

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**ŘÍDICÍ SYSTÉM PRO DETEKCI A LOKALIZACI
PŘEDMĚTŮ V PRŮMYSLOVÉ VÝROBĚ**

Jan Holan

Bakalářská práce
2021

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Holan**
Osobní číslo: **I19026**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Téma práce: **Řídicí systém pro detekci a lokalizaci předmětů ve výrobě**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je zprovoznění řídicího systému pro detekci a lokalizaci předmětů v definované oblasti. Student v rámci práce vytvoří řídicí systém založený na použití programovatelného logického automatu a příslušné sensorové techniky. Řídicí systém bude minimálně poskytovat informace o poloze a natočení dvou typů objektů ve statickém sledovaném prostoru.

Teoretická část: Stručná rešerše existujících nástrojů pro detekci a lokalizaci objektů v průmyslové výrobě. Popis principů programovatelných logických automatů. Popis softwarových nástrojů použitých pro řešení praktické části.

Praktická část: Návrh a implementace řídicího systému pro detekci a lokalizaci objektů pomocí programovatelného logického automatu a příslušných senzorů. Komplexní testování aplikace. Dokumentace vyvinutých nástrojů včetně testovacího scénáře demonstrujícího použití.

Rozsah pracovní zprávy: cca 50 s.
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

ANTONSEN, T. M. *PLC Controls with Structured Text (ST): IEC 61131-3 and best practice ST programming*. Books on Demand, 2019. ISBN 978-8743002420
KWASNIEWSKI, J. *Programmable Logic Controllers*. Cracow: ROMA-POL, 2002. ISBN 83-86320-45-1.
HANSARD, M. a kol. *Time-of-Flight Cameras*. Springer-Verlag, 2012. ISBN 978-1447146575.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Doležel, Ph.D.
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: 27. listopadu 2020
Termín odevzdání bakalářské práce: 14. května 2021

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. ledna 2021

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že 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, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne [10. 1. 2022](#)

Jan Holan

Poděkování

Chtěl bych poděkovat za věcné rady a připomínky v průběhu psaní vedoucímu práce doc. Ing. Petru Doleželovi, PhD. Poděkování patří také firmě SPEL a.s. za zapůjčení moderních prostředků pro průmyslovou automatizaci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat za podporu přátelům a rodině, kteří mě v průběhu psaní práce motivovali.

V Pardubicích dne [10. 1. 2022](#)

Jan Holan

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá problematikou systému pro detekci a lokalizaci předmětů v definované oblasti. V teoretické části je stručně popsána historie programovatelných řídicích automatů, jejich konstrukce a typy, programovací jazyky a konkrétní hardware použitý v praktické části. Praktická část je zaměřena na vytvoření a testování programu pro lokalizaci předmětu pomocí PLC a ToF senzoru.

KLÍČOVÁ SLOVA

detekce, lokalizace, programování, PLC.

TITLE

CONTROL SYSTEM FOR DETECTION AND POSITIONING OF OBJECTS IN INDUSTRY

ANNOTATION

The bachelor thesis covers the problem of a system for detection and localization of objects in a defined area. The theoretical part briefly describes the history of programmable controllers, their construction and types, programming languages and specific hardware used in the practical part. The practical part focuses on creating and testing a program for object localization using PLC and ToF sensor.

KEYWORDS

Detection, Localization, PLC, Programming.

OBSAH

	Seznam zkratk a značek	9
	Seznam obrázků	10
	Seznam tabulek	12
	Úvod	13
1	Historie PLC	14
2	PLC / Princip činnosti	15
2.1	Vnitřní uspořádání PLC	16
2.2	Procesor	16
2.3	Komunikační rozhraní	17
2.4	Napájení	17
2.5	Programovací zařízení	17
2.6	Paměť	18
2.7	Vstupně/výstupní rozhraní	18
3	Konstrukce PLC	19
3.1	Kompaktní PLC	19
3.2	Modulární PLC	19
3.3	Mikro PLC	19
3.4	Vstupní a výstupní moduly	20
3.4.1	Analogové moduly	20
3.4.2	Digitální moduly	21
3.4.3	Speciální moduly	21
4	Zobrazovače, HMI	22
5	Systémy pro dohled, řízení a sběr dat (SCADA)	23
6	Programování PLC	24
6.1	Programovací jazyky	24
6.1.1	Instructions List	24
6.1.2	Structured Text	25
6.1.3	Ladder Diagram	26
6.1.4	Function Block Diagram	26
6.1.5	Sequential Function Chart	27
6.2	Adresování	28

6.3	Paměťové funkce	30
7	CompactLogix 5380	31
8	Time-of-Flight senzor	32
8.1	3D senzor Swift-E	33
8.2	Rozhraní Web Connect	34
9	RSLinx Classic	37
9.1	Postup pro přidání senzoru do RSLinx Classic	37
10	Programovací software Studio 5000	40
10.1	Vytvoření nového projektu v Studio 5000	40
10.2	Nahrání programu do PLC	45
11	Vlastní program	48
11.1	Dodatečné testování aplikace	49
12	Diskuze	53
13	Závěr	54
	Použitá literatura	55
	Přílohy	57

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

3D	trojrozměrný
CIP	průmyslový protokol pro aplikace průmyslové automatizace
CPU	centrální procesorová jednotka
FBD	jazyk diagramu funkčních bloků
HMI	rozhraní člověk-stroj
IL	jazyk seznamu instrukcí
LD	jazyk reléových schémat
I/O	vstupy/výstupy
MB	megabyte
OSR	jednorázový vzestup
PC	osobní počítač
PLC	programovatelný logický automat
PLe	úroveň výkonu
SCADA	dispečerské řízení a sběr dat
SFC	jazyk sekvenčního programování
SIL	úroveň bezpečnostní integrity
ST	jazyk strukturovaného textu
ToF	čas letu
UTP	nestíněná kroucená dvojlinka
VSZ	virtuální snímací zóny

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 – Blokové schéma PLC, převzato z (Bryan, 1997)	15
Obr. 2.2 – Cyklus skenu PLC, převzato z (Bryan, 1999)	16
Obr. 2.3 – Vnitřní uspořádání PLC systému, převzato z (Bolton, 2015)	17
Obr. 3.1 – Ukázka mikro PLC (Rockwell Automation, nedatováno)	20
Obr. 4.1 – Ukázka HMI panelu (Rockwell Automation, nedatováno)	22
Obr. 5.1 – Blokové schéma SCADA systému převzato z (DPS Telecom, nedatováno)	23
Obr. 6.1 – Ukázka zápisu programu v IL (Beckhoff Information System, nedatováno)	25
Obr. 6.2 – Ukázka zápisu programu v ST (Rockwell Automation, 2020)	25
Obr. 6.3 – Ukázka zápisu programu v LD (Rockwell Automation, 2020)	26
Obr. 6.4 – Ukázka zápisu programu v FBD (Rockwell Automation, 2020)	27
Obr. 6.5 – Ukázka zápisu programu v SFC (Rockwell Automation, 2020)	27
Obr. 6.6 – Organizace paměťových souborů převzato z (PLC TECHNICIAN, 2019)	29
Obr. 7.1 – CompactLogix 5380 (Rockwell Automation, 2020)	31
Obr. 8.1 – 3D senzor Swift-E (Odos Imaging, 2019)	33
Obr. 8.2 – Prostředí Web Connect	35
Obr. 8.3 – Postup při vytváření nové šablony	35
Obr. 8.4 – Uložení nové šablony	36
Obr. 9.1 – Úvodní okno aplikace RSLinx Classic	37
Obr. 9.2 – Postup pro přidání senzoru do RSLinx Classic	38
Obr. 9.3 – Konfigurace senzoru v prostředí RSLinx Classic	39
Obr. 9.4 – Nastavení síťového portu senzoru	39
Obr. 10.1 – Úvodní okno aplikace Studio 5000	40
Obr. 10.2 – Finální krok založení nového projektu	41
Obr. 10.3 – Postup při založení nového projektu	41
Obr. 10.4 – Studio 5000 po založení nového projektu	42
Obr. 10.5 – Vytvoření nového modulu	42
Obr. 10.6 – Katalog modulů	43
Obr. 10.7 – Finální krok při přidání modulu Swift-E	44
Obr. 10.8 – Přidání vstupního modulu ve Studiu 5000	44
Obr. 10.9 – Zavření projektu	45
Obr. 10.10 – Nastavení rozhraní pro komunikaci	46
Obr. 10.11 – Postup při nahrání programu do PLC	46

Obr. 10.12 – Finální krok při nahrání programu do PLC	47
Obr. 11.1 – Vlastní program	48
Obr. 11.2 – Ukázka pracoviště	49
Obr. 11.3 – Ukázka profilu p1 v prostředí Web Connect	50
Obr. 11.4 – Ukázka profilu p2 v prostředí Web Connect	50
Obr. 11.5 – Ukázka profilu p3 v prostředí Web Connect	51
Obr. 11.6 – Upravený vlastní program pro snímání více objektů	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 8.1 – Tabulka parametrů senzoru Swift-E (Odos Imaging, 2019)	34
-------------------------------------------------------------------------	----

ÚVOD

Již v roce 2013 byl uveden koncept, který představil propojení počítačů a jejich komunikaci mezi sebou, aby nakonec rozhodovaly bez lidské účasti pomocí kombinace kyberneticko-fyzikálních systémů, internetu věcí a internetu systémů, který umožňuje vznik Průmyslu 4.0 a chytrých továren. Klíčovou součástí Průmyslu 4.0 je internet věcí, který se vyznačuje připojenými zařízeními. To pomáhá nejen interním aplikacím, ale i využití cloudového prostředí, kde jsou data uložena a lze tato zařízení a jejich operace optimalizovat.

Toto podporuje vznik chytrých strojů, které jsou daleko inteligentnější než v minulosti, získávají přístupy k většímu množství dat, jsou produktivnější, efektivnější a budou i ekonomičtější než lidský faktor.

Cílem této bakalářské práce je návrh programu pro detekci jednoho či více objektů ve statickém sledovacím prostoru s využitím programovatelného automatu CompactLogix 5380 a senzoru Swift-E a následné testování navrhnutého programu.

1 HISTORIE PLC

V roce 1968 byla stanovena společností General Motors Corporation návrhová kritéria pro první programovatelný logický automat (dále jen „PLC“). Hlavním cílem společnosti bylo eliminovat vysoké náklady spojené s neflexibilními reléovými automaty. Specifikace vyžadovaly polovodičový systém s flexibilitou počítače, který by byl schopný provozu v průmyslovém prostředí, snadno programovatelný a udržovaný techniky závodu a měl být opakovatelně použitelný. Takový systém by výrazně snížil prostoje stroje a poskytnul by rozšiřitelnost do budoucna. Některé z počátečních podmínek zahrnovaly následující:

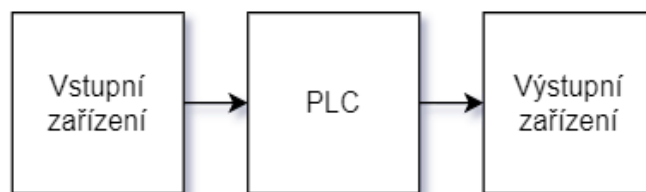
- Nový řídicí systém musel být cenově konkurence schopný s využitím reléových systémů.
- Vstupní a výstupní rozhraní musela být snadno nahraditelná.
- Řídicí systém vyžadoval schopnost předat nasbíraná data do centrálního systému.
- Systém musel být znovupoužitelný.
- Metoda použitá k naprogramování řadiče/kontroléru musela být jednoduchá, aby byla snadno pochopitelná jakýmkoliv zaměstnancem továrny (Bryan, 1997).

Zanedlouho byly reléové automaty nahrazeny mikroprocesory. Řídicí programy bylo tím pádem možné rychle vytvářet a měnit. Tak byli technici schopni udržet svůj obvyklý způsob programování pomocí Ladder Diagram (LD). Ladder Diagram je velmi blízký schématům zapojení obvodů. Pro techniky to tedy znamenalo jen jednoduchou změnu při sestavování programů. Později byl vyvinut jazyk strojově orientovaných instrukcí „IL“ (z anglického „Instruction List“) a grafické funkční blokové schéma „FBD“ (z anglického „Function Block Diagram“) (Bryan, 1997).

Použití programovatelného automatu se za krátkou dobu od jeho uvedení na trh začalo šířit do dalších odvětví průmyslu. V roce 1971 byly PLC používány k zajištění výměny relé jako první krok k automatizaci řízení v jiných průmyslových odvětvích, jako je výroba potravin a nápojů, kovovýroba, výroba papíru atd (Bryan, 1997).

2 PLC / PRINCIP ČINNOSTI

Programovatelný logický automat (PLC) je speciální forma mikroprocesorového automatu, který používá programovatelnou paměť k ukládání instrukcí a implementaci funkcí, jako jsou: logické funkce, posloupnost, časování, počítání a aritmetické operace za účelem ovládání strojů a procesů. Je navržen tak, aby jej mohli používat inženýři s omezenou znalostí počítačů a programovacích jazyků. Program PLC je prováděn v cyklech. Logické automaty se od osobních počítačů liší tím, že je program zpracováván cyklicky a také tím, že periferie logického automatu jsou přizpůsobené pro připojení k technologickým procesům. Periferie jsou tvořeny jak digitálními, tak i analogovými vstupy a výstupy. Vstupními zařízeními mohou být senzory, spínače a výstupními pak motory, ventily atd. Obsluha poté zadá sekvenci instrukcí, program do paměti PLC. Regulátor poté sleduje vstupy a výstupy podle tohoto programu provádí kontrolní pravidla, pro která byl naprogramován (Bolton, 2015).

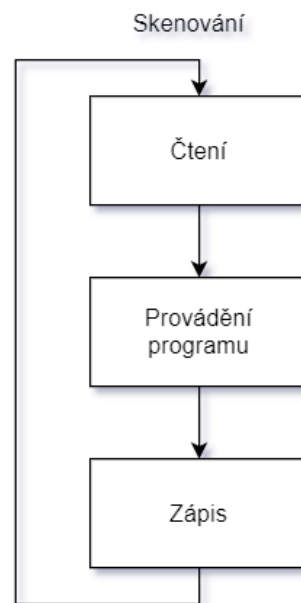


Obr. 2.1 – Blokové schéma PLC, převzato z (Bryan, 1997)

Činnost PLC je tedy relativně jednoduchá. Vstupně/výstupní (dále jen I/O) systém je fyzicky připojen k zařízením, která se nachází přímo ve stroji nebo se používají při řízení procesu. Tato zařízení mohou být diskrétní nebo analogově vstupně/výstupní, např.: spínače, převodníky tlaku, tlačítka, spouštěče motorů, cívky atd. I/O rozhraní poskytuje spojení mezi centrální procesorovou jednotkou (CPU) a poskytovatelem informace, neboli vstupem a ovladatelným zařízením na výstupu (Bryan, 1997).

