

# **Řízení modelu automatizovaného skladiště palet programovatelným automatem**

Control of an automatic warehouse pallet model using  
programmable logic controller

Bc. Vojtěch Bartoš

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Vojtěch BARTOŠ  
Osobní číslo: A09442  
Studijní program: N 3902 Inženýrská informatika  
Studijní obor: Automatické řízení a informatika

Téma práce: Řízení modelu automatizovaného skladiště palet  
programovatelným automatem

### Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární řešení na téma týkající se způsobu řízení programovatelných automatů.
2. Proveďte návrh modelu skladiště palet. Model zakomponujte do pracoviště obsahující i PC k programování PLC.
3. Realizujte návrh modelu i pracoviště.
4. Pro daný model vytvořte ilustrativní příklady.
5. Realizujte vizualizaci řízeného systému ve vybraném SCADA/HMI systému.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. CENDELÍN, J. Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. Automa [online]. 2004, roč. 3, č. 06 [cit. 2011-01-30]. Dostupný z WWW: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\_document=28831]
2. BOLTON, W. Programmeble logic controllers. 5th ed. Oxford: Newnes, 2009, 400s.
3. KOSEK, J. Téměř vše o WWW [online]. c1999-2006, 21.5.2007 [cit. 2011-01-30]. Dostupný z WWW: [http://www.kosek.cz].
4. MARTINÁSKOVÁ, M., ŠMEJKAL, L. Řízení programovatelnými automaty III: softwarové vybavení. 1. Vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. 161 s.
5. Moravské přístroje [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW: [http://www.mii.cz].
6. ŠMEJKAL, L., MARTINÁSKOVÁ, M. PLC a automatizace. 2.dotisk, 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2003. 224 s.
7. ŠMEJKAL, L., MARTINÁSKOVÁ, M. PLC a automatizace 2. Praha: BEN-technická literatura, 2005. 208 s.
8. Teco. Řídící systémy pro stroje, procesy, budovy a dopravu [online]. [cit. 2011-01-30]. Dostupný z WWW: [http://www.tecomat.cz].

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Pavel Navrátil, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**25. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce:

**3. června 2011**

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Abstrakt česky

Tématem diplomové práce je návrh a konstrukce modelu automatizovaného skladiště palet tvořící celkové pracoviště s PC. Dále jeho uvedení do provozu a vytvoření komplexního programu podle normy IEC 61131-3 pro ovládání pohybu zakladače. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou, kde první část obsahuje literární rešerši na téma řízení pomocí PLC a vizualizace. V následující části je popsán návrh modelu, jeho konstrukce provedení a vytvořený program pro ovládání. Model je řízen programovatelným automatem Foxtrot od české společnosti Teco a.s.

Klíčová slova: *skladiště palet, PLC, Foxtrot*

## ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The theme of this thesis is design and construction of an automated controller of warehouse pallets model forming together with PC a complete workplace. Furthermore, its entry into service and creation of a comprehensive controlling program in accordance with IEC 61131-3 to move the spreader was done. The work is divided into theoretical and practical part, where the first one contains the literature search on the topic of PLC and visualization. The following section describes the proposed model, its design and implementation of the program designed to control the warehouse model. Heart of the model is a programmable controller Foxtrot from the Czech company Teco a.s.

Keywords: *warehouse pallet, PLC, Foxtrot*

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Pavlu Navrátilovi, Ph.D. z Ústavu automatizace a řídicí techniky a panu Ing. Michalu Brázdovi. Společnostem Chambrelan, LappGroup, Bosch Rextrot za poskytnuté konstrukční prvky pro tvorbu modelu. Dále firmě EDTS, ve které pracuji, za vší ochotu a poskytnuté volno pro realizaci projektu. A v neposlední řadě své rodině a nejbližším.

**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

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY</b> .....	<b>13</b>
2.1	UŽIVATELSKÝ PROGRAM .....	13
2.2	HISTORIE PLC .....	14
2.3	KATEGORIE HARDWARU PLC SYSTÉMU .....	15
2.3.1	Konstrukční provedení PLC .....	15
2.3.2	CPU moduly .....	18
2.3.3	Napájecí moduly .....	19
2.3.4	Vstupně/výstupní moduly .....	19
2.3.5	Komunikační moduly .....	19
2.3.6	Speciální moduly .....	20
<b>3</b>	<b>SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ PLC</b> .....	<b>21</b>
3.1	NORMA IEC 61131-3 .....	21
3.2	SPOLEČNÉ PRVKY .....	21
3.2.1	Typy dat .....	21
3.2.2	Proměnné .....	23
3.2.3	Konfigurace a zdroje .....	23
3.2.4	Programové organizační jednotky .....	24
3.3	PROGRAMOVACÍ JAZYKY .....	25
3.3.1	IL – Jazyk seznamu instrukcí .....	25
3.3.2	ST – Strukturovaného textu .....	26
3.3.3	LD – Jazyk kontaktních schémat .....	26
3.3.4	FBD – Jazyk funkčních blokových schémat .....	27
3.4	ZPŮSOBY ŘÍZENÍ PLC .....	27
3.4.1	Kombinační logické řízení .....	27
3.4.2	Sekvenční řízení .....	28
3.5	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ MOSAIC .....	29
3.5.1	Popis vývojového prostředí programu MOSAIC .....	30
3.5.2	Základní struktura pro práci s normou IEC 61131-3 – IEC manažer .....	32
<b>4</b>	<b>POUŽITÝ PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT</b> .....	<b>33</b>
4.1	CENTRÁLNÍ JEDNOTKA CP – 1005 .....	33
4.1.1	Systémové parametry .....	34
4.1.2	Indikační prvky a možnosti nastavení .....	35
4.2	MODUL DIGITÁLNÍCH VSTUPŮ IB – 1301 .....	37
4.2.1	Základní parametry binárních vstupů .....	37
4.2.2	Indikační prvky a možnosti nastavení .....	38
4.2.3	Typické zapojení binárních vstupů k modulu IB-1301 .....	39
4.3	MODUL DIGITÁLNÍCH VÝSTUPŮ OS – 1401 .....	40
4.3.1	Základní parametry binárních výstupů .....	40
4.3.2	Indikační prvky a možnosti nastavení .....	41
4.3.3	Typické zapojení binárních výstupů k modulu OS-1401 .....	41
<b>5</b>	<b>VIZUALIZACE</b> .....	<b>43</b>

5.1	VIZUALIZAČNÍ SYSTÉM .....	44
5.1.1	Technické vybavení vizualizačního systému .....	44
5.1.2	Vlastnosti vizualizačního programového vybavení .....	45
5.1.3	Struktura vizualizačního programu .....	45
5.2	CONTROL WEB .....	46
5.2.1	Předchůdci Control Webu .....	46
5.2.2	Současnost Control Webu .....	47
5.3	WEB SERVER .....	47
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>NÁVRH MODELU .....</b>	<b>50</b>
6.1	POŽADAVKY NA MODEL .....	50
6.2	NÁVRH MECHANICKÉ ČÁSTI .....	50
6.2.1	Lineární kolejnicové vedení .....	51
6.2.2	Hliníkové profily .....	52
6.2.3	Elektromotorky .....	53
6.2.4	Ozubená kola a hřebeny .....	54
6.2.5	Energetické řetězy .....	55
6.2.6	Rám uchycovací krycí plexiskla .....	56
6.3	NÁVRH ELEKTRICKÉ ČÁSTI .....	56
6.3.1	Obvod pro ovládání směru otáčení elektromotorů .....	57
6.3.2	Mechanické spínače polohy .....	58
6.3.3	Magnetické snímače polohy .....	59
6.3.4	Elektromagnetická relé .....	59
6.4	NAVRŽENÝ MODEL .....	60
<b>7</b>	<b>REALIZACE MODELU .....</b>	<b>62</b>
7.1	REALIZACE MECHANICKÉ ČÁSTI .....	62
7.1.1	Hlavní část - zakladač .....	62
7.1.2	Regál pro uložení palet .....	63
7.1.3	Stolce pro náklad a vyložení palet .....	64
7.1.4	Paletky .....	64
7.1.5	Rám modelu a plexiskla .....	64
7.2	REALIZACE ELEKTRICKÉ ČÁSTI .....	65
7.2.1	Ovládací panel .....	66
7.2.2	Propojení s vnějším prostředím .....	66
<b>8</b>	<b>PROGRAMOVÁ ČÁST .....</b>	<b>67</b>
8.1	UKÁZKOVÝ PROGRAM PRO PLC FOXTROT .....	67
8.1.1	Princip vykonávání programu .....	67
8.1.2	Přehled programu .....	69
8.2	VIZUALIZACE V PROSTŘEDÍ CONTROL WEB .....	71
8.2.1	Princip běhu vizualizace .....	71
8.2.2	Komunikace Control Webu s PLC Foxtrot .....	72
8.3	VIZUALIZACE V PROSTŘEDÍ WEB MAKER .....	72
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>74</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>78</b>

<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>81</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>83</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>84</b>

## 1 ÚVOD

Použití programovatelných automatů (dále jen PLC) se stalo neoddelitelnou součástí pro řízení výrobních technologických procesů, linek a zařízení již v 80. letech minulého století. Mezi hlavní impulsy pro vývoj a nasazení PLC do průmyslu, bylo bezesporu nahrazení prvků jako jsou průmyslové regulátory, reléová a bezkontaktní logika. Reléová logika byla tvořena někdy velkým množstvím relé, propojených mezi sebou, za cílem kýženého výsledku. Vše bylo nepřehledné a při hledání vzniklých poruch a závad, nastal nemalý problém poruchu odstranit a uvést zařízení znovu do chodu. PLC umějí elegantně pracovat jak s reléovými poli, tak logickými funkcemi a není zapotřebí žádných hardwarových prvků, ale vše je tvořeno uživatelským programem. Díky tomuto systému, vznikl ideální nástroj pro řízení a jednoduchým zásahem do programu i rychle překonfigurovatelný. V dnešní době je zejména spolehlivost a dlouhá životnost jednotlivých elementů, hlavním požadavkem na trhu ne jenom s automatizací. V průmyslové výrobě pracují linky a stroje většinou 24 hodin denně ve 3 směnném provozu, 7 dní v týdnu a takřka celý rok. Proto časté poruchy a odstavení stroje si daný podnik nemůže a hlavně nechce dovolit, neboť jednotlivé linky svými polotovary navazují na druhé a tím vznikají velké finanční ztráty. Pomocí PLC systémů dokážou zařízení pracovat podle určitého harmonogramu, aniž by docházelo k častým kolizím, které nejsou ve většině případů způsobeny samotným PLC, ale akčními prvky, jako jsou snímače, ventily a pohony, které jsou vystavovány extrémním podmínkám provozu. PLC systémy jsou obsaženy ve všech oborech průmyslu jako je hutnictví, strojírenství, energetika, gumárenská výroba atd. Nasazení PLC systémů je v širokém spektru průmyslu, ale v dnešní době i v neprůmyslových odvětvích jako je doprava (vlaková, silniční, ...), řízení inteligentní budov a rodinných domů. Proto je poptávka po kvalifikovaných odbornících v oboru PLC programování a projekce žádaná a z dlouhodobějšího hlediska nezaniknutelná. Jedním z výhledů této diplomové práce je také vytvořený model automatizovaného skladiště palet, který vznikl po shlednutí několika obdobných systémů v koncernu Barum Continental v Otrokovicích. Automatizované zakladačové systémy mají své uplatnění k uskladňování zboží a materiálu, jak v menších i velkých skladovacích halách, tak zejména centrálních skladech obřích rozměrů.

Daný model bude využit v laboratořích PLC, kde se již v současnosti nachází několik zajímavých funkčních modelů, které jsou řízeny pomocí PLC SAIA nebo PLC TECOMAT. Programování na reálných modelech, které se v praxi běžně vyskytují,

může být pro studenty jistým přínosem, neboť si mohou ověřit své programy s funkčním členem, který je pomocí PLC řízen a získat představu o použití těchto systémů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

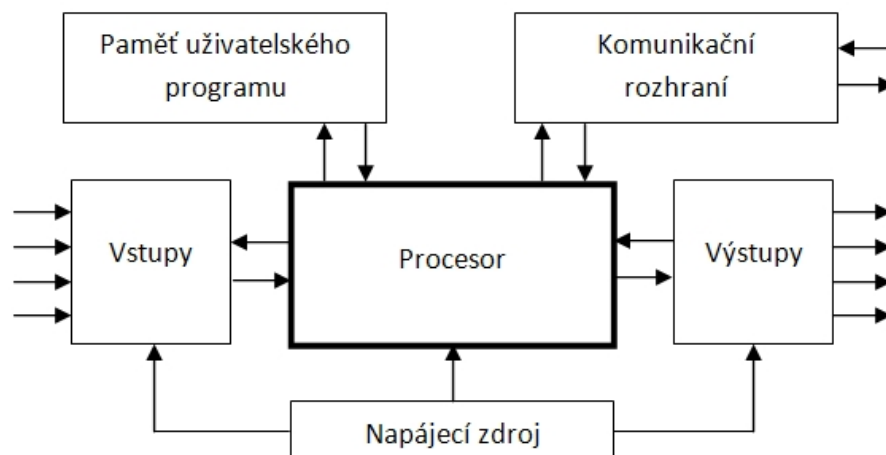
## 2 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelný automat (*Programmable logic controller*), nebo-li PLC je přístroj, který slouží na řešení komplexních úloh řízení v automatizaci. Je hlavní částí průmyslové automatizace, která se skládá z dalších částí:

- prvky ovládací či snímací - digitální nebo analogové senzory, tlačítka, ovladače, pohonné jednotky (elektrické motory, frekvenční měniče, pneumatické ventily, ...), atd.,
- zobrazovací jednotky – displeje, panely HMI a SCADA.

PLC je uživatelsky programovatelný číslicový počítač, který má proti běžným počítačům některé specifické vlastnosti, které ho posouvají do cílové oblasti jeho nasazení. PLC systém pomocí číslicových nebo analogových vstupních nebo výstupních jednotek získává a předává informace do řízeného zařízení. Algoritmy jsou uloženy v paměti uživatelského programu, který se cyklicky vykonává.[1]

Oproti běžným počítačům je PLC přizpůsobeno na provoz v prašném, vlhkém, teplotně škálovitém, vibrujícím prostředí, které je typické pro průmysl. Skládá se z několika hlavních částí, které jsou znázorněny na obrázku (viz Obrázek 1).[2]

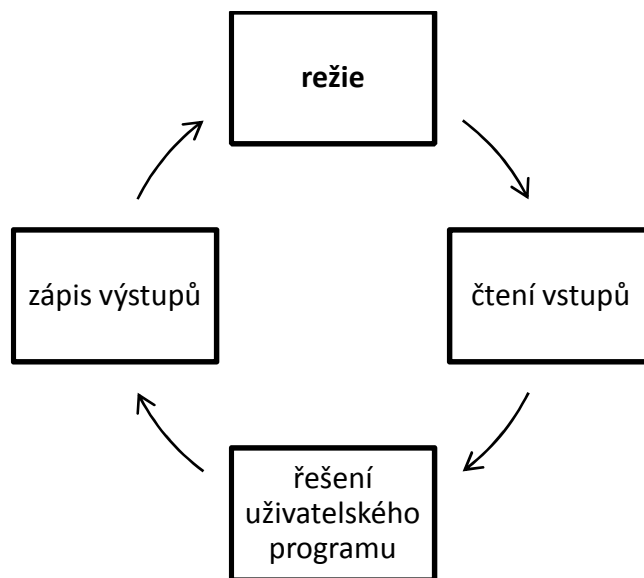


Obrázek 1 – Struktura PLC systému

### 2.1 Uživatelský program

Řídící algoritmus programovatelného automatu je vytvořen posloupností instrukcí v paměti uživatelského programu. Centrální jednotka postupně čte z této paměti jednotlivé instrukce, provádí příslušné operace s daty v zápisníkové paměti a zásobníku, případně

provádí přechody v posloupnosti instrukcí, je-li instrukce ze skupiny organizačních instrukcí. Jsou-li provedeny všechny instrukce požadovaného algoritmu, provádí centrální jednotka aktualizaci výstupních proměnných do výstupních periferních modulů a aktualizuje stavy ze vstupních periferních modulů do zápisníkové paměti. Tento děj se stále opakuje a nazýváme jej cyklem programu (viz obrázek 2). Jednorázová aktualizace stavů vstupních proměnných během celého cyklu programu odstraňuje možnosti vzniku hazardních stavů při řešení algoritmu řízení (během výpočtu nemůže dojít ke změně vstupních proměnných).[1]



Obrázek 2 – Cyklus řešení uživatelského programu

čtení vstupů – přepis hodnot ze vstupních modulů PLC do oblasti X v zápisníkové paměti

zápis výstupů – přepis hodnot vypočtených programem z oblasti Y do výstupních modulů

režie – příprava centrální jednotky PLC k řešení dalšího cyklu programu

## 2.2 Historie PLC

Myšlenka použití počítačů v přímém řízení je jen o málo mladší než samy počítače. Pokusy o konstrukci počítačů použitelných v automatizaci, a tedy vyhovujících požadavkům na činnost v reálném čase, se datují již od konce 50. let minulého století. Stále rostoucí výkonnost a spolehlivost počítačů při současně klesající ceně a požadavcích na provozní podmínky vedly na začátku 70. let k situaci, kdy bylo možné reálně uvažovat o efektivním a masovém uplatnění počítačů v automatizaci. V té době bylo také projektováno mnoho automatizovaných systémů vybavených počítači. Stále však šlo

o etapu pokusů a ověřování. Podle výsledků statistických šetření – provedených tehdy ústavem INORGA – bylo v oboru těžkého strojírenství a hutnictví na celém světě zhruba 60 % projektů počítačově automatizovaných systémů neúspěšných. Od této doby však počet aplikací i počet úspěšných projektů a dokončených děl plynule rostl. V cestě širšímu uplatnění počítačů v přímém řízení stála relativně velká cena počítačových systémů. Bylo co zlepšovat i ve spolehlivosti, výkonnosti a dalších parametrech důležitých pro aplikace. Všechny tyto problémy v jisté míře přetrvávají dodnes, ale již nejsou hlavní překážkou aplikací. Do popředí však neustále, a v současné době čím dál tím více, vystupuje otázka ekonomické efektivity. Zmíněné otázky však nejsou námětem tohoto referátu. Hospodárnost ale byla v 70. letech dvacátého století důvodem, který vedl ke konstrukci specializovaných počítačových systémů, jež se i v tehdejších podmínkách již dokázaly efektivně uplatnit v automatizaci v průmyslu.[3]

### 2.3 Kategorie hardwaru PLC systému

PLC systémy lze charakterizovat podle různých parametrů, které popisují jejich použití pro danou úlohu vykonávání. Jak je již známo, PLC mají v dnešní době uplatnění v celé řadě odvětví průmyslu, ale i neprůmyslové oblasti, která se dotýká každého člověka. Proto PLC systémy jsou postaveny na základě použití podle rozsahu řízené úlohy a lze je rozdělit do několika skupin:

- konstrukční provedení,
- CPU moduly,
- napájecí moduly,
- vstupně/výstupní moduly,
- komunikační moduly,
- speciální moduly.

#### 2.3.1 Konstrukční provedení PLC

PLC systémy lze rozdělit podle konstrukčního provedení a flexibility vstupů/výstupů a speciálních obvodů na *kompaktní* a *modulární*.

## Kompaktní

Jde o systém, který obsahuje v jednom „těle“ CPU jednotku, vstupně/výstupní obvody digitální, nebo i analogové, základní komunikační port a v některých případech i napájecí zdroj. Použití kompaktních PLC je vhodné pro menší úlohy řízení, za předpokladu, že poskytované možnosti přístroje postačují vykonávání procesu a nebude v budoucnu docházet k velkým zásahům do řízeného procesu. Na obrázku (viz Obrázek 3) je znázorněn kompaktní PLC řady TC600, který se v několika počtech vyskytuje v laboratoři PLC na UTB ve Zlíně. Je vybaven 12 až 20 vstupními a až 20 výstupními binárními jednotkami v závislosti na použitých analogových vstupních a výstupních jednotkách, kterých může být max. 4 vstupní a 8 výstupních. Dále obsahuje rychlý čítač, pulzní snímač, 3 sériové komunikační rozhraní a paměť programu má velikosti 32 kB RAM a + záložní paměť EEPROM.[1]

Ke kompaktnímu PLC lze připojit jeden nebo více přídatných modulů, ale s omezeného sortimentu s pevnou kombinací vstupů a výstupů, např. modul s 8 binárními vstupy a 8 binárními výstupy, modul čítačů, analogový vstupní nebo výstupní modul, modul regulátoru atd.[4]



Obrázek 3 – Kompaktní PLC Tecomat TC600

## Modulární

Nesrovnatelně větší volnost ve volbě konfigurace mají modulární systémy oproti kompaktním. Modulární systémy mají k dispozici u každého výrobce velké množství modulů, které lze mezi sebou kombinovat a vytvořit tak složité struktury řízení. Každý výrobce PLC nabízí velké množství modulů, které napomáhají k vytvoření velmi individuálních úloh, jako jsou CPU moduly, napájecí, komunikační, vstupně/výstupní binární nebo analogové moduly, čítačové moduly, polohovací a jiné. Ukázka modulárního systému od společnosti Tecomat je znázorněna na obrázku (viz Obrázek 4). [4]



Obrázek 4 – Modulární PLC Tecomat TC700

PLC systémy se můžou rozdělit i podle počtu vstupně/výstupních (dále jen V/V) jednotek, kde už nezáleží, zda jde o kompaktní či modulární systém PLC:

- velmi malé - (někdy označována jako mikro PLC) – jedná se o základní typy PLC, které slouží k ovládání pouze několika (max. 20) V/V jednotek. Většinou nejsou vybaveny komunikací a programování je prováděno přímo pomocí tlačítek a displeje na těle přístroje,

- malé – většinou do 128 V/V jednotek, již bývají vybaveny komunikací a slouží k menším aplikacím,
- střední – počet V/V jednotek se pohybuje v rozmezí 128-512. Používají se ve většině průmyslových aplikacích. Jedná se již o modulární systémy a počet V/V jednotek je dán podle typu CPU,
- velké – PLC použitelné v nejnáročnějších aplikacích, kde počty V/V jednotek již přesáhly tisíce. Jedná se vždy o modulární systémy a jednotlivé karty jsou konstruovány ve velkém formátu.

### 2.3.2 CPU moduly

Tento modul tvoří jádro PLC a je zpravidla k dispozici v různém provedení dle výkonu procesoru. Modul CPU je také jediným modulem, ve kterém se během životnosti daného PLC dá pružně reagovat na vývoj mikroelektronické technologie. Moduly CPU mají též zabudováno některé programovací nebo komunikační rozhraní pro přenos programu do paměti programu. Moduly CPU kompaktních PLC musí toto programovací rozhraní obsahovat z principu, u modulárních záleží na výrobci, zda rozhraní provede samostatným modulem nebo zda jím vybaví modul CPU.

Modul CPU je zpravidla vybaven:

- procesorem s 16 nebo 32, výjimečně s 64 bitovým slovem,
- může být doplněn bitovým procesorem pro rychlé řešení logických rovnic (jen u velkých a některých středních PLC a u starší generace PLC),
- bitovými registry,
- paměti EPROM pro operační systém,
- paměti RAM (zálohovanou) pro aplikační program,
- paměti RAM (zpravidla zálohovanou) pro V/V data,
- programovacím rozhraním,
- standardizovaným rozhraním s protokolem pro sériovou komunikaci s nižší a vyšší řídicí úrovní.

### 2.3.3 Napájecí moduly

Slouží k napájení jednotlivých sestav PLC systému. Z pravidla jde o napájení 24V DC s požadavkem o dostatečnou redundanci proudové rezervy. Napájecí moduly volíme podle součtu proudových nároků jednotlivých modulů. Jedná se zpravidla o zdroj stejnosměrného napětí, kde na vstup je přivedeno 230V AC, které je transformováno na nižší napětí, usměrněno a stabilizováno na požadované napětí (v našem případě 24V). Některé napájecí moduly mohou mít funkci UPS, kdy při výpadku proudu, mohou po nějakou dobu (závislou na velikosti záložní baterie) PLC systémy pracovat a ukončit například chod programu, nebo odeslat informaci o výpadku elektrické energie na určitá místa.

