



Návrh a realizace laboratorní výrobní linky s předávací stanicí.

Diplomová práce

Studijní program:

N2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Automatické řízení a inženýrská informatika

Autor práce:

Bc. Dominik Hejduk

Vedoucí práce:

Ing. Martin Diblík, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky





Zadání diplomové práce

Návrh a realizace laboratorní výrobní linky s předávací stanicí.

Jméno a příjmení: **Bc. Dominik Hejduk**
Osobní číslo: M19000164
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. S pomocí získaných poznatků navrhnete jejich vhodnou kombinaci tak, aby vznikla modelová laboratorní výrobní linka obsahující předávací stanici. Výrobní proces bude provádět kompletaci výrobků z předem daných dílů.
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 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

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.

11. května 2022

Bc. Dominik Hejduk

Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a uvést do provozu laboratorní výrobní linku FESTO, která bude obsahovat stanici Pick and place. Jednotlivé stanice pro výrobní linku bylo potřeba osadit programovatelným automatem, navrhnout propojení s hardwarem stanic a vytvořit ukázkový program demonstrující vlastnosti a možnosti konkrétní stanice. Hlavní část práce se zabývá propojením stanic a vytvoření výrobní linky. V Automation studiu byl vytvořen program, který demonstruje pracovní cyklus. V tomto programu je grafické rozhraní, které umožňuje ovládání stanice. Výsledkem práce je dokumentace výrobní linky a programy ke stanicím.

Klíčová slova: PLC automat, B+R, Automation Studio, programovatelné automaty, výrobní linka, stanice Pick and place, třídící stanice, distribuční stanice

Abstract

The aim of the diploma thesis was to design and put into operation a laboratory production line FESTO, which will include the Pick and place station. Individual stations for the production line it was necessary to equip a programmable controller, to design the connection with the hardware stations and create a sample program demonstrating the characteristics and capabilities of a particular station. The main part of the work deals with the interconnection of stations and the creation of a production line. A program that demonstrates the work cycle was created in the Automation studio. In this program is graphical interface that allows you to control the station. The result of the work is documentation production lines and station programs.

Key Words: PLC automat, B + R, Automation Studio, programmable automats, production line, pick and place station, sorting station, distributing station

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Martinu Diblíkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, ochotu a odborné vedení při vypracování této diplomové práce.

Nakonec bych rád poděkoval své rodině a blízkým přátelům za trpělivost a projevenou podporu po dobu mého studia.

Obsah

Seznam zkratk.....	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam obrázků.....	11
Úvod.....	12
1. Modulární produkční systém (MPS) od firmy Festo	13
1.1 Stanice – obecný popis uspořádání	13
2. Výběr stanic.....	15
2.1 Ovládací panel.....	15
2.2 Dopravníkový modul.....	16
2.3 Distribuční stanice	17
2.3.1 Zásobníkový modul.....	18
2.4 Pick and place stanice.....	19
2.4.1 Pick and place modul.....	21
2.5 Třídící stanice.....	22
2.5.1 Detekční modul.....	23
2.5.2 Modul skluzu	24
2.6 Řídící systém stanic	25
2.6.1 PLC automat firmy BR-Automation	25
2.6.2 Zapojení PLC.....	25
2.6.3 Propojení PLC a FESTO stanice	26
3. Programové vybavení.....	27
3.1 Automation Studio.....	27
3.1.1 Simulátor ArSim.....	29
3.1.2 Struktura programu.....	29
3.2 VNC Viewer	29
4. Možnosti datového propojení zvolených stanic	31
4.1 Distribuovaný systém	31
4.2 Master stanice a Slave stanice	32
4.3 Centrální řízení	32
4.4 Diskrétní vstupní a výstupní signály	33
4.5 Datové komunikační sběrnice.....	34
4.5.1 Ethernet TCP/IP.....	34
4.5.2 Profinet	34
4.5.3 Ethernet Powerlink	35

5.	Program výrobní linky	36
5.1	Propojení stanic	36
5.1	Provedení v Automation Studiu	37
5.1.1	Struktura programu.....	39
5.1.2	Grafické ovládací rozhraní	39
5.2	Distribuční stanice.....	40
5.3	Stanice Pick and place.....	41
5.4	Třídící stanice.....	43
5.5	Výrobní linka	45
5.6	Vizualizace a ovládání.....	47
6.	Shrnutí realizace výrobní linky	50
	Závěr	51
	Seznam použité literatury	52
Příloha A	Přiložený soubor s programem	54
Příloha B	Návod k stanici Pick and place	55
Příloha C	Návod k Třídící stanici.....	63
Příloha D	Návod k Distribuční stanici	71
Příloha E	Návod k výrobní lince	79

Seznam zkratek

PLC	Programovatelný logický automat (<i>Programmable Logic Controlle</i>)
IO	Input/Output (<i>Vstup/Výstup</i>)
HMI	Human machine interface (<i>Rozhraní mezi člověkem a strojem</i>)
DI	Digital input (<i>Digitální vstup</i>)
DO	Digital output (<i>Digitální výstup</i>)
CPU	Central processing unit (<i>Centrální procesorová jednotka</i>)
ST	Structured text (<i>Strukturovaný text</i>)
PC	Personal computer (<i>Osobní počítač</i>)
B&R	Bernecker + Rainer Industrie Elektronik

Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní parametry PLC automatu.....	25
Tabulka 2: Propojení vodičů.....	36
Tabulka 3: Označení	37

Seznam obrázků

Obrázek 1: Obrobek s víčky	13
Obrázek 2: Stanice zapojené dohromady	14
Obrázek 3: Stanice se zapojeným ovládacím panelem	16
Obrázek 4: Dopravníkový modul	17
Obrázek 5: Distribuční stanice.....	18
Obrázek 6: Zásobník s vyhazovacím válcem	19
Obrázek 7: Pick and place stanice	20
Obrázek 8: Pick and place modul	21
Obrázek 9: Třídící stanice.....	22
Obrázek 10: Detekční modul	23
Obrázek 11: Dopravníkový pás s deflektory, které umisťují obrobky do skluzů.....	24
Obrázek 12: PLC s propojenými signálovými cestami	26
Obrázek 13: Vývojové prostředí programu Automation Studio.....	28
Obrázek 14: VNC Viewer	30
Obrázek 15: Distribuovaný systém.....	31
Obrázek 16: Master-slave systém.....	32
Obrázek 17: Centrální systém.....	33
Obrázek 18: Propojení mezi stanicemi	37
Obrázek 19: Hardwarová konfigurace	38
Obrázek 20: Mapování vstupů a výstupů PLC	38
Obrázek 21: Vizualizace manuálního režimu	39
Obrázek 22: Vývojový diagram Distribuční stanice	40
Obrázek 23: Pracovní cyklus stanice Pick and Place	42
Obrázek 24: Pracovní cyklus třídící stanice	44
Obrázek 25: Pracovní cyklus výrobní linky	46
Obrázek 26: Úvodní obrazovka	47
Obrázek 27: Vizualizace společného zapojení stanic	48
Obrázek 28: Manuální režim	49

Úvod

K realizaci studentských prací a projektů zaměřených na automatické řízení a programovatelné automaty je vhodné tyto úlohy testovat na skutečném hardwaru. Nabízí se využít stávající praktické úlohy s PLC automaty, které jsou již realizovány v laboratořích. Ovšem pro dlouhodobé použití je tento postup nevhodný, protože po každém použití je nutno úlohu uvést do původního stavu tak, aby byla opětovně použitelná ve výuce. Nové laboratorní úlohy od firmy FESTO Didactic jsou vhodné pro výuku praktických cvičení, protože do PLC automatu lze vždy nahrát DEMO program. Vytvoření tohoto programu je jedním z cílů této práce. Tyto úlohy poslouží studentům, aby je ještě více přiblížila k praktickým zadáním v praxi.

Zadáním této diplomové práce je z dostupných programovatelných stanic vhodně vybrat další dvě stanice, které by doplnily stanici Pick and Place a vytvořily složitější výrobní linku. Bylo nutné se seznámit s funkcí jednotlivých stanic a z nich vybrat dvě se kterými by dávala výrobní linka smysl. Různých možností bylo mnoho, ale jako nejlepší variantu jsem zvolil Třídící a Distribuční stanici.

Následně bylo nutné tyto tři laboratorní stanice FESTO osadit programovatelnými automaty, které byly pro tuto práci zvoleny od firmy B&R Automation. Dále je úkolem navrhnout propojení s hardwarem. Dalším úkolem je třeba provést oživení přes program Automation Studio a vytvořit tak jednoduchý, ukázkový program demonstrující vlastnosti a možnosti daných stanic.

Posledním úkolem této diplomové práce je vhodným způsobem propojit tyto stanice. Vytvoření komunikačního propojení mezi stanicemi, přes kterou si stanice budou vyměňovat signály.

1. Modulární produkční systém (MPS) od firmy Festo

Firma Festo má více jak 15 těchto stanic, které se dají spolu různě propojit a vytvořit, tak jeden velký systém. Tyto výrobní stanice slouží převážně k edukativním účelům. Výrobní linka se může skládat z jednotlivých výrobních stanic. Každá stanice má v procesu specifickou funkci (například distribuce, testování, zpracování, manipulace, montáž, skladování). V závislosti na požadavcích lze z mnoha jednotlivých stanic vybrat jednu aplikaci nebo proces. Efektivní kombinací jednotlivých stanic se dá sestavit výrobní systém podle daných požadavků.

Tyto stanice pracují se standardním obrobkem/produktem, který má formu otevřeného válce (výška 25 mm a průměr 40 mm). Obrobek může být černý, červený, metalický nebo průhledný. Na otevřenou plochu je možné nasadit černé víčko. Tyto víčka nasazuje stanice Pick and place, která byla vybrána pro výrobní linku. Firma Festo má i speciální obrobky s mikroprocesorem a displayem, které jsou programovatelné pomocí Programming station.



Obrázek 1: Obrobek s víčky

1.1 Stanice – obecný popis uspořádání

Stanice jsou umístěné na pojízdném vozíku s kolečky, který umožňuje dobrou manipulaci po pracovišti. Na horní části vozíku je hliníková deska s připravenými drážkami pro nainstalování jednotlivých modulů stanice a dalších příslušenství pro správný

chod stanice. Z čelní strany vozíku je namontován ovládací panel, kterým se celá stanice ovládá a slouží i k propojení stanic mezi sebou jako výrobní linka. Uvnitř skříně je umístěno PLC, propojení mezi řídicí jednotkou a svorkovnicí, jištění s přívodem 230V.

Výrobní linka vznikne spojením minimálně dvou stanic. V tomto případě to jsou tři stanice a to Distribuční stanice, stanice Pick and Place a Třídící stanice. Pro správné zapojení musejí být stanice umístěny co nejbližší k sobě a to tak, aby jejich dopravníkové moduly na sebe navazovaly. Jakmile pásy nebudou dostatečně u sebe, tak nedojde k přesunu obrobku mezi jednotlivými stanicemi.



Obrázek 2: Stanice zapojené dohromady
Zdroj: vlastní

2. Výběr stanic

Cílem této diplomové práce je z dostupných programovatelných stanic vhodně vybrat další dvě stanice, které by doplnily stanici *Pick and Place* a vytvořily složitější výrobní linku. Bylo nutné se seznámit s funkcí jednotlivých stanic a z nich vybrat dvě se kterými by dávala výrobní linka smysl. Různých možností bylo mnoho, ale jako nejlepší variantu jsem zvolil Třídící a Distribuční stanici.

Distribuční stanice umísťuje na linku obrobky, na které stanice *Pick and place* nasazuje víčka. Třídící stanice tyto obrobky s víčky umísťuje do příslušných žlabů podle barvy/materiálu.

2.1 Ovládací panel

Ovládací panel se nachází na čelní straně manipulačního vozíku. Tento panel je univerzální a pro všechny stanice stejný. Panel se dá rozšiřovat o další moduly jako je například *Stop* tlačítko. Na levé a pravé straně se nacházejí vstupy a výstupy s LED signálkami a I/O konektorem. Modrý konektor slouží k propojení společného potenciálu mezi stanicemi. Tyto konektory lze využít pro řešení propojení mezi stanicemi a vytvoření komunikace výrobní linky.

Na panelu se nachází tyto ovládací a signalizační prvky:

- Zelené tlačítko *Start* – např.: spuštění programu
- Červené tlačítko *Stop* – např.: nouzové zastavení
- Šedé tlačítko *Reset* – např.: resetování chyby
- Klíček – např.: ovládání automatického nebo manuálního režimu
- Dvě bílá tlačítka *Q1* a *Q2*
- Světelné indikátory – mohou být použity k signalizaci určitých stavů stanice

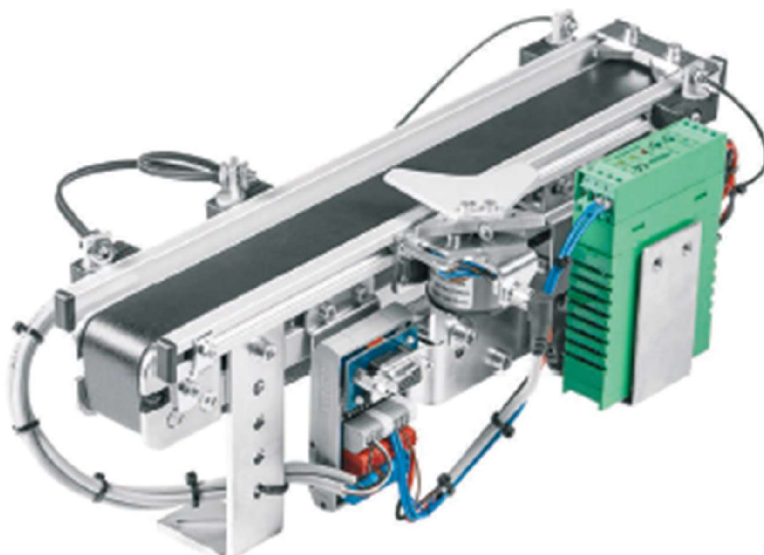


*Obrázek 3: Stanice se zapojeným ovládacím panelem
Zdroj: vlastní*

2.2 Dopravníkový modul

Tento modul je obsazen na všech stanicích a slouží k transportu obrobku. Tento modul navíc umožňuje instalaci dalších příslušenství, které jsou různé pro každou stanicí. Většinou na začátku a na konci dopravníkového pásu je optický snímač, který detekuje obrobek. Na dopravníkovém pásu se může nacházet pneumatická zarážka, která slouží k zastavení obrobku. Dále součástí pásu může být deflektor, který slouží k usměrnění obrobku do žlabu. Koncové polohy deflektoru jsou snímány indukčním čidlem a jsou spínány elektromagnetem.

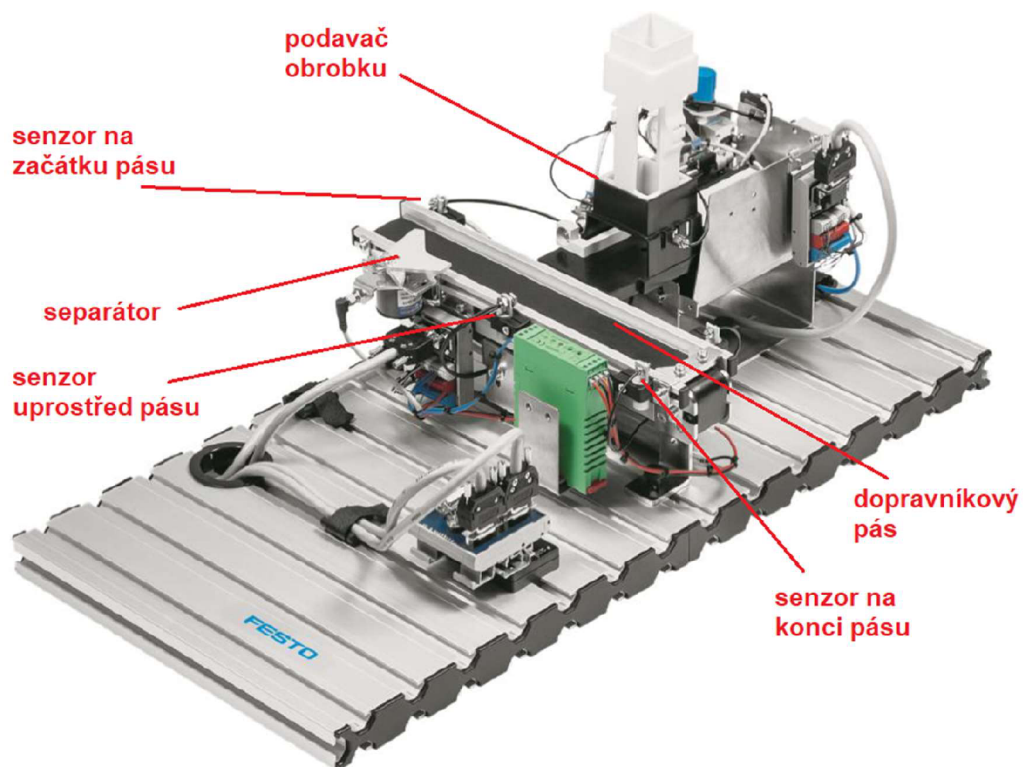
Dopravníkový modul je osazen stejnosměrným motorem, který umožňuje pohyb pásu oběma směry. Uprostřed dopravníku se nachází separátor, jehož úkolem je zastavit nebo poslat obrobek dál. Na začátku, uprostřed a na konci dopravníkového pásu jsou umístěny optické senzory.



