



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií ■

# Modelová laboratorní úloha se skladovací stanicí

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

*Autor práce:*

*Vedoucí práce:*

B0714A270001 Mechatronika

**Petr Skuthan**

Ing. Martin Diblík, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky





## Zadání bakalářské práce

# Modelová laboratorní úloha se skladovací stanicí

*Jméno a příjmení:* **Petr Skuthan**  
*Osobní číslo:* M19000102  
*Studijní program:* B0714A270001 Mechatronika  
*Zadávací katedra:* Ústav mechatroniky a technické informatiky  
*Akademický rok:* **2021/2022**

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s koncepcí laboratorních modelů výrobních stanic FESTO MPS a prostudujte model „Skladovací stanice“.
2. Na základě zjištěných poznatků navrhnete uspořádání řídicího systému stanice na bázi PLC automatu výrobce BR-Automation.
3. Zapojte a oživte řídicí systém stanice. Navrhnete a realizujete ovládací software využívající platformu automatizační techniky firmy BR-Automation. Stanice by měla demonstrovat standardní výrobní činnost, včetně možnosti manuálního ovládní. Realizujte systém detekce chyb, realizujte grafické ovládací rozhraní.
4. Pro stanici vytvořte jednoduchou dokumentaci, podle které bude možné stanici oživit a uvést do provozu.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle potřeby dokumentace  
30–40 stran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] JOHN, Karl-Heinz a Michael TIEGELKAMP. IEC 61131-3: programming industrial automation systems: concepts and programming languages, requirements for programming systems, decision-making aids. Second edition. Berlin : New York: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-12014-5.
- [2] MARTINÁSKOVÁ, Marie, Ladislav ŠMEJKAL, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STROJNÍ FAKULTA. Řízení programovatelnými automaty. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 978-80-01-02925-1.
- [3] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty II. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000. ISBN 978-80-01-02096-8.
- [4] MARTINÁSKOVÁ, Marie, Ladislav ŠMEJKAL, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STROJNÍ FAKULTA. Řízení programovatelnými automaty III: softwarové vybavení. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 978-80-01-02804-9.

*Vedoucí práce:*

Ing. Martin Diblík, Ph.D.  
Ústav mechatroniky a technické informatiky

*Datum zadání práce:*

12. října 2021

*Předpokládaný termín odevzdání:*

16. května 2022

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černožorský, Ph.D.  
vedoucí ústavu

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

4. května 2022

Petr Skuthan

# Modelová laboratorní úloha se skladovací stanicí

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá nastudováním konkrétních komponentů stanice, zapojení řídicích komponentů, celkové oživení a vytvoření skladovacího algoritmu, který bude simulovat výrobní proces skladovací stanice. Stanice by měla umožňovat přepínání mezi automatickým a manuálním režimem.

Modelová laboratorní úloha je připravena a plně uvedena do provozu. Bude sloužit k vylepšení edukace studentů na předmětu PRA a k ruce je připraven návod, který popisuje důležité informace pro případné úpravy.

**Klíčová slova:** HMI, B&R Automation Studio, Festo, PLC, LD, I/O, skladovací stanice

# Model laboratory task with storage station

## Abstract

This bachelor's thesis deals with the studying of components, connection of control components, overall revitalization and creating of storage algorithm, which is supposed to simulate cycle of the storage station. Station should be able to switch between automat and manual mode.

Model laboratory task is ready and fully revitalized. It will be able to improve education of the students in subject PRA. Manual of the station is ready to use for these students.

**Keywords:** HMI, B&R Automation Studio, Festo, PLC, LD, I/O, storage station

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Martinu Diblíkovi, Ph.D za vedení a cenné rady při řešení úlohy a zpracování této práce.

Poděkování také patří mé rodině za trpělivost a finanční podporu při celé době studia.

# Obsah

Seznam obrázků . . . . .	11
Seznam zkratek . . . . .	13
<b>1 Úvod</b>	<b>14</b>
1.1 Cíle práce . . . . .	14
<b>2 Popis modelové stanice</b>	<b>15</b>
2.1 Výrobce Festo . . . . .	15
2.2 Výrobce B&R Automation . . . . .	16
2.3 Ovládací panel stanice . . . . .	17
2.4 Skladovací stanice . . . . .	17
2.5 Napájení . . . . .	19
2.6 Programovatelný logický automat . . . . .	19
<b>3 Popis části Festo</b>	<b>21</b>
3.1 Festo hardware . . . . .	22
3.1.1 Programovatelný řídicí systém CECC-D . . . . .	22
3.1.2 Kontrolér pro pohony EXCM-2ST-C3-1 . . . . .	23
3.1.3 Kontrolér pro rameno CMMO-ST-C5-1-DIOP . . . . .	23
3.2 Festo software . . . . .	24
3.2.1 Codesys . . . . .	24
3.2.2 Festo field device tool . . . . .	25
<b>4 Popis části B&amp;R Automation</b>	<b>26</b>
4.1 B&R Automation hardware . . . . .	26



4.1.1	Programovatelný řídicí systém X20CP0484 . . . . .	26
4.1.2	Napájecí modul X20PS9600 . . . . .	27
4.1.3	Vstupní karta X20DIF371 . . . . .	28
4.1.4	Výstupní karta X20DOF322 . . . . .	28
4.1.5	Operátorský panel 6PPT30.0573-20W . . . . .	29
4.2	B&R Automation software . . . . .	30
4.2.1	VNC Viewer . . . . .	30
4.2.2	Automation Studio . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Komunikace a celkové propojení</b>	<b>32</b>
5.1	Původní stav a zapojení napájení rozvaděče . . . . .	32
5.2	Propojení komponent stanice . . . . .	34
<b>6</b>	<b>Uvedení do provozu a konfigurace</b>	<b>36</b>
6.1	Parametrizace pro PLC Festo . . . . .	36
6.2	Hardwarová konfigurace v B&R PLC . . . . .	39
6.3	Mapování vstupů a výstupů . . . . .	39
<b>7</b>	<b>Program a jeho funkce</b>	<b>41</b>
7.1	Základní ovládání . . . . .	41
7.2	Funkce automatického režimu . . . . .	42
7.3	Funkce manuálního režimu . . . . .	42
7.4	Systém pro kontrolu stavu skladovací stanice . . . . .	43
<b>8</b>	<b>Grafické ovládací rozhraní operátorského panelu</b>	<b>44</b>
8.1	Domovská stránka . . . . .	44
8.2	Stránka se vstupním a výstupním stavem karet . . . . .	44
8.3	Stránka pro ovládání v manuálním režimu . . . . .	45
8.4	Zobrazení diagnostiky vestavěným WebServerem . . . . .	45
8.5	Stránka nastavení . . . . .	46
<b>9</b>	<b>Návrhy k vylepšení</b>	<b>47</b>

<b>10 Shrnutí a závěr</b>	<b>48</b>
<b>Použitá literatura</b>	<b>50</b>
<b>A Přílohy</b>	<b>51</b>
A.1 Obsah přiloženého souboru . . . . .	51

## Seznam obrázků

2.1	Ovládací panel . . . . .	17
2.2	Skladovací stanice: pozice H-Portalu [4] . . . . .	18
2.3	Napájecí zdroj pro stejnosměrných 24 V . . . . .	19
2.4	PLC diagram . . . . .	20
3.1	Stav pracoviště před započítím realizace [6] . . . . .	21
3.2	Festo PLC . . . . .	22
3.3	Kontrolér pro ovládání pohonu H-Portalu . . . . .	23
3.4	Kontrolér pro ovládání krokových motorů ramena . . . . .	24
3.5	Úvodní obrazovka Festo Field Device Tool . . . . .	25
4.1	B&R a napájecí modul [12] . . . . .	27
4.2	Zapojení napájecího modulu [13] . . . . .	27
4.3	Vstupní karta X20DIF371 [14] . . . . .	28
4.4	Výstupní karta X20DOF322 [15] . . . . .	29
4.5	Automation studio . . . . .	31
5.1	Původní stav rozvaděče stanice . . . . .	32
5.2	Finální stav rozvaděče stanice . . . . .	33
5.3	Diagram propojení . . . . .	35
6.1	Webové rozhraní pro základní parametrizaci . . . . .	38
6.2	Hardware konfigurace . . . . .	39
6.3	Tabulka vstupů a výstupů z ovládacího panelu . . . . .	40
6.4	Tabulka vstupů a výstupů z Festo PLC . . . . .	40

7.1	Ukázka systému pro hlídání stavu skladovací stanice . . . . .	43
8.1	Stránka HMI se vstupy a výstupy . . . . .	45
8.2	Stránka nastavení . . . . .	46

## Seznam zkratek

**ABB** - Asea Brown Boveri  
**AC** - Alternating Current  
**B&R** - Bernecker&Rainer  
**CAN** - Controller Area Network  
**CPU** - Central Processing Unit  
**CTUD** - Counter Up/Down  
**DC** - Direct Current  
**DI** - Digital Inputs  
**DO** - Digital Outputs  
**ECU** - Electronic Control Unit  
**FBD** - Function Block Diagram  
**HMI** - Human Machine Interface  
**I/O** - Inputs/Outputs  
**IP** - Internet Protocol  
**IEC** - International Electrotechnical Commission  
**IL** - Instruction list  
**LAN** - Local Area Network  
**LD** - Ladder Diagram  
**MAN** - Metropolitan Area Network  
**OPC** - Ole for Process Control  
**PAC** - Programmable Automation Controllers  
**PLC** - Programmable Logic Controller  
**PRA** - Programovatelné automaty  
**PWM** - Pulse Width Modulation  
**SFC** - Sequential Function Chart  
**ST** - Structured Text  
**STO** - Safe Torque Off  
**TCP** - Transmission Control Protocol  
**USB** - Universal Serial Bus  
**VNC** - Virtual Network Computing  
**WAN** - Wide Area Network

# 1 Úvod

Firma Festo má několik výukových programů, které připravují modelové laboratorní úlohy sloužící k edukaci studentů vysokých škol. Výukových programů od této firmy je několik, skladovací stanice patří do rodiny MPS. Všechny připravené stanice se snaží o reálnou simulaci části procesu automatizované výrobní linky. Každou stanicí je možno propojit a tím vytvořit kontinuální simulaci menšího výrobního procesu.

Konkrétně moje úloha skladovací stanice simuluje výrobní mezisklad pro odkládání výrobku v průběhu procesu. V průmyslové výrobě se s takovou úlohou můžeme setkat při snaze oddělení dvou výrobních linek, nebo potřebě naskladnění dílů během výroby.

