

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Řízení robotů Stäubli pomocí PLC

Bc. Lukáš Málek

Diplomová práce
2020

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2019/2020

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

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Málek**
Osobní číslo: **I18230**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Téma práce: **Řízení robotů Stäubli pomocí PLC**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cíl:

Seznámit se s architekturou a možnostmi uniVAL plc a vytvořit ukázkovou aplikaci řízení robota pomocí programovatelného logického automatu Siemens S7-1200.

Obsah teoretické části:

Průmyslové roboty, kategorie pro různé aplikační oblasti, způsoby programování, PLC, hardware a programování PLC.

Obsah implementační části:

Popis architektury a funkce uniVAL plc, instalace knihovny uniVAL plc do programovacího prostředí PLC, konfigurace PLC, otestování základních funkcí knihovny, návrh ukázkové aplikace, zhodnocení výsledků.

Poznámka: Diplomová práce je výstupem projektu Spolupráce Univerzity Pardubice a aplikační sféry v aplikačně orientovaném výzkumu lokačních, detekčních a simulačních systémů pro dopravní a přepravní procesy (PosiTrans). Registrační číslo projektu: CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008394.

Na vedení diplomové práce se spolupodílí Tomáš Burian v rámci projektové aktivity KA12 projektu Spolupráce Univerzity Pardubice a aplikační sféry v aplikačně orientovaném výzkumu lokačních, detekčních a simulačních systémů pro dopravní a přepravní procesy (PosiTrans). Registrační číslo projektu CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008394.

Rozsah pracovní zprávy: **60**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

HAVELKA, Martin a Veronika STOFFOVÁ. Robotika – stavba a programování robotů. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2017. ISBN 978-80-244-5194-7.
ZÁDA, Václav. Robotika: matematické aspekty analýzy a řízení. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-882-3.
SCARA, 6-axis, FAST picker and collaborative robots / Stäubli [online]. Stäubli [cit. 6. 11. 2019]. Dostupné na: uniVAL plc [online]. Stäubli [cit. 13. 11. 2019].

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**
Katedra řízení procesů
Datum zadání diplomové práce: **7. listopadu 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**



L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 7. listopadu 2019

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 02. 02. 2020

Bc. Lukáš Málek

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Danielu Honcovi, Ph.D. za ochotu, rady a připomínky, které byly cenným přínosem pro tuto diplomovou práci. Dále společnosti Stäubli Systems s.r.o. za odbornou konzultaci, zejména panu Burianovi. Poděkovat bych chtěl také své rodině za jejich podporu a trpělivost po celou dobu mého studia.

V Pardubicích dne 02. 02. 2020

Bc. Lukáš Málek

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá řízením průmyslového robota pomocí programovatelného automatu prostřednictvím technologie uniVAL PLC. Práce popisuje průmyslové roboty, jejich rozdělení a způsoby jejich programování. Seznamuje také s programovatelně logickými automaty a základními funkcemi knihovny uniVAL PLC. Výsledkem je ukázková aplikace pro ovládání robota Stäubli TX2-40 pomocí programovatelného logického automatu Siemens Simatic S7-1200.

KLÍČOVÁ SLOVA

PLC, Siemens, TIA Portal, Stäubli, průmyslový robot, uniVAL PLC

TITLE

CONTROL OF STÄUBLI ROBOTS WITH PLC

ANNOTATION

The thesis investigates the control of an industrial robot by a programmable controller through uniVAL PLC technology. The thesis describes industrial robots, their categorisation and the methods of robot programming. The thesis also introduces programmable logic controllers and the basic functions of the uniVAL PLC library. The result is a sample application for the control of the Stäubli TX2-40 robot with programmable Siemens Simatic S7-1200 logic controller.

KEYWORDS

PLC, Siemens, TIA Portal, Stäubli, industrial robot, uniVAL PLC

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	10
SEZNAM ILUSTRACÍ	11
SEZNAM TABULEK	13
ÚVOD	14
1 ROBOTIKA	15
1.1 Robot	17
1.2 Průmyslové roboty	17
1.2.1 Základní části průmyslového robota a jejich funkce	17
1.3 Rozdělení průmyslových robotů	21
1.3.1 Rozdělení podle kinematické struktury	21
1.3.2 Rozdělení podle počtů stupňů volnosti	23
1.3.3 Rozdělení podle geometrie pracovního prostoru	24
1.4 Kolaborativní roboty	28
1.5 Programování průmyslových robotů	28
1.5.1 On-line programování	28
1.5.2 Off-line programování	30
2 PROGRAMOVATELNÉ LOGICKÉ AUTOMATY	32
2.1 Přednosti PLC	33
2.2 Konfigurace PLC	34
2.2.1 Mikro PLC	34
2.2.2 Kompaktní PLC	34
2.2.3 Modulární PLC	35
2.3 Vykonávání programu PLC	35
2.4 Programovací jazyky PLC	36
2.4.1 Jazyk seznamu instrukcí	37
2.4.2 Jazyk strukturovaného textu	37
2.4.3 Jazyk reléových schémat	38
2.4.4 Schéma funkčních bloků	38
2.4.5 Sekvenční funkční diagram	39
2.5 Programovací bloky	39
2.6 Průmyslové komunikační sběrnice	41
2.6.1 Profinet	41

2.6.2	Profibus	41
3	POPIS POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ A JEJICH KONFIGURACE.....	42
3.1	Robotické rameno Stäubli TX2-40	42
3.1.1	Technická specifikace	43
3.1.2	Bezpečnostní prvky	43
3.1.3	Kontrolér CS9	44
3.2	PLC Siemens Simatic S7-1200	44
3.3	Dotykový panel Simatic HMI KTP700 Basic.....	45
3.4	Technologie uniVAL PLC	46
3.4.1	Princip funkce uniVAL PLC.....	46
3.4.2	Instalace uniVAL PLC do kontroléru CS9	47
3.5	Vývojové prostředí TIA Portal	49
3.5.1	Vytvoření projektu a konfigurace PLC	49
3.5.2	Konfigurace komunikace mezi PLC a kontrolérem robota CS9.....	51
3.5.3	Instalace knihovny uniVAL PLC do vývojového prostředí TIA Portal	53
4	REALIZACE UKÁZKOVÉ APLIKACE	55
4.1	Uživatelské rozhraní na panelu HMI	55
4.1.1	Obrazovka manuálního režimu řízení	57
4.1.2	Obrazovka automatického režimu řízení	58
4.2	Program pro řízení robota	59
4.2.1	Základní funkční bloky knihovny uniVAL PLC	59
4.2.2	Režim manuálního řízení	62
4.2.3	Režim automatického řízení.....	63
5	ZÁVĚR	68
	POUŽITÁ LITERATURA	69
	PŘÍLOHY	72

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CPU	Central Processing Unit (centrální procesorová jednotka)
DB	Data block (datový blok)
DCP	Discovery and Configuration Protocol
DOF	Degrees Of Freedom (počet stupňů volnosti)
FB	Function Block (funkční blok)
FBD	Function Block Diagram (schéma funkčních bloků)
FC	Function (funkce)
FTP	File Transfer Protocol
GSDML	General Station Description Markup Language
HMI	Human Machine Interface (rozhraní mezi člověkem a strojem)
IL	Instruction List (posloupnost instrukcí)
IO	Input Output (vstupně výstupní)
IP	Internet Protocol
LCD	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)
LD	Ladder Diagram (reléové schéma)
OB	Organization Block (organizační blok)
PLC	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
PN/IE	Profinet/Industrial Ethernet
POU	Programová organizační jednotka
Profibus	Process field bus
Profinet	Process field net
R.U.R.	Rossumovi univerzální roboti
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (dispečerské řízení a sběr dat)
SCARA	Selective Compliant Articulated Robot Arm (selektivní kompatibilní kloubové robotické rameno)
SFC	Sequential Function Chart (sekvenční funkční diagram)
SRS	Staubli Robotics Suite
ST	Structured Text (strukturovaný text)
USB	Universal Serial Bus
WI-FI	Wireless fidelity
WMS	Working Mode Selection
XML	eXtensible Markup Language

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1.1 – Robot Unimate v General Motors	15
Obrázek 1.2 – Počet namontovaných průmyslových robotů	16
Obrázek 1.3 – Schéma průmyslového robota	18
Obrázek 1.4 – Robotické rameno	18
Obrázek 1.5 – Efektory průmyslových robotů.....	19
Obrázek 1.6 – Kontrolér CS9	20
Obrázek 1.7 – Ruční ovládací panel	21
Obrázek 1.8 – Robot firmy FANUC s paralelní strukturou.....	22
Obrázek 1.9 – Průmyslový robot typu SCARA.....	23
Obrázek 1.10 – Robot společnosti KUKA se 7 stupni volnosti.....	24
Obrázek 1.11 – Robot kartézského typu	25
Obrázek 1.12 – Cylindrický robot	25
Obrázek 1.13 – Sférický robot.....	26
Obrázek 1.14 – Angulární robot	27
Obrázek 1.15 – SCARA robot	27
Obrázek 1.16 – Programování metodou play-back	29
Obrázek 1.17 – Virtuální model pracoviště v programu Stäubli robotics suite.....	30
Obrázek 1.18 – Virtuální model pracoviště v programu Visual Components.....	31
Obrázek 2.1 – Ovládací panel HMI společnosti Siemens	33
Obrázek 2.2 – Kompaktní PLC.....	34
Obrázek 2.3 – Modulární PLC.....	35
Obrázek 2.4 – Pracovní cyklus PLC	36
Obrázek 2.5 – Ukázka programovacího jazyka IL	37
Obrázek 2.6 – Ukázka programovacího jazyka ST	37
Obrázek 2.7 – Ukázka programovacího jazyka LD.....	38
Obrázek 2.8 – Ukázka programovacího jazyka FBD	38
Obrázek 2.9 – Ukázka programovacího jazyka SFC	39
Obrázek 2.10 – Přehled programových bloků	40
Obrázek 3.1 – Průmyslový robot TX2-40 společnosti Stäubli	42
Obrázek 3.2 – PLC Siemens Simatic S7-1200	44
Obrázek 3.3 – HMI panel Simatic KTP700 Basic.....	45
Obrázek 3.4 – Grafické schéma zapojení jednotlivých zařízení.....	46

