



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

Návrh a realizace laboratorní výrobní linky s balicí stanicí

Diplomová Práce

Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Automatické řízení a inženýrská informatika

*Autor práce: **Bc. Filip Satrapa***
Vedoucí práce: Ing. Martin Diblík Ph.D.

Liberec 2021





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

Design and realisation of laboratory production line with packing station

Master's Thesis

Study programme: N2612 Electrical engineering and informatics
Study branch: Automatic control and engineering informatics

Author: **Bc. Filip Satrapa**
Supervisor: Ing. Martin Diblík Ph.D.





Zadání diplomové práce

Návrh a realizace laboratorní výrobní linky s balicí stanicí

Jméno a příjmení: **Bc. Filip Satrapa**
Osobní číslo: M19000169
Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Automatické řízení a inženýrská informatika
Zadávající katedra: Ústav mechatroniky a technické informatiky
Akademický rok: 2020/2021

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s laboratorními modely výrobních stanic FESTO. Na základě získaných poznatků navrhnete jejich vhodnou kombinaci tak, aby vznikla modelová laboratorní výrobní linka obsahující balicí stanici. Výrobní proces bude realizovat závěrečný balicí proces.
2. Navrženou výrobní linku sestavte, vhodně realizujte nezbytné mechanické, elektrické a komunikační propojení zvolených stanic tak, aby byla linka funkční.
3. Navrhnete a realizujete ovládací software využívající platformu automatizační techniky firmy BR-Automation. Výrobní linka by měla demonstrovat navržený standardní výrobní proces, včetně možnosti manuálního ovládání. Realizujte systém detekce chyb, realizujte grafické ovládací rozhraní.
4. Pro výrobní linku vytvořte dokumentaci, podle které bude možné linku sestavit a uvést do provozu.

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

dle potřeby dokumentace
40–50 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:

9. října 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

16. května 2022

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 9. října 2020

Prohlášení

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

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou 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 diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou 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 diplomová 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. ledna 2022

Bc. Filip Satrapa

Abstrakt

Práce se zabývá oživením několika laboratorních stanic od firmy Festo, přesně se jedná o tři stanice. První, která odděluje výrobky podle jejich výšky, druhá, která nasazuje víčka na výrobky bez víčka a třetí která výrobek balí do krabičky. Text se zabývá především programováním stanic a jejich vzájemným propojením. Nicméně jsou zde obsaženy kapitoly o fyzické provedení úloh a jejich zapojení. Programy jsou psány v jazyce strukturovaného textu dle normy IEC EN 61131-3.

Klíčová slova: PLC, B+R, Festo Didactic, joining station, separating station, packing station, Festo MPS

Abstract

The work deals with the revitalization of several laboratory stations from the company Festo. For our assembly lines we used three stations, the first station separates the products according to their height, the second station puts the lids on products without a lid and the third station packs the product into a box. The text deals mainly with the programming of stations and their interconnection. However, there are chapters dedicated to the hardware realization of tasks and their wiring. The programs are written in the language of a structured text according to standard IEC EN 61131-3.

Keywords: PLC, B+R, Festo Didactic, joining station, separating station, packing station, Festo MPS

Obsah

1	Úvod	10
2	Hardware	11
2.1	PLC X20CP0484	12
2.2	Podávací pás	12
2.3	Ovládací panel	14
2.4	Optoelektrické čidlo SOEG RTD Q20 PP S 2L TI	15
3	Třídící Stanice (Separating Station)	16
3.1	Zapojení úlohy	17
3.2	Specifický hardware	20
3.3	PLC moduly v úloze	20
3.4	HW omezení úlohy	20
3.5	Programy	20
4	Spojovací Stanice (Joining Station)	22
4.1	Zapojení úlohy	24
4.2	Specifický HW stanice	25
4.2.1	PLC moduly v úloze	25
4.2.2	Pneumatické rameno	26
4.3	HW omezení úlohy	27
4.4	Programy	27
5	Balící stanice (Packing Station)	30
6	Software využitý pro ovládání a práci s úlohami	31
6.1	Festo Configuration Tool	31
6.2	Automation Studio	32
6.3	VNC Viewer	33
7	Programy	33

7.1	Koncepce programů	33
7.2	Struktura proměnných	34
7.3	Vizualizace, kontrola a ovládání	35
1.1.1	DEMO Program	36
1.1.2	Diagnostický program	37
8	Uspořádání stanic do výrobní linky	38
8.1	Možnosti realizace řízení stanic	38
8.2	Hardwarové požadavky pro uspořádání stanic	39
8.3	Možnosti výměny informací mezi stanicemi	39
8.3.1	Digitální vstupy a výstupy	39
8.3.2	Použití sběrnice POWERLINK	40
8.4	Možnost využití Ethernetu	42
9	Nápověda pro sestavení a řízení úloh	43
10	Možnosti rozšíření	43
11	Závěr	45
	Seznam použité literatury	46

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 STANICE VÝROBNÍ LINKY	11
OBRÁZEK 2 PLC ÚLOH	12
OBRÁZEK 3 PODÁVACÍ PÁS BALÍČÍ STANICE.....	13
OBRÁZEK 4 OVLÁDACÍ PANEL	14
OBRÁZEK 5 OPTOELEKTRICKÉ ČIDLO V ÚLOZE SPOJOVACÍ STANICE.....	15
OBRÁZEK 6 TŘÍDÍČÍ STANICE	16
OBRÁZEK 7 PLC TŘÍDÍČÍ STANICE.....	17
OBRÁZEK 8 SVORKOVNICE TŘÍDÍČÍ STANICE	18
OBRÁZEK 9 VÝVOJOVÝ DIAGRAM TŘÍDÍČÍ STANICE	21
OBRÁZEK 10 SPOJOVACÍ STANICE	22
OBRÁZEK 11 PNEUMATICKÉ RAMENO U SPOJUJÍCÍ STANICE	23
OBRÁZEK 12 ŘÍDÍČÍ JEDNOTKA PNEUMATICKÉHO RAMENE.....	26
OBRÁZEK 13 VÝVOJOVÝ DIAGRAM SPOJUJÍCÍ STANICE 1	28
OBRÁZEK 14 VÝVOJOVÝ DIAGRAM SPOJUJÍCÍ STANICE 2	29
OBRÁZEK 15 BALÍČÍ STANICE.....	30
OBRÁZEK 16 FESTO CONFIGURATION TOOL.....	32
OBRÁZEK 17 STRUKTURA PROMĚNNÉ 1	34
OBRÁZEK 18 STRUKTURA PROMĚNNÉ 2	35
OBRÁZEK 19 KONCEPT OVLÁDACÍCH OBRAZOVEK (VLEVO), HLAVNÍ OBRAZOVKA (VPRAVO).....	36
OBRÁZEK 20 DEMO OBRAZOVKA – SPOJUJÍCÍ STANICE.....	37
OBRÁZEK 21 DIAGNOSTICKÝ PROGRAM – SPOJUJÍCÍ STANICE	38
OBRÁZEK 22 ZVOLENÉ KONCEPCE PWL USPOŘÁDÁNÍ.....	41
OBRÁZEK 23 STRUKTURA PROMĚNNÝCH PRO PWL KOMUNIKACE	42

Seznam tabulek

TABULKA 1 ZAPOJENÍ ÚLOHY TŘÍDÍČÍ STANICE	19
TABULKA 2 ZAPOJENÍ ÚLOHY SPOJOVACÍ STANICE	25

Seznam symbolů, zkratek a termínů

DIN	–	digitální vstup
AS	–	Automation Studio
DOUT	–	digitální výstup
PLC	–	programovatelný logický automat
ST	–	Strukturovaný text
HW	–	Hardware
SW	–	Software
NO	–	normaly open
NC	–	normaly close
HOMOVÁNÍ	–	Proces najetí pohonu na jeho domovskou (home) pozici
MN	–	Managing Node
INTERNAL VARIABLE	–	Vnitřní proměnné
ICN	–	Intelligent Controlled Node

1 Úvod

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat laboratorní výrobní linku sestavenou ze stanic FESTO MPS [1]. K takto navržené lince pak vytvořit řídicí software na platformě PLC systémů firmy BR-Automation a napsat dokumentaci.

Pro vytvoření linky byly vybrány tři stanice. *Třídící Stanice*, *Spojovací Stanice* a *Balící Stanice*, která linku uzavírá, tyto stanice byly pak vzájemně propojeny, aby vytvořily ucelenou výrobní linku. Výrobní cyklus, který je zde vytvořen spočívá v tom, že do linky vstoupí výrobek, ten se následně třídí podle své výšky. Pokud je výrobek nízký projede do druhé stanice kde se ještě jednou ověří že na něj lze nasadit víčko, pokud to lze tak se výrobek dokončí nasazením víčka. Takto sestavený výrobek se zpracuje poslední stanicí, která ho zabalí do krabičky a odešle ho k odebrání obsluhou.

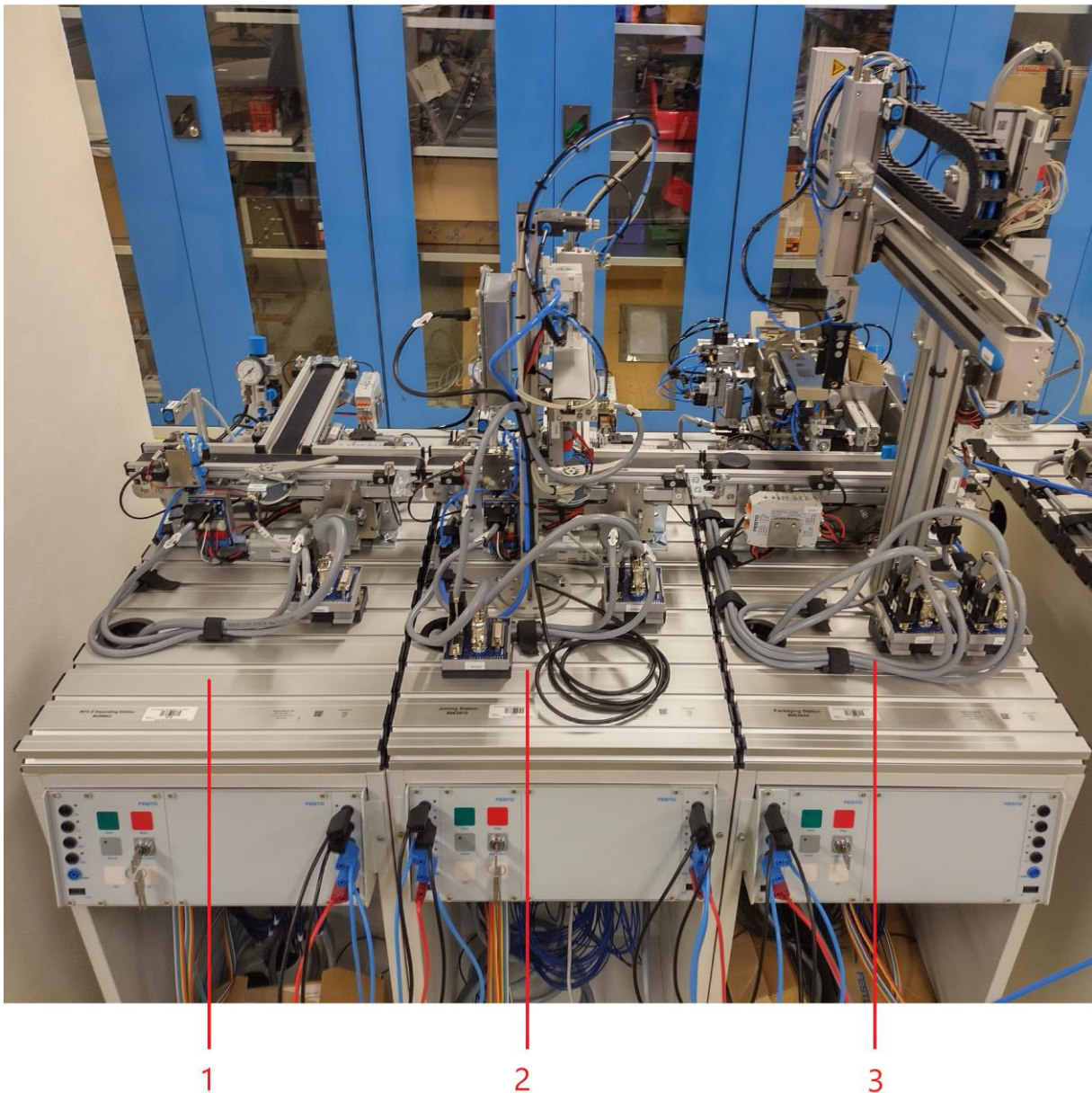
Po oživení byly pro tyto stanice vytvořeny základní programy. Každá stanice má v základu vytvořené dva programy. První ukazuje její základní pracovní cyklus a slouží jako čistě demonstrační. Druhý program umožňuje uživateli individuálně přistupovat ke každému akčnímu členu úlohy. Tento program tedy zastává funkci diagnostickou a jediné omezení, které má implementované, je bezpečnostní. Některé úlohy totiž musejí mít implementovány funkce, které zabrání kolizi akčních členů při nesprávné manipulaci. Všechny programy stanic pak byly následně upraveny, aby umožnily kooperaci stanic. Spolupráce stanic byla řešena dvěma způsoby. Za prvé pomocí digitálních vstupů a výstupů (viz Obrázek 1) a za druhé pomocí sběrnice POWERLINK.

V zájmu zachování co největší univerzálnosti mají všechny úlohy stejnou strukturu proměnných, názvy proměnných jsou stejné jako v oficiální dokumentaci od Festa. V programech jsou pak vepsány poznámky pro lepší orientaci v kódu a snazší porozumění.

Programy vytvořené pro tyto úlohy byly psány v jazyku strukturovaného textu pro PLC systémy od firmy B&R. Po nahrání byly všechny odzkoušeny.

Práce v prvních kapitolách popisuje hardware stanic. V začátku se řeší, co mají stanice společné, následně se řeší jejich specifika. Další část je věnovaná programům stanic na což navazují kapitoly věnované samotnému vytvoření výrobní linky. Ve zbylých kapitolách je pak stručně shrnuta nápověda stanic.

2 Hardware



Obrázek 1 Stanice výrobní linky

1	Třídící Stanice
2	Spojovací Stanice
3	Balící Stanice

Všechny úlohy mají stejné základní osazení konkrétněji se pak jedná o stejné PLC, sady svorkovnic, napájecí zdroj a podobně. PLC má modulární konstrukci, takže v jednotlivých úlohách je pak odlišná sestava rozšiřujících modulů. O tom více v příslušných kapitolách.

2.1 PLC X20CP0484



Obrázek 2 PLC úloh

„PLC je z řady Compact-S, ta nabízí výkonné a zároveň kompaktní produkty. Díky tomu, že CPU není vybaveno baterií ani větrákem, jedná se o zcela bezúdržbový hardware. PLC je vybaveno ARM procesorem Cortex A9-667, 256 MB RAM a pamětí 2 GB v podobě zabudovaného flash disku.

