
- Isochronous Real-Time pro Profinet IO: oba komunikační partneři musí mít hardwarovou podporu ve formě ASIC ERTEC (Application Specific Integrated Circuit Enhanced Real-Time Ethernet Controller). Doba odezvy je do 1 milisekundy.

Základní myšlenkou pro Profinet CBA je to, že každý systém průmyslové automatizace může být rozdělen do autonomních podsystémů (komponent), které jsou popsány v souboru zvaném Profinet Component Description pomocí XML. Každá z těchto komponent je řízena předem známým počtem vstupů. V každé komponentě pak řídicí program vykonává své funkce a posílá odpovídající výstupní signály.

Profinet IO je určen pro využití v aplikacích vyžadujících rychlou odezvu, jako např. při řízení pohybu („Motion Control“) a pro komunikaci s decentrálními periferiemi.



Obr. 2: Uplatnění různých průmyslových sběrnic v jednom systému řízení [2]

1.2.4 CAN (Controller Area Network), CANopen

Dodavatelé techniky založené na sběrnici CAN jsou sdruženi do mezinárodní organizace *CAN in Automation* (www.can-cia.org) s ústředím v německém Norimberku. Bližší informace o této organizaci lze získat na [4]. S vývojem započala v roce 1983 společnost Robert Bosch GmbH. Nejčastější využití komunikace po sběrnici CAN je zřejmě v automobilovém průmyslu, avšak rozvíjí se i její využití v oblastech jako je lékařská technika, řízení strojů, energetika a dalších.

CAN je tzv. multi-master sběrnice propojující jednotlivé „Electronic Control Units“ (ECU). ECU je termín, který v automobilovém průmyslu označuje zařízení („embedded system“) kontrolující jeden nebo více elektronických systémů vozidla. Každý ECU je schopen posílat a přijímat zprávy, nikoliv však současně. Každá zpráva obsahuje identifikátor se zakódovanou prioritou zprávy, a až 8 byte prostor pro přenášená data. Vylepšená specifikace CAN FD rozšiřuje tento prostor pro data až na 64 byte. Zařízení nejsou přímo připojená ke sběrnici, ale připojují se pomocí specializovaného CAN Controlleru.

Komunikace probíhá podle následujícího principu: jestliže je komunikační linka volná (neprobíhá žádný přenos), kterékoliv ECU může začít vysílat zprávu. Pokud začnou vysílat dvě ECU ve stejný časový okamžik, zpráva s ID s větší prioritou přepíše zprávu s méně prioritním ID. Zpráva je vždy přijata všemi ECU na sběrnici. Přenosová rychlost je do 1 Mbps na sběrnicih o délce maximálně 40 m. Datová vrstva protokolu je standardizována v ISO 11898-1. Sběrnice musí být ukončena terminačním odporem o hodnotě 120 Ω .

CAN sběrnice pracuje se dvěma formáty zpráv, a to základním (definován v CAN 2.0 A a CAN 2.0 B) a rozšířeným (popsán pouze v CAN 2.0 B). Rozdíl spočívá v odlišné délce podporovaného ID, základní formát podporuje 11 bitový ID, rozšířený formát pracuje s 29 bitovým ID.

CANopen je komunikační protokol a specifikace profilu zařízení používaných v průmyslové automatizaci. Informace o tomto protokolu lze získat na [4]. CANopen implementuje třetí a vyšší vrstvy podle OSI modelu. Jednotlivé vrstvy OSI modelu jsou popsány např. v [6]. CANopen sestává z adresovacího schématu, několika komunikačních protokolů a aplikační vrstvy definované tzv. profilem zařízení. Nízkoúrovňový protokol implementující datovou (druhá vrstva) a fyzickou (první vrstva) je obvykle CAN.

Tab. 1: Síťové vrstvy OSI modelu [6]

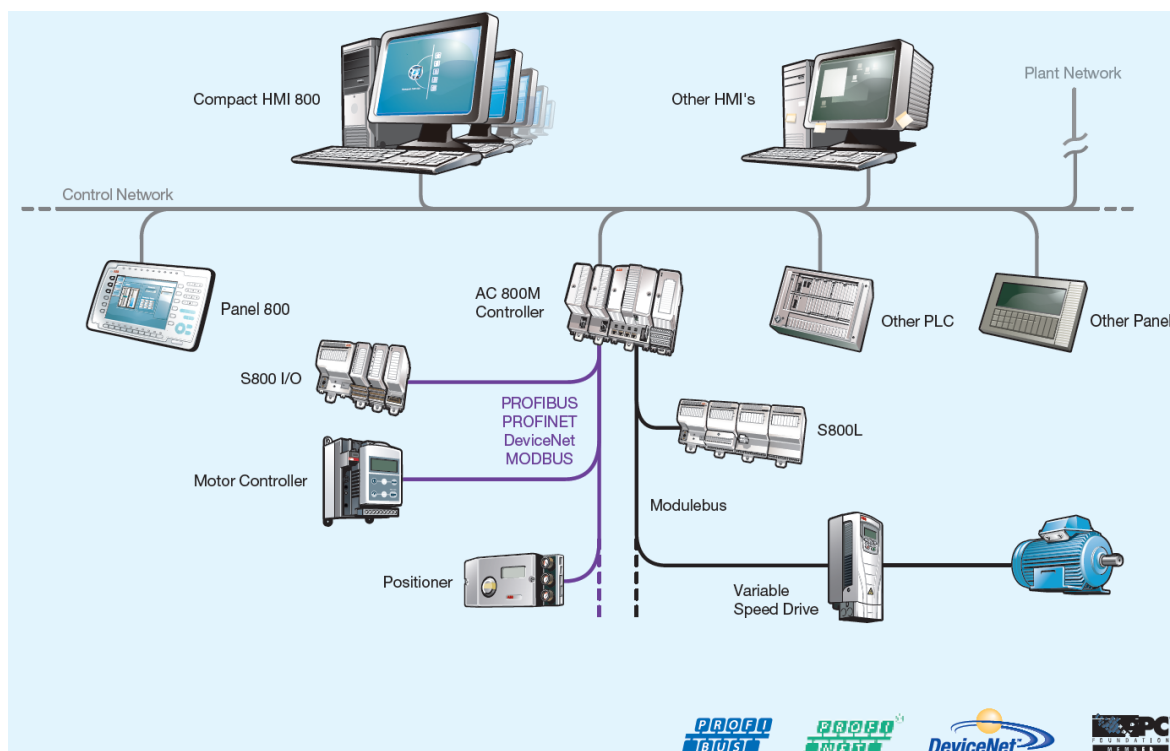
Datová jednotka	Vrstva	Funkce
Data	7. Aplikace	Síťový přístup k aplikaci
	6. Prezentace	Reprezentace dat, šifrování a dešifrování, konverze dat závislých na zařízení na data nezávislá na zařízení
	5. Sezení („Session“)	Komunikace, řízení sezení („sessions“) mezi aplikacemi
Segmenty	4. Transport	„End-to-end“ spojení, spolehlivost a řízení toku
Paket/Datagram	3. Síť	Určení cesty a logická adresace
Rámec	2. Datový spoj	Fyzická adresace
Bit	1. Fyzická	Médium. Signál a bitový přenos

Základní CANopen profily zařízení jsou popsány v dokumentu CiA 301, profily pro I/O zařízení jsou popsány v CiA 401, profily pro oblast řízení pohybu (motion control) jsou pak popsány v dokumentu CiA 402 vydaného organizací CAN in Automation.

1.2.5 ModBus

ModBus je otevřený komunikační protokol používaný od roku 1979 firmou Modicon (nyní Schneider Electric) u jejích programovatelných automatů. Z ostatních významných výrobců PLC implementujících tento protokol do svých výrobků lze jmenovat firmu ABB. Ta jej využívá např. u svých výrobků řady Compact 800 [7].

Je považován za jednoduchý a robustní. V průběhu času se stal v podstatě standardem mezi průmyslovými komunikačními protokoly. ModBus může být využit pro postupné modernizace průmyslových zařízení, kde se vyskytují řídicí systémy od několika odlišných výrobců. Umožňuje přenášet data mezi zařízeními sloužícím různým účelům (dotykové displeje, PLC). Lze jej použít pro přenos dat po různých fyzických sběrnících.



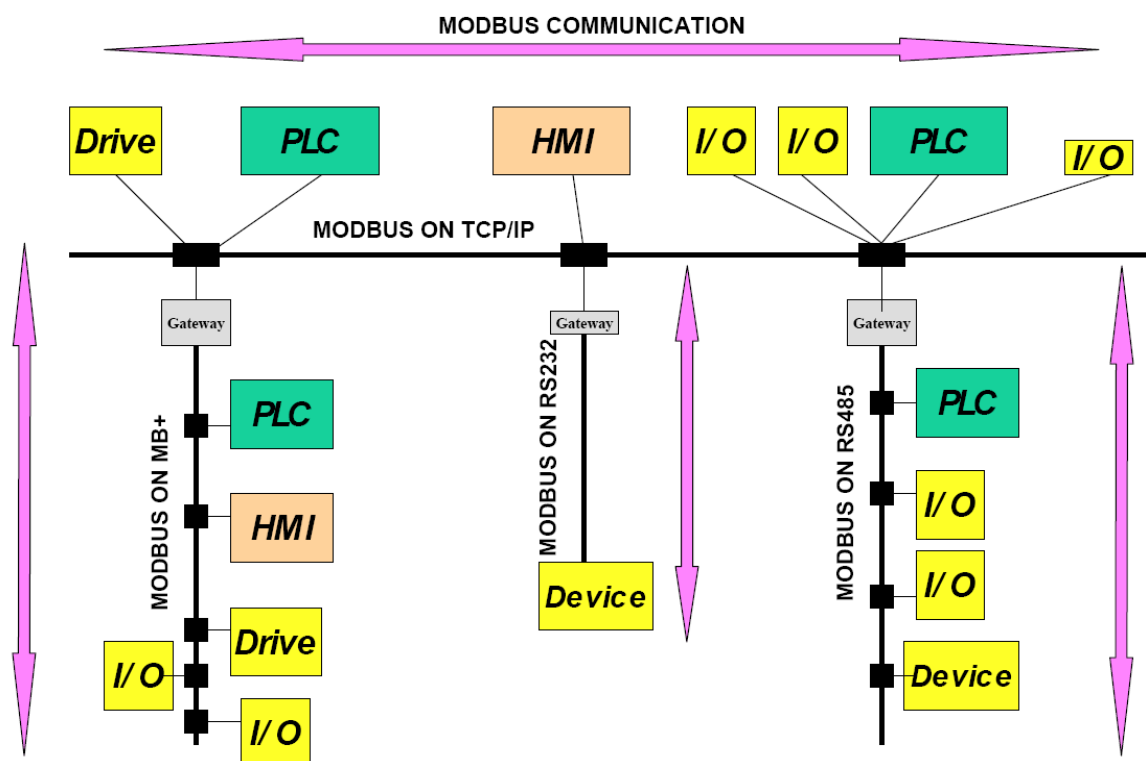
Obr. 3: ABB a produkty řady Compact 800 [7]

Standards související s ModBus protokolem jsou udržovány a propagovány *Modbus Organisation* sídlící v USA (www.modbus.org).

ModBus umožňuje komunikaci mezi až 240 uzly. Na sběrnici je jedno „master“ zařízení (u ModBus TCP jich však může být i více), ostatní zařízení jsou typu „slave“. Slave zařízení odpovídá na dotazy, které jsou mu adresovány. Struktura zprávy je definována nezávisle na komunikační vrstvě OSI modelu. Zpráva sestává z kódu funkce a datové části. Kód funkce definuje operaci, kterou má slave provést, datová část obsahuje informace sloužící slave zařízení k vykonání funkce. Pokud má např. slave zařízení oznámit stav svých vstupů nebo registrů, datová část zprávy upřesňuje, o které vstupy se jedná. Kód funkce je v rozsahu 1..128, rozsah 129..255 je určen pro zpětná chybová hlášení odesílaná zpět slave zařízením.

Modbus existuje v několika variantách lišících se sběrnici použitou k přenosu dat:

- ModBus RTU: využívá zejména sériové sběrnice RS485, avšak lze jej použít i na RS232C, RS422
- ModBus TCP: uplatňuje se na sítích ethernetového typu
- ModBus Plus: vysokorychlostní síť založená na předávání tokenů



Obr. 4: Použití ModBus protokolu na různých sběrnicích [8]

Podrobnosti o tomto protokolu, jako např. podmínky a způsoby jeho implementace, lze najít v [8] a v [9].

1.2.6 OPC (OLE for Process Control)

V tomto případě se nejedná o sběrnici nebo protokol, ale o softwarový standard pro průmyslovou komunikaci. Na jeho vzniku se podíleli všichni významní světoví dodavatelé v průmyslové automatizaci spolu s firmou Microsoft. Význam tohoto standardu je v tom, že zajišťuje nezávislost softwaru na výrobci hardwaru, čímž eliminuje problémy vznikající s používáním ovladačů (tj. potřeba mít specifický ovladač pro konkrétní hardware, různé verze ovladačů podporující různé vlastnosti u stejného hardware apod.). Rozvojem tohoto standardu se zabývá organizace *OPC Foundation* (www.opcfoundation.org) se sídlem v USA. Bližší informace o této organizaci lze najít na [10].

Jedná se o výměnu dat s architekturou klient/server. Standard OPC je založen na komponentním modelu tvorby aplikací. Protože však nelze vyloučit, že se v rámci operačního systému nevyskytnou dvě komponenty se stejným názvem, jsou jednotlivé

komponenty rozlišovány pomocí unikátních identifikačních čísel. Z hlediska OPC standardu jsou nejdůležitější identifikátory CLSID (Class ID) a ProgID (Program ID). Pomocí nich jsou vytvářeny vazby mezi klienty data žádající a servery data poskytující. Standard OPC je definován pomocí tzv. specifikací OPC. Specifikace je volně přístupná technická dokumentace, pomocí které jsou definována pravidla chování a konfigurace OPC komponent.

Tab. 2: OPC specifikace [11]

Specifikace	Obsah	Aktuální verze
OPC Overview	Obecný popis metody OPC, jejích výhod a způsobu použití	1.0
OPC Common Definitions and Interfaces	Specifikace popisuje definice a základní přístupová pravidla společná pro ostatní specifikace	1.1
OPC Data Access (OPC DA)	Určuje přístup k datům v reálném čase, je nejčastěji používanou specifikací	3.0
OPC Alarms and Events	Stanovuje poskytování informací o výskytech specifikovaných událostí a výstrah klientům OPC	1.1
OPC Historical Data Access	Popisuje přístup k historickým datům uloženým v databázi	1.2
OPC Batch	Podobně jako OPC DA, ale míst spojitých provozů je určena pro technologie s výrobou založenou na šaržích	2.0
OPC Security	Určena k důkladnějšímu zabezpečení přístupu obsluhy při ovládání technologického zařízení z klientů OPC prostřednictvím serverů OPC s využitím zabezpečení systému MS Windows	1.0
OPC XML DA	Vymezuje integrování OPC a XML do internetových aplikací	1.0
OPC Data eXchange	Určena pro tzv. horizontální komunikaci mezi řídicími jednotkami s odlišnými komunikačními protokoly (např. Ethernet, Profinet, High Speed Ethernet, Interbus) prostřednictvím sítě Ethernet	1.0
OPC Complex Data	Určuje způsob popisu struktury komplexních dat a metody přístupu k těmto datům	1.0

Problematika OPC specifikací je podrobně popsána v [11], další dokumenty lze získat také v [12].

1.3 Zabezpečení datové komunikace v průmyslovém prostředí

Podle [13] se téma zabezpečení dat a zabezpečení přístupu do sítě stává čím dál tím více důležitým. Vyšší propojenost průmyslových systémů, vertikální integrace a propojení mezi úrovněmi ERP, MES a úrovní pro řízení procesů, jak je zobrazeno na obr. č. 1, a také nové technologie, jako je např. vzdálená údržba, vyžadují zabezpečení datové komunikace v průmyslovém prostředí. Řešení zabezpečení z oblasti kanceláří nemohou být jednoduše aplikována do oblasti průmyslové.

Ze specifických požadavků na komunikaci v průmyslovém prostředí (např. real-time komunikace) plynou některé požadavky na bezpečnost:

- Ochrana před interakcemi mezi jednotlivými automatizovanými celky
- Ochrana síťových segmentů
- Ochrana před nevhodným nebo neautorizovaným přístupem
- Ochrana nesmí ovlivnit strukturu sítě

Zabezpečení datové komunikace je proto všeobecně definováno jako ochrana před:

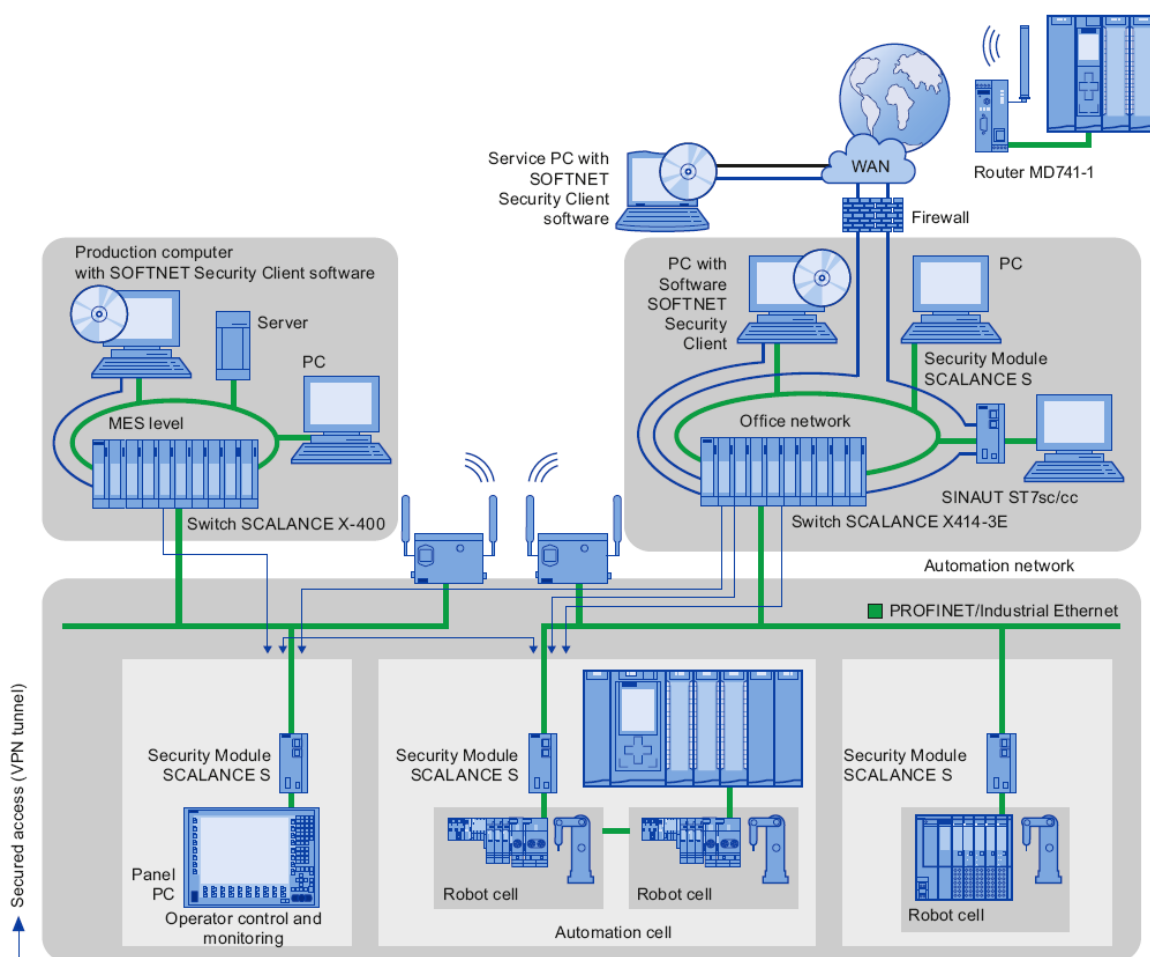
- Ztrátou důvěrnosti při neautorizovaném přístupu k datům
- Ztrátou integrity dat při nežádoucí manipulaci s daty
- Ztrátou dosažitelnosti dat při jejich zničení

Hrozby pro datovou komunikaci můžou přicházet jak zvenčí, tak zevnitř sítě. Komunikace také není vždy ohrožena úmyslnou akcí. Hrozby zevnitř sítě mohou být způsobeny např. technickými chybami na zařízení, chybou operátora, chybami v softwaru. K těmto hrozbám se přidávají ohrožení přicházející zvenčí. Ty se často shodují s těmi, které jsou známé z kancelářského prostředí. Patří mezi ně např. počítačové viry a červi, trojské koně, odchyťávání hesel, odepření služby (DoS) a podobně. Za nejdůležitější opatření proti manipulaci s daty a ztrátu bezpečnosti dat v průmyslovém prostředí lze považovat:

- Filtrování a kontrola toku dat pomocí firewallů

- Používání VPN pro výměnu dat s veřejnou sítí (Internet). Nejčastěji používanou technologií pro VPN je IPsec protokol, který zajišťuje zabezpečenou komunikaci přes oblast potenciálně nezabezpečené sítě
- Rozdělení automatizovaných celků na oddělené segmenty
- Identifikace zařízení. Procedura autorizace přístupu by měla probíhat přes oddělený komunikační kanál, který je považován za bezpečný.
- Šifrování přenášených dat

Následující obrázek ukazuje příklad ochrany na různých úrovních firmy zabezpečovaný systémem SCALANCE dodávaný společností Siemens AG:



Obr. 5: konfigurace sítě se SCALANCE modulem [13]

Chráněné oblasti jsou zde označeny šedou barvou.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 LABORATORNÍ MODEL A ŘÍDICÍ SYSTÉMY

2.1 Model linky pro plnění lahví

V laboratoři Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně je k dispozici model linky pro plnění lahví. Jedná se model z produktové řady FESTO Didactic, což jsou stanice modulárních výrobních systémů pro automatizaci procesů MPS®PA. Bližší informace o těchto stanicích lze získat na [14]. Mimo jiné je určen pro výuku programování řídicích systémů. Při pořízení modelu dodavatel standardně nabízí možnost zvolit řídicí systém, kterým bude model vybaven. V nabídce jsou PLC od firem Allen-Bradley, Siemens a Mitsubishi.

Aby se rozšířilo stávající portfolio řídicích systémů používaných v laboratoři (různé modely PLC firem Tecomat a Saia), a také aby se zohlednilo procento zastoupení firmy Siemens v oblasti průmyslové automatizace na evropském trhu, byl pro řízení modelu zvolen řídicí systém právě od firmy Siemens.

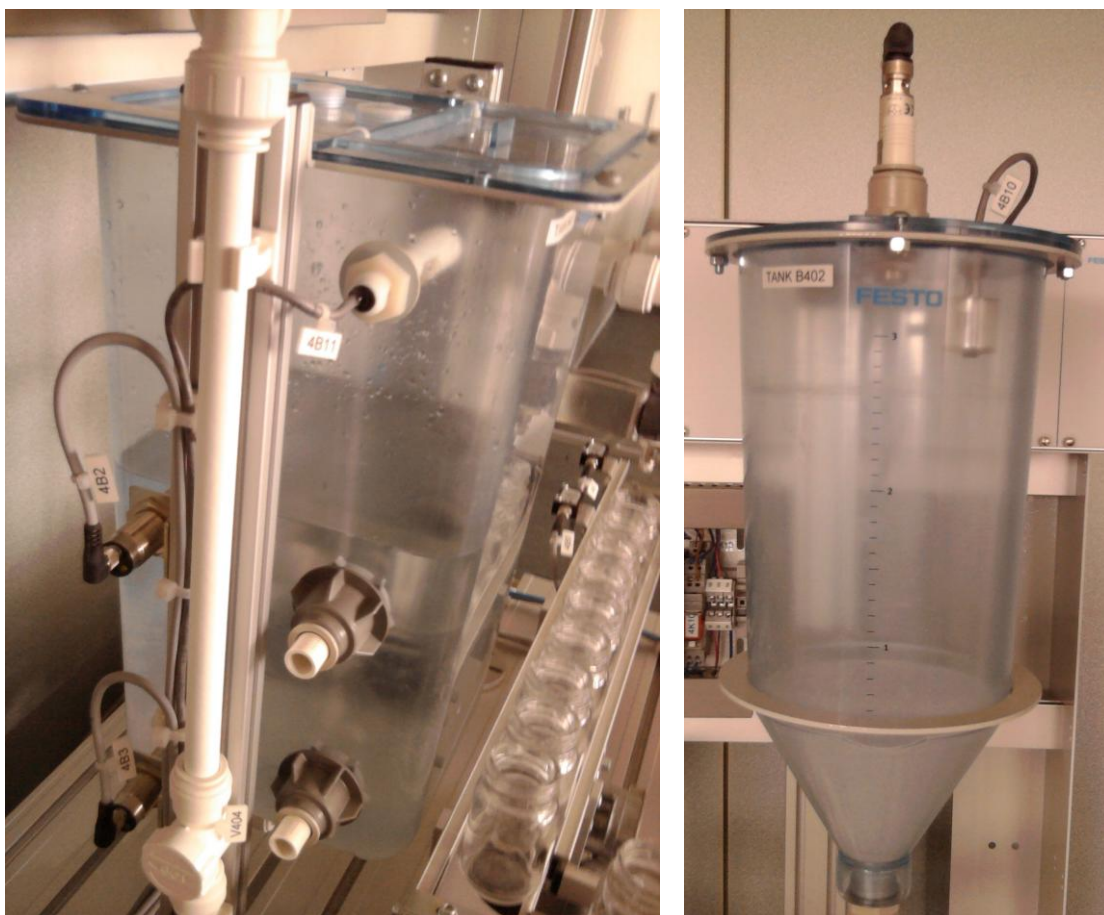
Zájemci o průmyslovou automatizaci však mají možnost se na modelu linky pro plnění lahví seznámit nejen s problematikou programování řídicích systémů, ale také s celou škálou oborů a činností s automatizací přímo souvisejících, jako je např. procesní instrumentace (senzory, akční členy), automatického řízení (PID regulátor) a podobně.