Obrázek 3.5 – Aktivace funkce uniVAL_plc	47
Obrázek 3.6 – Instalace uniVAL PLC do kontroléru	48
Obrázek 3.7 – Export konfiguračního souboru z SRS	48
Obrázek 3.8 – Úvodní obrazovka Tia Portal (okno Portal view)	49
Obrázek 3.9 – Výběr zařízení z katalogu	50
Obrázek 3.10 – Propojení PLC a HMI pomocí PN/IE sběrnice	50
Obrázek 3.11 – Dostupná zařízení	51
Obrázek 3.12 – Import konfiguračního souboru	51
Obrázek 3.13 – Síťové propojení kontroléru CS9, PLC a HMI panelu	52
Obrázek 3.14 – Konfigurace kontroléru v prostředí Tia Portal	52
Obrázek 3.15 – Přidělení IP adresy kontroléru	53
Obrázek 3.16 – Importování knihovny uniVAL PLC	53
Obrázek 3.17 – Knihovna uniVAL PLC	54
Obrázek 4.1 – Schéma vykonávání programu	55
Obrázek 4.2 – Úvodní obrazovka	56
Obrázek 4.3 – WMS panel pro volbu ovládacího režimu	56
Obrázek 4.4 – Obrazovka pro režim pohybu Joint	57
Obrázek 4.5 – Obrazovka pro režim pohybu Tool	57
Obrázek 4.6 – Souřadný systém World (rám robota) a Tool (nástroj)	58
Obrázek 4.7 – Obrazovka automatického režimu řízení	59
Obrázek 4.8 – Funkční blok pro čtení dat z kontroléru	60
Obrázek 4.9 – Funkční blok MC_GroupReset	61
Obrázek 4.10 – Programový kód pro zapnutí napájení	61
Obrázek 4.11 – Funkční blok pro zápis dat do kontroléru	62
Obrázek 4.12 – Funkční blok MC_JogAxis	62
Obrázek 4.13 – Funkční blok MC_JogFrame	63
Obrázek 4.14 – Funkční blok MC_GroupInterrupt a MC_GroupContinue	63
Obrázek 4.15 – Funkční blok MC_GroupStop	64
Obrázek 4.16 – Trajektorie Joint (pohyb po křivce)	66
Obrázek 4.17 – Pohyb po lineární trajektorii	66
Obrázek 4.18 – Funkční blok VAL_ShiftPoint	67

SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1 – Přehled základních parametrů robota TX2-40.....	43
Tabulka 3.2 – Přehled základních parametrů PLC	45
Tabulka 3.3 – Struktura komunikačních modulů.....	53
Tabulka 4.1 – Parametr <i>BufferMode</i>	65

ÚVOD

Neustále rostoucí tlak na zvyšování produktivity, kvality a bezpečnosti výroby jsou jedněmi z hlavních důvodů rostoucího zájmu o využívání automatických výrobních zařízení. To vede k nahrazování pracovníků pomocí automatických výrobních zařízení všude tam, kde se jedná o monotónní práci, značně fyzicky namáhavou práci nebo práci v nebezpečném prostředí. Automatizace zároveň nahrazuje pracovníka i v případech, kdy se jedná o práci kladoucí značné nároky na pečlivost, svědomitost a bdělost pracovníka.

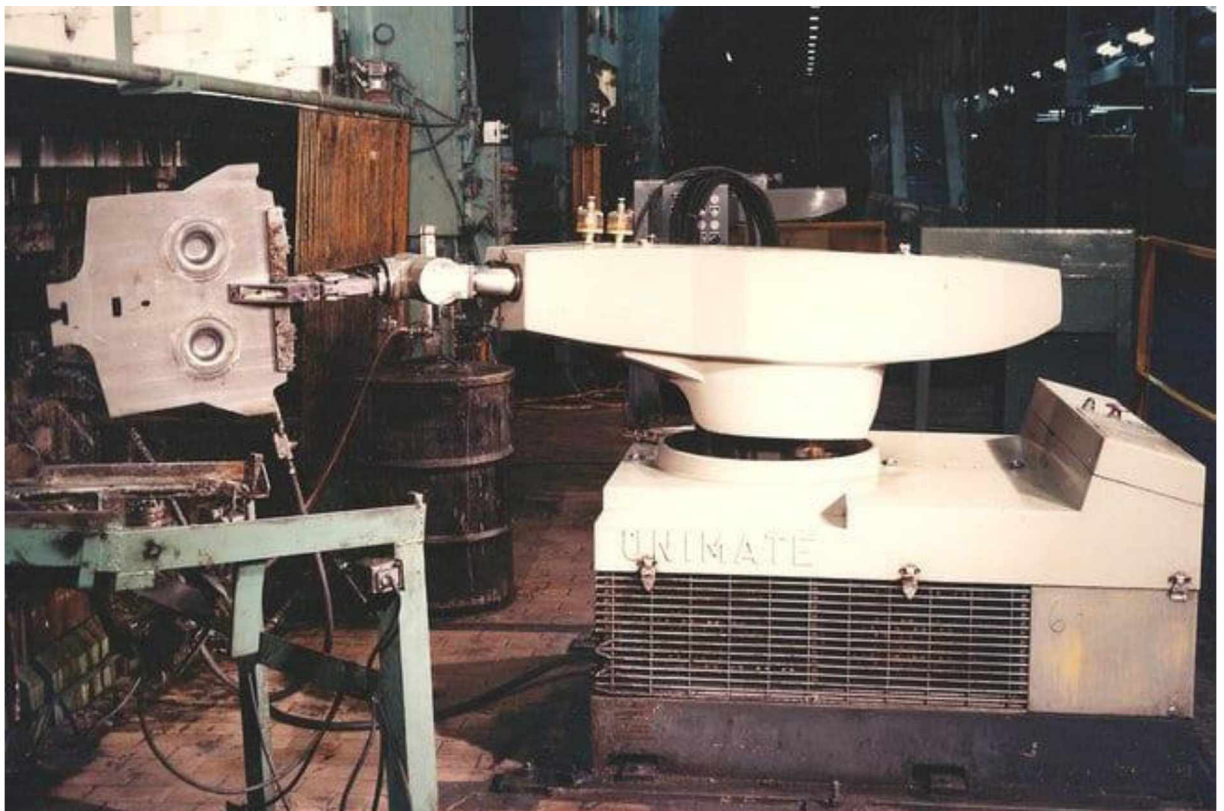
Pro automatické řízení strojů, výrobních linek a technologických procesů se používají programovatelné logické automaty (PLC). V průmyslu postupně dochází k centralizaci řízení, kdy se systém skládá z jednoho hlavního PLC, které přes průmyslové sběrnice řídí jednotlivá zařízení (pohony, senzory, podřízené PLC). Programovatelné automaty zároveň umožňují připojení k nadřazenému systému pro sběr a vyhodnocování dat. V rámci automatizace celé řady úkonů i celých procesů se čím dál častěji samozřejmě prosazují manipulátory i průmyslové roboty. Robotická ramena byla nejdříve do výrobní linky implementována jako autonomní (samostatné) celky, které neměly informace o dění na lince. Nevýhodou tohoto řešení bylo, že robot nemohl automaticky reagovat na nastalé nenadálé situace. Z toho důvodu byl kladen důraz zákazníků na to, aby bylo možné ovládat robotická ramena centrálně stejně jako ostatní zařízení pomocí programovatelného automatu.

Diplomová práce se zabývá řešením od společnosti Stäubli, která je výrobcem průmyslových robotů. Společnost pro své roboty vyvinula technologii uniVAL PLC, která umožňuje programování robotů z programového prostředí PLC. Jednotné programovací prostředí poskytuje programátorům výrobních linek úsporu času, nákladů a práce při uvádění robotů do provozu a následně při jejich údržbě. Operátor má zároveň informace o stavu celé výrobní linky z jednoho centrálního místa. Programování robotů z jednotného vývojového prostředí umožňují i další výrobci průmyslových robotů, například firma KUKA a jejich řešení KUKA.PLC mxAutomation.