### 2.3.4 Vstupně/výstupní moduly

V/V moduly tvoří základní stavební jednotku celého PLC, neboť k těmto modulům se připojují všechny důležité periferie dané aplikace. Rozdělujeme tyto jednotky na:

- vstupní digitální modul (Input digital) – zpracování binárních signálů (tlačítka, bezpečnostní prvky, digitální senzory, ...),
- vstupní analogový modul (Input analog) – určený pro zpracování a měření signálu z analogových senzorů (teplota, tlak, hmotnost, vzdálenost, rychlost, ...),
- výstupní digitální modul (Output digital) – ovládání motorů, měničů, světel, ventilů, sirén, ...,
- výstupní analogový modul (Output analog) – převádějí digitální hodnoty vypočtené CPU na analogový proudový nebo napěťový signál (nastavení rychlosti otáček pomocí frekvenčních měničů, teploty, řízení ventilů, šoupátek, ...).

### 2.3.5 Komunikační moduly

Komunikační moduly slouží za zabezpečení komunikace (předávání dat) mezi různými zařízeními a moduly v PLC struktuře. Centrální jednotky zpravidla bývají vybaveny komunikačními porty, ale v omezené míře. Proto pokud je zapotřebí a daná úloha si to vyžaduje, existují různé typy komunikačních modulů, které můžeme rozdělit do několika skupin a to na:

- komunikaci servisní – programování, diagnostika, atd.,

- komunikaci s nadřazenými prvky – SCADA, řízení výroby, ...,
- komunikaci s ostatními řídicími systémy – po průmyslových sběrnících (Profibus, CAN Bus, Modbus, AS Interface, Ethernet, ...),
- komunikace s moduly vzdálených V/V, inteligentními čidly a akčními prvky,
- komunikace s prvky HMI – operátorské panely,
- komunikační GSM, GPRS moduly – ovládání nebo získávání aktuálních informací z PLC systémů pomocí GSM nebo GPRS sítě.

### 2.3.6 Speciální moduly

Speciální moduly lze popsat jako moduly, které zabezpečují specifické požadavky na určité části řízení. Většinou zastupují funkce, které si vyžaduje ovládaný nebo snímaný prvek technologického procesu a klasické moduly nebo centrální jednotka by je nemohly vyhodnotit.

- Polohovací moduly - Moduly jsou určeny pro současné řízení několika os v různých režimech vzájemné vazby pohybu. Každá osa obsahuje regulační smyčku s PID regulátorem, kde vstupní informace o skutečné poloze je získávána pomocí inkrementálního snímače (IRC) nebo snímače polohy se sériovým komunikačním rozhraním (SSI). [1]
- Zesilovací moduly – nebo-li opakovací modul, se vkládá do komunikační sítě pokud je vzdálenost na hranici spolehlivosti, která je daná vlastnostmi sériové linky (max. 1200m).
- Teplotní moduly – snímání teploty z termočlánků, nebo odporových teploměrů (Pt100, Pt1000, Ni1000, ...).
- Čítačové moduly – moduly sloužící pro čítání pulzů od zařízení (např. inkrementálních senzorů polohy), kde je zapotřebí stálé čítání, protože čítače v centrálních jednotkách nedokážou vyhodnocovat impulzy s periodou nižší než je doba otočky programu.

### 3 SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ PLC

Během vývoje PLC systémů se vyvíjely také programovací jazyky, které se v dřívějších dobách lišily u každého výrobce nebo dokonce typu PLC. Proto byla snaha programovací jazyky sjednotit k ustáleným a jednotným jazykům u všech, nebo drtivé většině výrobců. Proto vznikla norma IEC 61131-3.

#### 3.1 Norma IEC 61131-3

Představuje první vážný pokus o standardizaci programovacích jazyků pro průmyslovou automatizaci. Je nezávislá na konkrétní organizaci či firmě a má širokou mezinárodní podporu. Norma IEC 61131-3 je třetí z rodiny norem IEC 61131.

Na normu 61131-3 je možné pohlížet z různých hledisek, např. tak, že je to výsledek náročné práce sedmi mezinárodních společností, které do vypracování normy vložily svoji desetiletou zkušenost na poli průmyslové automatizace, nebo tak, že ve svém souhrnu obsahuje asi 200 stran textu, a asi 60 tabulek. Na jejím vytváření pracoval tým patřící do pracovní skupiny SC65B WG7 mezinárodní standardizační organizace IEC (International Electrotechnical Commission). Výsledkem je specifikace syntaxe a sémantiky unifikovaného souboru programovacích jazyků, včetně obecného softwarového modelu a strukturujícího jazyka. Tato norma byla přijata jako směrnice u většiny významných výrobců PLC. Norma IEC 61131-3 se v podstatě dělí na dvě základní části [5]:

- společné prvky,
- programovací jazyky.

#### 3.2 Společné prvky

Společné prvky zmiňované normy jsou části programu, které se vyskytují ve všech typech programovacích jazyků, nehledě nato, zda jde o textové nebo grafické jazyky. Jde se na ně dívat jako na části, ze kterých je samotný program poskládaný. [5]

##### 3.2.1 Typy dat

V rámci společných prvků jsou definovány typy dat. Definování datových typů napomáhá prevenci chyb v samém počátku tvorby projektu. Je nutné definovat typy všech použitých parametrů. V normě IEC 61131-3 jsou definovány tzv. *elementární*, předdefinované *datové*

typy (viz. Tabulka 1). Jsou charakterizované šířkou dat (počtem bitů) a případně i rozsahem hodnot.[5]

Tabulka 1 - Část elementárních datových typů

Klíčové slovo	Anglicky	Datový typ	Bitů	Rozsah hodnot
<b>BOOL</b>	Boolean	Booleovské číslo	1	0,1
<b>SINT</b>	Short integer	Krátké celé	8	0 až 255
<b>INT</b>	Integer	Celé	16	-32 767 až 32 767
<b>DINT</b>	Double integer	Celé, dvojnásobná délka	32	-2 147 483 648 až 2 147 483 647
<b>USINT</b>	Unsigned short integer	Celé bez znaménka, krátké	8	0 až 255
<b>UINT</b>	Unsigned integer	Celé bez znaménka	16	0 až 65 535
<b>REAL</b>	Real	Číslo s desetinnou čárkou	32	$\pm 2,9e^{-39}$ až $\pm 3,4e^{+38}$
<b>TIME</b>	Duration	Trvání času		Závislé na implementaci
<b>DATE</b>	Date (only)			Závislé na implementaci
<b>STRING</b>	String	Proměnlivě dlouhý string		Závislé na implementaci
<b>BYTE</b>	Byte	Sekvence 8 bitů	8	Není deklarovaný rozsah
<b>WORD</b>	Word	Sekvence 16 bitů	16	Není deklarovaný rozsah
<b>DWORD</b>	Double word	Sekvence 32 bitů	32	Není deklarovaný rozsah
<b>LWORD</b>	Long word	Sekvence 64 bitů	64	Není deklarovaný rozsah

Mezi zbývající elementární datové typy patří LINT, UDINT, ULINT, TIME\_OF\_DAY (TOD) a DATE\_AND\_TIME (DT).[5, strana 19]

Dále jsou definovány *rodové datové typy* pro příbuzné skupiny datových typů (viz. Tabulka 2). Rodové datové typy vyjadřují vždy celou skupinu (rod) datových typů. Jsou uvozeny prefixem ANY.[5]

Tabulka 2 - Přehled rodových datových typů

ANY					
ANY_BIT	ANY_NUM			ANY_DATE	
	ANY_INT		ANY_REAL		
BOOL					
BYTE	INT	UINT			TIME
WORD	SINT	USINT	REAL	DATE_TIME_OF_DAY	STRING
DWORD	DINT	UDINT	LREAL		uživatelské
LWORD	LINT	ULINT			

### 3.2.2 Proměnné

Jsou prostředkem pro identifikaci datových objektů, jejichž obsah se může měnit, tzn. dat přiřazených ke vstupům, výstupům nebo paměti PLC. Oblast působnosti proměnných je běžně omezena pouze na tu programovou organizační jednotku, ve které byly deklarovány – *lokální* proměnné. V ostatních částech programu se mohou použít proměnné se stejným názvem bez omezení. Pokud bychom naopak chtěli použít *globální* proměnné, aby pole působnosti měly v celém programu, tak je musíme tak i deklarovat.[5]

Jednoduché proměnné jsou definovány jako proměnné, které reprezentují jednoduchý datový prvek jednoho z elementárních datových typů. Deklarace proměnné může být symbolická (bude mít svůj vlastní název - *identifikátory*) nebo přímá (přiřazení proměnné k fyzické nebo logické pozici vstupů, výstupů nebo paměti PLC). Přímé proměnné se skládají ze znaku „%“, *prefixu* umístění a prefixu šíře dat. Za těmito znaky je zapsán jeden nebo více znaků typu UINT oddělených tečkami. Prefixy umístění a prefixy šíře dat jsou znázorněny v tabulce (viz Tabulka 3).[5]

Tabulka 3 - Prefixy umístění a prefixy šíře dat pro přímo reprezentované proměnné

Prefix umístění	Význam	Prefix šíře dat	Význam
I	Vstup	X	Šíře 1 bit
Q	Výstup	Žádný	Šíře 1 bit
M	Paměťové místo	B	Šíře 1 Byte
		W	Šíře 1 Word
		D	Šíře 1 Double Word
		L	Šíře 1 Long Word

### 3.2.3 Konfigurace a zdroje

Konfigurace je závislá na konkrétním řídicím systému, včetně uspořádání hardwaru, jako jsou např. typy procesorových jednotek, paměťové oblasti přiřazené vstupním a výstupním kanálům a charakteristiky systémového programového vybavení. V rámci konfigurace můžeme pak definovat jeden nebo více tzv. zdrojů. Na zdroj se můžeme dívat jako na nějaké zařízení, které je schopno vykonávat IEC programy. [1]

### 3.2.4 Programové organizační jednotky

Mezi programové organizační jednotky v normě IEC 61131-3 patří *funkce*, *funkční bloky* a *programy*. Programové organizační jednotky bývají označovány jako POUs (Program Organization Units).[1]

#### **Funkce**

Pro účely programovacích jazyků pro PLC je definovaná jako programová organizační jednotka, která po provedení vygeneruje vždy jeden datový element. IEC 61 131-3 definuje standardní funkce a uživatelem definované funkce. Standardní funkce jsou např. ADD pro sčítání, ABS pro absolutní hodnotu, SQRT pro odmocninu, SIN pro sinus a COS pro cosinus. Jakmile jsou jednou definovány nové uživatelské funkce, mohou být používány opakovaně. [1]

Funkce se dají rozdělit do 6 základních skupin:

- funkce pro konverzi typu,
- numerické funkce jedné nebo více proměnných,
- funkce nad řetězem bitů,
- funkce nad řetězem znaků,
- funkce s typy datum a čas,
- funkce nad datovými typy „výčet“.

#### **Funkční bloky (FB)**

Na funkční bloky se můžeme dívat jako na integrované obvody, které reprezentují hardwarové řešení specializované řídicí funkce. Obsahují algoritmy i data, takže mohou zachovávat informaci o minulosti. Tím se liší od funkcí, které nemohou vygenerovat více datových elementů jako funkční blok. Mají jasně definované rozhraní a skryté vnitřní proměnné, podobně jako integrovaný obvod nebo černá skříňka. Umožňují tím jednoznačně oddělit různé úrovně programátorů nebo obslužného personálu. Klasickými příklady funkčního bloku jsou např. regulační smyčka pro teplotu nebo PID regulátor. Jakmile je jednou funkční blok definován, může být používán opakovaně v daném programu, nebo v jiném programu, nebo dokonce i v jiném projektu. Je tedy univerzální a mnohonásobně použitelný. Funkční bloky mohou být zapsány v libovolném z jazyků definovaném v normě. Mohou být tedy plně definovány uživatelem. Odvozené funkční

bloky jsou založeny na standardních funkčních blocích, ale v rámci pravidel normy je možno vytvářet i zcela nové zákaznické funkční bloky.[1]

### Programy

Programy se vlastně skládají ze sítí funkcí a funkčních bloků, které mohou být zapsány v libovolném programovacím jazyku.

## 3.3 Programovací jazyky

Programovací jazyky PLC jsou velmi jednoduché a intuitivní. Odpovídají stále ještě ve velké míře svému původnímu poslání, totiž umožnit projektantům logické úrovně řízení přejít z HW řešení booleovských rovnic (pomocí reléové nebo bezkontaktní logiky) na řešení Booleovských rovnic programem pro programovatelný automat. V rámci standardu IEC 61 131-3 jsou definovány čtyři programovací jazyky. Jejich sémantika i syntaxe je přesně definována. Zvládnutím těchto jazyků se tak otevírá cesta k používání široké škály řídicích systémů, které jsou na tomto standardu založeny.[6]

Programovací jazyky je možné rozdělit do dvou základních kategorií a to na:

### Textové jazyky

IL - Instruction List - jazyk seznamu instrukcí,

ST - Structured Text - jazyk strukturovaného textu,

### Grafické jazyky

LD - Ladder Diagram - jazyk příčkového diagramu (jazyk kontaktních schémat),

FBD - Function Block Diagram - jazyk funkčního blokového schématu.

Jako ukázka je znázorněna jednoduchá funkce, a to součin proměnné A s negovanou proměnnou B, kde výsledek se ukládá do proměnné C. Tato funkce je vyjádřena ve všech čtyřech programovacích jazycích, tedy  $C = A \cdot \bar{B}$ .

#### 3.3.1 IL – Jazyk seznamu instrukcí

Textový jazyk IL (*Instruction List*) označovaný také jako jazyk pokynů (povelů), seznam instrukcí (STL – *Statement List*) poněkud připomíná assembler. Programová organizační jednotka je složena ze sekvence instrukcí, z nichž každá začíná na novém řádku a může obsahovat návěští (nepovinné) ukončené dvojtečkou, operátor (např. AND, &, ADD, CAL apod.), který může být případně doplněn tzv. modifikátorem, operand a někdy také

komentář (nepovinný). Pomocí modifikátorů se vyjadřují negace, podmíněnost a nepodmíněnost instrukce skoků, volání a návratů a priorit.[1]

LD	A
ANDN	B
ST	C

Obrázek 5 – Jazyk seznamu instrukcí (IL)

### 3.3.2 ST – Strukturovaného textu

Textový jazyk ST (*Structured Text*) je výkonný vyšší programovací jazyk, který má kořeny v jazycích Pascal a C. Syntaxe jazyka je dána povolenými výrazy a příkazy. Vyhodnocením výrazu vyjde hodnota v některém z definovaných datových typů. Výraz se skládá z operátorů a operandů. Operandem může být konstanta, proměnná, funkce nebo jiný výraz. Operátory pro jazyk ST jsou definovány pro sedmnáct typů operací (vyhodnocení funkce, negace, násobení, booleovské funkce AND, XOR a OR apod.).

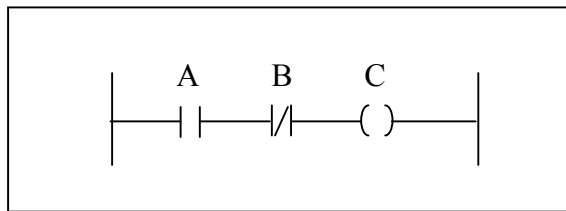
Je definováno deset typů příkazů (přiřazení, vyvolání funkce, návrat, výběr apod.). Příkazy jsou odděleny středníkem a může jich být více na jednom řádku. Jazyk ST je vhodným nástrojem pro definování komplexních funkčních bloků, které pak mohou být použity v libovolném programovacím jazyku.[1]

C:=A AND NOT B
----------------

Obrázek 6 – Jazyk strukturovaného textu (ST)

### 3.3.3 LD – Jazyk kontaktních schémat

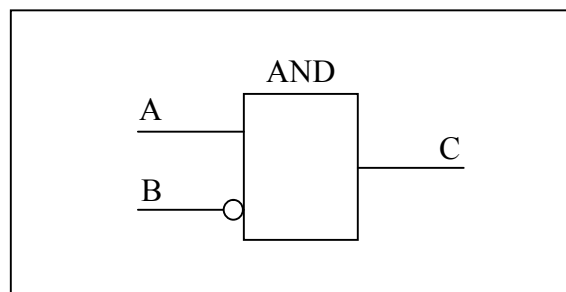
Grafický jazyk LD (*Ladder Diagram*) je někdy také nazýván jazykem kontaktních schémat a je založen na grafické reprezentaci reléové logiky. Organizační jednotka programu je vyjádřena sítí propojených grafických prvků. Sít' v jazyku LD je zleva i zprava ohraničena svislými čarami, které se nazývají levá a pravá napájecí sběrnice. Mezi nimi je tzv. příčka, která může být rozvětvena. Každý úsek příčky, vodorovný nebo svislý, může být ve stavu on nebo off. Do příček mohou být včleněny kontakty (spínací, rozpínací apod.), cívky (cívka, negovaná cívka apod.) a dále funkce a funkční bloky.[1]



Obrázek 7 – Jazyk kontaktních schémat (LD)

### 3.3.4 FBD – Jazyk funkčních blokových schémat

Druhým grafickým jazykem je FBD (*Function Block Diagram*), který vyjadřuje chování funkcí, funkčních bloků a programů jako soubor vzájemně provázaných grafických bloků podobně jako v elektronických obvodových diagramech. Jde o systém prvků, které zpracovávají signály. Často se zde používají standardní funkční bloky, jako jsou např. bistabilní prvky (paměti s dominantním vypnutím nebo sepnutím, semafor), prvky pro detekci náběžné a sestupné hrany, čítače, časovače a komunikační bloky definované v normě IEC 1131-5. Podle potřeby jsou doplňovány speciální bloky a každá firma nabízí ve svém programovacím prostředí poněkud odlišný soubor bloků (např. spínací hodiny týdenní, roční, generátory impulzů, komparátory apod.) [1]



Obrázek 8 – Jazyk funkčních blokových

## 3.4 Způsoby řízení PLC

### 3.4.1 Kombinační logické řízení

Kombinační logické řízení pracuje na principu, že jednoznačně transformuje hodnoty vstupních vektorů na hodnoty odpovídajících výstupních vektorů. Tedy kombinace vstupních logických proměnných na odpovídající výstupní logické proměnné. V číslicových systémech mu jako analogie odpovídá statický systém, který nemá vlastní dynamiku. Jako typický příklad kombinačního systému se může zvolit převodník

kódovaných kombinací z jednoho kódu do druhého (dekodér). Kombinační logické funkce se v praxi často objevují ne jako samostatné systémy, ale jako podsystémy či kombinační části sekvenčních systémů. Systematickou formou zadání kombinačních logických funkcí je pravdivostní tabulka, mapa, nebo jiná ekvivalentní datová struktura. Zápis do pravdivostní tabulky je vhodný maximálně pro 6 vstupních vektorů, které ovlivňují výstupní vektory, které se pomocí pravidel Booleovy algebry upraví a minimalizují. Jako nejčastější nástroj pro minimalizaci slouží K-mapy (Karnaughovy mapy), ze kterých lze přímo a bez velkého úsilí získat minimalizovaný logický výraz. Mnozí programátoři tento postup nepoužívají a raději volí intuitivní postupy. Při kombinačním logickém řízení vznikají obsáhlé a nepřehledné programy, pokud se dostatečně neminimalizují. To vede ke ztrátě času při minimalizaci a možnosti vytvoření chyby. Je vhodné řešit kompromis a pokud nedochází k minimalizaci, tak vytvořený program dostatečně okomentovat a zpřehlednit, aby se usnadnilo ladění, testování nebo budoucích úpravy programu.[5]

### 3.4.2 Sekvenční řízení

Na rozdíl od kombinačního řízení je sekvenční řízení závislé kromě kombinací aktuálních hodnot vstupních vektorů, také na předchozím stavu systému. Ten charakterizuje okamžitou situaci logického systému nebo řízené či kontrolované soustavy. Je výsledkem posloupností (sekvencí) vstupních hodnot, odkud pochází i přívlástek sekvenční řízení. Sekvenční systémy se skládají i z logických funkcí, jejich výstupy závisí na čase (časovače), počtu opakování (čítače), případně na jejich vlivech. Při programování je stav nejčastěji reprezentován souborem vnitřních proměnných (jednotlivých příznaků nebo souhrnným kódem). [7]

Sekvenční logické funkce lze realizovat mnoha způsoby, které jsou rozděleny na:

- zpracování historických vzorků - vstupní paměti,
- zpětná vazba,
- standardní paměťové funkce a sekvenční funkční bloky,
- podmíněné příkazy,
- směr běhu programu a toku mezivýsledků – souslednost a protislednost,
- kombinační automaty - modely Mealyho a Mooreova typu. [7]

### 3.5 Vývojové prostředí MOSAIC

Mosaic je vývojové prostředí pro tvorbu a ladění programů pro PLC systémy TECOMAT a TECOREG z produkce firmy Teco a.s. Kolín. Program Mosaic je dodáván od roku 2000. U nové generace systémů TECOMAT TC700, TC650 a Foxtrot se obvykle používá programování podle normy IEC 61131-3 v textových jazycích IL a ST a grafických jazycích LD a FBD. [1]



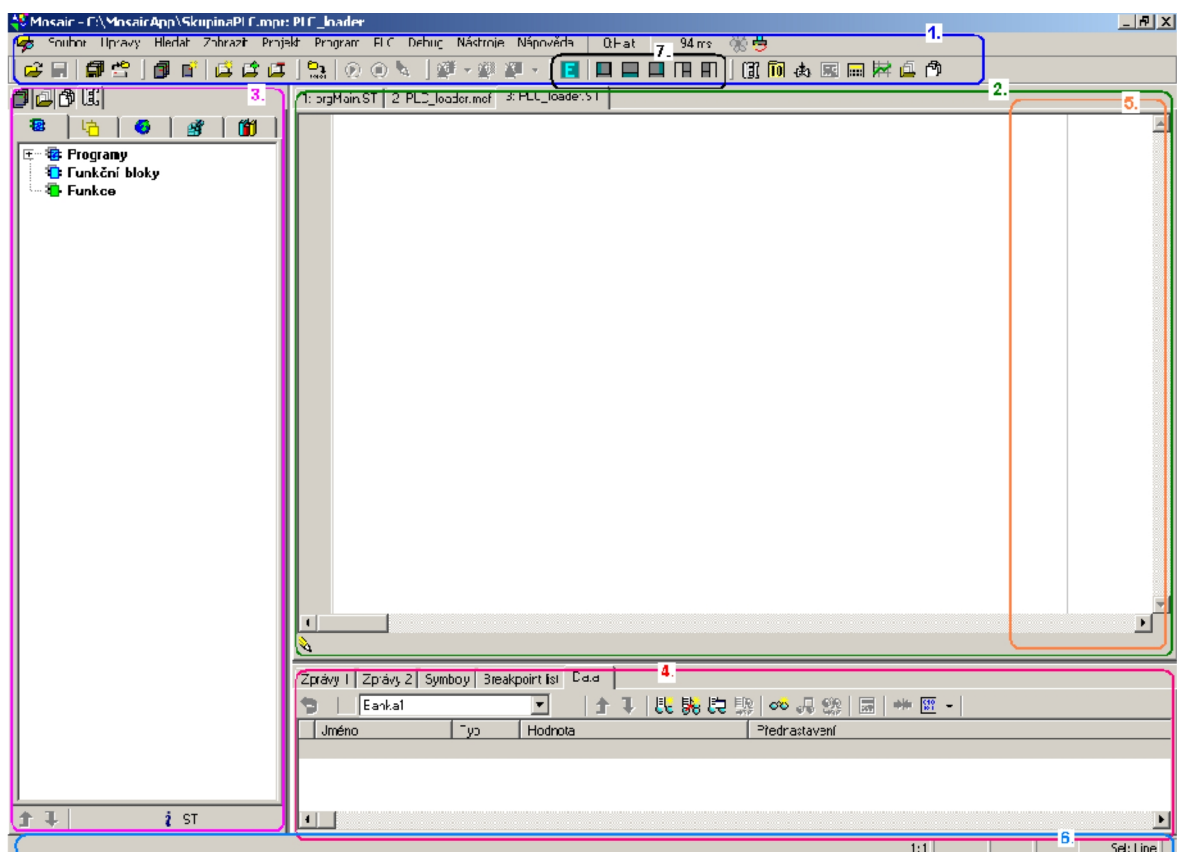
Obrázek 9 – Úvodní okno při spuštění aplikace MOSAIC

Program v jazyku podle normy IEC 61131-3 se skládá z elementů zvaných programové organizační jednotky (POU, *Program Organisation Unit*). Těmito jednotkami jsou funkce, funkční bloky a nejvyšší jednotkou je program. Jak již bylo řečeno, programovat lze v grafických i textových jazycích. Programování v grafických jazycích je jednoduché a intuitivní. Jednotlivé kontakty nebo bloky se vybírají z nástrojové lišty okna editoru a umísťují se na ploše. Prostředí samo nabízí dialogová okna pro přiřazení proměnné nebo výběr požadované POU ve chvíli vložení kontaktu, resp. bloku. Jak proměnné, tak POU lze definovat předem prostřednictvím IEC manažeru nebo až v okamžiku prvního použití. Podobnou podporu nabízí prostředí Mosaic i v textových jazycích. V jazyku strukturovaného textu ST lze při psaní programu využít IEC asistenta, který nabízí dokončení rozepsaných konstrukcí, umožňuje vkládat dostupné proměnné, jejich

definování apod. Vše je k dispozici prostřednictvím horkých kláves nebo pravého tlačítka myši. Při psaní programu je možné jednotlivé jazyky kombinovat. Jakmile však je zvolen pro zápis POU určitý jazyk, není možné ho již měnit. Další POU však může být zapsána opět v jiném jazyku. To umožňuje rozčlenit program a například část řídicí logiky psát v jazyku LD a část, kde se provádí matematické výpočty a objevují se složité výrazy, napsat v jazyku ST. Deklarační část programu je všem jazykům společná. Podporovány jsou všechny datové typy definované výše uvedenou normou včetně datových typů pro práci s časem, datem nebo řetězci. Deklarace vlastních datových typů včetně struktur a polí je podporována stejně jako deklarace všech typů POU. Prostředí Mosaic má integrovanou možnost používat knihovny bloků a vytvářet vlastní uživatelské knihovny POU.[1]

### 3.5.1 Popis vývojového prostředí programu MOSAIC

Po vytvoření nového projektu se zobrazí hlavní okno vývojového prostředí Mosaic. Na obrázku (viz Obrázek 10) je znázorněno uspořádání hlavních panelů.