Všechny komponenty modelu linky pro plnění lahví již byly podrobně popsány v [15], proto následuje jen stručný popis nejdůležitějších částí modelu. Model lze rozdělit do několika logických a funkčních celků:

Zásobníky na kapalinu

Přestože by mohl model linky pro plnění lahví pracovat i s jinými kapalinami než s vodou, byla z praktických důvodů jako kapalina plněná do lahvíček zvolena právě voda. Model je vybaven dvěma zásobníky na kapalinu: zásobníkem B401 a B402. Zásobník B401 lze označit za hlavní zásobník, protože slouží ke shromažďování veškeré kapaliny v modelu. Ze zásobníku B401 je kapalina pomocí čerpadla doplňována do zásobníku B402. Odsud je pak kapalina pomocí elektromagnetického ventilu dávkována do připravených lahvíček. Zásobníky a čerpadlo jsou vzájemně propojeny soustavou potrubí, která v případě potřeby umožňuje vypuštění veškeré kapaliny mimo model. Na zásobník B401 jsou připevněny dva

senzory pro indikaci množství kapaliny v zásobníku (poskytují informaci ve formě digitálního signálu, zda hladina kapaliny dosáhla spodního, resp. horního senzoru).



Obr. 6: Vlevo zásobník B401, vpravo zásobník B402

Ultrazvukový senzor umístěný na zásobníku B402 dovoluje přesnější informaci o stavu hladiny kapaliny než u zásobníku B401, protože poskytuje výšku hladiny ve formě analogového signálu 0 – 10VDC. Zásobník B402 je také vybaven bezpečnostním prvkem ve formě plováku, který v případě nebezpečí přeplnění zásobníku odpojí napájení čerpadla.

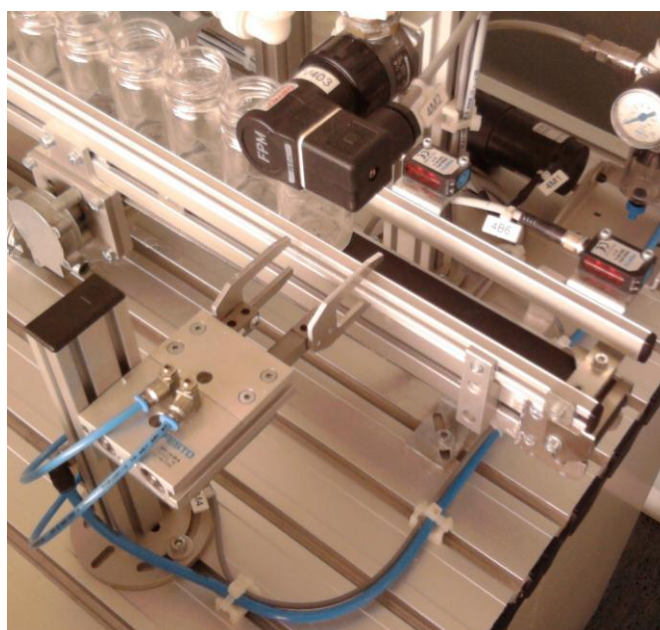
Systém pro dopravu lahvíček

Systém pro dopravu lahvíček v rámci modelu je tvořen dvěma pásovými dopravníky uspořádanými tak, aby spolu svíraly pravý úhel. Kolem obou dopravníků jsou konstrukční zábrany znemožňující vypadnutí lahvíček při jejich transportu. V místě pod elektromagnetickým ventilem dochází k vlastnímu procesu plnění lahvíček kapalinou, proto je zde instalováno elektricky ovládané oddělovací zařízení, které odděluje naplněné lahvíčky

od prázdných. Dopravníkový systém je osazen třemi optickými senzory rozmístěnými tak, aby indikovaly přítomnost lahvíček na začátku dopravníku, pod místem plnění a na konci dopravníku. Každý dopravník je poháněn vlastním elektromotorem. Oba elektromotory jsou však ovládány společným výstupním signálem (proto není možné např. spustit první dopravník, zatímco druhý stojí).



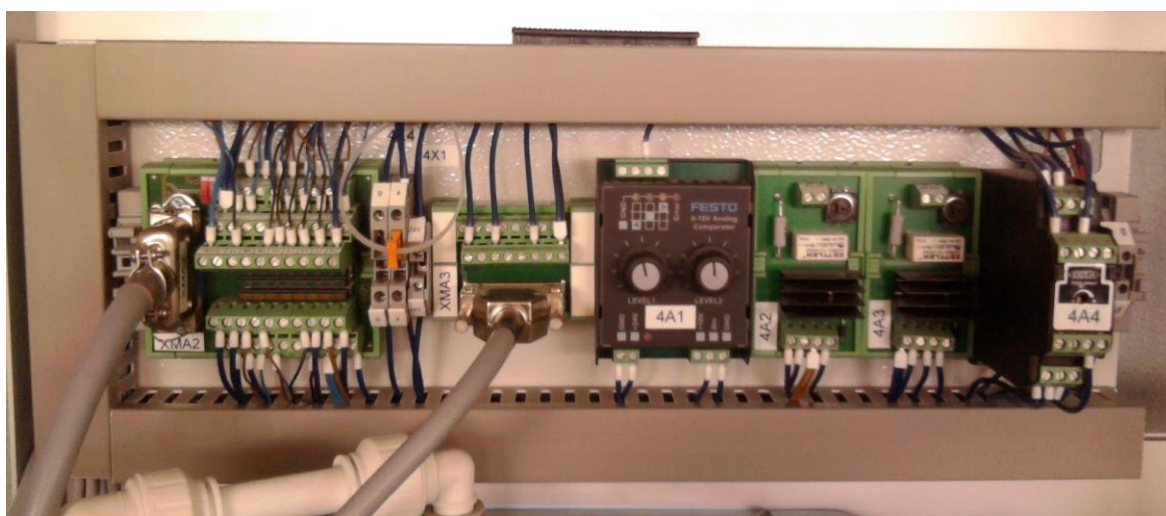
Obr. 7: Dopravníkový systém



Obr. 8: Detail oddělovače a ventilu

Propojovací terminál

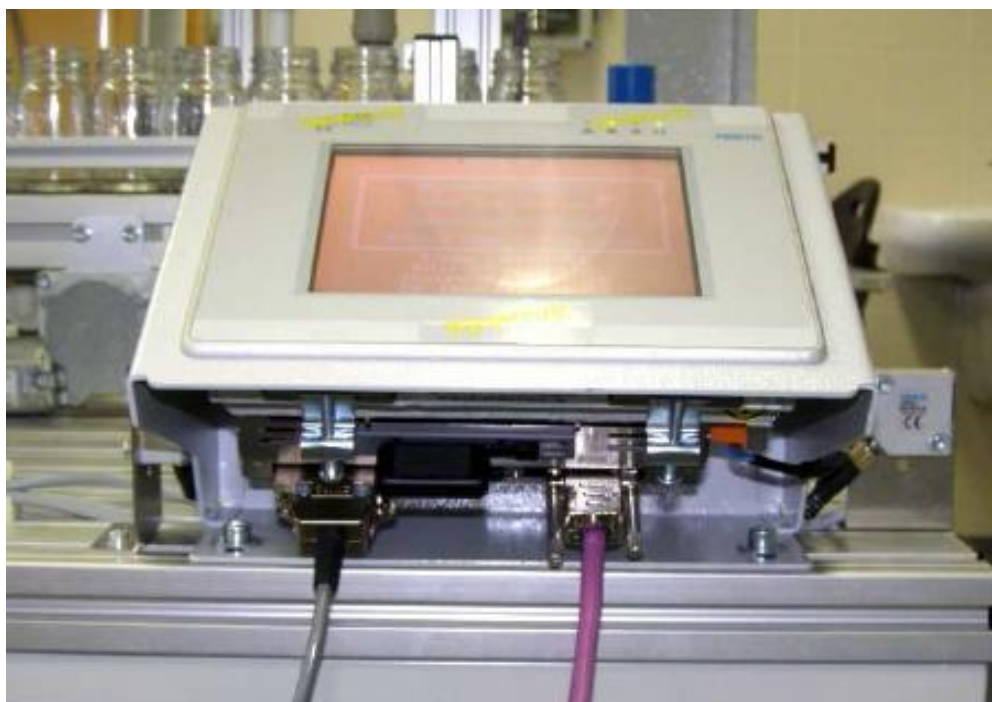
Propojovací terminál slouží jako rozhraní mezi signálními moduly PLC na straně jedné a mezi senzory a akčními členy na straně druhé. Je umístěn v horní části modelu. Digitální a analogové signály jsou se signálními moduly řídicího systému propojeny signálními kabely, které současně zajišťují napájení komponent umístěných v horní části modelu. V dalším textu bude tato část modelu linky pro plnění lahví (tedy soubor ultrazvukového a optických senzorů, čerpadla, elektromotoru, oddělovače lahviček atp.) souhrnně označována jako *Technologie*. Detailní popis jednotlivých prvků propojovacího terminálu je opět uveden v [15].



Obr. 9: Propojovací terminál

Ovládací panel

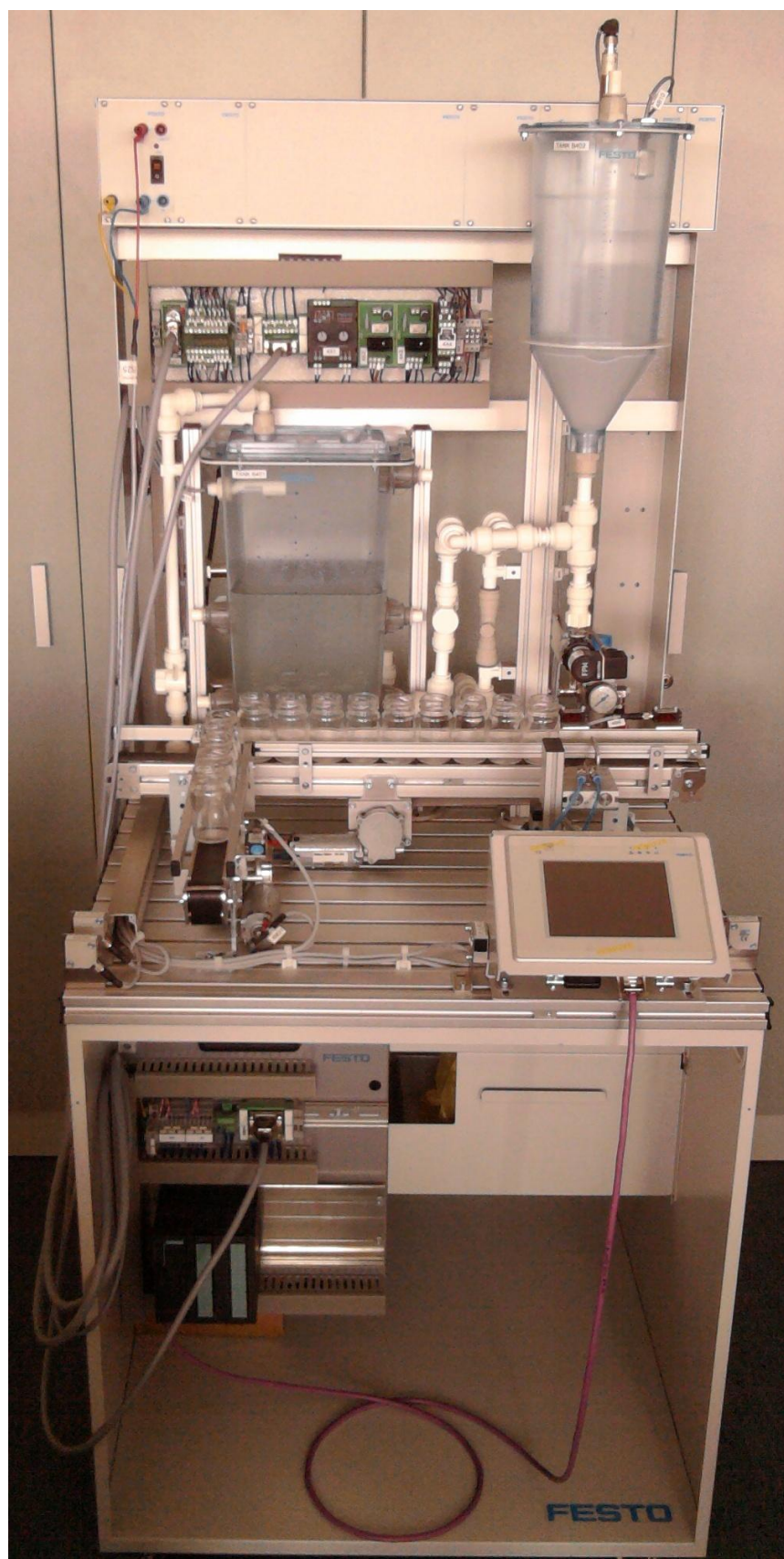
Někdy také bývá označován jako HMI, což je zkratka pro Human Machine Interface. Operátor pomocí ovládacího panelu na jedné straně získává informace o stavu řízené technologie z pohledu řídicího systému, na druhé straně mu ovládací panel umožňuje ovlivňovat proces řízení zadáváním programem definovaných parametrů. Panel tak plní různé úlohy, s jeho pomocí lze např. nastavit režim řízení modelu, tj. zda budou jednotlivé komponenty ovládány operátorem (manuální režim), nebo zda budou ovládány v automatickém režimu atp. Zobrazuje také stav jednotlivých senzorů v technologii. Podrobnější informace o operátorském panelu použitého u modelu linky pro plnění lahví jsou uvedeny v kapitole 2.3.4.



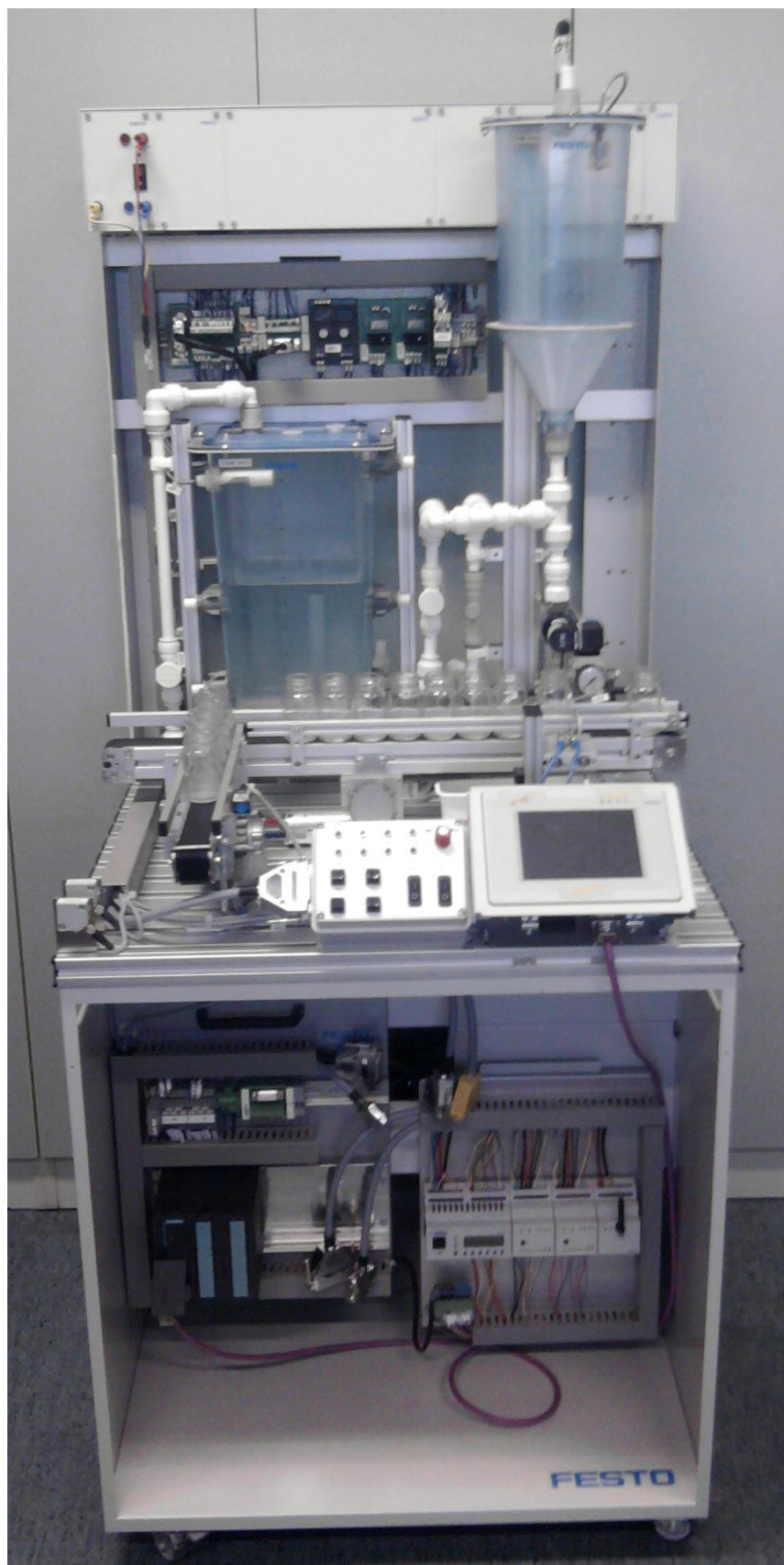
Obr. 10: Detail ovládacího panelu Exor eTop11C [13]

Řídicí systém

Zajišťuje samotný proces řízení soustavy na základě vloženého programu. Platí, že čím „inteligentnější“ je software v řídicím systému, tím lepších výsledků lze dosáhnout při provozu modelu. Při tvorbě software pro programovatelné automaty tak často záleží na zkušenostech a znalostech programátora. Jedná se zejména o identifikaci a předcházení hazardních stavů, úspor spotřebované energie při dosažení stejného efektu (zde počtu naplněných lahvíček) apod. Průmyslové řídicí systémy pracují v cyklu, tzn. nejprve jsou načteny stavy vstupů, poté se vykonají instrukce uživatelského programu, na jejichž základě jsou zapsány hodnoty na výstupy. Mezi zápisem na výstupy a čtením vstupů dalšího pracovního cyklu jsou pak vykonány komunikační a kontrolní procedury operačního systému. Délka doby pracovního cyklu je hlídána. V případě, že dojde k překročení maximální povolené doby cyklu, přejde řídicí systém do chybového stavu. Bližší informace o hardwarové konfiguraci řídicího systému modelu lze nalézt v kapitole 2.3.1.



Obr. 11: Celkový pohled na model linky před rozšířením



Obr. 12: Celkový pohled na model linky po rozšíření

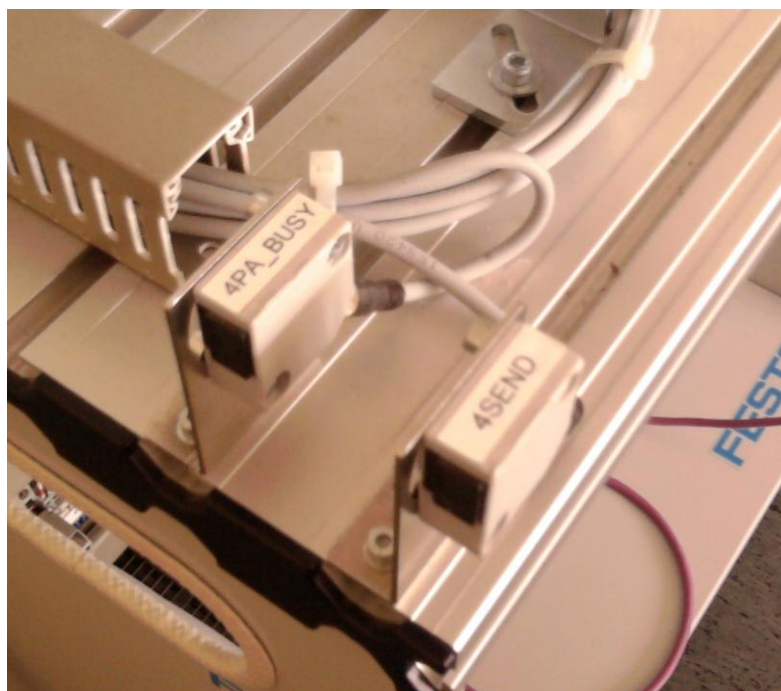
Jedním z úkolů v zadání diplomové práce bylo navrhnout rozšíření modelu i způsobu jeho řízení. Předpokladem bylo vyjít z technického vybavení dostupného na modelu, popřípadě v laboratoři, a současně mělo být rozšíření modelu účelné. Za celkově nejpřínosnější byl posléze vybrán návrh rozšířit model o další řídicí systém. Byl zvolen řídicí systém Foxtrot (jeho konfigurace je podrobněji popsána v kapitole 2.3.2). Možnost řídit model dvěma různými PLC dává prostor pro variabilní řešení zadaných úkolů. Lze si vybrat nejen mezi různými způsoby řešení daného problému, ale také mezi různými platformami, na které bude daný problém řešen. To zvyšuje edukační možnosti modelu. Dále bylo navrženo vytvořit pro model univerzální box s tlačítky, přepínači, LED kontrolkami a potenciometrem. Z hlediska ovládání se tím doplňuje dotykový operátorský panel o mechanické a optické prvky s univerzálním použitím. Tento univerzální ovládací modul bude v dalším textu označován jako *Rozšiřující modul*. Rozhodnutí přidat do modelu další řídicí systém a rozšiřující modul s tlačítky a LED kontrolkami si však vynutilo zcela přepracovat původní zapojení signálních kabelů (toto téma je blíže popsáno v kapitole 2.2). Také bylo potřeba navrhnout a vyrobit nový rozvaděčový plech, na který by se dal další řídicí systém umístit. Za účelem demonstrace možností upraveného modelu linky pro plnění lahví byl také přepracován software pro původní řídicí systém Simatic. Dále byl zprovozněn operátorský panel a jeho software adaptován tak, aby odpovídal novým potřebám.

Velká pozornost byla věnována také možnostem modelu z hlediska datové komunikace. Řídicí systém Simatic S7-313C je vybaven pouze pro komunikaci po rozhraní MPI. Řešením by bylo doplnit Simatic o plnohodnotný komunikační procesor CP-343-1 LEAN, který slouží ke komunikaci po Ethernetu, avšak tato varianta se jevila jako příliš nákladná. Jako finančně výhodnější se ukázalo pořízení komunikačního převodníku mezi rozhraním MPI a Ethernetem od firmy Helmholz. Převodníku MPI-Ethernet je věnována kapitola 2.3.3. Tento převodník stejně jako CP-343-1 LEAN dovoluje číst a zapisovat data do PLC řady S7-31x po Ethernetu. Vznikla také myšlenka na využití některého ze stávajících PC v laboratoři jako nadřazeného SCADA/HMI počítače. Na něm lze pro komunikaci s některým z vhodných PLC v laboratoři uplatnit standard OPC klient/server. Téma datové komunikace modelu linky pro plnění lahví je blíže popsáno v kapitole 2.4.

Výše popsané změny u modelu linky pro plnění lahví poskytují možnost řídit vlastní proces plnění dvěma různými a na sobě navzájem nezávislými řídicími systémy, ovládat jej nejen přes operátorský panel, ale i pomocí univerzálního boxu s mechanickými tlačítky a

přepínači, a v neposlední řadě nabízí využití komunikace mezi jednotlivými PLC a mezi PLC a PC na bázi Ethernetu. Přidává také možnost využít pro vzdálené řízení modelu technologii GSM modemu a integrovaného webserveru.

Možnosti modelu plnicí linky lze dále rozšiřovat. Model je např. vybaven dvěma páry vysílačů a přijímačů infračerveného světla, které, pokud je model zapojen do uceleného výrobního celku spolu s jinými modely z řady MPS®PA, slouží k vzájemnému předávání informací mezi těmito modely o jejich stavu (připravenosti k práci).

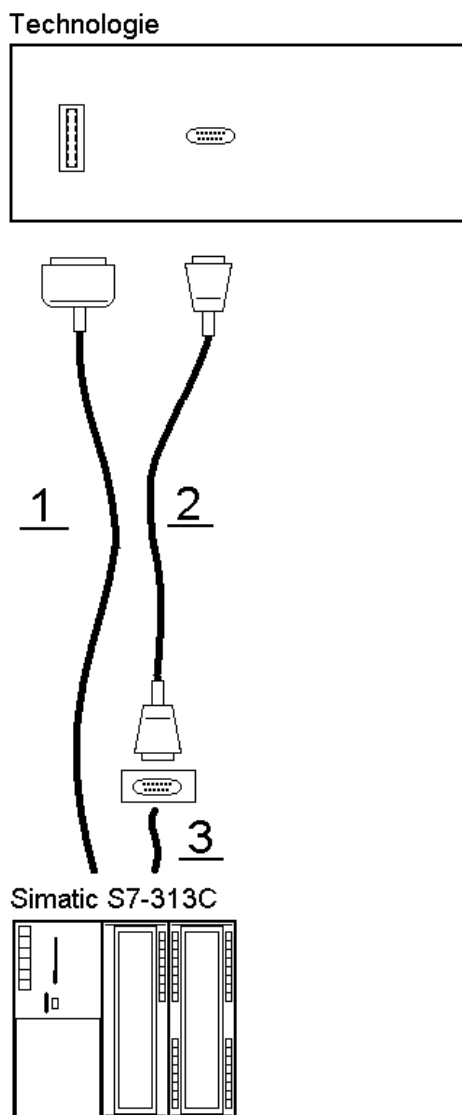


Obr. 13: Vysílač a přijímač infračerveného světla

Vzhledem k tomu, že model linky pro plnění lahví je v laboratoři zcela samostatný a bez návazností na ostatní modely z řady MPS®PA, a nemá tak partnera pro výměnu těchto informací, jistě by stálo za úvahu využít infrasenzory jinak, např. s jejich pomocí simulovat funkci optických bezpečnostních závor. Dalším námětem pro vylepšení modelu by mohla být mechanická úprava spočívající ve výrobě skluzu pro odběr lahviček v místě na konci dopravníku. Odpadla by tak nutnost každou lahvičku po jejím naplnění ručně odebrat z konce dopravníku.