Po dobu této operace vykonává CPU tři procesy. Prvním z těchto procesů je čtení nebo přijímání dat z provozních zařízení prostřednictvím vstupních rozhraní. Druhý vykonává řídicí program uložený v paměti. Poslední třetí proces pak zapisuje nebo aktualizuje výstupní zařízení prostřednictvím výstupních rozhraní. Tento proces sekvenčního čtení vstupů, provádění programu v paměti je známý jako skenování. Po tuto dobu PLC nepracuje s hodnotou

aktuálních I/O zařízeních, ale pracuje s jejich obrazy. Tyto hodnoty jsou uloženy v registrech, kde se hodnoty aktualizují jednou za celý skenovací cyklus (Bryan, 1997).



Obr. 2.2 – Cyklus skenu PLC, převzato z (Bryan, 1999)

2.1 VNITŘNÍ USPOŘÁDÁNÍ PLC

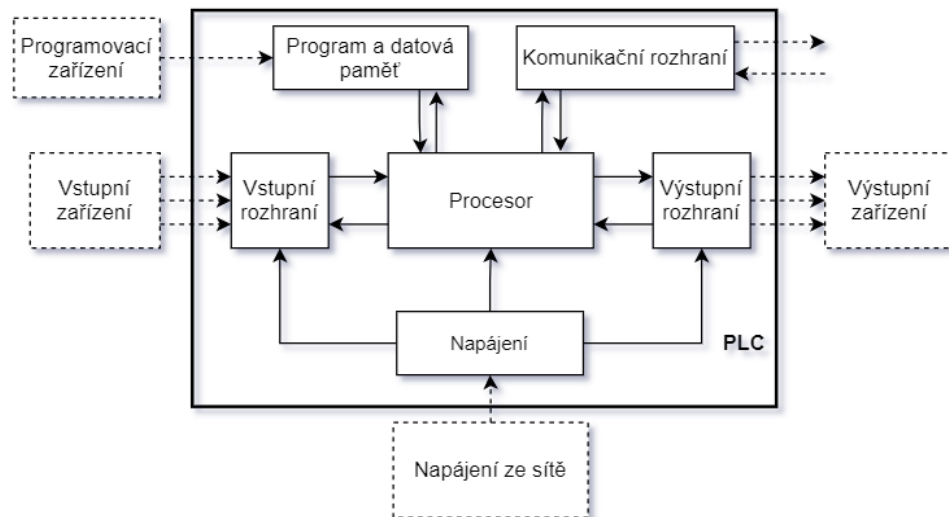
Typicky se PLC systém skládá z následujících funkčních komponent, jako je: procesor, paměť, napájecí jednotka, část vstupního/výstupního rozhraní a programovacího zařízení. Obr. 2.3 popisuje základní uspořádání systému. Dále budou objasněny výše zmíněné komponenty (Bolton, 2015).

2.2 PROCESOR

Procesor nebo také centrální procesorová jednotka (CPU) je jednotka obsahující mikroprocesor. Tato sekce činí rozhodnutí potřebná k pozorování a obsluze strojů připojeným k I/O modulům. Rozhodnutí jsou založena na uživatelem vytvořeném programu uloženém v paměti. Paměť také ukládá data představující stav všech vstupních zařízení a obsahuje instrukce, které říkají zařízením na výstupu, jaké akce mají vykonávat (Bolton, 2015), (Kandray, 2010).

2.3 KOMUNIKAČNÍ ROZHRAŇÍ

Komunikační rozhraní se používá pro příjem a přenos dat po komunikační síti z nebo do jiných vzdálených PLC. Jedná se o akce, jako je: ověření zařízení, sběr dat, synchronizace mezi uživatelskými aplikacemi a správa připojení (Bolton, 2015).



Obr. 2.3 – Vnitřní uspořádání PLC systému, převzato z (Bolton, 2015)

2.4 NAPÁJENÍ

Napájecí jednotka je potřebná k přeměně střídavého síťového napětí na vstupu na nízké stejnosměrné napětí nezbytné pro provoz procesoru a všech modulů přidružených k PLC. Některé PLC může využít izolovaný zdroj napájení (Bolton, 2015), (Kandray, 2010).

2.5 PROGRAMOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Programovacím zařízením v dnešních průmyslových aplikacích je obvykle notebook nebo stolní počítač, který usnadňuje vytváření programů určených pro PLC. Vytvořený program se následně přenese do paměti PLC (Kandray, 2010).

Příkladem programovacího softwaru může být Studio 5000 pro rodinu produktů Allen-Bradley, který bude použit v praktické části této práce nebo SIMATIC Step 7 pro značku Siemens.

2.6 PAMĚŤ

Paměť je prvek, který uchovává informace, programy a data v PLC. Uživatelská paměť zahrnuje prostor pro uživatelský program i adresovatelnou paměť a umístění pro ukládání dat. Data jsou uložena do paměti procesem zvaným zápis. Načtení dat se poté nazývá procesem čtení. Složitost programu určuje velikost požadované paměti. Paměťové prvky ukládají jednotlivé informace nazývané bity. Velikost kapacity paměti je specifikována v přírůstcích po 1000, nebo se dá použít zápis přírůstku „K“, kde 1 K je 1024 byte paměti (byte je 8 bitů). Program je uložen v paměti jako sekvence jedniček a nul, které jsou obvykle sestaveny ve formě 16bitových slov. Velikost paměti se běžně vyjadřuje v tisících slov, která lze v systému uložit. Velikost paměti se pohybuje od pouhých 1 K pro malé systémy až po 32 MB pro velmi velké systémy. Kapacita paměti je důležitým předpokladem pro určení, zda konkrétní procesor zvládne požadavky dané aplikace (Petruzella, 2011).

2.7 VSTUPNĚ/VÝSTUPNÍ ROZHŘANÍ

Část vstupu/výstupu v PLC je taková část, do které jsou připojena všechna zařízení, a poskytuje přímé spojení mezi nimi a CPU. Zařízení vstupu a výstupu lze klasifikovat jako zařízení poskytující signály, které jsou diskrétní, digitální nebo analogové. Uspořádání vstupů a výstupů jsou u pevných PLC zabudována přímo, zatímco modulární typy používají externí I/O moduly, které se musí k PLC připojit. Moduly vstupního rozhraní přijímají signály ze stroje nebo procesních zařízení a převádějí je na signály, které mohou být použity regulátorem. Moduly výstupního rozhraní převádějí signály regulátoru na externí signály používané k řízení stroje nebo procesu. Typický PLC má prostor pro několik I/O modulů, což umožňuje jeho přizpůsobení pro konkrétní aplikaci výběrem příslušných modulů. Každý slot v racku (stojanu) je schopen pojmout jakýkoli typ I/O modulu (Bolton, 2015).

3 KONSTRUKCE PLC

3.1 KOMPAKTNÍ PLC

Kompaktní provedení nabízí omezenou variabilitu ve volbě konfigurace. V jednom modulu je integrován CPU, paměť, digitální a případně i analogové vstupně/výstupní periferie. Jestliže bude chtít uživatel systém rozšířit, může k základnímu modulu připojit jeden nebo i více přídatných modulů. Výhodou takových systémů je nejen nižší cena, ale i rychlost, se kterou systém přistupuje k periferiím. Periferie jsou přímo integrované v PLC a signály tak nemusí procházet přes řadič sběrnice (Bolton, 2015).

3.2 MODULÁRNÍ PLC

Systémy s větším počtem vstupů a výstupů jsou většinou modulární a navrženy tak, aby se vešly do racku. Modulární systém se skládá ze samostatných modulů pro napájení, procesoru, I/O atd., které jsou namontovány na kolejnicích v kovové skříni. Toto řešení lze použít pro všechny velikosti programovatelných automatů a má různé funkční jednotky rozděleny jako jednotlivé moduly. O kombinaci modulů požadovaných pro konkrétní účel rozhodne uživatel a příslušné moduly se poté zapojí do racku. Je tedy poměrně snadné rozšířit počet vstupů/výstupů připojením více vstupních/výstupních modulů nebo rozšířením paměti přidáním více paměťových jednotek. Napájení a datové rozhraní pro jednotlivé moduly je zajištěno měděnými vodiči v základní desce racku (Bolton, 2015).

3.3 MIKRO PLC

Jedná se o jedno z nejmenších a nejlevnějších řešení kompaktních PLC systémů, které uživateli nabízejí pevnou sestavu vstupů a výstupů. Uživatel se rozhodne pro jeden typ systému, který již nemůže dále rozšiřovat. Svým kompaktním provedením, malými rozměry a nízkou cenou, která se pohybuje v jednotkách tisíců Kč a jsou velmi oblíbené (Šmejkal, 1999).

Příkladem takového řídicího systému může být Micro810 od firmy Allen-Bradley. Nabízí 8A výstupů, které eliminují potřebu externích relé. Micro810 má dále integrované funkční bloky inteligentních relé, které lze konfigurovat z 1,5 palcového LCD displeje a malé

klávesnice. Pro programování na PC je nutné k PLC připojit USB adaptér (Rockwell Automation, nedatováno).



Obr. 3.1 – Ukázka mikro PLC (Rockwell Automation, nedatováno)

3.4 VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ MODULY

3.4.1 Analogové moduly

Dříve byly PLC systémy omezeny na digitální vstupně/výstupní rozhraní, což umožňovalo připojení pouze zařízení typu on/off (zapnuto/vypnuto). Toto omezení znamenalo, že PLC mohlo mít pouze částečnou kontrolu nad mnoha procesními aplikacemi. Dnes je však k dispozici kompletní řada diskretních i analogových rozhraní, která umožňují použití systémů prakticky na jakýkoli typ řídicího procesu. Diskretní zařízení jsou vstupy a výstupy, které mají pouze dva stavy: zapnuto a vypnuto (Petruzella, 2011).

Analogové vstupní moduly mají obvykle více vstupních kanálů, které umožňují připojení 4, 8 nebo 16 zařízení k PLC. Dva základní typy analogových vstupních modulů jsou snímání napětí a proudu. Analogové senzory měří měnící se fyzickou veličinu v určitém rozsahu a generují odpovídající napěťový nebo proudový signál. Běžné fyzikální veličiny měřené analogovým modulem PLC zahrnují teplotu, rychlost, hladinu, průtok, hmotnost, tlak a polohu (Petruzella, 2011).

3.4.2 Digitální moduly

Systém digitálního vstupu/výstupu zajišťuje fyzické spojení mezi centrální procesorovou jednotkou (CPU) a zařízeními, která přenášejí a přijímají digitální signály. Digitální signály jsou nepřetržité signály, které nabývají pouze dvou stavů – zapnuto a vypnuto. Prostřednictvím různých obvodů rozhraní a zařízení (koncové spínače, převodníky, tlačítka atd.) kontroluje a měří fyzické veličiny (např. polohu, pohyb, hladinu, tlak, teplotu, proud a napětí) spojené se strojem nebo procesem. Podobně je řízení výstupu omezeno na zařízení, jako jsou světla, cívky, relé nebo spouštěče motorů, které vyžadují jednoduché zapnutí/vypnutí. Klasifikace digitálních modulů zahrnuje bitově orientované vstupy a výstupy. U tohoto typu vstupu nebo výstupu představuje každý bit sám o sobě kompletní informační prvek a poskytuje stav nějakého externího kontaktu, poskytuje informace o přítomnosti nebo v opačném případě nepřítomnosti napájení v procesním obvodu (Petruzella, 2011).

3.4.3 Speciální moduly

Aby byly splněny zvláštní potřeby, bylo vyvinuto mnoho různých typů I/O modulů. Pár si jich představíme:

- **Vysokorychlostní čítačový modul:** slouží k poskytování rozhraní pro aplikace vyžadující čítačové rychlosti, které překračují možnosti žebříkového programu PLC. Tyto moduly se používají k počítání impulsů ze senzorů, kodérů a spínačů, které pracují při velmi vysokých rychlostech. Mají elektroniku potřebnou k počítání nezávisle na procesoru (Petruzella, 2011).
- **Modul čítače kodéru:** umožňuje uživateli číst signál z kodéru v reálném čase a ukládá tyto informace, aby je mohl procesor později přečíst (Petruzella, 2011);
- **PID modul:** Proporcionálně-integrálně-derivační (PID) modul se používá v aplikacích řízení procesů, které obsahují PID algoritmy. Algoritmus je komplexní program založený na matematických výpočtech. PID modul umožňuje řízení procesu mimo CPU. Toto uspořádání brání CPU v zatěžování složitými výpočty. Základní funkcí tohoto modulu je poskytovat řídicí akci potřebnou k udržení procesní proměnné, jako je teplota, průtok, hladina nebo rychlost v rámci stanovených mezí zadané hodnoty (Petruzella, 2011).

4 ZOBRAZOVAČE, HMI

Rozhraní mezi člověkem a strojem (HMI) se používají jako ovládací panel operátora pro PLC. Nahrazují ručně aktivované přepínače, tlačítka a další ovládací prvky grafickým znázorněním řídicího procesu. HMI umožňují operátorům spouštět a zastavit cykly procesu, nastavit požadované hodnoty a provádět další funkce potřebné k regulaci a řízení provozu. Jelikož jsou HMI softwarově založeny, nahrazují tak fyzické vodiče a ovládací prvky softwarovými parametry, což umožňuje jejich velmi snadné přizpůsobení a nastavení (Knapp, 2015).