Díky možnostem připojení sběrnic POWERLINK, Ethernet, USB a RS232 umožňuje komunikaci přes široké množství platforem, v případě potřeby je možné připojit rozšíření pro CAN sběrnice. CPU může být modulárně rozšířeno moduly s interface X20. To umožňuje využít celou řadu X20 fieldbus“

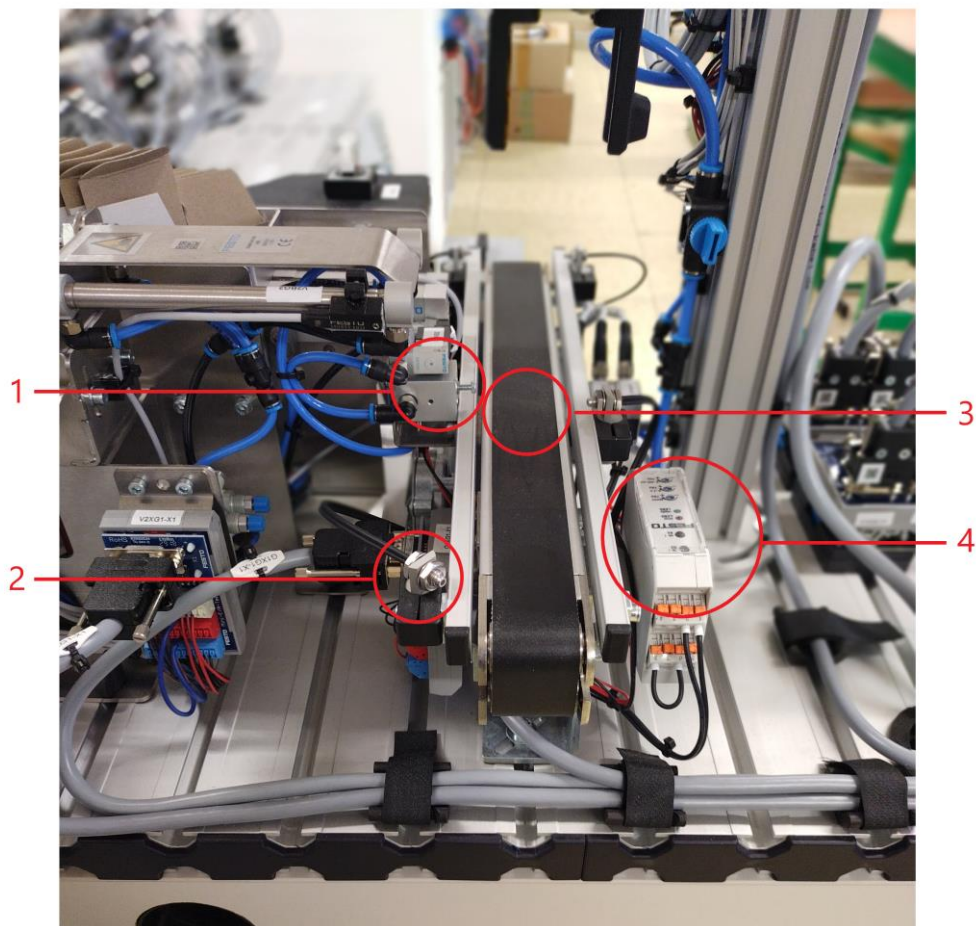
Přeloženo ze stránek výrobce [6]

2.2 Podávací pás

Podávací pás je jeden z páteřních modulů. S lehkými modifikacemi ho lze najít ve všech úlohách, o kterých se bude v této práci psát. Tento modul umožňuje pohyb na obě strany, to je však funkce, která není nikde v těchto úlohách využita.

Co se výše zmíněných modifikací týče, tak například v *Třídící Stanici* jsou tyto pásy dva, kde jeden má pouze koncové a počáteční čidlo. Druhý je pak vybaven měřicím místem. Na Obrázek 2 je podávací pás z úlohy *Balící Stanice*. Ten se odlišuje středovým místem se stoperem pro odebrání výrobků pomocí pneumatického ramene. Pásy vedle toho disponují HW ovládáním, kde můžeme určit jejich rychlost.

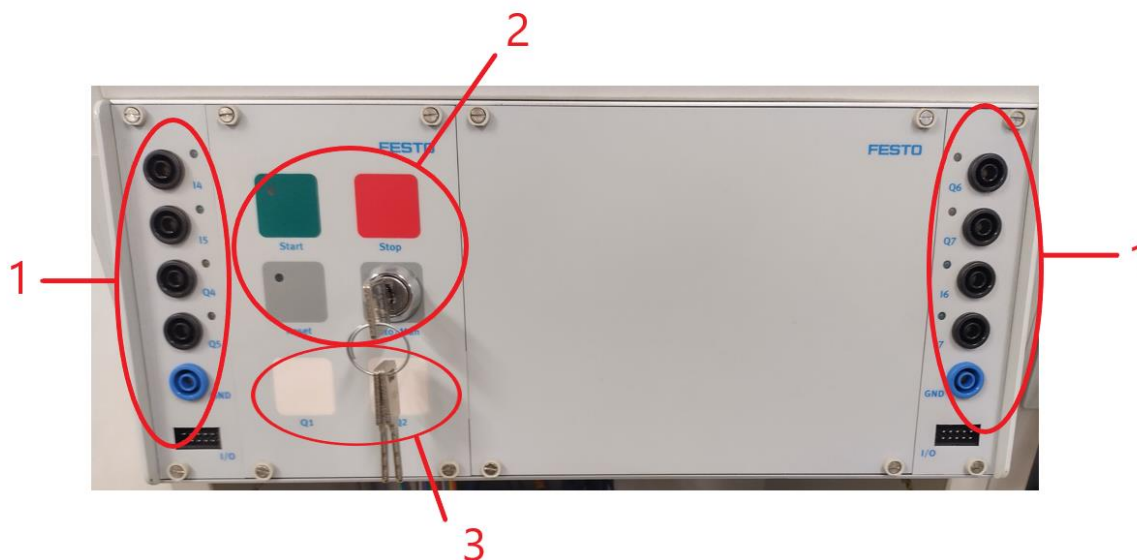
Obecně tedy lze říci, že se jedná o silně modifikovatelný modul, který svým vybavením zajišťuje širokou škálu činností. K těmto činnostem je vybaven patřičnými prvky, nejčastěji se jedná o již už výše zmíněný stoper, který zadrží výrobek na patřičném místě či feeder, jenž mění směr pohybu výrobku, a podobně. Názvosloví těchto prvků je přejato z oficiální dokumentace.



Obrázek 3 podávací pás Balící Stanice

1	Stopper na odběrovém místě
2	Vstupní senzor
3	Odběrové místo
4	HW ovládání pásu

2.3 Ovládací panel



Obrázek 4 Ovládací panel

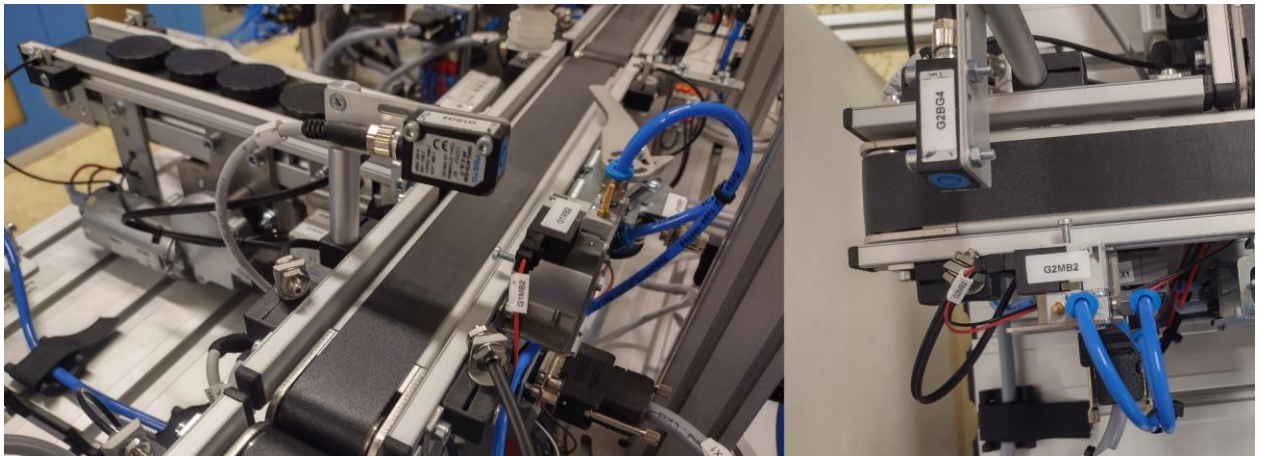
1	Digitální vstupy a výstupy
2	Ovládací prvky stanice
3	Signalizace

Ovládací panel je další společný prvek všech stanic. Je vybaven základními ovládacími prvky úlohy, signalizací a svorkami pro digitální komunikaci. Panel sám o sobě je také modifikovatelný, například na něj lze připojit stop tlačítko.

Samozřejmě panel se dá programovat a jednotlivá tlačítka a signalizaci lze využít k různým účelům. Nicméně aby byly výukové prostředky konzistentní, rozhodli jsme se, že význam prvků na panelu bude u všech úloh stejný.

Důležitou součástí panelu je ovládací klíček Obrázek 4 (2). Pozice tohoto klíčku je určující aspekt pro automatický či manuální režim. Opět tyto polohy jsou všude kódované stejně. Dvě signální kontrolky Obrázek 4 (3) pak jsou vždy použity pro vizualizaci chyb stanic. Digitální svorky Obrázek 4 (1) jsou využity k jednoduše realizaci propojení stanic, které je popsáno v dalších kapitolách.

2.4 Optoelektrické čidlo SOEG RTD Q20 PP S 2L TI



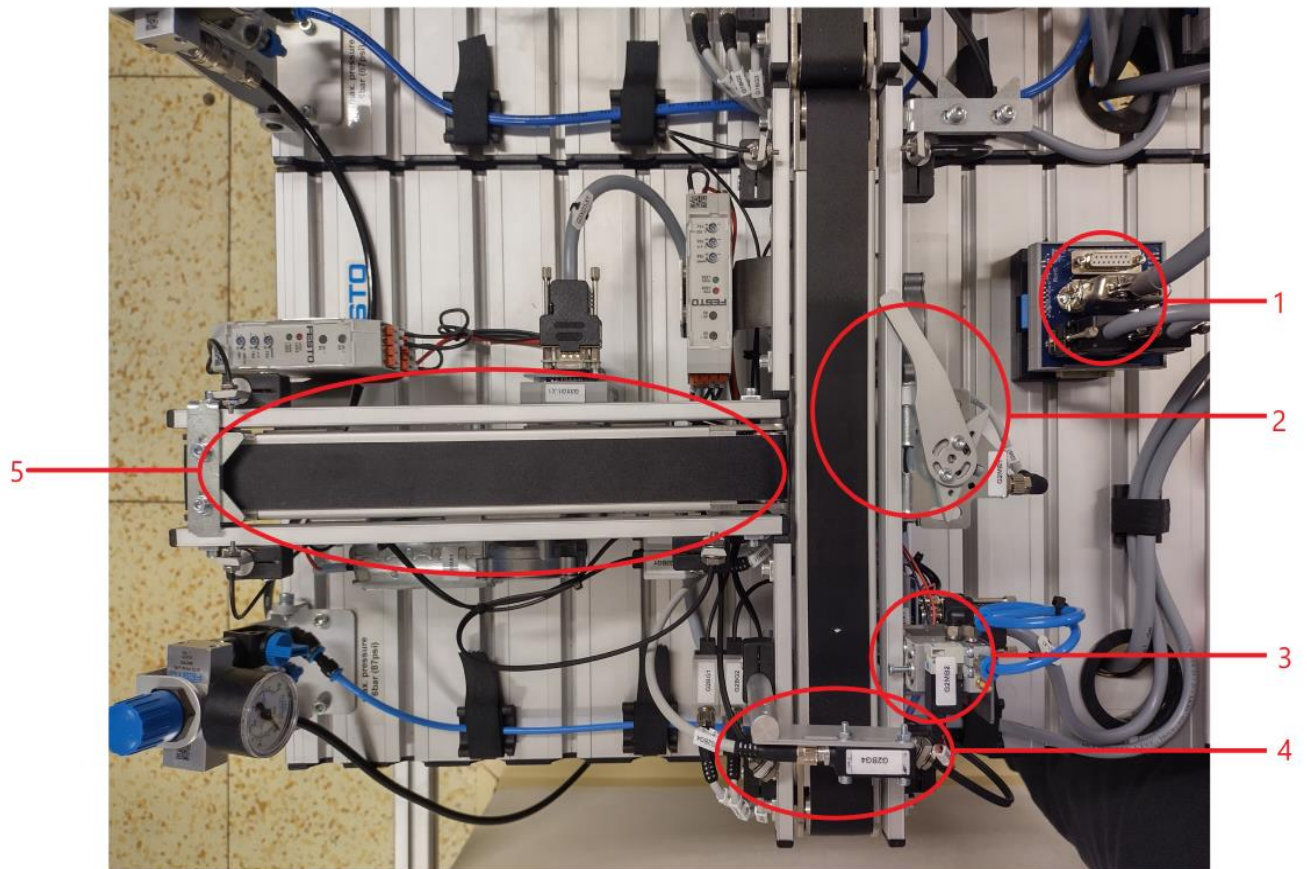
Obrázek 5 Optoelektrické čidlo v úloze Spojovací Stanice

Jedná se o čidlo pro odměřování vzdálenosti s jednoduchým kalibrováním a programováním. Rozsah senzoru je 20 až 80 milimetrů s rozlišovací schopností měření 0,5mm, pro naše úlohy se tak jedná o zcela dostačující senzor.

Tento prvek hraje klíčovou roli ve dvou stanicích, a to *Třídící Stanice* a *Spojovací Stanice*. Výstup je v našem případě pouze pomocí digitálního signálu, který umožňuje rozlišovat mezi naprogramovanými výškami. Nicméně čidlo může mít i analogový výstup pro využití v úlohách, které by jej potřebovaly. Z bezpečnostního hlediska je senzor vybaven viditelným červeným paprsek, aby se předešlo nechtěným úrazům při manipulaci.

Senzor má takzvanou “teach-in” funkci. Tato funkce se zapíná pomocí bočního modrého tlačítka a umožňuje nám zadat senzoru rozlišovací hladiny. Díky tomu i pokud dojde k manipulaci a rozladění senzoru, je velmi jednoduché uvést ho zpět do provozu. V momentě, kdy bychom měli vyvedený analogový signál, byla by oprava takové chyby složitější a kalibrace senzoru náročnější.