*Obrázek 4: Dopravníkový modul
Zdroj: [13]*

2.3 Distribuční stanice

Distribuční stanice má za funkci dodávat obrobky pro následující stanice, které s nimi dále pracují. V automatickém režimu tato stanice může dodávat až 7 kusů obrobků, které se vejdou do zásobníku. Vysunutím podavače se obrobky přesunou na pás. Po zaznamenání obrobku na senzoru uprostřed pásu je obrobek poslán pomocí dopravníkového pásu na konec, kde proces skončí a čeká se na jeho odebrání. V manuálním režimu stanice nedistribuuje obrobky ze zásobníku, ale pouze se obrobek vloží na začátek pásu. Tam ho zaznamená senzor a plynule ho pošle na konec dopravníkového pásu, kde opět čeká na odebrání.



Obrázek 5: Distribuční stanice
Zdroj: [12]

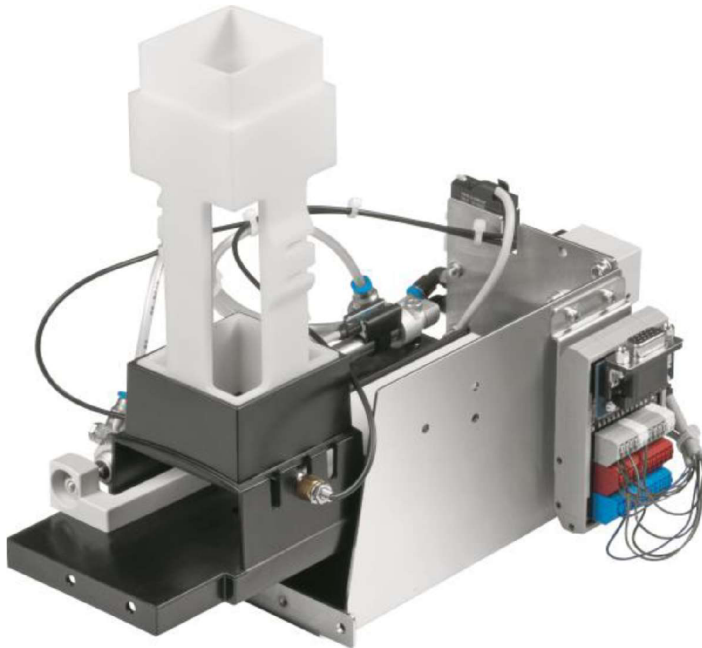
Tato stanice obsahuje dva hlavní bloky, systém kabeláže a ovládací panel:

- Zásobník s vyhazovacím válcem
- dopravníkový modul (viz. kapitola 2.2)

2.3.1 Zásobníkový modul

Zásobníkový modul odděluje obrobky ze zásobníku. V tubusu zásobníku lze uložit až 7 kusů obrobků v libovolném pořadí. Optický snímač pod tubusem zásobníku kontroluje, zda je zásobník prázdný nebo ne. Do základny lze volitelně namontovat optoelektronický senzor, který detekuje obrobky nebo jejich víčka, kterých se do zásobníku vejde 17.

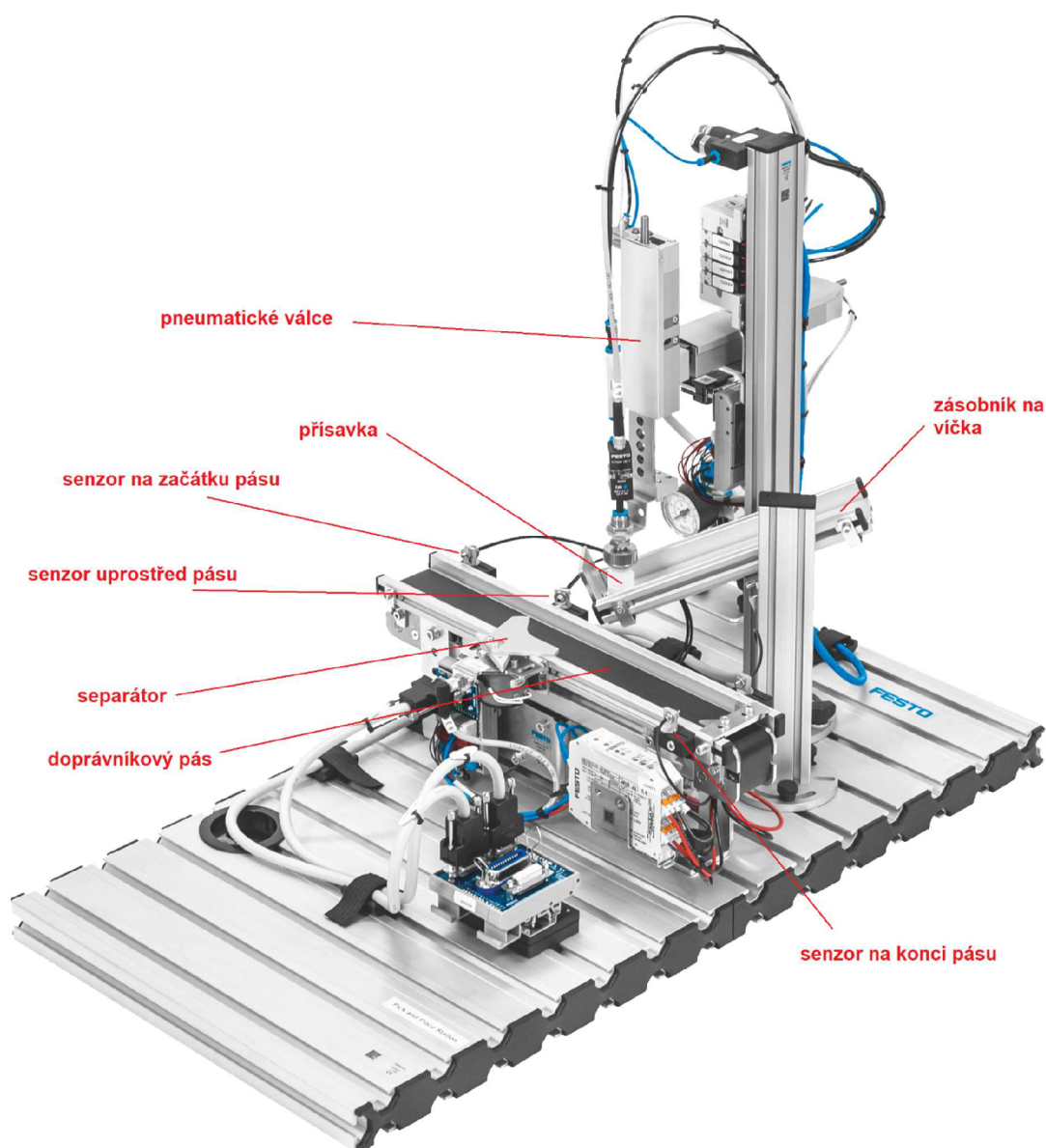
Poloha vyhazovacího válce je elektricky snímána indukčními snímači. Rychlost, kterou se vyhazovací válec posouvá a zasouvá, lze plynule nastavit pomocí jednosměrných regulačních ventilů. Dvojčinný válec vytlačuje obrobek ve spodní části ze zásobníku a umísťuje jej na pás.



*Obrázek 6: Zásobník s vyhazovacím válcem
Zdroj: [12]*

2.4 Pick and place stanice

Funkcí stanice Pick and place je dopravit po pásovém dopravníku spodní část obrobku na místo, kde ho zastaví separátor. Modul Pick and place uchopí víčko ze zásobníku a vloží jej na spodní část obrobku. Takto zkompletovaný obrobek se separátorem uvolní a dopraví se na konec dopravníku, kde ho detekuje optický senzor a čeká na odebrání výsledného dílu.



Obrázek 7: Pick and place stanice
Zdroj: [12]

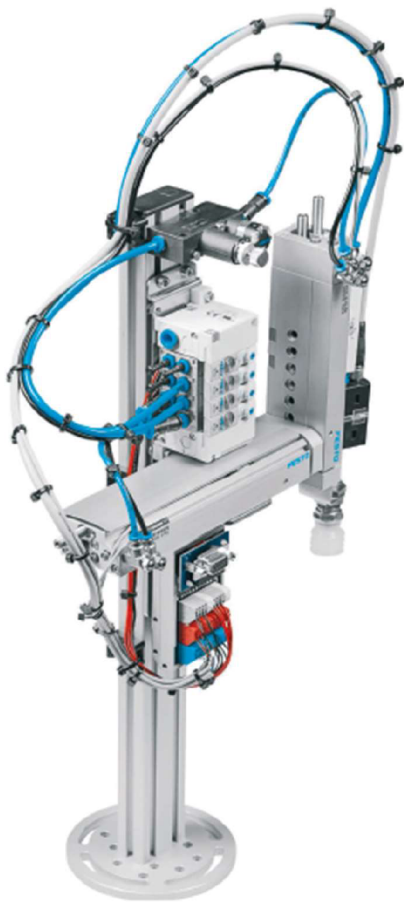
Je to automatizované zařízení, které skládá dohromady dva kusy obrobku. Výsledný kus obrobku je složen z víčka a z jeho spodní části.

Tato stanice obsahuje dva hlavní bloky, systém kabeláže a ovládací panel:

- Pick and place modul
- Dopravníkový modul (viz. kapitola 2.2)

2.4.1 Pick and place modul

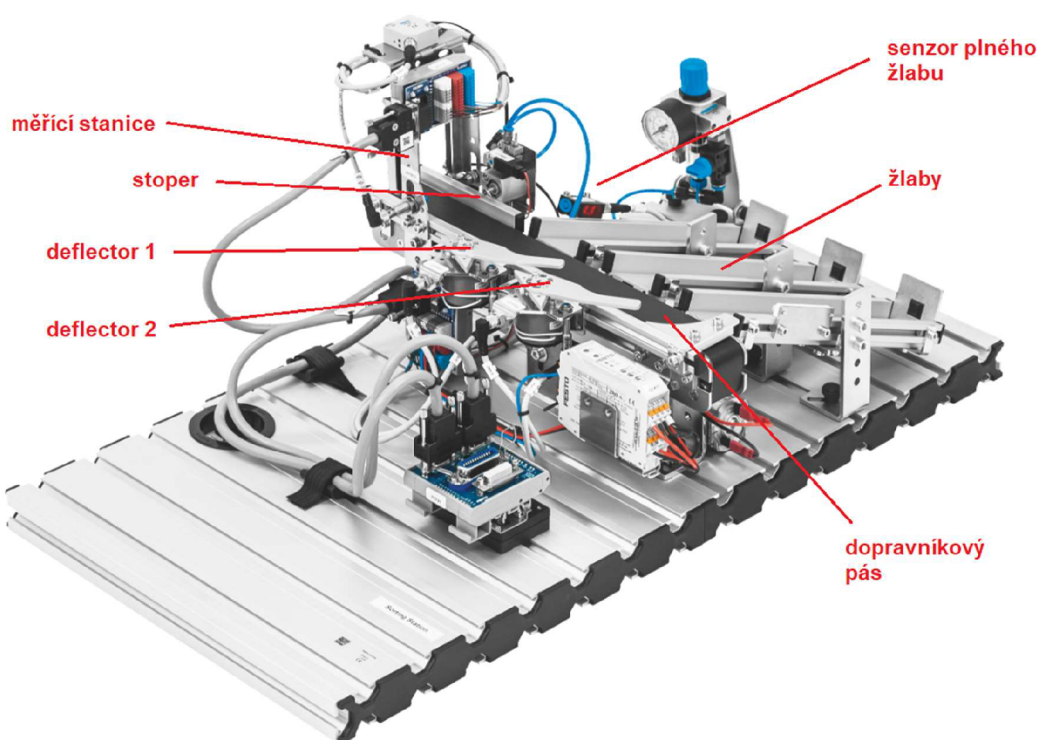
Tento modul je univerzální dvouosé manipulační zařízení. Koncové polohy posunů jsou snímány bezkontaktními senzory, které jsou uloženy v pneumatických válcích. Uspořádání indukčních senzorů, jako montážní poloha a výška, lze nastavit. Obrobek je uchycen přísavkou na konci pneumatického válce, jak lze vidět na Obrázek 8, díky vytvořenému podtlaku. Spolehlivé uchopení indikuje tlakový senzor, který je v dokumentaci označen jako *Workpiece picked up*.



Obrázek 8: Pick and place modul
Zdroj: [13]

2.5 Třídící stanice

Třídící stanice třídí obrobky do tří skluzů. Obrobky se umístí na začátek dopravního pásu, kde jsou detekovány světelnou závorou. Obrobky se zastaví pneumatickým stoperem, aby se zjistily jejich materiálové vlastnosti. Sensory v detekčním modulu dokážou zjistit materiál a barvu příslušného obrobku (černá, červená, kovová). Obrobky se třídí na příslušné skluzy pomocí elektricky ovládaných deflektorů. Reflexní senzor monitoruje hladinu naplnění žlabů.



Obrázek 9: Třídící stanice

Zdroj: [11]

Tato stanice obsahuje dva hlavní bloky, systém kabeláže a ovládací panel:

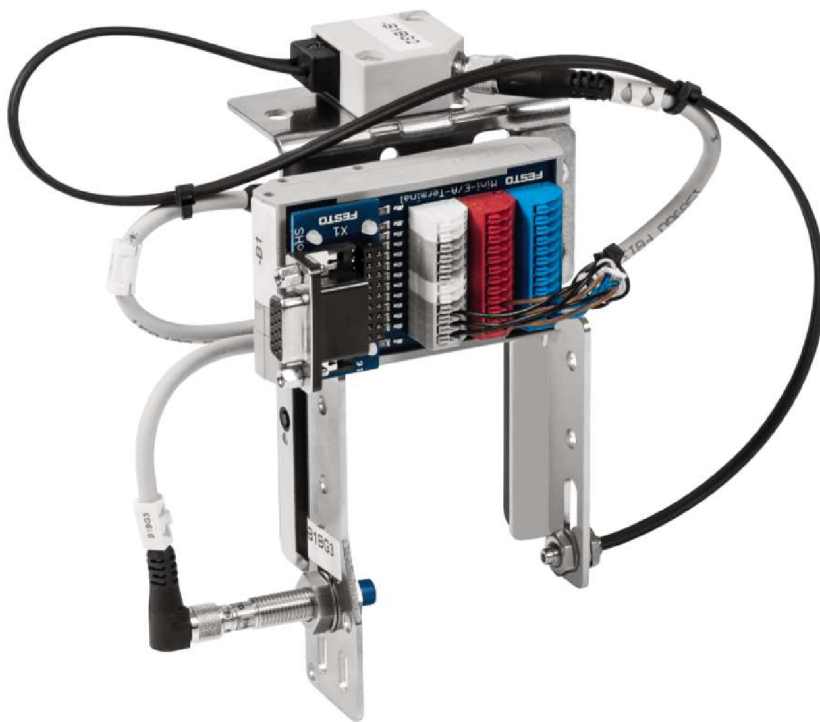
- Detekční modul
- Dopravníkový modul (viz. kapitola 2.2)
- Modul skluzu

2.5.1 Detekční modul

Detekční modul je schopen ověřit přítomnost červených, černých a metalických obrobků. Detekční modul detekuje materiál, resp. barvu obrobků pomocí tří senzorů s digitálním výstupem. Používá se jeden indukční senzor a dva optické senzory.

- *Indukční snímač* detekuje metalický obrobek.
- *Optický senzor* detekuje červené a metalické obrobky.
- *Světelná závora* detekuje všechny obrobky.

Příslušné obrobky jsou detekovány pomocí logické činnosti výstupních signálů. Detekční modul lze namontovat přímo na modul dopravníku.



Obrázek 10: Detekční modul
Zdroj: [11]

2.5.2 Modul skluzu

Modul skluzu se používá k přepravě nebo skladování obrobků. Modul je vhodný pro univerzální použití díky nastavitelnému sklonu a výšce. S namontovanou zarážkou se na skluz vejde až 5 obrobků. V třídící stanici jsou použity tři skluzové moduly. Obrobky přicházející po dopravníku a jsou roztrženy do tří skluzů, které jim byli určeny logikou programu. Optický senzor hlídá úroveň naplnění skluzů.