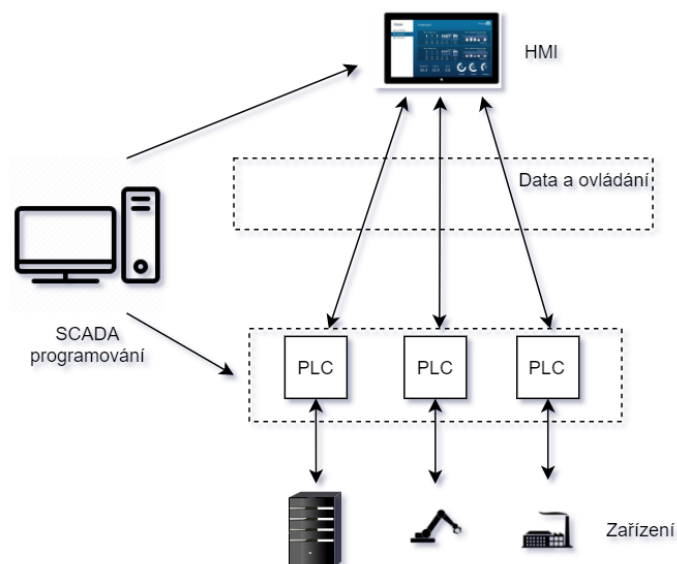
HMI systémy fungují jako most mezi lidskou obsluhou a komplikovanou logikou jednoho či více PLC, což umožňuje operátorovi pracovat spíše s procesem jako takovým, než základní logikou, která funkci vykonává. Operátor tak může jednoduše řídit mnoho funkcí v distribuovaných a potenciálně i složitých procesech z jednoho centralizovaného místa. Uživatelské rozhraní graficky znázorňuje řízený proces a to včetně hodnot senzorů a dalších měření a viditelného vyobrazení výstupních stavů, jako např.: stav zapnutých motorů, která čerpadla jsou aktivovaná, stav hladiny v nádrži atd (Knapp, 2015).



Obr. 4.1 – Ukázka HMI panelu (Rockwell Automation, nedatováno)

5 SYSTÉMY PRO DOHLED, ŘÍZENÍ A SBĚR DAT (SCADA)

V některých aplikacích je PLC kromě svých běžných řídicích funkcí odpovědný i za sběr dat, provádění nezbytného zpracování a strukturování dat pro generování zpráv. Například můžeme mít PLC, které počítá součástky a automaticky posílá data do tabulky na stolním počítači. Sběr dat je zjednodušen pomocí systému SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Výměna dat z výrobního závodu do kontrolního počítače umožňuje záznam dat, zobrazení dat, trendy, nastavení vybraných parametrů a dostupnost obecných výrobních dat. Další možnosti výstupu dohledové kontroly umožňují vyladit procesy a dosáhnout maximální efektivity. Obecně na rozdíl od distribučních řídicích systémů se SCADA systém obvykle týká systému, který koordinuje, ale neřídí procesy v reálném čase. V typickém SCADA systému nezávislé PLC provádějí řídicí funkce I/O na koncových přístrojích a přitom jsou pod dohledem SCADA softwaru spuštěného na hostitelském počítači. Operátoři, kteří řídí procesy, monitorují provoz PLC na hostitelském počítači a v případě nutnosti odesílají řídicí příkazy do PLC. Velkou výhodou popisovaného systému je, že data jsou automaticky ukládána ve formě, kterou lze načíst pro pozdější analýzu. Dále jsou tyto systémy vysoce škálovatelné a mohou tedy zpracovávat vstupní proměnné od několika málo až po stovky tisíc a to v závislosti na složitosti a rozsahu sledované technologie (Petruzella, 2011), (DPS Telecom, nedatováno), (Promotic: SCADA visualization software, nedatováno).



Obr. 5.1 – Blokové schéma SCADA systému převzato z (DPS Telecom, nedatováno)

6 PROGRAMOVÁNÍ PLC

Automaty můžeme programovat různými způsoby. Způsob, kterým se bude program vytvářet, záleží na programátorovi, ale i na dané úloze, pro kterou je program vyvíjen, a to z hlediska jeho přehlednosti.

V současném odvětví průmyslové automatizace existuje několik předních výrobců PLC, kteří vyvíjejí typické PLC od těch malých základních až po ty špičkové. Každý výrobce PLC má svůj vlastní specializovaný software pro programování a konfiguraci hardwaru. Někteří výrobci mají společné programovací jazyky a jiní se liší. Standardní programovací jazyky PLC můžeme rozdělit do dvou kategorií, které se pak dále dělí na několik dalších typů:

Textový jazyk

- Instructions List (IL) – Instrukční list;
- Structured Text (ST) – Strukturovaný text.

Grafický jazyk

- Ladder Diagram (LD) – Reléová schémata;
- Function Block Diagram (FBD) – Diagram funkčních bloků;
- Sequential Function Chart (SFC) – Sekvenční programování.

6.1 PROGRAMOVACÍ JAZYKY

6.1.1 Instructions List

Jazyk seznamu instrukcí je jazyk nízké úrovně a jako takový bude v PLC spuštěn mnohem rychleji než jazyk grafický. Tento jazyk je také mnohem kompaktnější a bude zabírat mnohem méně místa v paměti PLC. Program se skládá z posloupnosti operací, které představují základní instrukce. Každý řádek reprezentuje právě jednu operaci. Programování v tomto jazyku se velmi podobá programování v Assembleru nebo mikroprocesoru. Výsledné programy jsou díky své jednoduchosti a malé velikosti nenáročné na výpočetní výkon řídicího systému, ale pro rozsáhlejší aplikace jsou téměř nepoužitelné z hlediska nízké přehlednosti a následné orientace v nich (ELUC, nedatováno), (Romanov, nedatováno).


```

LD      TRUE
ANDN    BOOL1
JMPC    label
LDN     BOOL2
ST      ERG
label:

LD      BOOL2
ST      ERG

```

Obr. 6.1 – Ukázka zápisu programu v IL (Beckhoff Information System, nedatováno)

6.1.2 Structured Text

Jazyk strukturovaného textu se velmi podobá počítačovému programovacímu jazyku vyšší úrovně, jako je PASCAL nebo jazyk C. Rozhodovací smyčky a ukazatele (proměnné sloužící k nepřímému adresování) umožňují kompaktnější implementaci programu, než jaké lze dosáhnout pomocí LD. Zápis tvoří posloupnost symbolických instrukcí, kde jedna instrukce reprezentuje celou posloupnost základních instrukcí. Stejně jako v případě jazyku seznamu instrukcí je i tento programovací jazyk kvůli jeho textové podobě málo přehledný. Nutná je také znalost přesné syntaxe zápisu a příkazů (ELUC, nedatováno), (Romanov, nedatováno).

```

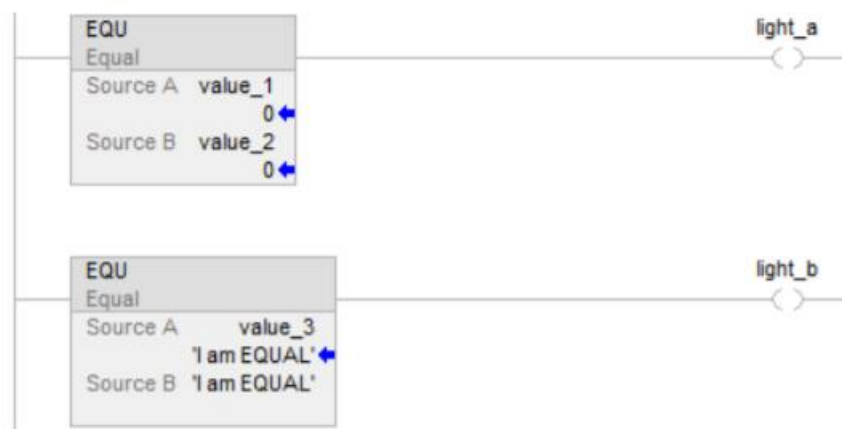
if value_1 = value_2 then
    light_a := 1;
else
    light_a := 0;
end_if;
if value_3 = 'I am EQUAL' then
    light_b := 1;
else
    light_b := 0;
end_if;

```

Obr. 6.2 – Ukázka zápisu programu v ST (Rockwell Automation, 2020)

6.1.3 Ladder Diagram

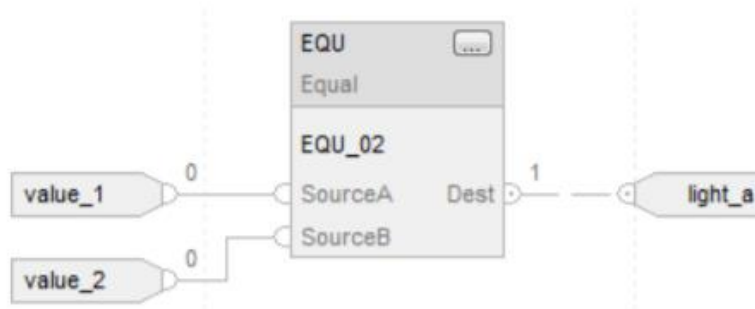
Způsob zápisu programu vychází z reléové logiky, kdy se nepoužívaly polovodičové prvky, ale vzájemně propojená relé. Protože se podobá známému formátu elektrického obvodu, může jej pro účely řešení problému sledovat i neprogramátor, který se učil elektrickým obvodům. Svojí strukturou je vhodný pro rychlé a přehledné zpracování velkého množství signálů. Většina implementací reléové logiky umožňuje organizovat program do složek nebo podprogramů, které se stahují do PLC, což umožňuje snadnou segmentaci (Petruzella, 2011), (ELUC, nedatováno), (Romanov, nedatováno).



Obr. 6.3 – Ukázka zápisu programu v LD (Rockwell Automation, 2020)

6.1.4 Function Block Diagram

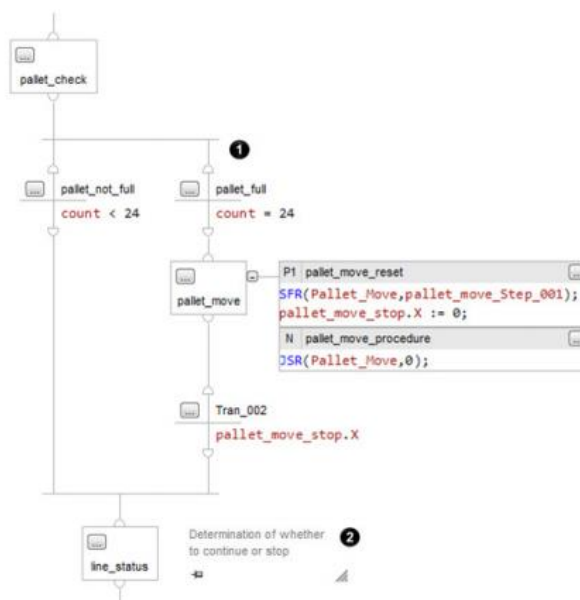
Primárním konceptem FBD je datový tok. V těchto typech programů proudí hodnoty ze vstupů na výstupy přes funkční bloky. Program je konstruován pomocí funkčních bloků, které jsou vzájemně propojeny, aby definovaly výměnu dat. Spojovací linky budou mít datový typ, který musí být na obou koncích kompatibilní. Vstupy a výstupy funkčních bloků lze invertovat. To se obvykle zobrazuje s malým kruhem v bodě, kde se čára dotýká funkčního bloku (Petruzella, 2011), (Romanov, nedatováno).



Obr. 6.4 – Ukázka zápisu programu v FBD (Rockwell Automation, 2020)

6.1.5 Sequential Function Chart

Koncept SFC je jednoduchý: grafický zápis programu pomocí akčních bloků s kódem uvnitř napsaným v libovolném jazyce (jeden z výše uvedených) dle výběru programátora. Podle toho, jak jsou podmínky plněny, tak se rozvětvená struktura programu vykonává. Jazyk je také velmi přátelský k technikům, kteří vykonávají případnou údržbu, protože vizuální povaha programu a segmentace kódu usnadňuje řešení problémů, kdy jsou přehledně definovány a ošetřeny různé stavy programu (ELUC, nedatováno).

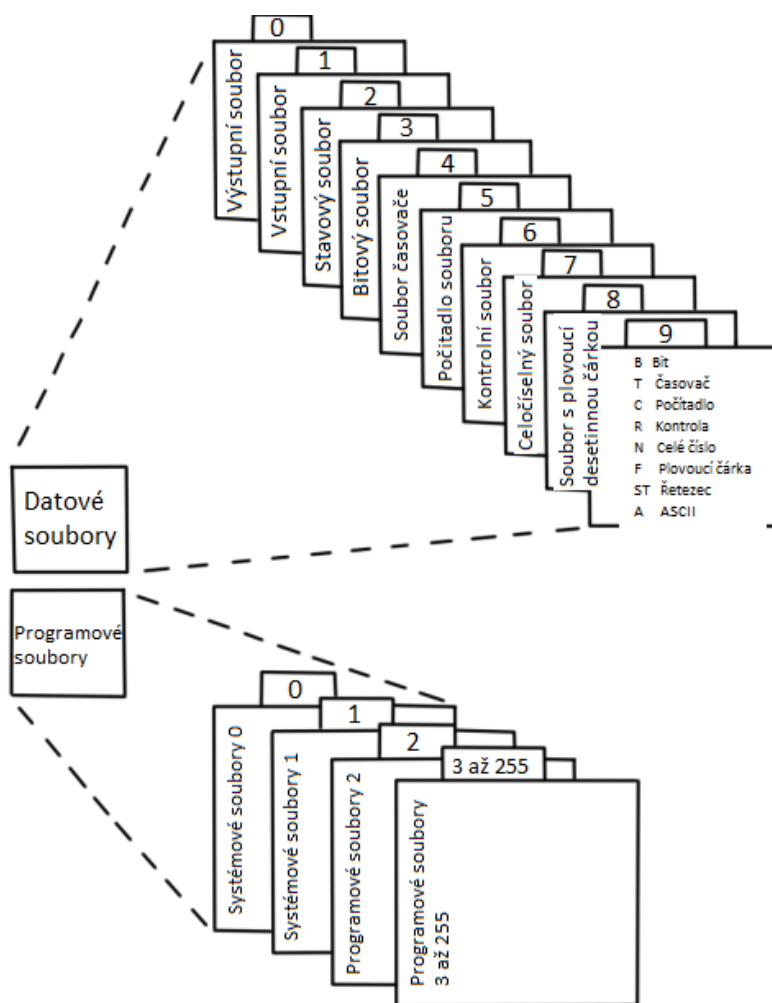


Obr. 6.5 – Ukázka zápisu programu v SFC (Rockwell Automation, 2020)

6.2 ADRESOVÁNÍ

Přidělení paměti PLC se skládá ze 2 obecných oblastí: programových souborů a datových souborů. Každá část se skládá z 256 souborů, z nichž některé jsou předdefinovány, zatímco jiné jsou flexibilní a lze je použít tak, aby vyhovovaly potřebám dané aplikace. Soubory 0 až 8 v sekci datové soubory jsou standardní a předdefinované. Soubory 9 až 255 se mohou skládat z kteréhokoli z dostupných typů souborů v závislosti na potřebách uživatele (PLC TECHNICIAN, 2019).