Skladovací stanice se od ostatních laboratorních úloh liší tím, že celý ovládací systém je tvořen ze dvou programovatelných logických automatů. Pro ovládání pohybů motorů a zpracování informačních signálů je vytvořen algoritmus ve Festo PLC, který je řízen z externího řídicího systému.

## 1.1 Cíle práce

Cílem této práce je kompletní nastudování elektrodokumentace a případného návodu ke stanici. Zjistit, jak jsou komponenty propojené a vymyslet způsob ovládání. Připojit externí řídicí systém, konkrétně PLC od firmy B&R Automation. Dále připravit demonstrační program s vizualizací na operátorském panelu a uvést do provozu pro případné použití ve výuce předmětu PRA, či propojení s dalšími stanicemi za účelem diplomové práce.

## 2 Popis modelové stanice

Celá úloha je připravena od firmy Festo a mnou ovládaná pomocí PLC firmy B&R Automation, které patří pod skupinu ABB.

Kolaborace těchto firem na modelových laboratorní stanicích je na univerzitě zcela běžná. V prvním případě firma Festo, která patří v České republice k největším průmyslovým firmám, co se snaží školní procesy optimalizovat a zlepšovat jejich efektivitu z praktického hlediska. Dále firma B&R Automation, která navázala spolupráci s Technickou univerzitou Liberec před řadou let. Bylo nakoupeno velké množství hardwaru pro využití ve výuce studentů technických oborů.

### 2.1 Výrobce Festo

Prvotně rodinná firma založená v německém městě Esslingen am Neckar roku 1925. V současnosti je to velká společnost s globálním vlivem na celý průmysl a hlavně automatizaci. Její síť tvoří něco kolem 20 000 odborníků roztráštěných do 61 zemí po celém světě. Více informací můžeme najít na [1].

V jejich nabídce produktů můžeme najít většinu prvků tovární automatizace, které patří ke každému průmyslovému výrobnímu systému:

- Pohony
- Motory a ovladače
- Chapadla
- Manipulační systémy
- Vakuová technika

- Ventily
- Čidla
- A mnoho dalších prvků

Firma Festo má své vlastní oddělení Didactic, které se snaží maximalizovat efektivitu technické výuky na středních a vysokých školách. Z pozice globálního partnera vzdělávacích institucí vytváří a navrhuje různá vzdělávací školení, praktické pomůcky do technických škol a modelové laboratorní úlohy, které jsou často zpracovávány studenty vysokých škol, jako bakalářské a diplomové práce. Více informací o Festo Didactic na [2].

## 2.2 Výrobce B&R Automation

Slibně se rozvíjející rodinná firma, která se zabývá výrobou automatizačních komponentů a řídicích systémů. Firma byla založena v Rakouském městě Eggelsberg roku 1979 pány Berneckerem a Rainerem, z toho plyne zkratka v názvu. Od roku 2017 patří společnost pod skupinu ABB, ale její iniciativa zůstala stejná. Více informací o firmě na [3].

Mají široké spektrum výrobku, které jsou určeny pro průmyslovou automatizaci. Konkrétně B&R Automation vyrábí a nabízí například:

- Průmyslové počítače
- HMI
- Řídicí systémy
- Safety prvky
- Motory pro řízení pohybu
- Komunikační moduly
- Roboty ABB
- Školení a učební materiály



## 2.3 Ovládací panel stanice

Panel je přimontován pod skladovací stanicí a slouží k jednoduchému ovládání celé stanice. Na levé straně panelu je k dispozici několik základních tlačítek a zdírka na klíček pro přepínání mezi manuálním a automatickým režimem. Na krajích jsou I/O konektory a připravené zdírky s led diodovou signalizací pro případné propojení stanice s jinou.

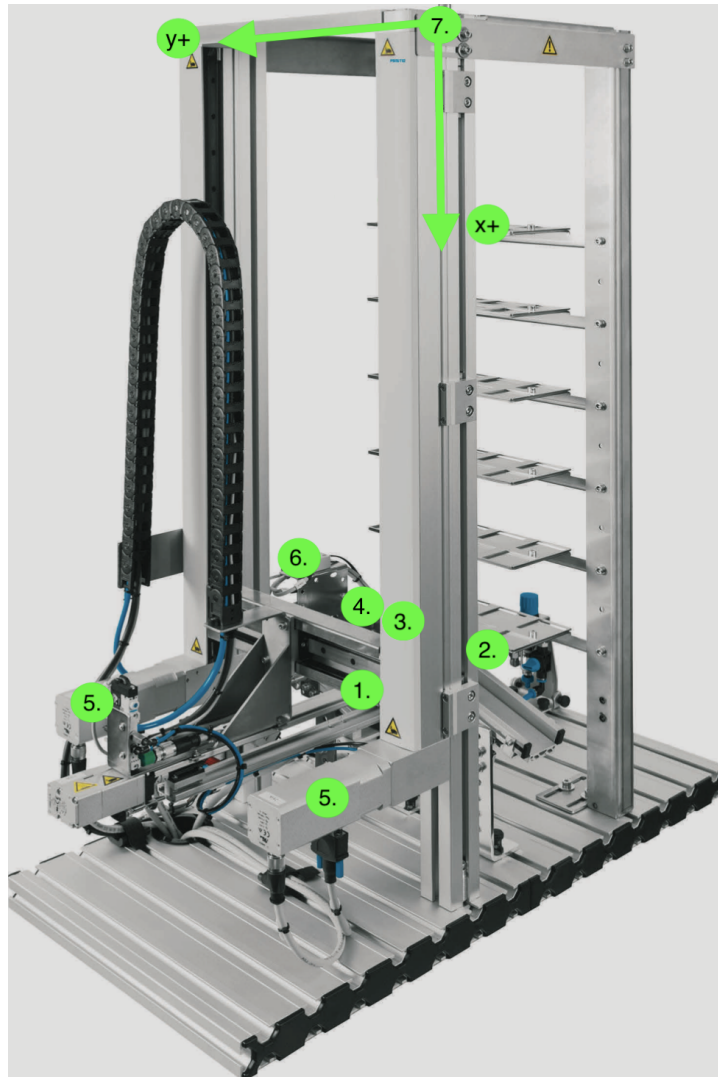


Obrázek 2.1: Ovládací panel

## 2.4 Skladovací stanice

Stklad je tvořen ze šesti skladovacích pater, které mají osm míst. Každé patro lze nastavit pro jednu barvu. Vstupní brána rozpozná čtyři barvy, takže každé patro přiřadím jedné barvě a zbylá dvě mohu nechat pro případné potřebě zvětšení skladu. Všechny informace ze vstupní brány jsou svedeny do jednoho kabelu a přivedeny do Festo PLC.

Referenční bod pro odpočítávání souřadnic se nachází v pravém horním rohu stanice (viz 2.2). Na obrázku skladovací stanice jsou znázorněny orientace osy x a y. Souřadnice každého místa ve skladu se vypočítávají podle nastavených pozic. Pohyb v těchto osách zabezpečují dva krokové motory. Příčný pohyb do skladovací zóny zajišťuje manipulační rameno, které je ovládáno krokovým motorem. Pozice ramene jsou již nastavené. Jedná se o souřadnice pozice výrobků v patře a referenční bod, který je zároveň pozice pro naskladnění. Uchycení výrobku je řešeno pneumaticky řízenými kleštěmi, ventil se nachází přímo na těle ramena a můžeme jej libovolně regulovat. Více informací o stanici na [4].



Obrázek 2.2: Skladovací stanice: pozice H-Portalu [4]

1. Grab Position - zde dochází k naskladnění výrobku
2. Transfer Position - pozice, kde se výrobky vyskladňují
3. Idle Position - pozice nad naskladněním na úrovni prvního patra
4. Position Workpiece - krajní levá pozice výrobku v prvním patře
5. Pohony H-Portalu
6. Vstupní brána do skladovací stanice
7. Referenční bod

## 2.5 Napájení

Přívod ke stanici je standardní síťové napětí 230 V/50 Hz. Vstupní jištění napájecího zdroje pro 24 VDC je zařízeno jističem OEZ LTN se jmenovitým proudem 6A a vypínací charakteristikou B. Více informací o zdroji na [5].

Zdroj Phoenix Contact 277-9822-ND

- Rozsah vstupní napětí - 85V - 264 VAC
- Výstupní napětí - 24 VDC
- Výstupní proud - 2,5 A

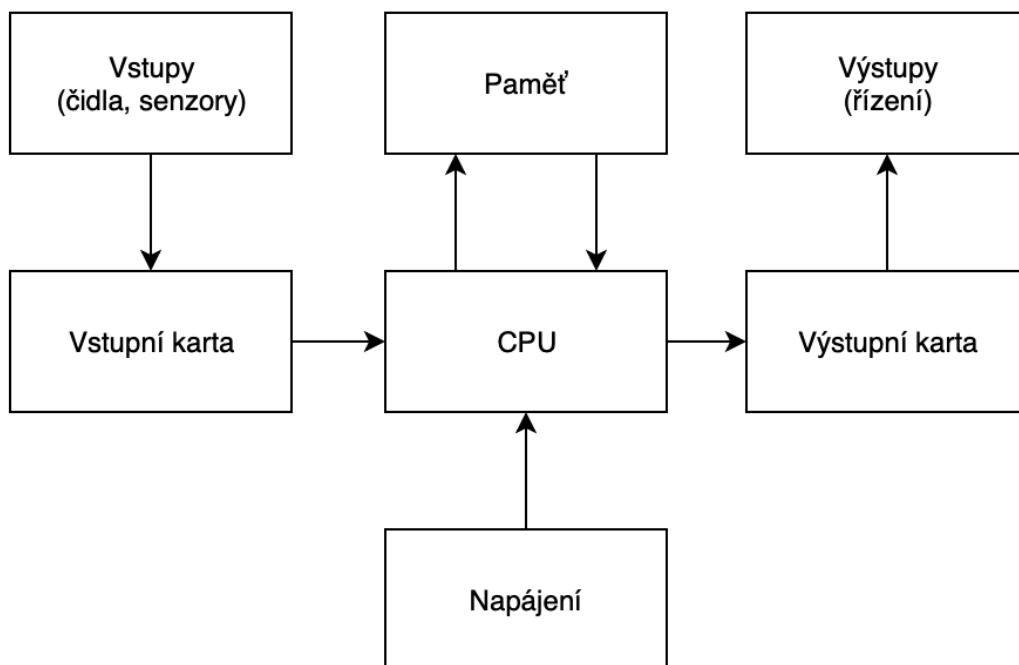


Obrázek 2.3: Napájecí zdroj pro stejnosměrných 24 V

## 2.6 Programovatelný logický automat

V dnešní době nejpoužívanější počítač, který se používá v průmyslové automatizaci. Zkráceně PLC je malý průmyslový počítač, který může v reálném čase ovládat celý výrobní proces. V relativně malé krabičce se skrývá hodně muziky. Některé

typy mají integrované digitální a analogové vstupy, u jiných je zase potřeba přidat vstupní, či výstupní kartu. Komunikace se liší od výrobce, ale nejpoužívanější je průmyslový ethernet s konektorem RJ-45.