*Obrázek 11: Dopravníkový pás s deflektory, které umísťují obrobky do skluzů.
Zdroj: vlastní*

2.6 Řídicí systém stanic

Jako základ řídicího systému byl zvolen PLC automat firmy B&R-Automation doplněný o vhodné IO moduly.

2.6.1 PLC automat firmy BR-Automation

Vzhledem k omezenému prostoru byl zvolen formát X20 v provedení Compact-S a vybrán typ X20CP0484 (parametry viz Tabulka 1). Modul PLC je vložen do základny (bus base) typu BB67 (2 sloty pro moduly X20, RS232 připojení, CAN bus připojení). K napájení PLC a rozšiřujících modulů je použit zdroj X20PS9600. Základní sada IO obsahuje moduly (viz Tabulka 1).

Tabulka 1: Základní parametry PLC automatu

PLC		
	výrobce	B&R
A1	X20CP0484	CPU ARM Cortex-A9 procesorem s 667 Mhz a integrovaným I/O procesorem, 256 MB DDR3 SDRAM
A2	X20PS9600	Napájení pro procesor Compact-S, X2X Link a vnitřní I / O napájení
A3	X20DIF371	16 digitálních vstupů
A4	X20DOF322	16 digitálních výstupů

2.6.2 Zapojení PLC

PLC je vloženo do sběrnice modulu X20BB67, který dovoluje k PLC připojit druhý komunikační modul (např. Can, profibus, profinet). PLC je vybaveno rozhraním Ethernet (pro připojení k PC).

Napájení PLC je provedeno pomocí modulu X20PS9600, dále následují moduly digitálních vstupů X20DIF371 a výstupů X20DOF322. Na digitální vstupy jsou zapojeny senzory stanice a tlačítka z ovládacího panelu, digitální výstupy jsou použity pro periferie stanice a signálek na ovládacím panelu. Propojení signálových cest bylo vedeno vodičem 0,75mm². Tabulka s přiřazením jednotlivých senzorů a akčních členů je součástí návodu k jednotlivým stanicím.

2.6.3 Propojení PLC a FESTO stanice

Propojení je provedeno 24 žilovým kabelem s koncovkou. Po připojení bylo potřeba zkontrolovat správnost jednotlivých cest. Tento kabel je zapojen na horní desce stanice a je veden do bloků svorkovnice (zelené). Ze svorkovnice jsou jednotlivé vodiče vedeny do PLC.



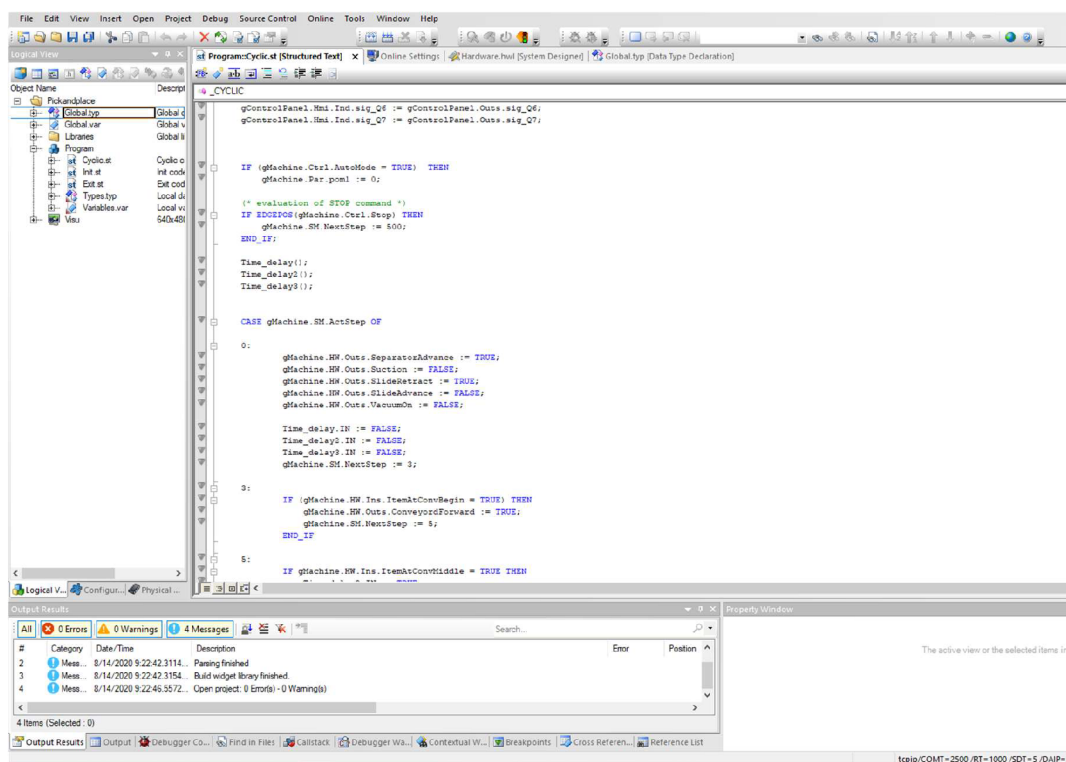
*Obrázek 12: PLC s propojenými signálovými cestami
Zdroj: vlastní*

3. Programové vybavení

3.1 Automation Studio

Automation Studio je prostředí pro vytváření projektů, které jsou speciálně pro komponenty B&R, především pro operační systémy Windows. To zahrnuje regulátory, komponenty pro řízení pohybu, bezpečnostní moduly a aplikace HMI. Uživatelé si mohou vybrat z široké škály programovatelných jazyků, diagnostických nástrojů a editorů. B&R poskytuje standartní knihovny, které umožňují efektivní pracovní postup. Rozsáhlé možnosti simulace usnadňují vytváření a testování aplikací nezávisle na hardwaru. Software slouží také pro komunikaci s konkrétním PLC a nejčastěji se provádí pomocí Ethernetu.

Prostředí Automation Studia je rozloženo do několika částí. V horní části se nachází klasické ovládání jako u jiných programů, ale najdeme zde i přeložení programu, zapnutí simulace a další nastavení. V levé části najdeme strukturu programu (Logical view), nastavení připojených PLC (Configuration view) a připojení periférií (Physical view). Spodní část je určena pro sledování probíhajících kompilací, chybových hlášení a další informace, které jsou sdělovány při běhu programu.



Obrázek 13: Vývojové prostředí programu Automation Studio
Zdroj: vlastní

Automation Studio podporuje mnoho vývojových jazyků. Vybrat si můžeme například ze strukturovaného textu nebo C++, ale můžeme využít i ladder diagram. Strukturovaný text je programovací jazyk podle normy EC 61131-3, který se nejčastěji používá pro PLC. Zdrojový kód napsaný v ST se překládá pro cílovou architekturu. Je velmi podobný jazykům, jako jsou programovací jazyky Pascal nebo C.

Pro kontrolu funkčnosti programu využíváme funkci Monitoring, díky které můžeme sledovat stavy proměnných, průběh funkcí a jednotlivé stavy automatu.

Vizualizace pro dotykové panely nebo webové rozhraní pro vzdálenou plochu a kontrolu se stará funkce Visualization.

3.1.1 Simulátor ArSim

Simulátor slouží jako náhrada za reálné zařízení a využívá se nejčastěji z důvodu testování určitých částí programu nebo pro výukové potřeby. Nabízí několik možností ovládání, jako je restart, vypnutí, diagnostika nebo zobrazení vizualizace. Velkou výhodou je téměř neomezený výkon, který je závislý na výkonu PC.

3.1.2 Struktura programu

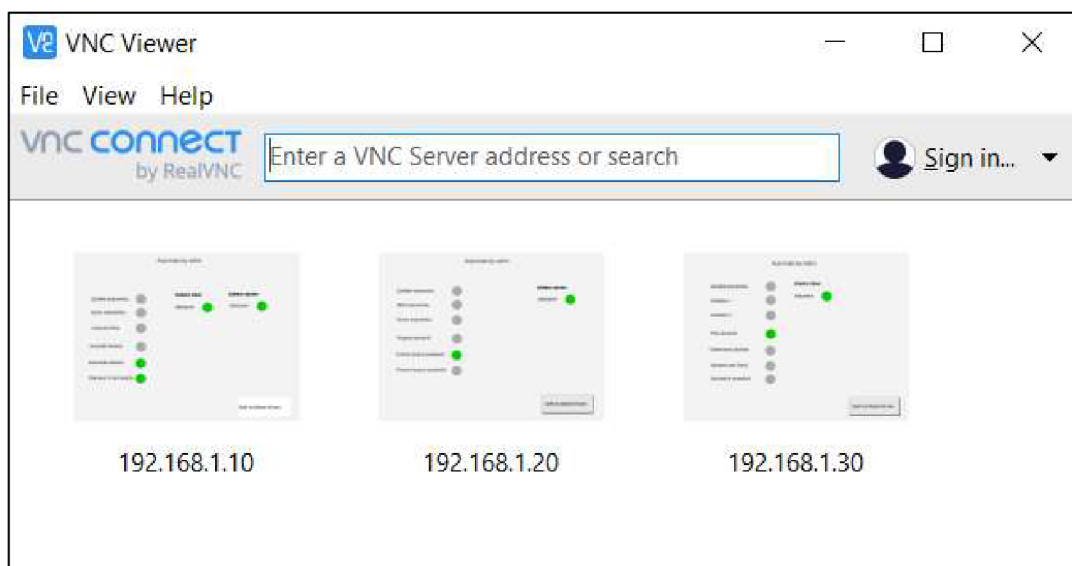
Samotný program je rozdělen do několika částí:

- **Global.type** – Globální typ proměnných umožní vytvořit námi navržené struktury, se kterými můžeme pracovat ve všech programech, které jsou obsaženy v projektu.
- **Global.var** – Proměnné jsou viditelné ve všech programech v projektu a dokážeme pomocí nich zajistit komunikaci mezi nimi.
- **Libraries** – Knihovny obsahují již předpřipravené funkční bloky a funkce, které jsou potřebné pro vytvoření programu.
- **ManageFile** – Obsahuje části INIT a CYCLIC, ve kterých je inicializace a aplikační kód.

3.2 VNC Viewer

VNC je zkratka pro Virtual Network Computing. Jedná se o multiplatformní systém sdílení obrazovky, který byl vytvořen pro vzdálené ovládání jiného počítače. To znamená, že obrazovku počítače, klávesnici a myš může vzdálený uživatel používat na dálku ze sekundárního zařízení, jako by seděl přímo před ním.

V tomto případě využíváme VNC Viewer k vizualizaci HMI panelu. Připojení je velice jednoduché a stačí znát pouze IP adresu stanice (Obrázek 14).



Obrázek 14: VNC Viewer
Zdroj: vlastní

4. Možnosti datového propojení zvolených stanic

Způsobů propojení je mnoho, ale jen některé se dají využít v této situaci. V následující části bych uvedl rozbor možných způsobů, jak strukturovat řídicí algoritmus linky. A to z hlediska možného zapojení hardwaru a počtu PLC, ale také softwaru. Počínaje distribuovaným systémem, kde každá stanice má svoje PLC a svůj program. Konče centrálním řízením, kde je jedno PLC a jeden program na celou linku.

4.1 Distribuovaný systém

V distribuovaném systému má každá stanice svoji vlastní řídicí jednotku a svůj jedinečný program. Toto řešení se vyznačuje svojí jednoduchostí. Všechny PLC zařízení jsou postaveny na stejné úrovni a žádné není vedeno jako master. Programy pro takto zvolenou metodu nejsou tak rozsáhlé a jsou tedy kratší a více přehledné. Každá stanice je programována zvlášť a funguje i jako samostatná jednotka. Což je jedna z největších výhod této metody a také hlavní důvod, proč bylo vybráno toto řešení. Stanice mohou pracovat samostatně bez komunikace nebo dalších propojení mezi dalšími stanicemi.

Distribuovaný systém má, ale také určité nevýhody a omezení se kterými se musí při realizaci počítat. Při propojení mezi stanicemi je komunikace omezena na určitý počet digitálních vstupů a výstupů stanic. Komunikace je omezena pouze na sousední stanice při použití diskretních signálů z ovládacího panelu. Řešení chyb je v této metodě trochu omezené.

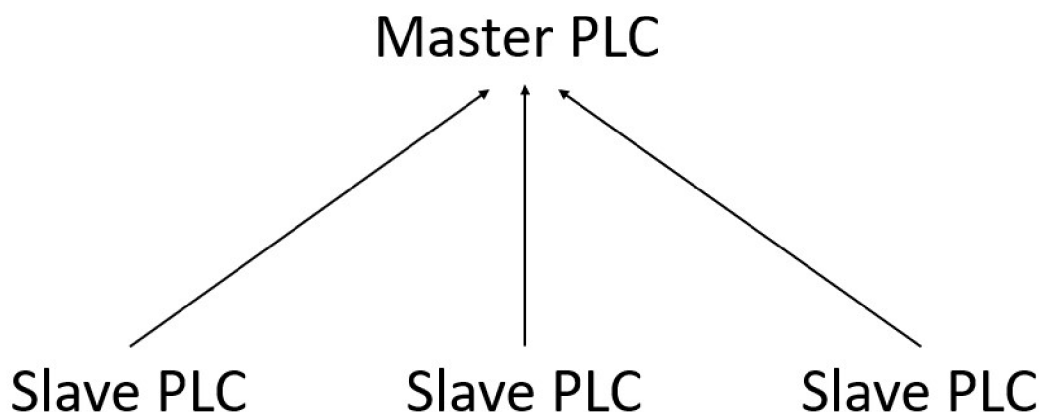


*Obrázek 15: Distribuovaný systém
Zdroj: vlastní*

4.2 Master stanice a Slave stanice

Tato varianta má jedno řídicí PLC jako Master a každá stanice má svoje PLC jako Slave. Slave řídicí jednotky se propojí do jedné řídicí jednotky Master. Každá stanice tedy dokáže pracovat samostatně, protože má svojí řídicí jednotku. Program je jednodušší, protože každá jednotka má svůj vlastní program. Výhodou oproti distribuovanému řízení díky jednotce Master je větší přehled o jednotlivých stavech na každé stanici při zapojení výrobní linky.

Nevýhodou této stanice je, že musíme mít další PLC, což je další finanční investice. Dále musíme mít další program pro tuto řídicí jednotku. Pospojování těchto PLC je také o něco složitější, než je v distribuovaném systému. Kvůli omezenému množství PLC modulů a větší komplikovanosti nebyla tato varianta vybrána.



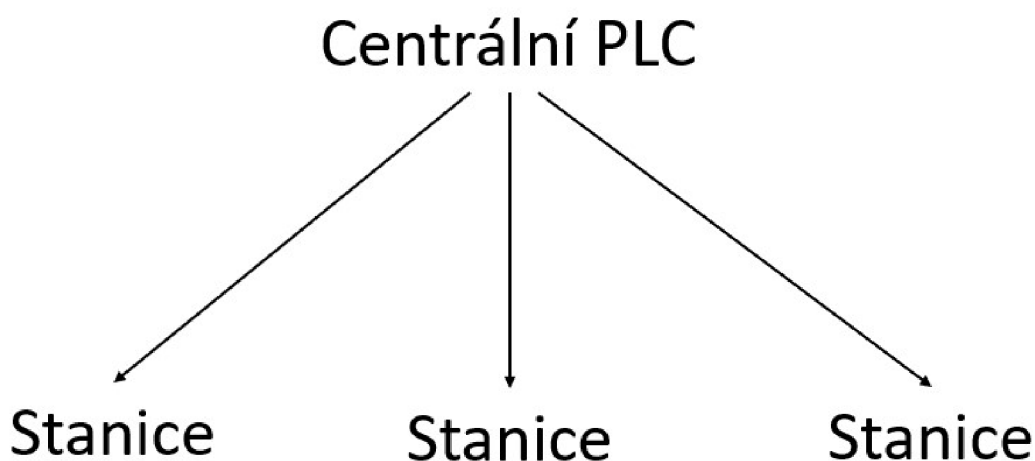
Obrázek 16: Master-slave systém
Zdroj: vlastní

4.3 Centrální řízení

V této variantě je potřeba na celou výrobní linku pouze jedna řídicí jednotka a pouze jeden program. Toto řešení je oproti distribuovanému řešení více komplikované. Výhodou centrálního řízení je, že programujeme pouze jeden program pro celou linku. Soustředíme se tedy na výrobní linku jako celek. Další výhodou určitě je ekonomická stránka, protože

k tomuto řešení nám stačí pouze jedno PLC, což oproti třem a více bude určitě znát. Při provozu výrobní linky bude také snadnější vyhodnocovat různé chyby, které mohou nastat na jednotlivých stanicích.