3 Třídící Stanice (Separating Station)



Obrázek 6 Třídící Stanice

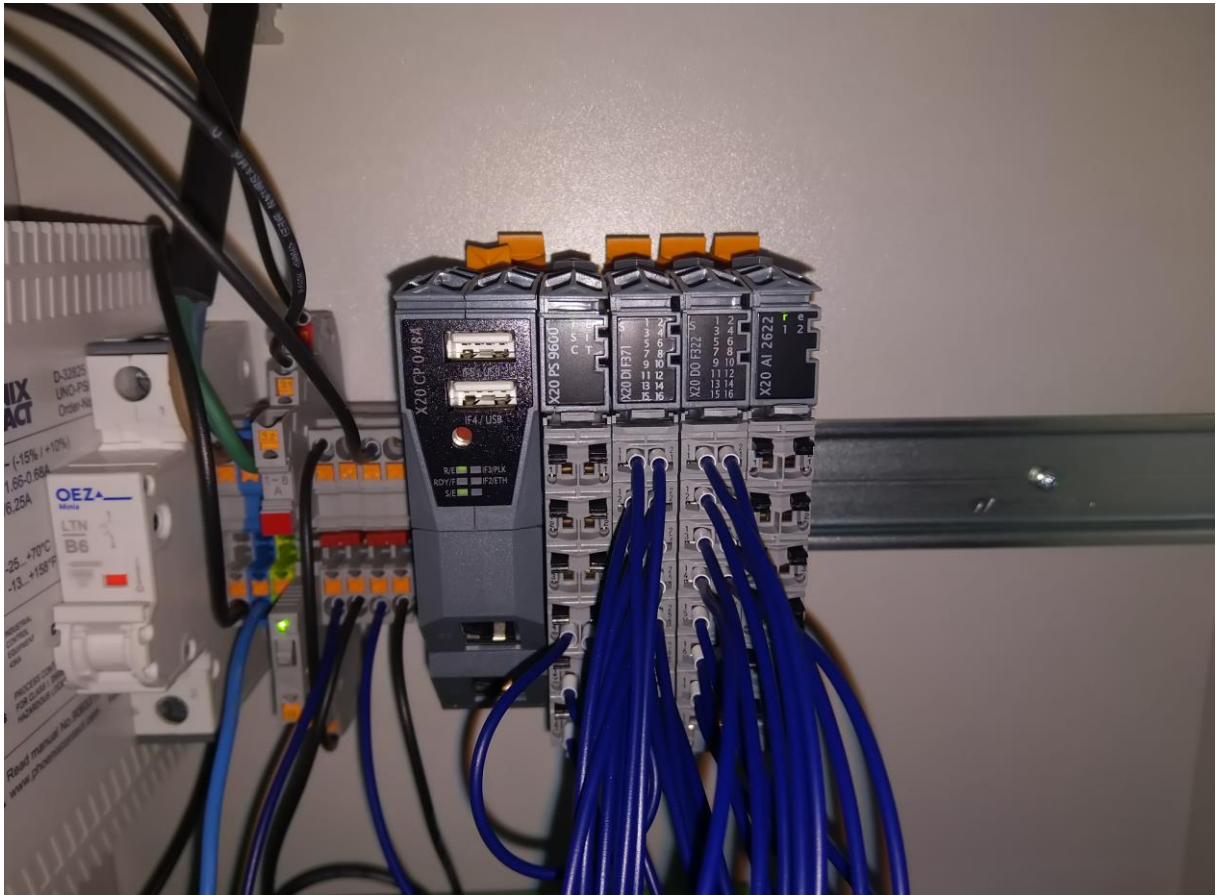
1	Koncentrátor
2	Separátor u dělicího místa
3	Stopper měřicího místa
4	Senzor výšky u měřicího místa
5	Vedlejší pás

Výrobní cyklus této stanice spočívá v třídění výrobků podle jejich výšky. Programově se nastaví, jestli chceme třídít nízké nebo vysoké výrobky, a podle toho se přepne program. Nechtěné výrobky jsou pak odsouvány na vedlejší podávací pás, kde musí být manuálně odebrány.

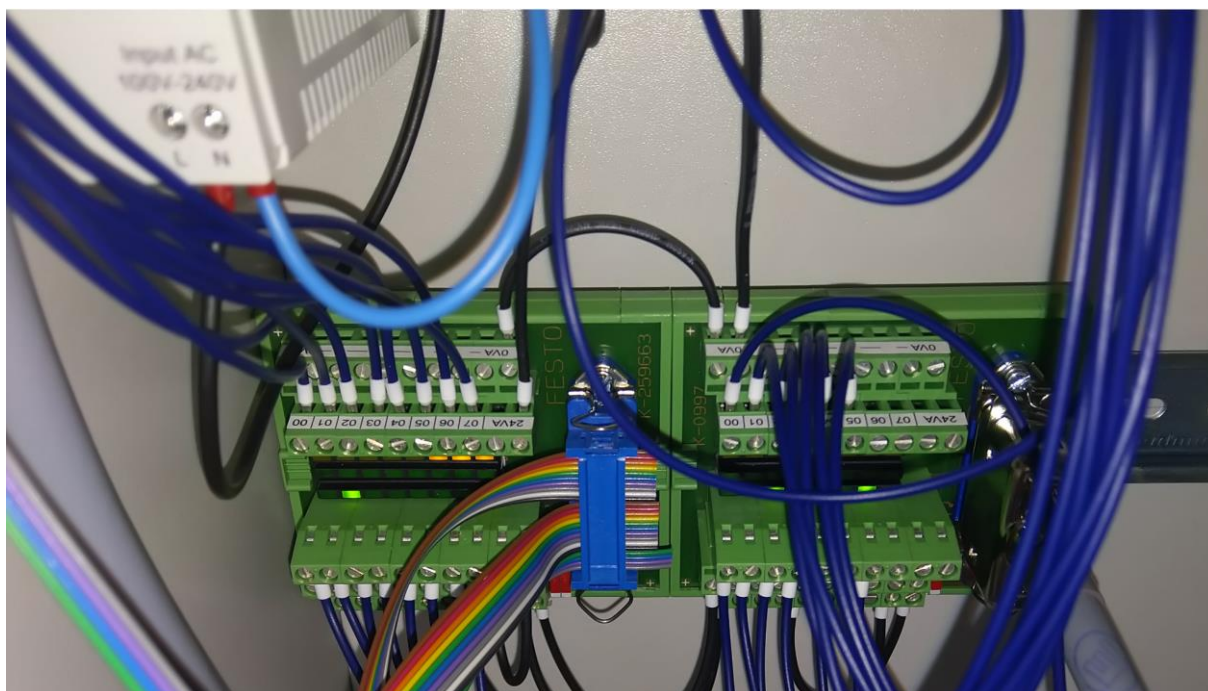
Hlavní pás má pomocí stopperů vytvořeny dvě místa – měřicí a dělicí. Měřicí senzor je snadno programovatelný, takže pokud by došlo k jeho rozladění snadno ho lze překalibrovat.

3.1 Zapojení úlohy

Každá úloha je v základu vybavena standardními svorkovnicemi. Z výroby nejsou tyto svorkovnice v úloze značeny, proto jim byla přiřazena jen jednoduchá čísla, viz Obrázek 8. PLC je vybaveno rozšiřujícími moduly viz Obrázek 7. Zapojení je zde pak zpracováno pomocí tabulky, kde je rozepsáno, kam připojit jaký signál a jaký má programový název a význam.



Obrázek 7 PLC Třídící Stanice



Obrázek 8 Svorkovnice Třídící Stanice

Svorka	funkce	modul	port	proměnná	popis
1	O0	X20DOF322 modul 2	11	indStartBtn	LED signalizace start tlačítka
	O1		21	indResetBtn	LED signalizace reset tlačítka
	O2		12	ind_Q1	LED signalizace Q1
	O3		22	ind_Q2	LED signalizace Q2
	O4		13	ind_Q3	LED signalizace Q3
	O5		23	ind_Q4	LED signalizace Q4
	O6		14	ind_Q5	LED signalizace Q5
	O7		24	ind_Q6	LED signalizace Q6
	I0	X20DIF371 modul 1	11	btnStart	Tlačítko Start
	I1		21	btnStop	Tlačítko Stop
	I2		12	keyManual	Klíč na výběr módu stanice
	I3		22	btnReset	Tlačítko Reset
	I4		13	sig_I4	Signál I4 na panelu
	I5		23	sig_I5	Signál I5 na panelu
	I6		14	sig_I6	Signál I6 na panelu
	I7	24	sig_I7	Signál I7 na panelu	

Svorka	funkce	modul	port	proměnná	popis
2	O0	X20DOF322 modul 2	15	Main_ConveyorForward	Dopředný chod hlavního pásu
	O1		25	Main_ConveyorReverse	Zpětný chod hlavního pásu
	O2		16	Feed_Separator	Separátor na hlavním pásu
	O3		26	RetractStopper	Stopper u měřicího místa
	O4		17	Side_ConveyorForward	Dopředný chod vedlejšího pásu
	O5		27	Side_ConveyorReverse	Zpětný chod vedlejšího pásu
	O6		18	---	---
	O7		28	---	---
	I0	X20DIF371 modul 1	15	ItemAt_main_ConvBegin	Senzor na počátku hlavního pásu
	I1		25	ItemAt_main_ConvMeasurePoint	Senzor na měřicím místě hlavního pásu
	I2		16	ItemAt_main_ConvEnd	Senzor na konci hlavního pásu
	I3		26	Item_HIGH	Výstup senzoru výšky
	I4		17	ItemAt_side_ConvBegin	Senzor na začátku vedlejšího pásu
	I5		27	ItemAt_side_ConvEnd	Senzor na konci vedlejšího pásu
	I6		18	---	---
	I7		28	---	---

Svorka 1 je napojena na panel

Svorka 2 je napojena na koncentrátor úlohy
--

Tabulka 1 Zapojení úlohy Třídící Stanice

Tabulka zapojení obsahuje seznam vstupně výstupních proměnných, které jsou důležité pro ovládání úlohy samotné. Ostatní proměnné nejsou z hlediska základní orientace nezbytné, a proto jsou uvedeny pouze ve vypracované nápovědě.

Vhodné je zmínit, že kromě těchto proměnných je důležitá sada interních proměnných. Tyto proměnné jsou využity pro realizaci funkcí v hlavní programové a kontrolní části. Od uživatele se však nečeká zasahování do této struktury, spíše by se mělo říci, že takový zásah je nežádoucí.

Všechny proměnné, se kterými by měl uživatel počítat jako s danými pro výchozí bod při programování stanic, jsou uvedeny v tabulce. Ty jediné mají HW realizaci a jsou nezbytné pro práci s úlohou. Při pojmenovávání jsme se kvůli přehlednosti drželi názvů, které jsou uvedeny v originální dokumentaci FESTO.

3.2 Specifický hardware

Úloha se skládá ze dvou modulů dopravního pásu. Jeden je zcela základní bez jakékoliv modifikace. Druhý pás je vybaven měřicím místem, kde se nachází senzor pro určení výšky výrobku a stoper. Pro vyřazení výrobku nesplňujícího naprogramovaný parametr je na místě, kde se pásy spojují, umístěn feeder. Ten výrobky odklání na vedlejší pás.

3.3 PLC moduly v úloze

PLC u této úlohy je vybaveno 4 rozšiřujícími moduly:

2 moduly digitálních vstupů (X20DIF371)

2 moduly digitálních výstupů (X20DOF322)

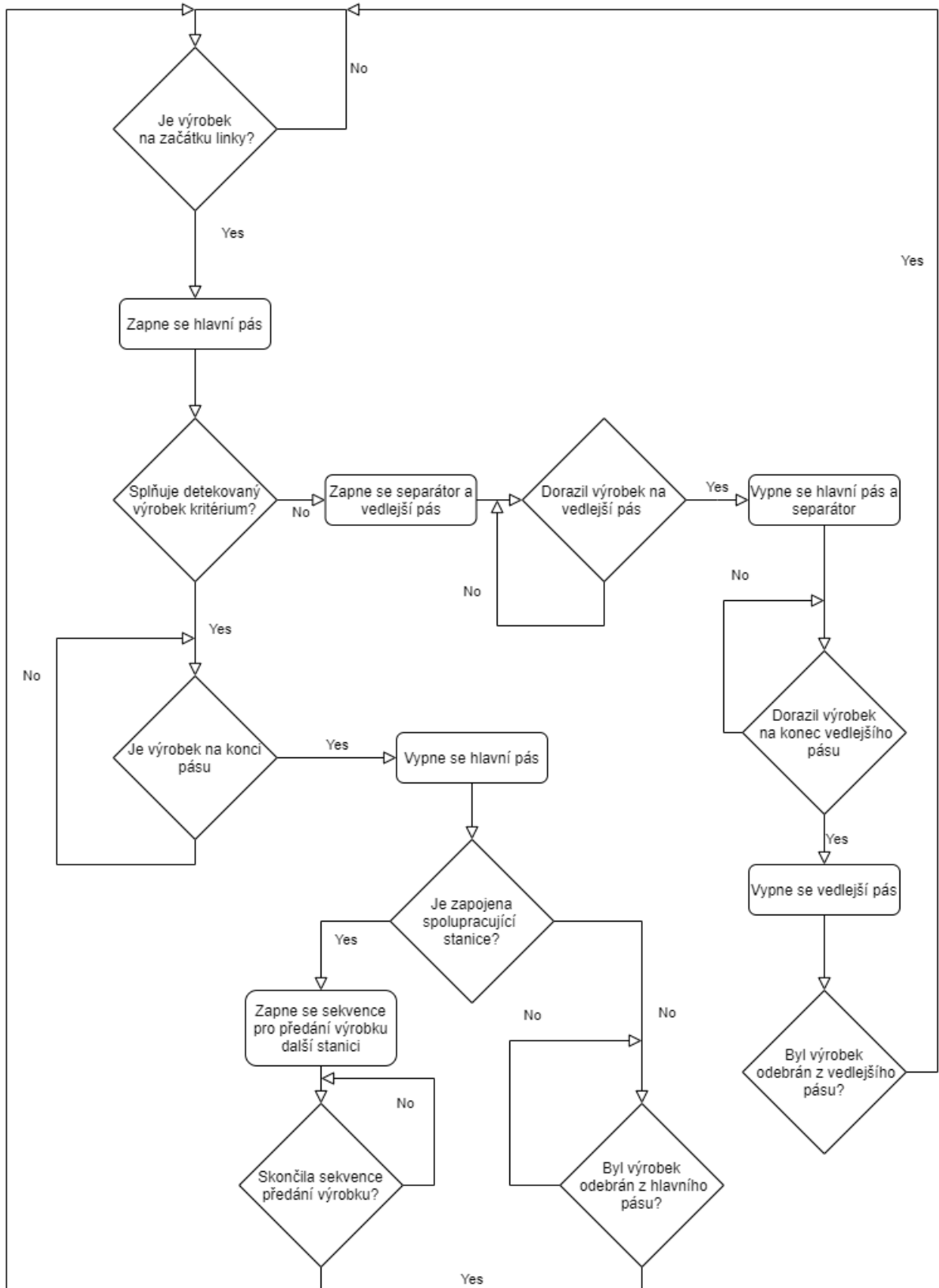
Jeden modul digitálních vstupů a výstupů slouží pro ovládání pneumatického ramena, druhý modul digitálních vstupů a výstupů je k ovládání zbytku úlohy a kontrolní panel.