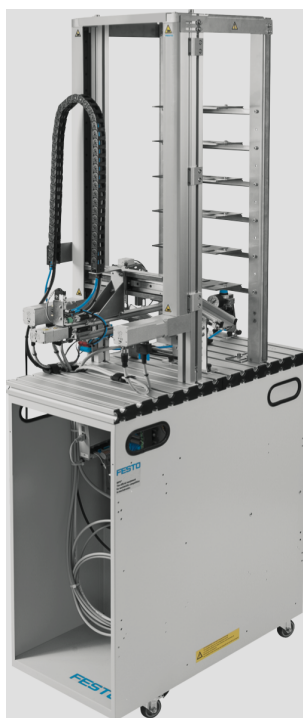
Obrázek 2.4: PLC diagram

Řídící program průmyslových počítačů pracuje v cyklech, a proto k němu musíme tak přistupovat. Algoritmus si na začátku programu načte všechny vstupy, poté postupně vykoná svůj program a na konci zapíše změněné hodnoty na výstupy. Tento proces probíhá v cyklech, různě dlouhých. Délka je závislá na obnovovací frekvenci, kterou lze nastavit. U některých systémů je možné nastavení váhy bloků a podle nich se určí přednost ve vykonávání programu.

### 3 Popis části Festo

Skladovací stanice byla celá vytvořena firmou Festo. Pro její řízení je potřeba zajistit řídicí systém s PLC. Díky dlouholetým a pozitivním vztahům mezi školou a firmou B&R Automation mohu při realizaci řídicího programu využít PLC právě od nich.

Všechny zakoupené laboratorní stanice byly pořízeny bez řídicích systémů. Pouze skladovací stanice byla, kvůli její složitosti, vybavena dílčím systémem firmy Festo, který ovládá pohyb manipulátoru. Ve struktuře zapojení systému je námi připojený řídicí systém nadřazený připravenému dílčímu systému Festo.



Obrázek 3.1: Stav pracoviště před započatím realizace [6]

## 3.1 Festo hardware

### 3.1.1 Programovatelný řídicí systém CECC-D

Jeden z moderních a kompaktních kontrolérů, které umožňují programování pomocí rozhraní CODESYS podle IEC 61131-3. Jedná se o vývojové prostředí, které podporuje řadu funkcí. Ty pak umožňují uživatelům a programátorům snáze programovat a pochopit celý řídicí systém. Podporuje objektově orientované programování. Komunikace je řešena pomocí diskretních vstupů, ethernetu, modbusu a také je zde dostupný OPC server, který je v dnešní době používán ve velké části průmyslové automatizace k vizualizaci výrobních procesů. Kompletní informace zde [7].

- Nominální napětí - 24 V
- Maximální proud - 4,3 A
- 12 digitálních vstupů
- 8 digitální výstupů - tranzistory



Obrázek 3.2: Festo PLC

### 3.1.2 Kontrolér pro pohony EXCM-2ST-C3-1

Jde o kontrolér pro ovládání pohonů ve dvou dimenzích (viz 2.2). Přípravek se k této konkrétní úloze nabízí, protože pomocí jednoho kontroléru mohou ovládat rameno v osách x a y. Komunikace je možná pomocí diskretních vstupů, ethernetu a modbusu. Kompletní informace zde [8].

- Maximální napětí - 29 V
- Maximální proud výstupu - 100 mA



Obrázek 3.3: Kontrolér pro ovládání pohonu H-Portalu

### 3.1.3 Kontrolér pro rameno CMMO-ST-C5-1-DIOP

Jedná se o kontrolér pro řízení dvoufázových krokových motorů. Je zde možnost využití funkce STO, která zabraňuje neočekávanému rozběhu připojeného motoru,

díky odpojenému točivému momentu, tato funkce nám zajišťuje bezpečnost. Podporuje většinu již zmiňovaných komunikací, ale v tomto případě je zde připojení přes ethernet. Kompletní informace zde [9].

- Nominální napětí - 24 V
- Maximální proud - 8 A
- Vybaveno bezpečnostní funkcí STO



Obrázek 3.4: Kontrolér pro ovládání krokových motorů ramena

## 3.2 Festo software

### 3.2.1 Codesys

Codesys je softwarové rozhraní, ve kterém se programují řídicí algoritmy pro PLC. Funguje na stejném principu jako konkurenční TIA Portal od Siemensu nebo Automation Studio od firmy B&R Automation. Výhodou je, že pomocí programovacího



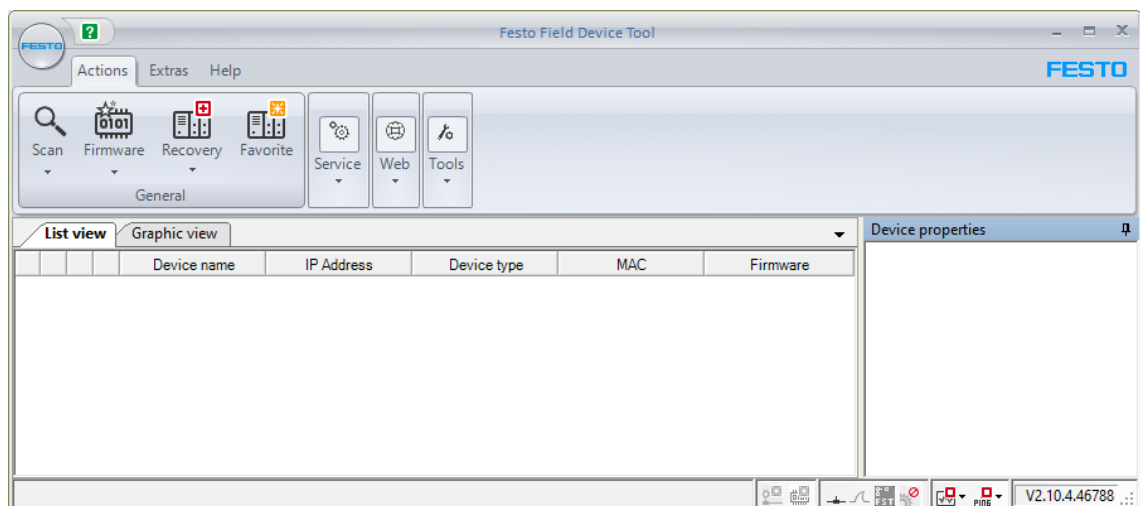
rozhraní Codesys, můžeme tvořit programy pro PLC od firem Schneider Electric, Festo, Beckhoff a Wago. Další výhodou je, že licence pro Codesys jsou zcela zdarma.

Codesys není rozhraní pro programování pouze PLC, ale je zde možnost řídit i PAC, ECU a další kontroléry. Volba programovacích jazyků je široká a obsahuje všechny potřebné jazyky např. IL, ST, LD, FBD a SFC. Rozhraní běží na operačních systémech Windows a Linux.

Pokud je programovaný kontrolér vybaven webserverem, tak je možné vytvořit základní webové rozhraní pod nastavenou IP adresou. V tomto rozhraní lze vizualizovat průběh výrobního procesu, nebo například nastavovat základní parametry či manuálně ovládat zařízení. V mém případě je od Festa připraveno WebVisu pro základní ovládání a nastavení nutných parametrů pro chod krokových motorů, jako jsou například pozice ramene. Více informací na [10].

### 3.2.2 Festo field device tool

Aplikace od firmy Festo je nutná pro uvádění jakéhokoli zařízení do provozu. Pomocí tohoto programu mohu zjistit přesné IP adresy všech Festo komponentů na síti a případně je upravit, aby odpovídaly mému očekávání a nekolidovaly. Také je zde možnost přímé aktualizace firmwaru každého z připojených zařízení. Více informací na [11].



Obrázek 3.5: Úvodní obrazovka Festo Field Device Tool

## 4 Popis části B&R Automation

Firma B&R Automation nabízí celé spektrum ovládacího hardwaru. Vzhledem k nepříznivé situaci, ve které se technický trh nachází, se zařízení vybírají dle dostupnosti. Spolupráce firmy B&R Automation a Technické univerzity v Liberci už naštěstí trvá několik let a proto jsem na tento problém nemohl narazit. Všechna potřebná zařízení byla již v majetku školy.

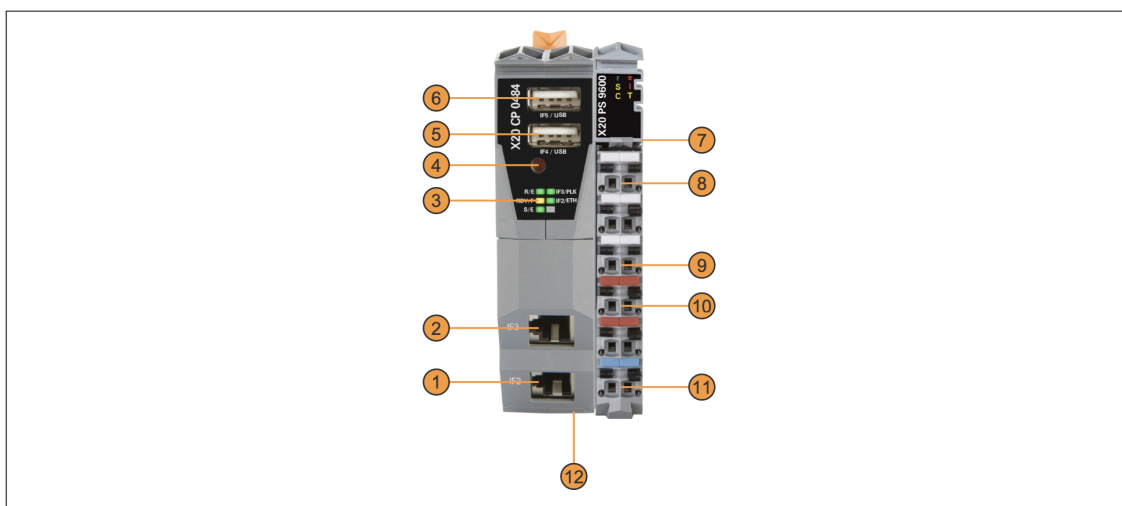
### 4.1 B&R Automation hardware

#### 4.1.1 Programovatelný řídicí systém X20CP0484

Programovatelné logické automaty z řad X20 jsou výkonné a kompaktní. Jejich konstrukce je bez baterie a ventilátorů, to znamená že jsou tyto modely tzv. bezúdržbové. Konkrétně tento typ je vybaven procesorem ARM Cortex A9-667. Paměť RAM je 256 MB a disponuje vestavěným flash diskem o velikosti 2 GB. Pro ukládání remanentních proměnných má k dispozici velikost paměti FRAM 64 kB.