Hlavní nevýhodou tohoto zapojení určitě je, že se nedá použít pro chod samostatných stanic. To sice nebylo zadáním této diplomové práce, ale je to jedna z dalších možností, aby každá stanice mohla pracovat i samostatně. Což je tedy hlavní důvod, proč toto řešení nebylo zvoleno. Další nevýhodou je komplikovanost programu a jeho přehlednost, protože máme jeden program na všechny tři stanice.



*Obrázek 17: Centrální systém
Zdroj: vlastní*

4.4 Diskrétní vstupní a výstupní signály

Nejjednodušším možným řešením propojení jednotlivých stanic je použití diskrétních vstupních a výstupních signálů na ovládacím panelu. Popis ovládacího panelu se nachází v kapitole 2.1 Ovládací panel. Vstupní a výstupní konektory jsou vedeny pomocí 24 žilového vodiče do bloků svorkovnice. Ze svorkovnice jsou signály rozvedeny vodiči na digitální karty PLC. Propojení jednotlivých stanic je velmi jednoduché a jedná se pouze o propojení výstupních konektorů se vstupními konektory druhé stanice. Toto propojení je doprovázeno světelnou signalizací LED diodami.

Toto řešení je omezené na dva vstupy a dva výstupy mezi dvěma stanicemi. V tomto řešení je naprosto dostačující. Rozšíření pole působnosti nám umožní datové komunikační sběrnice.

4.5 Datové komunikační sběrnice

Ke sběru dat ze strojů je nutná spolehlivá komunikace, která zaručuje bezpečný přenos. V minulosti se pro komunikaci používaly sériové protokoly, sběrnice PROFIBUS, CAN, Modbus nebo CC-Link. Vše se stále používá.

Mnoho sítí nyní přechází na řešení založená na Ethernetu. Jednou z výhod Ethernetu je, že je flexibilní jak s topologií sítě, tak s počtem uzlů systému. V dnešní době se používá mnoho průmyslových protokolů. Nejpoužívanějšími jsou EtherCAT, EtherNet/IP, Profinet a Ethernet Powerlink.

4.5.1 Ethernet TCP/IP

Ethernet TCP/IP používá TCP port pro tzv. explicitní zasilání zpráv. To znamená, že systém odešle klientovi data jako odpověď na konkrétní požadavek. Ethernet TCP/IP používá protokol TCP/IP, který explicitně spravuje spojení mezi klientem a serverem. TCP, která je součástí sítě TCP/IP pomáhá fragmentovat datové pakety, aby datové zprávy mohly dosáhnout svého cíle. IP se zabývá pouze pakety. TCP umožňuje dvěma hostitelům navázat spojení a vyměňovat si data.

4.5.2 Profinet

Profinet vznikl z Profibusu, což je klasická sériová sběrnice založená na průmyslovém Ethernetu. Na rozdíl od Profibusu je Profinet rychlejší a pružnější komunikací pro řízení časově náročných aplikací. Profinet je přední komunikační řešení ve světovém průmyslu. Komunikace Profinet je deterministická, což umožňuje podporu automatizačních systémů s předdefinovanými vstupními/výstupními strukturami a jejich přesným načasováním.

4.5.3 Ethernet Powerlink

Powerlink je standardní systém vycházející ze standardu Ethernetu a představuje druhou generaci průmyslových sběrnic. Díky tomu je poprvé možné využívat všechny výhody výpočetních technologií v automatizaci. Powerlink je ideálním protokolem pro pohony, vstupy a výstupy, vizualizaci a výměnu dat mezi systémy automatů.

Aby bylo možné dosáhnout schopností v reálném čase, spoléhá Powerlink na smíšenou proceduru dotazování a časového slotu, která umožňuje přenášet data vždy pouze jednomu uzlu. Síť Powerlink využívají následující komunikační strukturu: jeden uzel – např. PLC, pohybový kontrolér nebo průmyslové PC – je libovolně určen jako řídicí uzel. Všechna ostatní zařízení fungují jako řízené uzly (CN).

Ethernet Powerlink plně zapadá do integrované komunikační strategie firmy B&R a jako takový může být použit k přenosu dat pro vizualizaci, výměně dat mezi řídicími systémy i k programování.

5. Program výrobní linky

5.1 Propojení stanic

Každá stanice je vybavena svým řídicím systémem. Komunikační propojení je tedy podle distribuovaného systému. Vzorový program slouží pro stanici v samostatném režimu, ale také pro ukázkou při zapojení výrobní linky. Propojení do výrobní linky je zvoleno pomocí diskretních vstupů a výstupů na ovládacím panelu.

Zapojení mezi dvěma stanicemi je provedeno pěti vodiči jako je na Obrázek 18. Je důležité, aby byly vodiče zapojeny správně, protože by jinak nedocházelo ke správné výměně signálů mezi stanicemi.

Signál Q7 (*ConnectedR*) a Q5 (*ConnectedL*) slouží jako informace o připojení stanice vlevo nebo vpravo. Q6 (*Done*) dává signál sousední stanici o dokončení jejího procesu. Signál Q4 (*Ready*) je vysílán v moment, kdy sousední stanice je připravena přijmout obrobek a pokračovat v cyklu.

Tabulka 2 popisuje propojení dvou sousedních stanic a předpokládá se, že tok produkce je zleva do prava

Tabulka 2: Propojení vodičů

zapojení	popis
Q6→I4	signál o dokončení výrobě stanice před
Q7→I5	signál o připojení stanice před
I6←Q4	signál o připravenosti stanice
I7←Q5	signál o připojení stanice
GND↔GND	



Obrázek 18: Propojení mezi stanicemi
Zdroj: vlastní

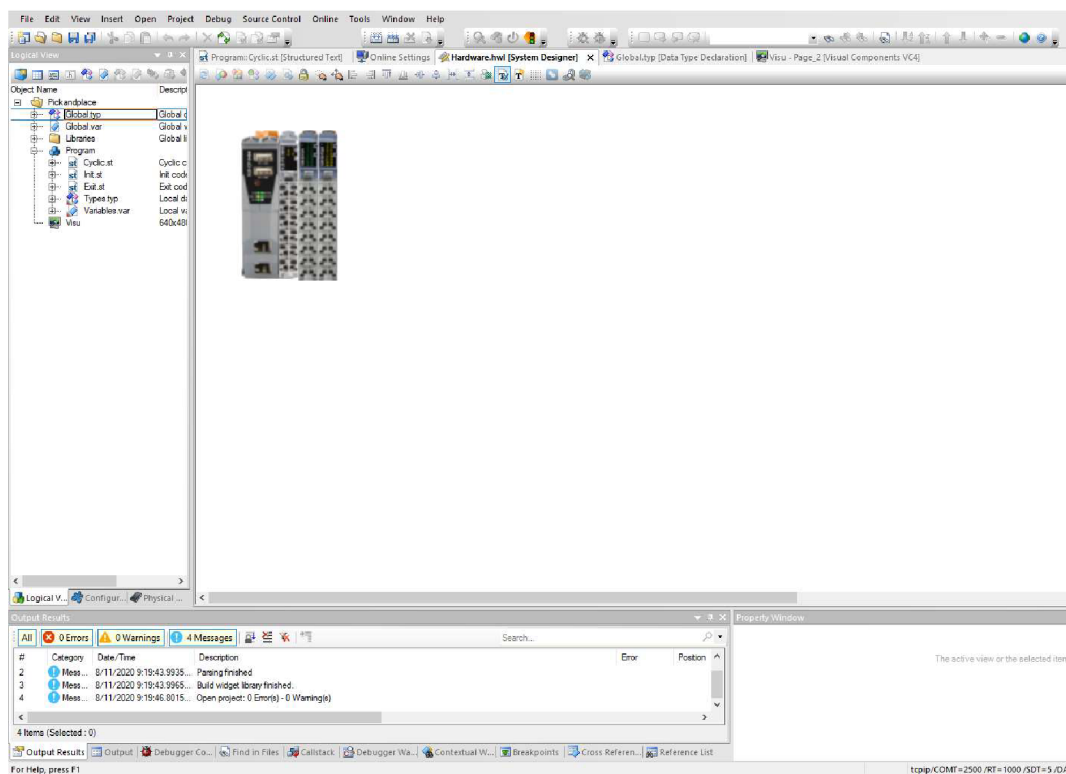
Legenda ke značení:

Tabulka 3: Označení

označení	popis
I4	stanice vlevo dokončila výrobu
Q4	stanice je připravena převzít výrobek
I5	stanice vlevo je připojena
Q5	stanice je připojena
I6	stanice vpravo je připravena převzít výrobek
Q6	Stanice vpravo dokončila výrobu
I7	stanice vpravo je připojena
Q7	stanice je připojena

5.1 Provedení v Automation Studiu

Po zapojení došlo ke kontrole, jestli někde v obvodu nejsou zkratky a cesty z PLC byly proměřeny. Následně byl vytvořen projekt v Automation Studiu, kam byl vložen a byla nastavena hardwarová konfigurace, podle reálných komponentů.



Obrázek 19: Hardwarová konfigurace
Zdroj: vlastní

Poté byla provedena inicializace a napsána struktura globálních proměnných, která byla odzkoušena na mapování DI/DO kanálů, jak simulacně, tak následně reálně na stanici. Takto bylo zkontrolováno, zda všechno funguje jak má.

➔ DigitalOutput01	::gControlPanel.Outs.indStartBtn	BOOL	➔ DigitalInput01	::gControlPanel.Ins.btnStart	BOOL
➔ DigitalOutput02	::gControlPanel.Outs.indResetBtn	BOOL	➔ DigitalInput02	::gControlPanel.Ins.btnStop	BOOL
➔ DigitalOutput03	::gControlPanel.Outs.ind_Q1	BOOL	➔ DigitalInput03	::gControlPanel.Ins.keyManual	BOOL
➔ DigitalOutput04	::gControlPanel.Outs.ind_Q2	BOOL	➔ DigitalInput04	::gControlPanel.Ins.btnReset	BOOL
➔ DigitalOutput05	::gControlPanel.Outs.sig_Q4	BOOL	➔ DigitalInput05	::gControlPanel.Ins.sig_I4	BOOL
➔ DigitalOutput06	::gControlPanel.Outs.sig_Q5	BOOL	➔ DigitalInput06	::gControlPanel.Ins.sig_I5	BOOL
➔ DigitalOutput07	::gControlPanel.Outs.sig_Q6	BOOL	➔ DigitalInput07	::gControlPanel.Ins.sig_I6	BOOL
➔ DigitalOutput08	::gControlPanel.Outs.sig_Q7	BOOL	➔ DigitalInput08	::gControlPanel.Ins.sig_I7	BOOL
➔ DigitalOutput09	::gMachine.HW.Outs.ConveyorForward	BOOL	➔ DigitalInput09	::gMachine.HW.Ins.ItemAtConvBegin	BOOL
➔ DigitalOutput10	::gMachine.HW.Outs.ConveyorReverse	BOOL	➔ DigitalInput10	::gMachine.HW.Ins.ItemAtConvMiddle	BOOL
➔ DigitalOutput11	::gMachine.HW.Outs.SeparatorAdvance	BOOL	➔ DigitalInput11	::gMachine.HW.Ins.NoItemAtConvEnd	BOOL
➔ DigitalOutput12	::gMachine.HW.Outs.SlideRetract	BOOL	➔ DigitalInput12	::gMachine.HW.Ins.SlideRetracted	BOOL
➔ DigitalOutput13	::gMachine.HW.Outs.SlideAdvance	BOOL	➔ DigitalInput13	::gMachine.HW.Ins.SlideAdvanced	BOOL
➔ DigitalOutput14	::gMachine.HW.Outs.Suction	BOOL	➔ DigitalInput14	::gMachine.HW.Ins.SuctionCupUp	BOOL
➔ DigitalOutput15	::gMachine.HW.Outs.VacuumOn	BOOL	➔ DigitalInput15	::gMachine.HW.Ins.ItemPickUp	BOOL
➔ DigitalOutput16		BOOL	➔ DigitalInput16		BOOL

Obrázek 20: Mapování vstupů a výstupů PLC
Zdroj: vlastní

5.1.1 Struktura programu

Program je psaný jazykem *Structured Text*. Pro realizaci byl zvolen stavový automat. Hlavní výhodou této realizace je řešení každého jednotlivého stavu a po splnění podmínek přesunutí na následující stav. Dobře se v tomto provedení hledají chyby a je snadné napsat i složitější kód, protože postupujeme stav po stavu.

5.1.2 Grafické ovládací rozhraní

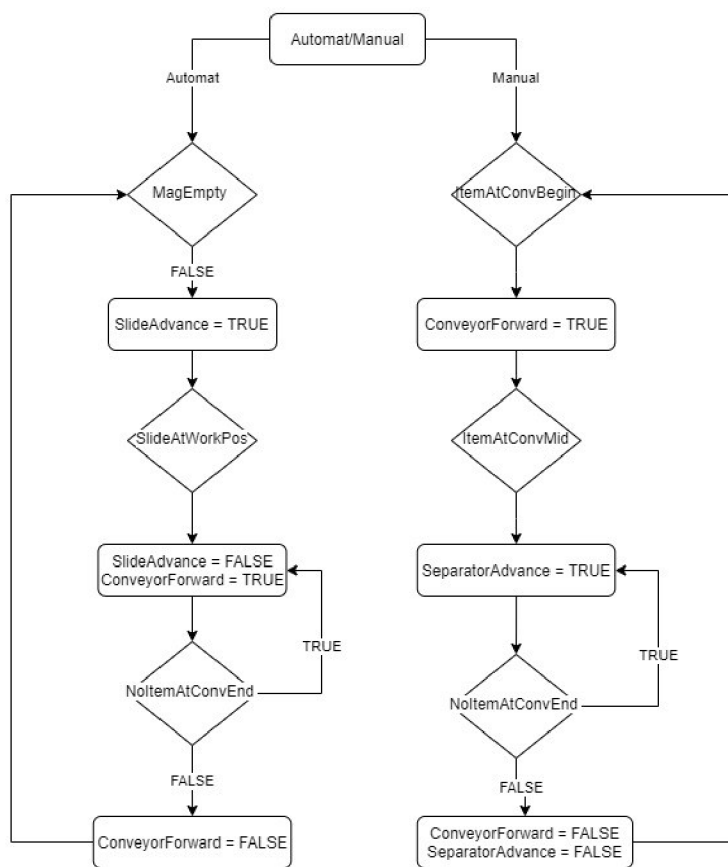
Vizualizace byla vytvořena, abychom v manuálním režimu mohli na dotykové obrazovce ovládat jednotlivé periferie samostatně. Ke stanici zatím dotykový panel není připojen, tudíž se využívá virtuální obrazovky na PC, kde k tomuto využíváme aplikaci VNC Viewer. Klíčkem Auto/Manual dostáváme přístup na hlavní obrazovce k dalšímu postupu. Je to základní ochrana, kdyby se spustil program a někdo začal hýbat s jednotlivými periferiemi. Na obrazovce Demo vidíme všechny senzory a po spuštění programu můžeme zkontrolovat stavy jednotlivých senzorů.

Manuální režim				
		Senzor	Označení	Stav
Dopravník vpřed / G1KF1-1	<input type="radio"/>	Začátek dopravníku	G1BG1	<input type="radio"/>
Dopravník vzad / G1KF1-2	<input type="radio"/>	Konec dopravníku	G1BG3	<input type="radio"/>
Separator / G1MB1	<input type="radio"/>	Uchycení víčka	G2BP1	<input type="radio"/>
Zasunout rameno / G2MB1	<input type="radio"/>	wysunuté rameno	G2BG2	<input type="radio"/>
Vysunout rameno / G2MB2	<input type="radio"/>	Zasunuté rameno	G2BG1	<input type="radio"/>
Zasunout rameno / G2MB3	<input type="radio"/>	Rameno v horní poloze	G2BG3	<input type="radio"/>
Vacuum ON / G2MB4	<input type="radio"/>			
				<input type="button" value="Zpět na hlavní stranu"/>

Obrázek 21: Vizualizace manuálního režimu
Zdroj: vlastní

5.2 Distribuční stanice

Pracovní cyklus Distribuční stanice se zahájí stisknutím tlačítka Start a dojde k vysunutím podavače (C2MB1), který přesune obrobek ze zásobníku na pás. Následně je obrobek zaznamenán optickým senzorem (G1BG2), který se nachází uprostřed dopravníkového pásu. Dalším krokem je pohyb dopravníkového pásu vpřed. Obrobek se zastaví v moment, kdy je zaznamenán na konci dopravníkového pásu optickým senzorem (G1BG3), kde čeká obrobek na odebrání.