Obrázek 10 – Hlavní okno vývojového prostředí programu Mosaic

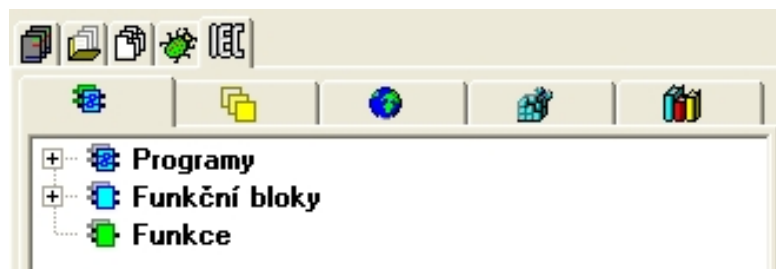
1. V horní části hlavního okna je v řádku hlavní nabídka, textové menu prostředí Mosaic a hned pod ním hlavní nástrojová lišta s grafickými ikonami. Celé pracovní okno prostředí Mosaic je rozděleno na hlavní a pomocné „dokovací“ panely.
2. Ve střední části je hlavní dokovací panel, kde se obvykle otvírají okna editorů. V horní části okna jsou záložky se jmény otevřených souborů.
3. V levé části hlavního okna je další dokovací panel. V něm jsou obvykle otevřena okna pomocných organizačních nástrojů. Např.:
  - okno Skupiny projektů
  - okno Soubory projektu
  - okno Seznam otevřených souborů
  - okno IEC manažer
4. V dolní části hlavního okna je dolní dokovací panel, ve kterém jsou obvykle otevřena okna informačních nástrojů. Např.:
  - okno Zprávy1
  - okno Zprávy2
  - okno Seznam ladicích bodů, (breakpoints)
  - okno Data
5. V pravé části hlavního okna je pravý dokovací panel, ve kterém jsou obvykle otevřena okna nástrojů náhledů na oblasti paměti a proměnných v PLC. Např.:
  - okno Akumulátory
  - okno Paměť 1
  - okno Paměť 2
6. V nejnižším řádku hlavního okna je informační řádek, kde se zobrazují informační texty a v pravé části informace z aktivního editoru, jako je číslo řádek : sloupec a pracovní režimy editoru. Rozměry dokovacích panelů lze měnit uchopením jejich rozhraní kurzorem se stiskem levého tlačítka myši a tažením po ploše.
7. Pro snadné změny uspořádání pracovní plochy panelů je v oblasti hlavní nástrojové

lišty skupina ovládacích ikon pro rychlé vypínání/zapínání a změnu rozměrů jednotlivých panelů. Jejich význam je zobrazen formou ikony nebo popsán formou bublinové nápovědy po ukázání kurzorem na ikonu.[1]

### 3.5.2 Základní struktura pro práci s normou IEC 61131-3 – IEC manažer

IEC manažer je v prostředí Mosaic určen pro editaci a organizaci položek v uživatelském programu podle normy IEC 61131-3. IEC manažer je ukotven do levého panelu a otevírá se automaticky při spuštění projektu (viz Obrázek 11). Je rozdělen do záložek, které se dělí na:

- POU – programovatelné logické jednotky složené z programů, funkčních bloků a funkcí ,
- typy – systémové typy a typy proměnných, jejichž předpisy jsou definovány v projektu,
- globální proměnné – proměnné dostupné do všech POU, které jsou rozdělené na systémové proměnné (např. data vstupně/výstupních jednotek) a globální proměnné, které jsou definovány v projektu,
- konfigurace – organizace úloh a instancí v projektu jednotlivých POU. Úlohy jsou prvky programu odpovídající zavedeným procesům,
- knihovny – přehled zařazených knihoven do projektů a jejich obsahů.[1]



Obrázek 11 – IEC manažer

## 4 POUŽITÝ PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT

Následující kapitola je zaměřena na PLC TECOMAT FOXTROT od firmy Teco a.s, neboť diplomová práce je na tomhle systému postavena. Jde o PLC automat, který se v laboratoři PLC programování Univerzity Tomáše Bati na nových modelech již nachází.

Programovatelné automaty TECOMAT FOXTROT (viz Obrázek 12) představují malé kompaktní automaty s možností modulárního rozšíření. Spojují tak výhody kompaktních automatů co do velikosti a modulárních automatů co do rozšiřitelnosti a variability. Jsou určeny pro řízení technologií v nejrůznějších oblastech průmyslu i v jiných odvětvích. Jednotlivé moduly systému jsou uzavřeny v plastových ochranných pouzdech, které se montují na U lištu ČSN EN 50022. Díky tomu lze s nimi manipulovat bez nebezpečí poškození citlivých CMOS součástek.[1]



Obrázek 12 – Sestava programovatelného automatu TECOMAT

Dále jsou uvedeny komponenty a jejich vlastnosti, které jsou osazeny v modelu automatizovaného skladiště palet, neboť produktová řada FOXTROT ve skutečnosti obsahuje velké množství modulů, které firma Teco a.s ve své nabídce poskytuje.

### 4.1 Centrální jednotka CP – 1005

Základní modul CP-1005 (viz Obrázek 13) je ze sortimentu základních modulů (dále jen ZM) modulárních programovatelných automatů řady Foxtrot. Jednotlivé ZM se liší počtem nebo typem vstupů a výstupů a indikačními a ovládacími prvky. Základní modul CP-1005 je vybaven šesti víceúčelovými vstupy, z nichž každý je využitelný buď jako analogový

(napěťový, proudový nebo pro pasivní čidla teploty) nebo jako binární 24V, dvěma analogovými výstupy 10V a 6 reléovými výstupy. Základní modul CP-1005 je osazen centrální jednotkou (CPU) řady K, která je určena pro aplikace s vysokými požadavky na výkon. Obsahuje zálohovanou paměť CMOS RAM pro uživatelské programy, data, tabulky, uživatelské registry a DataBox, paměť Flash pro zálohování uživatelského programu, slot pro MMC/SD paměťovou kartu, obvod reálného času, rozhraní Ethernet, dva sériové kanály (jeden s pevným rozhraním RS-232, druhý s pozicí pro volitelné submoduly), jeden komunikační kanál s rozhraním CIB pro připojení externích periférií a systémové rozhraní TCL2 určené pro připojení rozšiřovacích modulů, které zvyšují počet V/V jednotek systému.[1]



Obrázek 13 – Základní modul CP-1005 řady Foxtrot

#### 4.1.1 Systémové parametry

Jedná se o centrální jednotku řady K s instrukčním souborem, jehož součástí jsou i aritmetické operace s čísly v pevné řádové čárce o velikosti 32 bitů bez znaménka i se znaménkem, v pohyblivé řádové čárce, instrukce PID regulátoru, podpora operátorských

panelů a podpora vyššího programovacího jazyka. Vytvořený přehled systémových parametrů je znázorněn v tabulce (viz Tabulka 4). [1]

Tabulka 4 - Přehled systémových parametrů centrální jednotky CP-1005 [1]

<b>Obvod reálného času</b>	Ano
<b>Paměť uživatelského programu a tabulek</b>	192 + 64 kB
<b>Záložní paměť programu EEPROM</b>	Ano
<b>DataBox – přídatná paměť dat interní</b>	512 kB
<b>Paměť pro archivaci projektu – interní</b>	2MB
<b>Slot pro MMS / SD kart</b>	Ano
<b>Zálohování RAM a RTC</b>	Typ. 500 hod. / typ. 20 000 hod.
<b>Doba cyklu na 1k log. Instrukcí</b>	0,2 $\mu$ s
<b>Počet uživatelských registrů</b>	64kB
<b>Počet časovačů (IEC)</b>	4096
<b>Počet čítačů (IEC)</b>	8192
<b>Délka instrukce</b>	2 ÷ 10 bytů
<b>Řada centrální jednotky</b>	K
<b>Počet sériových kanálů</b>	2
<b>Rozhraní Ethernet 10/100 Mb</b>	1
<b>Sběrnice CIB/Inels</b>	1
<b>Sběrnice TCL2</b>	1
<b>Integrovaný Web server</b>	Ano

#### 4.1.2 Indikační prvky a možnosti nastavení

Režim a diagnostická hlášení jsou zobrazována na jednomístném sedmissegmentovém zobrazovači a příslušných LED diodách osazených na základním modulu. Mezi základní LED diody patří RUN a ERR, které indikují režim centrální jednotky. LED dioda ETHERNET indikuje stav rozhraní Ethernet (viz Obrázek 14).

LED dioda RUN (zelená) indikuje, zda centrální jednotka pracuje a v jakém režimu:

- svítí - uživatelský program není vykonáván ( režim HALT a PROG),
- bliká - uživatelský program je vykonáván (režim RUN).

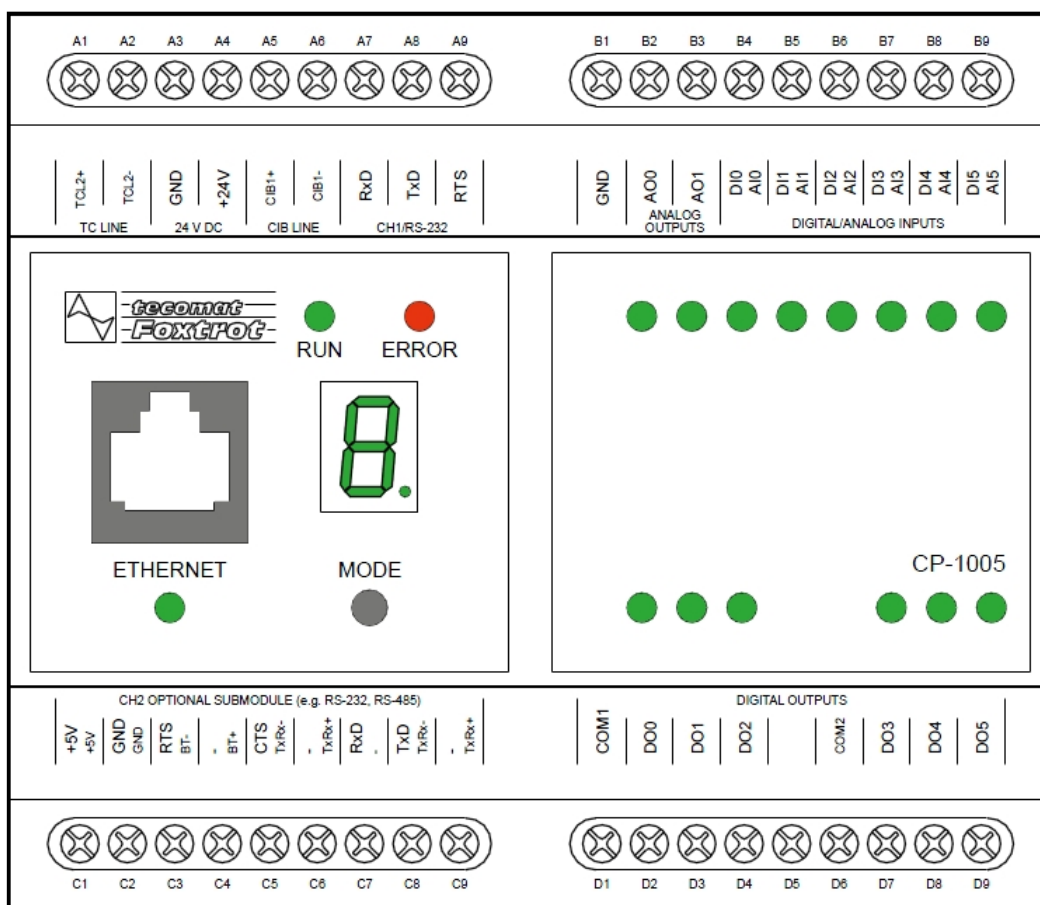
LED dioda ERR (červená) indikuje, zda centrální jednotka vyhlásila nějakou chybu.

LED dioda ETHERNET (zelená) indikuje režim rozhraní Ethernet:

- svítí - rozhraní Ethernet je aktivní,

- bliká - rozhraní Ethernet právě komunikuje.

Ostatní indikační LED signalizují vybuzení vstupů DI a výstupů DO.



Obrázek 14 – Pohled na přední část centrální jednotky CP-1005

Po zapnutí napájení centrální jednotky se na zobrazovači postupně zobrazuje verze firmwaru. Tlačítko MODE nám po dobu jeho stisknutí a kdykoli za provozu centrální jednotky zobrazuje na zobrazovači informace, mezi která postupně patří:

IP adresa - IP masky rozhraní Ethernet - IP adresy brány sítě – Nastavení sériových kanálů

Změna parametrů pomocí tlačítka MODE není možná a všechny změny jdou provádět pouze z vývojového prostředí Mosaic. Tlačítko MODE má i další funkce:

- stisknutí před zapnutím napájení a cca. 3s po zapnutí systému, centrální jednotka přejde do stavu BOOT a očekává změnu firmwaru,
- stisknutím po nastartování systému na cca. 3s, přejde systém do režimu HALT.

## 4.2 Modul digitálních vstupů IB – 1301

Binární vstupy slouží k připojení dvoustavových signálů řízeného objektu k PLC. Periferní modul IB-1301 (viz Obrázek 15) obsahuje 12 binárních vstupů DI0 až DI11. Vstupy jsou galvanicky odděleny od vnitřních obvodů PLC. V první skupině jsou vstupy DI0 až DI3, ve druhé skupině pak vstupy DI4 až DI11. Společná svorka každé skupiny může být jak plus, tak i minus. Vstupy DI0 až DI3 lze navíc použít jako vstupy pro čítače. I v případě využití pro tyto alternativní funkce jsou vstupy současně použitelné jako binární. Vstupy DI0 až DI3 umožňují zapnout funkci zachytávání krátkých pulzů. Tato funkce prodlužuje zvolenou úroveň vstupního signálu až do otočky PLC. Modul je napájen z vnějšího napájecího napětí 24V DC, které není galvanicky oddělené od vnitřních obvodů. Komunikace s centrální jednotkou je vykonávána pomocí systémové V/V sběrnice TCL2 (RS485). [1]



Obrázek 15 – Rozšiřující modul IB-1301 řady Foxtrot

### 4.2.1 Základní parametry binárních vstupů

Modul binárních vstupů IB-1301 má širší uplatnění než jenom zpracování binárních hodnot. Mezi ostatní funkce patří čítače, IRC, měření délky pulzu, periody a fázového posunu. Zde se uvádí jen základní parametry binárních vstupů (viz Tabulka 5), které jsou touto funkcí použité v diplomové práci.

Tabulka 5 - Přehled základních parametrů rozšiřujícího modulu IB-1301 [1]

Počet vstupů	12
z toho volitelně binární / čítačové	4
Počet vstupů ve skupině	4 a 8
Galvanické oddělení od vnitřních obvodů	Ano
Diagnostika	signalizace vybuzeného vstupu na panelu modulu
Společný vodič	minus / plus
Vstupní napětí	
pro log.0 (UL)	max. +5 V DC
	min. -5 V DC
pro log.1 (UH)	min. +15 V DC
	typ. +24 V DC
	max. +30 V DC
Vstupní proud při log.1	typ. 10 mA (DI0 – DI3)
	typ. 5 mA (DI4 – DI11)
Zpoždění z log.0 na log.1	5 $\mu$ s (DI0 - DI3)
	5 ms (DI4 - DI11)
Zpoždění z log.1 na log.0	5 $\mu$ s (DI0 - DI3)
	5 ms (DI4 - DI11)
Minimální šířka zachyceného pulzu	50 $\mu$ s

#### 4.2.2 Indikační prvky a možnosti nastavení

Modul digitálních vstupů IB-1301 je vybaven indikačními LED diodami RUN, BLK a LED diodami příslušnému vstupu DI0 až DI11 (viz Obrázek 15).

LED dioda RUN (zelená) signalizuje:

- svítí – centrální jednotka ve stavu HALT, program není vykonáván,
- bliká – centrální jednotka ve stavu RUN, program je vykonáván.

LED dioda BLK (oranžová) signalizuje:

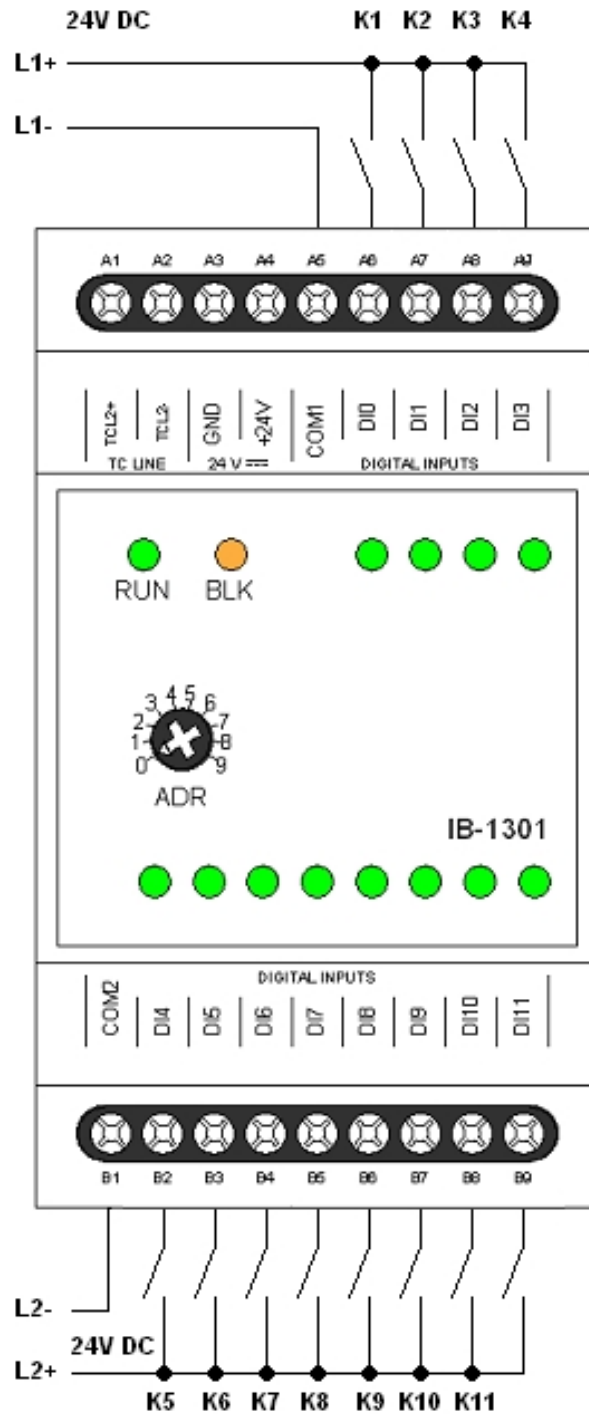
- svítí – centrální jednotka ve stavu HALT.

Ostatní indikační LED signalizují vybuzení vstupů DI a výstupů DO.

Otočný přepínač označený ADR slouží k nastavení příslušné adresy periferního modulu připojeného k centrální jednotce. Adresy jsou v rozmezí od 0 do 9. Právě max. 9 periferních modulů lze k centrální jednotce připojit.

### 4.2.3 Typické zapojení binárních vstupů k modulu IB-1301

Na obrázku (viz Obrázek 16) je znázorněno typické zapojení binárních vstupů, kde je vidět, že na společnou svorku je připojeno 0V DC. Binární vstupy (DI0 až DI11) jsou připojeny přes kontakty (K1 až K11) k napětí 24V DC.



Obrázek 16 – Typické zapojení binárních vstupů [1]

### 4.3 Modul digitálních výstupů OS – 1401

Rozšiřovací modul OS-1401 (viz Obrázek 17) obsahuje 12 výstupů s polovodičovým spínacím prvkem a společnou svorkou plus. Svorkovnice modulu jsou standardní klecové pevné svorky s roztečí 5,08 mm. Výstupy DO0 až DO3 umožňují spínat max. 24 VDC, 2A na výstup (součet proudu zátěží všech čtyřech výstupů nesmí překročit 4,4 A). Výstupy DO4 až DO11 umožňují spínat max. 24 VDC, 0,5 A na výstup. Výstupy jsou galvanicky oddělené od vnitřních obvodů (včetně napájení a komunikace) a skupiny výstupů jsou galvanicky spojené, mají společné napájení a kladnou společnou svorku (VDO+). Stav každého výstupu je indikován LED na čelním panelu modulu. Propojení s centrální jednotkou je pomocí sběrnice TCL2 (RS485), jako u modulu IB-1301. [1]



Obrázek 17 – Rozšiřující modul OS-1401 řady Foxtrot

#### 4.3.1 Základní parametry binárních výstupů

Modul OS-1401 zastupuje funkci výstupních binárních jednotek, jejíž parametry jsou znázorněny v tabulce (viz Tabulka 6).