- Nominální napětí - 24 V
- Možnost komunikace - 1x Ethernet, 1x POWERLINK V2, 2x USB, 1x X2X Link

Výhodou je široké spektrum možností komunikace, což je POWERLINK, Ethernet, CAN, USB a dnes už starší, ale stále používaná RS232. Pokud je k řízení potřeba rozšířit toto spektrum, můžeme přidat až dva modulární sloty ve stejné řadě X20. Kompletní informace zde [12].



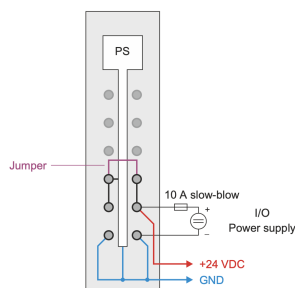
1	IF2 - Ethernet	2	IF3 - POWERLINK
3	LED status indicators	4	Reset button
5	IF4 - USB	6	IF5 - USB
7	IF6 - X2X Link	8	IF1 - RS232
9	IF7 - CAN bus (with X20BB57/67/77)	10	+24 V I/O
11	GND	12	Switch for CAN bus terminating resistor (on X20BB57/67/77)

Obrázek 4.1: B&R a napájecí modul [12]

#### 4.1.2 Napájecí modul X20PS9600

Modul zajišťuje napájení pro vstupy a výstupy. Výhodou je galvanické oddělení napájení. Využívá se pro možnost ovládání výstupů a přijímání vstupu na kartách pro PLC. Kompletní informace zde [13].

- Nominální napětí - 24 V
- Ochrana proti přepólování



Obrázek 4.2: Zapojení napájecího modulu [13]

### 4.1.3 Vstupní karta X20DIF371

Je to modul pro vstupní signály. Jedná se o digitální vstupy, to můžeme poznat podle zkratky v názvu DI. Karta obsahuje 16 vstupů a má svůj vlastní napájecí okruh. Pracuje se stejnosměrným napětím 24 V, kde se logická jednička zobrazuje u vstupů, které mají nad 15 VDC a logická nula pod 5 VDC. Modul obsahuje led diody signalizující stav vstupů. Kompletní informace zde [14].

- Nominální napětí - 24 V
- 16 vstupů - 24 V
- Led diodová signalizace vstupů



Obrázek 4.3: Vstupní karta X20DIF371 [14]

### 4.1.4 Výstupní karta X20DOF322

Modul pro výstupní signály, jedná se o digitální výstupy, to můžeme poznat podle zkratky v názvu DO. Karta obsahuje 16 výstupů a má svůj vlastní napájecí okruh. Pracuje se stejnosměrným napětím 24 V. Rychlost přepínání logických výstupů je

pod 300  $\mu$ s, což pro naše účely bohatě stačí. Při ovládání zařízení pomocí PWM bychom museli zvolit výstupy s větší rychlostí. Kompletní informace zde [15].

- Nominální napětí - 24 V
- 16 výstupů - 24 V
- Led indikátor výstupů



Obrázek 4.4: Výstupní karta X20DOF322 [15]

#### 4.1.5 Operátorský panel 6PPT30.0573-20W

Výše uvedený operátorský panel slouží pro ovládání a vizualizaci skladovací stanice (viz 8.2, 8.1). Obsahuje CPU ARM Cortex-A8 s frekvencí 600 MHz a vestavěný flash disk o velikosti 512 MB. Panel je dotykový rezistivní, to nám zaručí funkčnost při zvětšené vlhkosti nebo politém displeji. Zobrazení je na šířku a úhlopříčku má 5.7", což je přibližně 14,5 cm. Kompletní informace zde [16].

- Rozlišení - 640 x 480 bodů
- Rozhraní - 2x Ethernet 10/100 Mbit/s , 2x USB 2.0

## 4.2 B&R Automation software

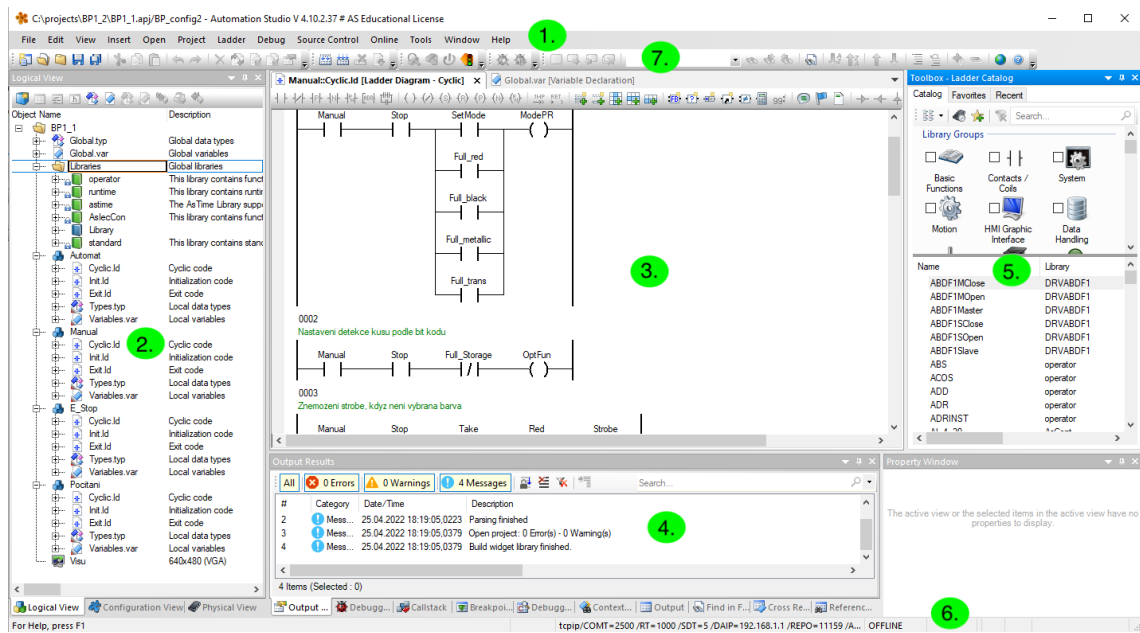
### 4.2.1 VNC Viewer

VNC je technologie, která se využívá pro zobrazení funkčního grafického ovládacího rozhraní před připojením a také funguje v samotném operátorském panelu. Můžeme v něm zobrazit různé velikosti a rozlišení operátorského panelu. VNC Viewer funguje jako klient-server, proto je potřeba se k němu připojit pomocí jeho IP adresy. Tlačítka a všechny události jsou v něm plně funkční.

### 4.2.2 Automation Studio

Automation studio označujeme jako komplexní programovací software, který umožní tvoření řídicích algoritmů (viz 4.5). V dnešní době je již srovnatelným konkurentem v rodině multifunkčních vývojových prostředí, jako jsou například TIA Portal a CX-One.

Je zde možnost řídit programovatelné automaty v jazycích IEC 61131-3, CFC, C a objektově orientované programování v C++. V dnešní době je nejvíce využívaný jazyk Ladder diagram, z důvodu jeho přehlednosti a snadnější srozumitelnosti pro méně kvalifikované jedince ve výrobě. V takových programech se rychleji vyhledá chyba ve výrobním procesu a zmenší se finanční ztráty při poruše. Také se v tomto softwaru dá vytvořit vizuální prostředí pro HMI, či rozhraní na web server. Velmi důležitým doplňkem je integrace možnosti programování bezpečnostních systémů založených na openSAFETY, tím se Automation Studio stalo zcela multifunkčním systémem, ve kterém se zvládne naprogramovat celá výrobní linka od A do Z. Více informací o konkrétním softwaru najdete na [17].



Obrázek 4.5: Automation studio

1. Lišta záložek
2. Zobrazení struktury programu a hardwaru
3. Program
4. Diagnostika po kompilaci programu
5. ToolBox
6. Vlastnosti rozhraní
7. Nástroje

## 5 Komunikace a celkové propojení

### 5.1 Původní stav a zapojení napájení rozvaděče

Prvotně zde v rozvaděči byly pouze komponenty od firmy Festo, jako jsou kontroléry pro pohony a PLC, k nim jejich propojovací svorkovnice se signálními LED diodami. Všechna čidla, napájecí kabely a datové kabely ke skladovací stanici byly zapojeny do svorkovnice a dále vyvedeny do Festo PLC pro jejich zpracování.

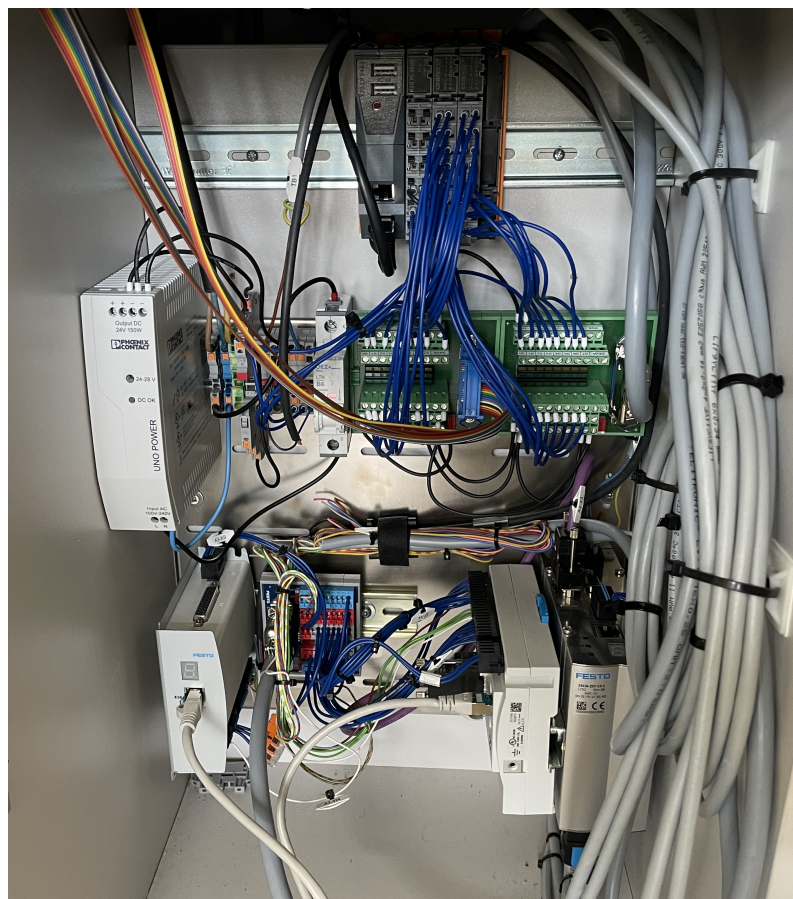


Obrázek 5.1: Původní stav rozvaděče stanice



Před začátkem mé montáže bylo důležité ujasnit si a rozvrhnout si rozmístění všech komponentů. Pro zapojení a další využívání bylo důležité si vše přesně připravit a naplánovat. Hlavním důvodem bylo, že u skladovací stanice je mnoho komponentů na velmi malý rozvaděč.