Adresa je v podstatě prostředek k odkazování na místo v paměti. Adresy umožňují regulátoru přístup k fyzickým I/O, stejně jako datům nebo stavům instrukcí. Tyto hodnoty jsou uloženy v datových souborech paměti PLC. Sekce datových souborů je rozdělena do 11 obecných typů souborů: vstup, výstup, stav, bit, časovač, čítač, řízení, celé číslo (Integer), plovoucí desetinná čárka, řetězec (String) a ASCII tabulka. Každý typ souboru je označen konkrétním písmenem, které se použije na začátku veškerého přidruženého adresování. Tyto soubory ukládají soubory a hodnoty týkající se: I/O, instrukcí, stavu procesoru a proměnných v datových tabulkách (PLC TECHNICIAN, 2019).



Obr. 6.6 – Organizace paměťových souborů převzato z (PLC TECHNICIAN, 2019)

Typy dat, které používají dvouhodnotové proměnné jsou ve formátu BOOL (Boolean). Tyto proměnné mohou tedy nabývat dvou hodnot: logické nuly a logické jedničky. Tyto bitové hodnoty dále tvoří skupiny (řetězce) (ELUC, nedatováno).

Základní řetězce:

- BYTE – obsahuje 8 bitů, tzn. $2^8 = 256$ stavů;
- WORD (slovo) – je tvořeno 16-ti bity, tzn. $2^{16} = 65\,536$ stavů;
- DOUBLE WORD (dvojité slovo) nabývá 32 bitů;
- tzv. $2^{32} = 4\,294\,967\,296$ stavů (ELUC, nedatováno).

6.3 PAMĚŤOVÉ FUNKCE

Paměťové funkce slouží k dočasnému nebo trvalému uchování stavu, který byl definován impulsem, jako například ovládním tlačítek zapnuto/vypnuto. Proto abychom, daný stav uchovali, je nutné určit, na jakém bitu paměti tento stav chceme uchovat. Tento paměťový bit je označován jako M xy, kde M značí obecně paměť (memory) a xy poté obecné adresování bitu (PLC AUTOMATIZACE, nedatováno).

Za základní paměťové funkce považujeme klopné obvody, které můžeme realizovat jako kombinaci zapojení jednoduchých logických funkcí AND, OR a NOT s využitím zpětné vazby. Pro řízení klopného obvodu se používají vstupy S – set, ten nastaví hodnotu výstupního signálu Q na hodnotu logické 1 a vstup R – reset, který naopak nastaví výstupní signál na hodnotu logické 0. Výstup také nabývá pouze dvou hodnot a to: logické 0 nebo 1 (PLC AUTOMATIZACE, nedatováno).

Rozlišujeme dva druhy klopných obvodů, podle toho zda je dominantní Set nebo Reset:

- **Klopný obvod RS:** pro tento obvod je dominantní Reset. K nastavení logické 1 na výstupu dochází při vzestupné hraně na vstupu Set. Výstup se vrátí do logické 0 až s náběžnou hranou na vstupu Reset. Jestliže mají oba vstupní signály hodnotu logické 1, bude výstup nabývat logické 0 (PLC AUTOMATIZACE, nedatováno).
- **Klopný obvod SR:** pro tento obvod je dominantní Set. Logická 1 se na výstupu nastaví s náběžnou hranou na vstupu Set. Pokud však budou mít oba dva vstupní signály, Set a Reset logickou hodnotu 1, tak se i výstupní bude nacházet v logické 1 (PLC AUTOMATIZACE, nedatováno).

7 COMPACTLOGIX 5380

Pomáhá k dosažení vyšší výkonnosti, kapacity, produktivity a zabezpečení, a zajistí tak splnění rostoucích nároků na inteligentní stroje a zařízení pro výrobu. Všechny standardní a bezpečnostní procesory používají moderní programovací prostředí aplikace Studio 5000, která uživatelům umožňuje spolupracovat při navrhování a údržbě jejich systémů. Toto společné prostředí zkracuje dobu uvádění zařízení do provozu a umožňuje řízení integrovaného polohování přes rozhraní EtherNet/IP pro vysokorychlostní aplikace a současně poskytuje bezpečnostní řešení úrovně až SIL 3/PLe. Tyto procesory jsou ideální pro aplikace, které vyžadují vysoce výkonnou komunikaci, řízení vstupů/výstupů a pohybu až pro 32 os (Rockwell Automation, 2020).

Toto PLC je vhodné pro nasazení do průmyslových odvětví, jako jsou výroba potravin a nápojů, těžba ropy a plynu, chemický průmysl, plasty, biologické vědy, těžba a metalurgie. Obecně je ideální pro aplikace malého až velkého rozsahu, které vyžadují malý počet pohybových os a vstupů/výstupů. Ve výbavě najdeme 1 gigabitový integrovaný port EtherNet/IP, který umožňuje bezpečnostní připojení CIP, vstupů/výstupů a bezpečnostních zařízení. Dále zde najdeme duální konfigurovatelné porty, které podporují duální IP adresu. Výrobce umožňuje rozsáhlou řadu variant uživatelské paměti od 0,6 do 10 MB (Rockwell Automation, 2020).



Obr. 7.1 – CompactLogix 5380 (Rockwell Automation, 2020)

8 TIME-OF-FLIGHT SENZOR

Time-of-Flight (ToF) senzory vytvářejí hloubkový obraz, jehož každý pixel kóduje vzdálenost k odpovídajícímu bodu ve scéně před ním. Tyto senzory lze použít k přímému odhadu 3D struktury snímaného objektu bez pomoci tradičních algoritmů počítačového vidění a jsou schopny dodat celý hloubkový obraz bez použití jakékoli pohyblivé mechanické části. Kromě toho jsou hloubkové informace dodávány samotným polovodičovým senzorem bez nutnosti externích obvodů. Tento nový způsob snímání se dá využít v širokém spektru průmyslových aplikací od navigace robota, 3D rekonstrukce, interakce člověk-stroj až po zajištění kvality. ToF senzory pracují měřením fázového zpoždění infračerveného světla. To není jediný způsob jak odhadnout hloubku, například lze na scénu promítat infračervený vzor, který usnadní vizuální triangulaci, neboli způsob, kterým se zjistí souřadnice a vzdálenost (Hansard, 2013).

Unikátní snímací architektura ToF senzorů znamená, že nezpracovaný hloubkový obraz obsahuje systémové i nesystémové zkreslení, které je nutné vyřešit pro robustní hloubkové zobrazování. Konkrétně existují problémy s nízkou hloubkou přesnosti a nízkým prostorovým rozlišením, stejně jako chyby způsobené radiometrickými, geometrickými a světelnými odchylkami. Například přesnost měření je omezena výkonem emitovaného infračerveného signálu, který je obvykle poměrně nízký ve srovnání s denním světlem, takže kontaminuje odražený signál. Amplituda odraženého infračerveného světla se také liší podle materiálu a barvy povrchu objektu (Hansard, 2013).

Vážným problémem hloubkových ToF snímků je rozostření pohybu způsobené pohybem senzoru nebo objektu. Rozostření pohybu u dat vykazuje ve srovnání s konvenčními barevnými kamerami jedinečné vlastnosti. Přesnost hloubky i snímková frekvence jsou omezeny požadovanou dobou integrace hloubkové kamery. Delší doba integrace obvykle umožňuje vyšší přesnost měření hloubky. U statických objektů proto můžeme chtít snížit snímkovou frekvenci, abychom získali delší přesnost měření z doby integrace. Na druhou stranu zachycení pohybujícího se objektu při pevné snímkovací frekvenci ukládá omezení času integrace (Hansard, 2013).

8.1 3D SENZOR SWIFT-E

Senzor založený na technologii 3D snímání ToF, který umožňuje spolehlivě provádět vícenásobné rekonfigurovatelné měření výšky nebo vzdálenosti. Při měření výšky umožňuje Swift-E uživateli konfigurovat více virtuálních snímacích zón (VSZ) pro měření statických nebo pohybujících se objektů. Výsledky snímání jednotlivých VSZ jsou k dispozici jako tagy v prostředí Logix 5000. Pro snímání přítomnosti lze použít pro porovnávání známé výšky s naměřenou výškou objektu v každé VSZ. Výstupem je logická hodnota v podobě pass/fail tagu a to pro každou definovanou virtuální detekční zónu (Control Tech, nedatováno), (Odos Imaging, 2019).

Obě uvedená řešení snímání umožňují vytvoření až 255 různých šablon, každou s až 64 virtuálními SVZ na šablonu – vše uložené v paměti senzoru. Aktuální šablonu lze libovolně měnit požadavkem řídicího systému. Díky uloženému nastavení v paměti senzoru jsou změny nastavení okamžité (Control Tech, nedatováno), (Odos Imaging, 2019).



Obr. 8.1 – 3D senzor Swift-E (Odos Imaging, 2019)

Senzor obsahuje integrované aplikační profily, které můžeme snadno přizpůsobit pomocí webového rozhraní. Senzor se také snadno a rychle propojuje s řídicími systémy

od společnosti Allen-Bradley díky integrovanému rozhraní EtherNet/IP a poskytuje tak přístup k datům v reálném čase. Pro tyto senzory jsou v návaznosti na měnící se potřeby trhu pravidelně vydávány nové aktualizace firmwaru, které nám poskytují možnosti rozšíření o nové integrované aplikace (Control Tech, nedatováno).

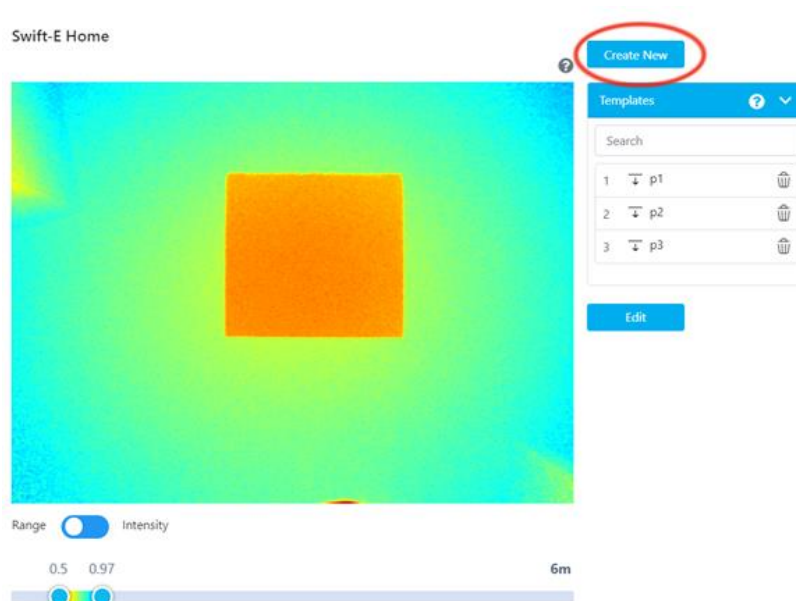
Tab. 8.1 – Tabulka parametrů senzoru Swift-E (Odos Imaging, 2019)

Parametr	Hodnota
Rozlišení	640x480 pixelů
Doba reakce	~ 50 ms
Operační rozsah	0.5 – 6 m (typicky)
Přesnost měření	±1 cm (typicky, kolísá s kvalitou odraženého signálu)
Oblast snímání	43° x 33°
Průsvícení	7x LED @ 850 nm, vestavěné
Výstupní data	Výška, přítomnost, absence
Rozhraní	EtherNet/IP
Napájení	12V DC / 20 W (typicky), 60 W (špička)
Virtuální snímací zóny	Až 64 virtuálních snímacích zón na každou šablonu
Šablony	Až 255 různých šablon

8.2 ROZHRAŇÍ WEB CONNECT

Web Connect nám umožňuje získat jak hloubková, tak i obrazová data a to ve formě grafického výstupu. Pomocí tohoto rozhraní můžeme vytvořit šablony, které se po uložení na webovém rozhraní uloží i do paměti senzoru Swift-E. Když připojíme senzor k PLC, lze správnou konfigurací ve Studiu 5000 získávat data z námi vytvořených šablon.

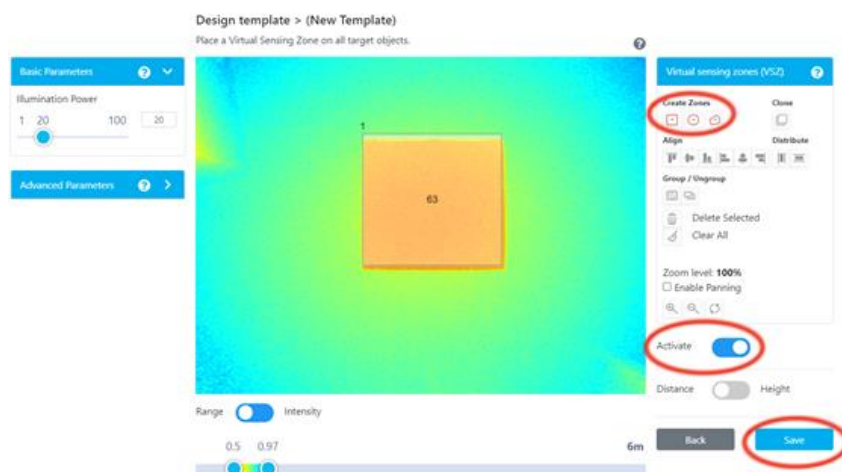
Pro demonstraci snímání byl senzor přichycen nad snímáný objekt do výšky 750 mm k desce pracovního stolu. Jako snímáný objekt byla zvolena krabice o rozměrech 150×140×90 mm. Novou šablonu vytvoříme pomocí tlačítka „Create New“.



Obr. 8.2 – Prostředí Web Connect

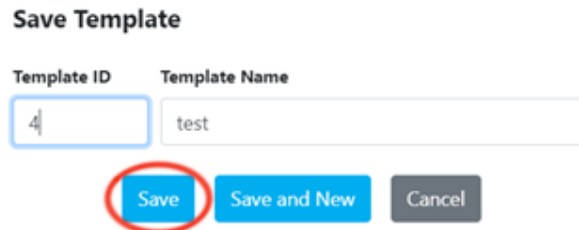
Prvním krokem pro vytvoření nové šablony musíme snímaný objekt nejdříve označit. Toho docílíme pomocí tlačítek v části „Create Zones“. Na výběr máme ze tří typů tvarů: čtverec/obdélník, kruh a polygon, který nakreslíme pomocí úseček.