Tabulka 6 - Přehled základních parametrů rozšiřujícího modulu OS-1401

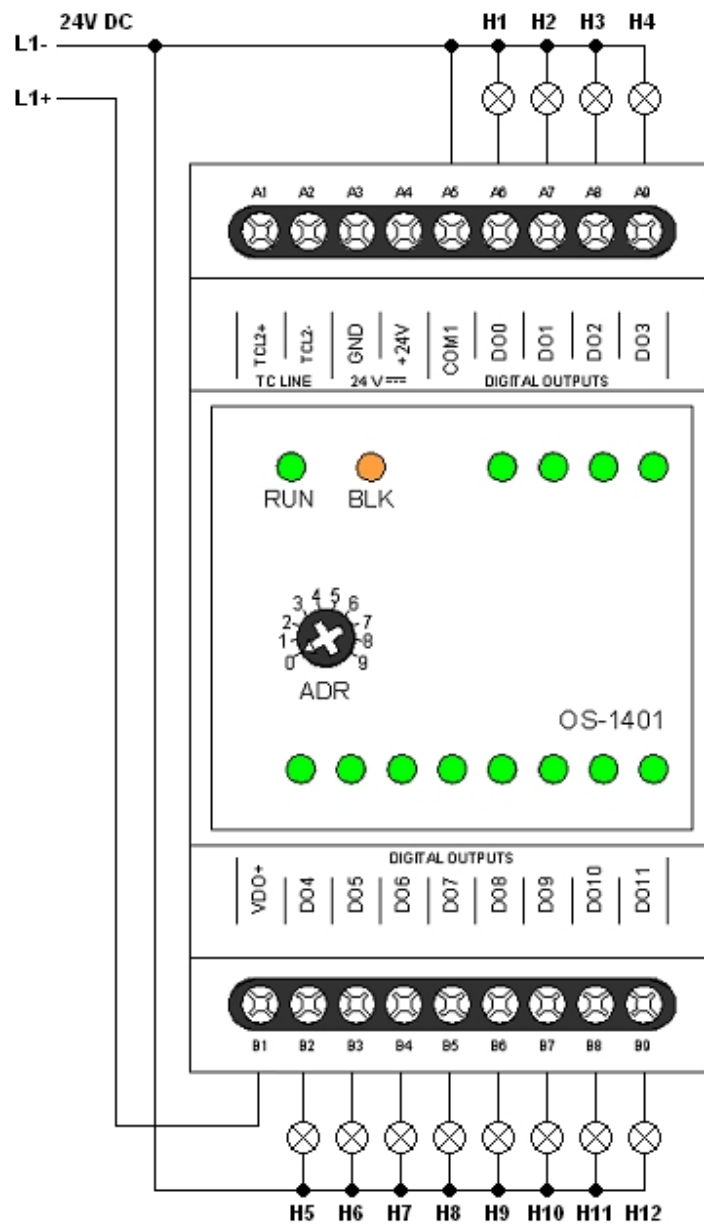
Počet výstupů	12
Počet výstupů ve skupině	12
Galvanické oddělení od vnitřních obvodů	Ano
Diagnostika	Signalizace vybuzeného výstupu na panelu modulu
Typ výstupu	Tranzistorový
Společný vodič	Plus
Spínané napětí	9,6 až 28,8 V DC
Spínaný proud	Max. 2 A (DO0-DO3)
	Max. 0,5 A (DO4-DO11)
Proud společnou svorkou	Max. 4,4 A (součet DO0-DO3)
	Max. 9 A (součet DO4-DO11)
Zbytkový proud při rozepnutí	Max. 300 $\mu$ A
Doba sepnutí	Max. 400 $\mu$ s
Doba rozepnutí	Max. 400 $\mu$ s
Ochrana proti zkratu	Ano

#### 4.3.2 Indikační prvky a možnosti nastavení

Umístění indikačních LED diod a přepínače adres je totožné s modulem IB-1301, což je patrné i z obrázku (viz obrázek 18). Jediná odlišnost ne ve vzhledu a umístění je v indikaci LED diody BLK, která při HALT režimu centrální jednotky blokuje výstupy. Při rozsvícení této LED diody dojde k odpojení napájení všech výstupů daného modulu a i když svítí příslušný výstup zeleně (aktivní výstup), tak je na jeho svorkách nulové napětí.

#### 4.3.3 Typické zapojení binárních výstupů k modulu OS-1401

Binární výstupy jsou vyvedeny na svorky v polích DIGITAL OUTPUTS. Na obrázku (viz Obrázek 18) je schematicky naznačeno připojení zátěží napájených z nezávislých zdrojů. Výstupy jsou realizovány polovodičovými spínači s interní ochranou proti proudovému a teplotnímu přetížení. Pro zvýšení odolnosti a životnosti je při spínání indukivní zátěže nutné ošetřit spínané zátěže příslušnými odrušovacími prvky. Napájení 24 V DC připojené na svorky VDO+ a COM1 je nutné pro správnou funkci výstupních spínačů. [1]



Obrázek 18 – Typické zapojení binárních výstupů [6]

## 5 VIZUALIZACE

Vizualizace, nebo-li zviditelnění, technologických procesů je vyšší formou jeho řízení, kdy člověk má možnost nejen do řízeného děje zasahovat, sledovat jej, případně reagovat na vzniklé situace, nýbrž průběh děje poznávat z hlediska zákonitostí a vlastností. Má možnost celý děj popsat, důležité vlastnosti děje archivovat, vytvářet předpisy pro dosažení požadovaných výsledků a postupně tak vytvářet vyšší formu řízení s cílem eliminovat rutinní problémy a zvýšit kvalitu a produktivitu práce. [7]

Dříve byl svět programového vybavení pro průmyslovou méně komplikovaný. Existovaly oblasti působnosti jednotlivých kategorií programového vybavení, které byly rozdělené na:

- Na nejnižší úrovni to byly programy pro jednočipové řadiče nebo vestavěné řídicí počítače (firmware). Tyto programy mají pevně danou funkčnost výrobcem zařízení, které bývají jen velmi omezeně parametrizovatelné.
- Prostředním článkem byly obecně použitelné programovatelné automaty nebo specializované numerické řídicí jednotky strojů (CNC - Computer Numerical Control). Programovací model PLC je obvykle velice prostý - časovací jádro periodicky spouští sekvence interpretovaných instrukcí. Programovací jazyky do jisté míry připomínají instrukce programovatelných kalkulaček.
- Na vrcholu byly systémy pro operátorské řízení technologického procesu (SCADA). Principy fungování těchto tzv. vizualizačních programů se většinou nezměnily - základem je tabulka datových elementů (či tagů, datových bodů, atd., každý výrobce má své pojmenování), jejíž data jsou cyklicky obnovována buď čtením hodnot z periferních zařízení nebo výpočtem z jiných elementů. Možnosti programování bývají velmi omezené, vesměs se jedná o pouhou parametrizaci fixního programu.

Toto členění a z něj plynoucí principy výstavby automatizačních projektů přetrvávaly dlouhá desetiletí. Každý člověk z oboru se v této struktuře dobře vyznal, věděl, co může od každé kategorie zařízení čekat, a také obvykle nevznikaly žádné pochyby, jak nový projekt koncipovat. Doba však pokročila, dnes se již využívají mobilní telefony, přenosné počítače, kdekoliv jsou k dispozici bezdrátové připojení na Internet, a především - všechna zařízení navzájem komunikují. Velký užitek přinášejí standardní a všeobecně přijaté komunikační protokoly a standardní programová rozhraní. Tento trend se značně rozšířil i do průmyslové automatizace. Systémy vytvořené klasickými "historickými" prostředky

mají pro dnešní dobu informačních a komunikačních technologií několik zatěžujících vlastností. Většina zařízení komunikuje prostřednictvím firemních proprietárních, často až nepochopitelně tajných a právně chráněných protokolů. Uživatel se tak stává závislým na dodavatele zařízení a nemůže systém udržovat a rozvíjet podle svých představ, které se s časem a rozvojem technologií přirozeně mění. Používané programové vybavení není škálovatelné - pro různé kategorie aplikací je nutno používat různá vývojová prostředí a různé programovací modely a jazyky. Programové vybavení je obvykle svázáno se zařízeními stejného výrobce, není snadno propojitelné se systémy jiných dodavatelů a je obtížně zařaditelné pro informačního systému podniku. Systémy jsou jen obtížně rozšiřitelné o nová zařízení jiných výrobců. Funkčnost běžná v informačních technologiích (např. webová rozhraní, SMS zprávy, GPRS připojení, bezdrátové operátorské panely atd.) je realizovatelná jen komplikovanými způsoby, které celý systém citelně prodražují. Tyto technologie obvykle nejsou přirozenou součástí použitých prostředků. Celé systémy se obvykle skládají z většího počtu zařízení a jsou podstatně dražší. Rovněž vývoj a další údržba programového vybavení jsou velmi nákladné.[8]

## 5.1 Vizualizační systém

Pod pojmem vizualizační systém rozumíme soubor technických a programových prostředků určených pro vizualizaci řízeného technologického děje. Můžeme se setkat s označením MMI (*Man – Machine Interface*), HMI (*Human – Machine Interface*), to jsou rozhraní komunikace člověk – stroj. Poslední a hodně rozšířené označení vizualizačního systému je SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), tzn. supervizní (nadřízené) řízení a sběr dat. [8]

### 5.1.1 Technické vybavení vizualizačního systému

Technické vybavení se skládá ze zařízení potřebných pro vybudování vizualizačního systému.

Mezi hlavní části technického vybavení patří:

- řídicí systém vybavený komunikačním rozhraním (RS-232, RS-485, Ethernet,...),
- komunikační linka konstruována na prostředí, ve kterém se celý systém bude vyskytovat (vhodný kabel, převodníky napětových úrovní, ...),
- počítačová sestava (PC, monitor, klávesnice, myš, vhodný komunikační adaptér podle zvolené technologie komunikace, případně tiskárna). Použitá počítačová sestava (dále

jen PS) musí být přizpůsobena pracovním podmínkám, ve kterých bude použita. Proto se nepoužije klasická kancelářská PS v průmyslovém prostředí, kde se pracovní teplota, vlhkost, otřesy a další nepříznivé vlivy velmi liší od normálního pokojového prostředí. V dnešní době se proto v průmyslovém prostředí většinou nevyskytují klasické PS, ale operátorské panely (dále jen OP), které jsou do těchto nepříznivých vlivů konstruovány. OP obsahují všechny důležité části PS a klávesnice s myší je nahrazována dotykovými panely (monitory).[8]

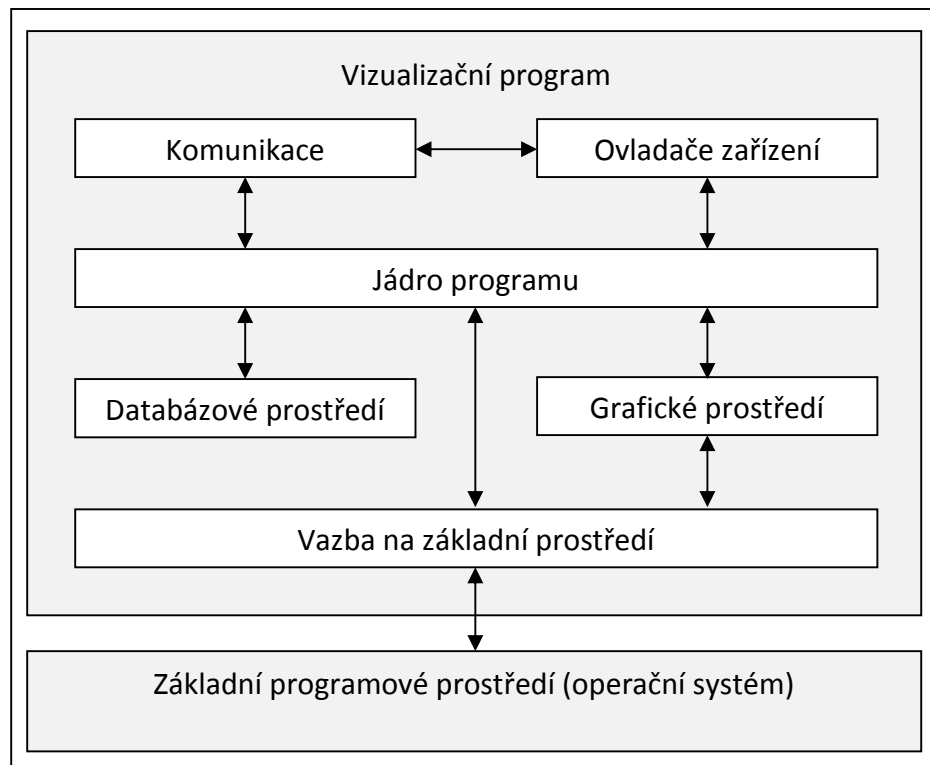
### 5.1.2 Vlastnosti vizualizačního programového vybavení

Vizualizace např. výrobního procesu řízeného PLC systémem v dnešní době už není jenom o grafickém znázornění děje, ale jsou k dispozici i jiné vlastnosti vizualizačního programového vybavení, mezi které patří:

- grafické znázornění řízeného technologického děje, příp. s možností animace scény,
- popsání a nastavení řízeného děje, tzv. parametrizace,
- archivace vybraných parametrů řízeného děje,
- sledování a archivace zvláštních a chybových stavů (alarmů),
- vytváření protokolu o průběhu řízeného děje (směnový protokol) a jeho archivace,
- sledování vývoje (trendu) vybraných parametrů v čase a jejich archivace,
- možnost zpětného vyvolání průběhu děje z archivu a zpracování vybraných parametrů.

### 5.1.3 Struktura vizualizačního programu

Na obrázku (viz Obrázek 19) je blokové schéma struktury vizualizačního programu. Jádro programu je těsně vázáno na základní programové vybavení prostředí (dnes nejčastěji na bázi Windows XP, a novější). Využívá se jeho grafického prostředí, které je doplněno o další aplikační možnosti. Databázové prostředí provádí zpracování a archivaci všech parametrů a údajů řízeného děje. Ovladače zařízení zajišťují programovou obsluhu připojených zařízení, komunikace zabezpečuje přenos informací mezi vizualizačním programem a řídicím systémem. [8]



Obrázek 19 – Blokové schéma struktury vizualizačního programu

## 5.2 Control Web

Control Web je aplikace vyvinutá společností Moravské přístroje a.s. Jde o aplikaci k řízení a indikaci technologických dějů v reálném čase. Mezi jeho hlavní funkce patří ovládání a zobrazování digitálních, analogových nebo textových stavů ovládaných a měřených veličin. V kombinaci se silnou podporou komunikace po síti je možné vizualizovat celý průmyslový proces ve velmi intuitivním prostředí. Řešení využívající aplikaci Control Web užívají například v závodech Škoda Mladá Boleslav, JE Dukovany,.... [9]

### 5.2.1 Předchůdci Control Webu

Na počátku devadesátých let minulého století se při realizaci zakázek stále častěji naráželo na požadavky, které nebylo možno s použitím stávajících SCADA programů realizovat. Počítače standardu PC byly již tehdy dostatečně výkonné, spolehlivé a levné, ale programové vybavení za rozvojem počítačů zaostávalo. Začalo se tedy pracovat na programovém systému, který nebude omezen jen na vizualizaci a sběr dat na operátorských pracovištích, ale umožní vytvářet aplikace pro přímé řízení strojů v reálném čase, komplexní aplikace v oblasti simulace a modelování, zpracování dat v počítačových sítích atd. V té době nově vznikající produkt společnost Moravské přístroje

a.s. se nazýval Control Panel, který se na svou dobu stal velmi progresivním nástrojem vizualizace.[9]

### 5.2.2 Současnost Control Webu

Je používán nejen v rozsáhlých aplikacích ve velkých firmách, ale i v malých a vestavěných aplikacích a také ve školách, ve vědě a výzkumu. Struktura typických aplikací se v poslední době podstatně změnila. Postupně ubývá zakázek, ve kterých je požadováno jen prosté operátorské pracoviště s vizualizací a případným sběrem dat. Požadavek rozhraní pro webové klienty je již samozřejmostí. Většina současných systémů je zapojena, často bezdrátově, do počítačových sítí, obvyklá je spolupráce s nějakým databázovým informačním systémem. Také se často systémy skládají z více částí, které spolu musejí komunikovat. Stále větší výhodou se tak stává to, že i malý vestavný systém je vybaven veškerými komunikačními kanály a jeho programové vybavení dokáže pracovat se všemi současnými standardy výměny dat. I malá vestavěná řídicí jednotka tak má k dispozici Ethernet, USB, Wi-Fi, Bluetooth a může obsahovat internetový HTTP server, ale současně také webový klient, dokáže posílat e-maily, posílat a přijímat SMS zprávy, komunikovat přes GPRS nebo radiové mosty, spolupracovat s Plug-and-Play zařízeními na rychlé USB atd. V řadě případů dokáže malý a levný průmyslový počítač nahradit kombinaci PLC a počítače pro operátorské řízení. Zde pak výhoda jednoho programového prostředí pro vývoj aplikací nabývá na ceně. Control Web je programovým systémem, který dokáže vystupovat v mnoha rolích. Může pracovat v řídicích jednotkách strojů, může spojovat výrobní technologii s informačním systémem podniku, může být datovým serverem s mnoha webovými klienty, může modelovat a simulovat procesy, dokáže vytvářet náročné vizualizace a mnoho dalšího. [9]

### 5.3 Web server

Centrální jednotky řady Foxtrot a TC700 jsou vybaveny web serverem, který vytváří spojení PLC systému s uživatelem pomocí Internetu. Aplikace pro použití web serveru se vytvářejí ve vývojovém prostředí Mosaic pomocí programu WebMaker. Tento nástroj je použitelný i je centrálních jednotkách, které nejsou opatřeny web serverem, k vytvoření vizualizací ovládanými přímo z prostředí mosaic. Použití web serveru je vytvořeno spíše pro menší a některé středně velké aplikace. Využití je možno demonstrovat na aplikacích např. u řízení rodinných domů, kde uživatel pomocí webového rozhraní vzdáleně zjistí

nebo nastaví potřebné parametry (nastavení topení, osvětlení, kropení trávníku,...). Pro funkčnost web serveru musí centrální jednotka obsahovat paměťovou kartu, na kterou se ukládají soubory vytvořených webových stránek. Pro přístup k řízení aplikace je možno zadat uživatelské jméno a heslo, které se případně nastavuje při tvorbě stránek. Výchozí nastavení přístupu jsou nastaveny na 0 (uživatelské jméno i heslo).[1]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 NÁVRH MODELU

Myšlenka výroby modelu automatizovaného skladiště palet vznikla podle fungujících systémů v jedné společnosti, jak bylo zmíněno v úvodu. Úkol diplomové práce týkající se tvorby modelu byl zajímavý v tom směru, že všechno se muselo do posledního detailu vymyslet, propočítat, zkonstruovat a v neposlední řadě elektronicky zapojit, naprogramovat a uvést do provozu. Využití modelu je předpokládáno při výuce předmětu PLC, která je již v současné době vybavena funkčními modely, jenž přispěli k inspiraci.

### 6.1 Požadavky na model

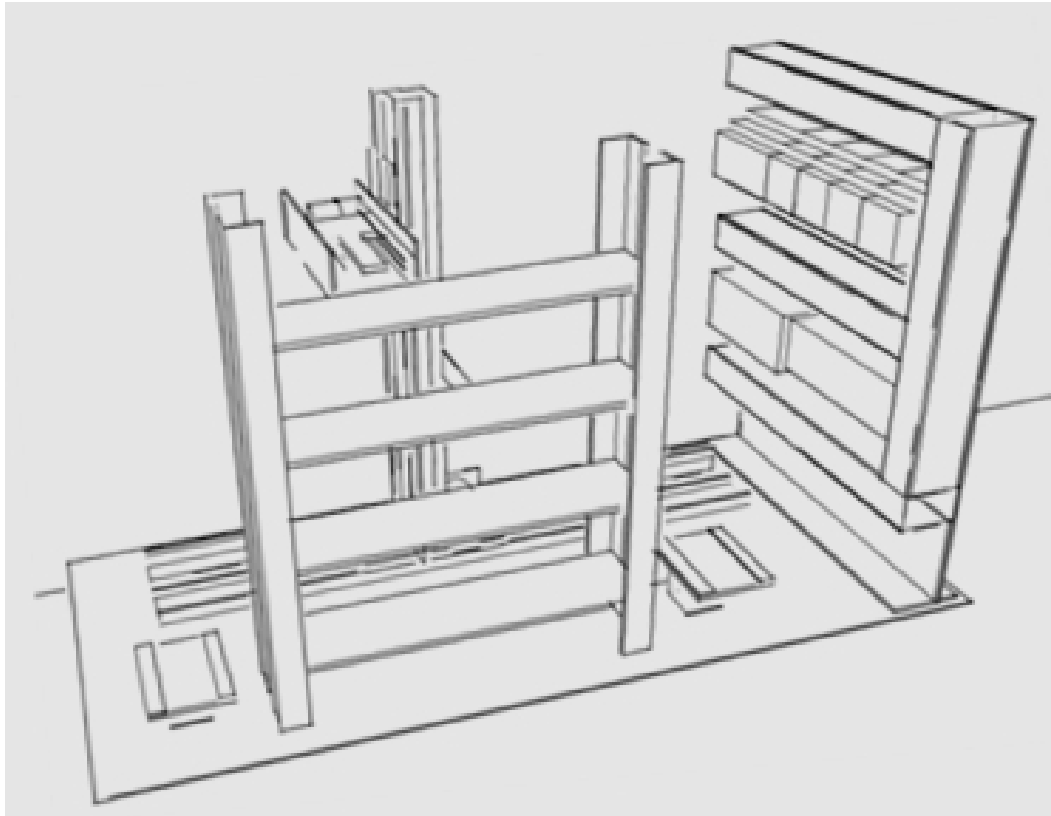
Při zvolení tématu byly stanoveny požadavky, podle kterých se měl model odvíjet a měli by být dodrženy.

- návrh modelu skladiště palet zakomponován do pracoviště obsahující PC,
- model by měl mít dlouhodobou funkčnost,
- realizace návrhu modelu i pracoviště s požadavkem na zabránění manipulace s prvky tvořící samostatný model,
- vytvoření ručního módu (nezávislého na PLC) a PLC módu (pracujícího podle naprogramovaného automatu).

### 6.2 Návrh mechanické části

Jako první kroky při návrhu modelu automatizovaného skladiště palet, byly vytvořeny skice. Od posledního náčrtu (viz Obrázek 20) se model téměř nezměnil a byl použit jako podklad pro výrobu. Zároveň bylo řešeno dostupnost materiálu, který ovlivňoval celý vývoj a ze kterého se měli jednotlivé konstrukční prvky skládat. Důraz byl kladen zejména na dlouhodobou funkčnost modelu a tím zvolení vhodné strategie návrhu. Mezi hlavní body návrhu patřilo zejména vhodného zvolené principu pojezdů v osách  $x$ ,  $y$  a  $z$ .

Představa o modelu byla taková, že by měl obsahovat 3 pohyblivé části (každá v jedné ose), které budou tvořit samotný zakladač. Dále regál pro uložení paletky s 12-ti pozicemi (3x4), nakládacím a vykládacím stolcem pro paletky. V ose  $x$  by se měl zakladač pohybovat směrem doprava a doleva se spínači na 5-ti polohách, neboť 2 polohy pro nakládání a vykládání paletky a 3 pro pozice v regálu. V ose  $y$  bude obsahovat 4 pozice polohy a v ose  $z$  polohu zasunuto a vysunuto nakládací části zakladače.



Obrázek 20 – Finální skica modelu před zahájením jeho výroby

V následujících kapitolách jsou znázorněny pouze vybrané hlavní dílčí prvky pro konstrukci mechanické části modelu.

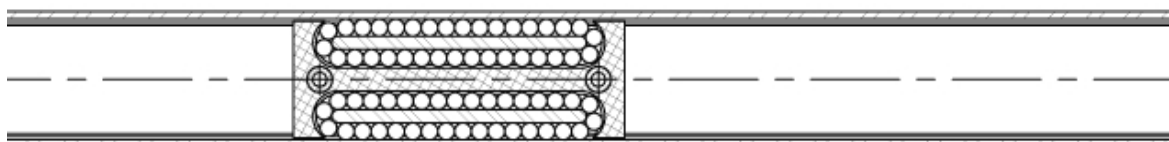
### 6.2.1 Lineární kolejnicové vedení

Samotná funkční část modelu (pojezdová) měla být robustní a proto i požadavky na pohyb byly nezanedbatelné, zejména posuvné pohyby po osách  $x$  a  $y$ . Proto bylo zvoleno lineární vedení. Dostupnost lineárních vedení byla finančně náročná a navíc i nabízený sortiment byl omezený pro účely modelu. Nakonec byla zvolena francouzská firma Chambrelan [10] se zastoupením v Praze, která patří mezi hlavní světové výrobce teleskopických kuličkových lišt a kolejnicových lineárních vedení. Po dohodě s danou společností na podmínkách, byly získány hliníková kolejnicová vedení (viz Obrázek 21) zdarma, což ušetřilo značnou část z rozpočtu. Na osu  $x$  bylo použito kolejnicové vedení typu Aluminium Rail D48-AL60 délky 700 mm a na osu  $y$  Aluminium Rail D409-AL40 délky 500 mm. Oba typy pracují na shodném principu, tedy podstatou kolejnicového vedení jsou vozíky s vnitřním oběhem kuliček posouvající se po kolejnici. Řez vozíčku s uloženými kuličkovými ložisky a kolejnicí je znázorněn na obrázku (viz Obrázek 22).