Proto bylo nutné demontovat připravený montážní plech s nasazenými komponenty a přesně si rozvrhnout strukturu umístění komponentů. Jelikož je žádoucí, aby bylo B&R PLC ve vrchní části rozvaděče, bylo nutné přidat DIN - lištu. Výsledné rozvržení rozvaděče obsahuje 3 patra s DIN - lištou. Spodní patro je pouze pro Festo komponenty, jako jsou kontroléry a jejich svorkovnice. Vrchní patro na DIN - liště obsahuje B&R sestavu z PLC, napájecího modulu, vstupních a výstupních karet. V prostředním patře se nachází zdroj napájení se svorkami, pojistkou, jističem a svorkovým blokem pro propojení všech komponentů dohromady.



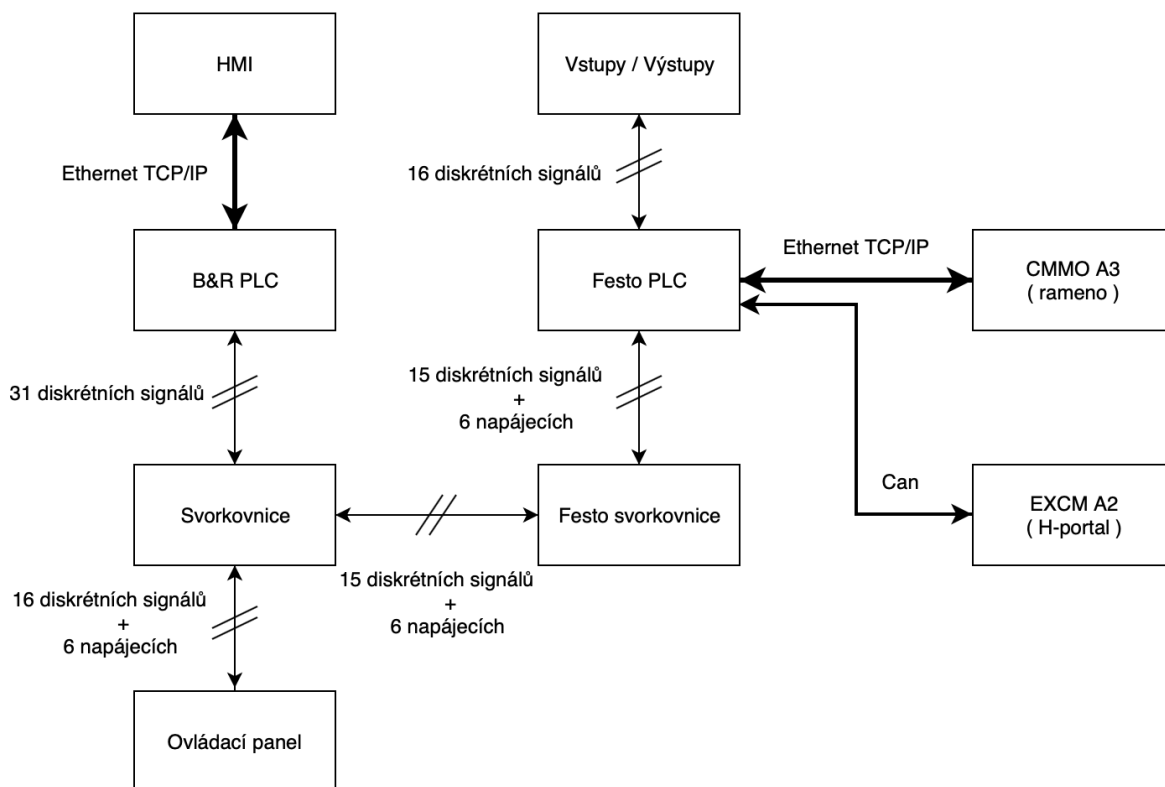
Obrázek 5.2: Finální stav rozvaděče stanice

Po mechanické montáži lišt a přichycení všech komponentů bylo nutné vyhledat v datových listech, jak jsou zařízení napájena. Všechny komponenty jsou napájeny 24 V. Napájení je vytažené ze zdroje přes nastavitelnou pojistku do svorkovnice. Svorky jsou propojené hřebenem a zdroj pro 24 V je jistěný jističem B6, to je pro zařízení dostačující.

## 5.2 Propojení komponent stanice

Kontroléry pro ovládání krokových motorů jsou zvláště připojeny k PLC Festo. Ovládací kontrolér EXCM pro H-Portal je připojen k PLC přes sběrnici CAN. Kontrolér, který ovládá manipulační rameno, je připojen klasickým konektorem RJ-45 přes ethernet TCP/IP. Z důvodu nastavení výchozích pozic a dalších parametrů ve Festo PLC a jeho WebVisu jsem musel přidat dočasně switch na 24 V. PLC od Festa má pouze jeden komunikační kanál s konektorem RJ-45.

Ovládání a propojení mezi stranou Festo a B&R je realizováno přes diskrétní digitální vstupy a výstupy jednotlivých programovatelných logických počítačů. To znamená, že jsou zde vloženy dvě svorkovnice, které předávají diskrétní signály. Na tuto svorkovnici je také připojen konektor SysLink z ovládacího panelu, který je pevně přidělán na skladovací stanici. Ten slouží k základnímu ovládání a dalšímu propojení s ostatními stanicemi.



Obrázek 5.3: Diagram propojení

- Ethernet TCP/IP - Sada dvou protokolů, kde je strukturální uspořádání ve 4 vrstvách. Více informací o komunikaci na [18].
- CAN - Seriový komunikační protokol. Komunikace mezi uzly probíhá přes zprávy jako žádost o zprávu a samotná datová zpráva. Více informací o komunikaci na [19].
- Digitální diskrétní signály - Logické signály, které slouží pro diskrétní řízení.

## 6 Uvedení do provozu a konfigurace

### 6.1 Parametrizace pro PLC Festo

Po prvním spuštění bylo důležité nastavit výchozí parametry a souřadnice základních pozic, podle kterých se dále v PLC Festo vypočítávají souřadnice každého místa ve skladovací stanici.

Pro úvodní připojení bylo nutné zjistit, jakou IP adresu má konkrétní jednotka. Proto bylo nutné využít software Festo field device tool (viz 3.5), kde se dají vyhledat všechna zařízení připojená na síti a k nim jejich IP adresy.

Po dostatečném zorientování ve WebVisu pro modelovou stanici bylo nutné nastavit výchozí souřadnice pozice (viz 6.1). Nastavování pozic a ovládání samotného chodu je rozděleno do dvou bloků. Jeden z nich řídí H-Portal, který ovládá rameno v pohybu nahoru, dolů a doprava, doleva. Druhý blok uvádí do pohybu pouze samotné rameno a jeho vysunutí. V tomto bloku je také možné vyzkoušet funkci chapadla. První pozice k nastavení H-Portalu je tam, kde by rameno mělo výrobek uchopit. Další dvě pozice jsou místa v prostorech skladu, podle kterých se dopočítávají všechny ostatní pozice skladu. Poslední důležitou pozicí je místo k vyskladnění. Výstupní skluz je nastavitelný, proto se po nastavení pozice s ním nesmí manipulovat.