1 ROBOTIKA

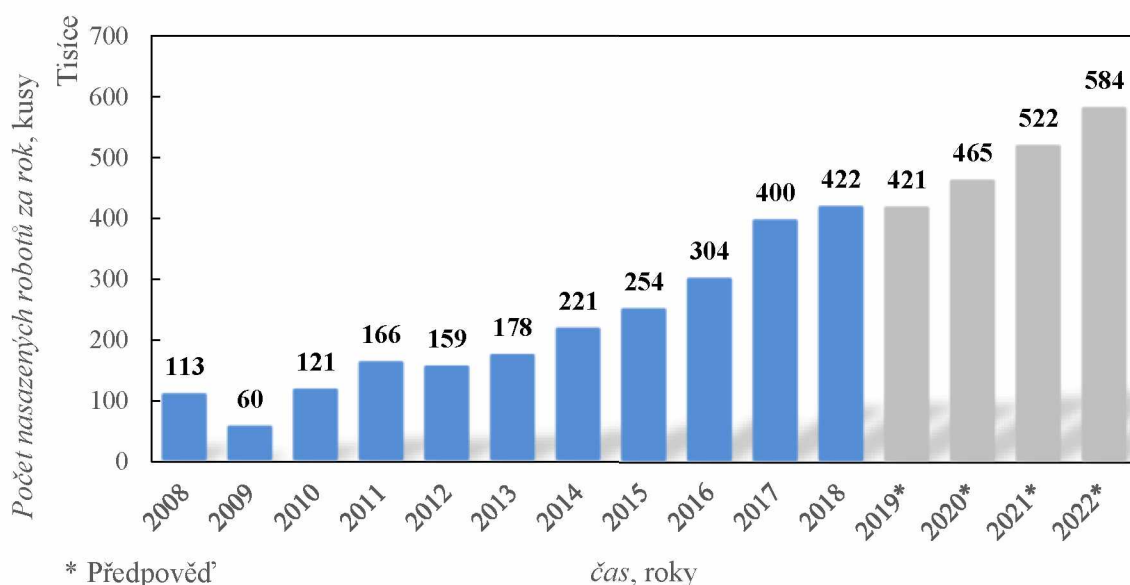
Robotika je poměrně mladým a zároveň rychle se rozvíjejícím vědním oborem, který se zabývá roboty, jejich návrhem, výrobou a použitím. Pojem robotika je odvozen od slova robot, které se poprvé objevilo v roce 1921 při premiéře divadelní hry R.U.R, kterou napsal český spisovatel Karel Čapek. Základ slova robot pochází ze slovanského slova robota, které v 17. a 18. století označovalo povinnost sedláků odpracovat určitý počet dnů v roce pro svého pána bez nároku na odměnu. Dnes se používá ve významu tvrdé práce nebo dřiny.

Vývoj zařízení, která měla za cíl ulehčit lidem práci, začal už dávno před tím, než bylo poprvé zmíněno slovo robot. Za jedno z nejstarších zařízení, které ulehčilo lidem práci a zvýšilo produktivitu, můžeme považovat tkalcovský stav. Vývoj robotů, tak jak je dnes známe, začal, ale až v 50. letech 20. století v USA. První patent týkající se robotiky byl podán v roce 1954 Georgem Devolem. O několik let později George Devol společně s Josephem Engelbergrem založili společnost Unimation, Inc. V roce 1961 nainstalovali prvního robota, který se jmenoval Unimate ve firmě General Motors, kde byl využit pro zvedání a skladování horkých kusů kovů ze slévárny, viz obrázek 1.1.



Obrázek 1.1 – Robot Unimate v General Motors (Keay, 2015)

Roboty postupně začaly nahrazovat lidský faktor při fyzicky namáhavé práci, monotónní práci a práci ve škodlivém prostředí (chemické výpary, prachy, teplotní podmínky atd.). Implementace robotů do průmyslových procesů zaznamenala velký úspěch a umožnila snižování výrobních nákladů. Navíc výsledkem nasazování robotů je zvýšení produktivity práce, zlepšení kvality práce a nárůst bezpečnosti práce. Z těchto důvodů počet nasazovaných průmyslových robotů roste, jak je patrné z obrázku 1.2.



Obrázek 1.2 – Počet namontovaných průmyslových robotů (World Robotics, 2019)

Počáteční úspěch vedl k investicím do výzkumu a vývoje robotiky. Třídění robotů není úplně jednoznačné a různé literární prameny uvádějí všechny současné průmyslové roboty jako nultou generaci. S přihlednutím k různorodosti současných robotů je ale vhodnější roboty rozdělit do 3 generací podle míry jejich inteligence. První generace robotů byla zaměřena na splnění jednoúčelových aplikací bez zpětné vazby převážně v automobilovém průmyslu nebo také ve strojírenském průmyslu. Druhá generace robotů představuje daleko sofistikovanější zařízení, která jsou vybavena senzory a čidly, díky nimž mohou reagovat na okolní podmínky a podněty. Pro svoji činnost potřebují řídicí počítač, jedná se o průmyslové roboty vyšší úrovně. V dnešní době nastupuje třetí generace robotů, která se od předešlé liší složitostí řídicího systému, obsahujícího prvky umělé inteligence. Jedná se o inteligentní (tzv. kognitivní) roboty, které mají schopnost učení a adaptace v procesu řešení úloh (Kolíbal, 2016; Žáček, 2014).

1.1 ROBOT

Ustálená shoda odborníků nad definicí pojmu robot doposud neexistuje. To je dáno tím, že se jedná o složité technické zařízení, které v sobě integruje řadu vědeckých disciplín. Specialisté z jednotlivých vědeckých oborů často preferují při definici svůj pohled. Pod pojmem robot si můžeme v dnešní době představit řadu zařízení, od domácích spotřebičů (robotické vysavače, sekačky, kuchyňské roboty apod.) přes chirurgické roboty, průmyslové roboty až po humanoidní roboty, které připomínají člověka. Společným cílem těchto zařízení je usnadnit člověku jeho práci.

1.2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY

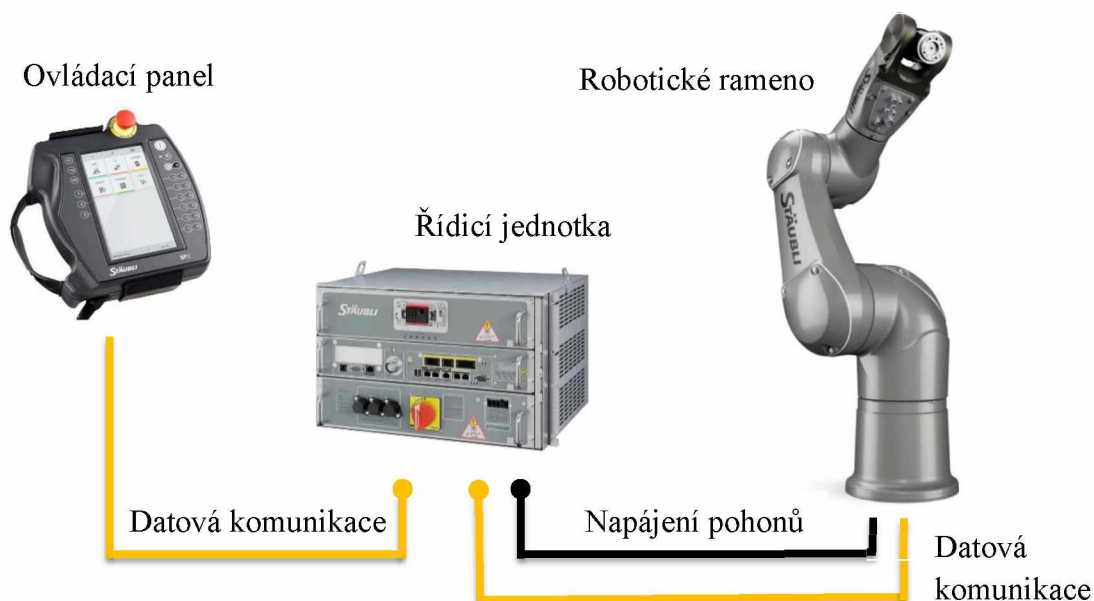
Diplomová práce je zaměřena na řízení průmyslového robota, proto se dále bude věnovat pouze této podskupině robotů. Průmyslové roboty se nejčastěji používají v automobilovém průmyslu, kde převážně provádí operace jako je svařování, manipulace, lakování atd. Postupně si nacházejí cestu i do dalších průmyslových odvětví, například elektronický průmysl, kde osazují desky plošných spojů.

I v tomto případě není shoda nad jednoznačnou definicí, některé definice jsou například odvozeny od počtu stupňů volnosti. Pojem průmyslový robot velmi dobře vystihuje definice podle prof. P. N. Beljanina: „*Průmyslový robot je autonomně fungující stroj-automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka, a který je k tomu účelu vybaven některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí a podobně), schopností samovýuky, samoorganizace a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí*“ (Kolíbal, 2016).

1.2.1 Základní části průmyslového robota a jejich funkce

Průmyslový robot je složité technologické zařízení, jeho struktura je zobrazena na obrázku 1.3. Skládá se ze tří hlavních částí, mezi které patří:

- mechanická část,
- řídicí systém,
- ovládací panel.



Obrázek 1.3 – Schéma průmyslového robota

Mechanická část

Mechanická část průmyslového robota je tvořeno soustavou pevných členů, které jsou spojeny pomocí kloubů, viz obrázek 1.4. Dohromady tvoří kinematický řetězec, který se rozděluje na polohovací ústrojí (paže), orientační ústrojí (zápěstí) a koncový efektor. Polohovací ústrojí slouží k přemísťování objektů do požadované polohy v prostoru. Orientační ústrojí umožňuje dosažení požadované orientace manipulovaného objektu vůči pracovnímu prostředí. Koncový efektor je nástroj, který vykonává požadovanou činnost.



Obrázek 1.4 – Robotické rameno (Stäubli, 2019a)

Klouby robota se skládají z pohonu a vnitřních senzorů. Na pohony průmyslových robotů jsou kladeny vysoké nároky, které sebou přináší řadu požadavků. Pohony by měly mít vysokou přesnost polohování, plynulý bezrázový chod, minimální hmotnost a rozměry, ale také vysoký poměr výkonu ku hmotnosti. Podle druhu využití energie se pohony rozdělují na elektrické, hydraulické a pneumatické. V dnešní době jsou především používány elektrické motory, které se vyznačují snadnou údržbou, vysokou životností a spolehlivostí. Hydraulické motory se používají nejčastěji tam, kde je požadována vysoká tuhost, účinnost a spolehlivost. Nevýhodou je potřeba nádrže se stlačenou kapalinou, hořlavost pracovních kapalin a obtížné dosažení vyšších pracovních rychlostí. Pneumatické motory jsou vhodné pro průmyslové roboty menších výkonů. Mají menší nosnost, jejich výhodou je připojení na centrální rozvod vzduchu. Velmi často se používají pro realizaci uchopovacích prvků (Novotný, 2015a).