3.4 HW omezení úlohy

Tato úloha žádné HW omezení nemá. Základní funkční cyklus je relativně jednoduchý a díky tomu, že zde není žádný speciální modul, nevzniká tu nikde nebezpečí kolize či jiný HW hazard. Celá funkčnost stanice je plně programovatelná a záleží pouze na vůli programátora, jak budou prvky spolupracovat.

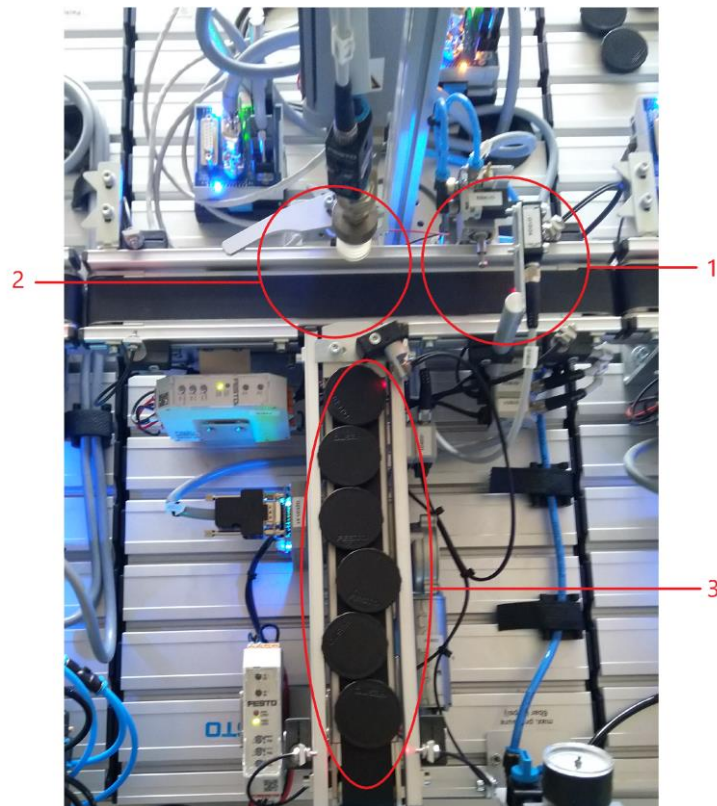
3.5 Programy

Tato stanice pracuje pouze s jedním hlavním programem, jehož vývojový diagram uvidíte na Obrázek 9 Vývojový diagram Třídící Stanice. Vývojový diagram popisuje základní funkce stanice, nicméně se v něm nerozebírají detailně jednotlivé kroky, ani zde není zmínka o patřičných proměnných, jedná se spíše o přehledový diagram pro vysvětlení základní myšlenky a strukturování programu.



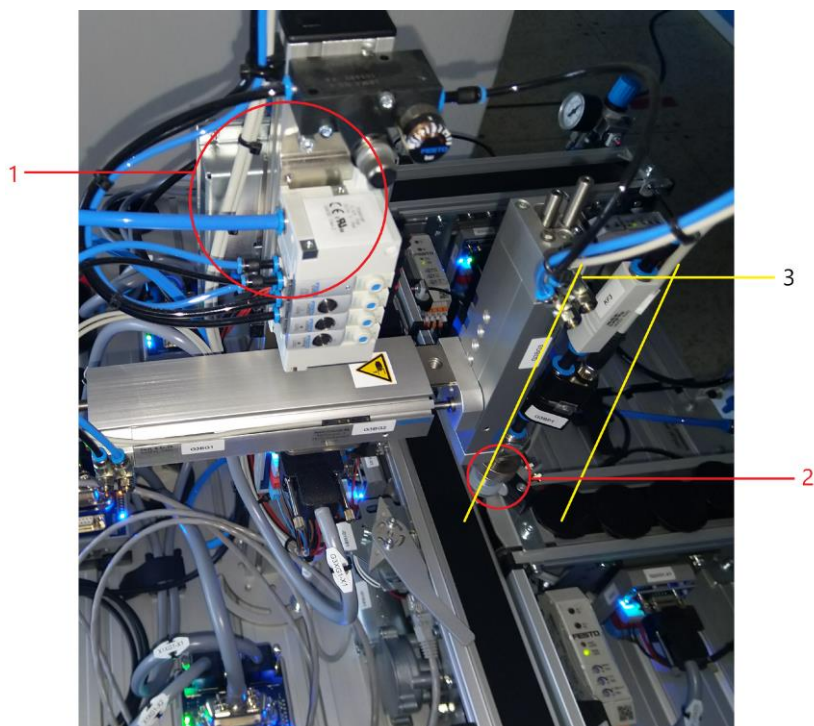
Obrázek 9 Vývojový diagram Třídící Stanice

4 Spojovací Stanice (Joining Station)



Obrázek 10 Spojovací Stanice

1	Měřicí místo osazené senzorem a stopperem
2	Kompletační místo osazené stopperem
3	Vedlejší pás (zásobník víček)



Obrázek 11 Pneumatické rameno u Spojující Stanice

1	Řídicí jednotka
2	Efektor pneumatického ramene
3	Pozice pneumatického ramene

Výrobní cyklus stanice spočívá v kompletaci výrobku v podobě nasazení víčka. Na počátku hlavního pásu je měřicí místo. To je důležité nehledě na to, zdali stanice pracuje samostatně nebo je součástí většího řetězce, protože zde se měří výška výrobku a podle ní určíme, zda je možné víčko nasadit. Pokud je stanice zapojená ve výrobní lince nemáme jistotu, jaké výrobky jsou předchozí stanicí přeposílány a tak i zde musíme výrobek měřit. V momentě, kdy víčko lze nasadit výrobek je zastaven na středové pozici a rameno mu nasadí víčko. Sestavený výrobek je následně přesunut na konec hlavního pásu.

4.1 Zapojení úlohy

Svorky a PLC mají velmi podobnou strukturu jako u úlohy *Třídící Stanice*, proto zde není vložen obrázek pro tuto úlohu a je zde pouze tabulka zapojení.

Svorka	funkce	modul	port	proměnná	popis
1	O0	X20DOF322 Modul 2	11	indStartBtn	LED signalizace start tlačítka
	O1		21	indResetBtn	LED signalizace reset tlačítka
	O2		12	ind_Q1	LED signalizace Q1
	O3		22	ind_Q2	LED signalizace Q2
	O4		13	ind_Q3	LED signalizace Q3
	O5		23	ind_Q4	LED signalizace Q4
	O6		14	ind_Q5	LED signalizace Q5
	O7		24	ind_Q6	LED signalizace Q6
	I0	X20DIF371 Modul1	11	btnStart	Tlačítko Start
	I1		21	btnStop	Tlačítko Stop
	I2		12	keyManual	Klíč na výběr módu stanice
	I3		22	btnReset	Tlačítko Reset
	I4		13	sig_I4	Signál I4 na panelu
	I5		23	sig_I5	Signál I5 na panelu
	I6		14	sig_I6	Signál I6 na panelu
	I7		24	sig_I7	Signál I7 na panelu

Svorka	funkce	modul	port	proměnná	popis
2	O0	X20DOF322 Modul 2	15	Main_ConveyorForward	Dopředný chod hlavního pásu
	O1		25	Main_ConveyorReverse	Zpětný chod hlavního pásu
	O2		16	Feed_Separator	Separátor na hlavním pásu
	O3		26	RetractStopper	Stopper u měřicího místa
	O4		17	Side_ConveyorForward	Dopředný chod vedlejšího pásu
	O5		27	Side_ConveyorReverse	Zpětný chod vedlejšího pásu
	O6		18	---	---
	O7		28	---	---
	I0	X20DIF371 Modul 1	15	ItemAt_main_ConvBegin	Senzor na počátku hlavního pásu
	I1		25	ItemAt_main_ConvMeasurePoint	Senzor na měřicím místě hlavního pásu
	I2		16	ItemAt_main_ConvEnd	Senzor na konci hlavního pásu
	I3		26	Item_HIGH	Výstup senzoru výšky
	I4		17	ItemAt_side_ConvEnd	Senzor na konci vedlejšího pásu
	I5		27	---	---
	I6		18	ItemAt_side_ConvBegin	Senzor na začátku vedlejšího pásu
I7	28		---	---	

Svorka	funkce	modul	port	proměnná	popis
3	O0	X20DOF322 Modul 4	11	Retract_slide	Zasunout pneumatické rameno
	O1		21	Advance_slide	Vysunout pneumatické rameno
	O2		12	Turn_ON_Z_axis	Vysunout rameno do spodní pozice k pásu
	O3		22	Suction_ON	Zapnou efektor
	O4		13	---	---
	O5		23	---	---
	O6		14	---	---
	O7		24	---	---
	I0	X20DIF371 Modul 3	11	Slide_retracted	Pneumatické rameno zasunuté
	I1		21	Slide_advanced	Pneumatické rameno vysunuté
	I2		12	Suction_cup_UP_POS	Efektor v horní poloze
	I3		22	Workpiece_suction_gripped	Efektor aktivní a výrobek uchopen
	I4		13	---	---
	I5		23	---	---
	I6		14	---	---
	I7		24	---	---

Svorka 1 je napojena na panel
Svorka 2 je napojena na koncentrátor úlohy
Svorka 3 je napojena na koncentrátor úlohy

Tabulka 2 Zapojení úlohy Spojovací Stanice

4.2 Specifický HW stanice

Stanice se skládá ze tří základních modulů: dva moduly dopravního pásu a modul pneumatického ramene. Jeden modul pásu je standardní, pouze s jinak umístěnými senzory. Ten je využit jako zásobník více úlohy. Druhý pás je použit jako hlavní dopravník. Z tohoto důvodu je osazen senzorem pro určení výšky výrobku a dvěma stopery – jeden u měřicího místa a druhý u kompletačního místa.

4.2.1 PLC moduly v úloze

PLC u této úlohy je vybaveno 4 rozšiřujícími moduly:

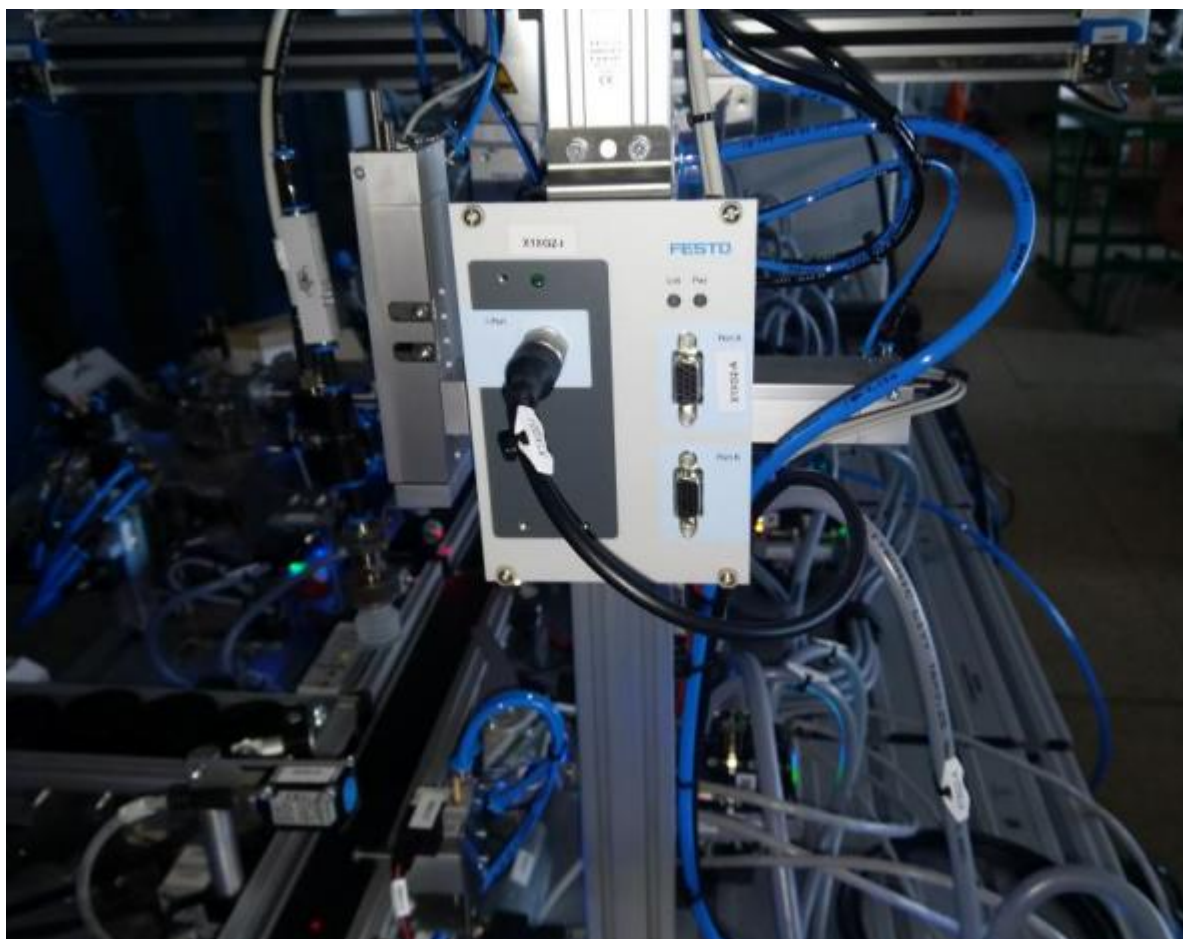
2 moduly digitálních vstupů (X20DIF371)

2 moduly digitálních výstupů (X20DOF322)

Jeden modul digitálních vstupů a výstupů slouží pro ovládání pneumatického ramena, druhý modul digitálních vstupů a výstupů je k ovládání zbytku úlohy a kontrolní panel.

4.2.2 Pneumatické rameno

Jedná se o unikátní modul stanice. Rameno je vybaveno pneumatickou přísavkou a je schopné se pohybovat pomocí dvou pneumatických pístů. Cílem této jednotky je nasazení víčka na výrobek. Rameno je řízeno svojí samostatnou jednotkou.