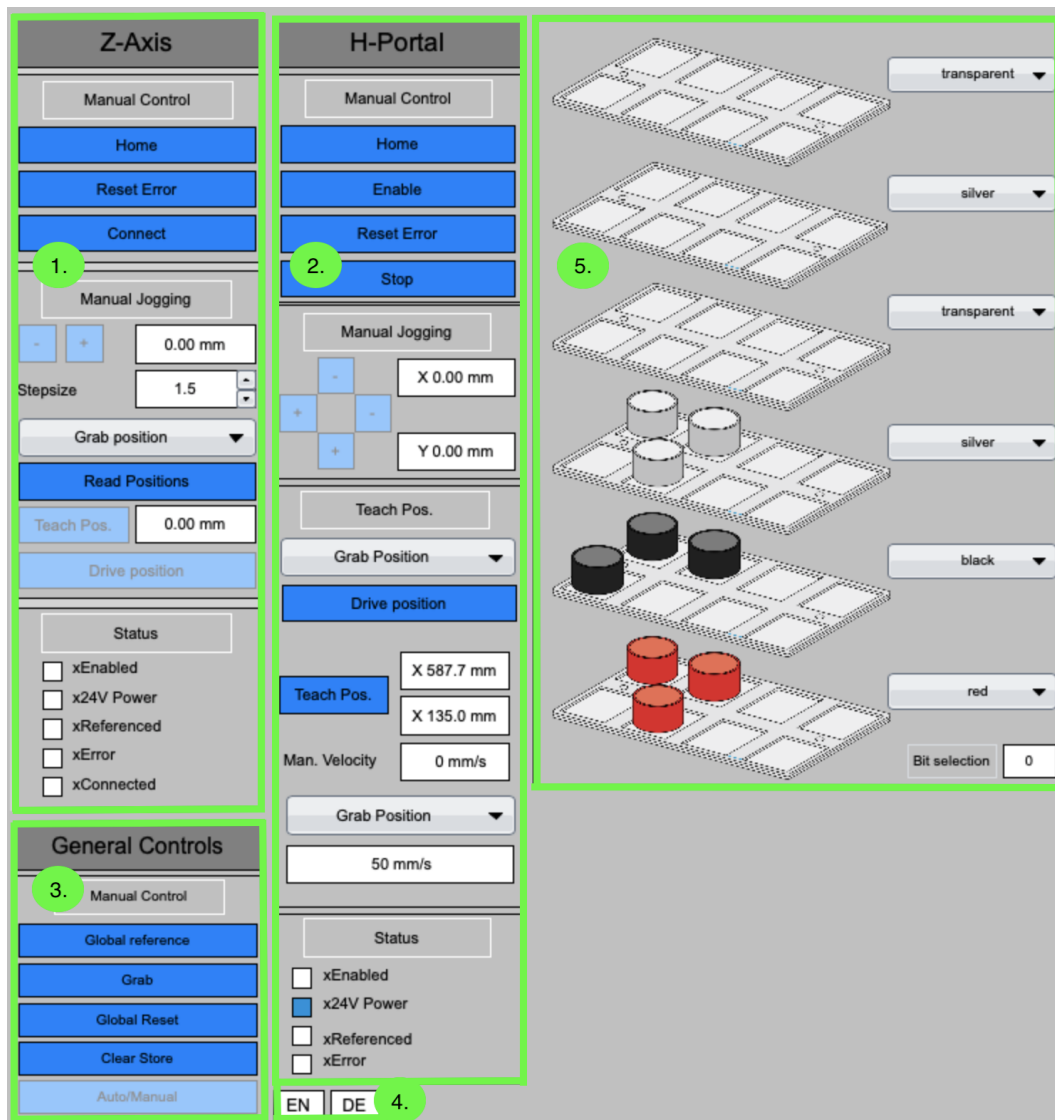
V horní části obou panelů můžeme vidět ovládací úkony pro základní ovládání stanice. Pod ovládací částí jsou umístěny bloky pro manuální pohyb. V bloku pro pohyb je možné nastavit všechny pozice pomocí manuálního najetí do určité pozice a stisknutí tlačítka **Teach position**. Pro přepnutí pozice slouží výběrové menu, kde si můžeme vybrat, kterou pozici zrovna nastavujeme.

Spodní část je určena pro signalizaci stavu zařízení, všechny základní informace o zařízení, jako jsou chyby, stav napájení, nebo jestli jsou komponenty připojeny. Dále je zde kompletní ovládání pro celou stanici a chapadlo. Webové rozhraní je vytvořeno ve dvou jazykových variantách.

Postup ukládání nastavení pozic je následující. Když jsou všechny pozice nastavené, tak je potřeba držet 5 vteřin tlačítko **Home**, poté resetovat stanici. Tím se nastavené pozice uloží. Po opětovném zapnutí stanice je možné nastavené pozice otestovat. Ve výběrovém menu si zvolím testovací pozici a stiskneme **Read position**. Tím se spustí pohony a najedou do uložené souřadnice.

Dvakrát se mi stalo, že se uložené pozice vymazaly. Stalo se tak po vypnutí a zapnutí. Kontaktoval jsem tedy podporu Festo, ale bohužel jsem od nich vyjádření nedostal. Dle mého názoru zde došlo ve Festo PLC k vymazání všech remanentních proměnných. Musel jsem tedy znovu nastavit a uložit všechny pozice.

Ve webovém rozhraní můžeme vidět v reálném čase kapacitu skladu. Je zde i možnost přenastavit rozmístění skladu, kdyby bylo potřeba mít barvy v jiném patře.



Obrázek 6.1: Webové rozhraní pro základní parametrizaci

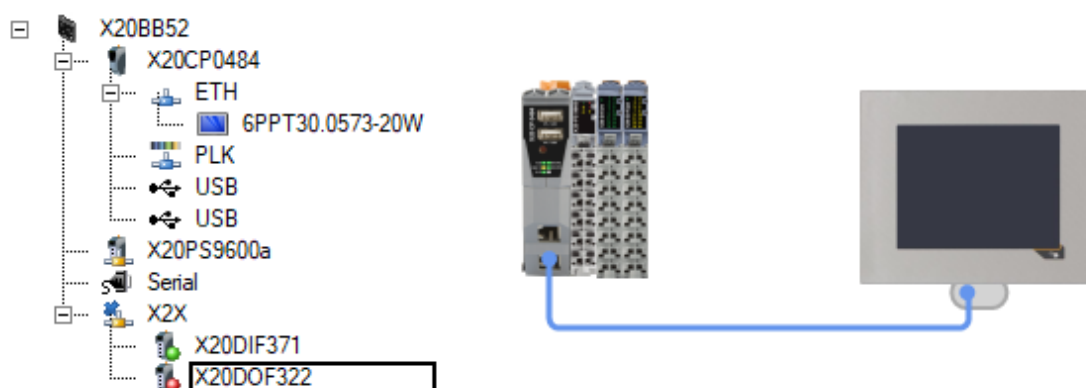
1. Blok pro ovládání pohybu ramene
2. Blok pro ovládání pohybu H-Portalu
3. Tlačítka pro generální ovládání celé stanice
4. Přepínání jazyků
5. Nastavení barev v patrech

## 6.2 Hardwarová konfigurace v B&R PLC

První a nejdůležitější věcí pro tvorbu programu a řízení PLC je správně nakonfigurovat hardwarové zapojení celého ovládaného systému. B&R Automation Studio podporuje několik možností, jak zadat a propojit konkrétní hardware.

Konfigurace byla vytvořena manuálně podle označení komponentů v rozvaděči. Po úvodním spuštění bylo nadefinováno PLC a nastaven typ komunikace. Všechny ostatní komponenty byly nalezeny v ToolBoxu Automation Studia (viz 4.5).

Automation Studio nabízí další možnosti vytváření konfigurace. Jedna z nich je online, kde se nastaví pouze typ PLC a zbytek si program nahraje sám. Druhou možností je naskenování, jaká zařízení jsou připojena a přesunout do konfigurace potřebné komponenty.



Obrázek 6.2: Hardware konfigurace

## 6.3 Mapování vstupů a výstupů

Před začátkem programování je důležité si prověřit, zda všechny vstupy i výstupy jsou funkční a zapojené na správné svorky, dle elektrodokumentace nebo jiných dokumentů. Já jsem ke skladovací stanici dostal tabulku vstupů a výstupů, které jsou posílány do Festo PLC. Tím ovládám funkci celé stanice.

Testování vstupů bohužel neproběhlo podle mých představ. Většina z nich sice fungovala správně, ale poslední 4 vstupní bity nebyly zapojeny podle návodu. S vedoucím práce jsme začali hledat chybu v zapojení dle E-Planu. Ukázalo se, že jeden signál není zapojen do svorkovnice, která spojuje Festo PLC s B&R. To znamená, že chybí jedna informace a poslední 3 bity jsou posunuty. Naštěstí to je informace o vstupu výrobku do stanice, která není potřebná pro řídicí program.

Ovládací panel	Svorkovnicový blok 1	X20DIF371	X20DOF322	Proměnná	Popis funkce
Signalizace	Q0	X	11	X	X
Q1	Q1		21		
Q2	Q2		12		
Q3	Q3		22		
Q4	Q4		13		
Q1	Q5		23		
Q2	Q6		14		
Q3	Q7		24		
Start	I0	X	11	Start_button	Tlačítko pro nastartování stanice
Stop	I1		21	Stop_button	Tlačítko pro zastavení stanice
Klíček	I2		12	Manual_panel	Přepínání mezi režimy
Reset	I3		22	X	X
I4	I4		13		
I5	I5		23		
I6	I6		14		
I7	I7		24		

Obrázek 6.3: Tabulka vstupů a výstupů z ovládacího panelu

CECC-D	Festo svorkovnice	Svorkovnicový blok 2	X20DIF371	X20DOF322	Proměnná	Popis funkce
X2:0	9:Q0	Q0	X	15	Home	Najetí do referenčního bodu
X2:1	10:Q1	Q1		25	Reset_error	Resetuje error kontrolerů
X2:2	11:Q2	Q2		16	ModePR	Přepínání módu naskladnění a vyskladnění
X2:3	12:Q3	Q3		26	ColorBit_1	Kód pro určení patra
X2:4	13:Q4	Q4		17	ColorBit_2	Kód pro určení patra
X2:5	14:Q5	Q5		27	ColorBit_3	Kód pro určení patra - použití při zvětšení skladu
X2:6	15:Q6	Q6		18	Strobe	Signál pro spuštění cyklu
X2:7	16:Q7	Q7		28	OptFun	Nastavení detekce barvy výrobku
X4:0	13:I0	I0	X	15	Home_Detect	Stanice najela do referenčního bodu
X4:1	14:I1	I1		25	Error_Detect	Detekován error kontrolerů
X4:2	15:I2	I2		16	Busy_Station	Stanice je zaneprázdněná
X4:3	16:I3	I3		26	Full_Storage	Plný sklad
X4:5	17:I4	I4		17	WP_detect	Detekován výrobek ve stanici
X4:6	18:I5	I5		27	WP_NotBlack	Barva výrobku není černá
X4:7	19:I6	I6		18	WP_Metallic	Barva výrobku je metalická

Obrázek 6.4: Tabulka vstupů a výstupů z Festo PLC



## 7 Program a jeho funkce

Celý program v B&R posílá logické bity do Festo PLC a tím ovládá skladovací proces. Na začátku je potřeba definovat, jak by se měla stanice chovat. Automatický režim je předem daný, výrobek přijede do stanice a podle barvy se roztřídí do jednoho z regálů. Manuální režim je zajímavější, ten by měl být ovládán pomocí HMI. Po přijmutí výrobku bych si měl na HMI zvolit, do jakého regálu chci výrobek vložit. Také zde musí být možnost pro volbu naskladnění či vyskladnění.

Struktura programu je rozdělena do několika programovacích bloků. První dva bloky jsou pro automatický a manuální režim, další blok je pojmenován E-Stop. Kromě startu a zastavení zde také řeším přepínání mezi automatickým a manuálním režimem. V posledním bloku je systém pro kontrolu počtu kusů ve stanici, který je realizován pro manuální režim.

Ovládání skladovací stanice je napsané v jazyce LD. Hlavní výhodou programování v jazyce LD je snazší pochopení funkce algoritmu a s tím související jednodušší hledání chyb při chodu.