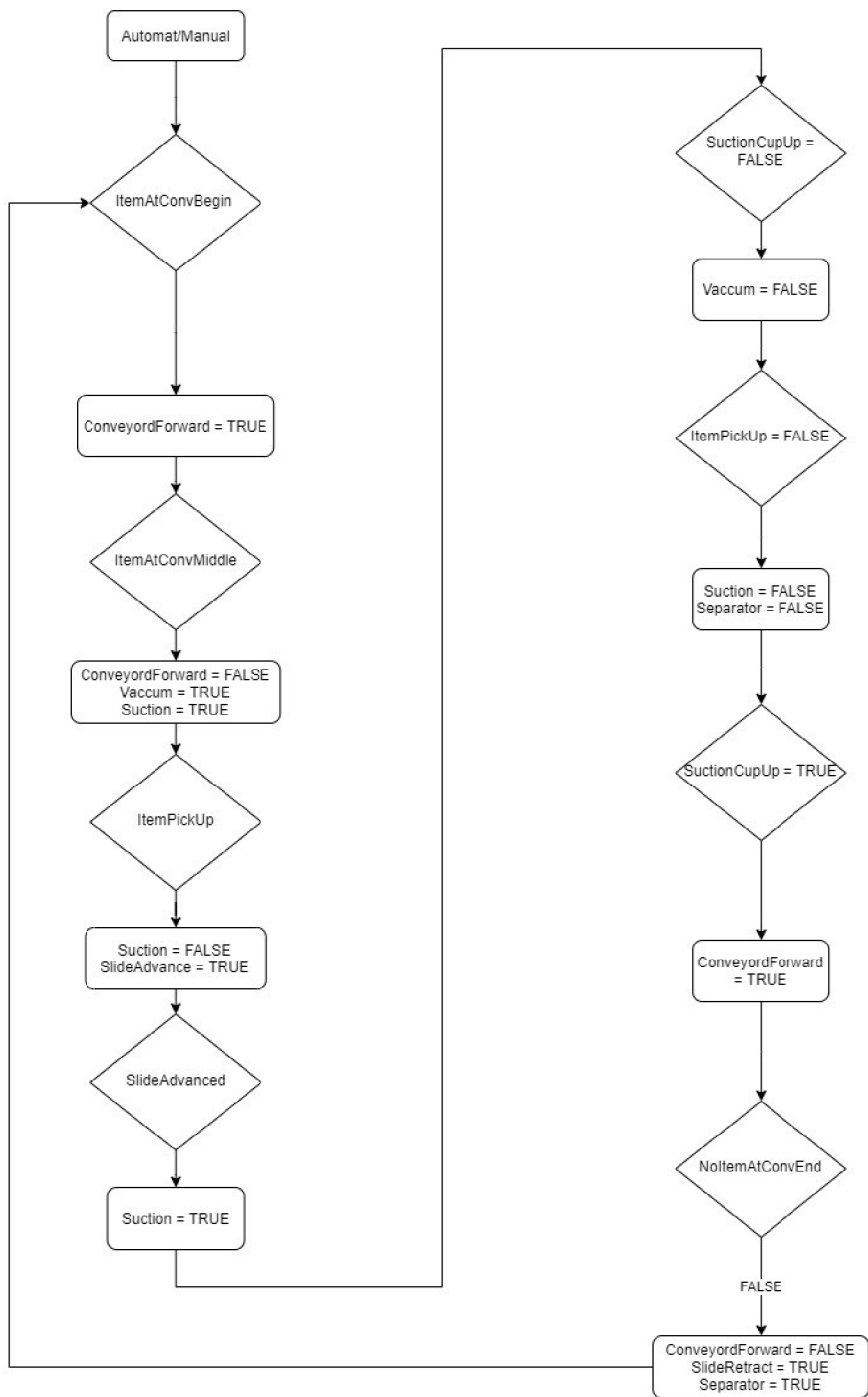
Obrázek 22: Vývojový diagram Distribuční stanice
Zdroj: vlastní

5.3 Stanice Pick and place

Pracovní cyklus stanice Pick and place se zahájí stisknutím tlačítka Start a následnou detekcí obrobku na začátku dopravníkové pásu optickým senzorem (*G1BG1*). Po zaznamenání obrobku je uveden dopravníkový pás do pohybu. Následně je obrobek zastaven separátorem (*G1MB1*).

Modul pick and place uchopí víčko ze zásobníku. Uchopení je detekováno senzorem (*G2BP1*) a umístí ho na již připravený obrobek. Modul pick and place se vrátí do výchozí pozice, kdy je pneumatický válec v horní pozici (*G2BG3*) a rameno je zatažené (*G2BG1*).

Zkompletovaný obrobek s víčkem je uvolněn separátorem (*G1MB1*). Dopravníkový pás se dává opět do pohybu vpřed. Obrobek s víčkem je na konci dopravníkového pásu zastaven optickým senzorem (*G1BG3*) a čeká na odebrání.



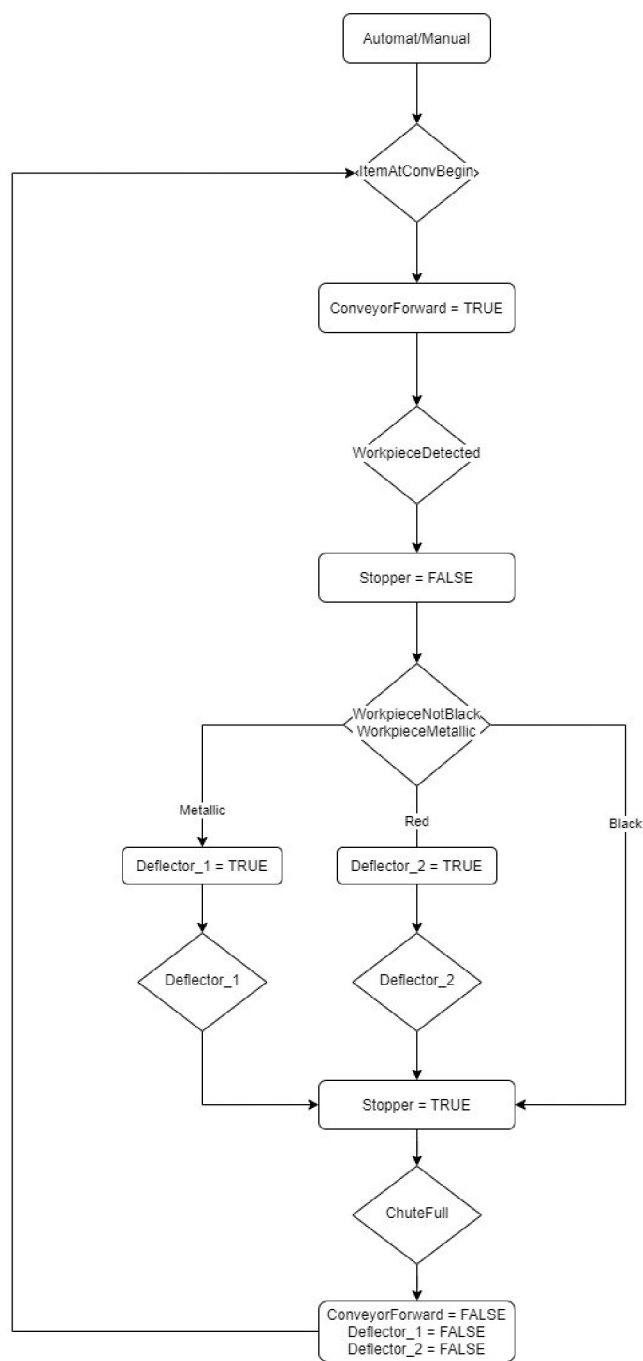
Obrázek 23: Pracovní cyklus stanice Pick and Place
Zdroj: vlastní

5.4 Třídící stanice

Pracovní cyklus Třídící stanice se zahájí stisknutím tlačítka Start a následnou detekcí obrobku na začátku dopravníkové pásu optickým senzorem (*GIBG1*). Po zaznamenání obrobku je uveden dopravníkový pás do pohybu. Obrobek je zastaven vysunutým stoperem (*GIMB3*). Stanice dokáže detekovat tři varianty obrobku:

- První variantou je detekce kovového obrobku indukčním snímačem (*BIBG3*), světelnou závorou (*BIBG1*) a optickým senzorem (*BIBG2*).
 - Deflektor č.1 (*GIMB1*) se vysune.
 - Deflektor č.2 (*GIMB2*) se zasune.
 - Stoper (*GIMB3*) se zasune.
 - Obrobek se roztrídí do prvního skluzu.
- Druhou variantou je detekce červené barvy světelnou závorou (*BIBG1*) a optickým snímačem (*BIBG2*).
 - Deflektor č.1 (*GIMB1*) se zasune.
 - Deflektor č.2 (*GIMB2*) se vysune.
 - Stoper (*GIMB3*) se zasune.
 - Obrobek se roztrídí do druhého skluzu.
- Třetí variantou je detekce černé barvy světelnou závorou (*BIBG1*).
 - Deflektor č.1 (*GIMB1*) se zasune.
 - Deflektor č.2 (*GIMB2*) se zasune.
 - Stoper (*GIMB3*) se zasune.
 - Obrobek se roztrídí do třetího skluzu.

Po roztrídění obrobku do skluzu se dopravníkový pás zastaví. Naplnění skluzů obrobky je kontrolováno optickým snímačem (*GIBG3*).



Obrázek 24: Pracovní cyklus třídící stanice
Zdroj: vlastní

5.5 Výrobní linka

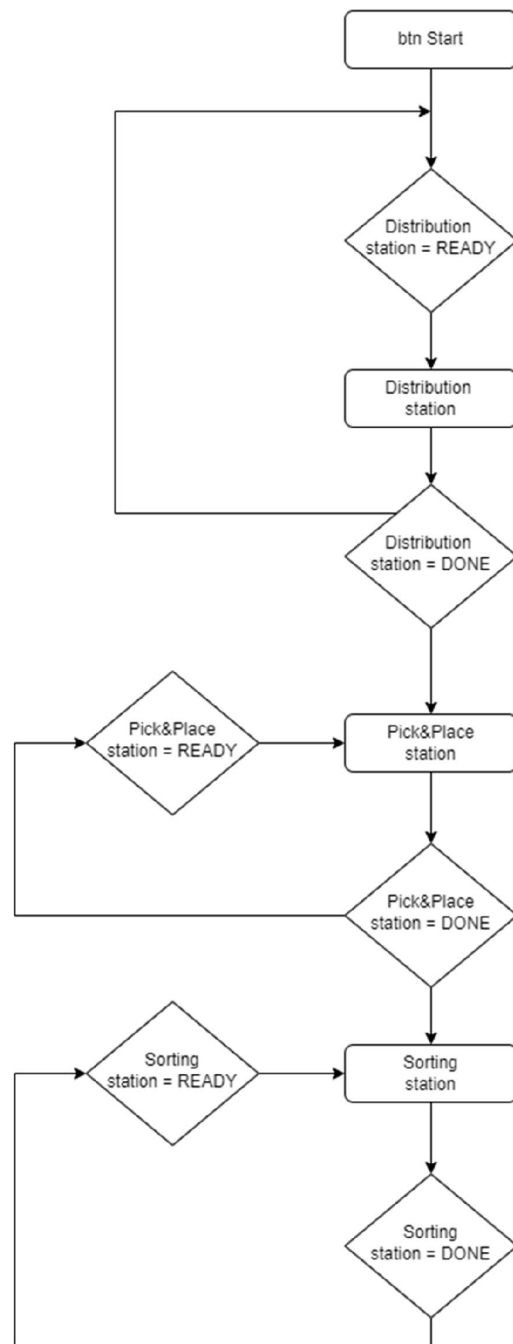
Úlohy musejí být zapojeny v pořadí jak zachycuje Obrázek 2. První stanice je Distribuční stanice následuje stanice Pick and place a poslední je třídící stanice. Pro správnou funkčnost je potřeba, aby pracovní stoly se stanicemi byly co nejbližší u sebe a dopravníkové pásy navazovaly na sebe.

Zahájení pracovního cyklu se provede zmáčknutím tlačítka *Start* na Distribuční stanici. Po projetí pracovního cyklu na první stanici se obrobek zastaví na konci dopravníkového pásu. Do následující stanice tedy Pick and place se posílá signál, že stanice dokončila pracovní cyklus. Zároveň čeká na signál ze stanice Pick and place, že je připravená přijmout obrobek a pokračovat v následujícím cyklu. V momentě, kdy druhá stanice přijímá obrobek, začíná první stanice opět svůj pracovní cyklus automaticky, a to bez nutnosti zmáčknutí tlačítka *Start*.

Po dokončení pracovního cyklu na druhé stanici se obrobek opět zastaví na konci dopravníkového pásu. Stanice vysílá signál do následující stanice, že dokončila pracovní cyklus. Zároveň čeká na signál z následující stanice, že je připravená tento obrobek přijmout.

Třetí stanice tedy Třídící stanice přijme obrobek z předchozí stanice a dokončí svůj pracovní cyklus. Signál z této stanice už nikam neodchází.

Program se opakuje cyklicky do momentu, kdy distribuční stanici dojdou obrobky nebo stanici Pick and place dojdou víčka anebo v Třídící stanici budou plné skluzy. Dále se celý cyklus dá zastavit tlačítkem *Stop*, a to na jakékoli stanici.

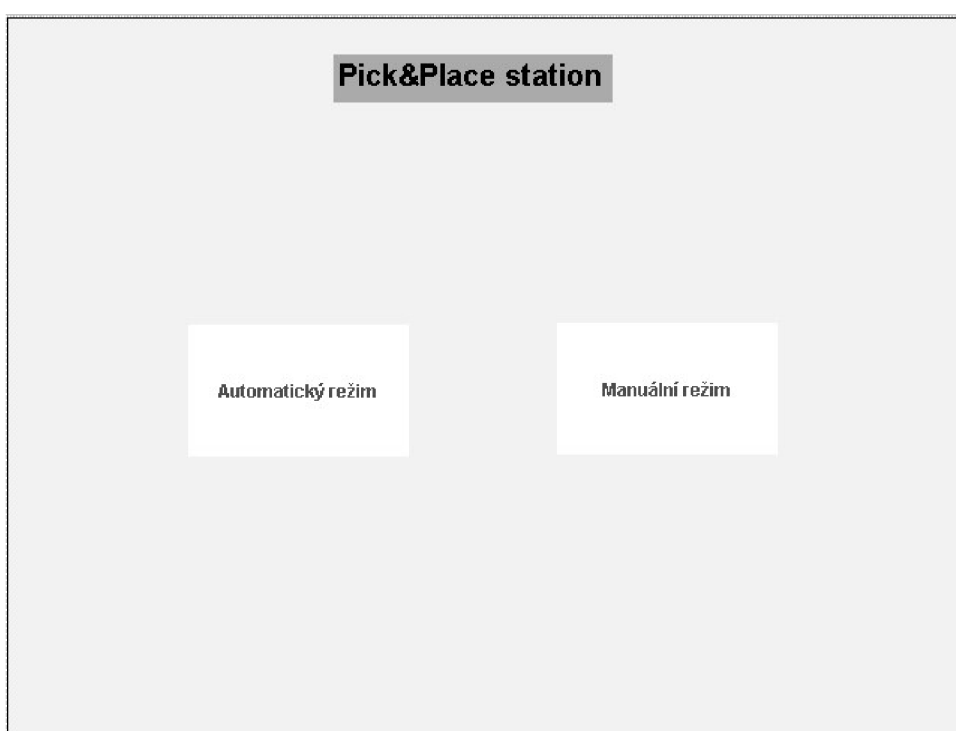


Obrázek 25: Pracovní cyklus výrobní linky
Zdroj: vlastní

5.6 Vizualizace a ovládání

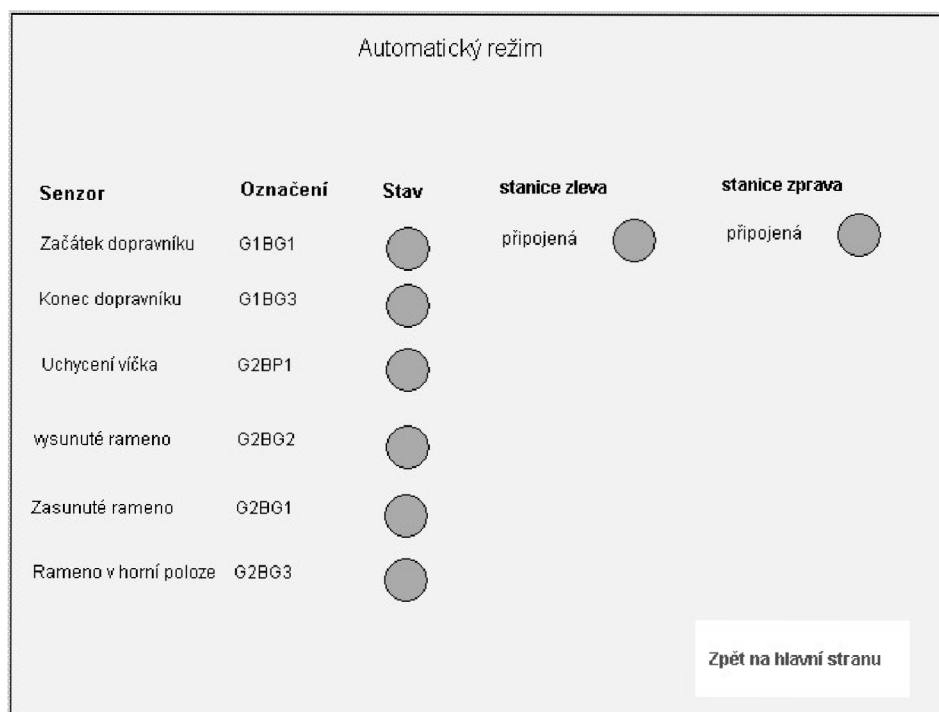
Jednotlivé stanice lze ovládat pomocí jejich ovládacích panelů, které jsou přidělaný z čela stanice nebo pomocí grafického rozhraní. Grafické rozhraní je navrženo pro HMI panel, na kterém by bylo vhodné sledovat stavy a informace o pracovním cyklu. Pro ukázkou využijeme programu VNC Viewer přes který se připojíme k jednotlivým stanicím.