Vnitřní senzory poskytují řídicímu systému informace o sledovaných parametrech, které souvisí se samotným robotem. Mezi tyto parametry patří informace o poloze, rychlosti, zrychlení pohyblivých částí, výkonu, hnacích momentech apod.

Důležitým členem každého robotického ramene je koncový efektor (nástroj nebo pracovní hlavice), jejich příklady jsou uvedeny na obrázku 1.5. Efektor je koncový člen robotického ramene, pomocí kterého robot vykonává požadovanou činnost. Podle činnosti, pro kterou jsou určeny, se rozdělují do čtyř skupin. První skupinou jsou úchopné efekty, které mohou fungovat na principu mechanickém, magnetickém nebo podtlakovém. Druhou skupinou jsou technologické efekty pro provádění určité technologické operace např. svařování, lakování, řezání apod. Můžeme se také setkat s kombinovanými efekty, které jsou uzpůsobeny k uchopení předmětu a zároveň k provádění technologické operace. Poslední skupinou jsou kontrolní efekty, které jsou vybaveny senzory pro měření kvality výrobků. (Novotný, 2015b).



Obrázek 1.5 – Efektory průmyslových robotů (SCHUNK, 2020a; SCHUNK, 2020b; ABB, 2020)

Řídicí systém

Srdcem a mozkem celého robota je řídicí jednotka (kontrolér). Kontrolér řídí veškerou činnost robotického ramene na základě programu a informací získaných ze senzorů. Dále také zajišťuje komunikaci s okolím, proto je vybaven řadou portů např. ethernet, RS-232, USB, viz obrázek 1.6. Získává informace nejenom z vnitřních senzorů, ale robot může být vybaven i vnějšími senzory (například kamera snímající prostor, ve kterém se robot pohybuje). Řídicí systém získané informace vyhodnocuje v reálném čase tak, aby byla zaručena maximální bezpečnost obsluhy i vybavení (Kolíbal, 2016).



Obrázek 1.6 – Kontrolér CS9 (Stäubli, 2019a)

Programovací část

V dnešní době probíhá ovládání a programování průmyslových robotů nejčastěji pomocí ručního ovládacího panelu (anglicky teach pendant), znázorněného na obrázku 1.7. Jedná se o uživatelské rozhraní vybavené displejem, několika funkčními tlačítky (například pro změnu rychlosti nebo ovládacího režimu) a někdy i joystickem pro snadnější ovládání. Ovladač umožňuje zobrazovat systémové informace, chybové hlášení a informace z jednotlivých senzorů. Typicky jsou ovladače spojeny s řídicí jednotkou pomocí kabelu (Kolíbal, 2016).



Obrázek 1.7 – Ruční ovládací panel (Stäubli, 2019a)

1.3 ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

Průmyslové roboty lze rozdělit podle několika různých kritérií. Zde jsou uvedeny a blíže popsány pouze ty nejznámější, mezi které patří rozdělení:

- podle kinematické struktury,
- podle počtu stupňů volnosti,
- podle geometrie pracovního prostoru.

Další možností je rozdělení průmyslových robotů podle druhu pohonu. Nejčastěji se používají pohony elektrické, hydraulické nebo pneumatické. Jednotlivé pohony jsou blíže popsány v pododdílu 1.2.1.

1.3.1 Rozdělení podle kinematické struktury

Kinematika se zabývá pohybem robota a trajektorií, bez uvažování příčin pohybu (silové a momentové zatížení). Kinematický řetězec je realizován vzájemným spojením pevných členů průmyslového robota pomocí kloubů (rotačních nebo translačních), dohromady tvoří tzv. kinematické dvojice. Typ řetězce se určuje na základě toho, jak jsou jednotlivé členy připojeny k základně robota. Podle kinematické struktury se průmyslové roboty rozdělují na kinematický řetězec otevřený (sériový), uzavřený (paralelní) nebo smíšený (hybridní) (Novotný, 2015a).

Sériové roboty jsou tvořeny sériovým řazením kinematických dvojic, příklad sériového robota je na obrázku 1.4. V porovnání s paralelními roboty mají lepší pracovní dosah, ale menší tuhost a přesnost polohování. Existuje pouze jedna cesta od prvního k poslednímu členu, na kterém se projeví součet všech chyb od jednotlivých kinematických dvojic. Sériové kinematické struktury dále můžeme rozdělit podle geometrie pracovního prostoru, blíže popsáno v pododdíle 1.3.3.

Paralelní roboty jsou tvořeny paralelním řazením kinematických dvojic, příklad paralelního robota je na obrázku 1.8. Kinematické dvojice jsou k základně připojeny paralelně a tím vytvářejí uzavřenou smyčku. Výhodou paralelních robotů je vyšší tuhost, vysoká pracovní rychlost a přesnost polohování. Základním nedostatkem paralelního typu robota je složitost konstrukce, omezený pracovní prostor a velmi složité řízení pohybů.



Obrázek 1.8 – Robot firmy FANUC s paralelní strukturou (Fanuc, 2019a)

Speciálním případem jsou hybridní roboty, které se spíše nepoužívají. Kinematický řetězec je tvořen kombinací sériového a paralelního řazení kinematických dvojic. Snahou je nalézt nové koncepční řešení, které by kombinovalo výhody předešlých řešení.

1.3.2 Rozdělení podle počtu stupňů volnosti

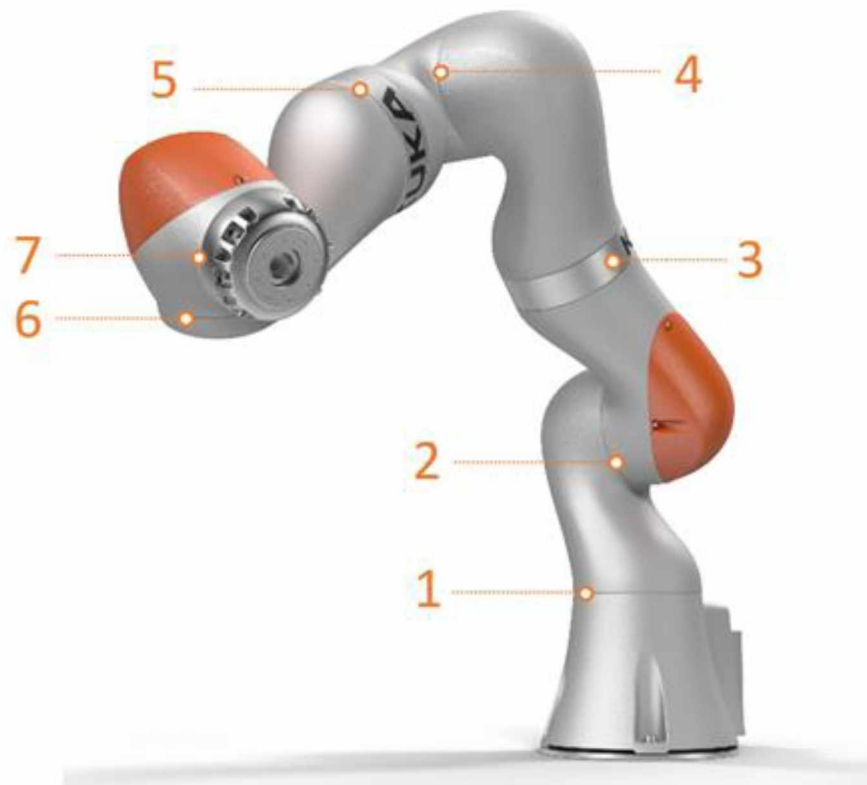
Počet stupňů volnosti (zkratka DOF z anglického Degrees Of Freedom) udává minimální počet nezávislých parametrů (souřadnic), které jednoznačně popisují polohu kinematického řetězce. U otevřené kinematické struktury každý kloub zavádí jeden stupeň volnosti. Pro dosažení libovolné polohy a orientace robota v prostoru je potřeba minimálně 6 stupňů volnosti (3 stupně pro definici polohy a 3 stupně pro definici orientace). Podle počtu stupňů volnosti můžeme průmyslové roboty rozdělit na deficitní, univerzální a redundantní.

- Deficitní roboty – mají méně než 6 stupňů volnosti, používají se pro méně náročné aplikace. Jedná se například o robota typu SCARA, který má pouze 4 stupně volnosti. Tento typ robota je blíže popsán v pododdíle 1.3.3. Deficitní robot je zobrazen na obrázku 1.9.



Obrázek 1.9 – Průmyslový robot typu SCARA (Stäubli, 2019b)

- Univerzální roboty – mají 6 stupňů volnosti, jednoznačně vymezují polohu a orientaci manipulovaného předmětu v kartézském souřadném systému. Jedná se o nejčastěji používaný typ pro technologické aplikace. Příklad univerzálního robota je na obrázku 1.4.
- Redundantní roboty – mají více než 6 stupňů volnosti. Jejich výhodou je, že jsou schopny obcházet překážky a umožňují pohyb ve stísněných prostorech. Nevýhodou je, že mají menší tuhost koncového členu a současně menší přesnost polohování. Redundantní robot je znázorněn na obrázku 1.10.