2.2 Digitální a analogové signály modelu linky pro plnění lahví

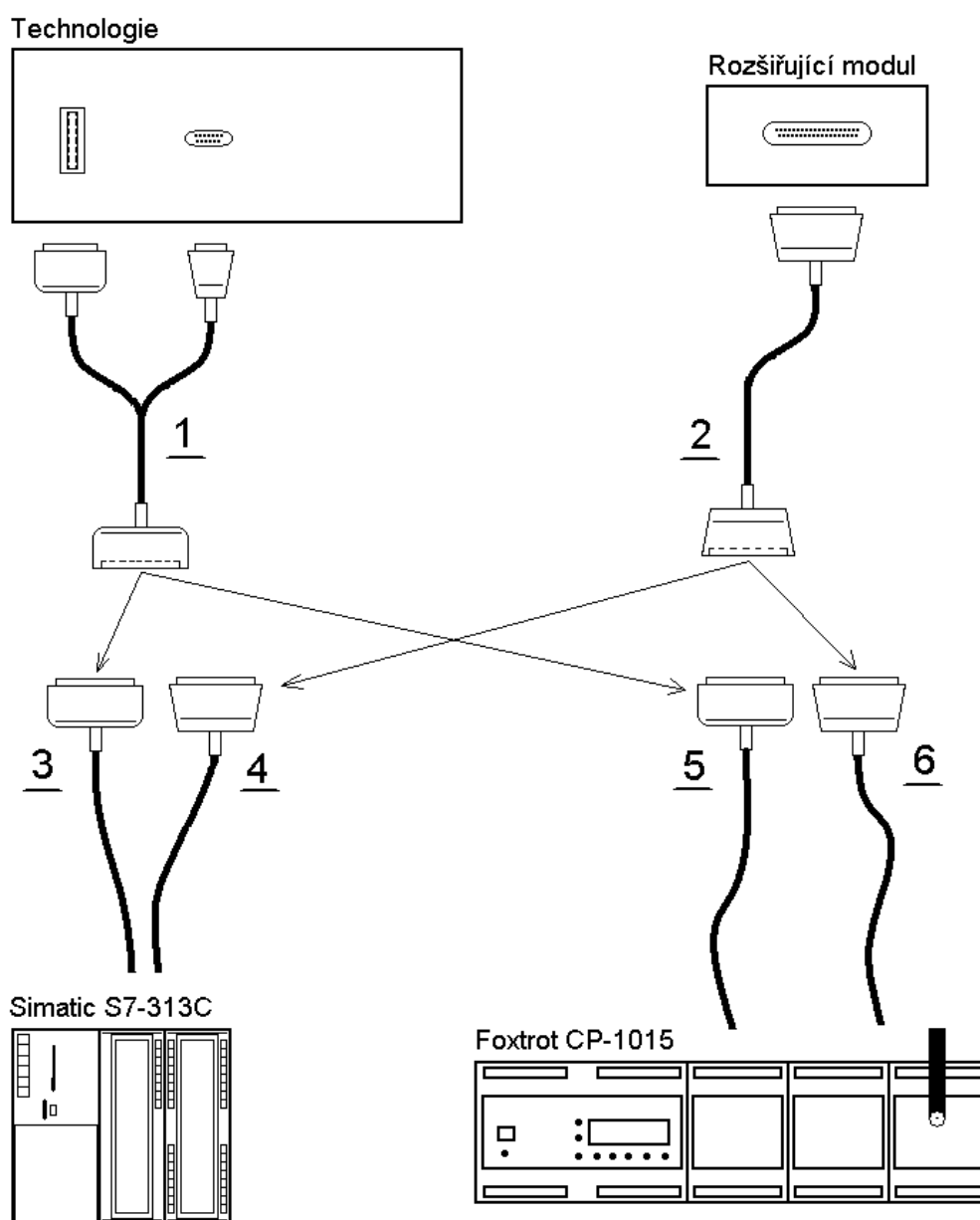
Přenos signálů mezi modelem linky pro plnění lahví a řídicím systémem byl původně realizován podle obrázku níže:



Obr. 14: Schematické znázornění původní soustavy kabelů pro přenos signálů do PLC

Kabel č. 1 napřímo propojoval digitální terminál XMA2 s digitálním signálním modulem PLC Simatic S7-313C. Kabel č. 2 propojoval analogové signály modelu nejprve s analogovým terminálem XMA3 umístěným v rozvaděči modelu, odkud byly tyto signály již jako jednotlivé vodiče (v obr. reprezentovány jako č. 3) přivedeny na příslušný analogový signální modul PLC Simatic.

Jak bylo zmíněno v předcházející kapitole, do modelu plnicí linky byl přidán panel osazený řídicím systémem Foxtrot. Byl také realizován rozšiřující modul doplňující model plnicí linky o tlačítka, přepínače, LED diody a potenciometr (Rozšiřující modul). U stávajícího řídicího systému Simatic S7-313C byl zvýšen počet využívaných vstupních a výstupních signálů. Na základě těchto změn, a také na základě požadavku zadání na vzájemnou propojitelnost a možnost zvolit kombinaci pro řízení modelu plnicí linky, bylo nutné zásadně přepracovat soustavu signálních kabelů. Proto bylo navrženo a vyrobeno celkem 6 různých kabelů, které výše uvedené změny a požadavky zohledňují. Nová soustava kabelů je schematicky znázorněna na obr. níže :



Obr. 15: Schematické znázornění nové soustavy kabelů pro přenos signálů do PLC

Tab. 3: Identifikace jednotlivých signálních kabelů

Číslo kabelu	Název	Horní konektor podle obr. 15	Spodní konektor podle obr. 15
1	Prodlužovací kabel Technologie	Centronics 24pin vidlice + Canon 15pin vidlice	Centronics 36pin zásuvka
2	Prodlužovací kabel Rozšiřujícího modulu	Canon 36pin vidlice	Canon 36pin zásuvka
3	Propojovací kabel Simatic S7-313C – Technologie	Centronics 36pin vidlice	Bez konektoru, zapojen do PLC
4	Propojovací kabel Simatic S7-313C – Rozšiřující modul	Canon 36pin, vidlice	Bez konektoru, zapojen do PLC
5	Propojovací kabel Foxtrot – Technologie	Centronics 36pin, vidlice	Bez konektoru, zapojen do PLC
6	Propojovací kabel Foxtrot – Rozšiřující modul	Canon 36pin vidlice	Bez konektoru, zapojen do PLC

Pozn.: Pokud bude v dalším textu odkazováno na číselné označení signálních kabelů za účelem jejich jednoznačného rozlišení, bude vždy myšleno označení kabelů podle nového stavu (tzn. podle tabulky výše), a nikoliv podle stavu původního.

Takto vytvořená propojovací a prodlužovací soustava kabelů umožňuje splnit požadavky zadání. Všechny dosažitelné kombinace jsou shrnuty v následující tabulce:

Tab. 4: Kombinace zapojení signálních kabelů (S = Simatic, F = Foxtrot)

Kombinace	1	2	3	4	5	6	7	8
Technologie připojena k..	S	S	S	-	F	F	F	-
Rozšiřující modul připojen k...	S	F	-	S	F	S	-	F

Kombinace zapojení č. 3, 4, 7 a 8 je možné využít pro testovací účely atp. Při návrhu použitých konektorů byl brán zřetel na nezáměnnost, tzn. kabely umožňují jen žádoucí kombinace zapojení a naopak vylučují kombinace nežádoucí. U všech kabelů jsou pro napájení vyčleněny vždy shodné piny (č. 9, 10, 21, 22 pro +24V a 11, 12, 23 a 24 pro 0V). Všechny kabely v soustavě mají shodnou specifikaci, tj. kabel kulatý LIYCY 36x 0,14mm², vodič lanko, 1x stíněný.

Důležité: Změna zapojení jednotlivých signálních kabelů se může provádět jen tehdy, pokud je vypnuté napájení modelu plnicí linky!

2.3 Popis PLC a použitých modulů

2.3.1 Simatic S7-313C

Výrobce a dodavatelem tohoto řídicího systému je německá firma Siemens AG. Tento programovatelný automat byl dodán s modelem linky pro plnění lahví. Jedná se o kompaktní PLC určené zejména pro řízení malých technologických celků. Přestože se jedná o kompaktní, a nikoliv modulární koncepci, PLC může být dále rozšířeno o další moduly, jako jsou např. komunikační procesory řady CP341 (RS232C interface), CP343-1 LEAN (2x RJ45 interface, podpora komunikace po Ethernetu založené na protokolech TCP/IP a UDP s podporou standardu RFC1006), CP343-1 BACNET a podobně, případně lze toto PLC rozšířit o celou škálu signálních modulů řady SM321 (vstupní moduly), SM322 (výstupní moduly) nebo SM323 (vstupní a výstupní moduly).

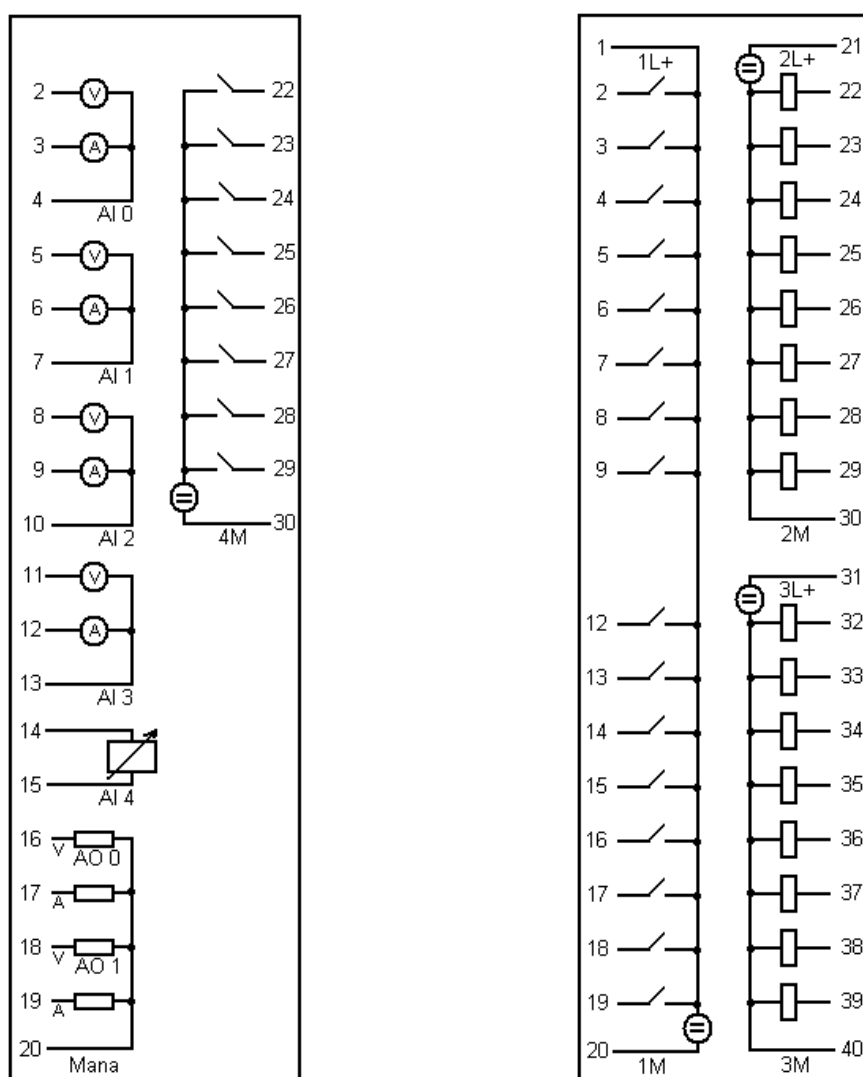
Základní technická data (pro PLC bez rozšiřujících modulů) jsou uvedena podle [16] v následující tabulce:

Tab. 5: Základní technická data pro Siemens Simatic S7-31C [16]

Podpora ve vývojovém prostředí:	STEP7 v5.3 SP2 nebo vyšší
Objednací číslo:	6ES313-5BF03-0AB0
Programovací jazyky:	LAD, FBD, STL, SCL, GRAPH, HiGraph
Napájení:	24V DC
Pracovní paměť:	64KB
Paměť pro program (MMC karta):	max. 8MB
Digitální vstupy:	24, galvanicky oddělené
Digitální výstupy:	16, galvanicky oddělené
Analogové vstupy:	4 + 1 (Pt100), galvanicky oddělené
Analogové výstupy:	2, galvanicky oddělené
Komunikační rozhraní:	integrováný RS485 konektor, MPI sběrnice
Podporované komunikační služby:	PG/OP, Global Data Communication, S7 Basic Communication, S7 Communication

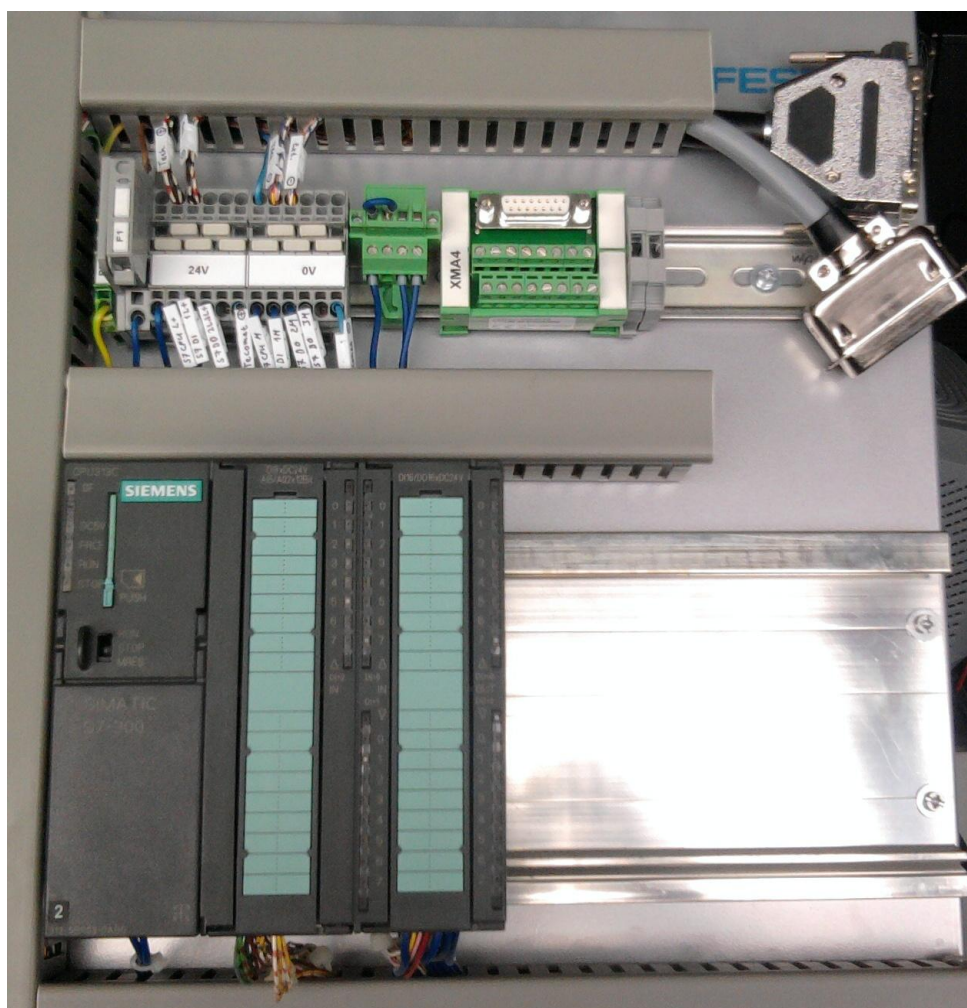
U řídicího systému Simatic S7-313C jsou centrální procesorová jednotka (CPU) a signální moduly integrovány do jednoho kompaktního bloku. Obecně lze říci, že řídicí systémy od firmy Siemens jsou konstruovány tak, aby na šířku zabíraly pouze minimum místa (celé PLC

S7-313C má rozměry: šířka x výška x hloubka = 120 x 125 x 130mm). Je to proto, aby zbytečně nezabíraly místo v rozvaděčích, které bývá právě v rozměru „na šířku“ velmi ceněno. Přenos uživatelského programu do PLC Simatic S7-313C je vzhledem k absenci jiného komunikačního rozhraní než MPI nutné provádět pomocí převodníku USB-MPI (tento převodník je firmou Siemens dodáván pod obchodním názvem „PC Adapter“), případně Ethernet-MPI, což lze vzhledem k pořizovacím nákladům na tyto specializované převodníky považovat za nevýhodu. Způsob připojení PC Adapteru k programovacímu PC byl podrobně popsán v [15]. Naopak výhodou je poměrně velký počet vstupů a výstupů již v základní verzi PLC.



Obr. 16: Vlevo schéma zapojení signálního modulu 5xAI+2xAO+8xDI, vpravo schéma zapojení signálního modulu 16xDI+16xDO

Schéma zapojení signálních modulů pro model linky pro plnění lahví je uvedeno v příloze I.



Obr. 17: Rozvaděč a řídicí systém Siemens Simatic S7-313C po úpravě

2.3.2 Foxtrot CP-1015

Řídicí systém Foxtrot CP-1015 je vyráběn a dodáván českou firmou Teco, a.s. Patří do rodiny modulárních programovatelných automatů. Foxtrot je přizpůsoben pro řízení inteligentních domovních elektroinstalací (využívá k tomu univerzální elektroinstalační sběrnici CIB a širokou škálu softwarových knihoven zdarma dodávaných výrobcem), avšak najde uplatnění i při řízení nejrůznějších průmyslových aplikací. Další informace o tomto řídicím systému lze nalézt v [17]. Protože je v laboratoři Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně technika od firmy Teco využívána, bylo rozhodnuto model linky pro plnění lahví rozšířit právě o PLC od tohoto výrobce.

Základní technická data (opět pouze pro PLC bez rozšiřujících modulů) jsou podle [17] shrnuta v následující tabulce:

Tab. 6: Základní technická data pro Tecomat Foxtrot CP-1015 [17]

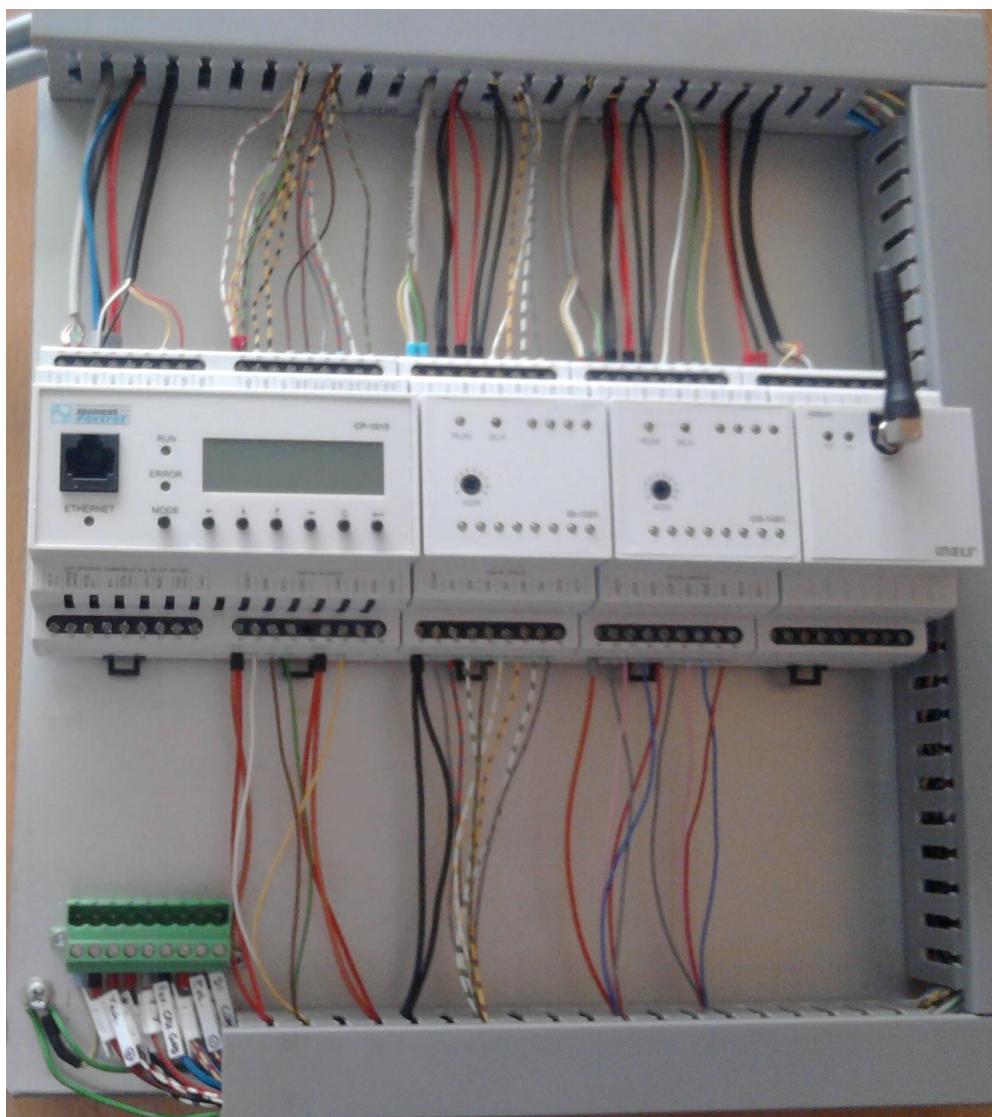
Podpora ve vývojovém prostředí:	Mosaic
Programovací jazyky:	LD, FBD, ST, IL, CFC
Napájení:	24V DC
Pracovní paměť:	192KB program + 64KB Variables memory
Paměť pro program (SD/MMC):	2MB
Vstupy:	max. 6 (volitelné jako analogové nebo digitální)
Digitální výstupy:	6, releové
Analogové výstupy:	2
Komunikační rozhraní:	Sériové RS232 (bez konektoru), Ethernet (RJ45)
Podporované komunikační služby:	Protokoly UDP, TCP, Modbus UDP, Modbus TCP, EPSNET

Výhodou tohoto PLC je to, že pro přenos uživatelského programu není potřeba nic víc než PC se standardní síťovou kartou a ethernetový kabel, protože CPU tohoto PLC je vybavené ethernetovým portem a podporuje TCP/IP protokol. PLC je vybaveno displejem, na kterém lze zobrazovat údaje o nastavení IP adresy apod. Další informace lze nalézt na [17].

Protože by rozšíření modelu linky pro plnění lahví pouze o CPU modul CP-1015 z hlediska počtu vstupů a výstupů nedokázalo pokrýt potřeby pro řízení modelu, bylo nutné doplnit CPU modul CP-1015 ještě o dva signální a jeden komunikační modul, přesněji:

- IB-1301: signální modul vstupů – přidává do sestavy PLC 12 digitálních vstupů.
- OS-1401: signální modul výstupů – přidává do sestavy PLC 12 digitálních výstupů.
- GSM02-01: komunikační modul – GSM modem pracující v pásmech 850, 900, 1800 a 1900 MHz (tzv. quad-band). Přidání tohoto modulu nebylo nutné z hlediska řízení technologie modelu linky pro plnění lahví, nicméně přidalo možnost komunikovat s modelem linky přes GSM.

Podrobné zapojení signálních modulů, a také komunikačního modulu je uvedeno v příloze I.



Obr. 18: Rozvaděč a řídicí systém Tecomat Foxtrot CP-1015

2.3.3 Netlink PRO Compact

Zařízení NetLink PRO Compact je vyráběno a nabízeno německou firmou Helmholz (www.helmholz.de). Jedná se o jedno z mnoha variantních řešení často se opakujícího problému: jak zajistit výměnu dat mezi PC a PLC, které podporuje pouze komunikaci po Profibus/MPI sběrnici? Zde by bylo řešením např. pořízení poměrně nákladného specializovaného hardware (tj. karty do PCMCIA slotu u notebooku nebo převodníku USB-Profibus/MPI u stolního PC). Avšak jak zajistit komunikaci s takovým PLC v případě, že je potřeba přistupovat na jeho data z více míst (myšleno z více různých zařízení v rámci jedné LAN) současně pomocí OPC server/klient standardu? V tomto případě již řešení typu

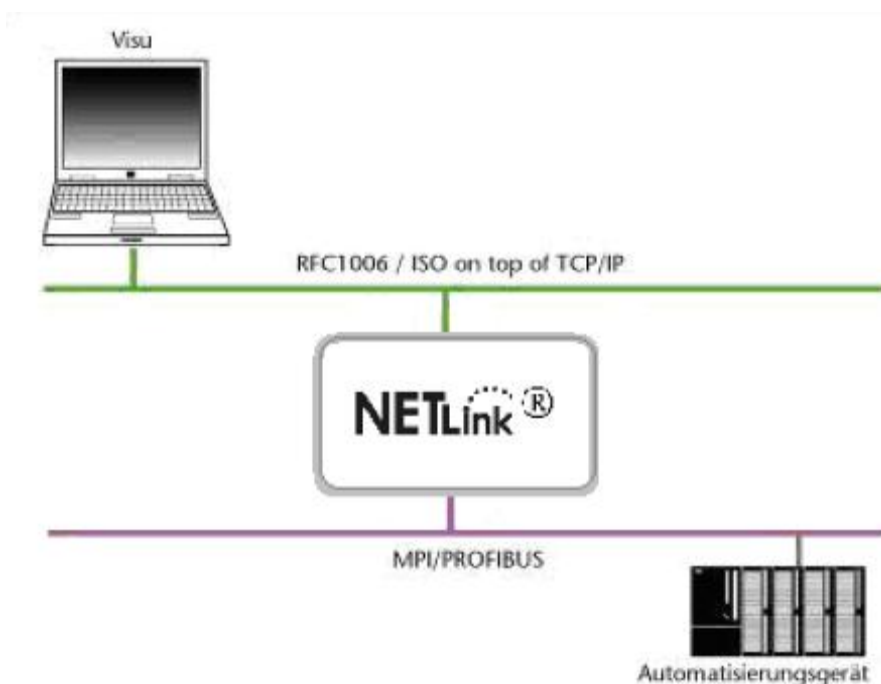
PC Adapter nestačí. Jedním z řešení může být právě NetLink PRO Compact, který nabízí větší univerzálnost použití než např. PC Adapter. Jedná se o převodník Ethernet-Profibus/MPI integrovaný do tělesa o velikosti standardního Profibus konektoru.



Obr. 19: Převodník NetLink PRO Compact [18]

Převodník je vybaven průchozím konektorem RS485 pro připojení ke sběrnici Profibus/MPI a konektorem RJ45 pro připojení k Ethernetu. Podporované rychlosti přenosu dat jsou až 12Mbps u Profibus/MPI sběrnice a 10/100Mbps u Ethernetu. Pro PLC se převodník chová jako další zařízení s vlastní adresou na sběrnici Profibus/MPI, pro všechna PC v rámci LAN pak převodník představuje další zařízení s vlastní IP adresou, ze kterého lze číst data. Na této IP adrese současně běží webserver, takže lze pomocí http prohlížeče převodník konfigurovat, diagnostikovat a dokonce je možné zobrazit/editovat hodnoty zvolených proměnných v PLC. Tato funkce je velmi výhodná v případě potřeby diagnostikovat stav řídicího procesu řízeného vzdáleným PLC. Výrobce s převodníkem dodává i OPC server. Převodník pro komunikaci po Ethernetu implementuje RFC1006 protokol (známý též jako

ISO-on-TCP protokol), což umožňuje nejen komunikaci mezi PC a PLC, ale také mezi dvěma PLC.