Nyní zobrazíme vzdálenost od označených objektů pomocí přepínače „Activate“. Je zde i možnost zobrazení výšky objektu namísto vzdálenosti objektu od senzoru a to pomocí přepínače „Distance/Height“.



Obr. 8.3 – Postup při vytváření nové šablony

Pod snímaným objektem nalezneme úroveň nastavení snímání, která může být až 6 m. V našem případě bylo snímání nastaveno v rozmezí od 0,5 m do 0,97 m. Nyní můžeme stisknout tlačítko „Save“ a přejít tak do finální fáze vytvoření nové šablony.



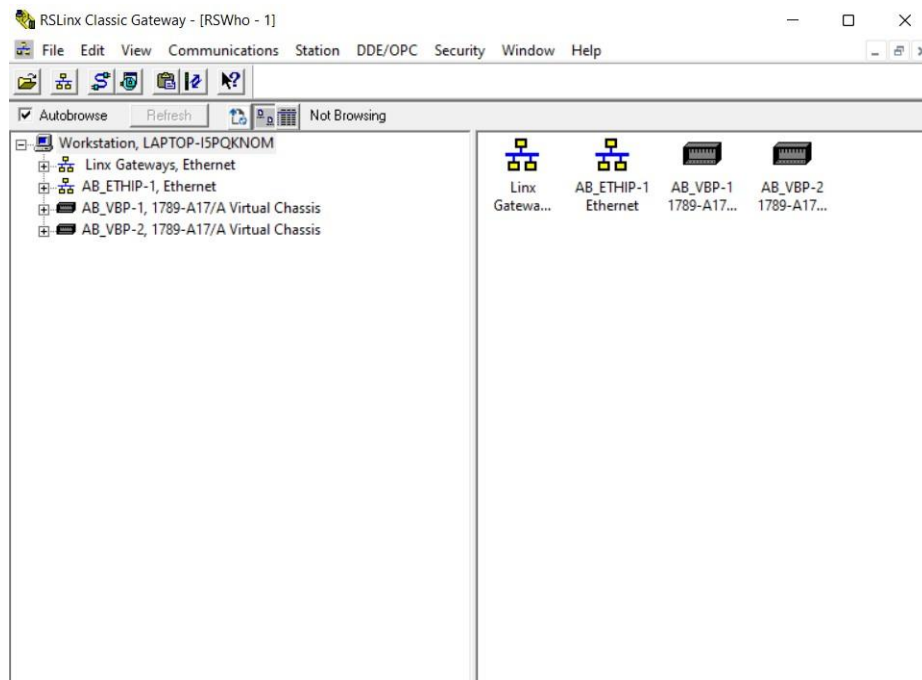
The image shows a 'Save Template' dialog box. It has two input fields: 'Template ID' with the value '4' and 'Template Name' with the value 'test'. Below the fields are three buttons: 'Save' (highlighted with a red circle), 'Save and New', and 'Cancel'.

Obr. 8.4 – Uložení nové šablony

Nyní stačí vyplnit zbývající textová pole. „Template ID“ značí číslo šablony, pod kterým se nám bude zobrazovat v rozhraní Web Connect a zároveň ve Studiu 5000. Pole „Template Name“ poté značí jméno právě vytvořené šablony. Celý proces dokončíme pomocí tlačítka „Save“.

9 RSLINX CLASSIC

Software RSLinx slouží pro komunikaci s řídicími systémy od firmy Allen-Bradely. Software dokáže komunikovat prostřednictvím protokolů jako např. DH485, DH+, ControlNet, DeviceNet, EtherNet/IP a další (ControlTech, nedatováno).



Obr. 9.1 – Úvodní okno aplikace RSLinx Classic

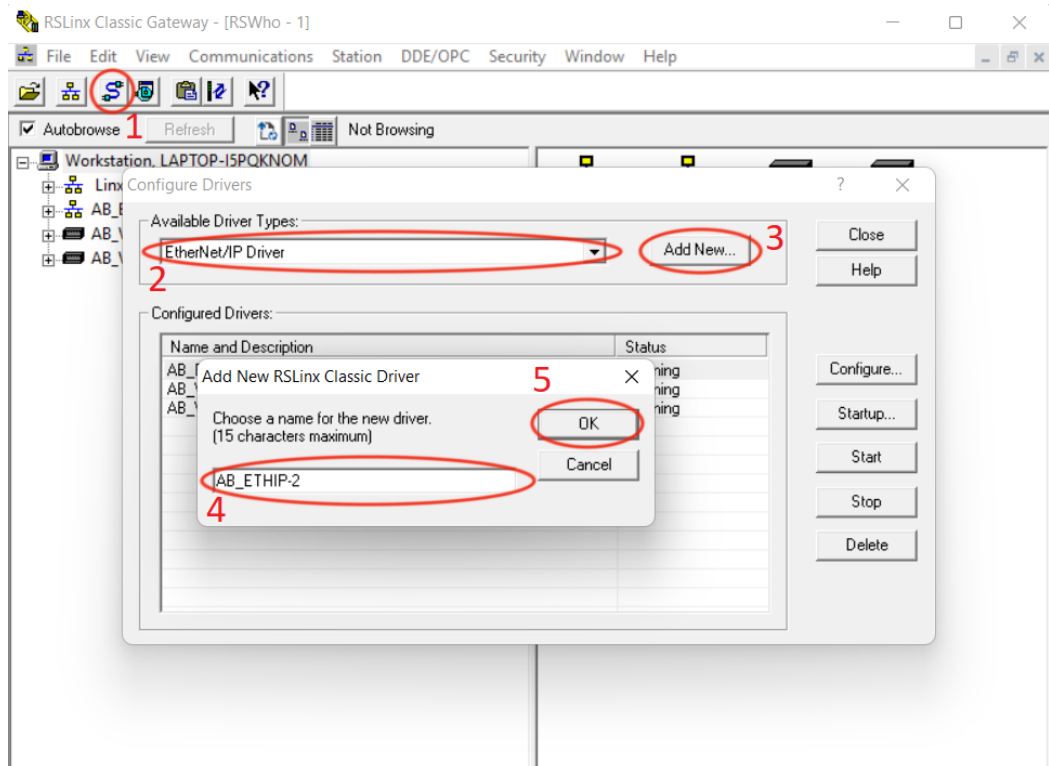
Jelikož senzor Swift-E podporuje protokol EtherNet/IP, můžeme využít RSLinx Classic pro jeho základní nastavení a komunikaci.

EtherNet/IP představuje průmyslový síťový protokol využívající průmyslový protokol CIP a vychází z klasického Ethernetu. CIP zajišťuje sdílení dat v průmyslových zařízeních. K této výměně dat využívá různé typy zpráv a služeb, které slouží k řízení procesu a systému, bezpečnosti, synchronizaci a konfiguraci (Michalec, 2020).

9.1 POSTUP PRO PŘIDÁNÍ SENZORU DO RSLINX CLASSIC

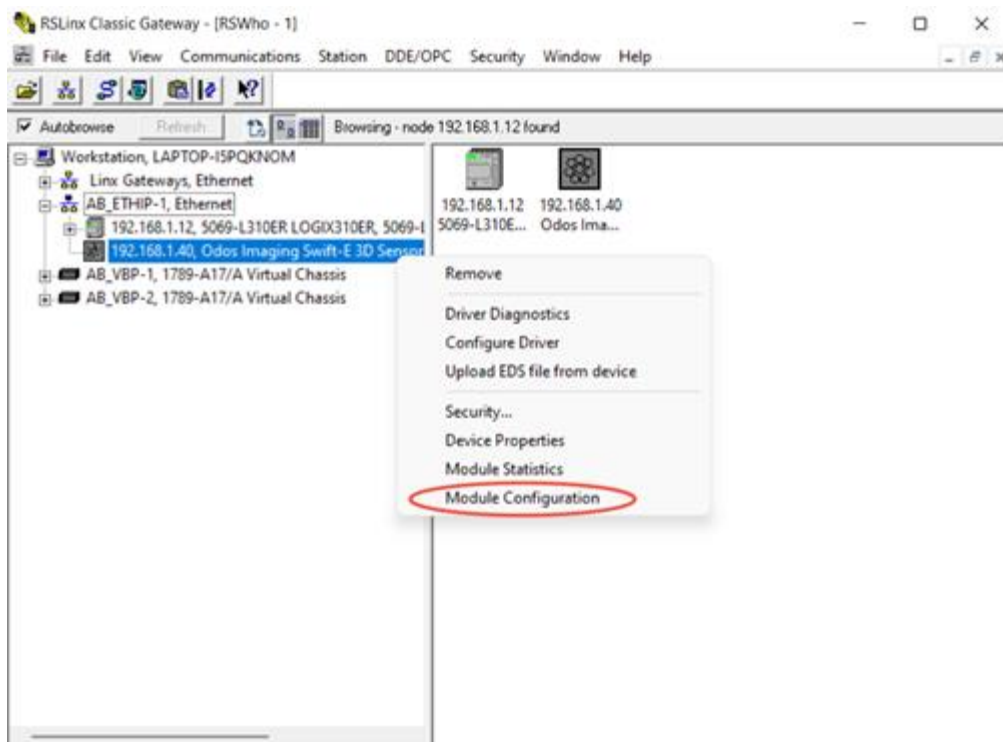
Abychom mohli komunikovat přes PC se senzorem Swift-E pomocí LAN sítě, použijeme UTP kabel zakončený konektory RJ-45. Po připojení k PC je nutné senzor najít a propojit pomocí softwaru RSLinx Classic, kde můžeme následně zjistit či změnit síťové nastavení senzoru. Přidání senzoru bude vysvětleno v následujících krocích:

- Přidání ovladače EtherNet/IP se provede stisknutím tlačítka „Configure drivers“;
- z kolonky „Available Driver Types“ vybereme „EtherNet/IP Driver“;
- pokračujeme stisknutím tlačítka „Add new“;
- dále je nutné zadat jméno ovladače (v našem případě ponecháme jméno, které je již předdefinované);
- konfiguraci dokončíme tlačítkem „OK“.

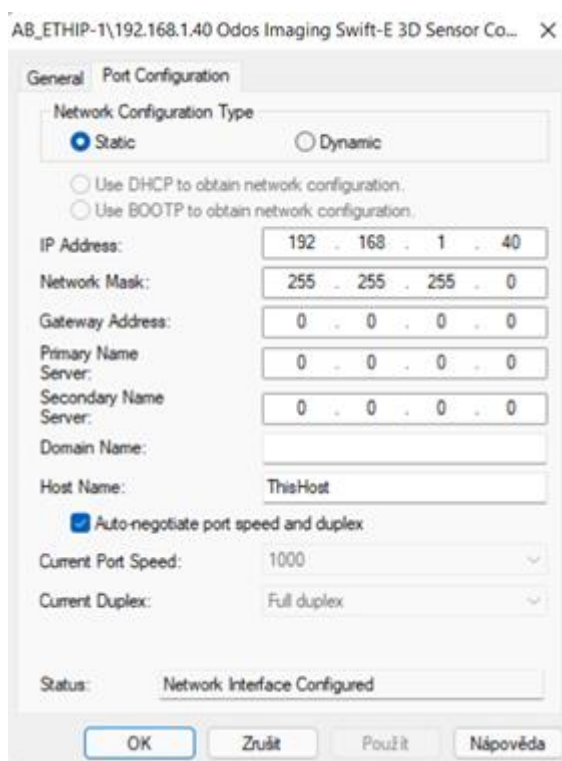


Obr. 9.2 – Postup pro přidání senzoru do RSLinx Classic

Konfiguraci senzoru Swift-E zobrazíme kliknutím pravého tlačítka na ikonu senzoru a z kontextové nabídky vybereme možnost „Module Configuration“. Nastavení portu poté najdeme v záložce „Port Configuration“ viz obr. 9.4.



Obr. 9.3 – Konfigurace senzoru v prostředí RSLinx Classic



Obr. 9.4 – Nastavení síťového portu senzoru

10 PROGRAMOVACÍ SOFTWARE STUDIO 5000

Studio 5000 představuje vývojový nástroj pro tvorbu aplikačních programů řídicích systémů od firmy Allen Bradley. Zápis programu můžeme provést pomocí ladder diagramu, funkčních bloků, jazyku SFC nebo strukturovaného textu, v závislosti na použitém řídicím systému a verzi vývojového softwaru. Program je možné odladit pomocí softwaru RSLogix Emulate. Tento program emuluje vlastní řídicí systém a při odlaďování je možné ho spojit s vizualizací. K programování PLC lze použít vestavěný port RS-232 nebo ethernetovou linku (ControlTech, nedatováno).

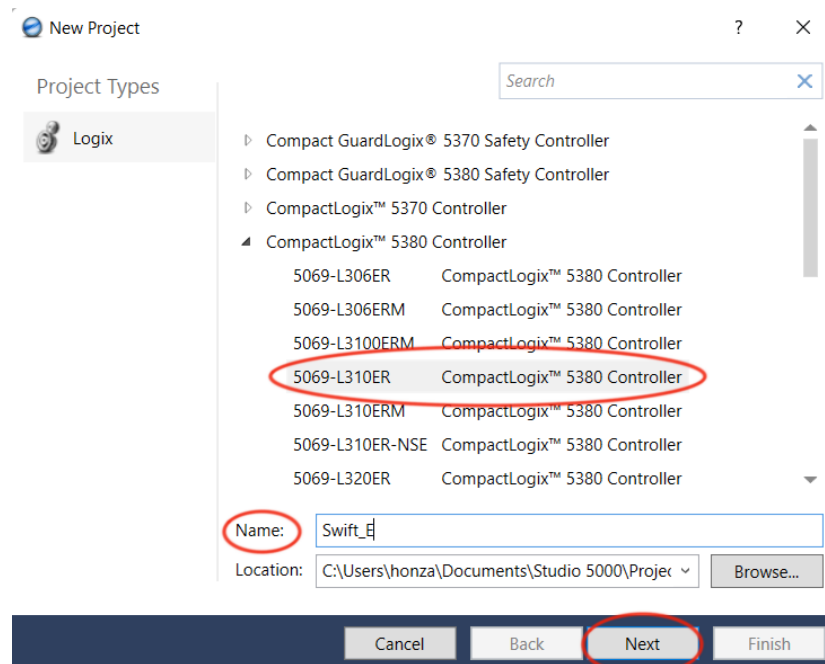
10.1 Vytvoření nového projektu v Studio 5000

Po spuštění programu Studio 5000 se nám zobrazí menu, ve kterém zvolíme možnost „New Project“, viz obr. 10.1, kdy se dostaneme do nabídky vytvoření nového projektu.