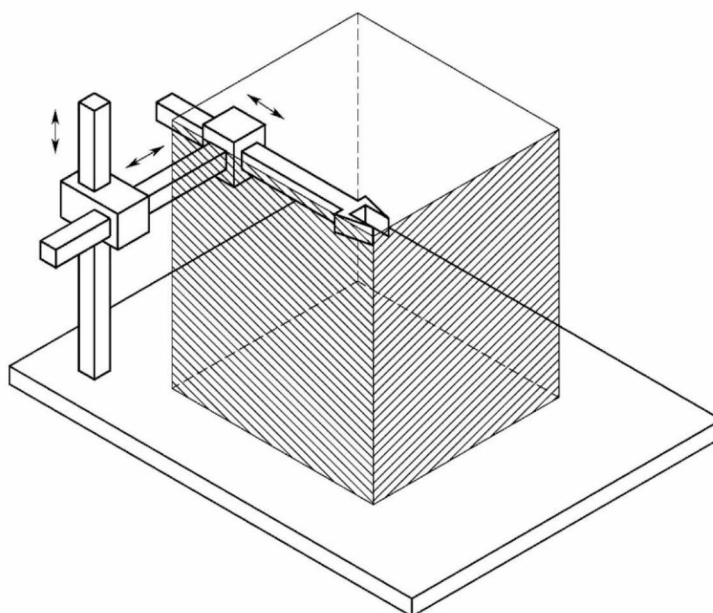
Obrázek 1.10 – Robot společnosti KUKA se 7 stupni volnosti (3D_Molier, 2015)

1.3.3 Rozdělení podle geometrie pracovního prostoru

Geometrie pracovního prostoru robota je dána uspořádáním kinematických prvků robota a omezením polohy kloubů. Výrobci průmyslových robotů nejčastěji používají pět základních sériových kinematických struktur, které přináší výhody pro praktické aplikace (Novotný, 2015a).

Kartézský robot

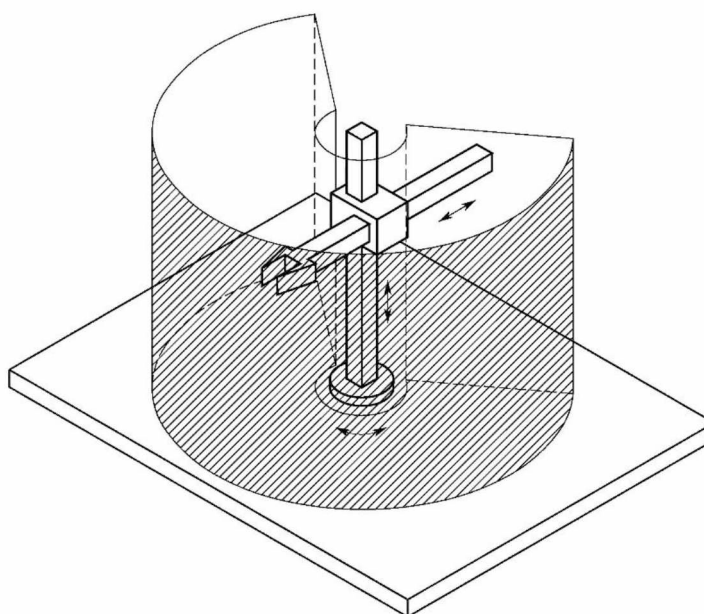
Prvním typem je robot kartézský, název je odvozen od kartézského souřadného systému. Kinematický řetězec (TTT) je složen ze tří na sebe kolmých translačních (posuvných) kloubů. Pracovní prostor robota má tvar kvádra, viz obrázek 1.11. Bez vhodného koncového efektoru při manipulaci s předmětem nedochází ke změně jeho orientace. Výhodou tohoto typu robota je vysoká tuhost a přesnost polohování, která není závislá na místě v pracovním prostoru. Velmi často se používají v tzv. portálové konfiguraci, která umožňuje manipulovat s těžkými předměty (Gonzalez, 2016).



Obrázek 1.11 – Robot kartézského typu (Siciliano, 2009)

Cylindrický robot

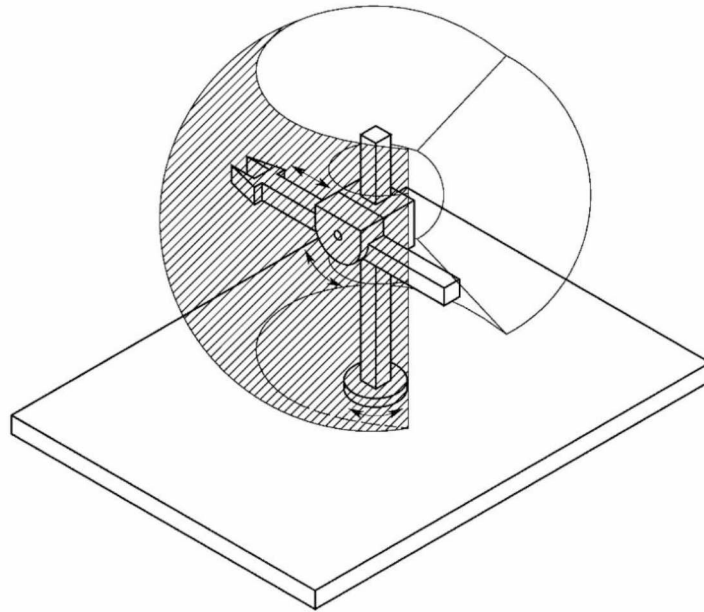
Další typ je robot cylindrický, pracovní prostor má válcový tvar, viz obrázek 1.12. Kinematický řetězec (RTT) se skládá z jednoho rotačního kloubu a dvou translačních (posuvných) kloubů, které jsou vzájemně kolmé. Rotační kloub spojuje robotické rameno se základnou. Dochází k rotaci pouze kolem jedné osy, postupně se tedy mění orientace manipulovaného předmětu. Přesnost v pracovním prostoru není konstantní, ale s vysunutím ramene se zmenšuje. Vyznačují se především svou robustností. Robot vytváří válcový souřadný systém. Nejčastěji se používá pneumatický pohon. Jejich podíl na trhu není moc velký.



Obrázek 1.12 – Cylindrický robot (Siciliano, 2009)

Sférický robot

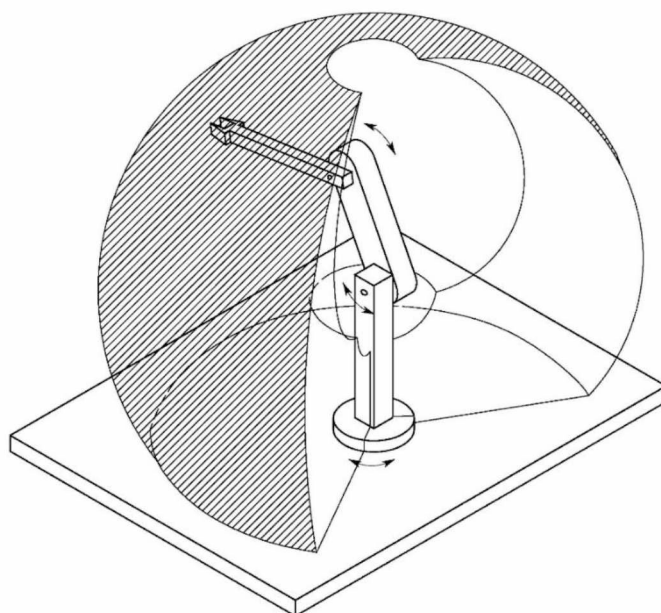
Třetí typ je robot sférický, pracovní prostor má tvar části koule, viz. obrázek 1.13. Kinematický řetězec (RRT) je tvořen dvěma rotačními klouby a jedním translačním (posuvným) kloubem. Stejně jako u cylindrického typu i zde se přesnost snižuje s vysunutím ramene, má menší tuhost než předešlé typy. Tato struktura byla použita u prvních robotů firmy Unimate. V dnešní době se téměř nevyžívají, byly nahrazeny výhodnější strukturou angulární.



Obrázek 1.13 – Sférický robot (Siciliano, 2009)

Angulární robot

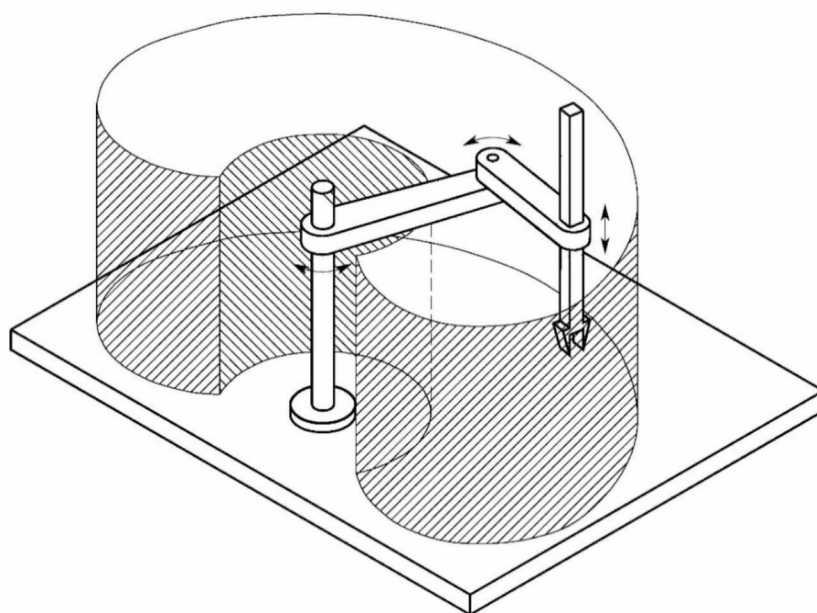
Angulární (antropomorfní) robot se skládá ze tří rotačních kloubů (RRR). Pracovní prostor má tvar kulového vrchlíku a je zobrazen na obrázku 1.14. První kloub je rotační kolem svislé osy a zbývající dvě osy jsou vodorovné a rovnoběžné. Výhodou je velmi dobrá schopnost manévrovatelnosti. Stejně jako u předchozích dvou typů není přesnost konstantní v celém pracovním prostoru. Jedná se v dnešní době o nejrozšířenější typ robotů především pro technologické aplikace. V současné době se používá ve více než 2/3 všech aplikací.