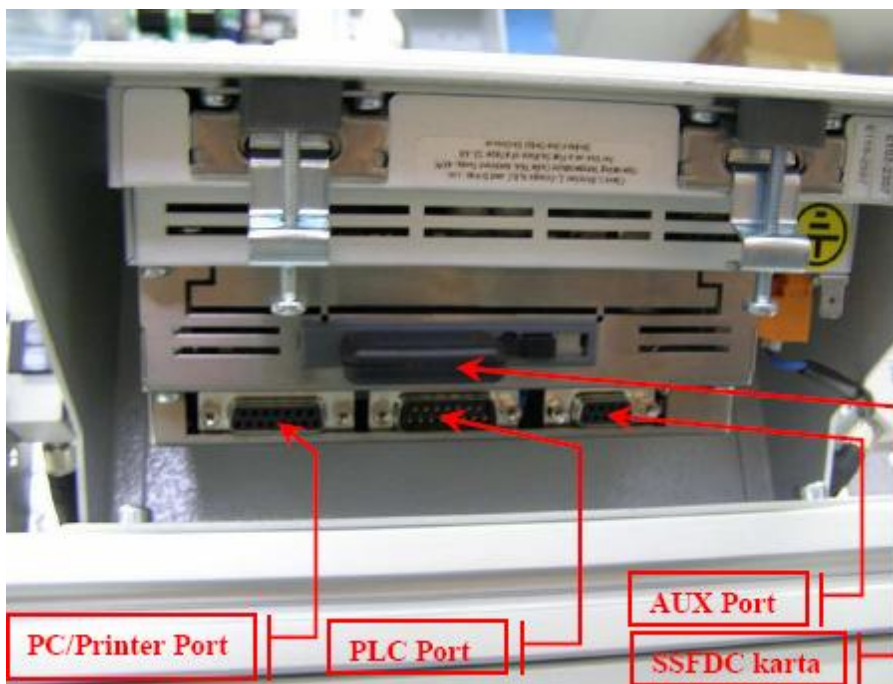


Obr. 20: Princip převodníku Ethernet-Profibus/MPI [18]

2.3.4 Operátorský panel Exor

Jedná se o dotykový panel s označením eTop11C amerického výrobce Exor Electronics R&D. Panel je vybaven displejem s úhlopříčkou 5,6“ umožňujícím zobrazování v 16-ti barvách s rozlišením 320 x 240 bodů (16 řádků textu po 40-ti znacích). Panel poskytuje možnost vytvářet a spravovat data ve formě tzv. receptů, což jsou strukturovaná data předdefinovaná uživatelem. Tyto recepty jsou uloženy na paměťové kartě s kapacitou 8MB. Dotykový panel je připevněn k základové desce modelu. Je skloněn tak, aby operátorovi umožňoval pohodlné čtení a ovládání.

Spolu s vývojovým prostředím UniOP Designer 6 pro operátorský panel je výrobcem bezplatně dodáván také OPC server. Z konstrukce zařízení však plyne, že panel nedokáže současně komunikovat po Ethernetu a po rozhraní MPI, protože volba podporované sběrnice se v podstatě provede vložením příslušné zásuvné karty dovnitř operátorského panelu. K tomu, aby operátorský panel podporoval komunikaci po Ethernetu, by byla zapotřebí zásuvná karta s označením TCM10.



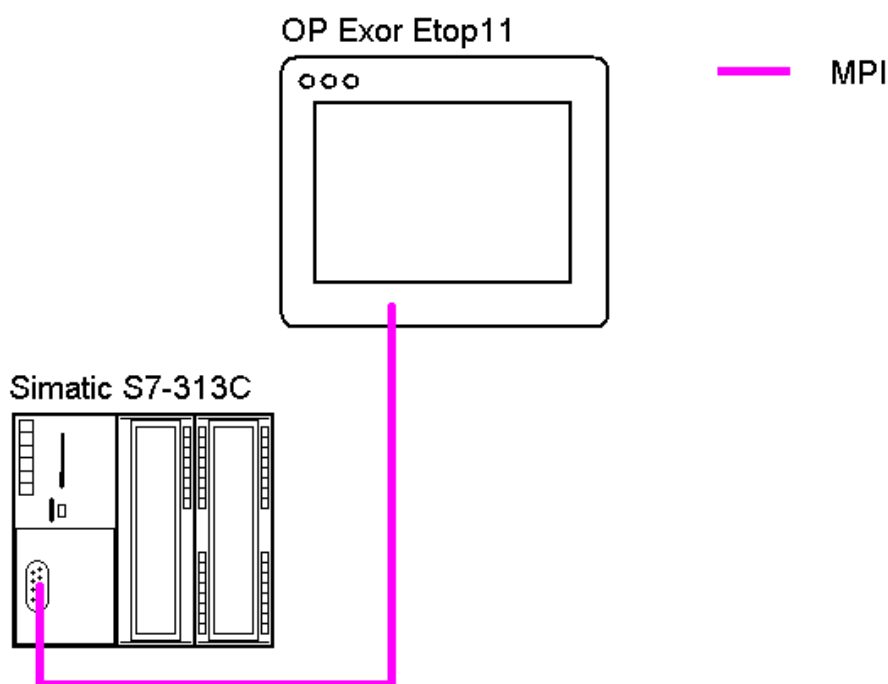
Obr. 21: Operátorský panel Exor eTop11C – pohled zespodu [15]

Panel disponuje následujícími komunikačními rozhraními:

- PC/Printer port: slouží pro přenos uživatelského programu do panelu pomocí kabelu dodaného výrobcem (na straně k PC je na kabelu konektor RS232). Je možné sem případně připojit i tiskárnu.
- PLC port: u modelu linky pro plnění lahví není využíván, slouží pro připojení podporovaných typů PLC v rámci tzv. UniNet sítě
- AUX port: funkci tohoto portu určuje zásuvná karta vložená do operátorského panelu. V případě laboratorního modelu se jedná o kartu TCM07 určenou pro podporu komunikace na sběrnici MPI, k tomuto portu je tedy připojeno PLC Simatic.
- SSFDC karta: jedná se o port pro zasunutí datové karty standardu SSFDC. Na kartě je uložen ovladač pro zásuvnou kartu pro AUX port.

2.4 Datová komunikace modelu linky pro plnění lahví

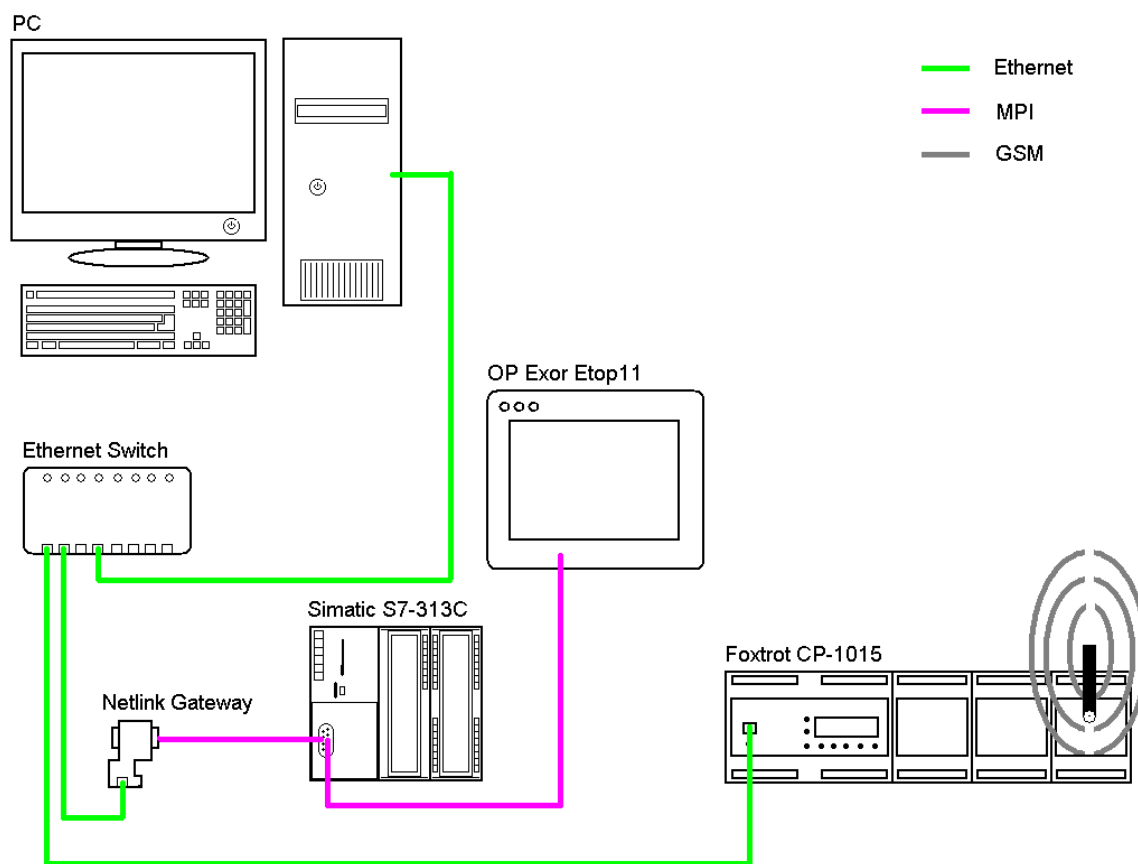
V případě, že by model linky pro plnění lahví byl zařazen do skupiny FESTO Didactic (tedy do skupiny stanic modulárních výrobních systémů MPS®PA), a musel tak kooperovat svoji činnost s dalšími modely skupiny, vyměňoval by si s ostatními modely ve skupině informace na úrovni „připraven/nepřipraven“. Přenos těchto informací mezi jednotlivými stanicemi skupiny by však neprobíhal po průmyslové sběrnici, ale pomocí infračervených vysílačů a přijímačů, kterými je vybavena každá stanice. Jak již bylo zmíněno dříve, v laboratoři Fakulty aplikované informatiky však model linky pracuje samostatně a výměna dat s jinými stanicemi tak není nutná. V původní koncepci modelu linky před jejím rozšířením o další PLC, tak probíhala výměna dat pouze mezi operátorským panelem a řídicím systémem pomocí rozhraní MPI, jak je znázorněno na obrázku níže:



Obr. 22: Schéma možností komunikace původního modelu

Výrobce modelu linky však zřejmě nepředpokládal, že model linky může být rozšiřován, a proto zvolil PLC, které má z hlediska komunikačních možností tu nejskromnější možnou výbavu. To jest PLC Simatic S7-313C podporující pouze sběrnici MPI. Velmi podobné kompaktní PLC se shodným počtem vstupů a výstupů, ale navíc podporující také komunikaci pomocí sběrnice Profibus a Industrial Ethernet, je Simatic S7-314C-2PN/DP.

(Pozn.: S7-314C-2PN/DP má oproti S7-313C také větší operační paměť – 192KB oproti 64KB). Svoji roli mohla hrát také vyšší pořizovací cena lépe vybaveného PLC. Řídicí systém Simatic S7-314C-2PN/DP však v modelu linky pro plnění lahví není, a protože nákup nového PLC by byl neekonomický, muselo být při rozšiřování modelu nalezeno jiné řešení. To spočívá v použití NetLink PRO Compact převodníku. S jeho pomocí lze dosáhnout komunikace po Ethernetu i s původním PLC Simatic S7-313C, jak je zobrazeno níže:



Obr. 23: Schéma možností komunikace rozšířeného modelu

Připojením Simatic S7-313C do Ethernetové sítě přes převodník NetLink se tak nabízí možnost výměny dat mezi oběma PLC, a to buď přímá (PLC Simatic <-> PLC Foxtrout), nebo nepřímá (PLC Simatic <-> PC aplikace <-> PLC Foxtrout). U přímé výměny dat to však vyžaduje nalezení vhodného společného protokolu pro komunikaci mezi dvěma PLC odlišných výrobců (zde lze předpokládat využití některého z protokolů postavených na standardu RFC1006, tedy např. ISO-on-TCP). Nepřímou výměnu dat lze zajistit napsáním

aplikace pro PC, která tuto výměnu dat dokáže zprostředkovat. Tato aplikace byla pro ukázkou realizována za použití OPC server/klient standardu a je blíže popsána v kapitole 3.5. Zde je však na místě zdůraznit zásadní úskalí nepřímé výměny dat, kterým je čas. Při řízení reálných výrobních procesů je potřeba, aby řídicí systém na změny podmínek reagoval také v reálném čase (proto se u PLC klade takový důraz na jejich dobu odezvy, což je doba mezi přivedením signálu na vstup PLC a jeho odezvou ve formě signálu na výstupu). Doba odezvy PLC se v praxi pohybuje mezi několika milisekundami až po nejdéle desítky milisekund, pokud je potřeba před odezvou na výstupu provést složité výpočty. Nepřímá výměna dat však do procesu řízení vnáší zpoždění řádově vyšší, což by při řízení reálného procesu jistě způsobovalo značné komplikace. Tato zpoždění jsou způsobena více faktory. Největší časovou prodlevu by patrně způsobila PC aplikace běžící pod standardním operačním systémem (tzn. OS bez implementované real-time extension), protože u standardních operačních systémů není sledováno, jak dlouho která operace trvá. Z hlediska řízení reálných procesů by nezanedbatelný čas mohl spotřebovat také OPC server na získání dat z příslušného PLC. A svůj díl na zpoždění by mohla mít také samotná výměna dat po Ethernetu, u kterého např. na rozdíl od sběrnice Profinet IO není nijak zaručena doba pro doručení paketu. Nepřímá výměna dat je proto vhodná jen pro taková data, jejichž aktuálnost není kritická pro rozhodování PLC o řízeném procesu. Třeba u informace o počtu naplněných lahvíček moc nezáleží na tom, zda ji bude mít operátor zobrazenou na operátorském panelu v reálném čase nebo s 1s zpožděním, avšak zavřít plnicí ventil o 1s později by mohlo znamenat lahevku přeplnit. Přímá výměna dat mezi PLC po sběrnici Ethernet by sice také mohla způsobovat zpoždění, ale zdaleka ne tak výrazné jako výměna dat nepřímá. V případě potřeby výměny dat mezi operátorským panelem a PLC Foxtrot však vzhledem k současné konfiguraci operátorského panelu (přesněji použité zásuvné kartě TCM07 určené ke komunikaci po MPI) není jiná než nepřímá výměna dat možná.

Zařazení PC do systému řízení modelu linky pro plnění lahví jako nadřazený prvek řízení lze využít pro vzdálené ovládání modelu.

Pro vzdálené ovládání lze také s výhodou využít schopnosti řídicího systému Foxtrot provozovat vlastní webserver. Místo zobrazování informací o řízeném procesu pouze na operátorském panelu by mohly být tyto informace poskytovány nejen operátorovi přítomnému u modelu linky, ale také zobrazovány na vytvořené webové stránce. Pak by k nim měl přístup každý z běžného PC vybaveného http prohlížečem a se znalostí příslušné

IP adresy. Potažmo takové webové stránky využívat nejen pro sledování stavu řízené technologie, ale také pro vzdálené řízení modelu - nastavením počtu požadovaných lahviček a odstartováním procesu plnění. Ke stejnému účelu, tedy vzdálenému řízení, lze využít i GSM modem u PLC Foxtrot.

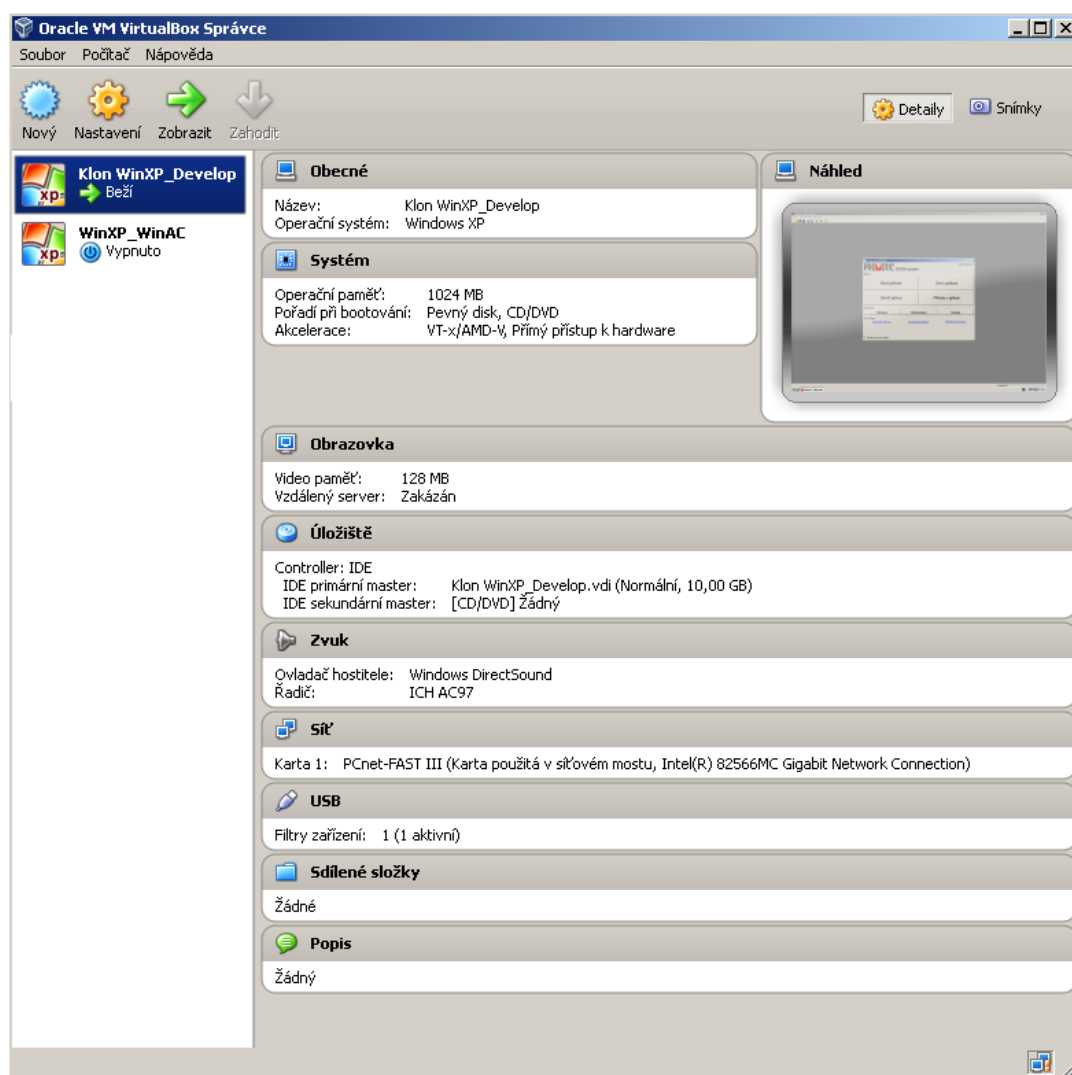
Výše zmíněné návrhy jen naznačují některé možnosti, které model linky pro plnění lahví získal svým rozšířením.

3 SOFTWARE

3.1 Oracle Virtual Box

Oracle VM Virtual Box je virtualizační aplikace vyvíjená a udržovaná firmou Oracle Corporation. Je poskytována zdarma pod GNU General Public Licence. Licence umožňuje uživatelům používat, studovat, kopírovat a modifikovat takto licencovaný software včetně komerčních účelů. Aktuální verzi Oracle VM Virtual Box lze stáhnout z webových stránek www.virtualbox.org.

S Oracle VM Virtual Box lze na fyzickém (hostitelském) počítači vytvořit další, virtuální prostředí (hostovaný počítač). Virtuální prostředí emuluje chování plnohodnotného počítače včetně BIOSu, DVD mechanik, USB portů a síťových karet.



Obr. 24: Správce aplikace Oracle VM Virtual Box

U hostovaných počítačů lze nastavit velikost přidělené operační paměti, pořadí při bootování, počet a typ síťových karet atp. Počet takto vytvořených hostovaných počítačů je omezen jen kapacitou pevného disku hostitelského počítače, případně velikostí jeho operační paměti, pokud je více hostovaných počítačů provozováno souběžně. Používá se v případech, kdy je potřeba provozovat několik operačních systémů najednou, pro vytváření softwarových balíků s předinstalovanými a přednastavenými aplikacemi, za účely vývoje a testování softwaru, při školení uživatelů informačních systémů atd. Aplikace podporuje jak prostředí Microsoft Windows, tak i Mac, Linux nebo Solaris. Nadřazené PC zmíněné v kapitole 2.4 bylo vytvořeno právě jako virtuální počítač. Na vybraném hostitelském počítači v laboratoři Fakulty aplikované informatiky byla nainstalována aplikace Oracle VM Virtual Box, pomocí níž byl na pevném disku hostitelského počítače vytvořen Virtual Disk Image. Virtual Disk Image je soubor zpravidla o velikosti několik GB, který reprezentuje celý hostovaný počítač. Do tohoto hostovaného počítače pak byly nainstalovány vývojové prostředí relevantní pro práci s modelem linky pro plnění lahví, tedy Mosaic, UniOP Designer a Promotic. Dále byl nainstalován a nakonfigurován OPC server Helmholtz a OPC server Teco. Tím se vytvořilo pracovní prostředí přesně pro danou potřebu, bez kolizí s ostatním softwarem (hostitelský počítač je v laboratoři využíván k více různým úlohám). Vytvořený virtuální počítač je určen primárně pro vývoj softwaru určeného pro model linky pro plnění lahví a jeho testování. Velkou výhodou tohoto řešení je to, že pokud nebude smazána záloha Virtual Disk Image souboru, lze pouhým zkopírováním tohoto souboru na hostitelský počítač vše opět vrátit do výchozího stavu bez potřeby dohledávání instalačních souborů, opakovaného instalování všech softwarových balíků a jejich následné konfigurace.

3.2 Norma IEC 61 131

V roce 1944 byla v USA založena IEC (www.iec.org), což je nezisková organizace sponzorovaná universitami a společnostmi působícími v oblasti vývoje elektroniky.

Jak uvádí [19], norma IEC 61 131 pro programovatelné automaty má pět základních částí a představuje souhrn požadavků na moderní řídicí systémy. Je nezávislá na konkrétní organizaci či firmě a má širokou mezinárodní podporu. Jednotlivé části normy jsou věnovány jak technickému, tak programovému vybavení těchto systémů. V ČR byly přijaty jednotlivé části této normy pod následujícími čísly a názvy:

ČSN EN 61 131-1 Programovatelné řídicí jednotky – Část 1: Všeobecné informace

ČSN EN 61 131-2 Programovatelné řídicí jednotky – Část 2: Požadavky na zařízení a zkoušky

ČSN EN 61 131-3 Programovatelné řídicí jednotky – Část 3: Programovací jazyky

ČSN EN 61 131-4 Programovatelné řídicí jednotky – Část 4: Podpora uživatelů

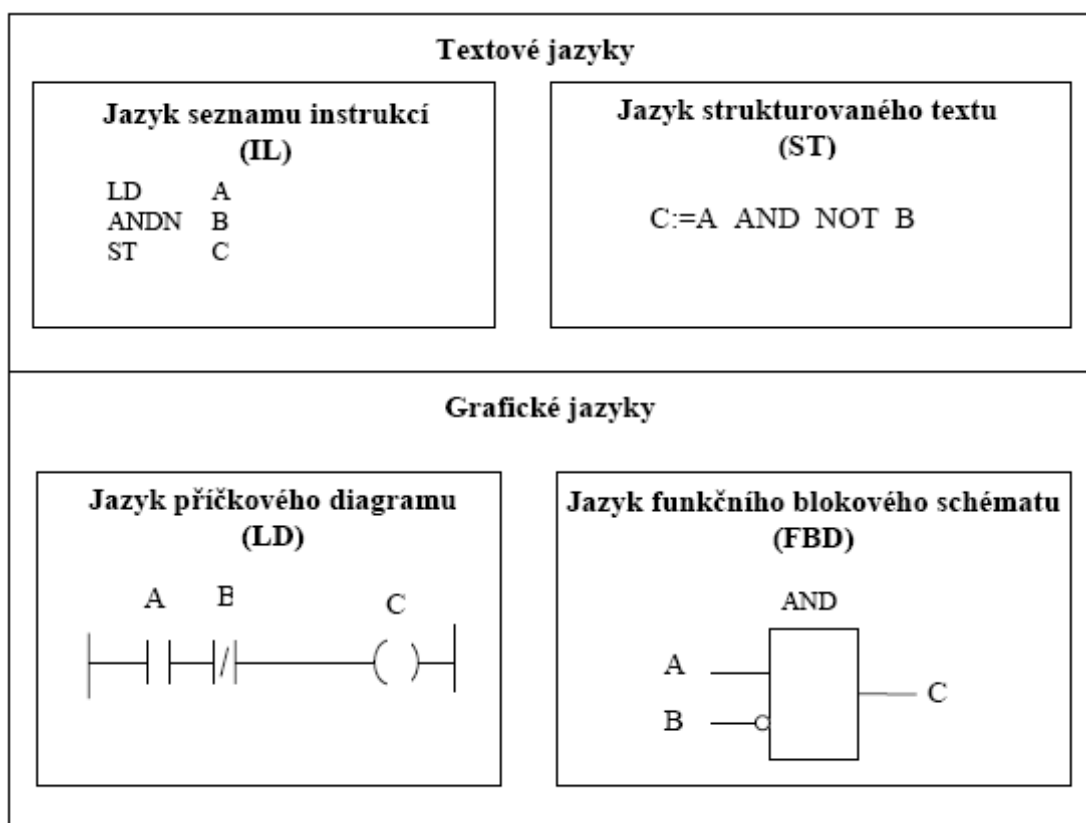
ČSN EN 61 131-5 Programovatelné řídicí jednotky – Část 5: Komunikace

ČSN EN 61 131-7 Programovatelné řídicí jednotky – Část 7: Programovací fuzzy řízení

V rámci standardu IEC 61 131-3 jsou definovány následující programovací jazyky:

- IL (Instruction List): textový jazyk seznamu instrukcí
- ST (Structured Text): textový jazyk strukturovaného textu
- LD (Ladder Diagram): grafický jazyk kontaktních schémat
- FBD (Function Block Diagram): grafický jazyk funkčních bloků

Představu o podobě jednotlivých jazyků může poskytnout obrázek níže:



Obr. 25: Logická funkce AND NOT v jazycích podle IEC 61 131-3 [19]

3.3 Vývojové prostředí STEP7

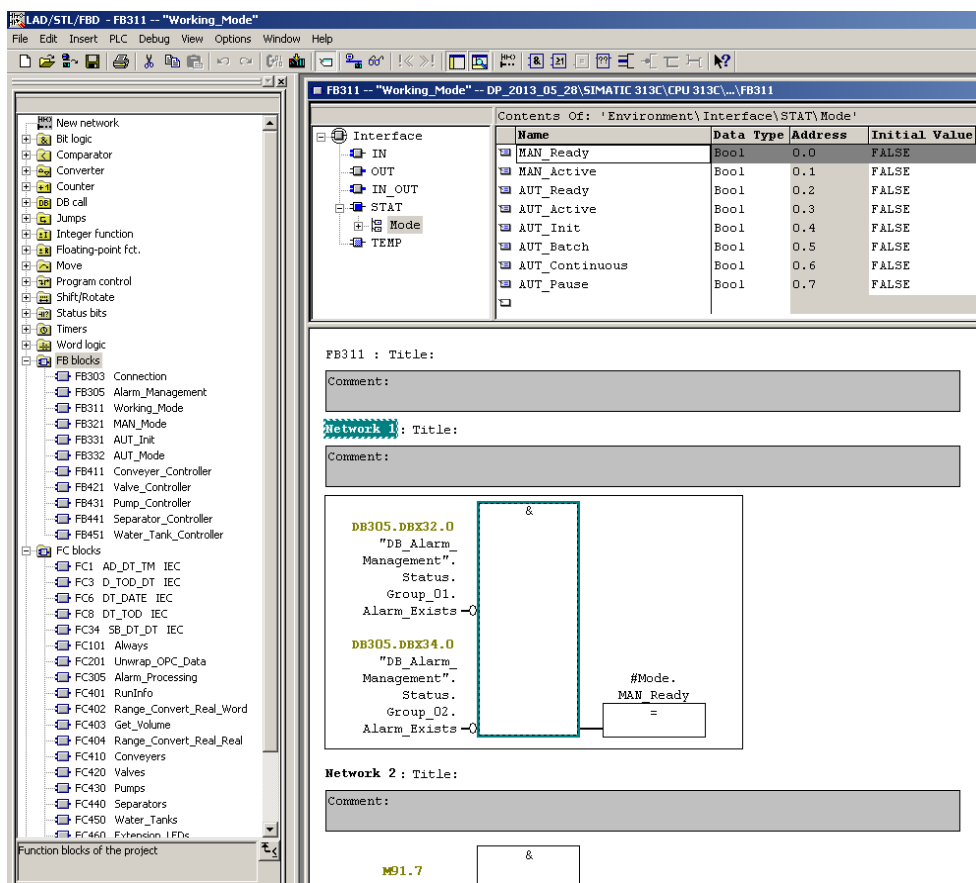
Jedná se o komplexní vývojové prostředí slučující několik programovacích a konfiguračních nástrojů do jednoho celku, zvaného Simatic Manager. Toto prostředí je vyvíjeno a dodáváno firmou Siemens AG pod placenou licenci. Licence je zpravidla dodávána na USB flash disku ve formě souboru, který je pomocí aplikace Automation Licence Manager přesunut na cílový počítač. Siemens Simatic Manager slouží k programování a konfigurování řídicích systémů stejnojmenného výrobce, avšak lze jej použít i na konfiguraci a programování PLC firmy Vipa a naopak, vývojové prostředí Vipa lze uplatnit pro konfiguraci programovatelných automatů Siemens.