Obrázek 12 Řídicí jednotka Pneumatického ramene

Tato jednotka může komunikovat buď pomocí sběrnice IO-Link, nebo pomocí digitálních vstupů a výstupů. Vzhledem k tomu, že od jednotky nevyžadujeme žádnou komplexnější funkci, tak v naší úloze je jednotka řízena pomocí digitálních vstupů a výstupů. PLC systém by se v případě potřeby dal dovybavit rozšiřujícím modulem X20DS438A který umožňuje komunikaci se sběrnici IO-Link.

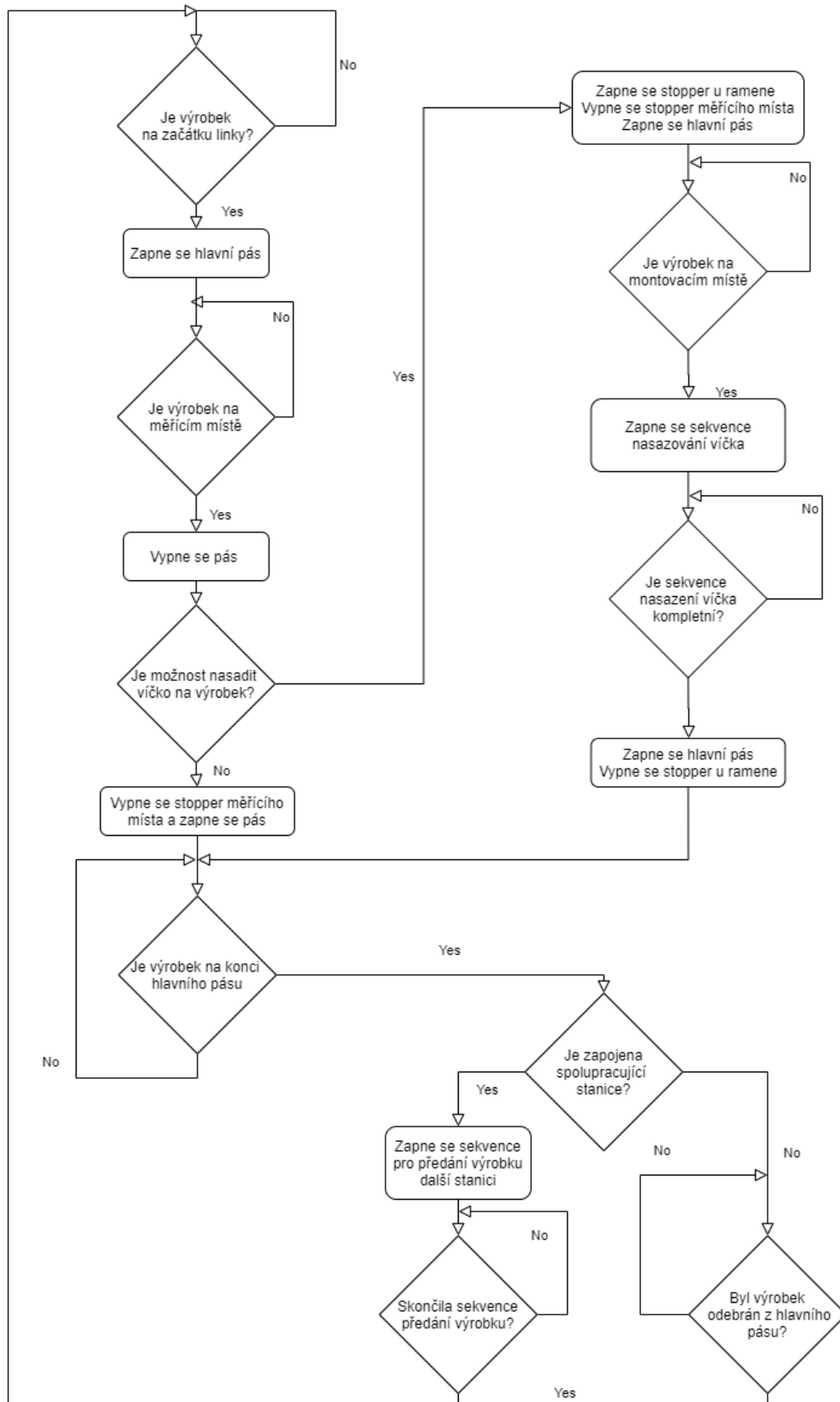
4.3 HW omezení úlohy

Tato úloha prakticky žádné HW omezení nemá. I pokud je pneumatické rameno ve spodní pozici, je v dostatečné výšce a nehrozí žádná kolize. Lehký problém představuje, pokud se rameno pohybuje s víčkem, někdy se víčko zachytí v pozici, kdy hrozí kolize se senzorem. Nejedná se však o žádné podstatné riziko, proto ani v kontrolním mechanismu není ošetřeno. Nicméně ve vzorovém výrobním cyklu je tomuto hazardu zabráněno.

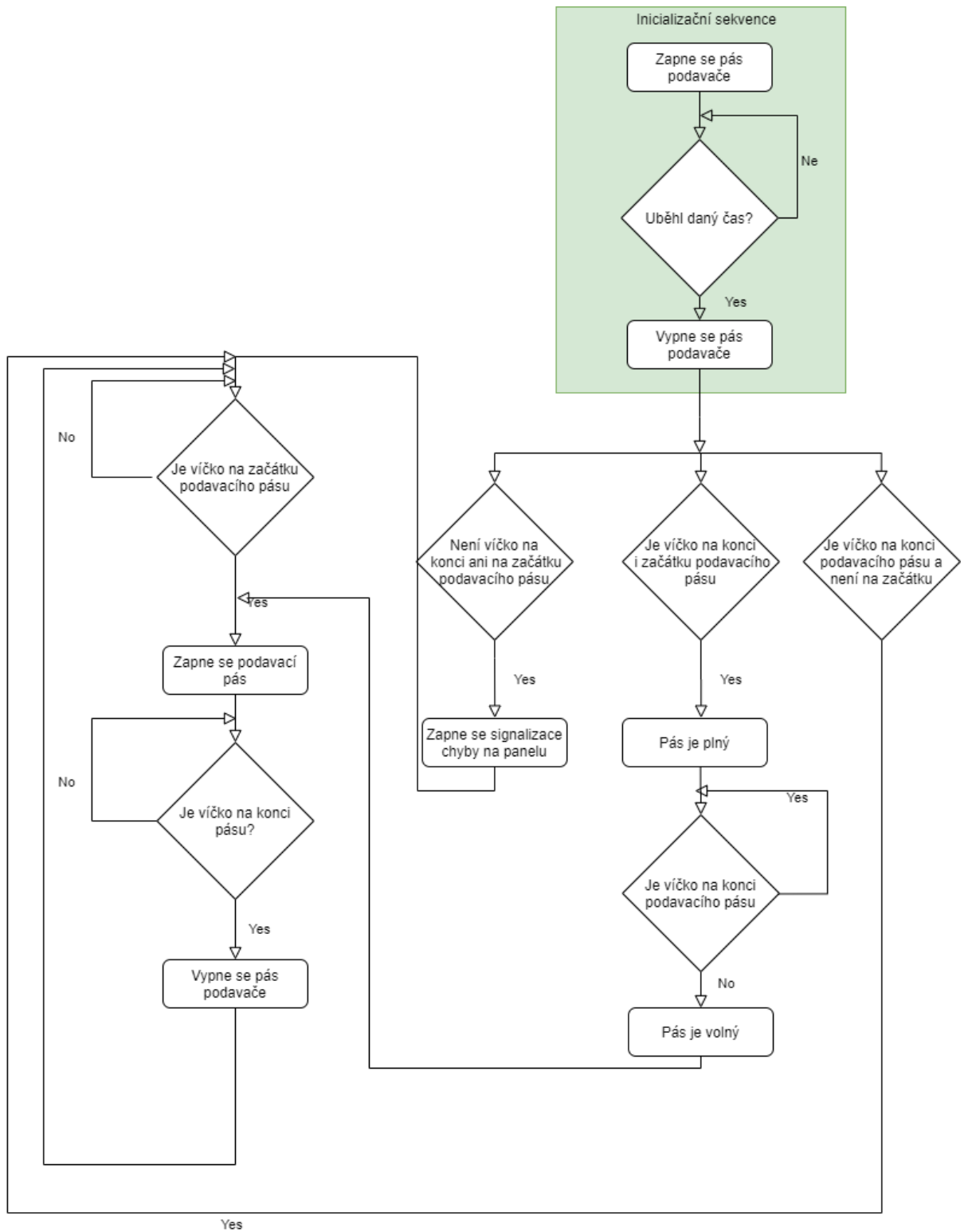
4.4 Programy

Pro popis funkčnosti celé stanice už nestačí jeden vývojový diagram. Jsou zde tedy uvedeny dva diagramy. První pokrývá funkčnost hlavního pásu s nasazováním víček a spoluprací stanic. Druhý diagram popisuje funkčnost pásu, který podává víčka. Tyto dva algoritmy pracují nezávisle na sobě, jejich spojující element je pouze pneumatické rameno. Řízení ramene je velmi jednoduché, a proto je celá jeho funkce shrnuta pod několika kroky v hlavním vývojovém diagramu stanice.

Vývojový diagram vedlejšího pásu obsahuje inicializační segment programu. Ten je spuštěn pokaždé když dojde k zapnutí přístroje, v dalších cyklech je pak překlenut. Podávací pás zde projde krátkou smyčkou, kde dojde k zapnutí tohoto pásu na předem danou dobu. Tato krátká sekvence nám zaručuje že pokud někdo manipuloval s víčky na pásu tak při startu stanice dojde k jejich patřičnému seřazení.

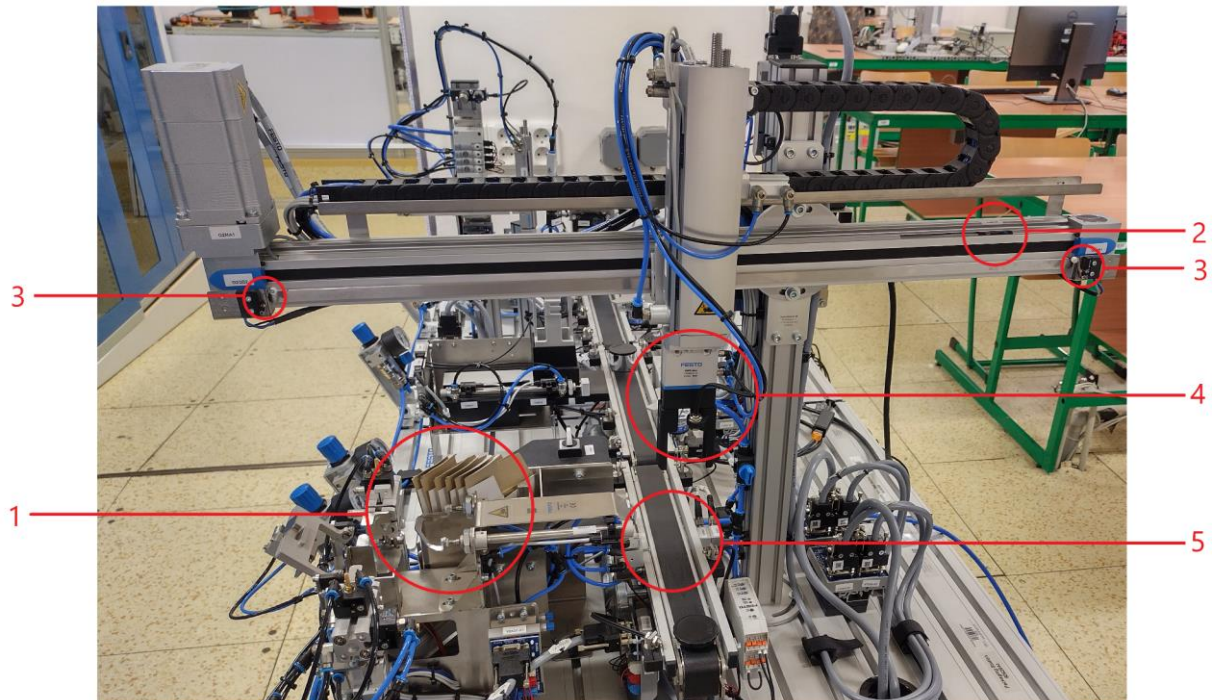


Obrázek 13 Vývojový diagram Spojovací Stanice 1



Obrázek 14 Vývojový diagram Spojující Stanice 2

5 Balicí stanice (Packing Station)



Obrázek 15 Balicí Stanice

1	Skládací mechanismus
2	Home pozice
3	Koncové HW spínače
4	Efektor
5	Odebírací místo vybavené stopperem

O této stanici jen krátce, protože jí se zabývá můj magisterský projekt [10]. Zde je tato úloha použita jako koncový člen naší výrobní linky. Vzhledem k její funkci se to zdálo jako logický krok.

Program této stanice musel být rozšířen o komunikační možnosti, které v magisterském projektu nebyly řešeny. Stejně tak musela být upravena a rozšířena struktura proměnných. V programech samotných nebyly provedeny žádné významné změny, aby to vedlo k nutnosti upravit vývojové diagramy stanice. Detailní popis výrobních cyklů a stanice lze najít v [10].

Nyní v krátkosti popis výrobního cyklu. Stanice převezme výrobek, převezme ho na středovou pozici, kde je uchopí pneumatické kleště a přemístí nad skládací mechanismus. Ve

skládacím mechanismu se připraví krabíčka a výrobek se do ní následně umístí. Krabíčka se uzavře a odveze zpět na hlavní pás, kde se přesune na konec stanice a čeká na odebrání.

Tato stanice zanáší do výrobní linky jeden hlavní problém, protože pro její plné ovládání je nutné využít externí software *Festo Configuration Tool*. Bez něj je stanice nespustitelná.