Obrázek 1.14 – Angulární robot (Siciliano, 2009)

SCARA robot

Posledním typem je robot SCARA (z anglického Selective Compliance Articulated Robot Arm), jedná se o speciální typ robota, který byl vyvinut pro automatickou montáž součástek. Kinematický řetězec se skládá ze dvou rotačních a jednoho translačního kloubu, viz obrázek 1.15. Všechny pohybové osy jsou svislé a vzájemně rovnoběžné. Struktura se vyznačuje vysokou rychlostí a přesností. Dále se také vyznačují nosností 5 až 10 kg. Podíl těchto robotů na trhu velice rychle roste (Kolíbal, 2016).



Obrázek 1.15 – SCARA robot (Siciliano, 2009)

1.4 KOLABORATIVNÍ ROBOTY

Speciálním případem průmyslových robotů jsou roboty kolaborativní (koboty), které umožňují spolupráci (kooperaci) pracovníků a robotů na jednom pracovišti bez oddělených prostor. Jedná se o nový trend, který se objevuje v robotice. Výhodou kolaborativních robotů je zlepšení produktivity práce a jakosti i ve středních a malých firmách, kde není prostor na umístění klece s průmyslovým robotem. Další výhodou je také intuitivní programování, kdy i obsluha s minimálními zkušenostmi s robotikou je schopná přeprogramovat robota na jinou práci. Koboty jsou většinou také velmi lehké a lze je snadno přemísťovat po celém podniku.

Standardní průmyslové roboty jsou umístěny v kleci a pracovní prostor je zabezpečen pohybovými senzory. V případě, že se člověk dostane do pracovního prostoru robota, dojde k okamžitému vypnutí robota, tak aby nemohlo dojít k jeho zranění. Kobot ohraničen klecí být nemusí a může tak pracovat na výrobních linkách přímo vedle člověka. Bezpečnost člověka je zabezpečena řadou prvků např. povrch kobotů je vyroben z měkčích materiálů, které pohlcují energii při kolizi. Dále je bezpečnost zajištěna inteligentním sensorickým systémem, který při zaznamenání vyššího odporu nebo vnější síly zastaví pohyb robota (Fanuc, 2019b).

1.5 PROGRAMOVÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

Řídicí systém provádí ovládání průmyslového robota podle předem vytvořeného programu. Program pro řízení robota je možné vytvořit několika způsoby. V dnešní době se nejčastěji používá metoda online programování, kdy obsluha je přímo na pracovišti a provádí programování robota pomocí ovládacího panelu (teach pendant). Další metoda je programování off-line, kdy obsluha programuje robota v programovacím prostředí na PC, kde je možné vytvořit 3D simulaci chování robota ve virtuálním prostředí. Programování robotů není sjednoceno, každý výrobce průmyslových robotů používá pro své roboty specifické programovací prostředí s vlastním programovacím jazykem (Vitralab, 2011).

1.5.1 On-line programování

Při on-line programování se používají dvě metody, které jsou založeny na přímé interakci operátora s robotem na pracovišti. První metoda je tzv. metoda postupného učení (teach-in). Uživatel ručně navádí robota pomocí ovládacího panelu přes požadované manipulační body, které jsou uloženy do paměti řídicího systému. Po navedení do požadované pozice pak následuje programování logické části řízení koncového efektoru a jeho orientace.

Další fází je nastavení druhu a rychlosti pohybu mezi jednotlivými body. Na základě těchto údajů řídicí systém dopočítá skutečnou trajektorii ramene robota. Řídicí systém řeší inverzní kinematickou úlohu, kdy na základě známé počáteční a koncové pozice robota dopočítá potřebnou změnu natočení jednotlivých kloubů ramene.

Druhou možností je tzv. metoda play-back na obrázku 1.16, kdy operátor manuálně pohybuje s ramenem robota a řídicí jednotka tento pohyb v určitých časových intervalech (například 20 ms) zapisuje do paměti. Následně po spuštění řídicího programu robot opakuje zaznamenaný pohyb. Předností této metody je rychlé a snadné vytvoření programu obsluhou, která nemusí mít znalosti programovacích jazyků, pouze vede robotické rameno.



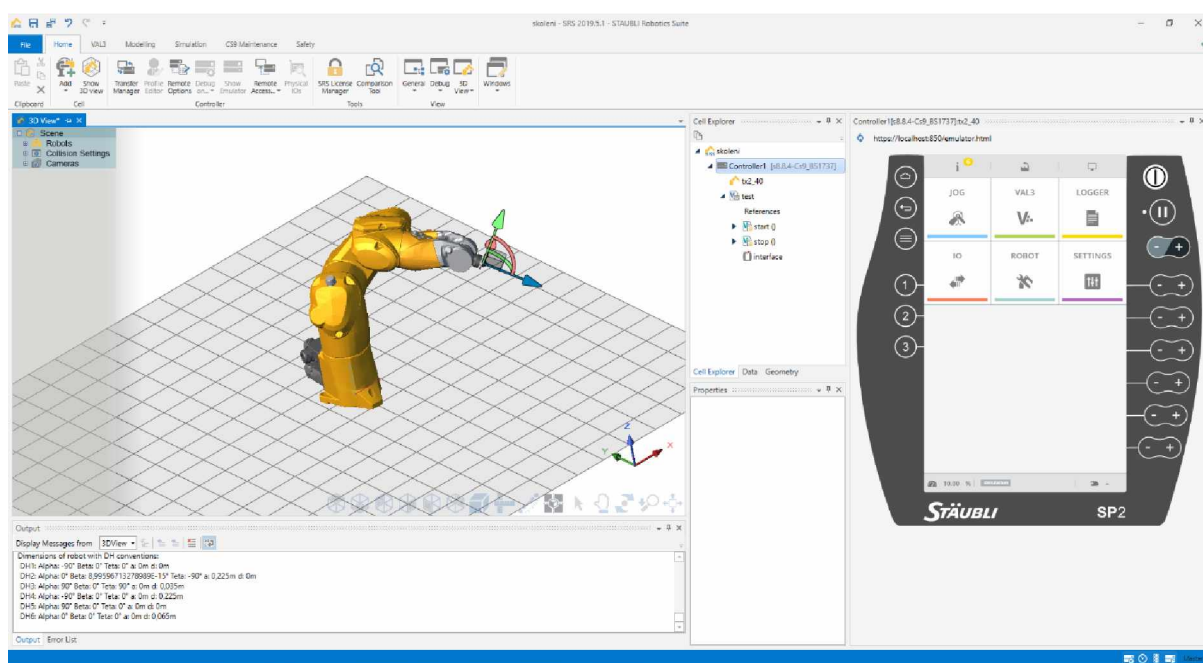
Obrázek 1.16 – Programování metodou play-back (Greenfield, 2017)

Výhodou on-line programování je práce v reálném prostředí a okamžitá možnost testování funkčnosti navrženého programu. Nevýhodou je poměrně zdoluhavé programování, není možné provést simulaci. Mezi další nevýhody patří odstávka pracoviště, která vede ke snížení produktivity a finančním ztrátám (Kolíbal, 2016).

1.5.2 Off-line programování

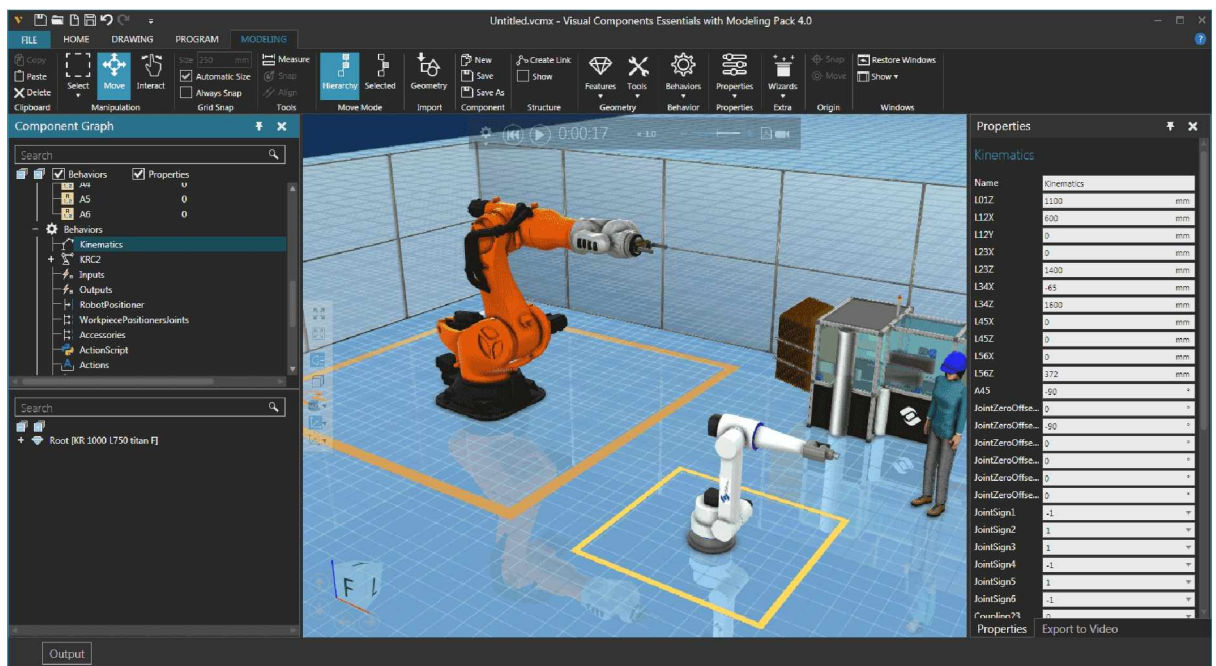
Metoda off-line programování je založena na práci se softwarovými systémy, které umožňují vytvořit 3D model robotizovaného pracoviště ve virtuálním prostředí. Následně je možné robota naprogramovat a simulovat jeho chování s ohledem na jeho kinematický a dynamický model. Simulace pohybu robota umožňuje optimalizovat chod robota, zkrátit pracovní cyklus, testovat dosah robota do jednotlivých pozic apod. Pro zajištění bezpečnosti systém obsahuje automatickou detekci kolizních stavů robota. Posledním krokem je přenesení vytvořeného programu do řídicího systému robota a ověření funkčnosti postupným krokováním v reálném prostředí. V praxi je často nutné takto vytvořený program alespoň částečně upravit přímo na pracovišti, protože vytvořený simulační model robotického pracoviště nemusí přesně odpovídat reálné situaci. Softwarové nástroje pro simulaci a programování průmyslových robotů se rozdělují v zásadě do dvou kategorií (Kolíbal, 2016).