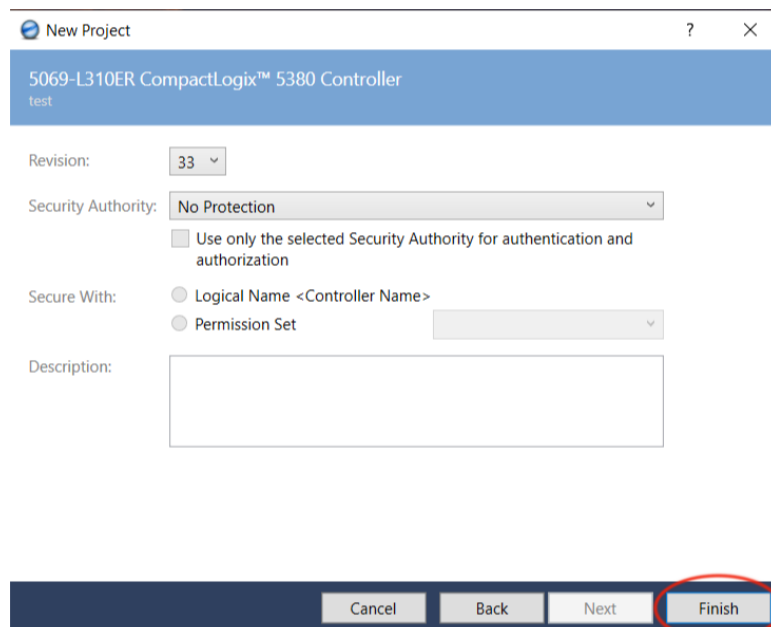
Obr. 10.1 – Úvodní okno aplikace Studio 5000

K vytvoření nového projektu dále musíme vybrat kontrolér, pro který náš program budeme psát. V našem případě se jedná o kontrolér CompactLogix™ 5380 a konkrétní model 5069-L310ER. Poté co zvolíme kontrolér, musíme projekt ještě pojmenovat, popřípadě změnit jeho lokaci na disku.



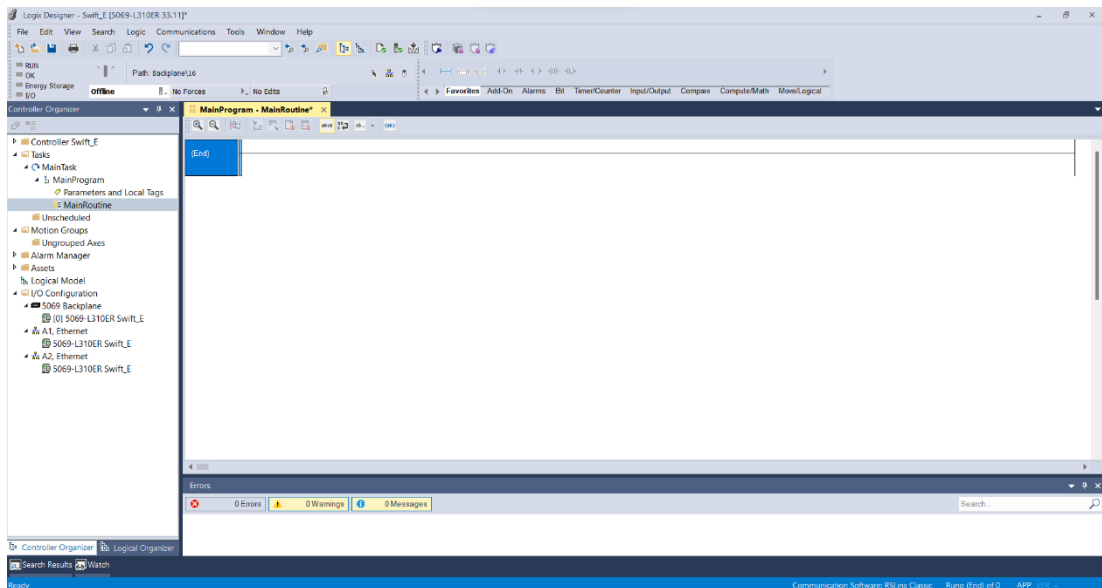
Obr. 10.3 – Postup při založení nového projektu

V poslední fázi založení nového projektu je část pro nastavení revize a oprávnění, kde necháme přednastavené hodnoty. Vytvoření nového projektu je úspěšně ukončeno stisknutím tlačítka „Finish“.



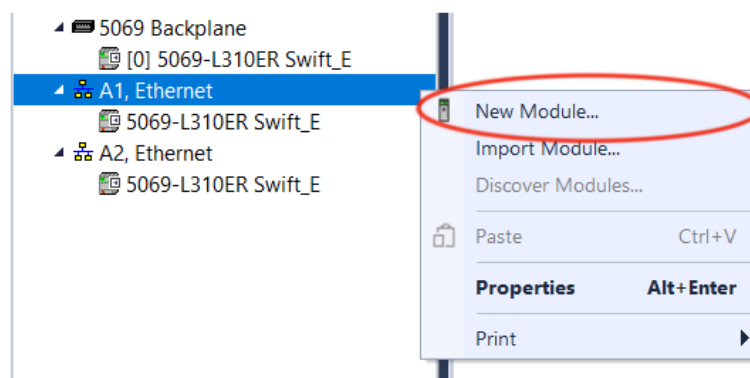
Obr. 10.2 – Finální krok založení nového projektu

Po založení se nám zobrazí prázdný projekt, viz obr. 10.1.4. Nyní musí být přidán modul Swift-E aby bylo možné při vytváření programu používat specifické kontrolní tagy.



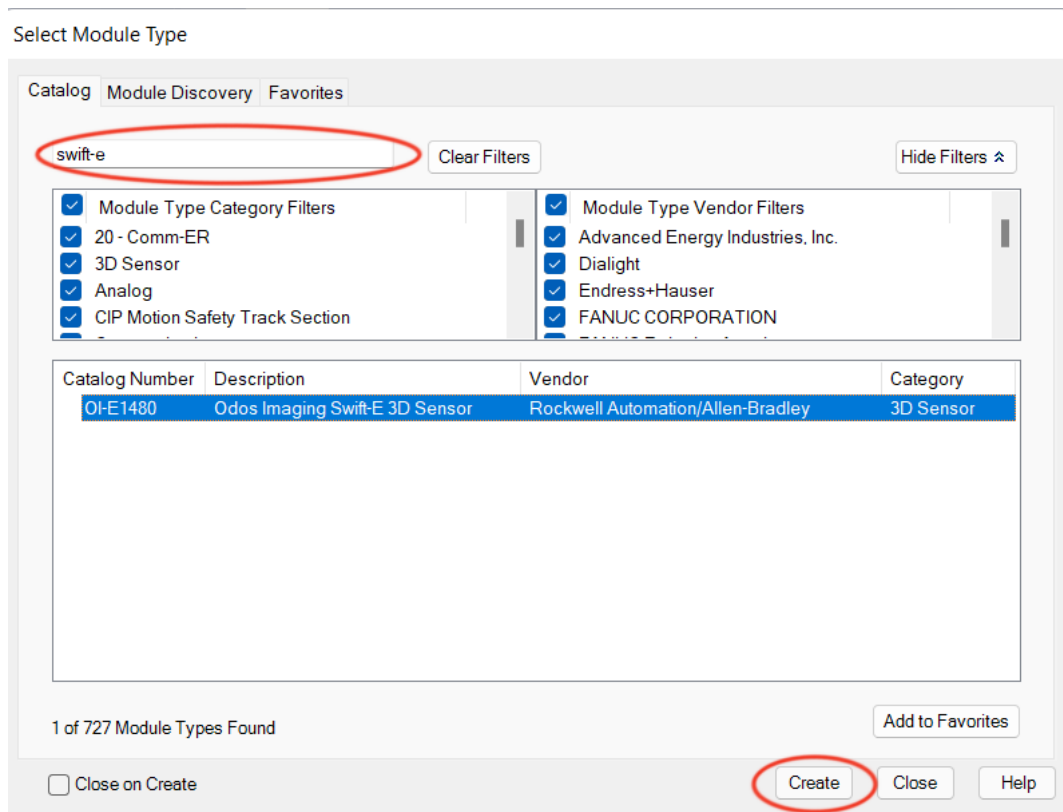
Obr. 10.4 – Studio 5000 po založení nového projektu

Nový modul přidáme kliknutím pravého tlačítka na „A1, Ethernet“, což je jeden ze dvou Ethernetových portů, kterým PLC CompactLogix 5380 modelové řady 5069-L310ER disponuje. Po zobrazení kontextového menu klikneme na možnost „New Module...“.



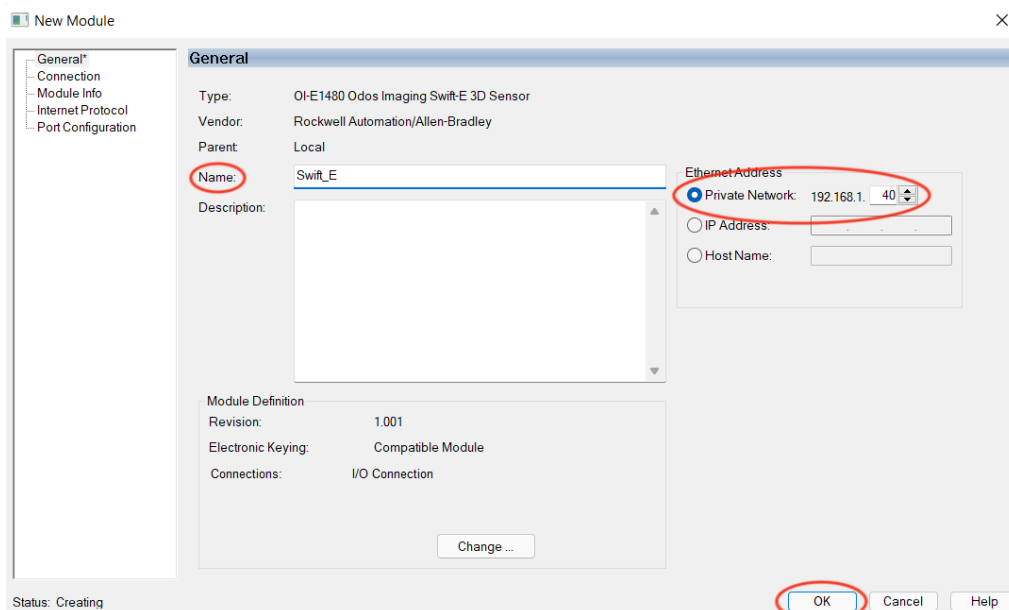
Obr. 10.5 – Vytvoření nového modulu

Nyní musíme námi žádaný modul vyhledat v katalogu modulů. To provedeme napsáním názvu do vyhledávacího pole. Pro vyhledání senzoru Swift-E můžeme zadat „swift-e“ nebo „odos“ v obou případech dostaneme stejný výsledek. Modul označíme a klikneme na tlačítko „Create“.



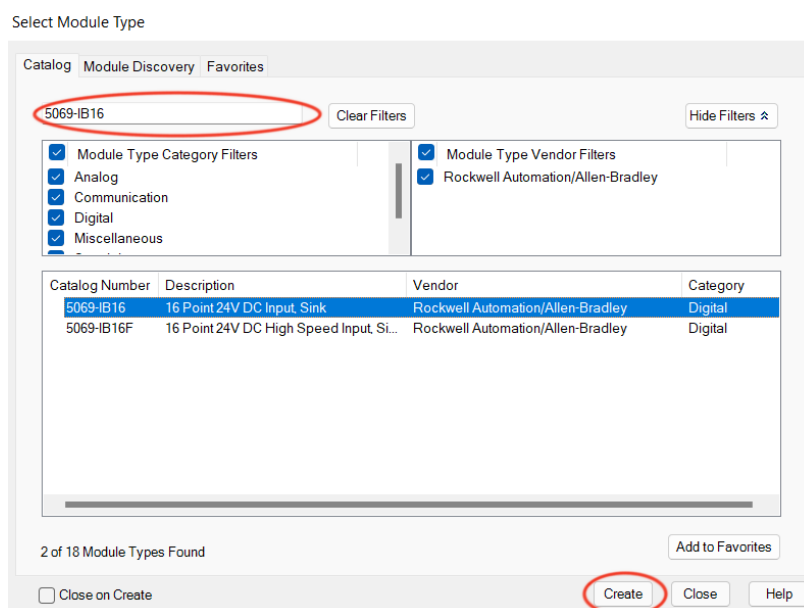
Obr. 10.6 – Katalog modulů

Ve finální fázi musíme modul pojmenovat a přidělit mu IP adresu, tu jsme ponechali výchozí z výroby. Celý proces dokončíme tlačítkem „OK“.



Obr. 10.7 – Finální krok při přidání modulu Swift-E

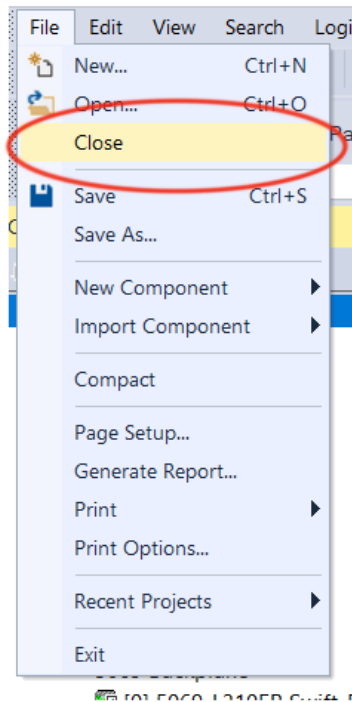
Nyní stejným způsobem přidáme vstupní a výstupní moduly. Pravým tlačítkem klikneme na „5069 Backplane“ a klikneme opět na „New Module...“. Do vyhledávacího pole nejdříve zadáme „5069-IB16“ a vybereme první možnost, viz obr. 10.8. Stiskneme tlačítko „Create“, modul pojmenujeme „Input“ a dáme „OK“. Stejný postup zopakujeme i pro výstupní modul, kde ve vyhledávacím poli zadáme „5069-OB16“ a v následujícím kroku modul pojmenujeme „Output“. Po přidání všech modulů můžeme začít s programováním.