### 7.1 Základní ovládání

Důležitou vlastností každé výrobní linky je, aby měla přepínání mezi automatickým a manuálním režimem. Pro skladovací stanici jsem zvolil přepínání ze dvou míst. Jedno se nachází přímo na ovládacím panelu, který je pevně přimontován ke stanici. Druhou možností je přepínání přímo z operátorského panelu. Je nutné dát programu vědět z jakého místa si přeji skladovací linku přepínat. To lze nalézt v kolonce **Setup** na operátorském panelu.

Ještě důležitějším ovládacím prvkem jsou tlačítka **Start** a **Stop**. Tato tlačítka jsou funkční na ovládacím i na operátorském panelu z důvodu bezpečnosti. Uživatel musí být schopen kdykoli zastavit výrobní proces, aby při nebezpečných situacích nedošlo k úrazu. Tlačítko **Stop** zároveň resetuje stanici. Při stisknutí tlačítka **Start** je nastaveno automatické najetí do referenční pozice, což je v pravém horním rohu skladu.

## 7.2 Funkce automatického režimu

U automatického chodu je potřeba poslat do Festo PLC informace, jak má výrobek detekovat a zda má naskladnit či vyskladnit. Jednou z možností je detekce barvy přímo ze snímače ve vstupní bráně. Tuto možnost využívám pro automatický chod. Druhou možností je detekce barvy podle bit kódu, který pošlu na daný výstup. Tuto variantu používám až u manuálního ovládání.

Výstup **Strobe** je stále aktivní, takže linka běží neustále. Přepínání módu naskladnění a vyskladnění se rozlišuje při aktivním vstupu pro informaci o plném skladu. Nevýhodou bohužel je, že po dosažení maximální hodnoty je nutné vymazat sklad ve webovém rozhraní Festo. Žádný ovládací bit mazání skladu neumožňuje.

## 7.3 Funkce manuálního režimu

U manuálního ovládání bylo nejprve důležité zjistit, které řídicí bit kódy ovládají jednotlivá patra. Po testování jsem mohl vytvořit řídicí program, který vlastní funkce: přepínání ovládání, výběr barvy a funkci pro cyklus, který odstartuje nastavený proces.

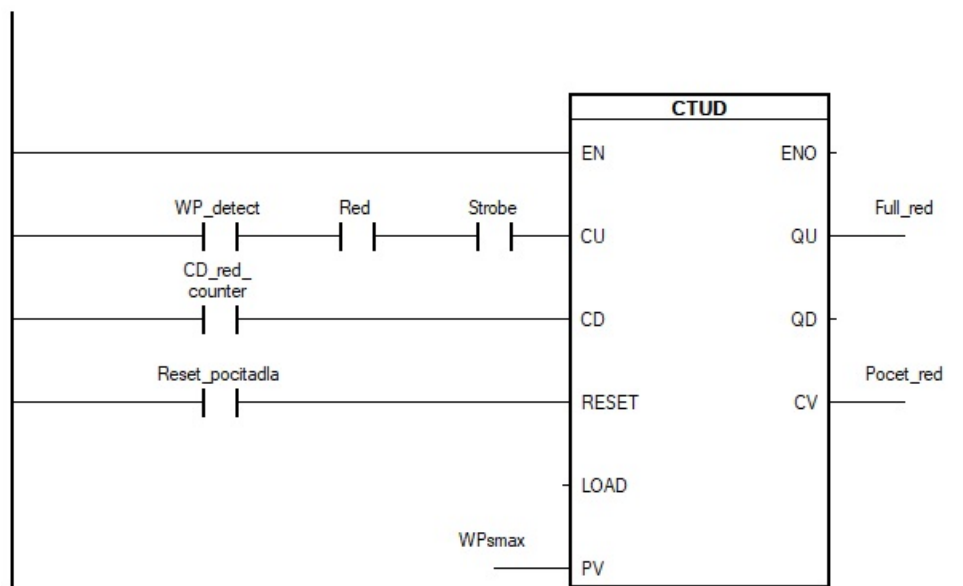
Při příchodu výrobku do skladovací stanice se čeká na úkony, které musí provést operátor na panelu. Základem je určit barvu, do kterého skladovacího patra se má daný výrobek umístit. Po nastavení barvy a stisknutí tlačítka **Take** se odstartuje cyklus pro naskladnění. Pro vyskladnění je funkce stejná, opět si vyberu barvu patra, ze kterého chci tentokrát vyskladnit a stisknu tlačítko pro odstartování procesu.

Maximální počet výrobků ve stanici je nastaven na 4. V programu je to parametr WPsmax (viz 7.1), není to možné nastavit z operátorského panelu, aby se nestalo, že někdo nastaví větší počet, než je fyzicky možné. Po dovršení maximálního počtu výrobků v patře si stanice automaticky uvolní jedno místo tím, že odebere jeden výrobek z plného patra.

## 7.4 Systém pro kontrolu stavu skladovací stanice

Systém vznikl z důvodu nemožnosti nastavení maximálního počtu výrobků v patře. PLC Festo mi pouze posílá signál o plném skladu. Proto je zde vytvořen počítací algoritmus, jehož úkolem je počítat výrobky ve skladovací stanici a při překročení maximálního limitu pošle signál, který automaticky odebere jeden výrobek z daného patra.

Celý algoritmus tvoří několik CTUD, které přičítají a odečítají, při jakékoli provedené akci. Dále časovač, jehož výstup je použitý, jako odečítání počtu výrobků ve stanici.



Obrázek 7.1: Ukázka systému pro hlídání stavu skladovací stanice

## 8 Grafické ovládací rozhraní operátorského panelu

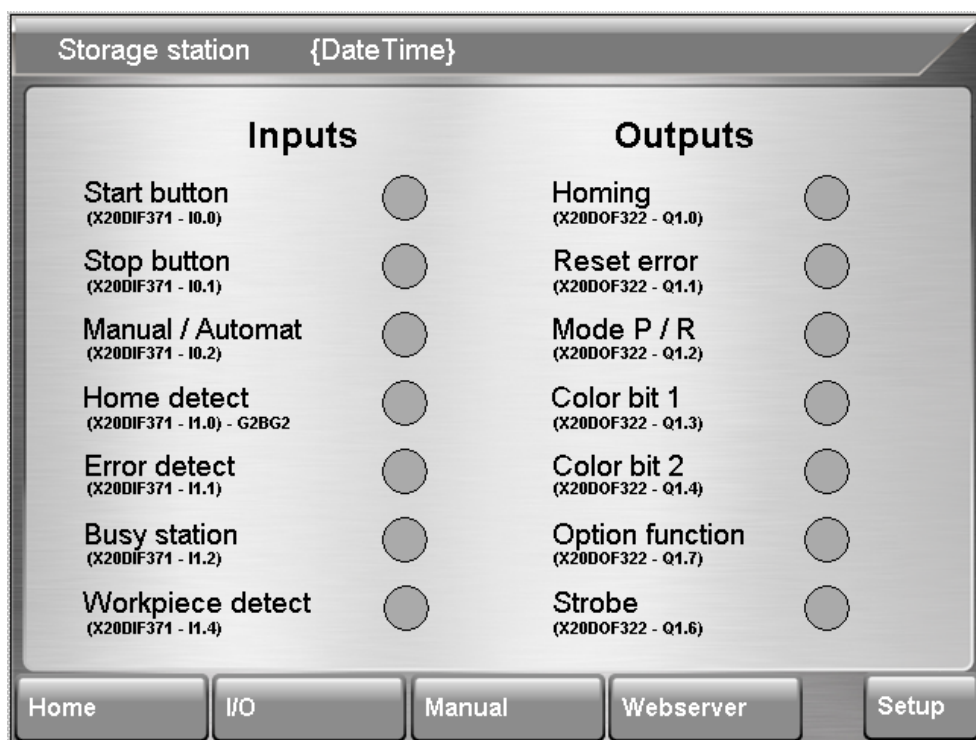
Ovládání a vizualizaci je možno vytvořit ve dvou variantách, přímo z počítače možností grafického rozhraní pomocí VNC vieweru. Druhou možností je využití operátorského panelu, pro dlouhodobé používání je tato varianta jednodušší.

### 8.1 Domovská stránka

Domovská stránka je součástí celého operátorského panelu. Jako každá další stránka je vložena do předem připraveného pozadí s časem, názvem stanice a spodní lištou s menu. Tato stránka je úvodní a načte se při zapnutí stanice. Nachází se na ní vizuální podoba skladovací stanice a základní ovládání pomocí 3 tlačítek. **Start** pro zapnutí stanice a zároveň přesun do referenčního bodu, který se nachází v pravém horním rohu portálu. Dále tlačítko **Stop**, které okamžitě zastaví veškerou činnost stanice a zároveň resetuje případné chyby. Poslední tlačítko je na přepínání mezi automatickým a manuálním režimem.

### 8.2 Stránka se vstupním a výstupním stavem karet

Stránka je rozdělena do dvou bloků, na jedné straně se nacházejí vstupy a na druhé výstupy. Ke každé proměnné je přiřazena barevná kontrolka, která signalizuje aktuální stav. Po ulehčení práce při případném hledání chyb je pod názvem proměnné napsáno přesně umístění na PLC kartě, popřípadě i označení kabelu na stanici.



Obrázek 8.1: Stránka HMI se vstupy a výstupy

### 8.3 Stránka pro ovládání v manuálním režimu

Stránka pro manuální režim obsahuje tlačítka, které ovládají barvy výrobku, tím určíme v jakém patře se budeme pohybovat. Hned vedle tlačítek máme indikátor stavu skladu pro hlídání počtu kusů výrobku ve stanici. Postranní tlačítko na ovládání ovlivňuje mód naskladnění a vyskladnění. Pro start nastaveného cyklu je připravené tlačítko Take. Přidáno je i tlačítko pro restart systému pro kontrolu stavu skladovací stanice, který se může použít pouze při úplném čištění skladu, proto je pod tlačítkem napsané upozornění.