První kategorie jsou systémy vyvíjené přímo výrobcí průmyslových robotů (například Stäubli robotics suite na obrázku 1.17 od společnosti Stäubli, RobotStudio od firmy ABB, KUKA.Sim Pro od firmy KUKA atd.). Systémy od výrobců jsou vybaveny virtuálním ovládacím panelem, který se chová stejně jako reálný ovládací panel. Programování a ovládání robota pak může probíhat totožně jako v případě on-line režimu nebo pomocí zápisu příkazů v programovacím jazyce robota. Zároveň pomocí virtuálního ovládacího panelu je možné programovat a ovládat i reálné roboty v provozu.



Obrázek 1.17 – Virtuální model pracoviště v programu Stäubli robotics suite

Druhou kategorií tvoří univerzální systémy vyvíjené softwarovými společnostmi (například Visual Components na obrázku 1.18, Delmia Robotics atd.), které umožňují programovat více značek robotů současně v jednom programovacím prostředí. Nevýhodou univerzálních systémů je menší přesnost při výpočtech pohybů robota a možné odchylky simulované dráhy od skutečné. To je způsobeno použitím rozdílných algoritmů pro výpočet kinematických pohybů robota, protože výrobci robotů neposkytují použité algoritmy.



Obrázek 1.18 – Virtuální model pracoviště v programu Visual Components (Mihai, 2016)

Největší výhodou off-line programování je vytvoření optimálního programu mimo reálné pracoviště s dostatečným časovým předstihem před samotnou realizací. Další výhodou je možnost experimentovat se strukturou pracoviště a eliminovat případné kolizní situace. Využití off-line metody také umožňuje snížení času potřebného při změně programu výrobního procesu, čímž se zvyšuje produktivita. Off-line metoda se nejčastěji používá pro programování aplikací jako je frézování, broušení, leštění, lakování atd. (Vítalab, 2011).

2 PROGRAMOVATELNÉ LOGICKÉ AUTOMATY

Mezi nejpoužívanější automatizační prostředky v průmyslu patří programovatelné logické automaty či také jen programovatelné automaty. Často se používá pouze zkratka PLC z anglického Programmable Logic Controller. PLC je uživatelsky programovatelný řídicí systém kompaktních rozměrů určený pro řízení průmyslových a technologických procesů v reálném čase. Programovatelné automaty jsou v průmyslové technice používány již od 70. let minulého století pro řízení strojů, kdy začaly nahrazovat pevnou reléovou logiku. Postupem času došlo k jejich rozšíření pro řízení automatizovaných linek, technologických procesů v potravinářství (pivovary, cukrovary atd.) a chemickém průmyslu. V dnešní době se využívají i v dalších odvětvích např. pro řízení inteligentních domů, garážových vrat, výtahů nebo mycích linek.

Pro připojení snímačů a akčních členů jsou vybaveny digitálními vstupy a výstupy, případně analogovými vstupy a výstupy. Pro řízení složitějších zařízení nebo technologií je u některých typů PLC možné přidat další vstupy a výstupy pomocí rozšiřujících modulů. Jedná se o moduly pro ovládání servomotorů, pro vzdálenou komunikaci, paměťové moduly, bezpečnostní moduly a podobně.

Komunikace s obsluhou je nejčastěji řešena pomocí operátorského panelu neboli HMI (human machine interface), který je znázorněn na obrázku 2.1. Jedná se o rozhraní mezi člověkem a zařízením (strojem, systémem). V dnešní době se HMI nejčastěji realizují pomocí LCD displeje a klávesnice nebo pouze pomocí dotykové obrazovky. Uživatelé zprostředkovává informace o aktuálních dějích v řízeném systému, umožňuje mu zásah do řídicího cyklu, nastavování parametrů apod. V této souvislosti se můžeme také setkat s vizualizačními systémy SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Systém SCADA zajišťuje sběr, zpracování a následnou interpretaci dat o probíhajícímu procesu v reálném čase. Výsledky jsou zobrazeny přes webové aplikace a ukládány do databáze. Uživatelé dále umožňuje dálkové ovládání systému a nastavování požadovaných parametrů (Šmejkal, 1999).



Obrázek 2.1 – Ovládací panel HMI společnosti Siemens (Siemens, 2020a)

2.1 PŘEDNOSTI PLC

Jednou z hlavních výhod PLC je snadná a rychlá realizace řídicího systému. Při návrhu se vybere vhodná sestava modulů PLC pro zadanou úlohu, projektant realizuje projekt, programátor napíše uživatelský program. Následně je vše odzkoušeno a uvedeno do provozu. Mezi další výhody patří operační systém reálného času, který na zařízení běží a umožňuje řízení v reálném čase.

Programovatelný automat je navržen tak, aby dokázal spolehlivě a bezpečně fungovat i v těch nejnáročnějších průmyslových podmínkách. Vyznačuje se odolností proti působení vnějších vlivů, rušení a poruchám. Často jsou vybaveny vnitřními diagnostickými obvody, které kontrolují správnou činnost systému a včas zjistí případné závady.

Požadavky investora se mohou časem vyvíjet a rozšiřovat. V případě dříve používaných reléových obvodů bylo při změně programu nutné změnit fyzické zapojení obvodu. Při použití PLC je snadné program jednoduše rozšířit nebo modifikovat. Pokud to technologie vyžaduje, je možné systém rozšířit o další vstupy nebo výstupy, většinou je možné si vystačit pouze s existujícími rezervami v konfiguraci. Další možností je použít rozšiřující moduly nebo použít další PLC jako podsystém (Šmejkal, 1999).

2.2 KONFIGURACE PLC

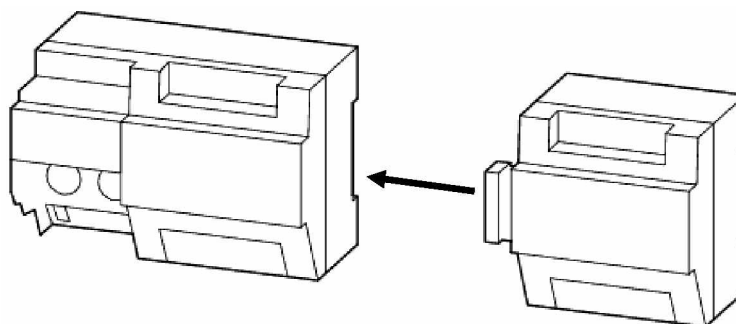
Vhodná konfigurace programovatelného automatu se volí na základě složitosti navrhovaného systému. Každý automatizovaný systém může mít jiné požadavky na výkon, případně počet vstupů či výstupů PLC. Můžeme se například setkat s čistě binárními systémy, vybavenými pouze digitálními vstupy a výstupy nebo systémy pro měření a zpracování dat, které jsou vybaveny pouze vstupy pro analogové a digitální snímače. Z těchto důvodů se PLC rozdělují do tří skupin podle jejich modularity na mikro PLC, kompaktní PLC a modulární PLC (Šmejkal, 1999).

2.2.1 Mikro PLC

Jedná se o nejlevnější a nejméně vybavený typ PLC. Uživatelé nabízejí pevný počet vstupů a výstupů, které jsou většinou pouze binární, bez možnosti rozšíření pomocí přídatných modulů. Mikro PLC neposkytuje takový výkon jako klasické PLC. Svými kompaktními rozměry a nízkou cenou jsou vhodné pro realizaci nejméně technologicky náročných aplikací tzv. malou automatizaci (osvětlovací systémy, ventilace, parkovací systémy atd.).

2.2.2 Kompaktní PLC

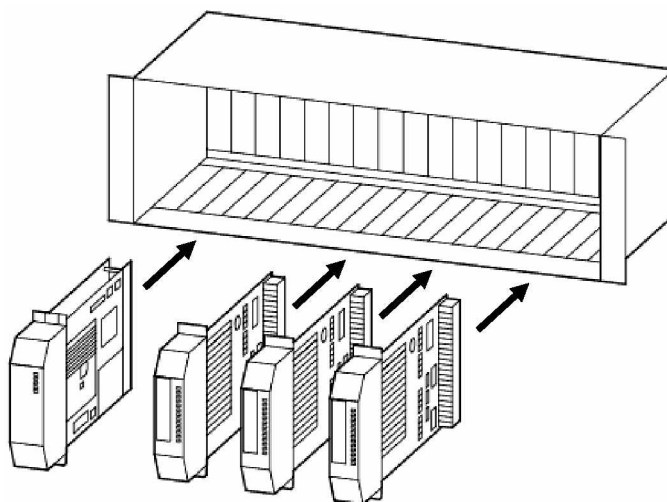
V případě návrhu řízení složitějších zařízení a aplikací, kde použití mikro PLC je nevhodné nebo nedostačující, je možné použít kompaktní PLC. V tomto případě je uživateli už poskytnut určitý stupeň volnosti. Kompaktní PLC znázorněné na obrázku 2.2, se skládá ze základního modulu, ke kterému je možné připojit jeden nebo několik přídatných modulů. Výběr rozšiřujících modulů je omezen. Jedná se například o modul rychlých čítačů, analogový vstupní nebo výstupní modul, modul regulátoru apod.