Obrázek 21 - Vzorek lineárního kolejnicového vedení

Výrobek se skládá z pevného vodícího profilu se dvěma drahami pro ložiskové kuličky a jednoho pohyblivého kuličkového vozíku. Rozdíl mezi oběma typy je v šířce vodícího profilu a tedy i vozíku.



Obrázek 22 – Znázornění principu pohybu kuličkového lineárního vedení.[10]

### 6.2.2 Hliníkové profily

Zvolení hliníkových profilů jako konstrukčních prvků modelu bylo jednoznačné, neboť jde o materiál lehce opracovatelný a hlavně s nízkou hmotností. Proto již záleželo na spektru dodávaných rozměrů a tvarů, podle kterých se celý model navrhoval. Přehled použitých hliníkových profilů na modelu (viz Tabulka 7).

Tabulka 7 - Přehled použitých hliníkových profilů

ploché tyče				
a	b	délka	tloušťka stěny	popis požití
60	10	150		základna na vozík X
40	40	500		rameno Y
70	10	200		výložník Z
U profil				
20	30	1000	2	podstavec na uložení hřebene X
80	50	200	3	zaklad Z
10	10	600	2	vodítka Z, uložení hřebene Z
10	10	3000	2	Palety
F profil				
6526		1000		uložení hřebene X
6526		1000		uložení hřebene Y
Jekl				
50	40	840	4	Palety

L profil				
a	b	délka	tloušťka stěny	popis požití
80	50	100	3	držák motoru X
100	100	100	6	držák zakladu Z
60	30	100	3	konzole pro energetický řetěz Y
60	60	100	4	konzole pro energetický řetěz X
100	50	1200	5	konstrukce dopravníky
30	30	2400	4	konstrukce regálu
25	25	1200	3	konstrukce regálu

### 6.2.3 Elektromotorky

Mezi další ze základních a velmi důležitých částí modelu patří bezesporu elektromotorky, které zabezpečují posuvy po osách  $x$ ,  $y$  a  $z$ . Hlavním požadavkem bylo, aby jejich součástí byla převodovka a tím měl motorek dostatečný krouticí moment a požadovanou rychlost otáčení při doporučeném napájecím napětí od výrobce. Na osu  $x$  a  $y$  se použily silnější motorky, neboť musely utáhnout celou pojezdovou část zakladače. Pohyb po ose  $z$  je pouze pro vykládání a nakládání palet, kde stačilo použít slabší motorek. Zvolené elektromotorky měli při návrhu dostatečné parametry, které splňovaly požadavky pro konstrukci. Přehled parametrů a vzhled zvolených elektromotorků pro osu  $x$  a  $y$  (viz Obrázek 23 a Tabulka 8) a pro osu  $z$  (viz Obrázek 24 a Tabulka 9).



Obrázek 23 – Elektromotor RB-35 použitý pro posuvy na osách  $x$  a  $y$

Tabulka 8 - Technické parametry elektromotorů RB-35 [11]

Elektromotor RB-35 s převodem 1:50	
Technická data	
Jmenovité napětí	12 V DC
Odběr proudu naprázdno	cca 80 mA
Průměr motorku	35 mm, průměr převodovky: 37 mm
Délka motorku s převodovkou	51 mm
Počet otáček naprázdno	120 ot./min.
Počet otáček při zatížení	104 ot./min.
Odběr proudu při zatížení	500 mA
Trvalý točivý moment	3 kg/cm (krátkodobě 9 kg/cm)
Účinnost	66%



Obrázek 24 - Elektromotor F-GM12-N20VA110 použitý pro pohyb po ose z

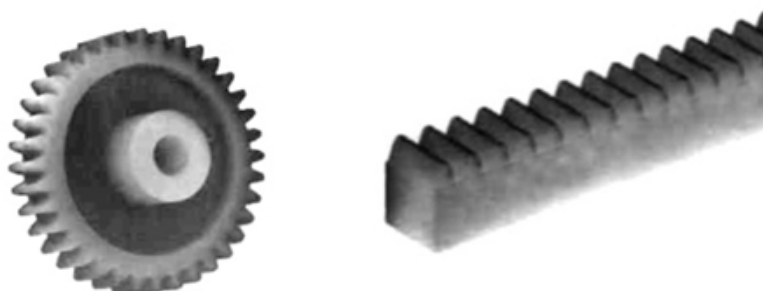
Tabulka 9 - Technické parametry elektromotoru F-GM12-N20VA110 [12]

Elektromotor F-GM12-N20VA110	
Technická data	
Jmenovité napětí	5 V DC
Odběr proudu naprázdno	cca 80 mA
Průměr motorku	12 mm
Délka motorku s převodovkou	30 mm
Počet otáček naprázdno	110 ot./min.
Počet otáček při zatížení	96 ot./min.
Odběr proudu při zatížení	200 mA
Trvalý točivý moment	0,9 kg/cm (krátkodobě 2,6 kg/cm)

#### 6.2.4 Ozubená kola a hřebeny

Pro převod krouťícího pohybu z elektromotorku na přímočaré pohyby bylo zvoleno použití ozubených kol nasazených na elektromotorky, které dosedají na ozubené hřebeny usazených po celé délce posuvu na osách  $x$ ,  $y$  a  $z$ . Dostupnost požadovaného zboží byla na

trhu hodně omezena, neboť většinou se jednalo o výrobu na zakázku. Nakonec jedna firma v Brně, měla v nabídce různé typy a rozměry ozubených kol a hřebenů (viz Obrázek 25).



Obrázek 25 – Ukázka plastového ozubeného kola a hřebenu

Po propočítání výsledné rychlosti pohybu podle rychlosti otáčení elektromotorků, pro pohyb po ose  $x$ ,  $y$  byla vybrána plastová ozubená kola SH-1030 a přímé plastové ozubené hřebeny ZH-1025. Pro osu  $z$  zvoleno ozubené kolo SH-0715 a hřeben ZH-0725 podle tabulky (viz Tabulka 10).

Tabulka 10 – Zvolení průměrů ozubených kol

otáčky/min	otáčky/s	průměr kola	obvod kola	délka pojezdu	doba pojezdu
104	1,7	30	94,2	700	4,4 s
104	1,7	30	94,2	500	3,1 s
96	1,6	9,5	29,8	100	2,1

### 6.2.5 Energetické řetězy

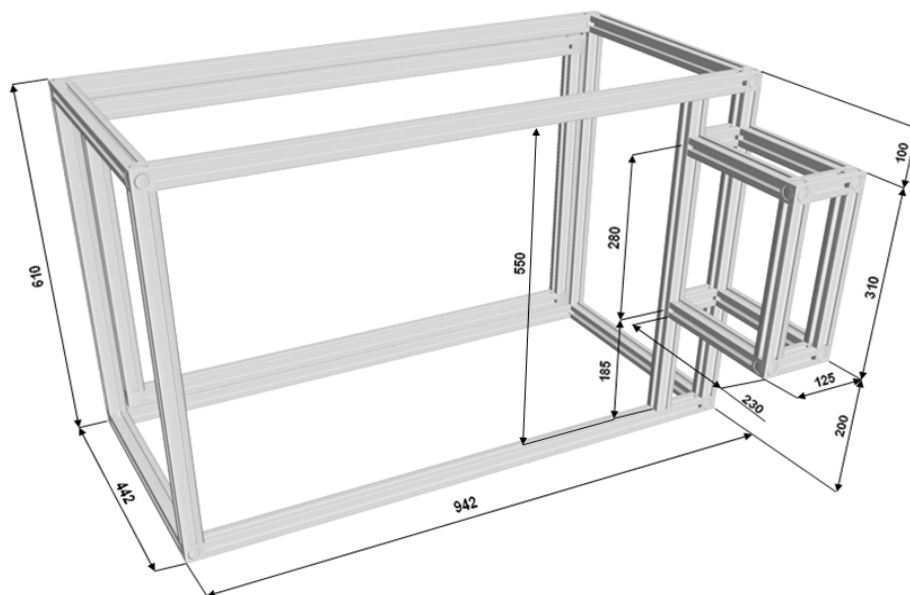
Samotný zakladač má hlavní pohyblivé části v ose  $x$  a  $y$ , na kterých jsou osazeny elektromotory a mikrosplínače pro zastavení na určité pozici. Proto byla potřeba vymyslet řešení, jak a kudy vést vodiče k napájení motorků a od spínačů polohy, aby nedocházelo k najetí na vodiče kolejnicí nebo k jiným mechanickým problémům. Proto bylo zvoleno řešení pomocí plastových energetických řetězů (viz Obrázek 26), které poskytla zdarma společnost LappGroup [13] ze sídlem v Otrokovicích.



Obrázek 26 – Část energetického řetězu [13]

### 6.2.6 Rám uchycovací krycí plexiskla

Rám tvoří nosnou část pro uchycení plexiskel, která brání vniknutí cizích předmětů nebo mechanickému poškození stroje zvenčí. Je tvořen pomocí speciálních hliníkových profilů, které dodala společnost Rexroth patřící do skupiny BOSCH [14] za symbolickou cenu. Návrh rámu tvořící nosnou část pro plexisklo a osazení ovládacího panelu s tlačítky je znázorněn na obrázku (viz Obrázek 27).



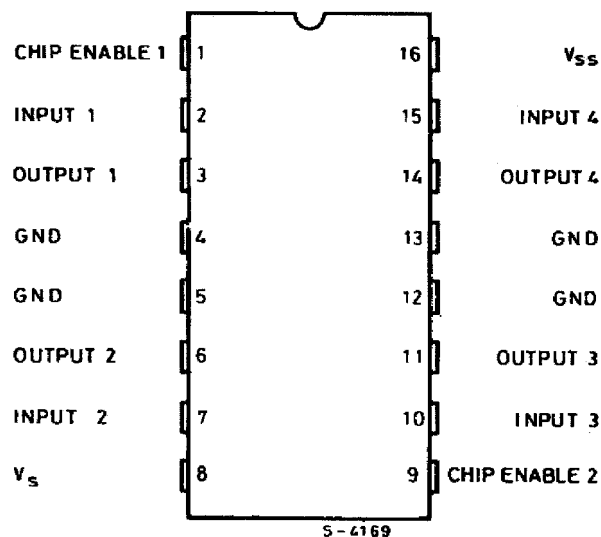
Obrázek 27 – Návrh rámu pomocí programu MTpro

## 6.3 Návrh elektrické části

Při zadání byly kladeny požadavky na dlouhodobou funkčnost modelu ne jenom po mechanické stránce, ale samozřejmě i elektrické. Proto byl kladen důraz na správné navržení elektrické části, která bude, nebo by měla odolávat kritickým událostem, zejména v koncových pozicích, kdy by byl např. motorek stále spuštěný a dojetý až do koncové polohy. Pak by to mělo za následek, že by se buď zničil nebo by nevydržela elektronika řízení směru otáčení motorků.

### 6.3.1 Obvod pro ovládání směru otáčení elektromotorů

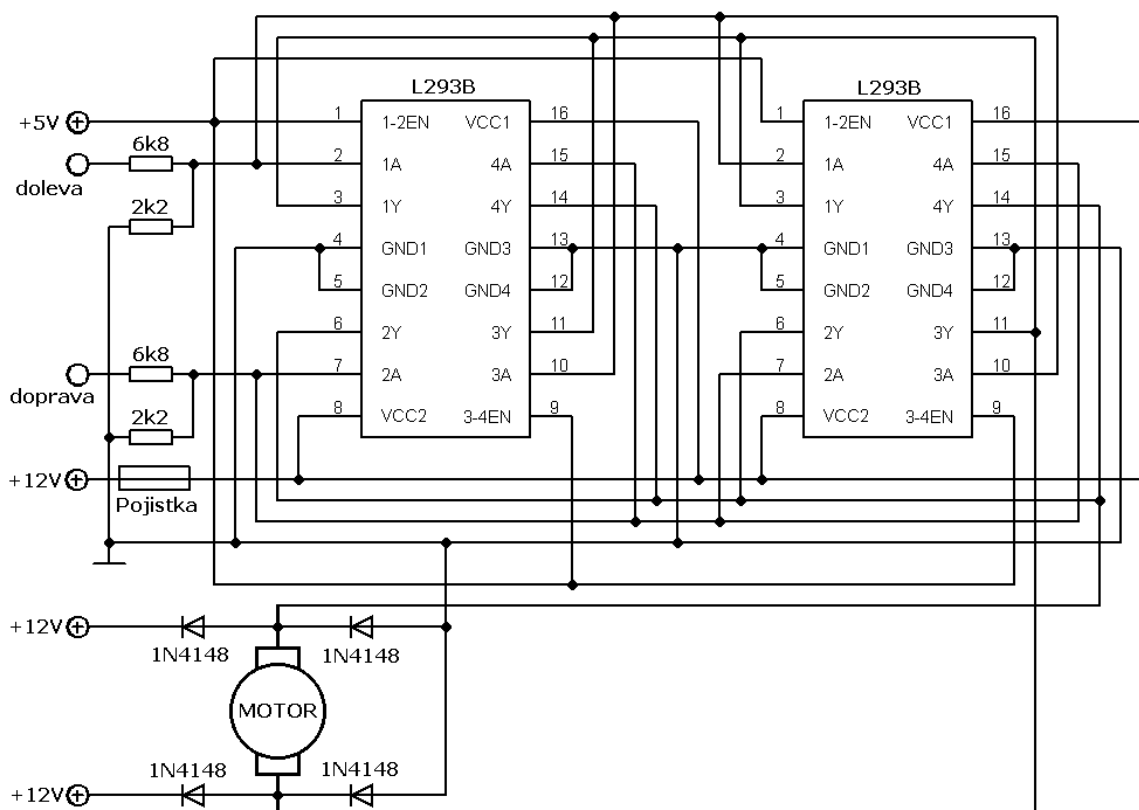
Obvod je navržen tak, že snese proudovou zátěž až do 2A na motorek pro posuvy po osách  $x$  a  $y$  a proudovou zátěž do 0,8A pro motorek pro posuv po ose  $z$ . Hlavní částí obvodu jsou H-můstky (můstkové budiče), které ovládají chod připojeného elektromotoru. H-můstky jsou dvoukanálové budiče, které dokážou ovládat dva motorky nezávisle na sobě. Na osu  $x$  a  $y$  jsou použity vždy dva H-můstky L293B a na osu  $z$  jeden H-můstek L293D. Rozdíl mezi nimi je právě ve velikosti proudové zátěže řízeného motoru, kde motory RB-35 mají při zatížení odběr 500mA při 12V DC a motor F-GM12-N20VA110 200mA při 5V DC. L293B snese krátkodobě proudovou zátěž až 2A a L293D 0,8A. Navíc L293B jsou zapojeny paralelně, tedy dohromady 4 kanály řídí jeden motorek, přičemž nebezpečí spálení IO. Na obrázku (viz Obrázek 28) je znázorněn pohled na H-můstek (oba typy se zapojují stejně). Piny 1 a 9 jsou k zprovoznění IO, tedy k možnosti, že se motorek bude točit. Jsou stále nastaveny na hodnotu log 1 (tedy +5V), neboť chod a směr otáčení jsou ovládány vstupními piny 2, 7, 10 a 15. Velikost napájecího napětí pro motorky se připojuje na piny 8 a 16, tedy (+4,5V až +36V). Motorky se připojují na výstupní piny 3, 6 (jeden motorek) a 11, 14 (druhý motorek). Piny 4, 5, 12 a 13 jsou společně uzemněny.



Obrázek 28 - IO L293B nebo L293D pro řízení elektromotorků [12]

Aby se motorek začal točit jedním směrem, tak pin 1 musí mít +5V, pin 8 velikost napětí podle motoru a na vstup 2 nebo 7 přivedena log 1 tedy +5V. Pak na výstupním pinu 3 nebo 6 (podle toho, který vstupní pin má log 1) se objeví napětí, které je připojené na pin 8.

Připojení výstupů PLC (PLC mód) nebo kontaktů z relé (ruční mód) pro otáčení motorků na vstupy budiče musí být připojeno přes děliče napětí, neboť velikost napětí z výstupů PLC nebo relé je +24V a H-můstek pracuje s TTL hodnotami vstupů, což je +5V. Hodnoty odporů děliče napětí jsou pro rezistor  $R1 = 6k8\Omega$  a pro rezistor  $R2 = 2k2\Omega$ . Obvod L293B musí mít navíc připojeny diody proti napěťovým špičkám. Obvod L293D diody již obsahuje ve svém těle. Schéma zapojení obvodu pro řízení motorku pro pohyb po ose  $x$  je znázorněno na obrázku (viz obrázek 29). Obvod pro řízení motorku pro pohyb  $y$  je totožný jako pro motorek pro pohyb po ose  $x$ , ale pro pohyb po ose  $z$  je obvod odlišný, neboť je tvořen pouze jedním H-můstkem L293D a nejsou zapojeny diody.



Obrázek 29 – Schéma zapojení ovládní motorku posuvu osy  $x$

### 6.3.2 Mechanické spínače polohy

Polohy zakladače na všech osách jsou snímány pomocí mikrospínačů. Na osách  $y$  a  $z$  jsou osazeny mikrospínače v provedení (páčka s rolnou), na ose  $x$  v provedení (bez páčky). Všechny jsou totožného typu tedy mají jeden spínací (NO) a rozpínací (NC) kontakt.

### 6.3.3 Magnetické snímače polohy

Detekce naložené palety na vstupním dopravníku, nebo výstupním dopravníku je zajištěno pomocí magnetických snímačů polohy SME-8-LED-24 značky FESTO (viz Obrázek 30). Všechny nakládací palety obsahují na vnitřní stěně magnet, který zapíná čidlo. Je to voleno bezdotykově, neboť palety mají nízkou hmotnost a nepřipadalo v úvahu, aby spínaly mechanické spínače.



Obrázek 30 – Magnetický snímač polohy SME-8-LED-24

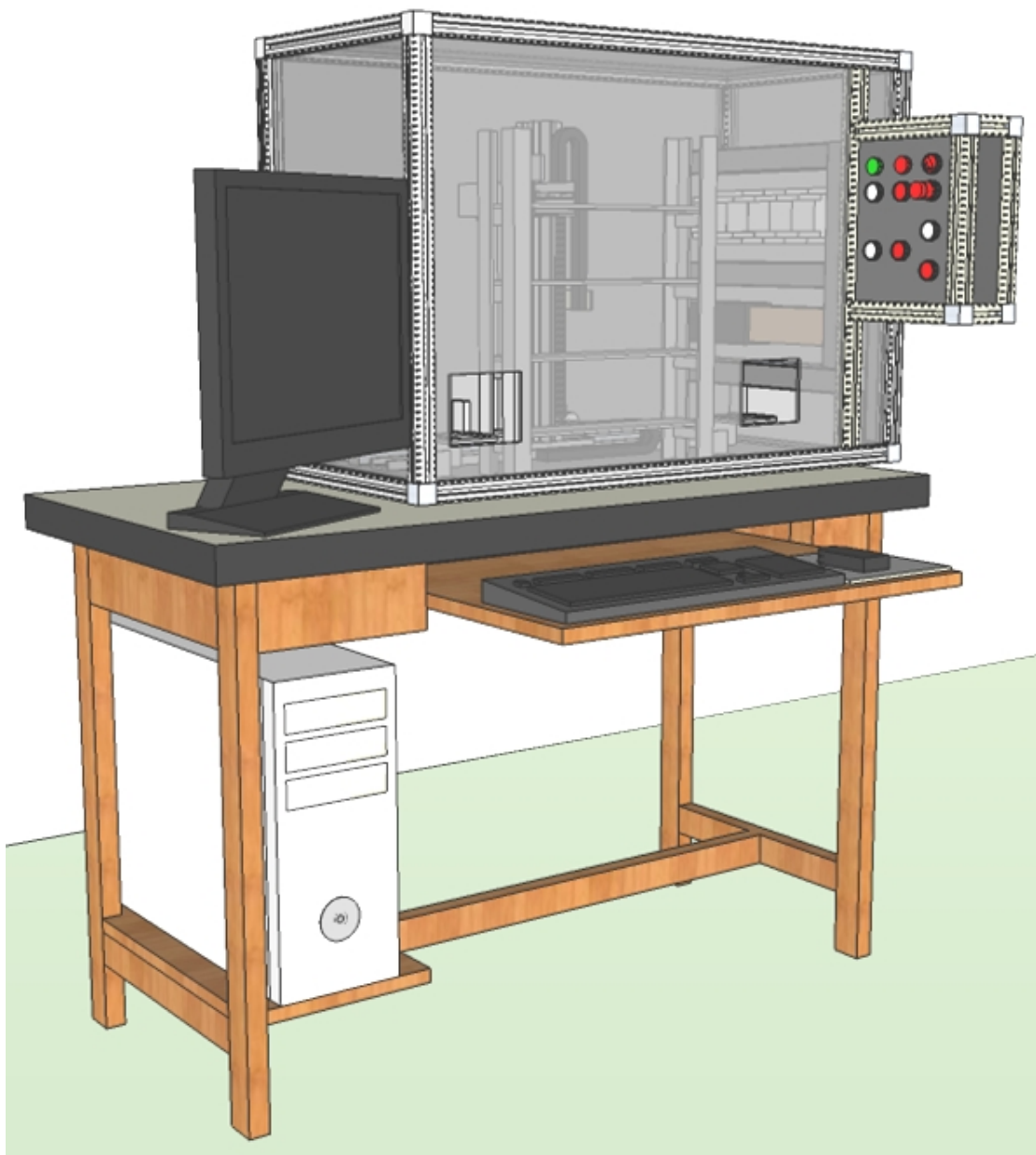
### 6.3.4 Elektromagnetická relé

Jedním z požadavků zadání bylo, aby se pohyby daly částečně ovládat pomocí mechanických tlačítek, aniž by bylo v chodu PLC (tedy při vypnutém PLC v režimu PLC OFF). Je to navrženo tak, že tlačítka jsou osazeny na ovládacím panelu, které dokážou pohybovat s osou  $x$  a  $y$  (tedy doprava, doleva, nahoru a dolů). Při režimu PLC ON stisknutí tlačítka nemá na nic vliv. Vše je propojeno přes 4 relé (každé obsluhuje jeden směr otáčení). Např. pohyb doprava vyvoláme stisknutím tlačítka vpravo, kdy se zakladač rozjede doprava. Pohyb doprava je vždy po najetí zakladače na spínač polohy zastaven a znovu rozjet po dalším stisknutí tlačítka. Zapojení je navrženo (viz Příloha 1) jako klopný obvod, kdy stisknutím příslušného tlačítka se zaktivuje relé, které zůstane v sepnuté poloze dokud se nevyresetuje najetím na spínač polohy nebo se nesečne tlačítko k rozjetí na opačnou stranu. Pohyby po ose  $x$  a  $y$  jsou ovládány nezávisle na sobě.

Pohyb po ose  $x$  a  $y$  není možné ovládat pokud není zasunuta nakládací část, která se pohybuje v ose  $z$ . Ta se zasune v okamžiku při sepnutí do režimu PLC OFF pokud není zasunut.