Pro vývoj softwaru modelu linky pro plnění lahví byla použita verze STEP7 Professional 5.4 SP5+HF1. Ta umožňuje programování v jazycích definovaných výše zmíněnou normou IEC 61 131-3, konkrétně:

- LAD: Ladder Logic. Grafický jazyk založený na reprezentaci elektrických schémat (podle normy IEC-61131-3 odpovídá jazyku LD – Ladder Diagram)
- FBD: Function Block Diagram. Založen na grafických logických symbolech (podle normy IEC-61131-3 odpovídá jazyku FBD)
- STL: Statement List. Textový jazyk podobný strojovému kódu (podle normy IEC-61131-3 odpovídá jazyku IL – Instruction List)
- S7-Graph: Pro grafické programování sekvenčního způsobu řízení (podle normy IEC-61131-3 odpovídá jazyku SFC – Sequential Function Charts)
- S7-SCL: Structured Control Language. Vyšší, textový jazyk připomínající PASCAL určený pro programování úloh vyžadujících složitějších výpočty atp. (podle normy IEC-61131-3 odpovídá jazyku ST – Structured Text)

Součástí Simatic Manageru v uvedené verzi je také S7-PLCSIM, což je software simulující chování skutečného PLC. Simulované PLC se často využívá pro odladění programu před jeho nasazením pro řízení reálného procesu.

Pro řídicí systém Simatic S7-313C byly připraveny dva projekty, jejichž hlavní rysy jsou popsány dále.



Obr. 26: Editor jazyka FBD v prostředí Simatic Manager

3.3.1 Základní projekt pro Simatic S7-313C

Účelem tohoto projektu je seznámení s funkcí a možnostmi modelu linky pro plnění lahví a s programováním reálné aplikace v prostředí STEP7. Jedná se o zjednodušenou verzi řízení procesu, která postupuje podle následujícího algoritmu:

- Pokud je na začátku dopravníku přítomná lahvička, spust' dopravníky a čekej, dokud lahvička nedorazí pod plnicí ventil. Poté vypni dopravníky
- Spust' čerpadlo a čerpej z hlavního zásobníku B401 do plnicího zásobníku B402 kapalinu tak dlouho, dokud nedosáhne výška hladiny předdefinované meze. Poté vypni čerpadlo
- Otevři plnicí ventil na předdefinovaný čas 2,5s. Poté jej zavři.
- Odděl pomocí oddělovače lahviček naplněnou lahvičku a spust' dopravníky. Poté, co naplněná lahvička dorazí na konec dopravníku, vypni pohon dopravníků.

Po provedení výše popsaných kroků se celý algoritmus opakuje. Projekt spolupracuje s operátorským panelem. Pokud je na operátorském panelu stisknuto tlačítko „Stop“, proces plnění lahvíček je přerušen a operátorovi je umožněno ovládání modelu v manuálním režimu. Pro snadné rozpoznání režimu, ve kterém se model linky nachází, je v manuálním režimu tlačítko „Stop“ podbarveno žlutě (tzn. ovládání převzal operátor), jinak je podbarveno červeně.

3.3.2 Komplexní projekt pro Simatic S7-313C

Tento projekt se zaměřuje na několik věcí najednou. Uplatňuje metodiky programování podle [20] s využitím grafických i textových programovacích jazyků popsaných v [21]. V první řadě se zaměřuje na strukturovaný přístup k programování. U složitějších průmyslových aplikací je strukturovaný přístup k řešení problému nutností. Strukturované programování zjednodušeně řečeno spočívá v dodržování pravidla „jeden fyzický objekt = jedna instance v kódu“. U dobře připravených funkčních bloků lze pak s výhodou využít opakovaného volání stejného bloku, avšak v jiné instanci, pro jiný fyzický objekt (řízený pohon atp.). Lze také vytvářet knihovny ověřených funkčních bloků a ty pak používat v jiných projektech, což při vývoji softwaru přináší značné úspory času. Projekt zpracovaný jako strukturovaný se může na první pohled jevit jako nepřehledný, avšak po seznámení se s projektem obvykle nebývá problém jej adaptovat podle nových požadavků, např. po přidání nového pohonu do systému.

Stručně lze uvést další oblasti řešené v tomto projektu:

- rozlišení a přechod mezi jednotlivými pracovními režimy řízení modelu (manuální režim, inicializace modelu linky při přechodu do automatického režimu, řízení modelu linky v automatickém režimu)
- systém generování alarmů na základě zpráv od jednotlivých komponent modelu linky a informování o existujících alarmech potvrzených/nepotvrzených operátorem (vyžaduje spuštění vizualizační aplikace na virtuálním počítači)
- ovládání jednotlivých komponent modelu linky z více navzájem si konkurujících zdrojů povelů (povely generované operátorem na operátorském panelu versus povely generované řídicím systémem)
- komunikace s operátorem ve formě textových zpráv vypisovaných na operátorském panelu (vyžaduje spuštění operátorského panelu)

Na operátorském panelu je vytvořena obrazovka, která emuluje ovládací panel. Na obrazovce se nachází tlačítka Start, Stop, Reset a přepínač 0/1. Pokud je přepínač v poloze 0, tlačítka Start a Stop nemají přiřazenu žádnou funkci. Pokud je přepínač nastaven do polohy 1, je stisknutím tlačítka Start spuštěna inicializace automatického režimu. Pokud je automatický režim aktivní, dojde stisknutím tlačítka Stop k jeho pozastavení. Pozastavení automatického režimu se zruší opětovným stisknutím tlačítka Start (v tomto případě však již neproběhne inicializace). Pracovní režim, ve kterém se řízený proces nachází, se zobrazuje pomocí grafických prvků a současně textové informace.

3.4 Vývojové prostředí Mosaic

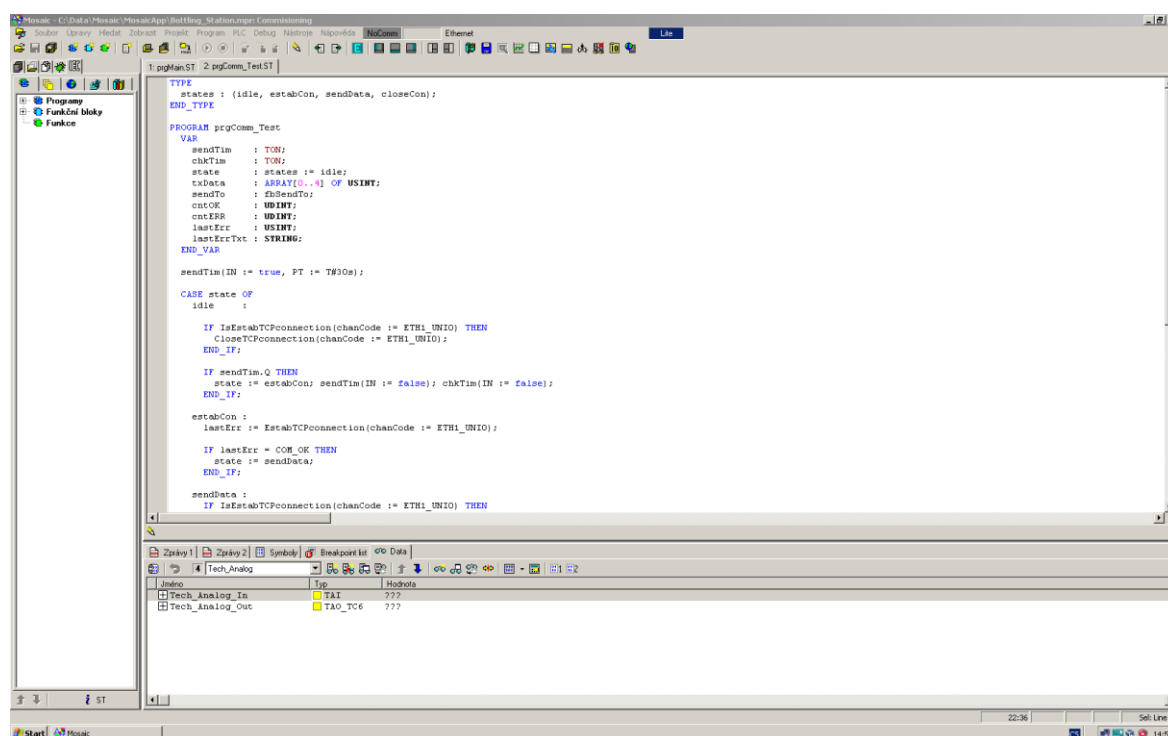
Vývojové prostředí Mosaic je vyvíjeno a dodáváno firmou Teco, a.s.. Vývojové prostředí lze volně stáhnout z webových stránek výrobce

www.tecomat.cz.

Pro napsání projektu uvedeného v kapitole 3.3.1 byla použita verze Mosaic 2013.1 nainstalovaná ve virtuálním počítači. Licenční politika společnosti Teco, a.s. je nastavena tak, že pro malé projekty není potřeba žádná licence a vývojové prostředí Mosaic lze volně používat, pro větší projekty je však již nutné pořízení hardwarového licenčního klíče vkládaného do USB portu. Variantou pro hardwarový klíč může být tzv. profil vygenerovaný a uložený do PLC. Bližší informace o licenční politice lze nalézt na [22].

V prostředí Mosaic lze vytvářet projekty pro cílové systémy řady Foxtrot, TC700, TC650 a mnoho dalších řídicích systémů z portfolia firmy Teco, a.s.. Jsou podporovány následující programovací jazyky:

- LD: Ladder Diagram. (Norma IEC-61131-3)
- FBD: Function Block Diagram. (Norma IEC-61131-3)
- ST: Structured Text. (Norma IEC-61131-3)
- IL: Instruction List. (Norma IEC-61131-3)
- CFC: Continuous Flow Chart
- SFC: Sequential Function Chart
- xPRO: Nativní jazyk mnemonického kódu



Obr. 27: Editor jazyka ST v prostředí Mosaic

Ve vývojovém prostředí je integrován simulátor PLC.

3.4.1 Základní projekt pro Foxtrot CP-1015

Tento projekt je z funkčního hlediska shodný s projektem pro Simatic popsáný v kapitole 3.3.1. Také jeho účel je shodný s výše zmíněným projektem, avšak s tím rozdílem, že byl realizován ve vývojovém prostředí Mosaic.

3.4.2 Vzdálené ovládání pro Foxtrot CP-1015

Projekt ověřuje možnost vzdáleného řízení a monitorování laboratorního modelu linky pro plnění lahví. Vzdálené řízení je zde realizováno pomocí webového serveru běžícího na řídicím systému Foxtrot CP-1015. Webové stránky umožňují sledovat a zadávat parametry řízeného procesu, a mohou tak nahrazovat operátorský panel.

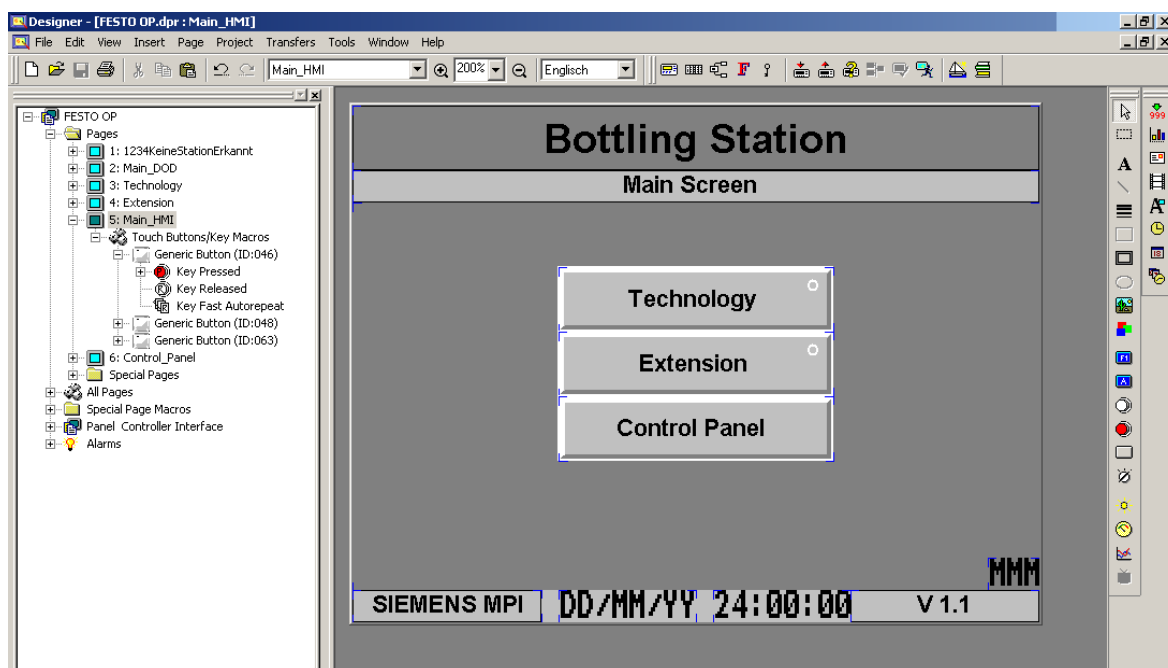
Jiná forma vzdálené komunikace s modelem linky je reprezentována technologií GSM modemu. GSM modem je osazen SIM kartou, přes niž při události definované v programu může dojít k odeslání zprávy SMS na předem definované mobilní telefonní číslo.

3.5 Vývojové prostředí UniOP Designer

UniOP Designer je vývojové prostředí určené k programování operátorských panelů firmy Exor Electronics R&D. Instalační soubory jsou součástí CD dodaného s modelem linky pro plnění lahví. Projekt pro operátorský panel byl vytvořen ve verzi UniOP Designer 6.10 – Build 01 nainstalované ve virtuálním počítači.

Při vytváření softwaru pro operátorský panel je zapotřebí nejprve nastavit, pro jaký typ panelu bude projekt vytvářen. Také je nutné vybrat způsob, jakým bude operátorský panel komunikovat s okolím. Panel umožňuje komunikaci s širokou škálou PLC od různých výrobců.

Práce ve vývojovém prostředí je jednoduchá, v podstatě sestává z definování akcí přiřazených k událostem vyvolávaných grafickými prvky. Tyto akce jsou nazývány „makro“, a lze jimi dosáhnout přechodu na jinou než aktuální obrazovku, vyvolání okna klávesnice pro zadávání numerických hodnot atp. UniOP Designer sice nabízí jen základní paletu grafických prvků, je s nimi však možné obsáhnout veškeré běžné potřeby při programování HMI panelů. Prostedí umožňuje vytvářet HMI aplikace, které používají trendování hodnot a uživatelskou práci s recepty. Podporovány jsou také aplikace vytvářené ve více jazykových verzích.



Obr. 28: Editor aplikace v prostředí UniOP Designer

Aplikace vytvořená pro model linky pro plnění lahví má následující vlastnosti:

- Komunikuje po sběrnici MPI s PLC Simatic
- Je univerzální jak pro komplexní, tak pro základní verzi projektu v PLC Simatic (příslušné obrazovky zobrazované operátorským panelem jsou voleny řídicím systémem)
- Graficky zobrazují, zda je k PLC Simatic připojena Technologie a Rozšiřující modul
- Pokud je řízený proces v manuálním režimu, umožňují ovládání jednotlivých komponent modelu

Prostředí UniOP Designer 6 neobsahuje simulátor operátorského panelu.

3.6 OPC servery

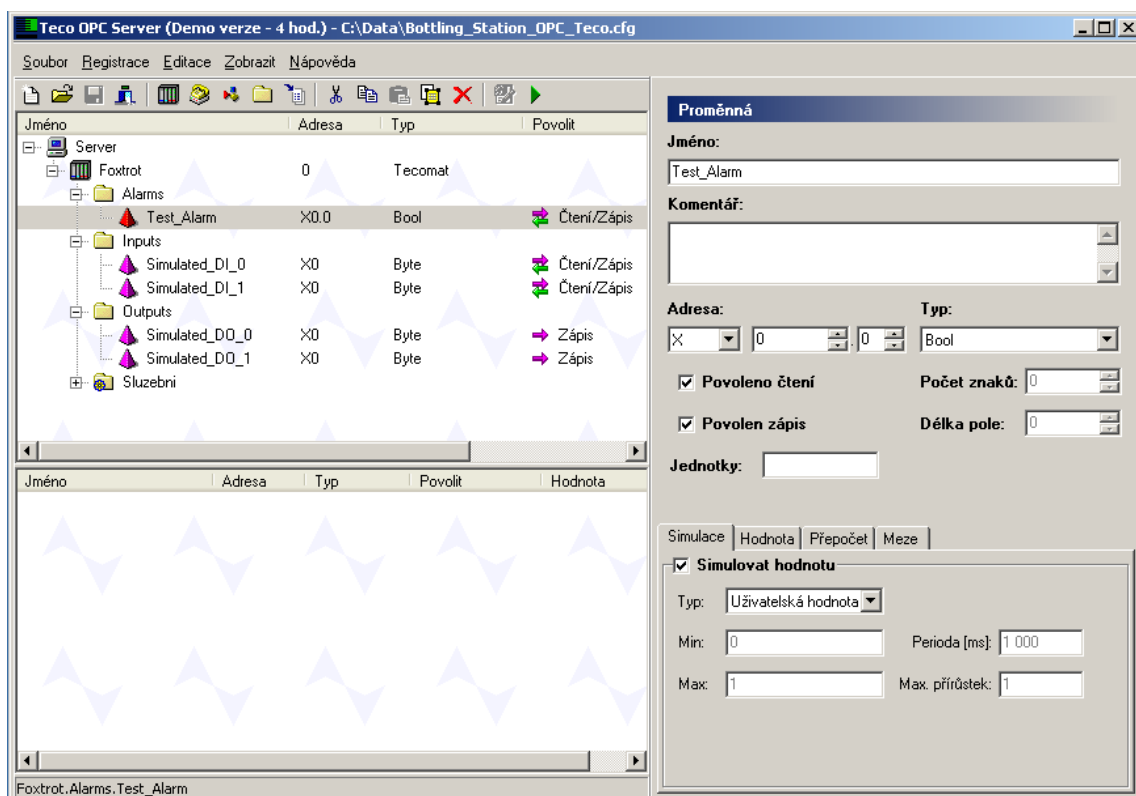
Jsou to aplikace s architekturou klient-server se standardizovaným rozhraním specializované na řízení a monitorování průmyslových procesů. Ve většině případů se jedná o službu běžící v rámci operačního systému. OPC server je potřeba zaregistrovat do operačního systému, aby OPC klienti dokázali s OPC serverem navázat spojení pomocí unikátního CLSID identifikátoru. OPC server komunikuje s programovatelným automatem a získaná data pak nabízí ostatním aplikacím v operačním systému. Definice přenášených dat, název PLC, IP adresa a podobně se provádí v konfigurátoru OPC serveru.

3.6.1 OPC server Teco

Je určen pro komunikaci s řídicími systémy od firmy Teco, a.s. Soubor pro instalaci tohoto OPC serveru je možné získat výměnou za poskytnutí osobních údajů na webových stránkách:

www.reliance.cz

Po poskytnutí osobních údajů je na zadaný e-mail zaslán odkaz, ze kterého je možné tento OPC server stáhnout. Ve virtuálním počítači byl nainstalován ve verzi 2.1.0. Bez licenčního klíče běží v demo režimu s plnou funkcionalitou, avšak demo režim je limitován na 4 hodiny. Tento OPC server má jednu užitečnou vlastnost pro „offline“ vývoj SCADA/HMI aplikací – tou je možnost nastavit nakonfigurované proměnné tak, že jsou jejich hodnoty simulovány přímo OPC serverem.

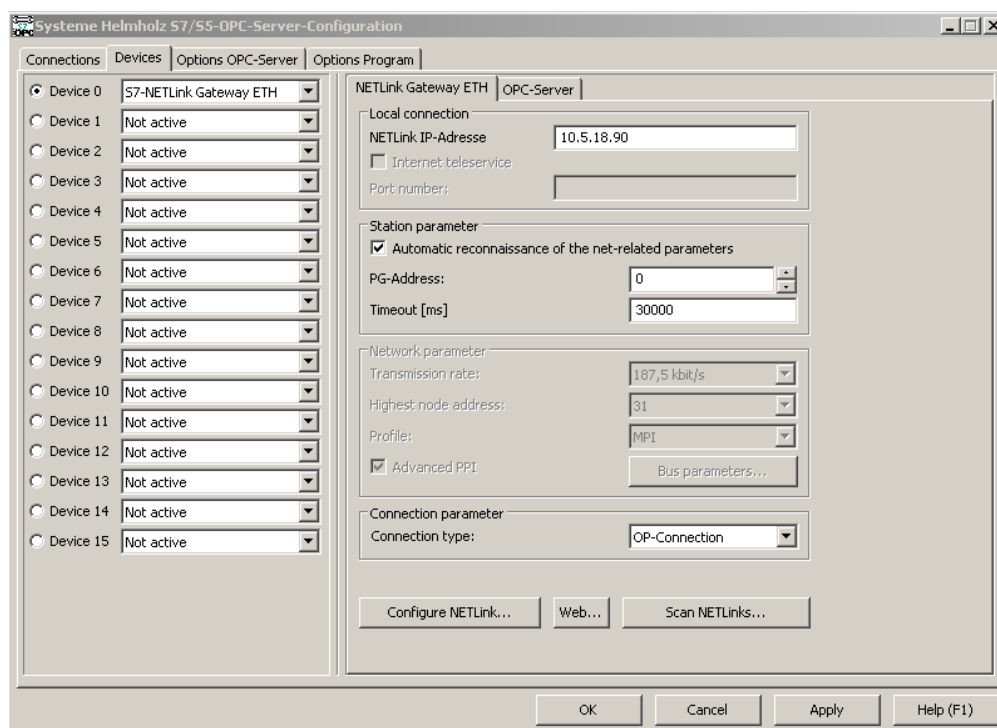


Obr. 29: Konfiguratör OPC serveru Teco

3.6.2 OPC server Helmholtz

OPC server Helmholtz je určen pro komunikaci s převodníkem NetLink PRO Compact a pro ostatní produkty tohoto výrobce. Instalační soubor je na CD dodávaném k převodníku. Ve virtuálním počítači byl nainstalován ve verzi 4.10.2.9117.

Při konfiguraci OPC serveru je možné využít nabízené funkce autodetekce převodníku na síti LAN, včetně jemu přiřazené IP adresy. Lze také nastavit použitý komunikační protokol. V případě, že z PLC není možné číst žádné data, je užitečné využít diagnostických možností poskytovaných webovým serverem běžícím na převodníku. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3.3, převodník podporuje protokol podle standardu RFC106 (ISO-on-TCP). To mu umožňuje spolupracovat i s OPC servery jiných výrobců, jako jsou např. INAT-OPC server (INAT GmbH), KEPServerEx (KEPware Inc.), InTouch (Wonderware GmbH). Převodník byl podle [18] výrobcem úspěšně otestován i pro komunikaci s WinCC flexible společnosti Siemens.