Na úvodní obrazovce můžeme zvolit mezi automatickým režimem neboli vzorovým programem a manuálním režimem.



Obrázek 26: Úvodní obrazovka
Zdroj: vlastní

Automatický režim je podmíněn otočením klíčku na ovládacím panelu v poloze pro automatický režim. V levé části jsou informace o jednotlivých senzorech s jejich označením. Pokud je senzor aktivní, kontrolka svítí zeleně. Na pravé straně obrazovky máme informaci, zda jsou ke stanici připojené i sousední stanice.



Obrázek 27: Vizualizace společného zapojení stanic
Zdroj: vlastní

V manuálním režimu musíme mít klíček na ovládacím panelu nastaven v poloze pro manuální režim. V levé části jsou výstupní proměnné, které lze ovládat. V pravé části jsou vstupní proměnné, na kterých lze sledovat jejich aktuální stav.

Manuální režim				
		Senzor	Označení	Stav
Dopravník vpřed / G1KF1-1	<input type="radio"/>	Začátek dopravníku	G1BG1	<input type="radio"/>
Dopravník vzad / G1KF1-2	<input type="radio"/>	Konec dopravníku	G1BG3	<input type="radio"/>
Separator / G1MB1	<input type="radio"/>	Uchycení víčka	G2BP1	<input type="radio"/>
Zasunout rameno / G2MB1	<input type="radio"/>	vystrčené rameno	G2BG2	<input type="radio"/>
Vystrčit rameno / G2MB2	<input type="radio"/>	Zasunuté rameno	G2BG1	<input type="radio"/>
Zasunout rameno / G2MB3	<input type="radio"/>	Rameno v horní poloze	G2BG3	<input type="radio"/>
Vacuum ON / G2MB4	<input type="radio"/>			
		Zpět na hlavní stranu		

Obrázek 28: Manuální režim
Zdroj: vlastní

6. Shrnutí realizace výrobní linky

Z dostupných stanic, které byly k dispozici se zvolily stanice Distribuční, Pick and place a Třídící stanice. Z těchto stanic se vytvořila výrobní linka, na které můžeme demonstrovat základní funkce pásové výroby v praxi.

Při samotném vytvoření simulační úlohy nastaly problémy se špatnou polohou některých senzorů, které bylo nutno poupravit, aby snímaly, jak bylo potřeba. Jednalo se například o vysunutí ramene do pracovní polohy, kdy hrozilo že dojde k trvalé deformaci uchopovací přísavky.

Jedním z úkolů bylo vytvořit software pro ovládní výrobní linky v prostředí Automation Studio. Program je psán ve strukturovaném textu a formou stavového automatu, který je pro tento typ úloh nevhodnější. Byla vytvořena vizualizace, která slouží hlavně pro naši kontrolu, co se týče funkčnosti periférií a senzorů. Stanice zatím neobsahují dotykový panel, takže zobrazení vizualizace je možné pomocí technologie VNC.

Komunikace je provedena diskretními vstupními a výstupními signály z ovládacího panelu. Samotný ovládací panel, který je nainstalovaný ke stanici je připravený na připojení různých vstupních a výstupních zařízení. Tyto vstupní a výstupní porty byly využity pro přenos signálů mezi stanicemi, které poslouží jako komunikace mezi stanicemi.

Výrobní linka není omezena jen na tři stanice. Další rozšíření této práce by mohlo spočívat v přidání dalších výrobních stanic. Nejlépe k tomuto komunikačnímu propojení poslouží diskretní signály na ovládacím panelu. Doplněním dotykových panelů ke každé stanici by se nemusel používat program VNC Viewer pro vizualizaci.

Závěr

Tématem této diplomové práce bylo seznámit se s laboratorními úlohami a vytvořit základní simulační úlohu pro jednotlivé pracoviště a poté tyto stanoviště spojit dohromady, kterou by studenti měli jako předlohu pro svoji studentskou práci nebo projekt.

Jedním z úkolů bylo seznámit se s vývojovým prostředím Automation Studio. Tento software byl využit již dříve u bakalářského projektu. Technická univerzita v Liberci úzce spolupracuje s firmou B&R a umožňují se účastnit školení v jejich výcvikovém centru v Praze.

Výstupem této diplomové práce jsou tři simulační úlohy pro jednotlivé pracoviště, které pracují samostatně anebo se dají úlohy spojit s navrženým řešením a pracují jako výrobní linka

V poslední řadě byly napsány návody pro studenty, kteří budou na těchto stanicích realizovat své studentské práce. Jedná se o tři návody pro samostatné úlohy, ve kterých je popis funkčních prvků na stanici. V návodu je vysvětlen pracovní cyklus, jak stanice pracuje v automatickém režimu. Jsou v něm popsány jednotlivé vstupy a výstupy a obsahuje stručný popis funkce stanice. Dále je v něm také popsáno, jak je realizováno propojení mezi PLC a svorkovnicí. Nakonec byl vytvořen návod i pro výrobní linku, ve kterém najdeme obdobně jako u návodů pro jednotlivé úlohy funkčnost, vizualizaci a mapování. Navíc v návodu najdeme, jak stanice správně propojit mezi sebou.

Seznam použité literatury

- [1] ZEMANOVÁ, Bohumila. PLC-Programovatelné automaty: Automatizační technika. SlidePlayer [online]. SlidePlayer.cz, ©2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2535859/>
- [2] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace. 1. díl. Praha: BEN, 1999. ISBN 80-860-58-9
- [3] JOHN, Kharl-Heinz; TIEGELKAMP, Michael. IEC 61131-3 Programming Industrial Automation Systems : Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision -Making Aids. 2nd E
- [4] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 2. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02925-5.
- [5] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty III. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02804-6.
- [6] B+R Automatizace. Automation Training Materials, 2009
- [7] B+R Automation. [on-line] <http://www.br-automation.com/>
- [8] Úvod do PROFIBUSu DP- 3 dílný seriál - 1. díl. PROFIBUS-PROFINET [online]. Copyright © 2021 [cit. 05.12.2021]. Dostupné z: <https://www.profibus-profinet.cz/12-blog/profibus/clanky/15-uvod-do-profibusu-dp-3-dilny-serial>
- [9] EtherNet / IP versus PROFINET | Automatizace.HW.cz. Automatizace.HW.cz | Elektronika v automatizaci [online]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/ethernet-ip-versus-profinet.html>

- [10] Object moved. Object moved [online]. Dostupné z: https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/ethernet-powerlink-komunikace-v-realnem-case-2001_03_33500_2769/
- [11] Festo Sorting Station. Circuit diagrams. 1. vyd. Denkendorf, Germany: Festo Didactic SE, 2017. Dostupné z: <https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/SortingStation/Documentation/Manual.pdf>
- [12] Festo Distributing/Conveyor station. Circuit diagrams. 2017. vyd. Denkendorf, Germany: Festo Didactic SE, 2017. Dostupné z: <https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/DistributionConveyorStation/Documentation/Manual.pdf>
- [13] Festo Pick and place station. Circuit diagrams. 2017. vyd. Denkendorf, Germany: Festo Didactic SE, 2017. Dostupné z: <https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/PickandPlaceStation/Documentation/Manual.pdf>

Příloha A Přiložený soubor s programem

- Soubor Vyrobní_linka_Hejduk.zip – projekt se zdrojovým kódem
- Diplomova_prace_2022_Dominik_Hejduk.pdf – tento dokument v elektronické podobě
- Festo_manual.zip – obsahuje návody k jednotlivým stanicím a výrobní linky

Příloha B Návod k stanici Pick and place



Pick and place stanice

Manuál

Autor: Bc. Dominik Hejduk

Liberec 2022

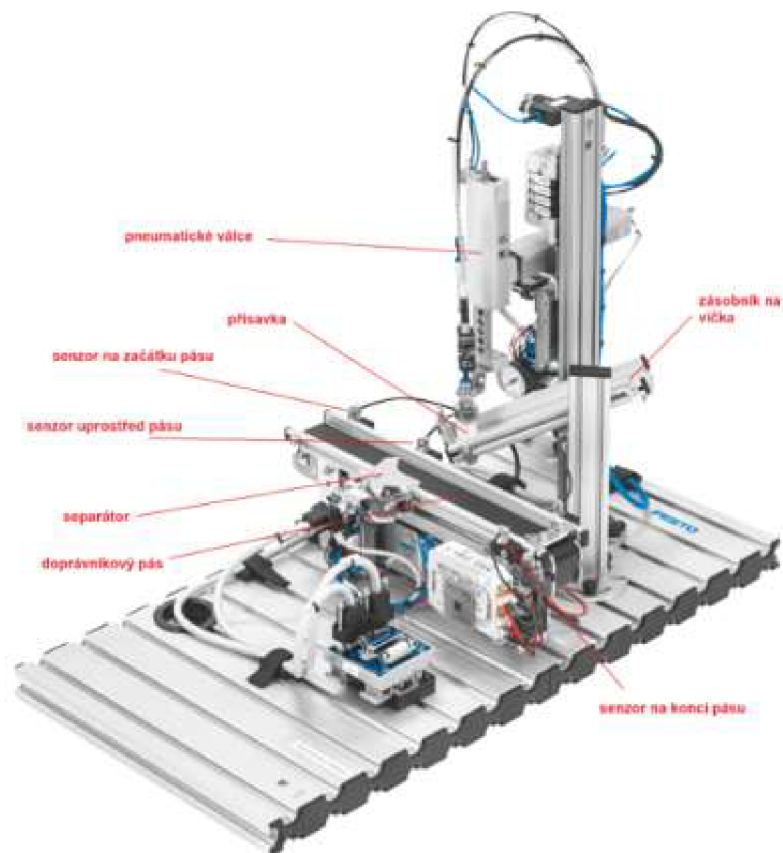


1. Funkce stanice

Stanice Pick and place skládá obrobky a víčka dohromady. Obrobek umístěný na začátku dopravníkového pásu je přepraven k separátoru.

Separátorem je obrobek zastaven na dopravníkovém pásu, kde modul pick and place ze zásobníku na víčka vezme víčko a umístí ho pomocí vakua na připravený obrobek.

Zkompletovaný výrobek je přepraven na konec dopravníkového pásu. Po odebrání výrobku se cyklus opakuje.



2. Připojení stanice

- Název programu: **Pickandplace.apj**
- IP adresa: **192.168.1.10**

3. Popis pracovního cyklu

- Detekce obrobku na začátku dopravníkové pásu optickým senzorem (G1BG1)
- Pohyb dopravníkového pásu vpřed
- Obrobek se zastaví separátorem (G1MB1)
- Modul pick and place uchopí víčko ze zásobníku, uchopení je detekováno senzorem (G2BP1) a umístí ho na již připravený obrobek
- Modul pick and place se vrátí do výchozí pozice, kdy je pneumatický válec v horní pozici (G2BG3) a rameno je zatažené (G2BG1)
- Výsledný obrobek je uvolněn separátorem (G1MB1)
- Pohyb dopravníkového pásu vpřed
- Výsledný obrobek je na konci dopravníku zastaven optickým senzorem (G1BG3) a čeká na odebrání

4. Vizualizace programu

Pro přístup k vizualizaci je nutné mít nainstalovaný program VNC Viewer a připojit se přes IP adresu stanice.



Úvodní obrazovka pro ovládání programu ukazuje, který režim je spustitelný podle polohy klíče na ovládacím panelu.

Automatický režim

Automatický režim				
Senzor	Označení	Stav	stanice zleva	stanice zprava
Začátek dopravníku	G1B01	<input type="radio"/>	připojená <input type="radio"/>	připojená <input type="radio"/>
Konec dopravníku	G1B03	<input type="radio"/>		
Uchycení víčka	G2B01	<input type="radio"/>		
vyšunuté rameno	G2B02	<input type="radio"/>		
Zasunuté rameno	G2B01	<input type="radio"/>		
Rameno v horní poloze	G2B03	<input type="radio"/>		

[Zpět na hlavní stranu](#)

- Aby program běžel správně, musí být naplněn zásobník s víčky
- Klíček musí být nastaven na automatický režim a stačí položit spodní část obrobku na začátek pásu, aby ho detekoval senzor.
- Poté se program již vykonává cyklicky. Na obrazovce kontrolujeme jednotlivé stavy senzorů.
- Pokud má stanice pracovat samostatně, nesmí kontrolka „připojená zleva“ a „připojená zprava“ svítit.

Manuální režim

Manuální režim				
		Senzor	Označení	Stav
<input type="checkbox"/> Dopravník vpřed / G1KF1-1	<input type="radio"/>	Začátek dopravníku	G1B01	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Dopravník vzad / G1KF1-2	<input type="radio"/>	Konec dopravníku	G1B03	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Separator / G1MB1	<input type="radio"/>	Uchycení víčka	G2BP1	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Zasunout rameno / G2MB1	<input type="radio"/>	vsunuté rameno	G2B02	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Vysunout rameno / G2MB2	<input type="radio"/>	Zasunuté rameno	G2B01	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Zasunout rameno / G2MB3	<input type="radio"/>	Rameno v horní poloze	G2B03	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Vacuum ON / G2MB4	<input type="radio"/>			

- Ruční ovládání nastavíme klíčkem do polohy manuál.
- Máme plnou kontrolu nad úlohou a je třeba dávat pozornost úkonům, které chceme vykonat.