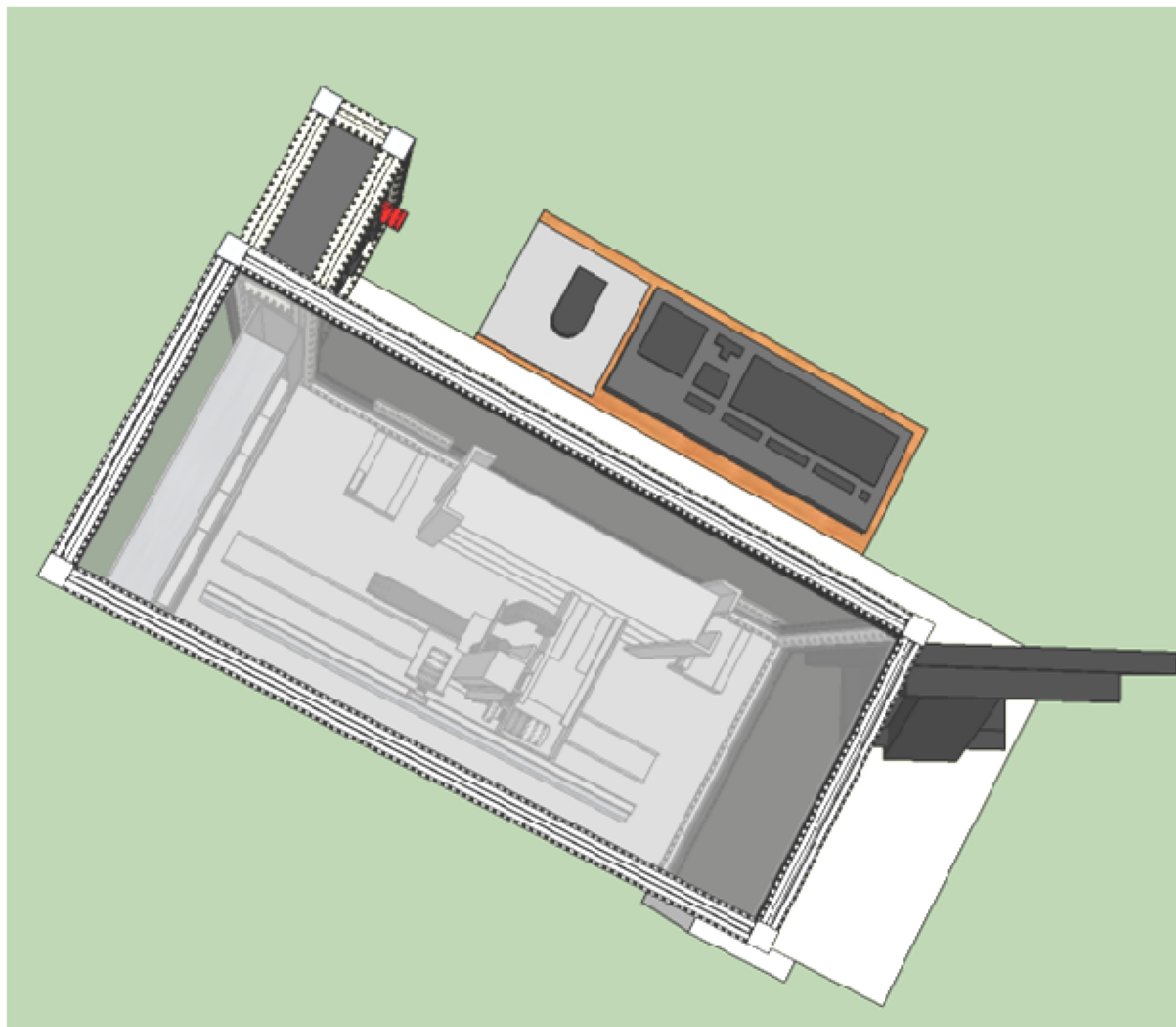
## 6.4 Navržený model

Po vyhledání vhodných konstrukčních součástí, profilů a součástek byl vytvořen 3D model pomocí programu SketchUp znázorňující pohled na budoucí pracoviště s navrženým modelem automatizovaného zakladače palet, počítačovou sestavou a stolem, na kterém je vše osazeno. Na obrázcích je znázorněno celé pracoviště ze dvou 3D pohledů (viz Obrázek 31 a Obrázek 32).



Obrázek 31 – Přední pohled na 3D návrh pracoviště s osazeným modelem.

Stůl je použitý z laboratoře PLC, který se musel upravit pro klávesnici, myš a usazení PC. Pracoviště je navrženo tak, aby vše bylo ergonomicky uspořádáno a student měl vše „po ruce a na očích“ .



Obrázek 32 – Pohled shora na 3D návrh pracoviště s osazeným modelem

## 7 REALIZACE MODELU

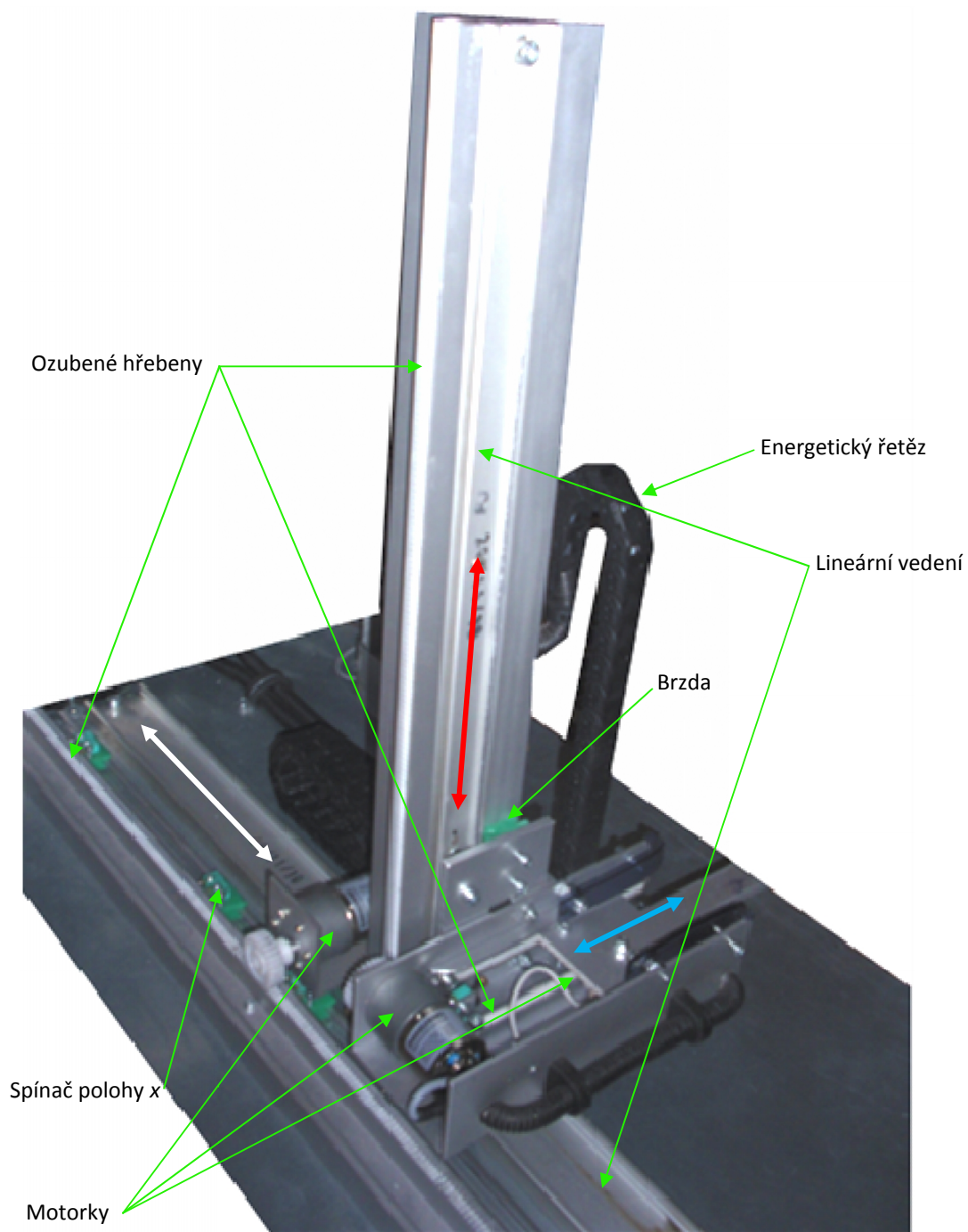
### 7.1 Realizace mechanické části

Samotná realizace modelu byla časově náročná. Byl kladen důraz na mechanickou stálost. Konstrukce zakladače je navržena robustně, a tak všechny mechanické spoje musely být smontovány šroubováním a nedošlo tedy k žádnému lepení, které nezaručuje stálost spoje.

#### 7.1.1 Hlavní část - zakladač

Nejdůležitější a nejsložitější částí konstrukce bylo vytvoření pohyblivého dílu zakladače (viz Obrázek 33), kde bílá šipka znázorňuje posuvný pohyb po ose  $x$ , červená po ose  $y$  a modrá šipka pohyb po ose  $z$ . Celý model je ukotven na hlavní základovou desku z oceli tloušťky 3mm. Jednotlivé statické části jsou na ni přišroubovány jako je uložení pro ozubený hřeben pro pohyb po ose  $x$ , lišta s osazenými spínači polohy a pevně ukotveného lineárního vedení. Na vozíčku je přišroubována základová deska, na které drží motorek, brzdná část a hlavní pevný stožár z hliníkového hranolu 40x40. Hlavní základová deska a pohyblivá část je spojena energetickým řetězem. Na stožáru jsou napevno přišroubovány další důležité části pro pohyb po ose  $y$  jako je lineární vedení, uložení pro ozubený hřeben, spínače polohy a brzdná plocha. Na vozíčku lineárního vedení osy  $y$  je osazena celá pohyblivá část osy  $y$  a celá funkční část pro osu  $z$ . Tvoří ji hlavní uložení z profilu písmene U, na kterém je přišroubován motor pro pohyb po ose  $y$ , brzdná deska, výsuvný mechanismus pro nakládání a vykládání paletek s motorkem, spínače vysunutí a zasunutí. Tento profil je taky spojen s hlavním stožárem pomocí energetického řetězu pro přivedení vodičů.

Brzdné části jsou zkonstruovány z toho důvodu, neboť zejména pohyb po ose  $y$  je vykonáván pomocí motorku, který díky hmotnosti a gravitaci neudrží takovou sílu a pohyblivá část osy a celá funkční část nakládání a vykládání neudržela na zastaveném místě. Proto je zkonstruována jednoduchá brzda, která tvoří stálý odpor a obsahuje nastavovací šrouby síly brzdy.



Obrázek 33 – Hlavní pojezdová část - zakladač

### 7.1.2 Regál pro uložení palet

Regál je tvořen z profilů písmene L ve kterém jsou osazeny 4 podlaží z plastových desek. Vše je k sobě přišroubováno a ukotveno k hlavní základové desce.

### 7.1.3 Stolce pro náklad a vyložení palet

Vstupní část do zakladačového systému je vytvořena ze stolce (viz Obrázek 34), na který se manuálně nasune paletka. Nasunutí jde z lehka a na konci jsou dva zarážecí šrouby, které zabrání přepadnutí paletky do prostoru zakladače. Stejný stolec je i na straně vykládání paletek, který již neobsahuje žádné zarážecí šrouby. Dále obsahují oba stolce detekční část paletek, neboli držák pro magnetický snímač.



Obrázek 34 – Vstupní stolec s magnetickým snímačem a paletkou

### 7.1.4 Paletky

Paletky (viz obrázek 34) tvoří hliníkový jekl 40x50mm, dva U profily a ve vnitř je připevněn magnet, aby mohly být paletky detekovány na vstupních a výstupních stolcích.

### 7.1.5 Rám modelu a plexiskla

Je složen zejména ze speciálních hliníkových profilů rozměru 30x30mm. Konstrukce profilů je naprosto pevná a nedovoluje žádným nestabilitám rámu. Všechny stěny jsou vyplněny čirým plexisklem tloušťky 3mm. Stěny ovládacího panelu tvoří šedé plastové desky. V předním plexiskle jsou vytvořeny otvory pro vkládání a vytahování paletek. Do funkční části se lze dostat pomocí zadní části, kde se dá celá stěna otevřít. Model není

napevno připevněn ke stolu a jde jej přenést pomocí manipulačních úchytů padnoucích do rukou.

## 7.2 Realizace elektrické části

Elektrická část je tvořena zejména hlavním panelem (viz Obrázek 35) osazeným na pravé straně modelu. Obsahuje PLC moduly Foxtrout, DPS pro ovládání motorků, elektromagnetická relé svorkovnice připojených vodičů a zdroj pro elektromotorek osy z a napájení IO obvodů.



Obrázek 35 – Hlavní panel s osazenou elektronikou

Napájecí zdroj +24V DC PLC systému a zdroj napájecí elektromotorky pro posuv po ose  $x$  a  $y$  jsou osazeny pod spodním podlažím regálu. Jde o regulovatelný zdroj od +14V do +22V DC. Napájení těchto motorků má hodnotu nastavenou na +14V a přesahuje o 2V doporučené napájecí napětí. Je to z toho důvodu, že po vytvoření brzd v mechanické části

se pohyb při 12V stával velice pomalým a v ose y při pohybu nahoru nedocházelo k rozjetí. I když je napětí motorků překročeno, tak po dlouhých testech (cca 3 hodiny neustálého provozu zakladač jezdil v automatickém režimu) nedocházelo k žádným změnám. Motorčky se nijak nezahřívaly a i H-můstky dosahovaly cca 35°C, které pracují až do 70°C.

### **7.2.1 Ovládací panel**

Ovládací panel je složen z průmyslových tlačítek. Pro přepínání režimů slouží dvoupolohový přepínač (režim PLC OFF a PLC ON). Pro ovládání pohybů nahoru, dolů doprava a doleva jsou umístěna ve spodní části tlačítka. Po zvolení režimu PLC ON lze vybrat pomocí dvou tlačítek automatický a manuální režim práce zakladače. Aktivovaný režim je indikován pomocí prosvětlených signálek nad každým ze dvou tlačítek. Posledním prvkem na ovládacím panelu je tlačítko TOTALSTOP. Jeho funkce je použitelná pouze v režimu PLC ON, kdy po stlačení dojde k odpojení napájecího obvodu binárních výstupů, dokud nedojde k jako navrácení protočením ovladače doprava do vypnuté polohy.

### **7.2.2 Propojení s vnějším prostředím**

Model má veškeré potřebné součásti instalovány ve vnitř a vedou z něj pouze ethernetový kabel, kabel pro sériovou komunikaci s programovacím počítačem osazený koncovkou Cannon 9. Dále napájecí kabel pro připojení do napájecí rozvodné sítě 230V AC.

## 8 PROGRAMOVÁ ČÁST

Ilustrační komplexní program vytvořený v prostředí Mosaic pro ovládání chodu celého automatizovaného zakladačového systému je naprogramován pod normou IEC 61131-3 pomocí programovacího jazyka LD a FBD. Běh programu lze sledovat, ale i ovládat na obrazovce prostřednictvím vizualizačního systému Control Web. Součástí ukázkového programu je také využití možnosti PLC Foxtrot, tj. webového serveru, který je možno aplikovat jak k monitorování, tak i k řízení daného objektu. Programování PLC Foxtrot

### 8.1 Ukázkový program pro PLC Foxtrot

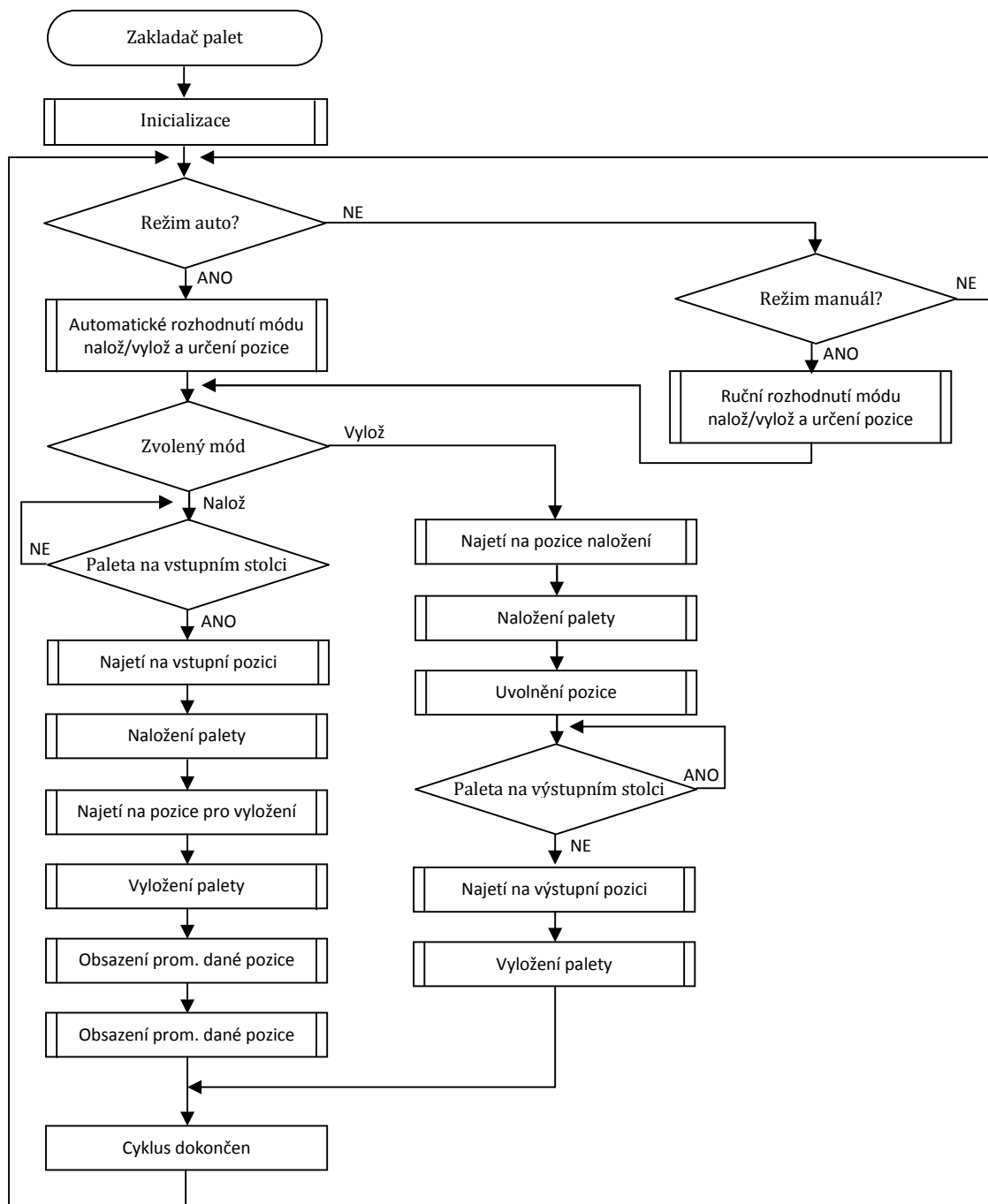
Program vytvořený pro chod modelu je tvořen hlavně pomocí funkčních bloků, které vykonávají jednotlivé části programu, které se v něm opakují. Pro plnou funkci je potřeba, aby byla zprovozněna vizualizace, neboť chod programu je na něm závislý při zvolení manuálního režimu.

#### 8.1.1 Princip vykonávání programu

Princip programu je graficky znázorněn v algoritmu (viz Obrázek 36). Je založen na dvou režimech a to na automatickém a manuálním. Po zapnutí programu se zakladač rozjede automaticky do inicializační polohy, tedy na pozici vyložení palety u výstupního stolce. Dále program čeká na zvolení režimu.

##### **Automatický režim**

V automatickém režimu se zakladač rozjede ke vstupnímu stolci, až bude na něm nasazena paletka. Po přijetí ke stolci naloží nakládací mechanismus paletku na zakladač a zaveze na první volnou pozici v regálu. Po vyložení čeká, pokud není nasazena paletka na vstupním stolci, jinak se rozjede na vstup a naloží další paletku a uloží do další volné pozice. To se opakuje dokud není regál zcela plný. Pokud k tomu dojde, tak se zakladač, po uložení paletky do poslední volné pozice v regálu, rozjede k výstupu a pak dojde k první obsazené pozici (pozice 1x1), kde nabere paletku a odveze k výstupnímu stolci, kde ji vyloží. Pak se rozjede pro další paletku a po naložení čeká, jestli je už odebrána předchozí paletka z výstupního stolce. Jinak se hned rozjede k výstupu. Vše se opakuje pokud nejsou odebrány všechny paletky. Po odebrání zakladač znovu vykoná nakládací cyklus.



Obrázek 36 – Algoritmus programu

### Manuální režim

Manuální režim lze vyvolat kdykoliv při vykonávání automatického režimu po ukončení naložení nebo vyložení paletky. Samozřejmostí je zvolení manuálního režimu po inicializaci na začátku programu.

Manuální režim lze ovládat pouze pomocí vizualizace, kdy zakladač zajede (pokud se nenachází) na inicializační polohu a čeká na zvolený krok nakládání nebo vykládání zvolené palety z regálu. Zvolením příslušného módu zakladač vykoná nakládací nebo vykládací cyklus. Po naložení nebo vyložení se znovu nachází na inicializační poloze a čeká na zvolení módu.

Do automatického režimu se z manuálního lze dostat pouze pokud jsou všechny pozice regálu zaplněny nebo prázdné.

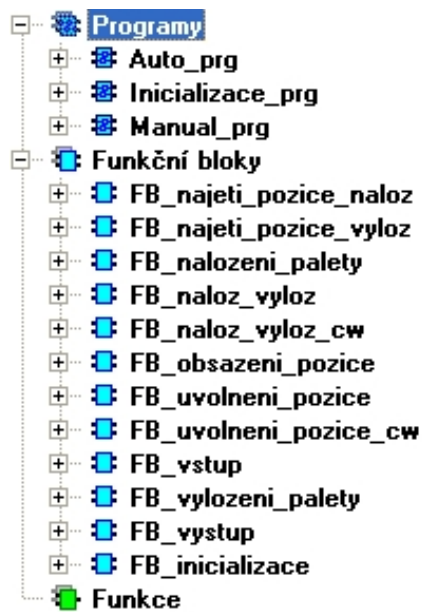
### 8.1.2 Přehled programu

Uživatelský program se skládá z uživatelských procesů P0, P10 a P11 (viz Obrázek 37). V procesu P0 (základní proces, který je povinnou součástí uživatelského programu) je obsloužena inicializace a výběr automatického nebo manuálního režimu. Vybráním určitého režimu se nastaví systémové registry, které aktivují v následujícím cyklu daný proces. Systémový registr pro automatický režim je obsažen na pozici S25.1, který vyvolá uživatelsky aktivovaný proces P10. Ten je aktivní až do doby, dokud se systémový registr S25.1 nenastaví na log 0. Manuální režim obsluhuje systémový registr S25.2, který nastavením na log 1 vyvolá proces P11.



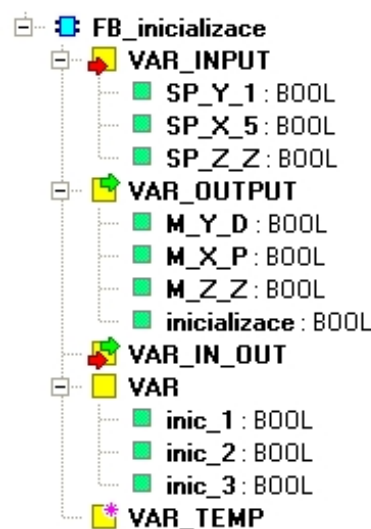
Obrázek 37 – Přehled projektu rozdělený do procesů

V projektu jsou použity programy, zastupující jednotlivé režimy, které se skládají z funkčních bloků pro úkony práce zakladače, které se v programu několikrát opakují (viz Obrázek 38).



Obrázek 38 – Přehled všech použitých programů a FB v projektu

Jednotlivé funkční bloky (dále jen FB) se skládají z deklarační části (viz Obrázek 39), která obsahuje vstupní proměnné (VAR\_INPUT) pro předávání vstupních parametrů do FB, vnitřní proměnné (VAR) uchovávající hodnoty jenom uvnitř FB a nelze je číst z ostatních FB. Výstupní proměnné (VAR\_OUTPUT) předávají výstupní parametry z FB a jsou viditelné i v ostatních FB, pokud jsou v jejich struktuře deklarovány. Vstupně-výstupní proměnné (VAR\_IN\_OUT) lze číst i nastavovat uvnitř i vně FB a jsou deklarovány jako globální. Deklarační část FB (VAR\_TEMP) obsahuje vnitřní pomocné proměnné, které mezi voláními neuchovávají svou hodnotu.