Obr. 10.8 – Přidání vstupního modulu ve Studiu 5000

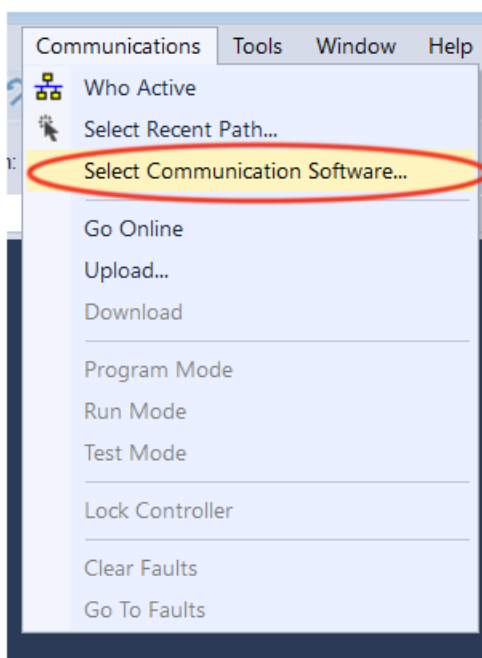
10.2 Nahrání programu do PLC

Všechny změny ať už modulů nebo samotného programu je nutné nahrát do PLC. Pokud nahráváme změny poprvé, je nutné zvolit program, přes který bude Studio 5000 komunikovat s našimi zařízeními. Tento krok je nutný z toho důvodu, že firma Rockwell Automation má vydané dva softwary pro komunikaci se svými zařízeními a v mém případě jsem musel software změnit na RSLinx Classic.



Obr. 10.9 – Zavření projektu

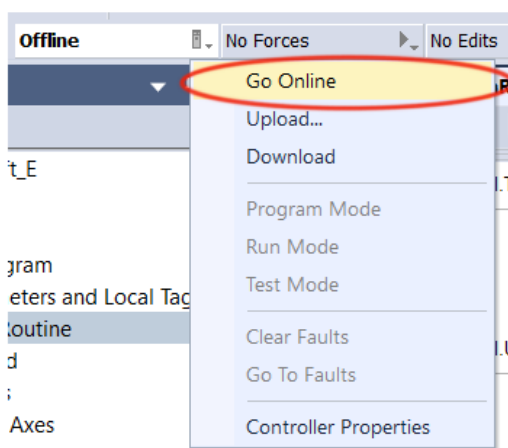
V záložce „File“ zavřeme projekt pomocí volby „Close“. Nyní přejdeme do záložky „Communications“ a vybere možnost „Select Communication Software“, zde pak vybereme možnost „RSLinx Classic“, výběr potvrdíme pomocí tlačítka „OK“.



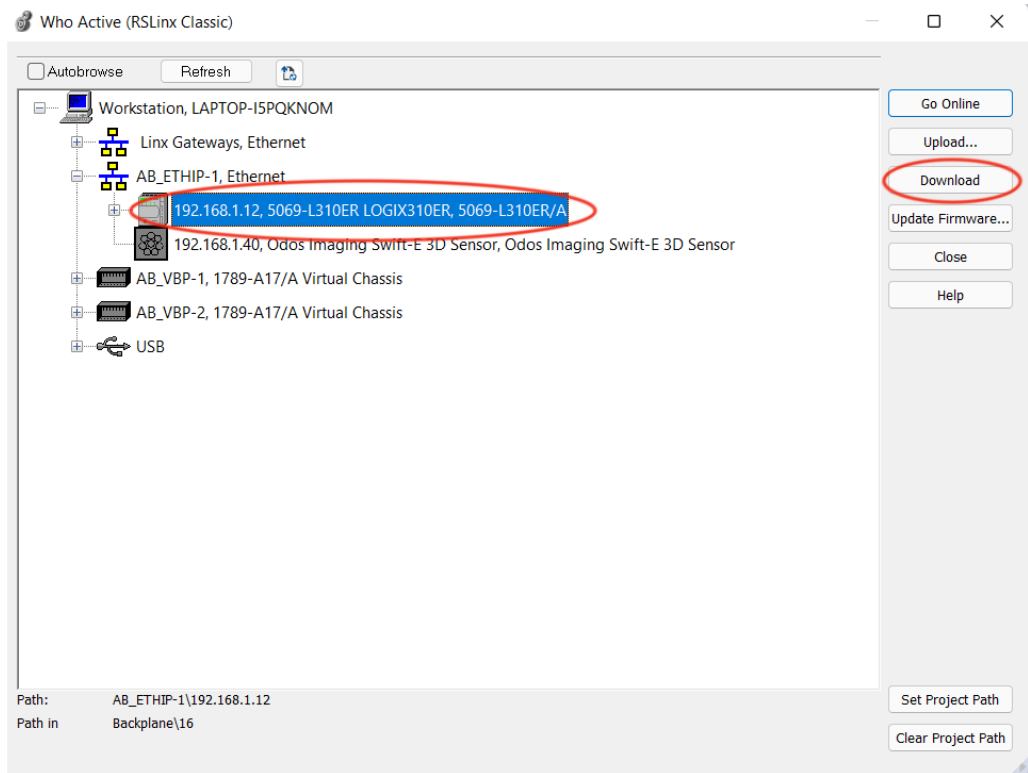
Obr. 10.10 – Nastavení rozhraní pro komunikaci

Projekt otevřeme přes záložku „File“ výběrem možnosti „Open...“ nebo pomocí klávesové zkratky „Ctrl+O“. Když máme vše připraveno, můžeme nahrát program do PLC. Přepínač na PLC přepneme do polohy „REM“ a v poli „Offline“ vybereme možnost „Go Online“ viz obr. 10.11.

Zobrazí se nám rozhraní RSLinx Classic, rozklikneme Ethernetový port 1, vybereme naše PLC a klikneme na „Download“, poté stačí jen vyčkat, než se program nahraje do paměti PLC. Testování aplikace je možné přepnutím přepínače do „RUN“.



Obr. 10.11 – Postup při nahrání programu do PLC

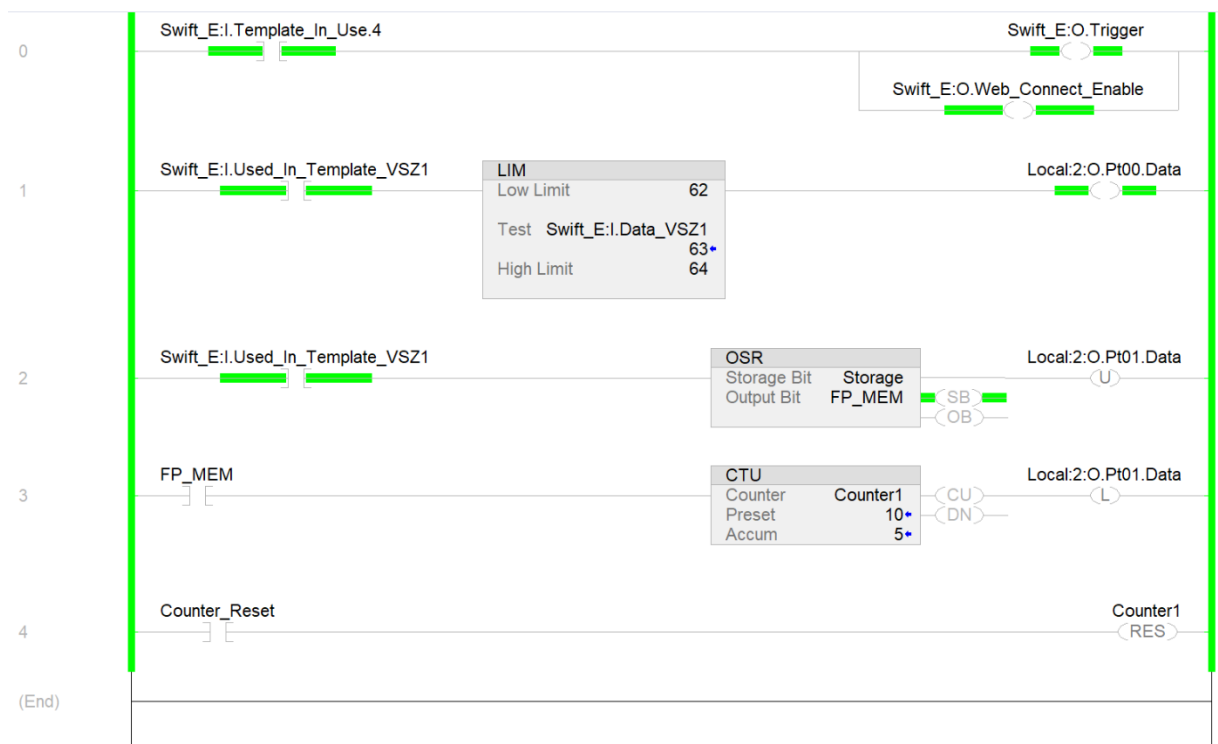


Obr. 10.12 – Finální krok při nahrání programu do PLC

11 VLASTNÍ PROGRAM

Mojí hlavní myšlenkou při tvorbě programu bylo přiblížit se průmyslovému prostředí. Cílem bylo navrhnout program, který daný předmět ve statickém poli senzoru detekuje a zároveň lokalizuje. Funkce programu bude pro zjednodušení vysvětlena na snímání jednoho předmětu.

Program začíná inicializací šablony, kterou jsem si vybral k použití, a to pomocí vstupní funkce „Template_in_Use.4“, místo čísla „4“ lze zvolit jakékoliv číslo, pokud odpovídá vytvořeným šablonám. Pokud je vstup aktivní, zapnou se na výstupu dvě funkce: první funkcí je „O.Trigger“, jež zahájí měření. Druhou je funkcí je „Web_Connect_Enable“, která umožní používat prostředí Web Connect i když je PLC v módu RUN.



Obr. 11.1 – Vlastní program

Pokračuje se funkcí „Used_In_Template_VSZ1“, pokud se daný objekt vyskytuje ve snímané šabloně, tak se hodnota nastaví na 1. Dále následuje blok pro porovnání, zda je snímaná plocha objektu rovna 63 cm s tolerancí ± 1 cm. V případě nesplnění podmínky je zaznamenána chyba.

Pokud je podmínka splněna, program pokračuje na další funkci a tou je „OSR“. Instrukce OSR je zadržující vstupní instrukce spouštěcí událost, která nastane pouze jednou

v průběhu programu. Pokud vstupní instrukce přejde z 0 na 1, instrukce OSR podmíní rung tak, že výstup bude 1 po dobu právě jednoho skenovacího cyklu programu. Poté se výstup vrátí zpět do pozice 0, do té doby než vstup provede další přechod z 0 na 1. Výstupní bit přejde na námi vytvořenou funkci „FP_MEM“, která podrží hodnotu bitu a přenesení ji na následující rung.

Následující rung obsahuje funkci „CTU“, která funguje jako počítadlo. Hodnota „preset“ představuje přednastavenou hodnotu počítadla, což je v tomto případě 10. Druhá hodnota „Accum“ značí, kolik se v počítadle nahromadilo signálů. Pokud hodnota „Accum“ dosáhne přednastavené hodnoty, dojde k přetečení. Přetečení poté zastaví celý program nebo může sloužit jako informace pro operátora. Poslední funkcí je „Counter_Reset“ jenž resetuje stav počítadla.

11.1 Dodatečné testování aplikace

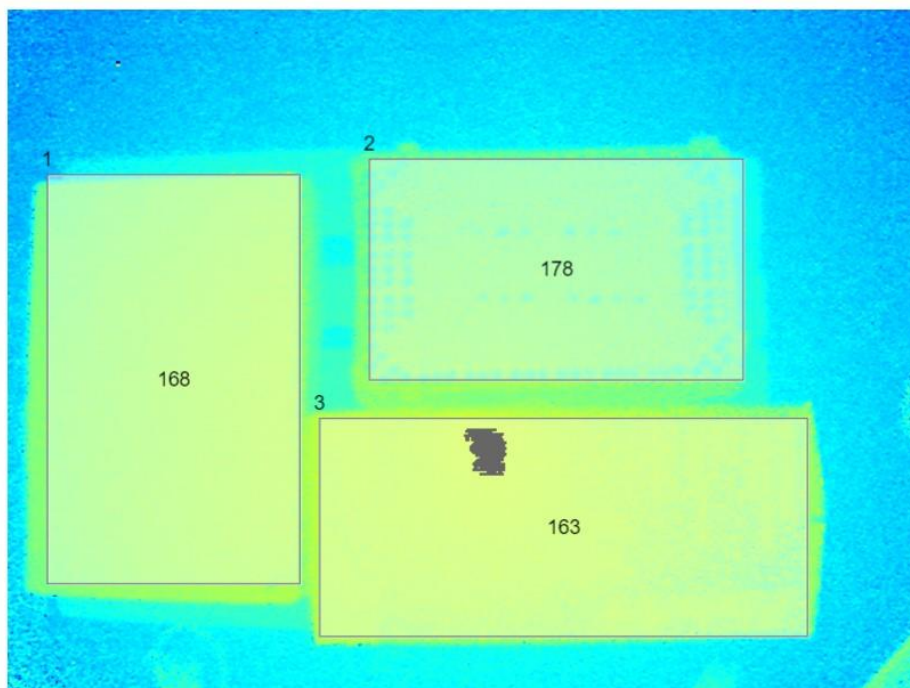
Cílem testování bylo přiblížit se průmyslovým podmínkám – nalezením vhodného prostoru pro realizaci měření a vhodných objektů. Jako prostor byla využita sýpka o rozměrech 5×14×3,5 m. Jelikož v domácích podmínkách nebyla možnost využít obrobky, železné profily, nádrže na plyn a jiné předměty, které by se mohly vyskytnout v průmyslovém prostředí, byly proto využity krabice různých rozměrů, které jsou dále popsány. Jako podklad byla zvolena standardní europaleta o rozměrech 1200×800×144 mm.