Obr. 30: Konfiguratör OPC Serveru Helmholtz

3.7 Vývojové prostředí Promotic

Jedná se o prostředí pro vývoj SCADA/HMI aplikací, které dodává ostravská firma Microsys, spol. s.r.o. Tento systém je možné volně stáhnout z webových stránek na adrese: www.promotic.eu.

Pomocí tohoto systému lze vyvíjet aplikace pro operační systémy Microsoft Windows XP, Vista, 7, 8, Server 2003-2008 a XP Embedded.

Typ požadované licence je závislý na počtu proměnných ve vyvíjené SCADA/HMI aplikaci. Pokud má aplikace do 30 proměnných včetně, je možné ji provozovat zdarma. Pokud se však počet proměnných potřebných k sestavení aplikace pohybuje mezi 30 – 100, je možné aplikaci spustit jen v demo módu a provozovat ji maximálně po dobu 1 hodiny. Při větším počtu proměnných v aplikaci je již zapotřebí pořízení hardwarového licenčního klíče zasouvaného do USB portu. Další možností jak zalicencovat několik provozovaných aplikací najednou je využití licenčního serveru. Cena za licenční klíč se pak odvíjí od počtu a druhu ovladačů a ostatních softwarových objektů použitých v aplikaci. Pro vývoj níže popsané SCADA/HMI aplikace byla použita verze Promotic 8.2.7, taktéž nainstalovaná ve

virtuálním počítači. Při psaní aplikací je využíváno scriptové vydání programovacího jazyka Visual Basic (označovaného jako VBScript).

Aplikace vytvořené v systému Promotic umožňují podle [23] následující druhy komunikace:

- S průmyslovými řídicími systémy: je k dispozici množství ovladačů pro mnoho různých výrobců, včetně Siemens, ABB, SAIA, Mitsubishi, Tecomat, Moeller, Honeywell a další. Lze však také využít objektu OPC Client
- S jinými aplikacemi v prostředí počítačových sítí: pomocí rozkolu TCP nebo UDP
- Se vstupně/výstupními kartami zasunutými do PCI nebo ISA slotu: pomocí DLL knihoven
- Přístup do databázových systémů: podporovány jsou nejrozšířenější DB systémy s přístupy pomocí ODBC, ADO nebo DAO rozhraním
- Výměna dat zápisem do souborů

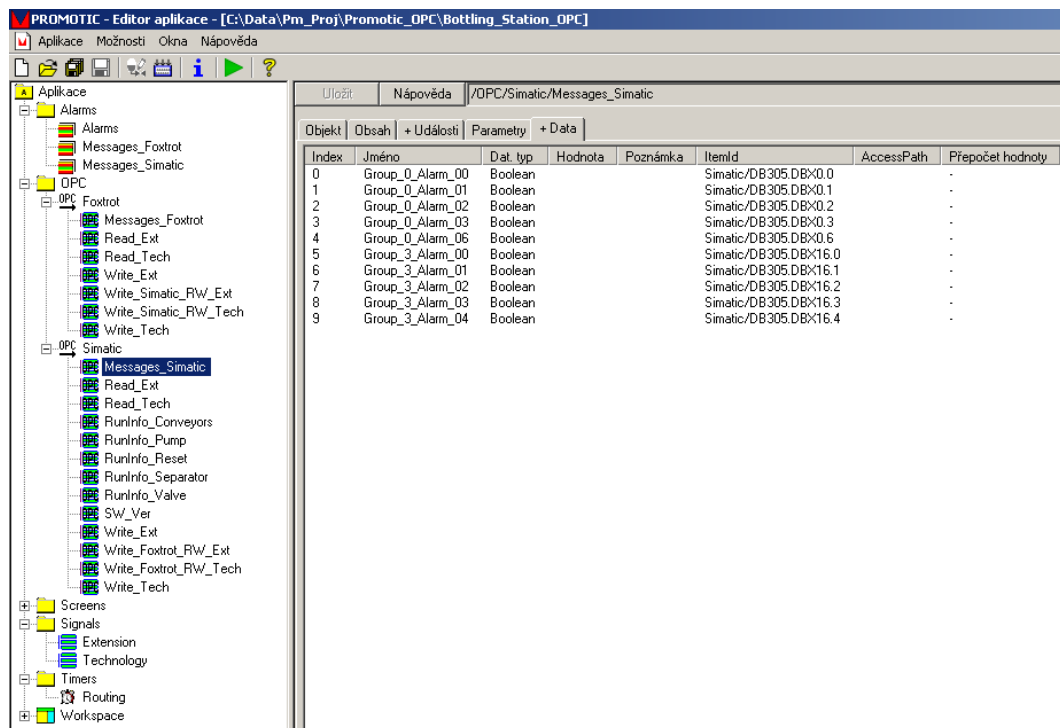
Systém Promotic umožňuje vytvářet komplexní aplikace pro nejrůznější použití jak v oblasti průmyslové automatizaci tak i mimo ni, v seznamu referencí lze nalézt např. „Komplexní ovládací a monitorovací systém letiště Magnitogorsk“, „Terminál elektrárny Mělník“, „Hlasové ovládání (laboratorní úloha na VŠB-TU Ostrava)“ a mnoho dalších. Bližší informace o tomto vývojovém prostředí lze nalézt v [24].

3.7.1 SCADA/HMI aplikace pro laboratorní PC

Hlavním účelem této SCADA/HMI aplikace je realizace vizualizace procesu plnění lahví a zprostředkování výměny dat mezi PLC Simatic a PLC Foxtrot. Tato aplikace zajišťuje také nepřímou komunikaci, jak byla popsána v kapitole 2.4. To předpokládá schopnost aplikace komunikovat s oběma PLC. Komunikace s PLC je realizována pomocí objektu OPC Client s přednastaveným identifikátorem CLSID/ProgID příslušného serveru (je využíváno dvou různých OPC serverů najednou, a to server Helmholtz pro PLC Simatic a server Teco pro PLC Foxtrot). Takto by však jen SCADA/HMI aplikace získávala data z PLC. Aby došlo k jejich výměně mezi PLC, musí být zajištěno, že jsou data získaná z PLC Simatic zapsána do PLC Foxtrot a naopak. To uskutečňuje skript cyklicky volaný objektem Routing.

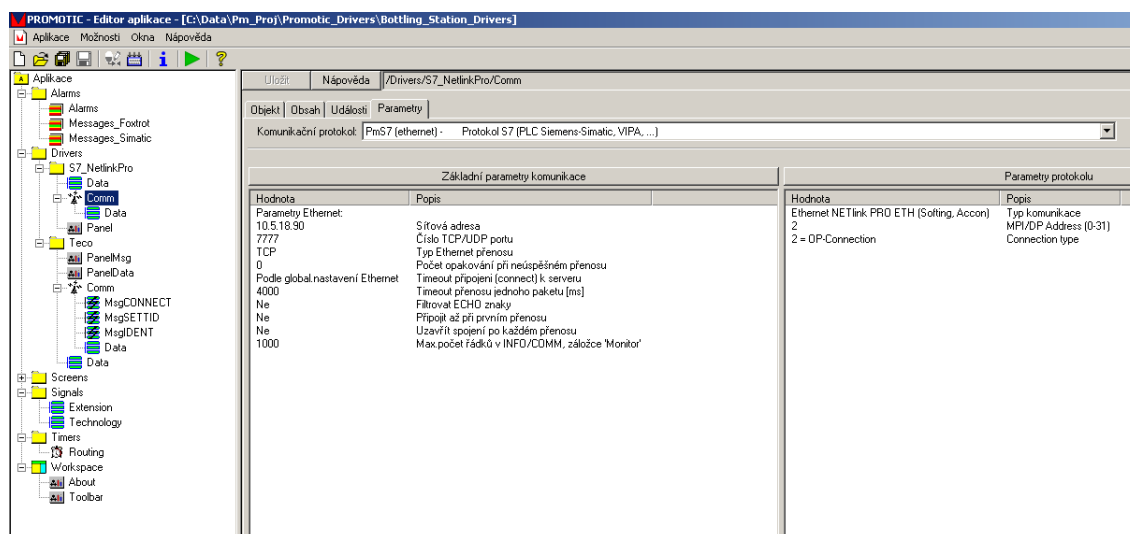
Další oblastí, kterou se zabývá, je realizace systému zpracování alarmů, ve kterém jsou alarmy rozlišovány na trvalý-nepotvrzený, trvalý-potvrzený a neaktivní. Informace o

aktivních alarmech je z PLC Simatic získávána opět pomocí OPC Client objektu. Alarmy jsou zpracovávány v objektu Alarms. Jeho konfigurací lze nastavit jejich archivaci do souboru, podmínky jejich prohlížení operátorem atp.



Obr. 31: Nastavení OPC klienta v prostředí Promotic

Komunikaci s jednotlivými PLC lze řešit také pomocí objektu využívajícího ovladače vestavěné přímo do vývojového prostředí. Informace o těchto ovladačích lze získat v [23].



Obr. 32: Nastavení objektu s vestavěným ovladačem v prostředí Promotic

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá komunikací mezi prostředky průmyslové automatizace, jako jsou například programovatelné automaty a operátorské panely. Tato komunikace je často využívána v případě, že je řízení výrobního procesu rozděleno mezi několik řídicích systémů. Diplomová práce je rozdělena na dvě části, a to část teoretickou a praktickou.

Teoretická část se zabývá výhodami plynoucími z nasazení prostředků průmyslové automatizace ve výrobním procesu. Popisuje důvody, proč jsou často výrobní systémy řízeny více programovatelnými automaty. Je zde zmíněno také hierarchické rozdělení systému řízení výroby na úrovně ERP, MES a úroveň řízení strojů. Dále jsou zde popsány některé průmyslové sběrnice a protokoly: Profibus, MPI, Profinet, CAN, Modbus. Uvádí také základní informace o historii těchto sběrnic a o institucích, které spravují příslušné standardy a související normy. Popis sběrnic a protokolů je doplněn základními informacemi o OPC softwarovém standardu pro průmyslovou komunikaci. Poslední kapitola teoretické části se věnuje problematice zabezpečení datové komunikace. Popisuje hrozby pro datovou komunikaci přicházející zevnitř i z vnějšího okolí lokální sítě.

Praktická část popisuje zjednodušený model linky pro plnění lahví umístěný v laboratořích Fakulty aplikované informatiky University Tomáše Bati ve Zlíně. Zabývá se realizací jeho rozšíření o další řídicí systém a o modul s mechanickými ovládacími prvky. Po rozšíření tento model představuje výrobní proces s možností řízení pomocí více řídicích systémů. Dále představuje čtyři různé vývojové prostředí: STEP7, Mosaic, UniOP Designer a Promotic. Tato vývojová prostředí byla použita pro vytvoření softwarových projektů, které ukazují některé nové možnosti rozšířeného modelu linky pro plnění lahví. Mezi nové možnosti modelu výrobní linky nyní patří např. vzdálené řízení pomocí webového serveru a GSM modemu. Byla vytvořena SCADA/HMI vizualizační aplikace pro PC, která komunikuje s dvěma různými PLC pomocí OPC klientů, nebo pomocí vestavěných ovladačů. Tato SCADA/HMI aplikace zajišťuje nepřímou výměnu dat mezi těmito PLC.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Thesis deals with the communication between different devices of industrial automatization, such as programmable logic controllers and operator panels. This communication is often used in cases that there is controlling of production process divided among several control systems. Thesis consists of two parts: a theoretical and practical.

Theoretical part deals with the benefits of deploying of industrial automation in production process. It describes the reasons why production systems are often controlled by several programmable logic controllers. There is also mention about hierarchical division of the production control system into ERP, MES and machines' control levels. Additionally, there is description of some industrial fieldbuses: Profibus, MPI, Profinet, CAN, Modbus. It also gives basic information about history of these fieldbuses and about institutions that manage related standards and application rules. Fieldbuses and protocols description is completed with basic information about OPC software standard for industrial communication. The last chapter of the theoretical part is dedicated to the security of data communication. It describes threats to data communication coming from both inside and outside of local area network.

Practical part of this thesis describes simplified model of bottling station located in laboratory of Faculty of applied informatics at Thomas Bata University in Zlin. It deals with the implementation of expansion of bottling station model realized by adding of another programmable logic controller and by adding of module with mechanical control elements. After such expansion bottling station model represents production system with possibility to be controlled by more than one programmable logic controller. It also introduces four different development environments: STEP7, Mosaic, UniOP Designer and Promotic. These development environments were used to create software projects showing some of new possibilities of expanded bottling station model. Now there is possibility to control model remotely by web server and GSM modem for example. There was created SCADA/HMI visualisation application for PC, which communicates with two different PLCs using OPC clients, or using integrated drivers. This SCADA/HMI application provides indirect data exchange between those two PLCs.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CENDELÍN, Jiří. Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. Automa: časopis pro automatizační techniku [online]. 2003, roč. 3, č. 06 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id.document=28831>>
- [2] SIEMENS AG. Industrial Communication for Automation [online]. 2007 [cit. 2013-06-07]. Dostupné z: www.siemens.com/profinet
- [3] KAROLA, Ladislav. Komplexní systém řízení výroby stroje plnící linky lahví. Brno, 2012. Dostupné z: <<https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/17210?show=full>>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jan Pásek, CSc.
- [4] CAN in Automation: Controller Area Network. CIA. CiA [online]. 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <www.can-cia.org>
- [5] CAN in Automation: CANopen. CIA. CiA [online]. 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.can-cia.org/index.php?id=canopen>>
- [6] Microsoft: Pomoc a podpora. MICROSOFT ČESKÁ REPUBLIKA. Sedm vrstev OSI modelu a vysvětlení funkce [online]. 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://support.microsoft.com/kb/103884>>
- [7] ABB. Compact 800 5.0: Flexible Process Control Products [online]. 2010 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.abb.cz/abblibrary/DownloadCenter>>
- [8] THE MODBUS ORGANIZATION. Modbus Application Protocol Specification v1.1b [online]. Massachusetts, USA, 2006 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.modbus.org/specs.php>>
- [9] RONEŠOVÁ, Andrea. Přehled protokolu ModBus [online]. 2005, 20 s., květen 2005 [cit. 6.6.2013]. Dostupné z: <<http://home.zcu.cz/~ronesova/index.php?menuitem=bastlirna>>
- [10] OPC FOUNDATION. OPC-The Interoperability Standard for Industrial Automation [online]. 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z <<http://www.opcfoundation.org>>

- [11] GAJZLER, Jaroslav. OPC server pro úlohy automatické regulace. Zlín, 2006. Dostupné z: <<http://dspace.k.utb.cz/handle/10563/2300>>. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce doc. Ing. František Hruška, Ph.D.
- [12] OPC FOUNDATION. The Interoperability Standard for Industrial Automation [online]. 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.opcfoundation.org/Downloads.aspx?CM=1&CN=KEY&CI=282>>
- [13] SIEMENS AG. Network Security: Industrial Security [online]. 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/industrial-security/Pages/default.aspx>>
- [14] Learning Systems: Bottling Station. FESTO. FESTO [online]. 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/process-automation/mps-pa-stations-and-complete-systems/bottling-station.htm>>
- [15] HRAZDIL, Tomáš. Model výrobní linky řízený programovatelným automatem. Zlín, 2008. Dostupné z: <<http://dspace.k.utb.cz/handle/10563/7127>>. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.
- [16] Siemens Industry Online Support. SIEMENS AG. CPU313C, 16DO/4AI/2AO, 64 KB [online]. 2013, 28.5.2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=6ES73135BF030AB0&caller=view>>
- [17] TECO, a.s. Tecomat Foxtrot programovatelné automaty: Základní dokumentace modulu [online]. 1. vyd. Kolín, 2008, prosinec 2008 [cit. 2013-06-05]. TXV 110 15. Dostupné z: <<http://www.tecomat.com/kategorie-314-zakladni-moduly.html>>
- [18] HELMHOLZ. Manual for all Netlink Ethernet versions [online]. 2012, 16.8.2012 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <www.helmholz.de>
- [19] TECO, a.s. Programování podle normy IEC 61131-3 v prostředí Mosaic [online]. 2007 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.tecomat.com/index.php?ID=655>>
- [20] ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace 2: Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.

- [21] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie, MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace 1: základní pojmy, úvod do programování. 2. dotisk, 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2003. ISBN 80-86056-58-9
- [22] TECO a.s. Tecomat, PLC for machine, process, technology, transport and building automation [online]. 2009 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <<http://www.tecomat.com>>
- [23] Promotic SCADA Visualisation System. MICROSYS, spol. s r.o. Obsah dokumentace Promotic [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <<http://www.promotic.eu/cz/pmdoc/PmDocDefault.htm>>
- [24] MICROSYS, spol. s r.o. SCADA/HMI systém PROMOTIC [online]. 21.12.2012 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <<http://www.promotic.eu>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ASIC	Application Specific Integrated Circuit
CAM	Computer Aided Manufacturing
CIB	Computer
CPU	Central Processing Unit
DoS	Denial of Service
ERP	Enterprise Resource Planning
ERTEC	Enhanced Real-Time Ethernet Controller
GSM	Groupe Spécial Mobile
http	Hyper Text Transport Protocol
IEC	International Engineering Consortium
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MES	Manufacturing Execution System
MPS®PA	Modular Production System ® Process Automation
OEE	Overall Equipment Efficiency
OPC	OLE for Process Control
OS	Operační systém
PC	Personal Computer
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PID	Proporcionálně-integračně-derivační (regulátor)
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA/HMI	Supervisory Control And Data Acquisition / Human Machine Interface
TCP/IP	Transmission Control Protocol /Internet Protocol
UDP	User Datagram rotocol

USB	Universal Serial Bus
VPN	Virtual Private Network
XML	eXtensible Markup Language

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Příklad struktury řízení u výrobní organizace [2]	14
Obr. 2: Uplatnění různých průmyslových sběrnic v jednom systému řízení [2].....	17
Obr. 3: ABB a produkty řady Compact 800 [7].....	20
Obr. 4: Použití ModBus protokolu na různých sběrnicích [8]	21
Obr. 5: konfigurace sítě se SCALANCE modulem [13].....	24
Obr. 6: Vlevo zásobník B401, vpravo zásobník B402.....	27
Obr. 7: Dopravníkový systém.....	28
Obr. 8: Detail oddělovače a ventilu	28
Obr. 9: Propojovací terminál.....	29
Obr. 10: Detail ovládacího panelu Exor eTop11C [13].....	30
Obr. 11: Celkový pohled na model linky před rozšířením.....	31
Obr. 12: Celkový pohled na model linky po rozšíření	32
Obr. 13: Vysílač a přijímač infračerveného světla	34
Obr. 14: Schematické znázornění původní soustavy kabelů pro přenos signálů do PLC	35
Obr. 15: Schematické znázornění nové soustavy kabelů pro přenos signálů do PLC	36
Obr. 16: Vlevo schéma zapojení signálního modulu 5xAI+2xAO+8xDI, vpravo schéma zapojení signálního modulu 16xDI+16xDO.....	39
Obr. 17: Rozvaděč a řídicí systém Siemens Simatic S7-313C po úpravě	40
Obr. 18: Rozvaděč a řídicí systém Tecomat Foxtrot CP-1015	42
Obr. 19: Převodník NetLink PRO Compact [18].....	43
Obr. 20: Princip převodníku Ethernet-Profibus/MPI [18]	44
Obr. 21: Operátorský panel Exor eTop11C – pohled zespodu [15].....	45
Obr. 22: Schéma možností komunikace původního modelu	46
Obr. 23: Schéma možností komunikace rozšířeného modelu	47
Obr. 24: Správce aplikace Oracle VM Virtual Box.....	50
Obr. 25: Logická funkce AND NOT v jazycích podle IEC 61 131-3 [19].....	52
Obr. 26: Editor jazyka FBD v prostředí Simatic Manager.....	54
Obr. 27: Editor jazyka ST v prostředí Mosaic	57
Obr. 28: Editor aplikace v prostředí UniOP Designer	58
Obr. 29: Konfigurator OPC serveru Teco	60
Obr. 30: Konfigurator OPC Serveru Helmholtz.....	61

Obr. 31: Nastavení OPC klienta v prostředí Promotic.....	63
Obr. 32: Nastavení objektu s vestavěným ovladačem v prostředí Promotic	63

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Síťové vrstvy OSI modelu [6]	19
Tab. 2: OPC specifikace [11]	22
Tab. 3: Identifikace jednotlivých signálních kabelů	37
Tab. 4: Kombinace zapojení signálních kabelů (S = Simatic, F = Foxtrot).....	37
Tab. 5: Základní technická data pro Siemens Simatic S7-31C [16]	38
Tab. 6: Základní technická data pro Tecomat Foxtrot CP-1015 [17]	41

SEZNAM PŘÍLOH

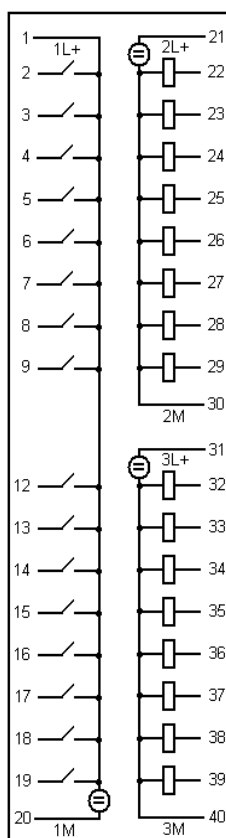
PŘÍLOHA P I:	Signální moduly řídicích systémů
PŘÍLOHA P II:	Zapojení kabelů pro přenos signálů
PŘÍLOHA P III:	Oracle VM Virtual Box
PŘÍLOHA P IV:	Obsah přiloženého CD

PŘÍLOHA P I: SIGNÁLNÍ MODULY ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ

Zapojení signálních modulů Simatic S7-313C

Modul digitálních vstupů a výstupů u Simatic S7-313C

Při pohledu zepředu je modul digitálních vstupů a výstupů u PLC Simatic S7-313C umístěn vpravo. Na dvířkách modulu je označení „DI16 DO16xDC24V“.



Obr. I: Schéma zapojení digitálních vstupů a výstupů u Simatic S7-313C

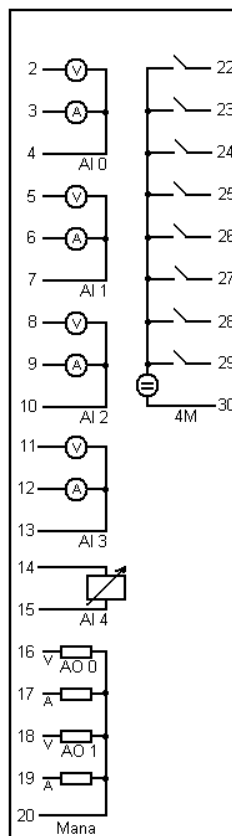
Tab. I: Zapojení digitálních vstupů a výstupů u Simatic S7-313C

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
1	Modrá	Napájení +24V
2	Šedá s růžovým pruhem	Centronics, pin 13
3	Červená s modrým pruhem	Centronics, pin 14
4	Bílá se zeleným pruhem	Centronics, pin 15
5	Hnědá se zeleným pruhem	Centronics, pin 16
6	Bílá se žlutým pruhem	Centronics, pin 17

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
7	Žlutá s hnědým pruhem	Centronics, pin 18
8	Bílá s šedým pruhem	Centronics, pin 19
9	Šedá s hnědým pruhem	Centronics, pin 20
12	Šedá s růžovým pruhem	Canon, pin 13
13	Červená s modrým pruhem	Canon, pin 14
14	Bílá se zeleným pruhem	Canon, pin 15
15	Hnědá se zeleným pruhem	Canon, pin 16
16	Bílá se žlutým pruhem	Canon, pin 17
17	Žlutá s hnědým pruhem	Canon, pin 18
18	Bílá s šedým pruhem	Canon, pin 19
19	Šedá s hnědým pruhem	Canon, pin 20
20	Modrá	Napájení 0V
21	Modrá	Napájení +24V
22	Bílá	Centronics, pin 1
23	Hnědá	Centronics, pin 2
24	Zelená	Centronics, pin 3
25	Žlutá	Centronics, pin 4
26	Šedá	Centronics, pin 5
27	Růžová	Centronics, pin 6
28	Modrá	Centronics, pin 7
29	Červená	Centronics, pin 8
30	Modrá	Napájení 0V
31	Modrá	Napájení +24V
32	Bílá	Canon, pin 1
33	Hnědá	Canon, pin 2
34	Zelená	Canon, pin 3
35	Žlutá	Canon, pin 4
36	Šedá	Canon, pin 5
37	Růžová	Canon, pin 6
38	Modrá	Canon, pin 7
39	Červená	Canon, pin 8
40	Modrá	Napájení 0V

Modul analogových vstupů a výstupů Simatic S7-313C

Při pohledu zepředu je modul digitálních vstupů a výstupů u PLC Simatic S7-313C umístěn vlevo. Na dvířkách modulu je označení „DI8xDC24V AI5/AO2“. Pokud se v tabulce zapojení číslo svorky vícekrát opakuje, znamená to, že byl signál rozložen na více vodičů.