Obrázek 39 – Ukázka deklarace FB\_inicializace

Proměnné VAR pokud jsou deklarovány jenom v určitých POU, jsou vidět jenom právě v nich. Z ostatních POU je není možno vyvolat. Deklarace proměnných typu VAR\_GLOBAL umožňuje všem POU v programu práci s těmito proměnnými.

Zabezpečení obsazenosti pozice v regálu, není pomocí fyzického spínače, nebo snímače, ale je ošetřeno pomocí programu. V regálu je celkem 12 pozic, kde obsazenost je deklarována proměnnými jako VAR\_GLOBAL\_RETAIN. To umožňuje, že i při vypnutí napájení PLC uchovávají svou hodnotu. Ale pokud je vykonán studený restart, který nastaví všechny proměnné do inicializačních hodnot, informace o obsazenosti se ztratí a je třeba paletky z regálu vyndat ručně, aby nedošlo ke kolizi (program by si myslel, že v dané pozici žádná paletka není naložena). Přehled celého programu je uložen v elektronické podobě v příloze.

## 8.2 Vizualizace v prostředí Control Web

Vizualizace je vytvořena pomocí programu Control Web, která slouží k indikaci zaplněných pozic, ale hlavně k ovládní chodu programu v manuálním režimu.

### 8.2.1 Princip běhu vizualizace

Po zapnutí programu jsou na vizualizační obrazovce znázorněny vstupní a výstupní stolce, regál s volnými a obsazenými pozicemi a indikace probíhajícího manuálního nebo automatického režimu (viz obrázek 39). V automatickém režimu zastupuje vizualizace pouze funkci indikační. Indikují se volné a zaplněné pozice jak v regálu paletek, tak i obsazenost vstupních a výstupních stolic. V manuálním režimu jde spíše o ovládní chodu zakladače. Po zvolení manuálního režimu se jednotlivé pozice v regálu zobrazí ne jenom ve funkci indikační, ale jde na ně kliknout a zvolit, které místo se má obsadit naloženou paletkou na vstupním stolci (pokud je paletka znázorněna šedou barvou s nápisem VOLNO), nebo která paletka se má vyložit z určité pozice v regálu (zelená barva s nápisem OBSAZENO). Po zvolení (kliknutí na patřičnou paletku v regálu), dojde k neumožnění kliknutí na kteroukoliv paletku a obsluha musí vydržet do konce procesu naložení nebo vyložení paletky z regálu. Po ukončení procesu je znovu možnost zvolit kteroukoliv paletku k naložení nebo vyložení. Rozdíl mezi paletkami, na které jde kliknout a na které ne, je patrný z obrázku (viz Obrázek 40).



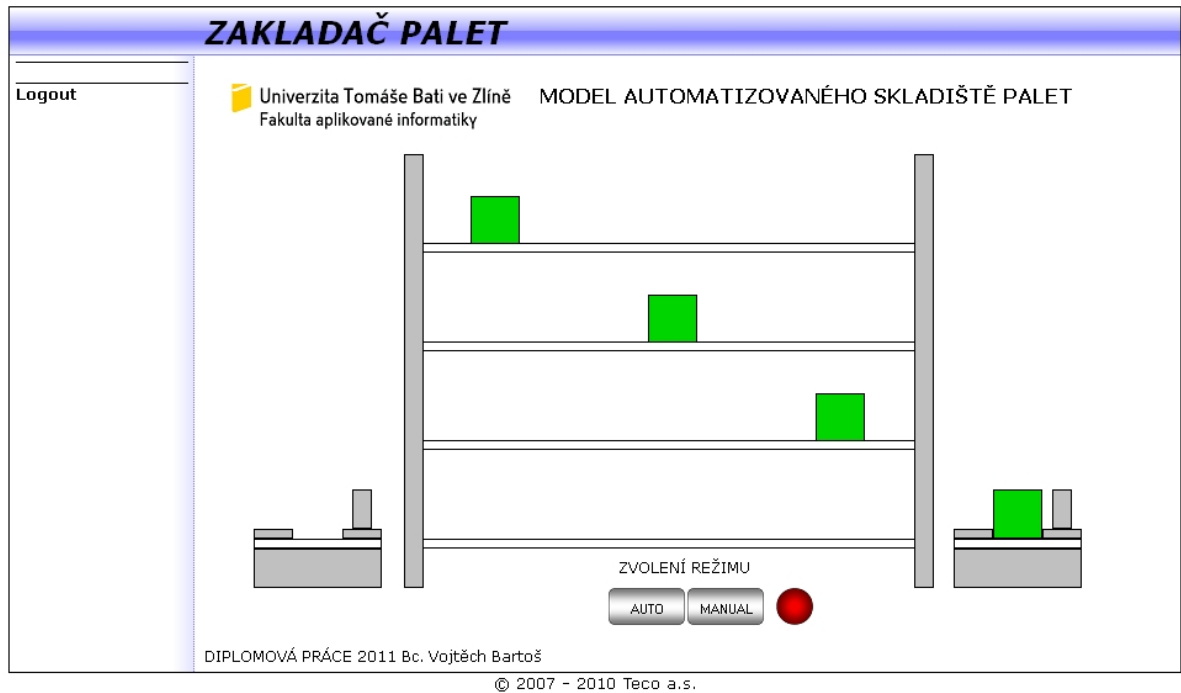
Obrázek 40 – Vzhled vizualizace během manuálního režimu v Control Webu

### 8.2.2 Komunikace Control Webu s PLC Foxtrot

Komunikace je zabezpečena pomocí ovladače, který je potřeba nahrát do adresáře uloženého projektu vytvořeného v prostředí Control Web. Ovladače pro zvolené PLC jsou k dostání na stránkách výrobce Control Webu [8], kde mají dostupné ovladače i dalších, zejména předních výrobců PLC systémů. Ovladač se skládá ze dvou souborů a to mapovacího souboru a parametrického. Záleží jaký typ propojení bude realizovaný, neboť parametrický soubor může být buď pro Ethernet nebo RS232. V parametrickém souboru je možno nastavit parametry komunikace a definovat kanály ovladače. Mapovací soubor obsahuje typy kanálů ovladače, prostřednictvím kterých komunikuje s PLC. Jedna část kanálů je pevně dána příslušným ovladačem, další je proměnná, kterou si volí uživatel podle potřeby aplikace.

### 8.3 Vizualizace v prostředí Web Maker

Vizualizace vytvořená pomocí programu Web Maker, který je součástí vývojového prostředí Mosaic je znázorněna na obrázku (viz Obrázek 41).



Obrázek 41 – Vzhled vizualizace vytvořené v prostředí Web Maker

Slouží pro vizualizaci umístěných paletek na všech pozicích, kdy obsazená místa jsou znázorněna zeleným čtvercem. Pomocí vizualizace je možno i částečně ovládat chod programu a to zvolením režimů (automatický a manuální). Dále je indikován právě spuštěný proces práce zakladače. K vizualizaci je možné se dostat pomocí internetového prohlížeče. Po zadání IP adresy, na kterou je nastaven PLC foxtrot, se objeví přihlašovací okno, kde je nutno zadat uživatelské jméno a heslo.

## ZÁVĚR

Diplomová práce nese název Řízení modelu automatizovaného skladiště palet programovatelným automatem, přičemž náplní práce byla také fyzická konstrukce zmíněného modelu, který se stal reálnou funkční pomůckou laboratoře PLC na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Ta je v současné době vybavena řadou dalších, podobně zajímavých modelů.

Obsah diplomové práce je rozdělen do dvou základních částí. Teoretická popisuje problematiku PLC systémů, jejich rozčlenění a způsob programování podle normy IEC 61131-3, která se stala jednoznačnou součástí PLC programování. Dále je popsán použitý PLC Foxtrot včetně použitých modulů sloužících pro řízení. Závěr je věnován vizualizaci, která je důležitým elementem moderního řízení většiny průmyslových procesů. Praktická část popisuje návrh reálného modelu skladiště palet podle stanovených požadavků, a to jak jeho mechanické tak i elektrické části. Dále se zabývá jejich praktickou realizací a následným vytvořením ilustračního programu a popsáním chodu modelu skladiště palet v jednotlivých režimech ovládání. Součástí programového celku je i vizualizace vytvořená ve dvou systémech, a to buď monitorování a ovládání pomocí SW Control web, který je jedním z důležitých prvků celého pracoviště, nebo pomocí internetového rozhraní přes webové stránky, tj. s využitím Web serveru PLC.

Programovatelné automaty mají v dnešní době komplexní zastoupení v mnoha odvětvích, a člověk se s nimi může setkat v každodenním životě. Největší podíl použitých PLC spadá pod průmysl, kde téměř všechny aplikace výrobních linek, obráběcích strojů a vůbec většina automatizovaných zařízení je řízena těmito systémy. Zejména podpora komunikace s dalšími systémy a podsystémy dovoluje vytvoření dokonalých nástrojů pro bezproblémové řízení, kontrolu a sběr dat libovolných procesů i z míst vzdálených od fyzického uložení dané aplikace. Technologie se neustále zdokonalují a PLC systémy nejsou žádnou výjimkou. Oblíbenost nasazení v mnoha různých oborech je velká. Způsob života se rychle mění a proto lze sledovat rostoucí pole působnosti i v řízení elektroinstalací domácností, kde vytvářejí pro své uživatele velice komfortní prostředek. Ti mohou svá obydlí ovládat různě nastavitelnými funkcemi, nebo mít nepřetržitý přehled o stavu domu či bytu pomocí telekomunikačních technologií GSM nebo Internetu.

PLC systémy budou i v blízké budoucnosti základem pro řízení průmyslových linek a lze předpokládat, že budou stále více pronikat i do odvětví, ve kterých se zatím nevyskytují.

I proto je výuka programování PLC pro studenty jednou z možných cest získání reálné představy o možnosti budoucího uplatnění. Vytvořený fyzický model by měl být k tomu velkou pomůckou.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The thesis is called Control of an automatic warehouse pallet model using programmable logic controller, whereas part of the job description was also the physical construction of the model, which became a real working tool of PLC Laboratory of Tomas Bata University in Zlin. The laboratory is currently equipped with some other similarly interesting models.

The content of the thesis is divided into two parts. The theoretical part describes PLC systems in general, their dissection and methods of programming according to IEC 61131-3, which has become a unique part of the PLC programming. Furthermore the chosen PLC Foxtronic including all modules used for the model control is described. The conclusion is devoted to visualization, which is an important element of modern industrial control systems. The practical part describes the design of a real warehouse pallets model according to specified requirements, both its mechanical and electrical parts. It also deals with the practical implementation and the subsequent creation of the program and an illustrative model describing the operation of warehouse pallets model in dedicated control modes. The program's visualization is created in two systems, either directly monitoring and controlling the model via the software Control web, which is an important element in the workplace, or via web interface by using Web server PLC.

Programmable logic controllers have today a comprehensive representation in many sectors, and man can meet them in everyday life. The largest share of the PLC is covered by the industry, where almost all applications of production lines, machine tools and most of all automated equipment is controlled by these systems. In particular, support for communication with other systems and subsystems allows to create perfect tools for trouble-free management, monitoring and data collection processes from random locations distant from the physical storage of the application. Technology is constantly improving and PLC systems are no exception. The popularity of use in many different fields is large. The way of life is rapidly changing and thus growing interest is also in controlling of electrical household, where they form a very convenient tool for the users. They can make their homes easily controlled by different functions or have an continual view of state of the house or apartment using telecommunication technologies - GSM or Internet.

PLC systems in the near future will be the foundation of industrial lines and can be expected to penetrate more and more to sectors in which they do not currently exist. That is why learning PLC programming is for students one of the possible ways to get in touch

with real vision of their eventual future occupation. Created physical model should become a useful tool.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Teco. Řídící systémy pro stroje, procesy, budovy a dopravu[online]. [cit.2011-01-30]. Dostupný z WWW:<<http://www.tecomat.cz>>.
- [2] BOLTON, W. Programmable logic controllers. 5<sup>th</sup> ed. Oxford: Newnes. 2009, 400 s. ISBN 978-1-85617-751-1.
- [3] CENDELÍN, J. Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. Automa [online]. 2004, roč. 3, č. 06 [cit. 2011-03-30]. Dostupný z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=28831](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28831)>.
- [4] ŠMEJKAL, L., MARTINÁSKOVÁ, M. PLC a automatizace. 2. Dotisk, 1. vydání. Praha:BEN-technická literatura, 2003. 224 s. ISBN 80-86056-58-9.
- [5] MARTINÁSKOVÁ, M., ŠMEJKAL, L. Řízení programovatelnými automaty III: softwarové vybavení. 1. Vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 161 s. ISBN 80-01-02804-6.
- [6] ZEZULKA, F., BRADÁČ, Z, FIEDLER, P., KUČERA, P., ŠTOHL, R. Programovatelné automaty. Brno: Vydavatelství VUT, 2003. 78 s .
- [7] ŠMEJKAL, L., MARTINÁSKOVÁ, M. PLC a automatizace 2. 1. vydání. Praha:BEN-technická literatura, 2005. 208 s. ISBN 80-7300-087-3.
- [8] VLACH, J. Řízení a vizualizace technologických procesů. 1. Vydání. Praha: BEN-technická literatura, 1999. 159 s. ISBN 80-86056-66-X.
- [9] Moravské přístroje [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW:<<http://www.mii.cz>>.
- [10] Chambrelan [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW:<<http://www.chambrelan.com>>.
- [11] Elektroeden [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.elektroeden.cz>>.
- [12] GME [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.gme.cz>>.
- [13] LappGroup [online]. [cit. 2011-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://lappczech.lappgroup.com>>.
- [14] Rexroth [online]. [cit. 2011-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.boschrexroth.cz>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PLC	Programovatelný automat.
V/V	Vstupně výstupní jednotky.
IRC	Inkrementační snímač.
SSI	Snímač polohy se sériovým komunikačním rozhraním
IL	Jazyk seznamu instrukcí
ST	Jazyk strukturovaného textu
LD	Jazyk kontaktních schémat
FBD	Jazyk funkčních blokových schémat
MMI	Rozhraní komunikace člověk-stroj
HMI	Rozhraní komunikace člověk-stroj
SCADA	Nadřízené ovládání a sběr dat
PS	Počítačová soustava
OP	Operátorský panel
POU	Programové organizační jednotky
K-mapy	Karnaughovy mapy
ZM	Základní modul
CNC	Číslicově řízené počítače
SMS	Služba krátkých textových zpráv
GPRS	Mobilní datová služba
JE	Jaderná elektrárna
NO	Spínací kontakt
NC	Rozpínací kontakt
TTL	Tranzistorově-tranzistorová logika
DPS	Deska plošného spoje

PC	Osobní počítač
IO	Integrovaný obvod
UPS	Nepřerušitelný zdroj energie

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – Struktura PLC systému.....	13
Obrázek 2 – Cyklus řešení uživatelského programu .....	14
Obrázek 3 – Kompaktní PLC Tecomat TC600 .....	16
Obrázek 4 – Modulární PLC Tecomat TC700.....	17
Obrázek 5 – Jazyk seznamu instrukcí (IL) .....	26
Obrázek 6 – Jazyk strukturovaného textu (ST) .....	26
Obrázek 7 – Jazyk kontaktních schémat (LD).....	27
Obrázek 8 – Jazyk funkčních blokových schémat (FBD) .....	27
Obrázek 9 – Úvodní okno při spuštění aplikace MOSAIC .....	29
Obrázek 10 – Hlavní okno vývojového prostředí programu Mosaic.....	30
Obrázek 11 – IEC manažer .....	32
Obrázek 12 – Sestava programovatelného automatu TECOMAT .....	33
Obrázek 13 – Základní modul CP-1005 řady Foxtrot .....	34
Obrázek 14 – Pohled na přední část centrální jednotky CP-1005 .....	36
Obrázek 15 – Rozšiřující modul IB-1301 řady Foxtrot.....	37
Obrázek 16 – Typické zapojení binárních vstupů [1].....	39
Obrázek 17 – Rozšiřující modul OS-1401 řady Foxtrot.....	40
Obrázek 18 – Typické zapojení binárních výstupů [6].....	42
Obrázek 19 – Blokové schéma struktury vizualizačního programu .....	46
Obrázek 20 – Finální skica modelu před zahájením jeho výroby.....	51
Obrázek 21 - Vzorek lineárního kolejnicového vedení .....	52
Obrázek 22 – Znázornění principu pohybu kuličkového lineárního vedení.[10].....	52
Obrázek 23 – Elektromotor RB-35 použitý pro posuvy na osách x a y.....	53
Obrázek 24 - Elektromotor F-GM12-N20VA110 použitý pro pohyb po ose z.....	54
Obrázek 25 – Ukázka plastového ozubeného kola a hřebenu.....	55
Obrázek 26 – Část energetického řetězu [13].....	56
Obrázek 27 – Návrh rámu pomocí programu MTpro.....	56
Obrázek 28 - IO L293B nebo L293D pro řízení elektromotorků [12] .....	57
Obrázek 29 – Schéma zapojení ovládání motorku posuvu osy x .....	58
Obrázek 30 – Magnetický snímač polohy SME-8-LED-24 .....	59
Obrázek 31 – Přední pohled na 3D návrh pracoviště s osazeným modelem.....	60
Obrázek 32 – Pohled shora na 3D návrh pracoviště s osazeným modelem .....	61

---

Obrázek 33 – Hlavní pojezdová část - zakladač .....	63
Obrázek 34 – Vstupní stolec s magnetickým snímačem a paletkou.....	64
Obrázek 35 – Hlavní panel s osazenou elektronikou.....	65
Obrázek 36 – Algoritmus programu .....	68
Obrázek 37 – Přehled projektu rozdělený do procesů .....	69
Obrázek 38 – Přehled všech použitých programů a FB v projektu .....	70
Obrázek 39 – Ukázka deklarace FB_inicializace .....	70
Obrázek 40 – Vzhled vizualizace během manuálního režimu v Control Webu.....	72
Obrázek 41 – Vzhled vizualizace vytvořené v prostředí Web Maker .....	73

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Část elementárních datových typů .....	22
Tabulka 2 - Přehled rodových datových typů .....	22
Tabulka 3 - Prefíxy umístění a prefíxy šíře dat pro přímo reprezentované proměnné .....	23
Tabulka 4 - Přehled systémových parametrů centrální jednotky CP-1005 [1].....	35
Tabulka 5 - Přehled základních parametrů rozšiřujícího modulu IB-1301 [1].....	38
Tabulka 6 - Přehled základních parametrů rozšiřujícího modulu OS-1401 .....	41
Tabulka 7 - Přehled použitých hliníkových profilů .....	52
Tabulka 8 - Technické parametry elektromotorů RB-35 [11] .....	54
Tabulka 9 - Technické parametry elektromotoru F-GM12-N20VA110 [12].....	54
Tabulka 10 – Zvolení průměrů ozubených kol .....	55

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 – DOKUMENTACE MODELU

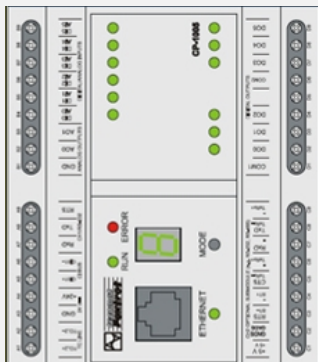

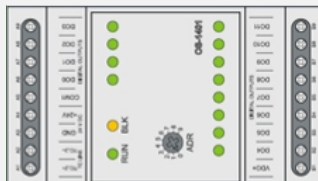
PŘÍLOHA 2 – CD-ROM MODEL AUTOMATIZOVANÉHO SKLADIŠTĚ PALET

## PŘÍLOHA P I: DOKUMENTACE MODELU

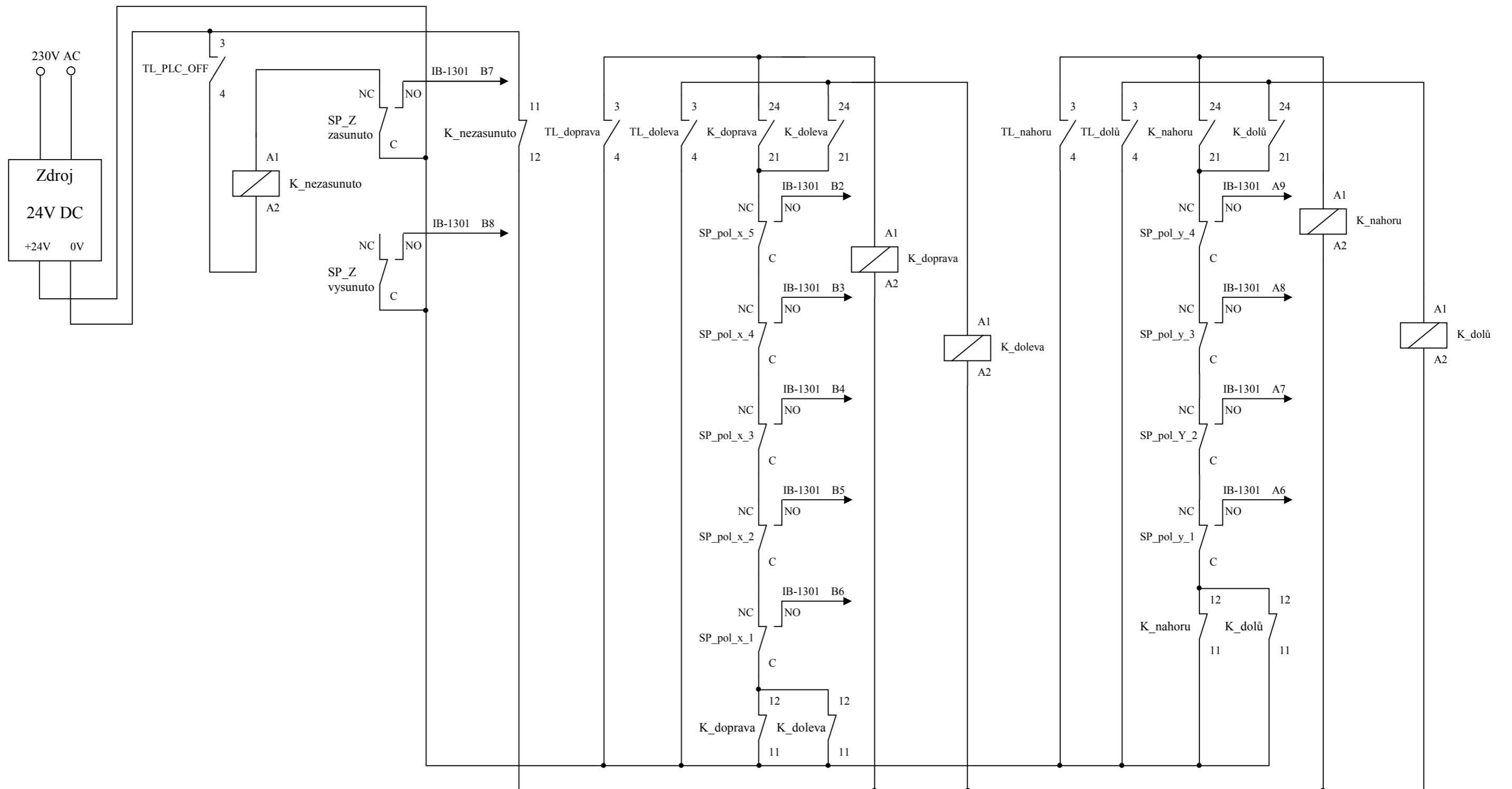
Obsahem této dokumentace je přehled zapojení V/V svorek, celkového elektrického schématu zapojení, údržba modelu a jeho ovládání.