6 Software využitý pro ovládání a práci s úlohami

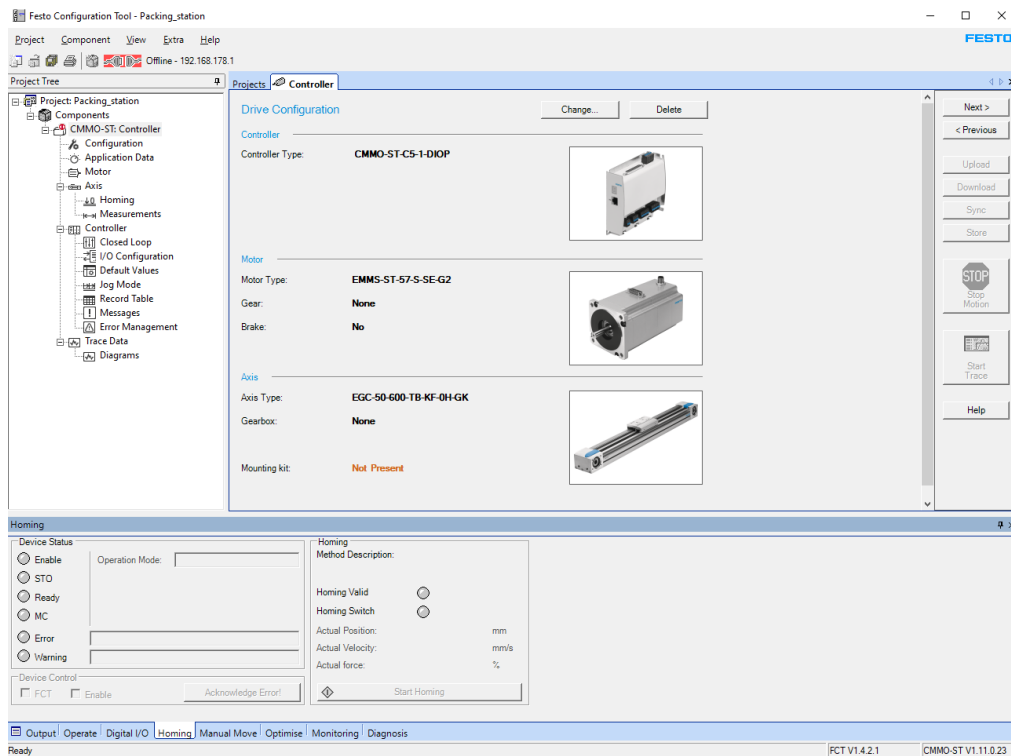
6.1 Festo Configuration Tool

Tento program je nutný pro ovládání úlohy *Balící Stanice*, o které se v této práci zmiňuji okrajově neboť je zpracována v magisterském projektu [10]. Nicméně vzhledem k tomu že cílem práce je sestavení výrobní linky, která *Balící Stanici* zahrnuje je mu věnována tato část.

Hlavní funkcí tohoto programu je nalézt výchozí polohu ramene (tzv Home pozici). Bez provedení této procedury pokaždé, když je stanice odpojena od zdroje, není rameno schopné pracovat. Nicméně jedná se o relativně jednoduchý a intuitivní program. Zároveň nám tento program umožňuje podstatně komplexnější ovládání ramene samotného. Důležitý je také v momentě kdy rameno spadne do chybového stavu či neznámého režimu. Všechny informace o chybách a režimech zde lze jednoduše dohledat. Chyby se také v tomto programu mohou odstranit.

V úloze máme přístup k řízení pouze pomocí několika digitálních vstupů, což nám nedává příliš mnoho možností pro komplexnější řízení, ale pro běžné řízení je to dostačující.

Ovládání přes tento program je rozebráno v nápovědě. Aplikace je zdarma ke stažení na portálu firmy Festo. Přístup k úloze je pak limitován pouze heslem.



Obrázek 16 Festo Configuration Tool

6.2 Automation Studio

„Je to vývojové prostředí od firmy B&R pro programování PLC. Program nám nabízí velmi širokou podporu programovacích jazyků, kromě toho, že umožňuje programování ve všech jazycích IEC 61131-3, nabízí i podporu pro CFC, C a C++. To je benefitem nejen pro programátora, ale je to i možnost pro snadnou integraci vytvořených programů do širokého množství dalších struktur.“ Převzato z 47[10]

„K vytvoření programů pro tuto úlohu byl využit jazyk ST (strukturovaný text), bylo tak učiněno z čistě praktických důvodů. ST nám nabízí veškeré nástroje, které pro tuto úlohu potřebujeme. Vedle toho je zde jednoznačná výhoda v přehlednosti kódu při použití tohoto jazyka, při použití například LD či FBD by byl výsledný kód velmi nepřehledný.“ Převzato z 47[10]

Program disponuje velmi dobrými a užitečnými funkcemi pro sledování a zaznamenávání proměnných. Tato funkce se projevuje jako neocenitelná při hledání chyb a odladování softwaru.

Vedle těchto funkcí nabízí program velmi širokou nápovědu. To se prokázalo jako velmi užitečné při implementaci komunikace pomocí sběrnice POWERLINK. Tato sběrnice je firmou B&R propagována, a na její podporu je v tomto programu mnoho užitečných informací a rad, jak zprovoznit tuto komunikaci.

Díky širokým možnostem a obsáhlým knihovnám bylo možné přímo pomocí programu vytvořit i koncept grafického ovládání, který lze případně nahrát na dotykový panel. Výborná kompatibilita a nápověda nám umožnila snadno realizovat rozšíření programů o komunikace přes POWERLINK.

6.3 VNC Viewer

Tento program je zde využit pro ovládání úloh pomocí osobního počítače. Využíváme funkce, kdy každé PLC si je schopno svojí vizualizaci spustit na VNC serveru. Díky programu *VNC Viewer* jsme potom schopni se napojit k tomuto grafickému rozhraní přes Ethernet a ovládat ho. Standardně máme také možnost toto rozhraní nahrát na dotykový panel.

Práce s programem je velmi jednoduchá a připojení je snadné a rychlé, proto se tento program jeví jako ideální a jednoduché řešení. Přesný postup připojení ke stanici je rozveden v nápovědě.

7 Programy

Každá úloha má vytvořené dva programy. Pro jednoduchost jim jsou zavedeny názvy DEMO program a Diagnostický program. Každý program má pak k sobě přiřazenou vizualizaci.

7.1 Koncepce programů

Vzhledem k tomu že stanice jsou koncipovány jako sekvenční úlohy je pro realizaci programu využito stavového automatu. Proto se jeho konstrukce opírá hlavně o funkci `case`. Co se samotného řešení týče vyvstalo zde několik problémů, zatěžujících zejména *Spojovací Stanici*. Jedná se o pomalou odezvu sensoriky pneumatického ramene v příliš rychlém cyklu PLC. V momentě, kdy byl vydán pokyn k pohybu ramene, byla časová prodleva příliš velká. PLC se dostalo do dalšího cyklu, aniž by přišel signál od sensorů, že rameno je v pohybu a tím se komplikovalo vyhodnocování programových podmínek. V tomto případě bylo jako řešení použito nasazení časovačů do kódu, které zajišťovaly že před dalším vyhodnocením podmínek

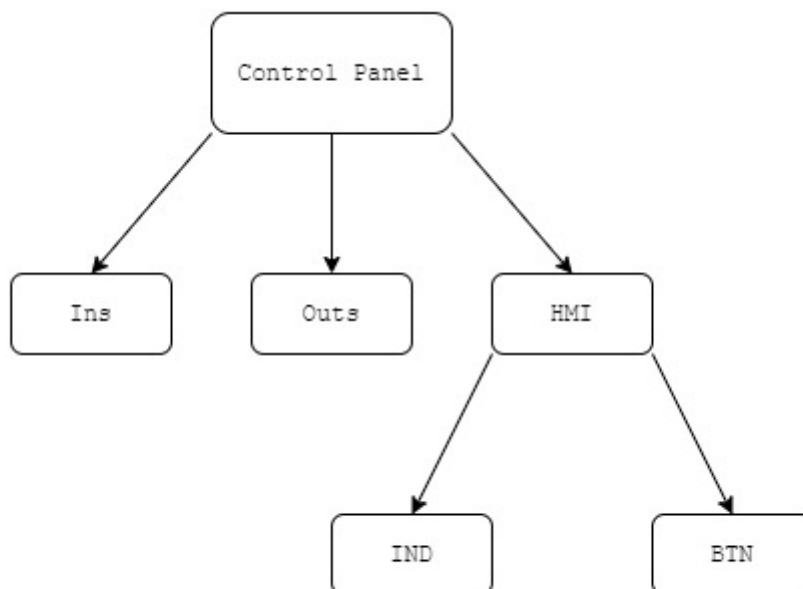
se přepnou patřičné HW signály. Stejně tak byl řešen problém absence koncových senzorů ramene.

Toto použití časovačů má nežádoucí dopad na rychlost vykonání celého cyklu. Nicméně jelikož se jedná o výukový prostředek, nepředstavuje tato nevýhoda žádný problém. Možná spíše naopak toto zpomalení umožní lepší první náhled na sekvenci programu a pomocí malého programového zásahu lze tento cyklus ještě více zpomalit či zrychlit podle toho, jak chce student na cyklus nahlížet.

Dalším možným řešením tohoto problému by bylo vybavení PLC modulem pro komunikaci IO-Link. V momentě, kdy se využije tato sběrnice, získáme přístup k podstatně většímu množství dat, která nám umožní lépe rozlišit kdy se stanice nachází v chodu a kdy ne. Řešení pomocí digitálních signálů bohužel takovou možnost neposkytuje.

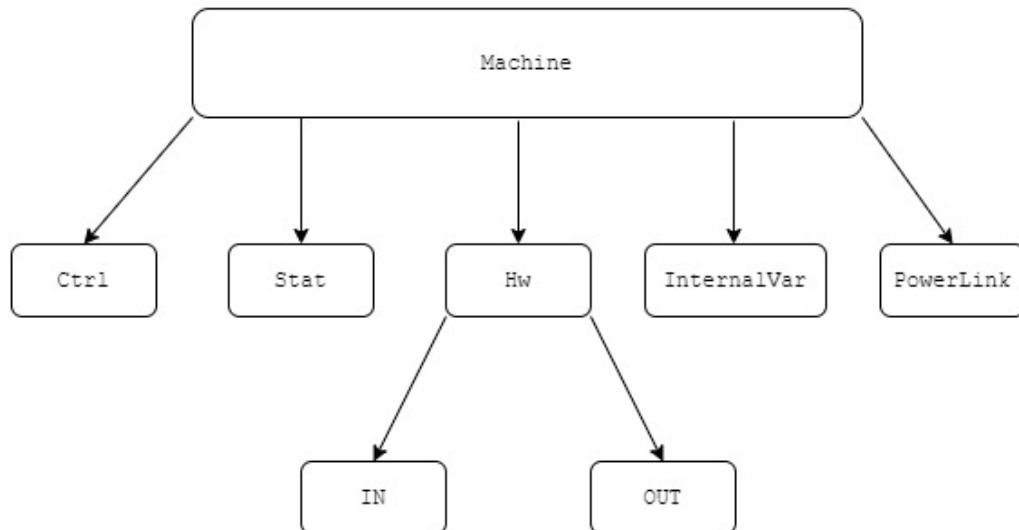
7.2 Struktura proměnných

Pro všechny programy je použita stejná struktura. V každém programu můžeme najít dvě základní struktury. První struktura pokrývá celou funkčnost stanice a všechny její proměnné (Obrázek 18). Druhá struktura je potom pro řízení a aplikaci ovládacího panelu stanice (Obrázek 17).



Obrázek 17 Struktura proměnné 1

Ins a Outs jsou části struktury sdružující fyzické vstupy a výstupy panelu. V základu má panel 4 od každého. HMI (rozhraní pro obsluhu) potom obsahuje dvě další podstruktury, a to Btn zastupující tlačítka panelu, plus proměnnou pro klíč, který nám slouží k přepínání manuálního/automatického ovládání. Poslední část struktury HMI je Ind, zde je zastoupena veškerá signalizace panelu.

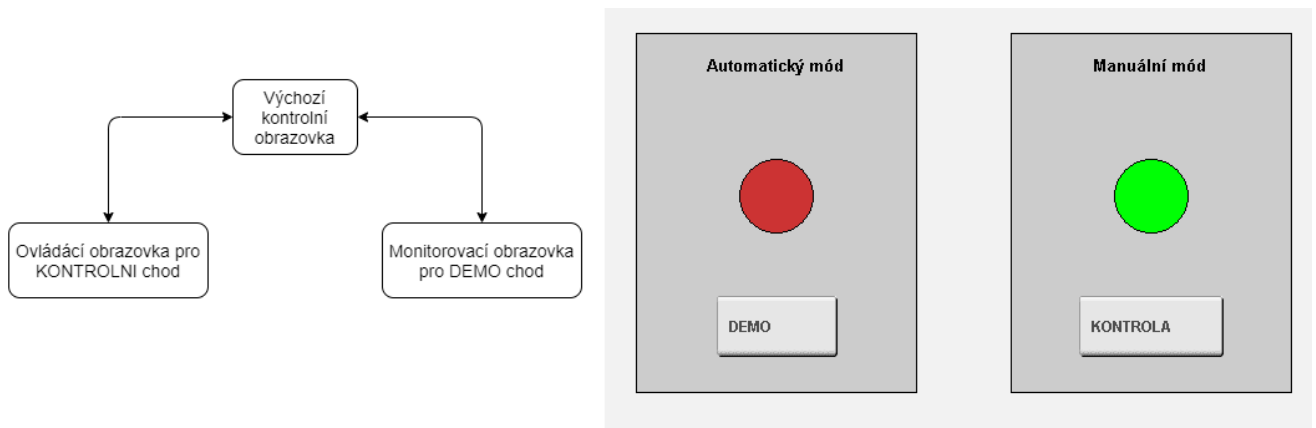


Obrázek 18 Struktura proměnné 2

Ctrl jsou proměnné pro řízené úlohy (start, stop, reset...) z hlediska uživatele nejdůležitější část struktury. Stat je pro signalizaci stavu, ve kterém se úlohy nacházejí (running, stop, error). Hw se dělí dále na IN a OUT. Tyto podstruktury zahrnují hardwarové vstupy a výstupy úlohy. InternalVar je zkratkou internal variables a jsou to proměnné nutné pro chod programu ale z hlediska uživatele nedůležité.

7.3 Vizualizace, kontrola a ovládání

Vytvořené grafické rozhraní je přístupné přes dva základní prvky. V první řadě bylo vytvořeno pro případ, že úloha bude rozšířena o dotykový panel. Pokud však tento panel není napojen, stále můžeme toto ovládání použít pomocí programu *VNC Viewer* a úlohu tak lze ovládat pomocí PC.