Obr. II: Schéma zapojení analogových vstupů a výstupů u Simatic S7-313C

Tab. II: Zapojení analogových vstupů a výstupů u Simatic S7-313C

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
2	Hnědý s červeným pruhem	Centronics, pin 25
3	Hnědý s černým pruhem	Centronics, pin 26
4	Zelený s červeným pruhem	Centronics, pin 27
4	Šedý se zeleným pruhem	Centronics, pin 28
5	Žlutý s šedým pruhem	Centronics, pin 29
6	Zelený s černým pruhem	Centronics, pin 30
7	Zelený s modrým pruhem	Centronics, pin 31
7	Růžový se zeleným pruhem	Centronics, pin 32
8	Hnědý s červeným pruhem	Canon, pin 25

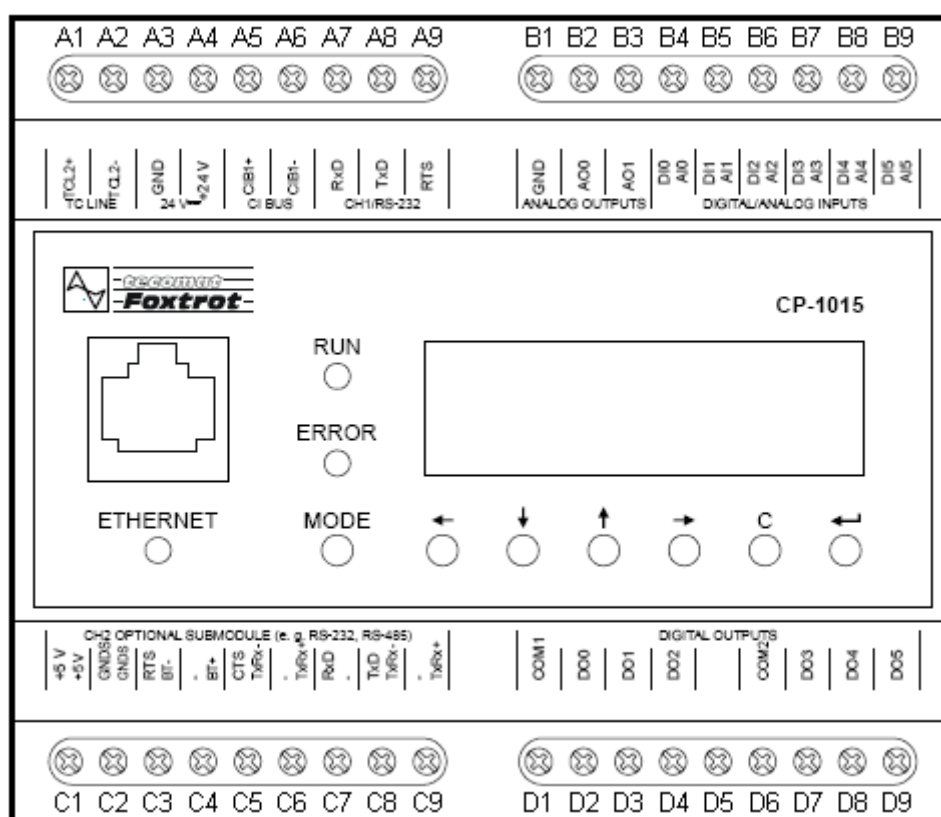
Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
9	Hnědý s černým pruhem	Canon, pin 26
10	Zelený s červeným pruhem	Canon, pin 27
10	Šedý se zeleným pruhem	Canon, pin 28
11	Žlutý s šedým pruhem	Canon, pin 29
12	Zelený s černým pruhem	Canon, pin 30
13	Zelený s modrým pruhem	Canon, pin 31
13	Růžový se zeleným pruhem	Canon, pin 32
16	Žlutý s černým pruhem	Centronics, pin 33
17	Žlutý s modrým pruhem	Centronics, pin 34
18	Žlutý s černým pruhem	Canon, pin 33
19	Žlutý s modrým pruhem	Canon, pin 34
20	Žlutý s růžovým pruhem	Centronics, pin 35
20	Bílý s růžovým pruhem	Centronics, pin 36
20	Žlutý s růžovým pruhem	Canon, pin 35
20	Bílý s růžovým pruhem	Canon, pin 36
22		Nevyužito
23		Nevyužito
24		Nevyužito
25		Nevyužito
26		Nevyužito
27		Nevyužito
28		Nevyužito
29		Nevyužito
30		

Zapojení signálních modulů Foxtrot CP-1015

Platí, že pokud se v tabulkách zapojení číslo svorky vícekrát opakuje, znamená to, že byl signál rozložen na více vodičů.

Modul CP-1015

Při vytváření hardwarové konfigurace pro PLC lze definovat, zda se mají vstupy na svorkách B4 až B9 zpracovávat jako analogové, nebo digitální.



Obr. III: Modul CP-1015

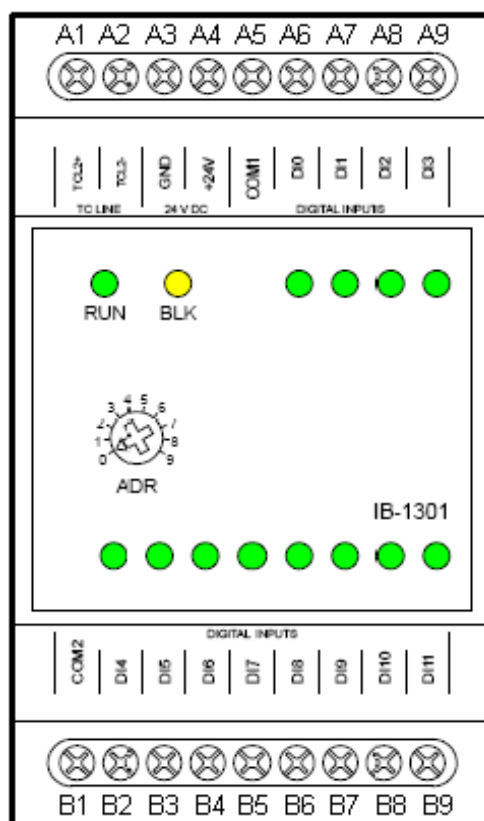
Tab. III: Zapojení vstupů a výstupů modulu CP-1015

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
A1	Bílá	IB-1301, svorka A1
A1	Žlutá	IB-1301, svorka A1
A2	Hnědá	IB-1301, svorka A2
A2	Zelená	IB-1301, svorka A2
A3	Černá	Napájení 0V

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
A3	Bílá	GSM2-01, svorka GND
A3	Černá	GSM2-01, svorka GND
A4	Červená	Napájení +24V
A7	Žlutá	GSM2-01, svorka RxD
A8	Červená	GSM2-01, svorka TxD
B1	Zelená s červeným pruhem	Centronics, pin 27
B1	Šedá se zeleným pruhem	Centronics, pin 28
B1	Žlutá s růžovým pruhem	Centronics, pin 35
B1	Bílá s růžovým pruhem	Centronics, pin 36
B1	Zelená s červeným pruhem	Canon, pin 27
B1	Šedá se zeleným pruhem	Canon, pin 28
B1	Žlutá s růžovým pruhem	Canon, pin 35
B1	Bílá s růžovým pruhem	Canon, pin 36
B2	Žlutá s černým pruhem	Centronics, pin 33
B3	Žlutá s černým pruhem	Canon, pin 33
B4	Hnědá s červeným pruhem	Centronics, pin 25
B5	Hnědá s červeným pruhem	Canon, pin 25
B6	Šedá s růžovým pruhem	Centronics, pin 13
B7	Červená s modrým pruhem	Centronics, pin 14
B8	Bílá se zeleným pruhem	Centronics, pin 15
B8	Hnědá se zeleným pruhem	Centronics, pin 16
D1	Červená	Napájení +24V
D2	Bílá	Canon, pin
D3	Hnědá	Canon, pin
D4	Zelená	Canon, pin
D6	Červená	Napájení +24V
D7	Žlutá	Canon, pin

Modul IB-1301

Modul IB-1301 slouží k připojení digitálních vstupů.



Obr. IV: Modul IB-1301

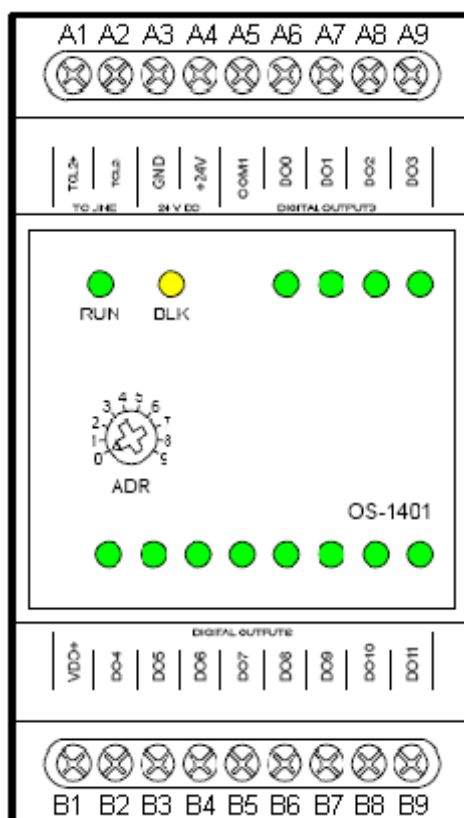
Tab. IV: Zapojení vstupů modulu IB-1301

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
A1	Bílá	OS-1401, svorka A1
A1	Žlutá	OS-1401, svorka A1
A2	Hnědá	OS-1401, svorka A2
A2	Zelená	OS-1401, svorka A2
A3	Černá	Napájení 0V
A4	Červená	Napájení +24V
A5	Černá	Napájení 0V
A6	Bílá se žlutým pruhem	Centronics, pin 17
A7	Žlutá s hnědým pruhem	Centronics, pin 18
A8	Bílá s šedým pruhem	Centronics, pin 19
A9	Šedá s hnědým pruhem	Centronics, pin 20

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
B1	Černá	Napájení 0V
B2	Šedá s růžovým pruhem	Canon, pin 13
B3	Červená s modrým pruhem	Canon, pin 14
B4	Bílá se zeleným pruhem	Canon, pin 15
B5	Hnědá se zeleným pruhem	Canon, pin 16
B6	Bílá se žlutým pruhem	Canon, pin 17
B7	Žlutá s hnědým pruhem	Canon, pin 18
B8	Bílá s šedým pruhem	Canon, pin 19
B9	Šedá s hnědým pruhem	Canon, pin 20

Modul OS-1401

Modul OS-1401 slouží k připojení digitálních výstupů.



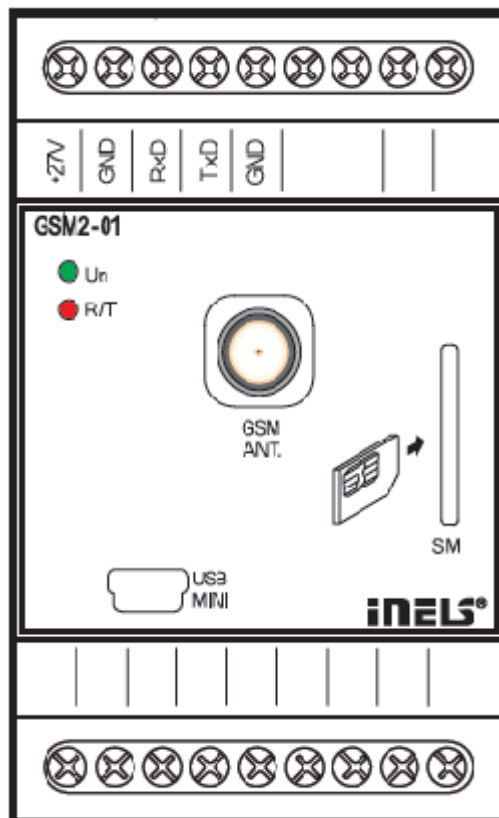
Obr. V: Modul OS-1401

Tab. V: Zapojení výstupů modulu OS-1401

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
A1	Bílá	IB-1301, svorka A1
A1	Žlutá	IB-1301, svorka A1
A2	Hnědá	IB-1301, svorka A2
A2	Zelená	IB-1301, svorka A2
A3	Černá	Napájení 0V
A4	Červená	Napájení +24V
A5	Černá	Napájení 0V
A6	Bílá	Centronics, pin 1
A7	Hnědá	Centronics, pin 2
A8	Zelená	Centronics, pin 3
A9	Žlutá	Centronics, pin 4
B1	Červená	Napájení +24V
B2	Šedá	Canon, pin 5
B3	Růžová	Canon, pin 6
B4	Modrá	Canon, pin 7
B5	Červená	Canon, pin 8
B6	Šedá	Centronics, pin 5
B7	Růžová	Centronics, pin 6
B8	Modrá	Centronics, pin 7
B9	Červená	Centronics, pin 8

Modul GSM02-01

Modul GSM02-01 je GSM modem, slouží pro komunikaci pomocí technologie GSM.

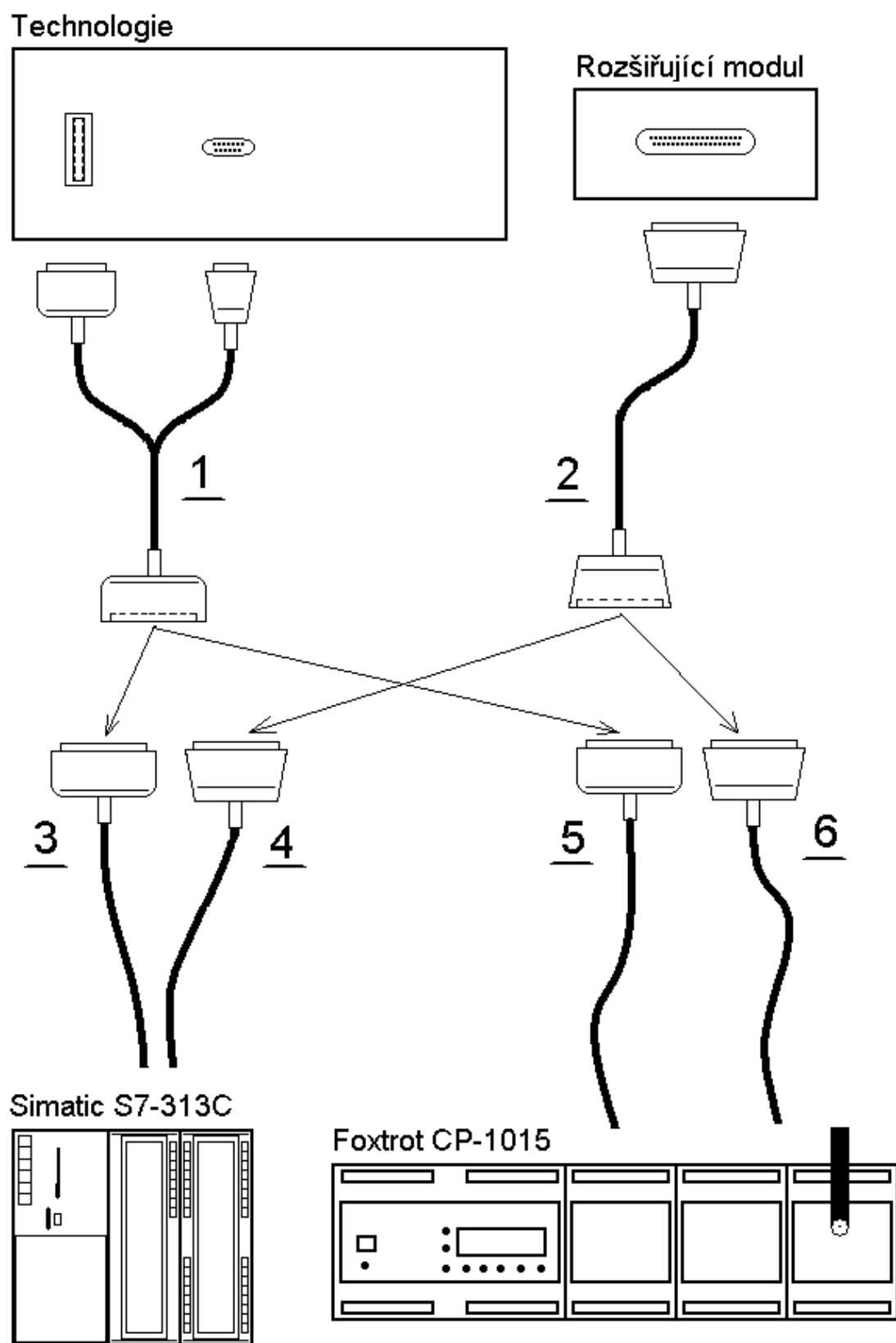


Obr. VI: Modul GSM02-01

Tab. VI: Zapojení modulu GSM02-01

Svorka	Barva izolace příslušného vodiče	Místo připojení
+24V	Červená	Napájení +24V
GND	Černá	Napájení 0V
RxD	Žlutá	CP-1015, svorka A7
TxD	Červená	CP-1015, svorka A8
GND	Bílá	CP-1015, svorka A3
GND	Černá	CP-1015, svorka A3

PŘÍLOHA P II: ZAPOJENÍ KABELŮ PRO PŘENOS SIGNÁLŮ



Obr. VII: Schematické znázornění nové soustavy kabelů pro přenos signálů do PLC

Kabel č. 1 – prodlužovací kabel Technologie

Konektor Centronics 24pin vidlice + Canon 15pin vidlice <-> Centronics 36pin zásuvka.

Slouží k připojení signálů z technologické části modelu plnicí linky k některému řídicímu systému. Viz obr. VII, kabel č. 1.

Tab. VII: Rozpis zapojení prodlužovacího kabelu Technologie

Konektor	Pin	Barva izolace příslušného vodiče	Konektor	Pin
Centronics 36pin	1	Bílá	Centronics 24pin	1
Centronics 36pin	2	Hnědá	Centronics 24pin	2
Centronics 36pin	3	Zelená	Centronics 24pin	3
Centronics 36pin	4	Žlutá	Centronics 24pin	4
Centronics 36pin	5	Šedá	Centronics 24pin	5
Centronics 36pin	6	Růžová	Centronics 24pin	6
Centronics 36pin	7	Modrá	Centronics 24pin	7
Centronics 36pin	8	Červená	Centronics 24pin	8
Centronics 36pin	9	Černá	Centronics 24pin	9
Centronics 36pin	10	Hnědá s modrým pruhem	Centronics 24pin	10
Centronics 36pin	11	Růžová s hnědým pruhem	Centronics 24pin	11
Centronics 36pin	12	Fialová	Centronics 24pin	12
Centronics 36pin	13	Šedá s růžovým pruhem	Centronics 24pin	13
Centronics 36pin	14	Červená s modrým pruhem	Centronics 24pin	14
Centronics 36pin	15	Bílá se zeleným pruhem	Centronics 24pin	15
Centronics 36pin	16	Hnědá se zeleným pruhem	Centronics 24pin	16
Centronics 36pin	17	Bílá se žlutým pruhem	Centronics 24pin	17
Centronics 36pin	18	Žlutá s hnědým pruhem	Centronics 24pin	18
Centronics 36pin	19	Bílá s šedým pruhem	Centronics 24pin	19
Centronics 36pin	20	Šedá s hnědým pruhem	Centronics 24pin	20
Centronics 36pin	21	Bílá s červeným pruhem	Centronics 24pin	21
Centronics 36pin	22	Bílá s černým pruhem	Centronics 24pin	22
Centronics 36pin	23	Bílá s modrým pruhem	Centronics 24pin	23
Centronics 36pin	24	Žlutá s červeným pruhem	Centronics 24pin	24
Centronics 36pin	25	Hnědá s červeným pruhem	Canon 15pin	1
Centronics 36pin	26	Hnědá s černým pruhem	Canon 15pin	2

Konektor	Pin	Barva izolace příslušného vodiče	Konektor	Pin
Centronics 36pin	27	Zelená s červeným pruhem	Canon 15pin	3
Centronics 36pin	28	Šedá se zeleným pruhem	Canon 15pin	4
Centronics 36pin	29	Žlutá s šedým pruhem	Canon 15pin	5
Centronics 36pin	30	Zelená s černým pruhem	Canon 15pin	6
Centronics 36pin	31	Zelená s modrým pruhem	Canon 15pin	7
Centronics 36pin	32	Růžová se zeleným pruhem	Canon 15pin	8
Centronics 36pin	33	Žlutá s černým pruhem	Canon 15pin	9
Centronics 36pin	34	Žlutá s modrým pruhem	Canon 15pin	10
Centronics 36pin	35	Žlutá s růžovým pruhem	Canon 15pin	11
Centronics 36pin	36	Bílá s růžovým pruhem	Canon 15pin	12

Kabel č. 2 – prodlužovací kabel Rozšiřujícího modulu

Konektor Canon 37pin vidlice <-> Canon 37pin zásuvka. Slouží k připojení signálů z Rozšiřujícího modulu k některému řídicímu systému. Viz obr. VII, kabel č. 2.

Tab. VIII: Rozpis zapojení prodlužovacího kabelu Rozšiřujícího modulu

Konektor	Pin	Barva izolace příslušného vodiče	Konektor	Pin
Canon 37pin	1	Bílá	Canon 37pin	1
Canon 37pin	2	Hnědá	Canon 37pin	2
Canon 37pin	3	Zelená	Canon 37pin	3
Canon 37pin	4	Žlutá	Canon 37pin	4
Canon 37pin	5	Šedá	Canon 37pin	5
Canon 37pin	6	Růžová	Canon 37pin	6
Canon 37pin	7	Modrá	Canon 37pin	7
Canon 37pin	8	Červená	Canon 37pin	8
Canon 37pin	9	Černá	Canon 37pin	9
Canon 37pin	10	Hnědá s modrým pruhem	Canon 37pin	10
Canon 37pin	11	Růžová s hnědým pruhem	Canon 37pin	11
Canon 37pin	12	Fialová	Canon 37pin	12
Canon 37pin	13	Šedá s růžovým pruhem	Canon 37pin	13
Canon 37pin	14	Červená s modrým pruhem	Canon 37pin	14

Konektor	Pin	Barva izolace příslušného vodiče	Konektor	Pin
Canon 37pin	15	Bílá se zeleným pruhem	Canon 37pin	15
Canon 37pin	16	Hnědá se zeleným pruhem	Canon 37pin	16
Canon 37pin	17	Bílá se žlutým pruhem	Canon 37pin	17
Canon 37pin	18	Žlutá s hnědým pruhem	Canon 37pin	18
Canon 37pin	19	Bílá s šedým pruhem	Canon 37pin	19
Canon 37pin	20	Šedá s hnědým pruhem	Canon 37pin	20
Canon 37pin	21	Bílá s červeným pruhem	Canon 37pin	21
Canon 37pin	22	Bílá s černým pruhem	Canon 37pin	22
Canon 37pin	23	Bílá s modrým pruhem	Canon 37pin	23
Canon 37pin	24	Žlutá s červeným pruhem	Canon 37pin	24
Canon 37pin	25	Hnědá s červeným pruhem	Canon 37pin	25
Canon 37pin	26	Hnědá s černým pruhem	Canon 37pin	26
Canon 37pin	27	Zelená s červeným pruhem	Canon 37pin	27
Canon 37pin	28	Šedá se zeleným pruhem	Canon 37pin	28
Canon 37pin	29	Žlutá s šedým pruhem	Canon 37pin	29
Canon 37pin	30	Zelená s černým pruhem	Canon 37pin	30
Canon 37pin	31	Zelená s modrým pruhem	Canon 37pin	31
Canon 37pin	32	Růžová se zeleným pruhem	Canon 37pin	32
Canon 37pin	33	Žlutá s černým pruhem	Canon 37pin	33
Canon 37pin	34	Žlutá s modrým pruhem	Canon 37pin	34
Canon 37pin	35	Žlutá s růžovým pruhem	Canon 37pin	35
Canon 37pin	36	Bílá s růžovým pruhem	Canon 37pin	36
Canon 37pin	37		Canon 37pin	37

Kabel č. 3 – propojovací kabel Simatic - Technologie

Konektor Centronics 36pin vidlice <-> bez konektoru, zapojeno do signálních modulů PLC Simatic. Slouží k připojení signálů z technologické části modelu plnicí linky k řídicímu systému Simatic S7-313C. Viz obr. VII, kabel č. 3.

Tab. IX: Rozpis zapojení propojovacího kabelu Simatic <-> Technologie

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
1	Bílá	DO 0.0	22	Čerpadlo start
2	Hnědá	DO 0.1	23	Ventil otevřít
3	Zelená	DO 0.2	24	Dopravníky start
4	Žlutá	DO 0.3	25	Separátor aktivní
5	Šedá	DO 0.4	26	Nevyužito
6	Růžová	DO 0.5	27	Nevyužito
7	Modrá	DO 0.6	28	PA Conveyor busy
8	Červená	DO 0.7	29	PA Station busy
9	Černá	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
10	Hnědá s modrým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
11	Růžová s hnědým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
12	Fialová	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
13	Šedá s růžovým pruhem	DI 0.0	2	Nádrž B402 - plná
14	Červená s modrým pruhem	DI 0.1	3	Nádrž B401 - horní
15	Bílá se zeleným pruhem	DI 0.2	4	Nádrž B401 - dolní
16	Hnědá se zeleným pruhem	DI 0.3	5	Lahvička na pozici začátek
17	Bílá se žlutým pruhem	DI 0.4	6	Lahvička na pozici plň
18	Žlutá s hnědým pruhem	DI 0.5	7	Lahvička na pozici konec
19	Bílá s šedým pruhem	DI 0.6	8	Signální kabel připojen
20	Šedá s hnědým pruhem	DI 0.7	9	PA station free
21	Bílá s červeným pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
22	Bílá s černým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
23	Bílá s modrým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
24	Žlutá s červeným pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
25	Hnědá s červeným pruhem	AI 0	2	Výška hladiny, 0..10V
26	Hnědá s černým pruhem	AI 0	3	Výška hladiny, 4..20mA
27	Zelená s červeným pruhem	AI 0	4	Analog GND (Mana-in)
28	Šedá se zeleným pruhem	AI 0	4	Analog GND (Mana-in)
29	Žlutá s šedým pruhem	AI 1	5	Nevyužito
30	Zelená s černým pruhem	AI 1	6	Nevyužito

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
31	Zelená s modrým pruhem	AI 1	7	Analog GND (Mana-in)
32	Růžová se zeleným pruhem	AI 1	7	Analog GND (Mana-in)
33	Žlutá s černým pruhem	AO 0	16	Otáčky čerpadla, 0..10V
34	Žlutá s modrým pruhem	AO 0	17	Otáčky čerpadla, 4..20mA
35	Žlutá s růžovým pruhem	AO 0	20	Analog GND (Mana-out)
36	Bílá s růžovým pruhem	AO 0	20	Analog GND (Mana-out)

Kabel č. 4 – propojovací kabel Simatic - Rozšiřující modul

Konektor Canon 37pin vidlice <-> bez konektoru, zapojeno do signálních modulů PLC

Simatic. Slouží k připojení signálů z Rozšiřujícího modulu linky k řídicímu systému Simatic S7-313C. Viz obr. VII, kabel č. 4.