### Adresy vstupů a výstupů PLC:

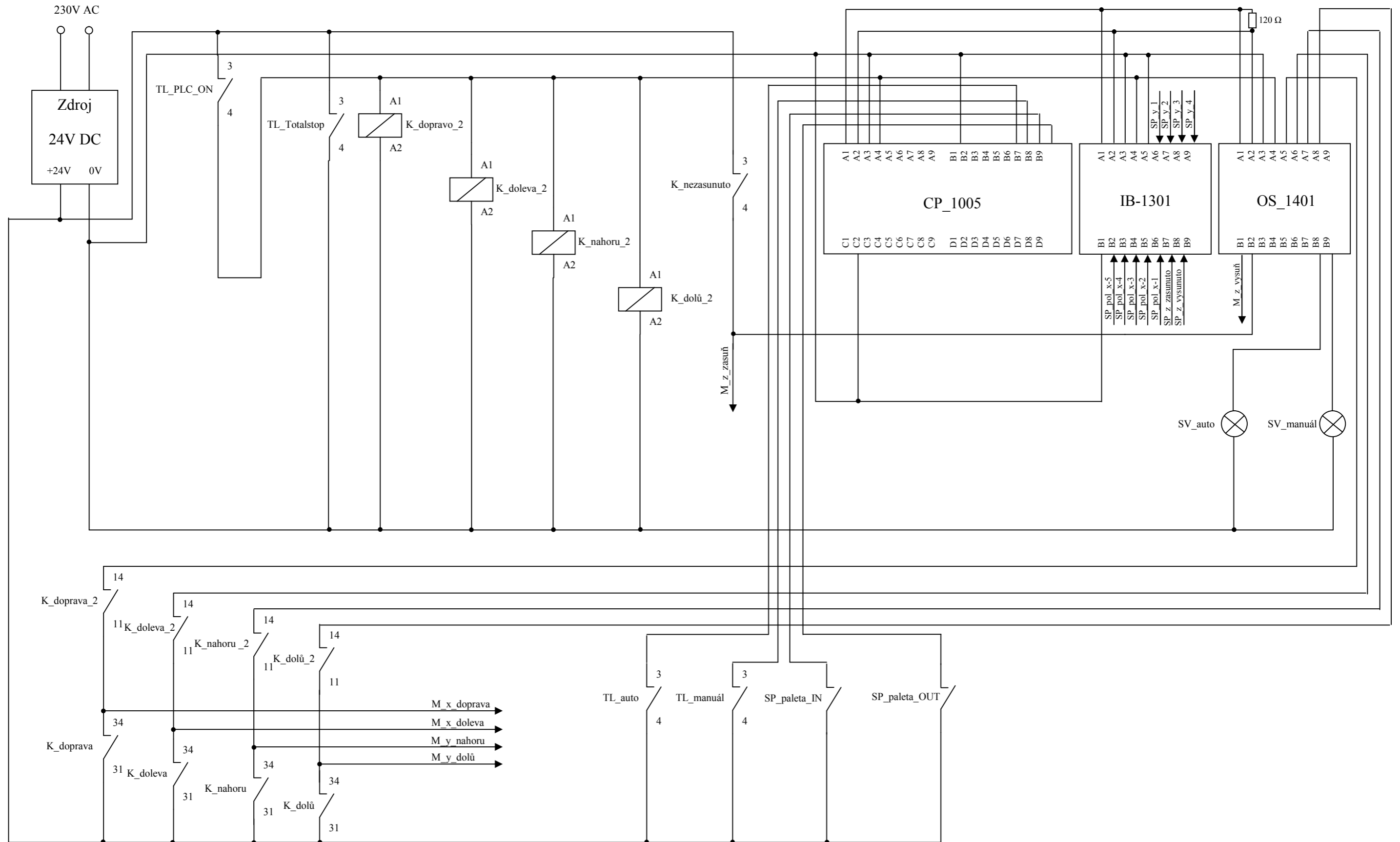
Tabulka 1 – Adresy vstupů a výstupů PLC

Základní modul CP-1005	Svorka	Absolutní adresa podle IEC	Význam
	B4	r0_p3 DI.DI0	Čidlo na vstupním stolci
	B5	r0_p3 DI.DI1	Čidlo na výstupním stolci
	B6	r0_p3 DI.DI2	Tlačítko režimu auto
	B7	r0_p3 DI.DI3	Tlačítko režimu manuál
	B8	r0_p3 DI.DI4	Rezerva
	B9	r0_p3 DI.DI5	Rezerva
	D2	r0_p3 DO.DO0	Rezerva
	D3	r0_p3 DO.DO1	Rezerva
	D4	r0_p3 DO.DO2	Rezerva
	D7	r0_p3 DO.DO3	Rezerva
	D8	r0_p3 DO.DO4	Rezerva
D9	r0_p3 DO.DO5	Rezerva	
Modul digitálních vstupů IB-1301 Adresa: 0	Svorka	Absolutní adresa podle IEC	Význam
	A6	r1_p0 DI.DI0	Spínač polohy v 1
	A7	r1_p0 DI.DI1	Spínač polohy y 2
	A8	r1_p0 DI.DI2	Spínač polohy y 3
	A9	r1_p0 DI.DI3	Spínač polohy y 4
	B2	r1_p0 DI.DI4	Spínač polohy x 5
	B3	r1_p0 DI.DI5	Spínač polohy x 4
	B4	r1_p0 DI.DI6	Spínač polohy x 3
	B5	r1_p0 DI.DI7	Spínač polohy x 2
	B6	r1_p0 DI.DI8	Spínač polohy x 1
	B7	r1_p0 DI.DI9	Spínač polohy z zasunuto
	B8	r1_p0 DI.DI10	Spínač polohy z vysunuto
B9	r1_p0 DI.DI11	rezerva	
Modul digitálních výstupů OS-1401 Adresa: 1	Svorka	Absolutní adresa podle IEC	Význam
	A6	r1_p1 DO.DO0	Motor polohy x doprava
	A7	r1_p1 DO.DO1	Motor polohy x doleva
	A8	r1_p1 DO.DO2	Motor polohy y nahoru
	A9	r1_p1 DO.DO3	Motor polohy y dolů
	B2	r1_p1 DO.DO4	Motor polohy z vysunout
	B3	r1_p1 DO.DO5	Motor polohy z zasunout
	B4	r1_p1 DO.DO6	Rezerva
	B5	r1_p1 DO.DO7	Rezerva
	B6	r1_p1 DO.DO8	Rezerva
	B7	r1_p1 DO.DO9	Rezerva
	B8	r1_p1 DO.DO10	Indikace režimu auto
B9	r1_p1 DO.DO11	Indikace režimu manuál	

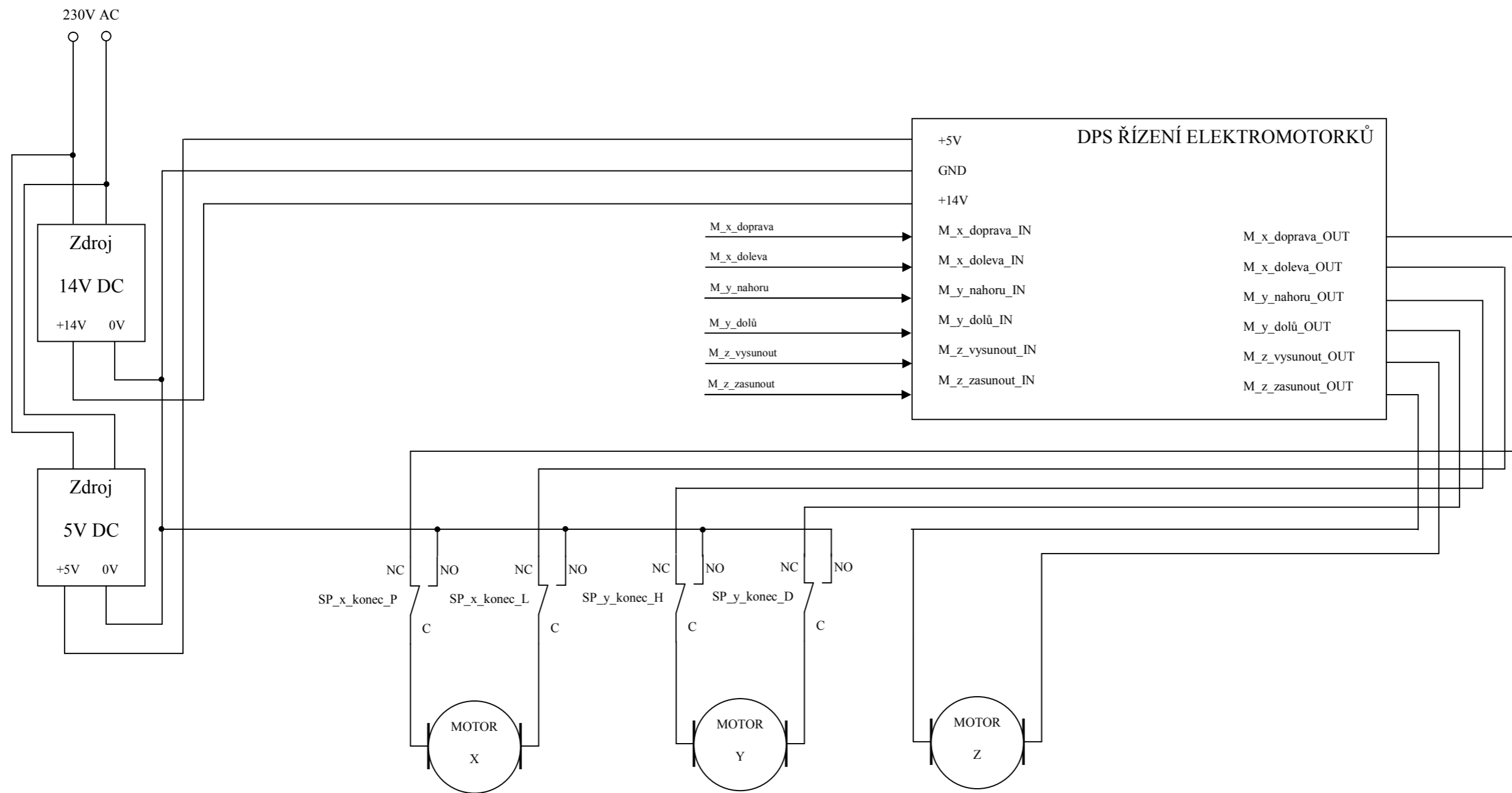
### Schéma zapojení 1/3



### Schéma zapojení 2/3



### Schéma zapojení 3/3

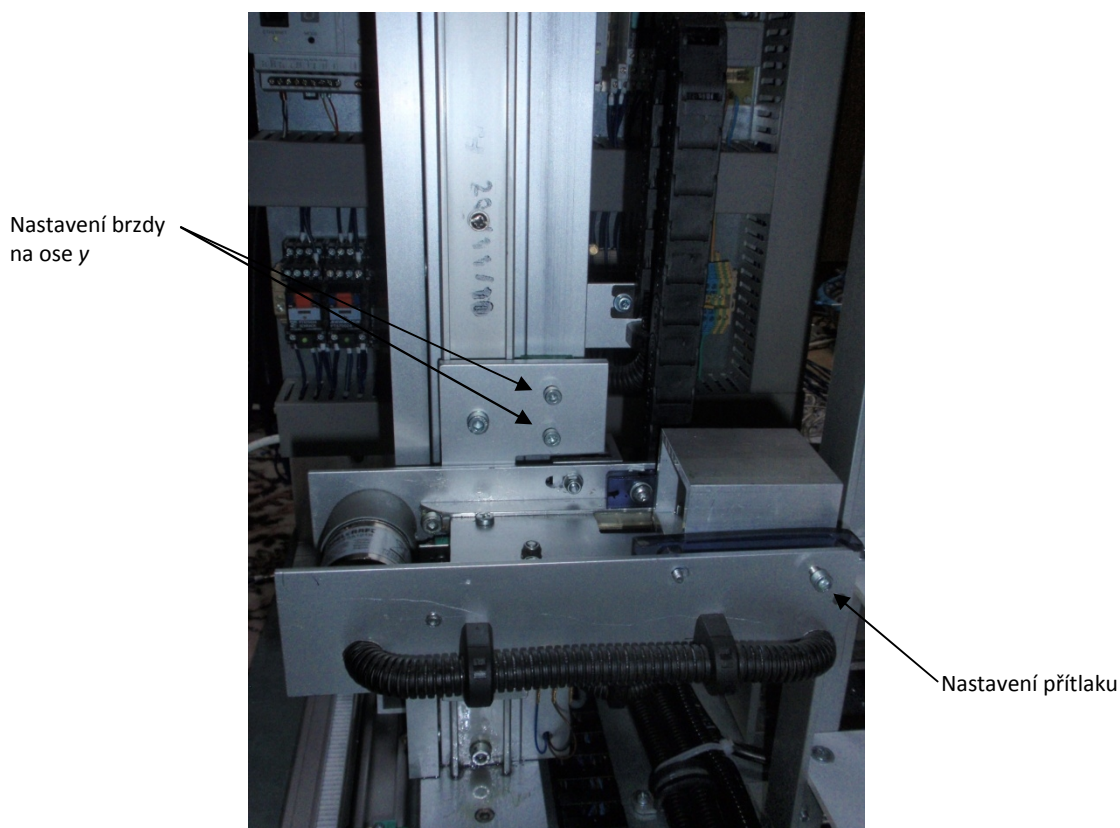


## Údržba modelu:

Pro dlouhou činnost a životnost modelu je třeba dodržovat podmínky, které si mechanismus vyžaduje.

Lineární vedení – kontrola kolejnic, zda jsou drážky pro kuličková ložiska čistá s nanesenou vrstvou oleje nebo vazelíny.

Brzy – pokud se zakladač pohybuje velice pomalu, nebo naopak neudrží svou pozici, na které zastavil, zejména na ose  $y$ , je potřeba sílu brzd nastavit pomocí imbusových šroubů (viz Obrázek 1 a Obrázek 2).

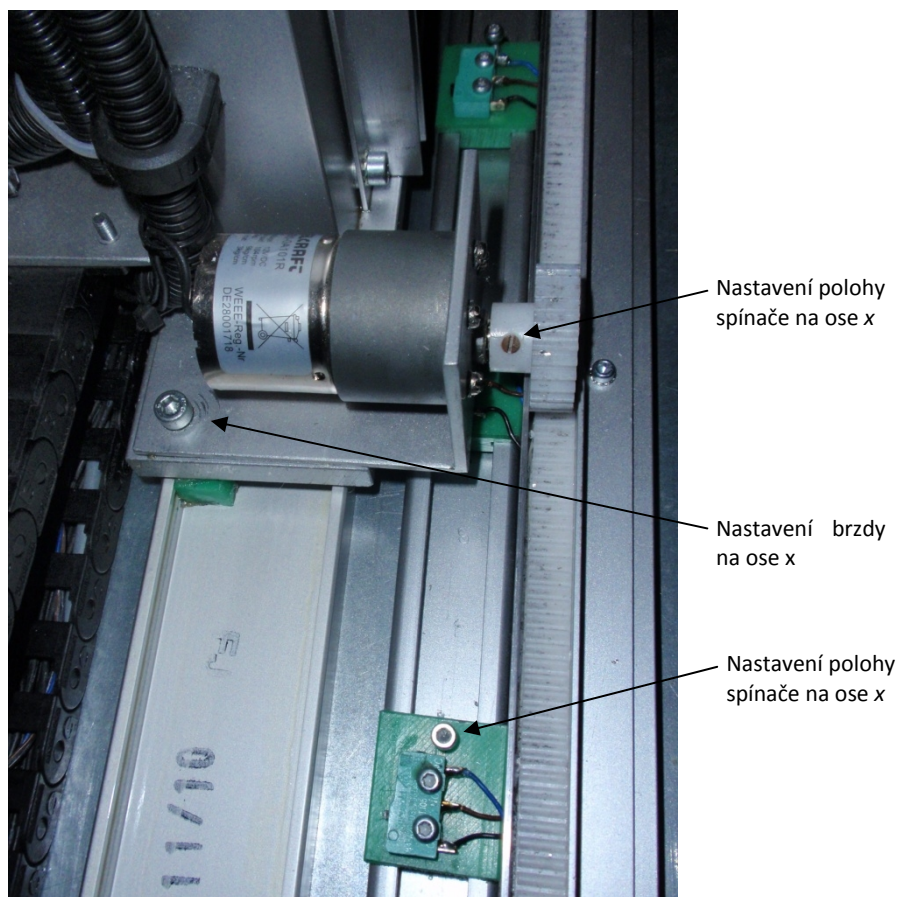


Obrázek 1 – Nastavení brzd v ose  $y$  a přítlaku čelistí paletky v ose  $z$

Přítlak čelistí paletky – čelisti jsou osazeny na ose  $z$  a zabezpečují funkci správného zajetí paletky na nakládací mechanismus. Tvoří je dva protilehlé plastové díly, které udržují paletku na správné poloze. Pokud je paletka příliš volná nebo nejde nasunout, je třeba čelisti nastavit pomocí imbusových šroubů (viz Obrázek 1).

Ozubená kola – čistota dráhy ozubeným vedením po hřebenech má vliv na životnost ozubení, ale i motorků. Proto je třeba kontrolovat ozubené hřebeny a kola, zda nejsou

zaneseny nečistotami. Dále je třeba kontrolovat utažení ozubených kol na hřídelích elektromotorků (poloha  $x$  a  $y$ ). Provádí se pomocí červíčků se závitem umístěných v ozubeném kole (viz Obrázek 2). Na ose  $z$  je z důvodů konstrukce ozubené kolo na hřídeli nalepeno.



Obrázek 2 – Nastavení brzdy v ose  $x$ , přitažení ozubeného kola a nastavení spínačů na pozicích  $x$ .

Spínače polohy – Všechny spínače polohy je možno nastavovat. Na ose  $x$  jsou osazeny na plastových deskách, kterými jde manipulovat po odtažení šroubu a nastavit tak správnou polohu spínače. Na ose  $y$  jde provádět nastavení řádově o několik milimetrů, jenom z toho důvodu, aby se vysouvací mechanismus přesně trefil kousek nad desku regálu.

Regál a vstupní a výstupní stolce – doladění pozice a výšky podlaží jde i pomocí šroubů na stolicích a regálu. Spoje jsou řešeny větším otvorem než je průměr šroubu a v následujícím materiálu je vytvořen závit pro dotažení.

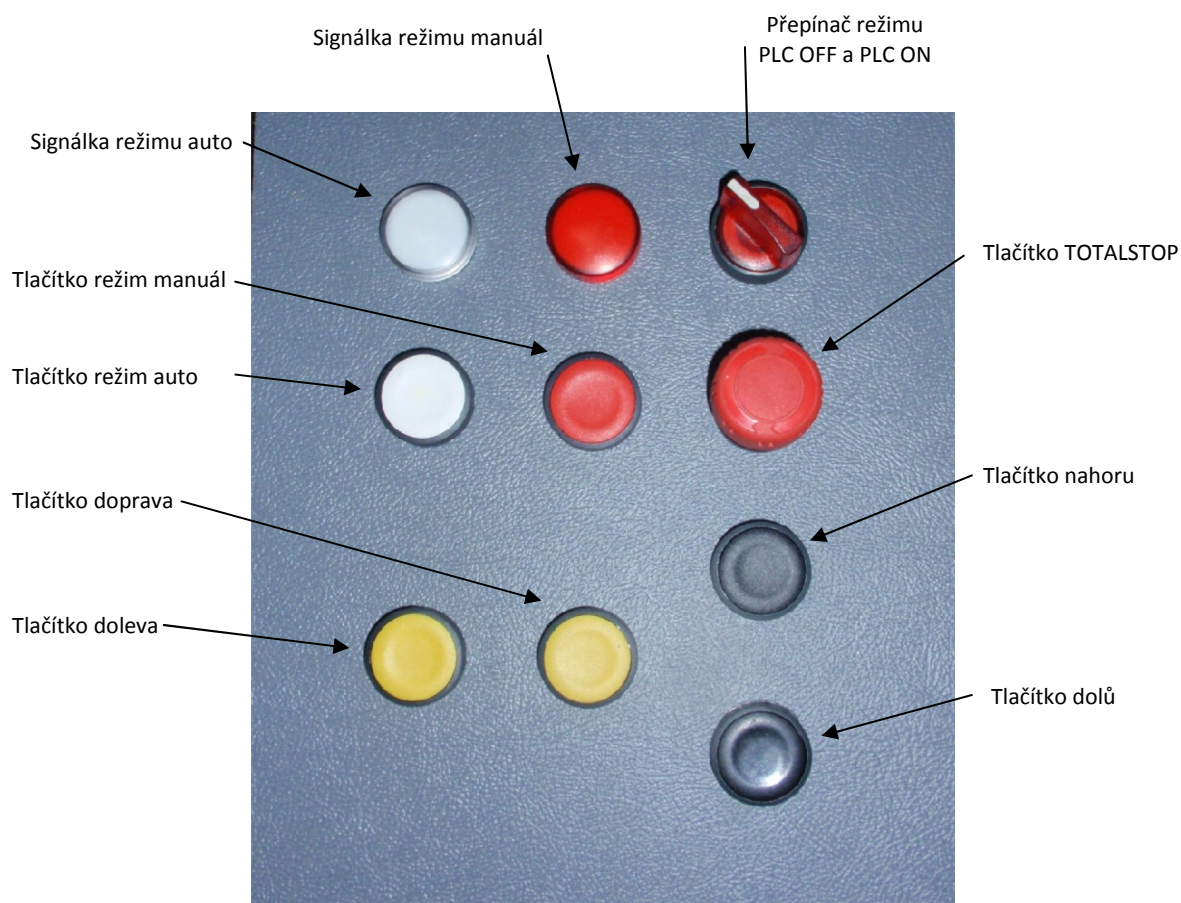
Pojistky – na DPS jsou osazeny dvě pojistky s hodnotou 2A. Pokud se zakladač nepohybuje v některém ze směrů ( $x$  nebo  $y$ ), tak jako první je potřeba pojistky zkontrolovat (Pozor, pouze při vytáhnutém síťovém kabelu napájecího napětí 230V AC).

Pokud elektronika nereaguje na žádný povel (režim PLC OFF i PLC ON), je potřeba zkontrolovat přívodní kabel napájecího napětí 230V AC nebo zkontrolovat pojistky učebny.

### Ovládání modelu

V této kapitole je podrobně popsáno ovládání modelu, zejména v manuálním režimu, protože při tvorbě programů použije každý odlišné postupy a ovládání může mít zcela odlišný charakter od původního.

Model lze ovládat ručně pomocí tlačítek na ovládacím panelu (viz Obrázek 3).



Obrázek 3 – Rozmístění tlačítek na ovládacím panelu

Zvolení chodu modelu do PLC OFF se provádí pomocí dvupolohového přepínače s aretací otočením doleva. V tomto režimu lze pohybovat zakladačem po ose  $x$  a  $y$  pomocí

tlačítek (tlačítko doprava, doleva, nahoru a dolů) pokud je vykládací mechanismus v pozici zasunuto. Ten se zasune automaticky po zvolení daného režimu. Pohyb zakladače lze vyvolat stisknutím příslušného tlačítka. Zakladač se rozjede daným směrem a zastaví na nejbližší pozici. Opětovným stisknutím zakladač přejede k další poloze. Na poslední pozici (koncové) se zakladač zastaví. Po stisku tlačítka zakladač i nadále stojí na poslední pozici a nepohybuje se. Relé směru otáčení je sepnuté, ale motor je odstaven koncovým spínačem v daném směru (viz Schéma zapojení). Nechceme-li na každé pozici zastavovat a znovu spínat tlačítko, tak stačí tlačítko držet a zakladač jede po dobu stisku nebo pokud nezastaví sám na koncové poloze. Zastavení pohybu lze vyvolat stisknutím tlačítka opačného směru. Pohyby po osách  $x$  a  $y$  lze obsluhovat nezávisle na sobě.

Funkce manipulace zakladače pomocí tlačítek je z toho důvodu, že při tvorbě programu je potřeba najet do zvolené polohy, vykonat krátký element programu a znovu se pomocí tlačítek vrátit na původní pozici.

K režimu PLC ON přísluší zbylé prvky na ovládacím panelu. Pomocí přepínače si zvolíme automatický režim a pohyb zakladače závisí na spuštěném programu.

**POZOR!** Pokud nastane chyba pohybu zakladače a mohlo by dojít k jeho poškození, okamžitě stisknout tlačítko TOTALSTOP! To odpojí výstupy modulu OS-1401 a veškerý ovládaný režim se zastaví dokud se tlačítko protočením doprava neuvolní. Pro tyto případy je užitečný režim PLC OFF, kdy se lze dostat z nebezpečné polohy.

Tlačítka režimů a příslušné signálky lze využít podle přání programátora. Ostatní ovládací prvky jsou nastaveny napevno a nelze s jejich pomocí vykonávat jinou funkci.