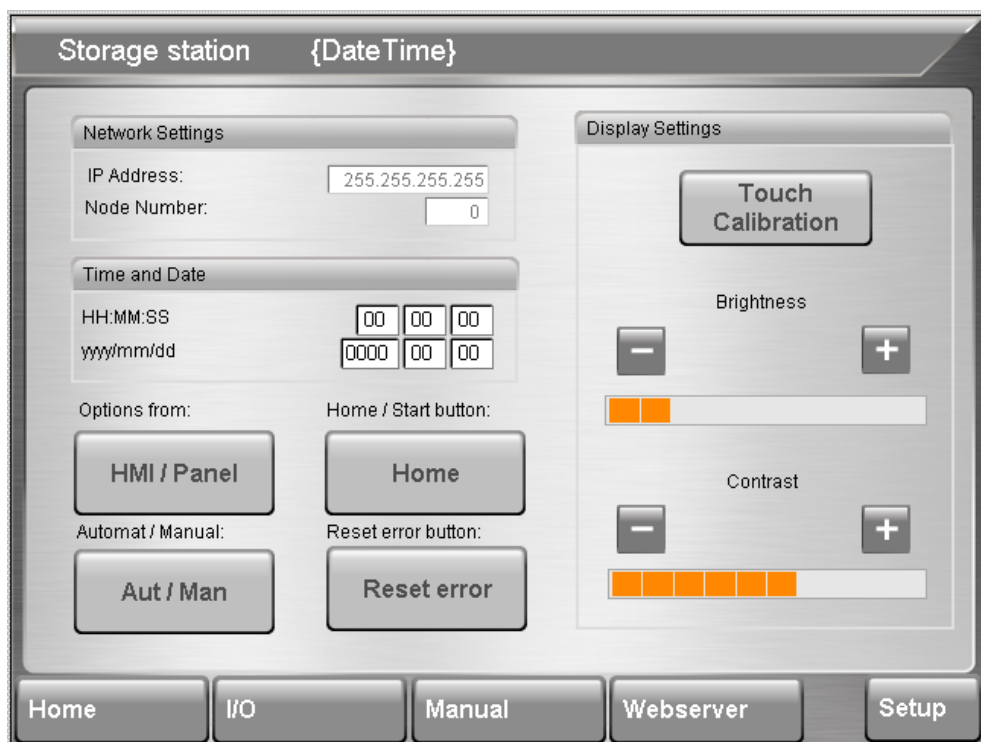
### 8.4 Zobrazení diagnostiky vestavěným WebServerem

Díky vestavěnému serveru je informační prostředí již hotové, je zde možnost připojení i z počítače pomocí webového prohlížeče. Stránka zobrazuje celkovou diagnostiku

PLC, hardwarovou konfiguraci a rozložení softwaru. Při údržbě dost ulehčí práci, protože zobrazuje naprosto všechny potřebné údaje jako jsou teplota, přesné názvy PLC komponentů s IP adresou a tak dále. Pokud je zařízení připojeno v síti, tak můžeme diagnostikovat výrobní linky či stanici ze vzdáleného přístupu.

## 8.5 Stránka nastavení

Jedná se o stránku, kde je možné nastavit běžné parametry jako jsou svítivost a kalibrace dotyku operátorského panelu pro zlepšení efektivity práce s panelem. Tlačítka pro ovládání jsou stejná jako na hlavní stránce. Jedno se liší, to ovládá místo, odkud chceme skladovací stanici ovládat, jestli od vestavěného ovládacího panelu, nebo operátorského panelu. Jedním z důležitých parametrů je nastavení času, protože u většiny výrobních procesů se značí na výrobek datum a čas, z důvodu řešení případných reklamací.



Obrázek 8.2: Stránka nastavení

## 9 Návrhy k vylepšení

Hlavním vylepšením je dle mého názoru přidání čidla přítomnosti dílu v chapadle. V průmyslové výrobě je naprosto zásadní informace o přítomnosti dílu, která nesmí chybět. Důvodů je mnoho, například při ztrátě dílu během procesu nebo ani není možné detekovat, jestli byl výrobek skutečně vyzvednut. K tomuto problému se pojí chybějící senzor na kontrolu tlaku ve stanici. Naštěstí je zde obrácená logika u nabírání dílu. To znamená, že při výpadku zdroje vzduchu se chapadlo neotevře, ale zůstane uzavřené. Pneumatické ovládání je použito při otevírání chapadla a mechanicky je nastaveno tak, že základní poloha je v uzavřeném stavu zajištěna pružinou.

Uvítal bych čidlo i na výstupu ze stanice, protože v současném stavu je za stanicí odkladiště pro 3 díly. Hlavní ulehčení by bylo v programu pro počítání odebrání dílů, protože by byla jasně daná informace o vyjmutí dílu ze skladovací stanice. Také by bylo možné varovat před maximálním naplněním odkladiště, pokud by linka nebyla napojena na automatizované pracoviště pro přijímání či třídění dílů.

Dalším vylepšením může být zvýšená bezpečnost nebo ochrana proti vstupu do zařízení. Výkony krokových motorů jsou konkrétně u této stanice malé, proto nehrozí nebezpečí úrazu. Nicméně vhodným vylepšením mohou být bezpečnostní závory, které by kontrolovaly nebezpečí vstupu do stanice v průběhu výrobního cyklu.

Jako poslední vylepšení navrhuji lepší senzor na detekci barvy výrobku. Při testování jsem zjistil, že určení správné barvy je pro tento senzor poněkud obtížné. Domnívám se, že by stačilo pouze zakrýt místo detekce uzavřeným boxem a uměle osvětlit výrobek.

## 10 Shrnutí a závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení se s komponenty, zapojení a následné oživení skladovací stanice z rodiny Festo MPS. Kompletní řešení práce obsahovalo mechanické úpravy a poté i elektrické zapojení s finálním oživením pomocí řídicího programu.

Skladovací stanice se lišila od ostatních laboratorních úloh, protože se k jejímu řízení využívaly dvě řídicí jednotky. Konkrétně řídicí jednotka od firmy Festo a programovatelný logický automat od B&R Automation.

Celý program je vytvořen v jazyce LD a bude sloužit k edukaci budoucích studentů oboru mechatroniky na předmětu PRA. Ke skladovací stanici byl vytvořen jednoduchý návod, který bude nápomocen při případné úpravě programu a tvoření zcela nového algoritmu.



## Použitá literatura

1. *Společnost Festo*. Dostupné také z: [https://www.festo.com/cz/cs/e/o-firme-festo-id\\_3847/](https://www.festo.com/cz/cs/e/o-firme-festo-id_3847/).
2. *MPS the Modular Production System*. Dostupné také z: <https://www.festo-didactic.com/cz-cs/vyukove-systemy/mps-the-modular-production-system/?fbid=Y3ouY3MuNTQzLjMxLjIwLjU4NQ>.
3. *Společnost BR Industrial Automation*. Dostupné také z: <https://www.br-automation.com/cs/>.
4. *Storage station 8049013*. Dostupné také z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/stations/storage-station-8049013.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMi4xNDkwLjc5MTk>.
5. *Power supply Phoenix Contact*. Dostupné také z: <https://www.phoenixcontact.com/en-us/products/power-supply-uno-ps1ac24dc-60w-2902992>.
6. *Documentation storage station*. Dostupné také z: [https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/8049013\\_mps\\_d\\_station\\_lagern.pdf](https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/8049013_mps_d_station_lagern.pdf).
7. *Controllers cecc toc bookmark controllers CECC - Festo*. Dostupné také z: [https://www.festo.com/cat/en-gb\\_gb/data/doc\\_ENGB/PDF/EN/CECC\\_EN.PDF](https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENGB/PDF/EN/CECC_EN.PDF).
8. *EXCM-2ST-C3-1*. Dostupné také z: [https://www.festo.com/net/hu\\_hu/SupportPortal/Files/618084/EXCM-2ST-C3-1\\_2016-06\\_8063222d2.pdf](https://www.festo.com/net/hu_hu/SupportPortal/Files/618084/EXCM-2ST-C3-1_2016-06_8063222d2.pdf).
9. *CMMO-ST-C5-1-DIOP/DION*. Dostupné také z: [https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/376716/CMMO-ST-EA\\_KBS\\_2015-06\\_8039045g1.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/376716/CMMO-ST-EA_KBS_2015-06_8039045g1.pdf).
10. *Rozhraní Codesys*. Dostupné také z: <https://en.wikipedia.org/wiki/CODESYS>.
11. *Festo field device tool*. Dostupné také z: [https://www.festo.com/net/en-au\\_au/SupportPortal/default.aspx?tab=0&q=8004365](https://www.festo.com/net/en-au_au/SupportPortal/default.aspx?tab=0&q=8004365).

12. *Datasheet X20CP0484*. Dostupné také z: [https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000665818/X20CP04xx-en\\_V2.14.pdf?px-hash=d0f0c94613fc3eb2b132dfc6458fb452&px-time=1651593672](https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000665818/X20CP04xx-en_V2.14.pdf?px-hash=d0f0c94613fc3eb2b132dfc6458fb452&px-time=1651593672).
13. *Datasheet X20PS9600*. Dostupné také z: [https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000665820/X20PS9600-en\\_V1.11.pdf?px-hash=42ba804c020ae7eadaf429eccc2531d&px-time=1651593757](https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000665820/X20PS9600-en_V1.11.pdf?px-hash=42ba804c020ae7eadaf429eccc2531d&px-time=1651593757).
14. *Datasheet X20DIF371*. Dostupné také z: [https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000680059/X20DIF371-ENG\\_V2.18.pdf?px-hash=8fbf3d6710066b3518920ee840f7b451&px-time=1651593826](https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000680059/X20DIF371-ENG_V2.18.pdf?px-hash=8fbf3d6710066b3518920ee840f7b451&px-time=1651593826).
15. *Datasheet X20DOF322*. Dostupné také z: [https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000617079/X20DOF322-ENG\\_V2.28.pdf?px-hash=66409910dfacf6ce00f1e92fddd8fbc7&px-time=1651593887](https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000617079/X20DOF322-ENG_V2.28.pdf?px-hash=66409910dfacf6ce00f1e92fddd8fbc7&px-time=1651593887).
16. *HMI 6PPT30.0573-20W*. Dostupné také z: [https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000692972/MAPPT30-en\\_V2.00.pdf?px-hash=a863fa263d00e1d26b77c84b8858919e&px-time=1651593951](https://download.br-automation.com/BRP44400000000000000692972/MAPPT30-en_V2.00.pdf?px-hash=a863fa263d00e1d26b77c84b8858919e&px-time=1651593951).
17. *BR Automation Studio*. Dostupné také z: <https://www.br-automation.com/cs/produkty/software/>.
18. *Ethernet TCP/IP*. Dostupné také z: <https://www.rtautomation.com/rtas-blog/ethernet-ip-and-tcp-ip/>.
19. *Komunikace CAN*. Dostupné také z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>.

## A Přílohy

### A.1 Obsah přiloženého souboru

- Navod.pdf - Návod pro obsluhu skladovací stanice v elektronické podobě
- Skladovaci.Stanice.zip - Projekt demonstračního programu
- BP\_Skuthan.pdf - Bakalářská práce v elektronické podobě