Obr. 11.2 – Ukázka pracoviště

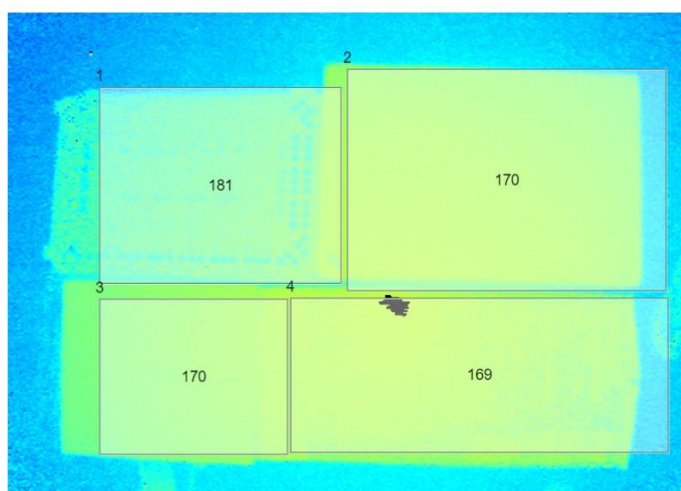
Po přípravě pracovního místa pro snímání byly vytvořeny 3 profily v prostředí Web Connect. Existence profilů je zřejmá na obr. 8.2. Senzor byl z důvodu snímání větších objektů umístěn nad snímanou paletu do výšky 1900 mm.

Pro profil „p1“ byly využity tři papírové krabice o velikostech: 340×325×680 mm, 595×390×335 mm a 550×350×220 mm.



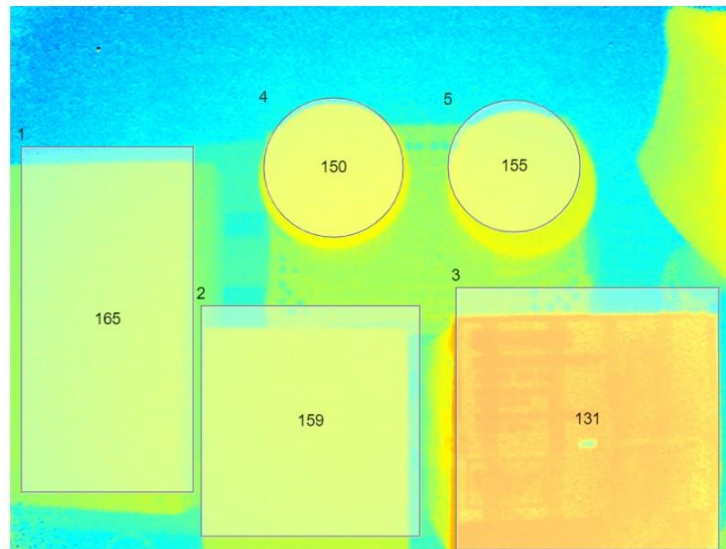
Obr. 11.3 – Ukázka profilu p1 v prostředí Web Connect

Pro profil „p2“ byly využity čtyři papírové krabice o velikostech: 340×325×680 mm, 595×390×335 mm, 550×350×220 mm a 380×340×310 mm.



Obr. 11.4 – Ukázka profilu p2 v prostředí Web Connect

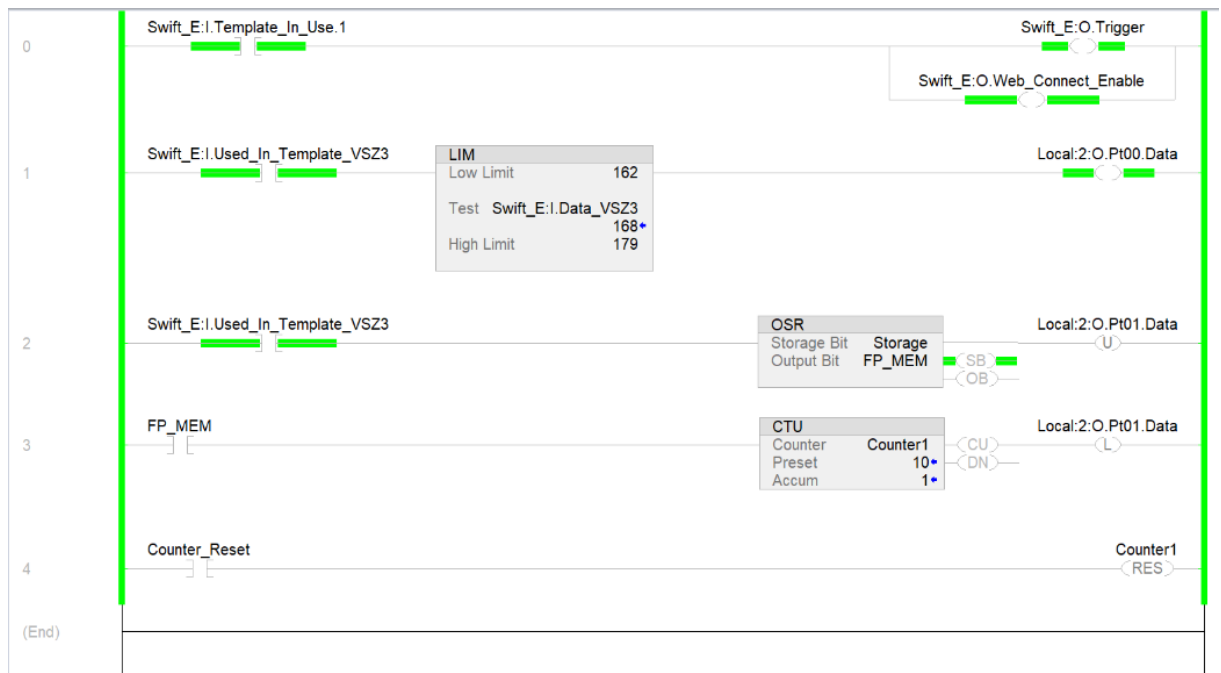
Pro profil „p3“ byly oproti předchozím šablonám využity tři papírové krabice: 340×325×680 mm, 550×350×220 mm a 380×340×310 mm a dvě vědra o průměru 220 mm a výšce 255 mm (tedy 220×255 mm).



Obr. 11.5 – Ukázka profilu p3 v prostředí Web Connect

Program bylo nutné oproti prvnímu testování s jedním objektem upravit a to ve funkci, která v sobě uchovává číslo aktuálně používané šablony, tedy „Template_In_Use“, kde jsem při každém běhu programu musel změnit číslo šablony, která se aktuálně používala. Další změna proběhla ve funkci „Used_In_Template_VSZ“, kde číslo na konci udává počet vytvořených objektů v šabloně a poslední změna proběhla v porovnávacím bloku „LIM“, kde se musela upravit dolní a horní hranice. Např. pro profil „p1“ byla zvolena dolní mez 162 a horní mez 179 opět s tolerancí ± 1 cm.

Po úpravě programu pro každou šablonu zvlášť byl proveden testovací běh programu s pozitivním výsledkem.



Obr. 11.6 – Upravený vlastní program pro snímání více objektů

12 DISKUZE

Cílem praktické části byl pokus o simulaci průmyslových podmínek, ve zvolení vhodných objektů, které by bylo možné snímat s využitím mnou vytvořeného programu. Příprava na realizaci v případě snímání více objektů byla náročnější z důvodu nedostatku množství objektů, které by se mohly vyskytnout v průmyslovém prostředí. Nicméně mnou vytyčený cíl jsem splnil, testování aplikace proběhlo v pořádku. Avšak pokud by měl být zařazen do ostrého provozu, musel by být program testován v průmyslovém prostředí za plného provozu linek. Zejména rychlost snímání objektů a jejich další vyhodnocování.

Výhodou mého řešení je schopnost ukázat i na velmi jednoduchém programu jeho funkčnost. Další výhodou vidím v přesném snímání a lokalizaci daného objektu. Výhodou je i nízká chybovost programu během prováděného testování.

Nevýhodou mého řešení je, že pokud chceme snímat jinou šablonu, tak systém není plně automatický a tím pádem je nutný zásah operátora, který by parametry v programu změnil. Programovací software sice nabízí možnosti pro zavedení takovéto funkce, nicméně se mi toto řešení nepodařilo implementovat.

13 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byla rešerše existujících nástrojů pro detekci a lokalizaci objektů v rámci průmyslové výroby. Byly zde popsány principy programovatelných logických automatů a jejich propojení s ostatními prvky pro průmyslovou automatizaci. Dále je zde popis softwarových nástrojů využitých v praktické části této práce.

Praktická část této práce měla za úkol návrh řídicího systému pro detekci a lokalizaci objektů za pomoci programovatelného automatu CompactLogix 5380 a ToF senzoru Swift-E. Návrh samotného programu jsem se snažil realizovat s ohledem na průmyslové prostředí. To jsem z mého pohledu úspěšně zrealizoval v praktické části, kde jsem popsal jednotlivé kroky, které vedly k samotné realizaci programu. Pokud by program měl být uvedený do reálného provozu, musí dojít k určitým změnám, protože byl vytvořen za účelem jednoduché demonstrace možností softwaru, a také je zde fakt, že odlišná průmyslová odvětví vyžadují jiné požadavky.

Tuto problematiku vidím jako budoucnost průmyslového odvětví, protože průmysl se každým rokem zrychluje a dochází k větší digitalizaci a tím pádem se klade i důraz na větší přesnost, bezpečnost a neustálý provoz linek co nejlépe, bez zastavení procesu. Těmito kroky se předchází chybám, které jsou zapříčiněny lidským faktorem, které mohou proces výroby zpomalit nebo ho jinak ohrozit, či případně zastavit.

Prostřednictvím této práce jsem si mohl díky společnosti SPEL a.s. vyzkoušet moderní nástroje pro průmyslovou automatizaci, zjistit tak jejich využití a naučit se s nimi pracovat. Tato problematika mě velice zaujala a rád bych se jí zabýval ve své případné navazující práci.

POUŽITÁ LITERATURA

- Adresování. *ELUC* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/977>.
- BOLTON, W., 2015. *Programmable Logic Controllers Sixth Edition*. 313 Washington St. Newton, MA, United States: Newnes. ISBN 978-0-12-802929-9.
- BRYAN, L. A. a E. A. BRYAN, 1997. *Programmable Controllers: Theory and Implementation 2nd Edition*. Atlanta, Georgia USA: Industrial Text Company, 1035 s. ISBN 978-0944107324.
- Co je to SCADA? *Promotic: SCADA visualization software* [online]. [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>.
- CompactLogix 5380 and Compact GuardLogix 5380 controllers, 2020. *Rockwell Automation* [online]. USA: Rockwell Automation Technologies, November 2020 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/5069-pp003_-en-p.pdf.
- File Based Addressing Tips - Part I, 2019. In: *PLC TECHNICIAN* [online]. 160 Kendal Street, Toronto: George Brown College, School of Distance Education, 26. 3. 2019 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://www.plctechnician.com/news-blog/file-based-addressing-tips-part-i>.
- HANSARD, Miles, Seungkyu LEE, Ouk CHOI a Radu Patrice HORAUD, 2013. *Time-of-Flight Cameras: Principles, Methods and Applications*. London: Springer London. ISBN 978-1-4471-4658-2.
- How Do SCADA Systems Work? *DPS Telecom* [online]. [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://www.dpstele.com/scada/how-systems-work.php>.
- Instruction List (IL). *Beckhoff Information System* [online]. [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcplccontrol/html/TcPlcCtrl_Languages%20IL.htm.
- KANDRAY, Daniel, 2010. *Programmable Automation Technologies: An Introduction to CNC, Robotics and PLCs*. New York, N.Y.: Industrial Press, 500 s. ISBN 978-0-8311-3346-7.
- KNAPP, Eric D. a Joel Thomas LANGILL, 2015. *Industrial network security: securing critical infrastructure networks for smart grid, SCADA, and other industrial control systems*. Second edition. Waltham, MA: Syngress. ISBN 978-0124201149.
- Logix 5000 Controllers General Instructions, 2020. *Rockwell Automation: Literature Library* [online]. USA: Rockwell Automation Technologies, November 2020 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm003_-en-p.pdf.
- Logix 5000 Controllers Sequential Function Charts, 2020. *Rockwell Automation: Literature Library* [online]. USA: Rockwell Automation Technologies, 2020 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm006_-en-p.pdf.

- MICHALEC, Libor, 2020. EtherNet / IP versus PROFINET. *Automatizace.hw.cz* [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/ethernet-ip-versus-profinet.html>
- Micro810 Programmable Logic Controller Systems. *Rockwell Automation* [online]. [cit. 2021-11-29]. Dostupné z: <https://www.rockwellautomation.com/cs-cz/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/micro-controllers/micro800-family/micro810-controllers.html>.
- PAMĚŤOVÉ FUNKCE - KLOPNÝ OBVOD (RS, SR). *PLC AUTOMATIZACE* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/knihovna/program/zakladni-prvky/prvky-pametove-funkce.htm>.
- PanelView 5000 Graphic Terminals. *Rockwell Automation* [online]. [cit. 2021-11-29]. Dostupné z: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/human-machine-interface/graphic-terminals/panelview-5000.html>.
- PETRUZELLA, Frank D. *Programmable logic controllers*. 4th ed. New York, NY: McGraw-Hill Companies, c2011. ISBN 978-0-07-351088-0.
- Programovací jazyky. *ELUC* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/976>.
- ROMANOV, Vladimír. Top 5 Most Popular Types of PLC Programming Languages. *SolisPLC* [online]. [cit. 2021-8-9]. Dostupné z: <https://www.solisplc.com/blog/plc-programming-languages>.
- RSLinx® Classic™, 2021. *ControlTech* [online]. [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/sk/produkty/item/1082-rslinx-classictm>.
- RSLogix™ 500 a Studio 5000® Logix Designer, 2021. *ControlTech* [online]. [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/1075-rslogixtm-500-a-studio-5000-logix-designer>.
- Snímač Swift-E. *ControlTech* [online]. 2021 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/produkty/item/1105-snimac-swift-e>.
- Swift-E Reconfigurable 3D Sensor, 2019. *Odos Imaging* [online]. South Gyle Business Park, Edinburgh: Odos Imaging, A Rockwell Automation Company, August 2019 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: https://odosimaging-cdn-1.s3.eu-west-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/04/14105137/OIE1-PP001A-EN-P_A4.pdf.
- ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ, 1999. *PLC a automatizace*. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 80-86056-58-9.

PŘÍLOHY

A – CD

Příloha k bakalářské práci

Řídicí systém pro detekci a lokalizaci předmětů ve výrobě

Jan Holan

CD

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF.
- 2 Úplný zdrojový kód vlastního programu.