Tab. X: Rozpis zapojení propojovacího kabelu Simatic <-> Rozšiřující modul

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
1	Bílá	DO 1.0	32	LED 0
2	Hnědá	DO 1.1	33	LED 1
3	Zelená	DO 1.2	34	LED 2
4	Žlutá	DO 1.3	35	LED 3
5	Šedá	DO 1.4	36	LED 4
6	Růžová	DO 1.5	37	LED 5
7	Modrá	DO 1.6	38	LED 6
8	Červená	DO 1.7	39	LED 7
9	Černá	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
10	Hnědá s modrým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
11	Růžová s hnědým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
12	Fialová	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
13	Šedá s růžovým pruhem	DI 1.0	12	Tlačítko 0
14	Červená s modrým pruhem	DI 1.1	13	Tlačítko 1
15	Bílá se zeleným pruhem	DI 1.2	14	Tlačítko 2

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
16	Hnědá se zeleným pruhem	DI 1.3	15	Tlačítko 3
17	Bílá se žlutým pruhem	DI 1.4	16	Přepínač 0
18	Žlutá s hnědým pruhem	DI 1.5	17	Přepínač 1
19	Bílá s šedým pruhem	DI 1.6	18	Nevyužito
20	Šedá s hnědým pruhem	DI 1.7	19	Nevyužito
21	Bílá s červeným pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
22	Bílá s černým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
23	Bílá s modrým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
24	Žlutá s červeným pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
25	Hnědá s červeným pruhem	AI 2	8	Potenciometr, 0..10V
26	Hnědá s černým pruhem	AI 2	9	Potenciometr, 4..20mA
27	Zelená s červeným pruhem	AI 2	10	Analog GND (Mana-in)
28	Šedá se zeleným pruhem	AI 2	10	Analog GND (Mana-in)
29	Žlutá s šedým pruhem	AI 3	11	Nevyužito
30	Zelená s černým pruhem	AI 3	12	Nevyužito
31	Zelená s modrým pruhem	AI 3	13	Analog GND (Mana-in)
32	Růžová se zeleným pruhem	AI 3	13	Analog GND (Mana-in)
33	Žlutá s černým pruhem	AO 1	18	Nevyužito
34	Žlutá s modrým pruhem	AO 1	19	Nevyužito
35	Žlutá s růžovým pruhem	AO 1	20	Analog GND (Mana-out)
36	Bílá s růžovým pruhem	AO 1	20	Analog GND (Mana-out)
37				

Kabel č. 5 – propojovací kabel Foxtrot - Technologie

Konektor Centronics 36pin vidlice <-> bez konektoru, zapojen do signálních modulů PLC Foxtrot. Slouží k připojení signálů z technologické části modelu plnicí linky k řídicímu systému Foxtrot. Viz obr. VII, kabel č. 5.

Tab. XI: Rozpis zapojení propojovacího kabelu Foxtrot <-> Technologie

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
1	Bílá	OS-1401, DO 0	A6	Čerpadlo start
2	Hnědá	OS-1401, DO 1	A7	Ventil otevřít
3	Zelená	OS-1401, DO 2	A8	Dopravníky start
4	Žlutá	OS-1401, DO 3	A9	Separátor aktivní
5	Šedá	OS-1401, DO 8	B6	Nevyužito
6	Růžová	OS-1401, DO 9	B7	Nevyužito
7	Modrá	OS-1401, DO10	B8	PA Conveyor busy
8	Červená	OS-1401, DO11	B9	PA Station busy
9	Černá	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
10	Hnědá s modrým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
11	Růžová s hnědým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
12	Fialová	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
13	Šedá s růžovým pruhem	CP-1015, DI 2	B6	Nádrž B402 – plná
14	Červená s modrým pruhem	CP-1015, DI 3	B7	Nádrž B401 – horní
15	Bílá se zeleným pruhem	CP-1015, DI 4	B8	Nádrž B401 – dolní
16	Hnědá se zeleným pruhem	CP-1015, DI 5	B9	Lahvička na pozici start
17	Bílá se žlutým pruhem	IB-1301, DI 0	A6	Lahvička na pozici plň
18	Žlutá s hnědým pruhem	IB-1301, DI 1	A7	Lahvička na pozici konec
19	Bílá s šedým pruhem	IB-1301, DI 2	A8	Signální kabel připojen
20	Šedá s hnědým pruhem	IB-1301, DI 3	A9	PA station free
21	Bílá s červeným pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
22	Bílá s černým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
23	Bílá s modrým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
24	Žlutá s červeným pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
25	Hnědá s červeným pruhem	CP-1015, AI 0	B4	Výška hladiny, 0..10V
26	Hnědá s černým pruhem			
27	Zelená s červeným pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Mana-in)
28	Šedá se zeleným pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Mana-in)
29	Žlutá s šedým pruhem			
30	Zelená s černým pruhem			

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
31	Zelená s modrým pruhem			
32	Růžová se zeleným pruhem			
33	Žlutá s černým pruhem	CP-1015, AO 0	B2	Otáčky čerpadla, 0..10V
34	Žlutá s modrým pruhem			
35	Žlutá s růžovým pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Man-out)
36	Bílá s růžovým pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Man-out)

Kabel č. 6 – propojovací kabel Foxtrot - Rozšiřující modul

Konektor Canon 37pin vidlice <-> bez konektoru, zapojen do signálních modulů PLC Foxtrot. Slouží k připojení signálů z Rozšiřujícího modulu linky k řídicímu systému Foxtrot.

Viz obr. VII, kabel č. 6.

Tab. XII: Rozpis zapojení propojovacího kabelu Foxtrot <-> Rozšiřující modul

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
1	Bílá	CP-1015, DO 0	D2	LED 0
2	Hnědá	CP-1015, DO 1	D3	LED 1
3	Zelená	CP-1015, DO 2	D4	LED 2
4	Žlutá	CP-1015, DO 3	D7	LED 3
5	Šedá	OS-1401, DO 4	B2	LED 4
6	Růžová	OS-1401, DO 5	B3	LED 5
7	Modrá	OS-1401, DO 6	B4	LED 6
8	Červená	OS-1401, DO 7	B5	LED 7
9	Černá	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
10	Hnědá s modrým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
11	Růžová s hnědým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
12	Fialová	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
13	Šedá s růžovým pruhem	IB-1301, DI 4	B2	Tlačítko 0
14	Červená s modrým pruhem	IB-1301, DI 5	B3	Tlačítko 1
15	Bílá se zeleným pruhem	IB-1301, DI 6	B4	Tlačítko 2

Pin	Barva	Místo připojení	Svorka	Popis
16	Hnědá se zeleným pruhem	IB-1301, DI 7	B5	Tlačítko 3
17	Bílá se žlutým pruhem	IB-1301, DI 8	B6	Přepínač 0
18	Žlutá s hnědým pruhem	IB-1301, DI 9	B7	Přepínač 1
19	Bílá s šedým pruhem	IB-1301, DI 10	B8	Nevyužito
20	Šedá s hnědým pruhem	IB-1301, DI 11	B9	Nevyužito
21	Bílá s červeným pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
22	Bílá s černým pruhem	Napájecí svorka	+24V	Napájení +24V
23	Bílá s modrým pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
24	Žlutá s červeným pruhem	Napájecí svorka	0V	Napájení 0V
25	Hnědá s červeným pruhem	CP-1015, AI 1	B5	Potenciometr, 0..10V
26	Hnědá s černým pruhem			
27	Zelená s červeným pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Mana-in)
28	Šedá se zeleným pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Mana-in)
29	Žlutá s šedým pruhem			
30	Zelená s černým pruhem			
31	Zelená s modrým pruhem			
32	Růžová se zeleným pruhem			
33	Žlutá s černým pruhem	CP-1015, AO 1	B3	Nevyužito
34	Žlutá s modrým pruhem			
35	Žlutá s růžovým pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Mana-out)
36	Bílá s růžovým pruhem	CP-1015, GND	B1	Analog GND (Mana-out)
37				

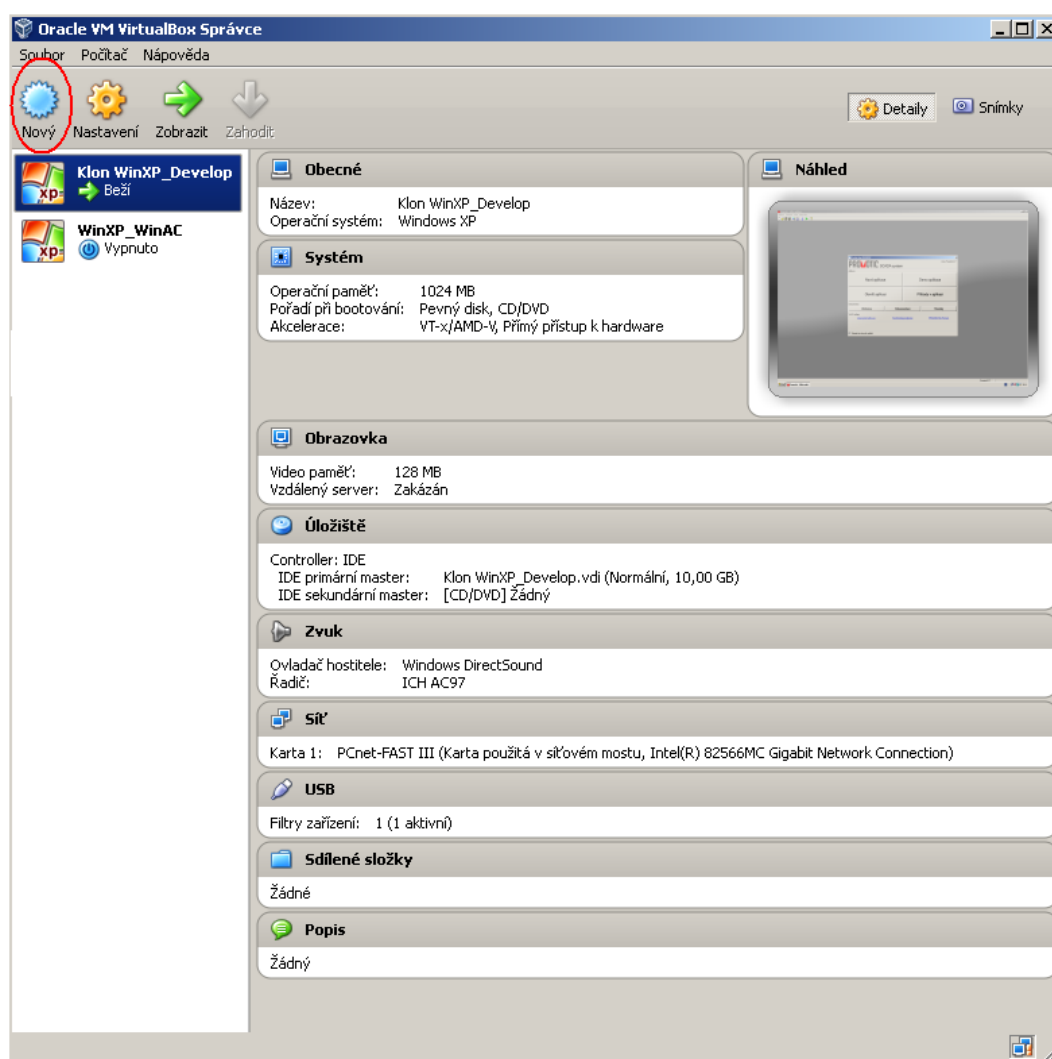
PŘÍLOHA P III: ORACLE VM VIRTUAL BOX

Instalace Oracle VM Virtual Box:

Oracle VM Virtual Box se nainstaluje pomocí instalačního souboru, který lze volně stáhnout z webových stránek www.virtualbox.org. Je doporučeno používat aktuální verzi. Jedná se o standardní instalační proces jako u ostatního softwaru.

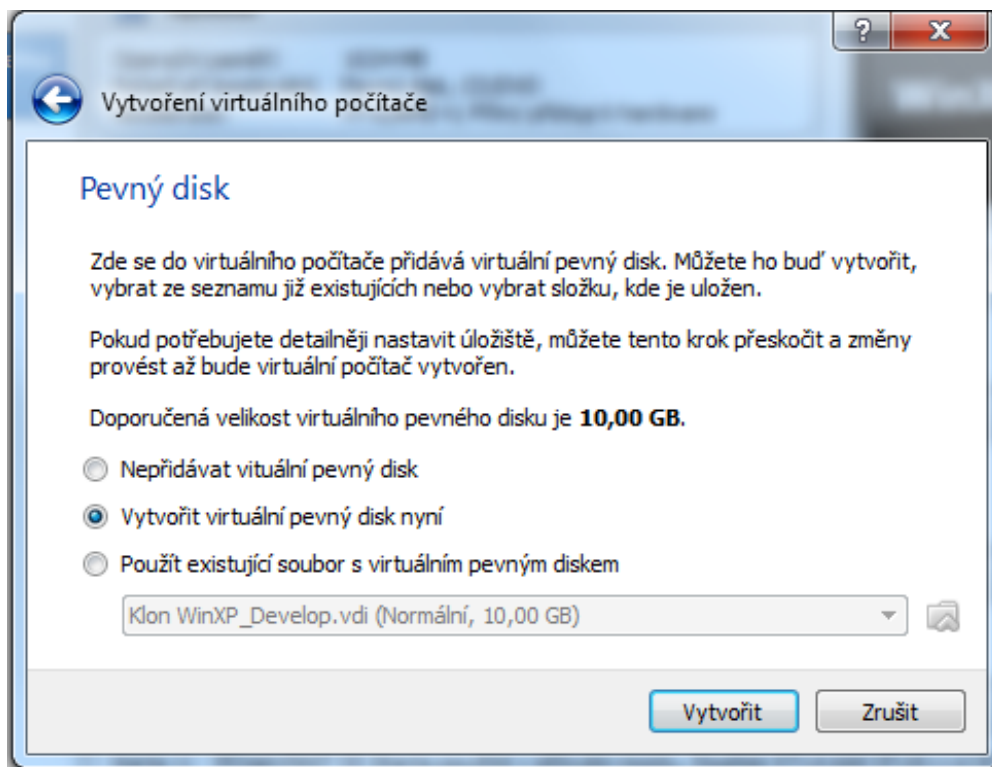
Vytvoření virtuálního počítače:

Nový virtuální počítač lze vytvořit kliknutím na ikonku „Nový“. Tím je spuštěn průvodce, který vyžaduje zadat název nového virtuálního počítače a velikost fyzické operační paměti alokované pro virtuální počítač v případě jeho spuštění (při překročení ½ fyzické operační paměti je vypsáno upozornění).



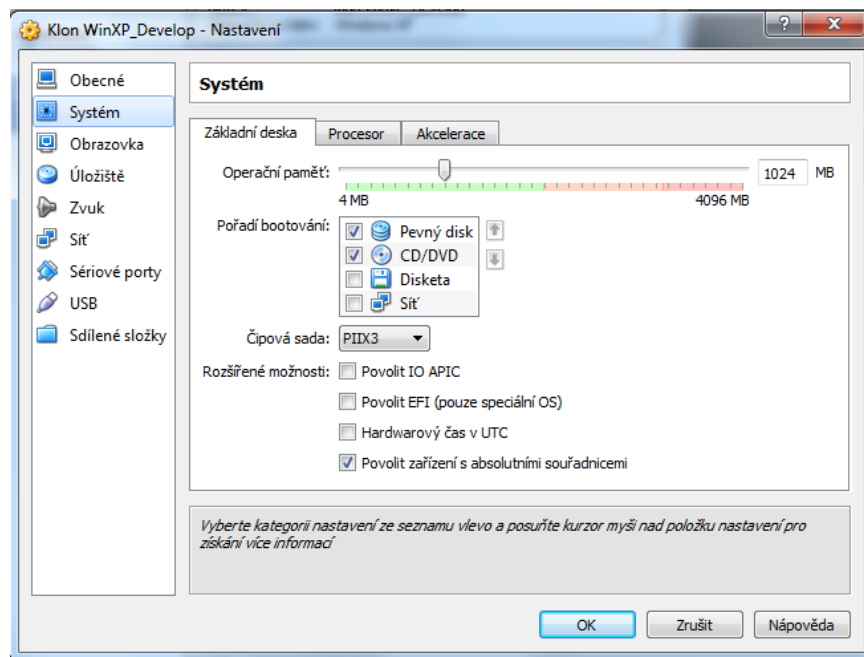
Obr. VIII: Vytvoření nového virtuálního počítače – spuštění průvodce

Dále je potřeba zvolit podmínky pro vytvoření virtuálního pevného disku. Zde je možné vybrat z několika podporovaných formátů, do kterých je disk virtuálního počítače uložen. Bližší informace k jednotlivým formátům lze získat na webových stránkách výrobce, případně v nápovědě.



Obr. IX: Výběr podmínek virtuálního pevného disku

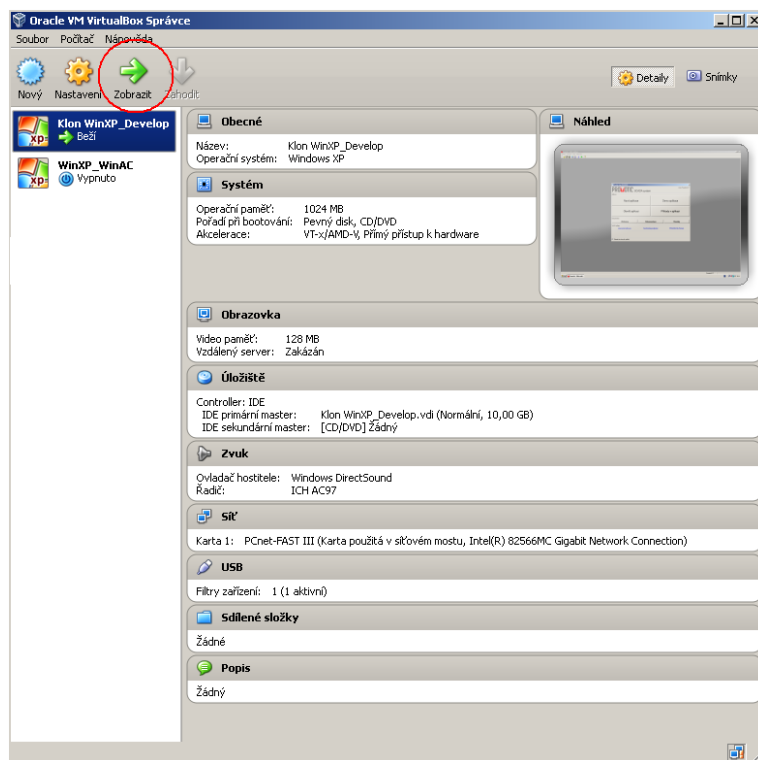
Po vytvoření virtuálního pevného disku je již virtuální počítač připraven k používání. Nastavení jména, velikosti operační paměti alokované pro virtuální počítač v případě jeho spuštění atp. lze změnit v konfiguračním menu. Zde je také možné nastavit pořadí při bootování, počet, typ a IP adresy síťových karet, hardwarovou podporu virtuálního počítače v procesoru PC apod.



Obr. X: Konfigurační menu virtuálního počítače

Spuštění, režim obrazovky a vypnutí virtuálního počítače:

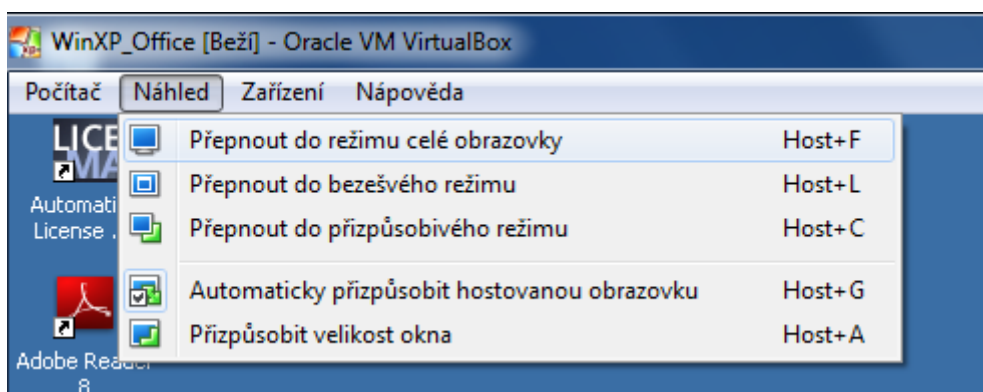
Pokud je virtuální počítač nakonfigurován, je možné jej spustit kliknutím na ikonu „Zobrazit“ umístěnou vlevo nahoře.



Obr. XI: Spuštění virtuálního počítače

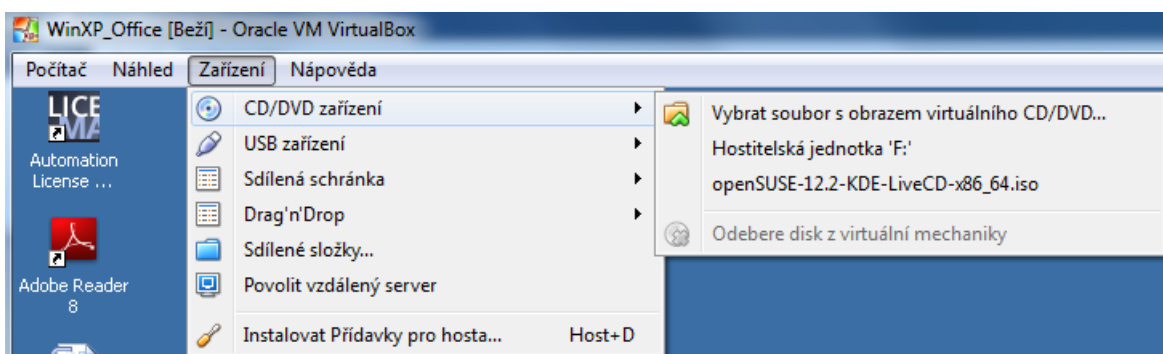
Tím dojde ke startu virtuálního počítače, tzn. bootování dle zadaného pořadí virtuálních disků a CD mechanik.

Užitečnou vlastností je možnost přepnout zobrazování obsahu virtuálního počítače do celoobrazovkového režimu. Tato volba je přístupná přes „Náhled -> Přepnout do režimu celé obrazovky“.



Obr. XII: Přepnutí obrazovky

Po prvním spuštění virtuálního počítače je obvykle nutné provést instalaci operačního systému. K tomu lze použít *.iso soubor s uloženým image instalačního disku operačního systému, případně fyzického CD/DVD disku s instalací operačního systému. Nastavení cesty k *.iso souboru, případně fyzické CD/DVD mechanice se provádí v menu „Zařízení -> CD/DVD zařízení“.



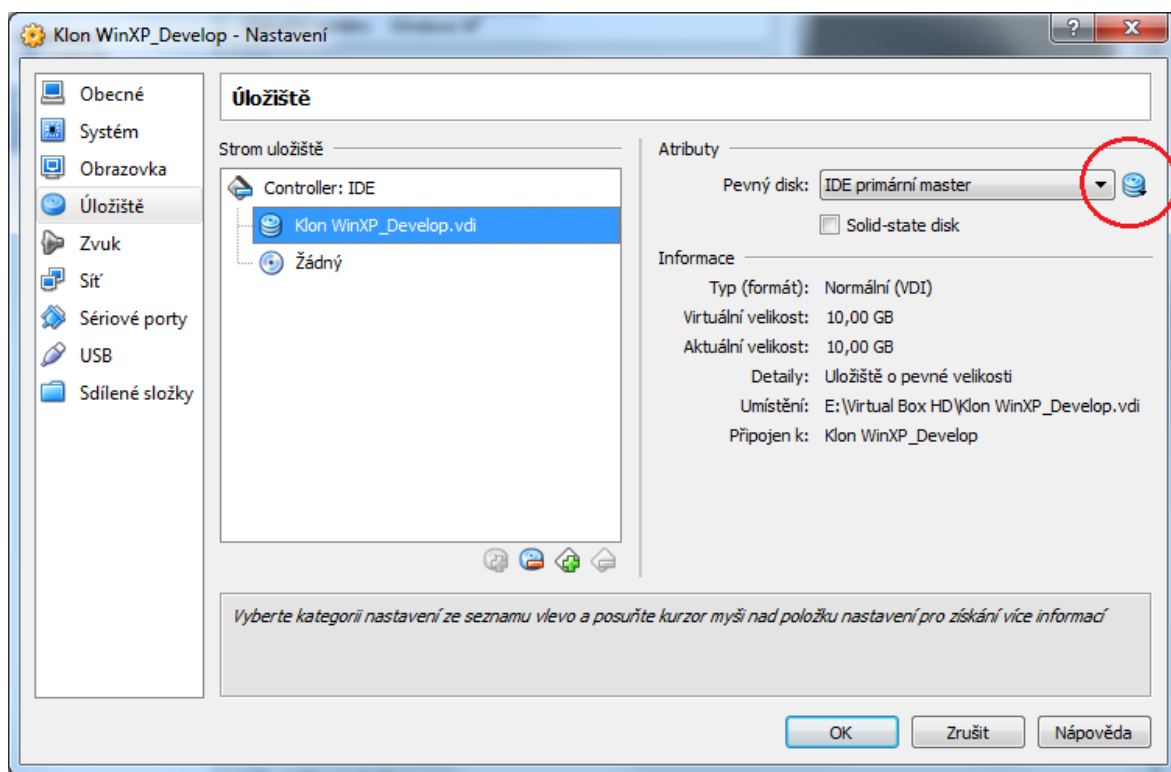
Obr. XIII: Nastavení cesty CD/DVD mechaniky

Zde je nutné upozornit na možné porušení licenčních ujednání v případě instalace operačního systému, na který nemá uživatel platnou licenci. Z licenčních důvodů není např.

možné do virtuálního počítače nainstalovat operační systém Microsoft Windows zakoupený jako „OEM“, pokud je ta samá kopie operačního systému již nainstalována na nějakém jiném (fyzickém nebo virtuálním) počítači. Bližší informace o problematice licencí je zpravidla možné najít na webových stránkách výrobce příslušného operačního systému.

Obnovení virtuálního počítače:

Pro případ potřeby obnovení virtuálního počítače do původního stavu se doporučuje mít zálohu původního virtuálního pevného disku reprezentujícího celý virtuální počítač. Pak lze nastavením cesty na tuto zálohu, nebo zkopírováním záložního souboru místo souboru původně reprezentující virtuální počítač docílit obnovení virtuálního počítače do stavu, ve kterém se nacházel v době vytvoření zálohy.



Obr. XIV: Přiřazení cesty k virtuálnímu disku počítače

PŘÍLOHA P IV: OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

Přiložené CD obsahuje:

- elektronická verze diplomové práce ve formátu *.pdf
- složka s fotografiemi modelu linky pro plnění lahví
- složka se softwarovými projekty popisovanými v diplomové práci

Toto CD je uloženo na vnitřní straně desek diplomové práce.