5. Mapování



označení svorkovnice

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
I0	LI0	11	btnStart	start tlačítko	
I1	LI1	21	btnStop	stop tlačítko	
I2	LI2	12	keyManual	klíč	
I3	LI3	22	btnReset	reset tlačítko	
I4	LI4	13	sig_I4	I4	
I5	LI5	23	sig_I5	I5	
I6	LI6	14	sig_I6	I6	
I7	LI7	24	sig_I7	I7	
I8	PI0	15	ItemAtConvBegin	senzor na začátku pásu	G18G1
I9	PI1	25	ItemAtConvMiddle	senzor uprostřed pásu	G18G2
I10	PI2	16	ItemAtConvEnd	senzor na konci pásu	G18G3
I11	PI4	26	SlideRetracted	zatažené rameno	G28G1
I12	PI5	17	SlideAdvanced	vytažené rameno	G28G2
I13	PI6	27	SuctionCupUp	rameno v horní pozici	G28G3
I14	PI7	18	ItemPickUp	uchopení víčka	G28P1

Vstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
Q0	L00	11	indStartBtn	indikace tlačítka Start	
Q1	L01	21	indResetBtn	indikace tlačítka Reset	
Q2	L02	12	ind_Q1	indikace tlačítka Q1	
Q3	L03	22	ind_Q2	indikace tlačítka Q2	
Q4	L04	13	sig_Q4	Q4	
Q5	L05	23	sig_Q5	Q5	
Q6	L06	14	sig_Q6	Q6	
Q7	L07	24	sig_Q7	Q7	
Q8	P00	15	ConveyordForward	chod pásu vpřed	G1KF1-1
Q9	P01	25	ConveyordReverse	chod pásu vzad	G1KF1-2
Q10	P02	16	SeparatorAdvance	separator v pracovní pozici	G1MB1
Q11	P04	26	SlideRetract	zasunutí ramene nad zásobník	G2MB1
Q12	P05	17	SlideAdvance	vysunutí ramene nad pás	G2MB2
Q13	P06	27	Suction	posun ramene směrem dolů	G2MB3
Q14	P07	18	VacuumOn	zapnutí podtlaku	G2MB4

Výstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

6. Dokumentace

Manuál

<https://festodidacticw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/PickandPlaceStation/Documentation/Manual.pdf>

Zapojení

<https://festodidacticw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/PickandPlaceStation/Documentation/CircuitDiagrams.pdf>

Příloha C Návod k Třídící stanici



Třídící stanice

Manuál

Autor: Bc. Dominik Hejduk

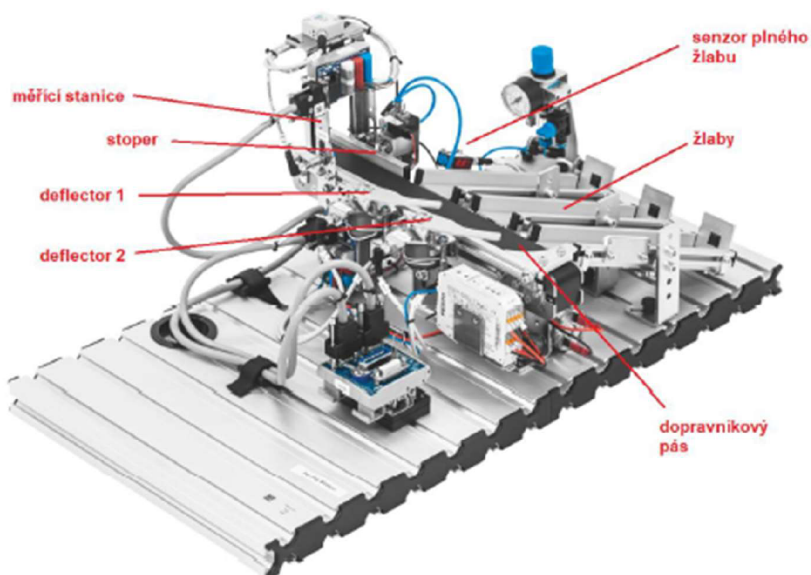
1

Liberec 2022



1. Funkce stanice

Třídící stanice třídí obrobky do tří skluzů. Obrobek se umístí na začátek dopravního pásu. Obrobky se zastaví pneumatickým stoperem, aby se zjistili jejich materiálové vlastnosti. Sensory v detekčním modulu dokáží zjistit materiál a barvu příslušného obrobku (černá, červená, metalická). Obrobky se třídí na příslušné skluzy pomocí elektricky ovládaných deflektorů. Reflexní senzor monitoruje hladinu naplnění žlabů.



2. Připojení stanice

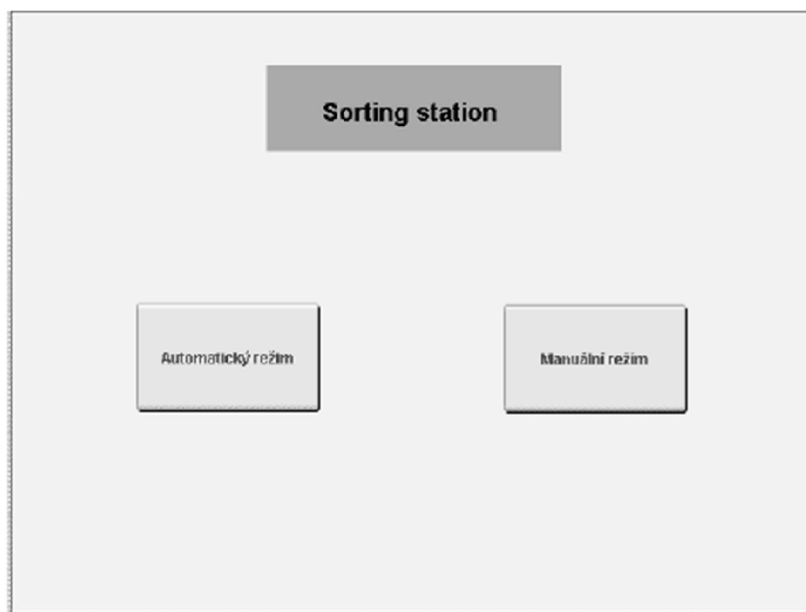
- Název programu: sor_station.apj
- IP adresa: 192.168.1.30

3. Popis pracovního cyklu

- Detekce obrobku na začátku dopravníku optickým senzorem (G1BG1)
- Pohyb dopravníku vpřed
- Detekce kovového obrobku indukčním snímačem (B1BG3), světelnou závorou (B1BG1) a optickým senzorem (B1BG2)
 - Deflektro č.1 (G1MB1) se vysune
 - Deflektor č.2 (G1MB2) se zasune
 - Stoper (G1MB3) se zasune
 - Obrobek se roztrídí do prvního skluzu
- Detekce červené barvy světelnou závorou (B1BG1) a optickým snímačem (B1BG2)
 - Deflektro č.1 (G1MB1) se zasune
 - Deflektor č.2 (G1MB2) se vysune
 - Stoper (G1MB3) se zasune
 - Obrobek se roztrídí do druhého skluzu
- Detekce černé barvy světelnou závorou (B1BG1)
 - Deflektro č.1 (G1MB1) se zasune
 - Deflektor č.2 (G1MB2) se zasune
 - Stoper (G1MB3) se zasune
 - Obrobek se roztrídí do třetího skluzu
- Kontrola naplnění skluzů reflexním optickým snímačem (G1BG3)
- Dopravník se zastaví
- Stoper (G1MB3) se vysune

4. Vizualizace programů

Pro přístup k vizualizaci je nutné mít nainstalovaný program VNC viewer.



Úvodní obrazovka pro ovládání programu ukazuje, který režim je spustitelný podle polohy klíče na ovládacím panelu.

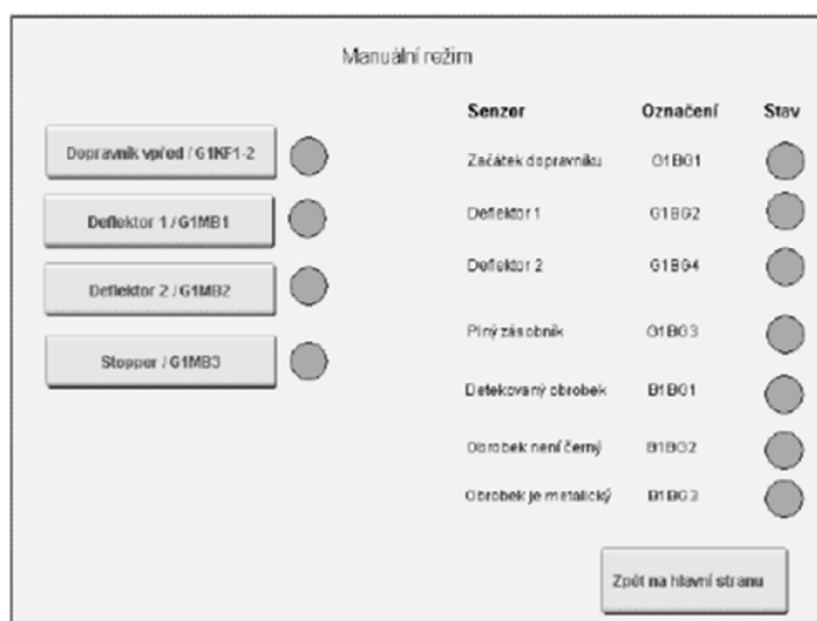
Automatický režim

Automatický režim			
Senzor	Označení	Stav	stanice zleva
Začátek dopravníku	G1B01	<input type="radio"/>	připojená <input checked="" type="radio"/>
Deflektor 1	G1B02	<input type="radio"/>	
Deflektor 2	G1B04	<input type="radio"/>	
Plný zásobník	O1B03	<input type="radio"/>	
Detekovaný obrobek	B1B01	<input type="radio"/>	
Obrobek není černý	B1B02	<input type="radio"/>	
Obrobek je metalický	B1B03	<input type="radio"/>	

[Zpět na hlavní stranu](#)

- Aby program běžel správně, musí být naplněn zásobník víčky obrobku.
- Klíček musí být nastaven na automatický režim a stačí položit spodní část obrobku na začátek pásu, aby ho detekoval senzor.
- Poté se program již vykonává cyklicky. Na obrazovce kontrolujeme jednotlivé stavy senzorů.
- Pokud má stanice pracovat samostatně, nesmí kontrolka „připojená zleva“ svítit.

Manuální režim



- Ruční ovládní nastavíme klíčkem do polohy manuál.
- Máme plnou kontrolu nad úlohou a je třeba dávat pozornost úkonům, které chceme vykonat.

5. Mapování



označení svorkovnice

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
I0	LI0	11	btnStart	start tlačítko	
I1	LI1	21	btnStop	stop tlačítko	
I2	LI2	12	keyManual	kliče	
I3	LI3	22	btnReset	reset tlačítko	
I4	LI4	13	sig_I4	I4	
I5	LI5	23	sig_I5	I5	
I6	LI6	14	sig_I6	I6	
I7	LI7	24	sig_I7	I7	
I8	PI0	15	ItemAtConvBegin	senzor na začátku pásu	G1BG1
I9	PI1	25	Deflector_1	senzor deflectoru 1	G1BG2
I10	PI2	16	ChuteFull	plný žlab	G1BG3
I11	PI3	26	Deflector_2	senzor deflectoru 2	G1BG4
I12	PI4	17	WorkpieceDetected	detekovaný obrobek	B1BG1
I13	PI5	27	WorkpieceNotBlack	obrobek není černý	B1BG2
I14	PI6	18	WorkpieceMetallic	obrobek je metalický	B1BG3

Vstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
Q0	L00	11	indStartBtn	indikace tlačítka Start	
Q1	L01	21	indResetBtn	indikace tlačítka Reset	
Q2	L02	12	ind_Q1	indikace tlačítka Q1	
Q3	L03	22	ind_Q2	indikace tlačítka Q2	
Q4	L04	13	sig_Q4	Q4	
Q5	L05	23	sig_Q5	Q5	
Q6	L06	14	sig_Q6	Q6	
Q7	L07	24	sig_Q7	Q7	
Q8	P00	15	ConveyordForward	chod pásu vpřed	G1KF1-2
Q9	P01	25	Deflector_1	vysunutí deflektoru 1	G1MB1
Q10	P02	16	Deflector_2	vysunutí deflektoru 2	G1MB2
Q11	P03	26	Stopper	vysunutí stopperu	G1MB3

Výstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

6. Dokumentace

Manuál

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/SortingStation/Documentation/Manual.pdf>

Zapojení

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/SortingStation/Documentation/CircuitDiagrams.pdf>

Příloha D Návod k Distribuční stanici



Distribuční stanice

Manuál

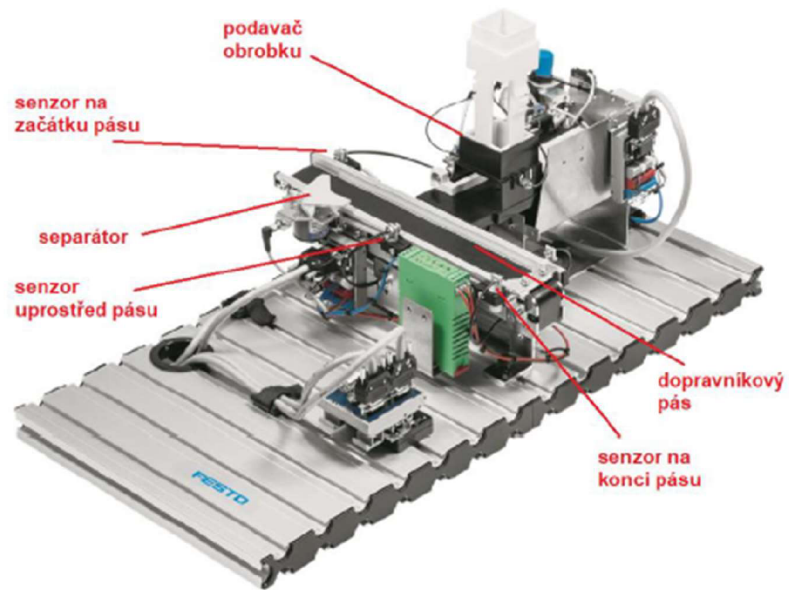
Autor: Bc. Dominik Hejduk

Liberec 2022



1. Funkce stanice

V automatickém režimu tato stanice dodává ze zásobníku, do kterého se vejde až 7 kusů obrobku, které se vysunutím podavače přesunou na pás. Po zaznamenání obrobku na senzoru uprostřed pásu je obrobek poslán pomocí dopravníkového pásu na konec, kde proces končí a čeká se na odebrání obrobku. V manuálním režimu stanice nedistribuuje ze zásobníku, ale pouze tak že se obrobek vloží na začátek pásu, kde ho zaznamená senzor a plynule se pošle na konec dopravníkového pásu, kde opět čeká na odebrání.



2. Připojení stanice

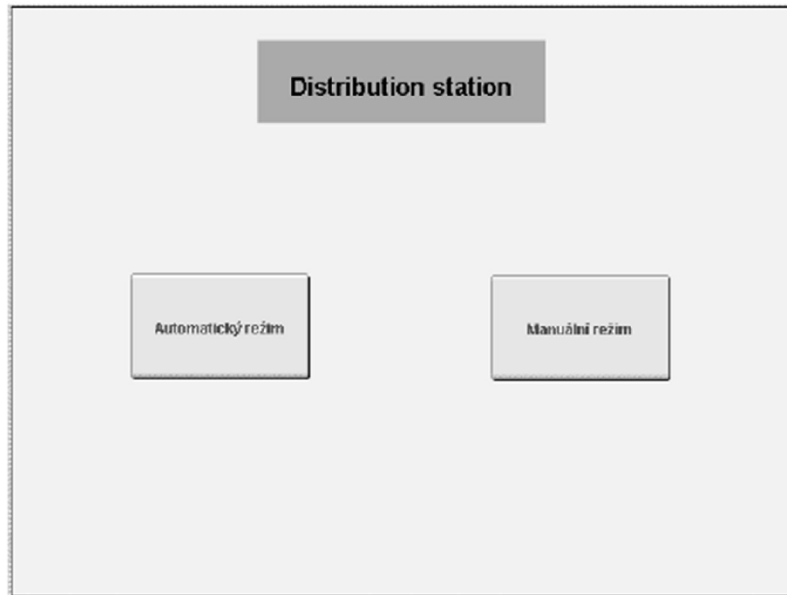
- Název programu: `dis_station.apj`
- IP adresa: 192.168.1.20

3. Popis pracovního cyklu

- Stisknutím tlačítka Start dojde k vysunutí podavače (C2MB1), který přesune obrobek ze zásobníku na pás
- Obrobek zaznamenán prostředním optickým senzorem (G1BG2)
- Pohyb dopravníku vpřed
- Zastavení obrobku na konci dopravníkového pásu optickým senzorem (G1BG3)
- Čekání na odebrání obrobku

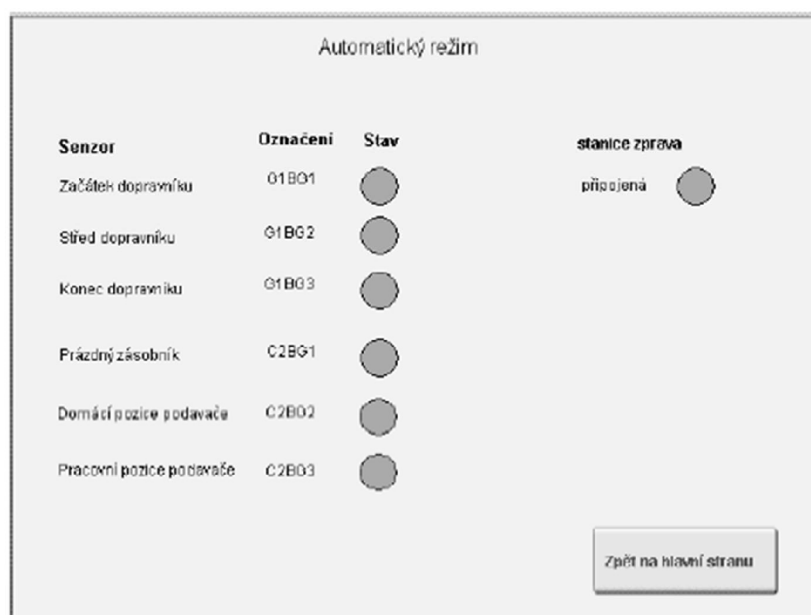
4. Vizualizace programů

Pro přístup k vizualizaci je nutné mít nainstalovaný program VNC viewer.



Úvodní obrazovka pro ovládání programu ukazuje, který režim je spustitelný podle polohy klíče na ovládacím panelu.