Obrázek 19 Koncept ovládacích obrazovek (vlevo), Hlavní obrazovka (vpravo)

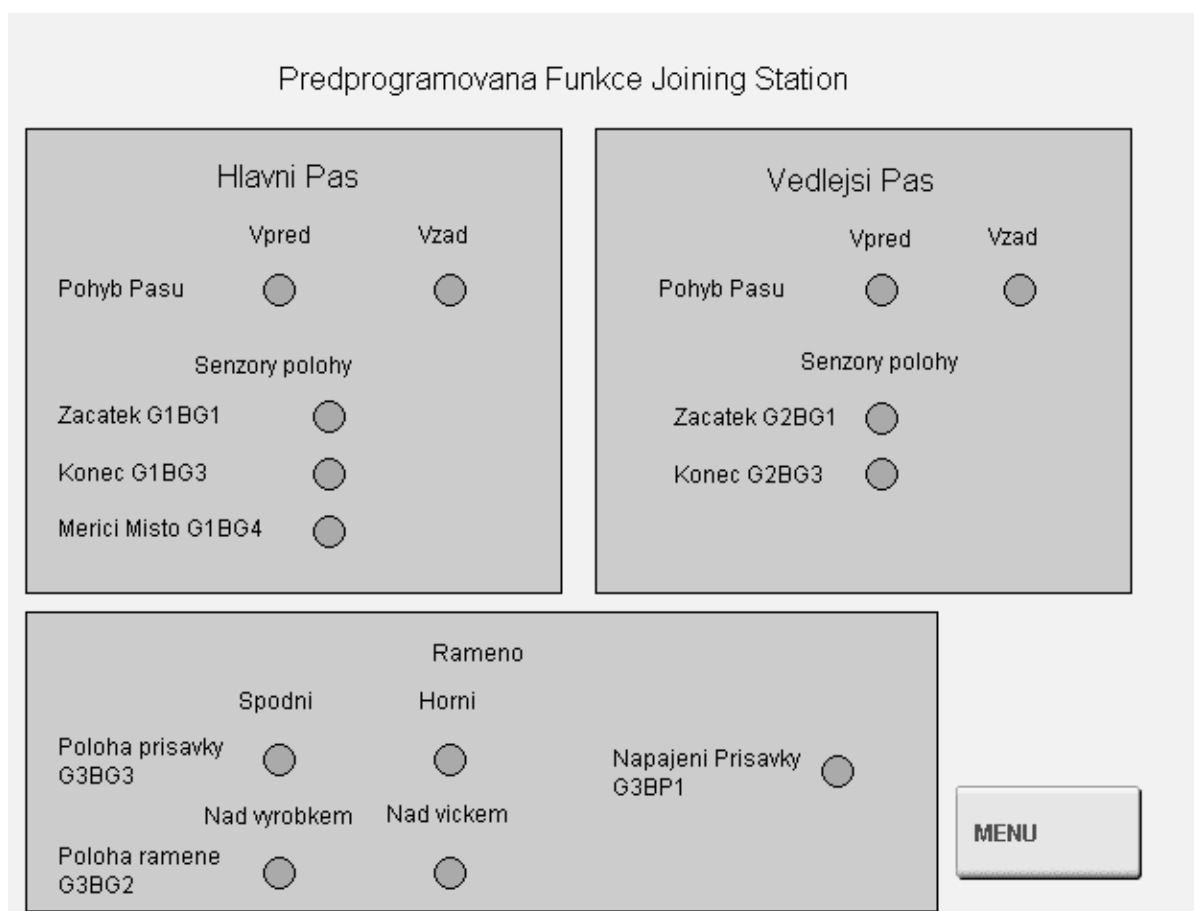
Základní koncept je takový, že uživatel začne v základním menu. Z něj se dá dále dostat do dvou kontrolních obrazovek. Tento přístup je úzce navázán na ovládání úlohy. Pomocí klíče na řídicím panelu určujeme, v jakém chodu se má úloha nacházet. Podle toho se umožní přístup na příslušnou řídicí obrazovku.

Manuální mód zpřístupní KONTROLNÍ chod, automatický pak DEMO chod.

1.1.1 DEMO Program

Tento program je vytvořen jako demonstrační kód, který realizuje základní výrobní cyklus stanice. Podrobněji jsou tyto cykly rozepsány v příslušných kapitolách pomocí vývojových diagramů. Jedná se jednoznačně o ten složitější program a je navržen tak že po spuštění běží v nekonečné smyčce, dokud je mu dodáván materiál.

Kontrolní obrazovka zde slouží pouze jako vizualizační mechanismus. Jsou na ní umístěny kontrolky pro všechny základní prvky a senzory stanice. Toto umožní studentovi nahlédnout na signálové odezvy během demonstračního cyklu a mělo by zvýšit úroveň pochopení funkce jednotlivých senzorů. Jako příklad je zde uvedena obrazovka ze Spojovací Stanice.

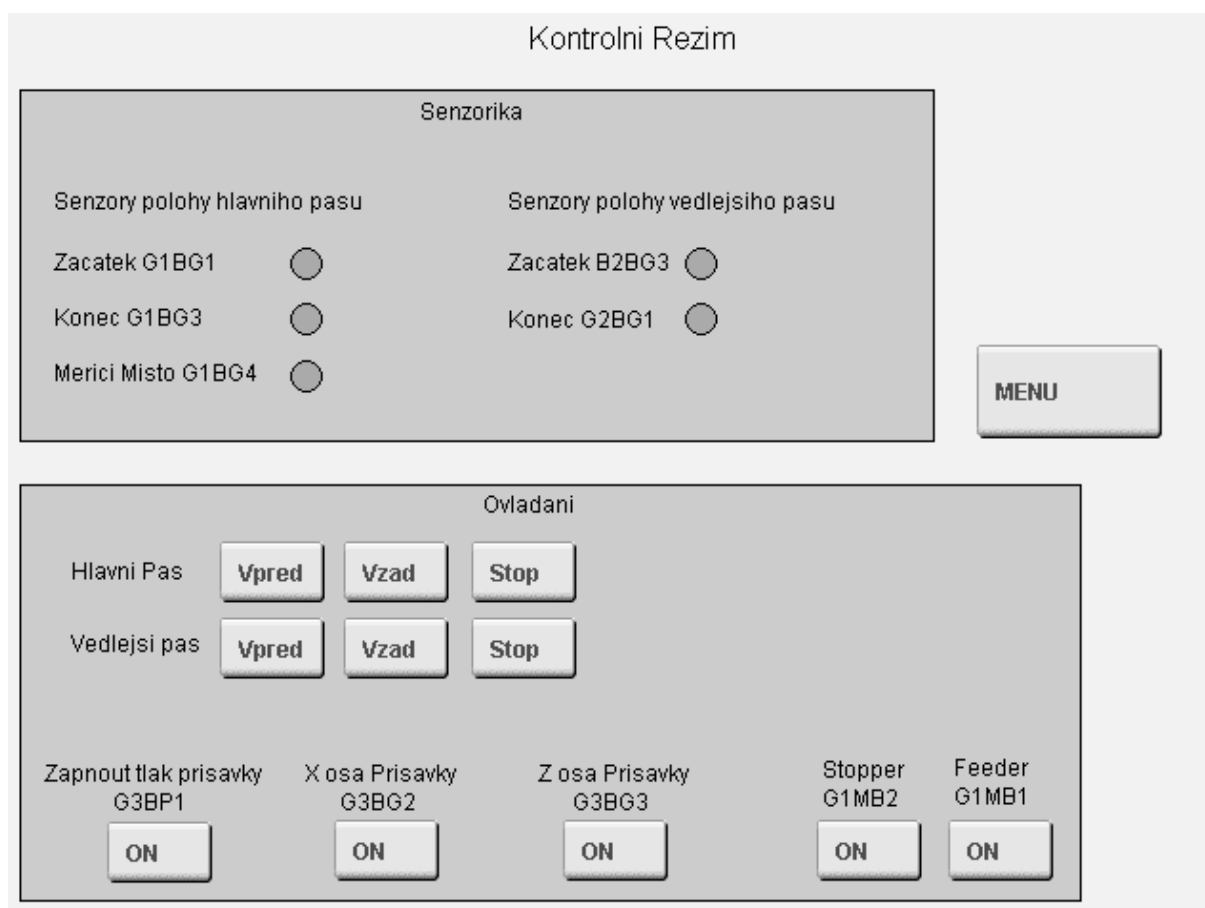


Obrázek 20 Demo obrazovka – Spojující Stanice

1.1.2 Diagnostický program

Jak již název napovídá, tato sekvence umožňuje provést studentovi kontrolu základních prvků. Díky této obrazovce odpadá nutná kontrola mapování všech proměnných v programu a kontrola jejich odezvy při jakékoliv HW chybě, která je časově náročná.

Tento mód umožňuje téměř plné manuální ovládání. Jediné, co kód ošetřuje jsou HW hazardy úloh. Například jsou úlohy kde při pohybu ramene ve spodní poloze hrozí kolize s jiným prvkem stanice. Tato funkce je v tomto módu blokována.



Obrázek 21 Diagnostický program – Spojující Stanice

8 Uspořádání stanic do výrobní linky

8.1 Možnosti realizace řízení stanic

Při sestavování linky jsme se rozhodovali mezi dvěma způsoby, jak strukturovat řídicí algoritmus linky.

První možností je centrální řízení, při kterém je jedno PLC, na kterém běží všechny dílčí programy. Zbylé úlohy pak pouze přejímají řídicí signály, přepínají patřičné digitální výstupy a odesílají stavy senzorů. Toto řešení by bylo ideální v případě kde by ostatní stanice byly vybavené slabším PLC. Nicméně v našem případě, kdy všechny úlohy disponují stejným PLC, pro tento přístup není důvod. Jeho nevýhodou je že při takovémto řízení stanice musí být propojeny pomocí sběrnice, protože dochází k podstatně většímu toku dat, než je tomu u řízení distribuovaného.

Druhou možností, a to je také varianta kterou jsme nakonec zvolili, je řízení distribuované. Při tomto řízení má každá stanice svůj vlastní program, který vykonává a s ostatními stanicemi si předává pouze potřebné signály. Díky malému toku dat je možné sestavení linky pomocí digitálních signálů. Zároveň je tato možnost modulárnější a umožňuje rychlejší změnu uspořádání stanic. Nicméně u tohoto způsobu může být komplikovanější zavedení komunikace pomocí POWERLINKU.

8.2 Hardwarové požadavky pro uspořádání stanic

Abychom mohli řešit programovou stránku výrobní linky, nejdříve se musí udělat několik nezbytných kroků. Nejdříve se linky musejí poskládat podle požadovaného pořadí. K fyzickému zajištění těchto stanic lze využít mechanické pojistky, které zamezí pohybu stanic vůči sobě.

8.3 Možnosti výměny informací mezi stanicemi

PLC, kterými jsou vybaveny úlohy mají dva komunikační sloty. Jeden je Ethernet a druhý je nastavitelný jako Ethernet nebo POWERLINK. Vedle toho jsou zde svorky digitálních signálů na ovládacím panelu. Nakonec jsme zpracovali výměnu informací pomocí POWERLINKU a digitálních signálů.

8.3.1 Digitální vstupy a výstupy

Toto řešení pro vzájemnou spolupráci stanic je nepochybně nejjednodušší a zároveň velmi názorné. K realizaci je využit ovládací panel úlohy a jeho svorky s digitálními signály viz Obrázek 4 (1). Každá úloha má 2 digitální vstupy a výstupy na levé a pravé straně. Pro propojení stanic jsou vstupy naprogramovány tak že stanice vysílá signál, o dokončení výrobního cyklu a že stanice není v chybovém stavu. Vedle toho přijímá informaci, že následující stanice je připravena zahájit výrobní cyklus a nenachází se v chybovém stavu. Pokud si tyto informace potvrdí, stanice si přepošlou výrobek.

Vzhledem k tomu že všechny digitální signály mají rozpínací logiku (NO), tak zároveň jejich připojením detekujeme napojení stanice. Pokud stanice nedostává žádný signál na svorkách (oba vstupní signály jsou logická 0), předpokládá se, že není napojená žádná spolupracující stanice. V kódu se tak překlenou části, které zajišťují předání výrobku a stanice pracuje v samostatném režimu. Stejně tak pokud je na obou vstupech logická 1, stanice se

přepne do režimu spolupráce a čeká na změnu ve vstupních signálech, aby patřičně zareagovala. U pracující stanice se nepředpokládá, že by mohlo dojít ke stavu kdy bude cyklus dokončen a zároveň bude stanice v chybě.

Závěrem k tomuto režimu výměny dat bych rád shrnul jeho benefity. Jedná se o jednodušší způsob základní výměny dat s omezeným množstvím přenášených dat. Jeho hlavní výhodou je modularita. Pokud chceme sestavit velkou linku a často v ní měnit pozice stanic, je toto řešení nepochybně rychlejší a praktičtější než skládat a konfigurovat POWERLINK komunikaci. Pro demonstrativní účely je zcela dostačující.

8.3.2 Použití sběrnice POWERLINK

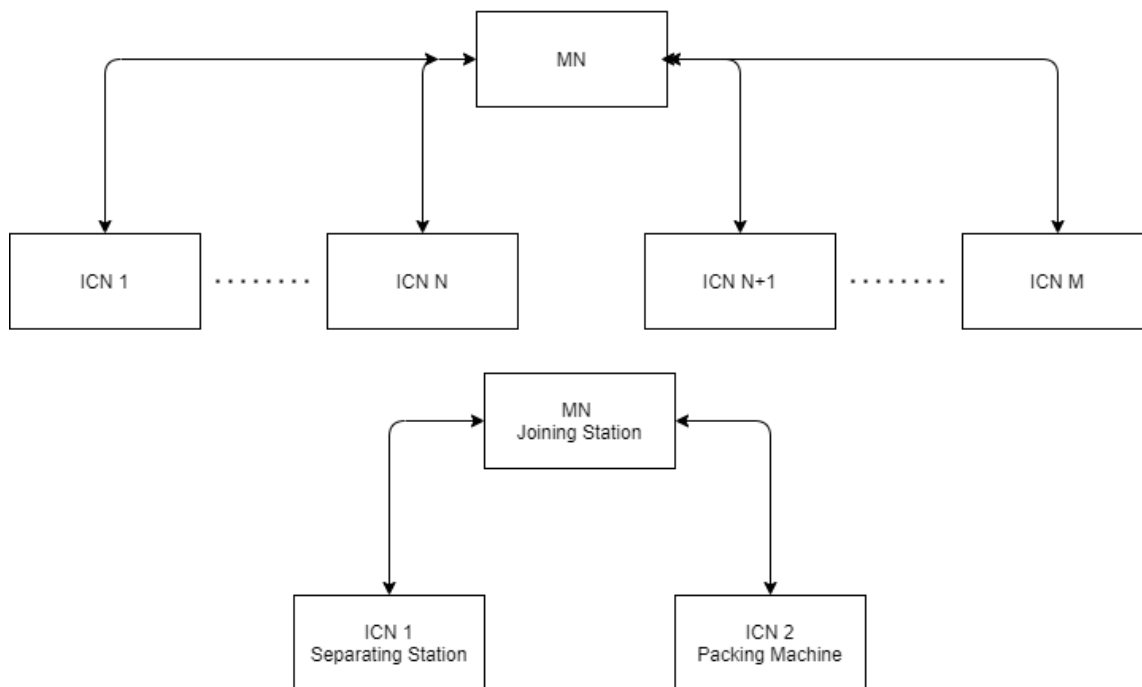
Při zvažování, jaká sběrnice bude využita na realizaci komunikace mezi úlohami, jsme uvažovali nad Ethernetem a POWERLINKEM. Nakonec jsme se rozhodli že bude lepší využít POWERLINK, a to z důvodu že se jedná o učební přípravek. POWERLINK v této situaci považujeme za vhodnější, zejména díky jeho jednodušší komunikaci. Prostředí *Automation Studio* disponuje moduly s podrobnými návody, které podstatně zjednodušují vytvoření komunikačního rozhraní. Díky tomu by zavedení POWERLINKU mohlo být realizovatelné i ze strany studenta jako semestrální projekt.

Nutnost spojení všech úloh do jednoho projektu pramení právě z principu použitého řešení. Celá realizace se opírá o to, že pro vzájemnou komunikaci nemusíme nic programovat, ale stačí pouze definovat propojky a data která se mají přenášet. K tomu, abychom toto mohli udělat, musíme mít všechny stanice a data v jednom projektu jinak se na ně nelze odkázat. Tato operace sice žádným způsobem strukturu nemění, nicméně aby se vše přeložilo, jak má, musí se struktury přejmenovat, aby nedocházelo ke kolizi názvosloví. Nižší vrstvy těchto struktur proměnných jsou nezměněny. Vrchní části struktur jsou pak přepsány způsobem, že reflektují, jakou stanici popisují (místo `machine` je zavedeno `Joining_Station`) viz Obrázek 18.

Původní provedení bylo takové že každá stanice měla svůj projekt. Tím že nyní je nutné je spojit do jednoho, vzniklo zde několik konfliktů. Sdružený projekt musel být upraven tak, aby pokrýval všechny HW konfigurace jednotlivých úloh. Tím jsme vyřešili problém, který je způsoben tím, že v každém projektu může být pouze jeden definiční soubor. Stejně tak může být v jednom projektu pouze jeden deklarační soubor pro globální proměnné. Nutné tedy bylo také změnit strukturu proměnných. Všechny dílčí struktury musely být převedeny do jedné

velké struktury. Ta se pak dále rozděluje do menších segmentů. Díky tomuto sloučení struktur je nutné přejmenovat dílčí proměnné, aby nedocházelo ke konfliktu názvů.

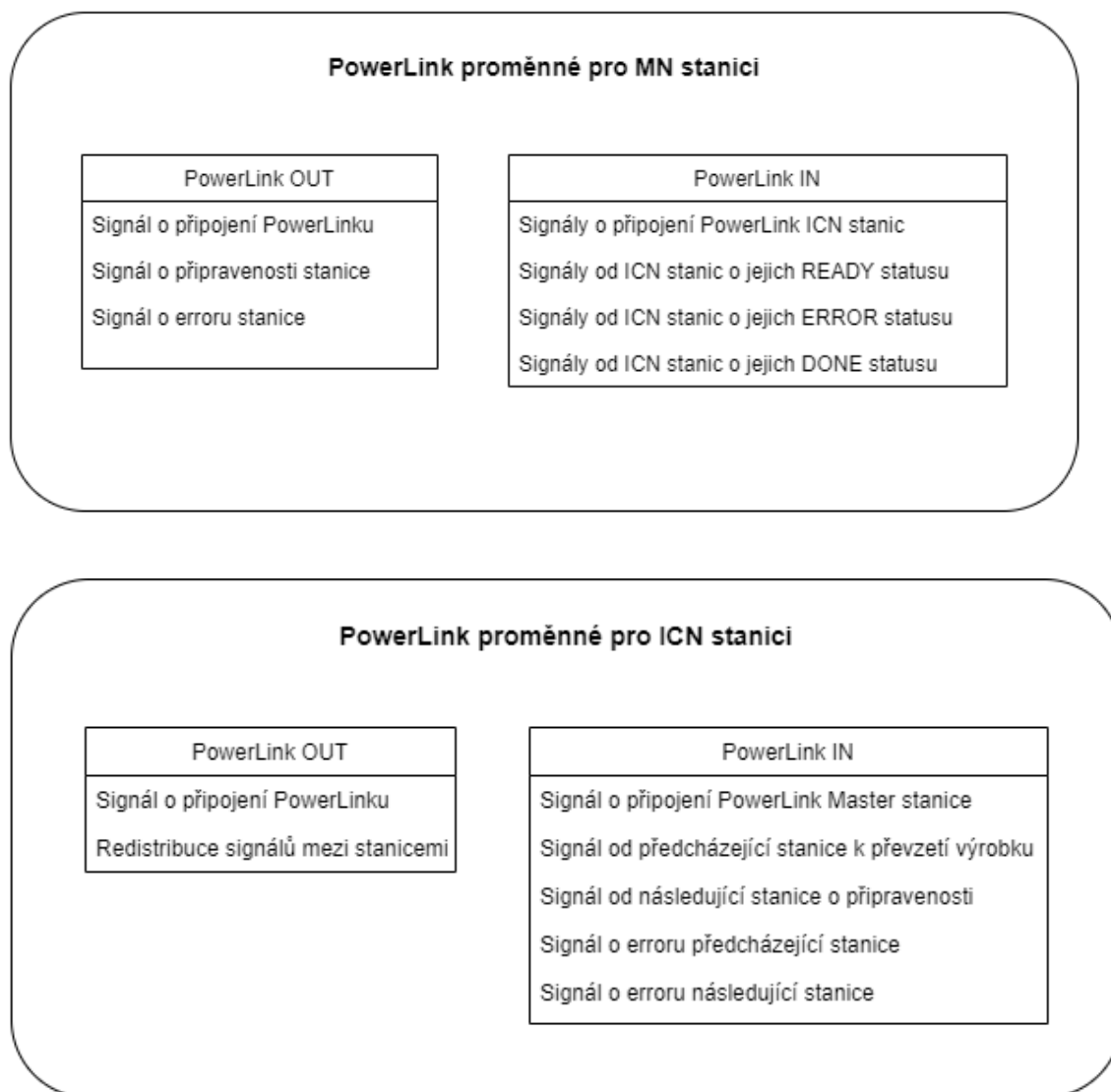
Jediný segment, který těmito změnami nebyl postižen, jsou časovače. Ty mají deklarované svoje vstupy, výstupy a časy v rámci inicializačních částí programů. Nedochází k nutnosti vytváření celé nové sady časovačů pro každý program, ale jsou definované jednou globálně a následně jsou lokálně v programu pouze inicializovány se změněnými hodnotami.



Obrázek 22 Zvolené koncepce PWL uspořádání

Z tohoto projektu pak následně vybíráme patřičnou HW konfiguraci a připojujeme k pracujícímu procesoru patřičné programy podle toho, na jakou stanici jsme připojeni. POWERLINK nám umožňuje definovat jednu stanici jako Managing Node (MN). Obecně by šlo říct, že toto je master. My jsme jako master stanici zvolili prostřední stanici řetězce (*Spojovací Stanice*). Ostatní stanice jsou evidovány jako Intelligent Controlled Node (ICN) obecně by tyto stanice šlo označit jako slave. U nás to jsou zbývající stanice. Stručná poznámka Master má předem definovanou adresu, a to 240. Slave stanice mají sice vyhrazeny všechny ostatní adresy nicméně nelze je adresovat libovolně. Aby vše fungovalo musí být adresování od 1.

Samotná realizace POWERLINK je potom už relativně přímá a jednoduchá. Museli jsme vytvořit strukturu datového rámce a nakonfigurovat jednotlivé spoje. Princip spočívá v tom, že všechny informace, které se posílají, se definují v jednotlivých ICN. Spoje jako takové se definují v MN. Zároveň se zde definuje, co jednotlivé přijímané proměnné od MN znamenají. Na každé straně se pak už jen přiřadí programové proměnné, se kterými lze už normálně pracovat v kódu.



Obrázek 23 Struktura proměnných pro PWL komunikace

8.4 Možnost využití Ethernetu

Ethernet představuje alternativu k POWERLINKU. Toto řešení s sebou přináší několik výhod, ale také je náročnější na realizaci. Při využití Ethernetu není potřeba projekty sjednocovat, nicméně je zde potřeba programový zásah. Je nutné nakonfigurovat HW stanice a

naprogramovat komunikaci. Největší výhodou by nepochybně bylo, že toto řešení je univerzálnější a modulárnější. V momentě, kdy se jednou navrhne, lze podstatně rychleji přeskládat stanice ve výrobní lince, aniž bychom museli zasahovat výrazně do projektů. U POWERLINKU toto nelze a vždy je potřeba spojit patřičné projekty a znovu nadefinovat propojení stanic.

9 Náповěda pro sestavení a řízení úloh

Náповěda je psána stylem obrazového manuálu. V základu je dělena do několika základních sekcí. Celá náповěda je psána tak, aby poskytla za prvé veškeré informace k znovuzapojení stanice, pokud by došlo k jejímu rozebrání či vypojení modulů, a za druhé jako jakási pomocná šablona pro studenty, kteří by na stanici měli vypracovat semestrální úlohu.

První sekce obsahuje základní popis HW stanice, schéma zapojení, tabulku základních proměnných s popisem jejich funkčnosti. Pokud je u stanice využit jiný software, je obsažen popis jeho užívání.

Druhá sekce se věnuje softwaru stanice. Obsahuje základní popis programu a jeho ovládání, vysvětlivky k ovládání pomocí dotykového panelu či přes Ethernet.

Třetí sekce je věnována realizaci spolupráce stanic. Zahrnuje i stručnou poznámku o digitálním propojení. Hlavní částí ale je samostatný zpracovaný návod k realizaci POWERLINK propojení. Čerpá z oficiální náповědy, ke které jsou připojeny interní poznámky a obrazové materiály přímo z programu. Pro realizaci této komunikace je též navržena struktura, jaký má být obsah zpráv.

10 Možnosti rozšíření

Možnosti pro rozšíření vytvořeného programu zahrnují širší zabezpečení proti chybám, lepší a bohatší signalizaci s komplexnější grafikou.

Nejlépeší možnost rozšíření by nepochybně představovala optimalizace programu s ohledem na širší užívání sběrnice POWERLINK. Způsob, kterým byla zavedena sběrnice do aktuálního projektu, vedl k několika kompromisům a úpravám kódu, které bychom mohli označit za neoptimální. Nicméně řešením tohoto problému je úplné přepracování projektu, kde

budeme již od začátku operovat s myšlenkou komunikace po sběrnici. Díky tomu nebude potřeba udělat několik rozsáhlých úprav v již hotových projektech, které vedou k horší orientaci v kódu. Nevýhodou takového řešení je se tím ještě více komplikuje nastavení dalších částí výrobní linky. Všechny takovéto úpravy vedou ke zhoršení přehlednosti kódu.

Další možností by bylo zavedení komunikace pomocí Ethernetu. Pokud budeme celou úlohu již od počátku konstruovat jako řešení s propojením pomocí Ethernetu, můžeme aplikovat již podstatně lepší verzi komunikace, kde by bylo využito samo identifikačních rámců a dalších komplexních struktur, které by vedly k lepší modularitě řešení, než jaké bylo docíleno nyní.

Jako další možnosti se nabízí hardwarové rozšíření stanic, které přidá několik možných funkcí, Například ovládací panel se dá rozšířit o tlačítko nouzového vypnutí. Stanice mohou být vybaveny dotykovými panely, které by umožnily přímé ovládání úloh bez nutnosti užívání VNC Viewer programu a podobně.

11 Závěr

Po zkontrolování a zapojení úloh došlo k jejich oživení. Následně byly vytvořeny programy pokrývající jejich základní funkce a diagnostiku úloh. Pro snadnější ovládání a pro zajištění snadného připojení dotykového panelu bylo vytvořeno grafické rozhraní, které se ve stávajícím stavu používá výhradně k online řízení stanic.

Problémem první části byla přítomnost několika chybných zapojení z výroby. Chyby v zapojení byly postupně opraveny. Komplikací při vytváření programů byla absence senzorů indikujících dokončení různých činností či pomalá reakce senzorů na změnu stavu. Tyto problémy jsou vyřešeny použitím časovačů.

Po dokončení těchto základních úkonů bylo provedeno propojení stanic. Věnovali jsme se dvěma základním typům propojení. Základní a modulárnější propojení je zde realizováno pomocí sady digitálních vstupů a výstupů na ovládacích panelech úloh. Sofistikovanější řešení tohoto problému je využití sběrnice POWERLINK. Toto řešení nabízí širší možnosti komunikace, ale také je jeho realizace složitější.

Vytvořená nápověda obsahuje vedle zapojení úlohy také obrazový manuál k všem softwarům třetích stran, který je nutný k zprovoznění a řízení úloh. Pokud by byly úlohy rozpojeny a programy přehrány nápověda obsahuje všechno potřebné pro znovuzapojení PLC a ovládání přiložených programů.

Veškeré vypracované programy společně s nápovědou a elektronickou verzí práce naleznete v elektronické příloze. Tím byly dokončeny všechny úkoly zadání.

Seznam použité literatury

- [1] Festo MPS Stations. *Festo-Didactic* [online]. Liberec: Festo, 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/stations/?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zNC4xNDkw>
- [2] Joining station. *Festo-Didactic* [online]. Liberec: Festo, 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/stations/joining-station-8063910.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xNDkwLjc5ODQ>
- [3] Separating station. *Festo-Didactic* [online]. Liberec: Festo, 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/stations/joining-station-8063910.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xNDkwLjc5ODQ>
- [4] Festo Packing station. *Festo: festo-didactic* [online]. Denkendorf: festo didactic, 2017 [cit. 2020-08-16]. Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/stations/packing-station-8062644.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xNDkwLjc5ODI>
- [5] Návoděda programu automation studio. <https://www.br-automation.com/cs/> [online]. Brno: B&R, ©2018 [cit. 2018-12-18]. Dostupné z: <https://www.br-automation.com/cs/soubory-ke-stazeni/software/automation-studio/automation-studio-42/automation-studio-v42/>
- [6] X20CP0484. *Br automation* [online]. Brno: B&R Headquarters, 2020 [cit. 2020-08-16]. Dostupné z: <https://www.br-automation.com/cs/produkty/ridici-systemy/x20-system/compact-s-cpus/x20cp0484/>
- [7] Manual Festo Packing Station. *Festo: Didactic* [online]. Denkendorf: festo didactic, 2017 [cit. 2020-08-17]. Dostupné z: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjqucL4kKLRAhVjwQIHHdiMCssQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fip.festo-didactic.com%2FInfoPortal%2FMPS%2FPackagingStation%2FDocumentation%2FManual.pdf&usq=AOvVaw0i3zeNaVaTAyP0QI95ebfS>
- [8] Manual Joining Station. *Festo-Didactic* [online]. Liberec: Festo, 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/stations/separating-station-8038802.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xNDkwLjc4MjY>

- [9] Manual Separating Station. *Festo-Didactic* [online]. Liberec: Festo, 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z:
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiQmZf6k4v1AhUYgv0HHfQhASgQFnoECAYQAO&url=https%3A%2F%2Fip.festo-didactic.com%2FInfoPortal%2FMPS%2FSeparatingStation%2FDocumentation%2FManual.pdf&usg=AOvVaw2nHRkx8wqVP49LxnMtSSX>
- [10] SATRAPA, Filip. *Příprava laboratorní úlohy Festo (I) pro předmět Programovatelné automaty (PRA)*. Liberec, 2019. Magisterký Projekt. Technická Univerzita v Liberci. Vedoucí práce Martin Diblík PhD.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty II. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000. ISBN 978-80-01-02096-8.
- [14] 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.