Automatický režim



- Aby program běžel správně, musí být naplněn zásobník víčky obrobku.
- Klíček musí být nastaven na automatický režim a stačí položit spodní část obrobku na začátek pásu, aby ho detekoval senzor.
- Poté se program již vykonává cyklicky. Na obrazovce kontrolujeme jednotlivé stavy senzorů.
- Pokud má stanice pracovat samostatně, nesmí kontrolka „připojena zprava“ svítit.

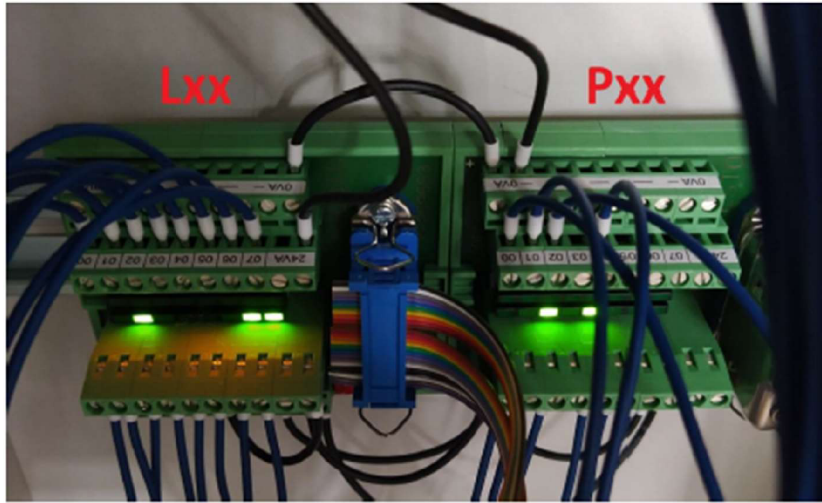
Manuální režim

Manuální režim

	Senzor	Označení	Stav
<input type="checkbox"/> Dopravník vpřed / G1KF1-2	Začátek dopravníku	G1B01	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Dopravník vzad / G1KF1-1	Střed dopravníku	G1B02	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Separator / G1MB1	Konec dopravníku	G1B03	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Vysunutí podavače / C2MB1	Prázdný zásobník	C2B01	<input type="checkbox"/>
	Domácí pozice podavače	C2B02	<input type="checkbox"/>
	Pracovní pozice podavače	C2B03	<input type="checkbox"/>

- Ruční ovládaní nastavíme klíčkem do polohy manuál.
- Máme plnou kontrolu nad úlohou a je třeba dávat pozornost úkonům, které chceme vykonat.

5. Mapování



označení svorkovnice

svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
LI0	11	btnStart	start tlačítko	
LI1	21	btnStop	stop tlačítko	
LI2	12	keyManual	klíč	
LI3	22	btnReset	reset tlačítko	
LI4	13	sig_I4	I4	
LI5	23	sig_I5	I5	
LI6	14	sig_I6	I6	
LI7	24	sig_I7	I7	
PI0	15	ItemAtConvBegin	senzor na začátku pásu	G1BG1
PI1	25	ItemAtConvMiddle	senzor uprostřed pásu	G1BG2
PI2	16	ItemAtConvEnd	senzor na konci pásu	G1BG3
PI4	26	SlideAtBasePos	senzor zasunutého podavače	C2VG1
PI5	17	SlideAtWorkPos	senzor vysunutého podavače	C2BG2
PI6	27	MagEmpty	prázdný zásobník	C2BG3

Vstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
Q0	L00	11	indStartBtn	indikace tlačítka Start	
Q1	L01	21	indResetBtn	indikace tlačítka Reset	
Q2	L02	12	ind_Q1	indikace tlačítka Q1	
Q3	L03	22	ind_Q2	indikace tlačítka Q2	
Q4	L04	13	sig_Q4	Q4	
Q5	L05	23	sig_Q5	Q5	
Q6	L06	14	sig_Q6	Q6	
Q7	L07	24	sig_Q7	Q7	
Q8	P00	15	ConveyordForward	chod pásu vpřed	G1KF1-2
Q9	P01	25	ConveyordReverse	chod pásu vzad	G1KF1-1
Q10	P02	16	SeparatorAdvance	separator v pracovní pozici	G1MB1
Q11	P04	26	SlideAdvance	vyšunutí podavače	C2MB1

Výstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

6. Dokumentace

Manuál

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/DistributionConveyorStation/Documentation/Manual.pdf>

Zapojení

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/DistributionConveyorStation/Documentation/CircuitDiagrams.pdf>

Příloha E Návod k výrobní lince



Výrobní linka

Manuál

Autor: Bc. Dominik Hejduk

Liberec 2022



1. Funkce

Funkcí této výrobní linky je, že Distribuční stanice dodává obrobky ze zásobníku na dopravníkový pás. Kde na konci pásu ho přebírá stanice Pick and place.

Stanice Pick and place skládá obrobky a víčka dohromady. Obrobek je detekován na začátku dopravníkového pásu a je přepraven k separátoru. Separátorem je obrobek zastaven na dopravníkovém pásu, kde modul pick and place ze zásobníku na víčka vezme víčko a umístí ho pomocí vakua na připravený obrobek.

Zkompletovaný výrobek je přepraven na konec dopravníkového pásu. Třídící stanice třídí obrobky do tří skluzů. Obrobek je detekován na začátku dopravníkového pásu. Obrobky se zastaví pneumatickým stopperem, aby se zjistili jejich materiálové vlastnosti. Senzory v detekčním modulu dokážou zjistit materiál a barvu příslušného obrobku (černá, červená, metalická). Obrobky se třídí na příslušné skluzy pomocí elektricky ovládaných deflektorů. Reflexní senzor monitoruje hladinu naplnění žlabů.

Program se opakuje cyklicky do momentu, kdy distribuční stanici dojdou obrobky nebo stanici Pick and Place dojdou víčka anebo v Třídící stanici budou plné žlaby. Dále se celý cyklus dá zastavit tlačítkem Stop, a to na jakékoli stanici.



2. Zapojení úloh

Úlohy musejí být zapojeny v pořadí, jako je na obrázku. První stanice je Distribuční následuje Pick and Place stanice a poslední je Třídící stanice. Pro správnou funkčnost je potřeba, aby pracovní stoly se stanicemi byly co nejbližší u sebe a dopravníkové pásy navazovaly na sebe.

Propojení mezi stanicemi.



Zapojení propojovacích vodičů

zapojení	popis
Q6→I4	signál o dokončení výroby stanice před
Q7→I5	signál o připojení stanice před
I6←Q4	signál o připravenosti stanice
I7←Q5	signál o připojení stanice
GND↔GND	

Legenda ke značení:

označení	popis
I4	stanice o blok před dokončila výrobu
Q4	stanice je připravena převzít výrobek
I5	stanice o blok před je připojena
Q5	stanice je připojena
I6	stanice o blok za je připravena převzít výrobek
Q6	stanice dokončila výrobu
I7	stanice o blok za je připojena
Q7	stanice je připojena

3. Připojení stanic

Distribuční stanice:

- Název programu: dis_station.apj
- IP adresa: 192.168.1.20

Pick and Place stanice:

- Název programu: Pickandplace.apj
- IP adresa: 192.168.1.10

Třídící stanice:

- Název programu: sor_station.apj
- IP adresa: 192.168.1.30

4. Pracovní cyklus

a) Distribuční stanice

- Stisknutím tlačítka Start dojde k vysunutím podavače (C2MB1), který přesune obrobek ze zásobníku na pás
- Obrobek zaznamenán prostředním optickým senzorem (G1BG2)
- Pohyb dopravníku vpřed
- Zastavení obrobku na konci dopravníkového pásu optickým senzorem (G1BG3)
- Čekání na signál z následující stanice, že je připravená přijmout obrobek.

b) Pick and place stanice

- Detekce obrobku na začátku dopravníkové pásu optickým senzorem (G1BG1)
- Pohyb dopravníku vpřed
- Obrobek se zastaví separátorem (G1MB1)
- Modul pick and place uchopí víčko ze zásobníku, uchopení je detekováno senzorem (G2BP1) a umístí ho na již připravený obrobek

- Modul pick and place se vrátí do výchozí pozice, kdy je pneumatický válec v horní pozici (G2BG3) a rameno je zatažené (G2BG1)
- Výsledný obrobek je uvolněn separátorem (G1MB1)
- Pohyb dopravníku vpřed
- Výsledný obrobek je na konci dopravníku zastaven optickým senzorem (G1BG3) a čeká na signál z následující stanice, že ho stanice může přijmout.

c) Třídící stanice

- Detekce obrobku na začátku dopravníku optickým senzorem (G1BG1)
- Pohyb dopravníku vpřed
- Detekce kovového obrobku indukčním snímačem (B1BG3), světelnou závorou (B1BG1) a optickým senzorem (B1BG2)
 - Deflektro č.1 (G1MB1) se vysune
 - Deflektor č.2 (G1MB2) se zasune
 - Stoper (G1MB3) se zasune
 - Obrobek se roztřídí do prvního skluzu
- Detekce červené barvy světelnou závorou (B1BG1) a optickým snímačem (B1BG2)
 - Deflektro č.1 (G1MB1) se zasune
 - Deflektor č.2 (G1MB2) se vysune
 - Stoper (G1MB3) se zasune
 - Obrobek se roztřídí do druhého skluzu
- Detekce čemé barvy světelnou závorou (B1BG1)
 - Deflektro č.1 (G1MB1) se zasune
 - Deflektor č.2 (G1MB2) se zasune
 - Stoper (G1MB3) se zasune
 - Obrobek se roztřídí do třetího skluzu
- Kontrola naplnění skluzů reflexním optickým snímačem (G1BG3)
- Dopravník se zastaví
- Stoper (G1MB3) se vysune

5. Vizualizace

Automatický režim				
Senzor	Označení	Stav	stanice zleva	stanice zprava
Začátek dopravníku	O1B01	●	připojená ●	připojená ●
Konec dopravníku	O1B03	●		
Uchycení vřetka	O2B01	●		
Wsunuté rameno	O2B02	●		
Zasunutí rameno	O2B01	●		
Rameno v horní poloze	O2B03	●		

Zpět na hlavní stránku

Na vizualizaci musí obě kontrolky o připojení svítit zeleně, a to u všech stanic.

6. Mapování

Distributing station

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
I0	LI0	11	btnStart	start tlačítko	
I1	LI1	21	btnStop	stop tlačítko	
I2	LI2	12	keyManual	klíč	
I3	LI3	22	btnReset	reset tlačítko	
I4	LI4	13	sig_I4	I4	
I5	LI5	23	sig_I5	I5	
I6	LI6	14	sig_I6	I6	
I7	LI7	24	sig_I7	I7	
I8	PI0	15	ItemAtConvBegin	senzor na začátku pásu	G1BG1
I9	PI1	25	ItemAtConvMiddle	senzor uprostřed pásu	G1BG2
I10	PI2	16	ItemAtConvEnd	senzor na konci pásu	G1BG3
I11	PI4	26	SlideAtBasePos	senzor zasunutého podavače	C2BG1
I12	PI5	17	SlideAtWorkPos	senzor vysunutého podavače	C2BG2
I13	PI6	27	MagEmpty	prázdný zásobník	C2BG3

Vstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
Q0	L00	11	indStartBtn	indikace tlačítka Start	
Q1	L01	21	indResetBtn	indikace tlačítka Reset	
Q2	L02	12	ind_Q1	indikace tlačítka Q1	
Q3	L03	22	ind_Q2	indikace tlačítka Q2	
Q4	L04	13	sig_Q4	Q4	
Q5	L05	23	sig_Q5	Q5	
Q6	L06	14	sig_Q6	Q6	
Q7	L07	24	sig_Q7	Q7	
Q8	P00	15	ConveyordForward	chod pásu vpřed	G1KF1-2
Q9	P01	25	ConveyordReverse	chod pásu vzad	G1KF1-1
Q10	P02	16	SeparatorAdvance	separator v pracovní pozici	G1MB1
Q11	P04	26	SlideAdvance	vysunutí podavače	C2MB1

Výstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

Pick and Place

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
I0	LI0	11	btnStart	start tlačítko	
I1	LI1	21	btnStop	stop tlačítko	
I2	LI2	12	keyManual	klíč	
I3	LI3	22	btnReset	reset tlačítko	
I4	LI4	13	sig_I4	I4	
I5	LI5	23	sig_I5	I5	
I6	LI6	14	sig_I6	I6	
I7	LI7	24	sig_I7	I7	
I8	PI0	15	ItemAtConvBegin	senzor na začátku pásu	G1BG1
I9	PI1	25	ItemAtConvMiddle	senzor uprostřed pásu	G1BG2
I10	PI2	16	ItemAtConvEnd	senzor na konci pásu	G1BG3
I11	PI4	26	SlideRetracted	zatažené rameno	G2BG1
I12	PI5	17	SlideAdvanced	vytažené rameno	G2BG2
I13	PI6	27	SuctionCupUp	rameno v horní pozici	G2BG3
I14	PI7	18	ItemPickUp	uchopení víčka	G2BP1

Vstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
Q0	L00	11	indStartBtn	indikace tlačítka Start	
Q1	L01	21	indResetBtn	indikace tlačítka Reset	
Q2	L02	12	ind_Q1	indikace tlačítka Q1	
Q3	L03	22	ind_Q2	indikace tlačítka Q2	
Q4	L04	13	sig_Q4	Q4	
Q5	L05	23	sig_Q5	Q5	
Q6	L06	14	sig_Q6	Q6	
Q7	L07	24	sig_Q7	Q7	
Q8	P00	15	ConveyordForward	chod pásu vpřed	G1KF1-1
Q9	P01	25	ConveyordReverse	chod pásu vzad	G1KF1-2
Q10	P02	16	SeparatorAdvance	separator v pracovní pozici	G1MB1
Q11	P04	26	SlideRetract	zasunutí ramene nad zásobník	G2MB1
Q12	P05	17	SlideAdvance	vytáhnutí ramene nad pás	G2MB2
Q13	P06	27	Suction	posun ramene směrem dolů	G2MB3
Q14	P07	18	VacuumOn	zapnutí podtlaku	G2MB4

Výstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

Sorting station

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
I0	LI0	11	btnStart	start tlačítka	
I1	LI1	21	btnStop	stop tlačítka	
I2	LI2	12	keyManual	klíč	
I3	LI3	22	btnReset	reset tlačítka	
I4	LI4	13	sig_I4	I4	
I5	LI5	23	sig_I5	I5	
I6	LI6	14	sig_I6	I6	
I7	LI7	24	sig_I7	I7	
I8	PI0	15	ItemAtConvBegin	senzor na začátku pásu	G1BG1
I9	PI1	25	Deflector_1	senzor deflectoru 1	G1BG2
I10	PI2	16	ChuteFull	plný žlab	G1BG3
I11	PI3	26	Deflector_2	senzor deflectoru 2	G1BG4
I12	PI4	17	WorkpieceDetected	detekovaný obrobek	B1BG1
I13	PI5	27	WorkpieceNotBlack	obrobek není černý	B1BG2
I14	PI6	18	WorkpieceMetallic	obrobek je metalický	B1BG3

Vstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

funkce	svorkovnice	port PLC	proměnná	význam	označení
Q0	L00	11	indStartBtn	indikace tlačítka Start	
Q1	L01	21	indResetBtn	indikace tlačítka Reset	
Q2	L02	12	ind_Q1	indikace tlačítka Q1	
Q3	L03	22	ind_Q2	indikace tlačítka Q2	
Q4	L04	13	sig_Q4	Q4	
Q5	L05	23	sig_Q5	Q5	
Q6	L06	14	sig_Q6	Q6	
Q7	L07	24	sig_Q7	Q7	
Q8	P00	15	ConveyordForward	chod pásu vpřed	G1KF1-2
Q9	P01	25	Deflector_1	vyšunutí deflectoru 1	G1MB1
Q10	P02	16	Deflector_2	vyšunutí deflectoru 2	G1MB2
Q11	P03	26	Stopper	vyšunutí stopperu	G1MB3

Výstupní proměnné stanice a ovládacího panelu

7. Dokumentace

a) Distribuční stanice

Manuál

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/DistributionConveyorStation/Documentation/Manual.pdf>

Zapojení

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/DistributionConveyorStation/Documentation/CircuitDiagrams.pdf>

b) Pick and place stanice

Manuál

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/PickandPlaceStation/Documentation/Manual.pdf>

Zapojení

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/PickandPlaceStation/Documentation/CircuitDiagrams.pdf>

c) Třídící stanice

Manuál

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/SortingStation/Documentation/Manual.pdf>

Zapojení

<https://festodidacticsw.azurewebsites.net/InfoPortal/MPS/SortingStation/Documentation/CircuitDiagrams.pdf>