Obrázek 2.2 – Kompaktní PLC (Martinásková, 2001)

2.2.3 Modulární PLC

Pro nejnáročnější průmyslové aplikace se nejčastěji používají modulární PLC, zobrazené na obrázku 2.3. Tento typ nabízí nesrovnatelně větší volnost ve volbě konfigurace. Jednotlivé komponenty jsou rozděleny do modulů a dohromady tvoří kompletní systém. V případě potřeby je systém možné jednoduše rozšířit dalšími moduly. Moduly jsou umístěny na rám, který zároveň realizuje propojení jednotlivých modulů. V případě potřeby a pokud to umožňují, můžou být propojeny pomocí ethernetu nebo bezdrátově. Nevýhodou tohoto typu jsou vyšší pořizovací náklady než u předchozích typů PLC.

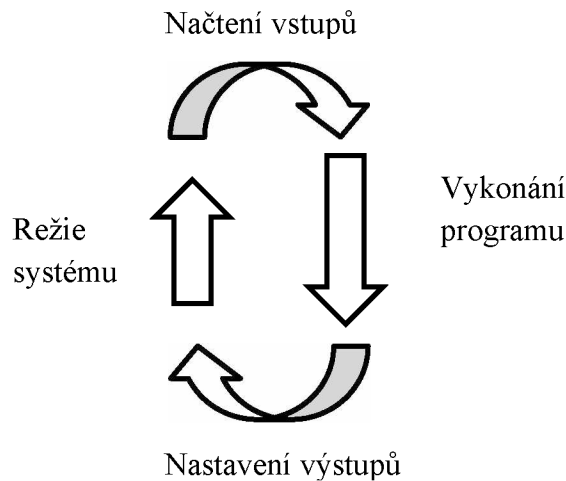


Obrázek 2.3 – Modulární PLC (Martinásková, 2001)

2.3 VYKONÁVÁNÍ PROGRAMU PLC

Program v PLC je cyklicky vykonáván v nekonečné smyčce, která může být ukončena odpojením PLC od napájení nebo pokud dojde například k vnitřnímu zacyklení v programu. V tom případě je vyhlášeno překročení doby cyklu a program je ukončen. Operační systém PLC zajistí, že po dokončení uživatelského programu se jeho vykonávání vrátí opět na začátek.

Schéma vykonávání programu je zobrazeno na obrázku 2.4. Cyklus začíná načtením hodnot ze vstupních periférií PLC a uložením těchto hodnot do vstupního registru. Následně je vykonán uživatelský program, který pracuje s hodnotami umístěnými ve vstupním registru a vnitřními datovými proměnnými. Výsledek uživatelského programu je uložen do výstupního registru. Odkud je po dokončení uživatelského programu přenesen na výstupy PLC. Nakonec jsou provedeny režijní operace, které zahrnují aktualizaci čítačů, časovačů, komunikaci, diagnostiku a další režijní úkony. Poté se celý cyklus opakuje.



Obrázek 2.4 – Pracovní cyklus PLC

Typickou vlastností PLC je, že nepracuje s aktuálními hodnotami vstupů a výstupů, ale pouze s jejich obrazy uloženými v registrech. Tím je zajištěna konzistence dat po celou dobu běhu programu (Šmejkal, 1999).

2.4 PROGRAMOVACÍ JAZYKY PLC

Pro programování průmyslových zařízení se nepoužívají běžné programovací jazyky. První programovací jazyky pro PLC byly navrženy pro snadnou, spolehlivou a funkční realizaci logických funkcí. Postupem času byly vyvinuty jazyky vyšší úrovně, které zachovaly přesnost, funkčnost a spolehlivost. Základní programovací jazyky jsou standardizovány a definovány normou IEC 61131-3. Norma stanovuje pět základních jazyků, lze je rozdělit na textové a grafické. Mezi textové jazyky patří

- IL – Instruction list (seznam instrukcí),
- ST – Structured text (strukturovaný text).

Grafické jazyky jsou

- LD – Ladder Diagram (reléové schéma),
- FBD – Function Block Diagram (schéma funkčních bloků),
- SFC – Sequential Function Chart (sekvenční funkční diagram).

Jednotlivé programovací jazyky je možné v programu kombinovat. Blíže jsou popsány v následujících pododdílech 2.4.1 až 2.4.5 s ukázkou programu vytvořeného v daném jazyce (Šmejkal, 2017).

2.4.1 Jazyk seznamu instrukcí

Tento jazyk je velmi podobný jazyku assembleru, který se používá pro programování mikrokontrolerů. Program je tvořen posloupností instrukcí (například A pro nahrání hodnoty ze vstupu, = pro přiřazení hodnoty apod.). Každá instrukce je umístěna na samostatném řádku, viz obrázek 2.5. Programátor má tedy velký přehled nad strukturou a konstrukcí programu. Nejčastěji se tedy používá při programování aplikací, u kterých je potřeba optimalizovat jejich velikost nebo rychlost vykonávání. Nehodí se pro programování složitějších aplikací, kde se tento zápis stává nepřehledný, dlouhý a je nutné znát velké množství příkazů.

1	A	"start"	%I0.0
2	S	"set01"	%M0.0
3	A	"stop"	%I0.1
4	R	"set01"	%M0.0
5	A	"set01"	%M0.0
6	=	"motor"	%Q0.0
7			

Obrázek 2.5 – Ukázka programovacího jazyka IL

2.4.2 Jazyk strukturovaného textu

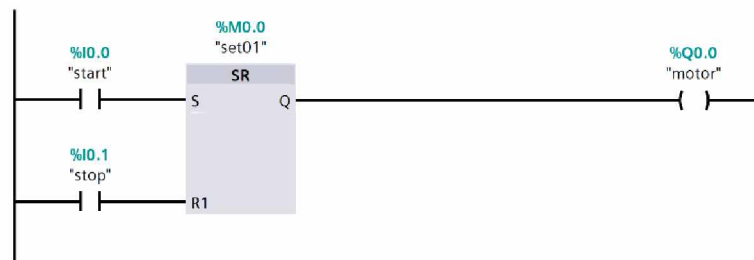
Jazyk strukturovaného textu je výkonný programovací jazyk vyšší úrovně, který je svou syntaxí podobný programovacím jazykům pro počítačové aplikace (např. Pascal nebo C). Příklad jednoduché syntaxe jazyka je znázorněn na obrázku 2.6. Jednotlivé příkazy se od sebe oddělují středníkem. Tento zápis je vhodný pro práci s daty, znakovými řetězci a databázemi. Umožňuje také programování složitějších výpočetních algoritmů. Nehodí se pro zpracování většího množství logických signálů a operací, kde se stává méně přehledný v porovnání s grafickými jazyky.

```
1 IF ("stop" = TRUE) THEN
2     "motor" := FALSE;
3 ELSIF ("start" = TRUE) THEN
4     "motor" := TRUE;
5 END_IF;
```

Obrázek 2.6 – Ukázka programovacího jazyka ST

2.4.3 Jazyk reléových schémat

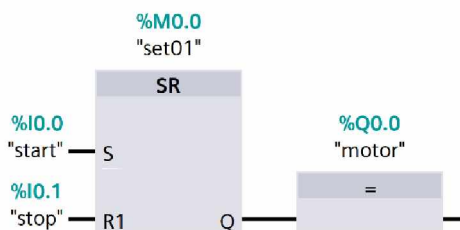
Jazyk reléových (kontaktních) schémat je nejstarší a společně s jazykem seznamu instrukcí nejrozšířenější programovací jazyk pro PLC. Vychází z dob reléové logiky, kdy se logické obvody realizovaly pomocí relé a zapisovaly se pomocí reléových schémat. Názorná ukázka jazyka je na obrázku 2.7. Výhodou je jednoduchost a přehlednost programu, který je vždy vykonáván zleva doprava. Program je tvořen propojením kontaktů, cívek a složitějších funkcí (časovač, čítač), které jsou realizovány pomocí funkčních bloků. Svojí strukturou je vhodný pro realizaci programů s velkým zastoupením logických operací. Není vhodný při programování složitějších úloh, kdy začne rychle narůstat délka zápisu a program se stává nepřehledným.



Obrázek 2.7 – Ukázka programovacího jazyka LD

2.4.4 Schéma funkčních bloků

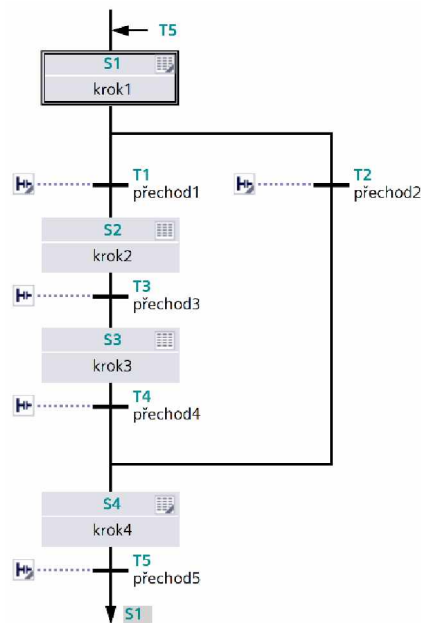
Mezi další grafický programovací jazyk PLC patří schéma funkčních bloků. Program je tvořen z funkčních bloků, které realizují logické funkce (AND, OR, NAND atd.), matematické operace, čítače, časovače, posuvné registry apod. Jednotlivé bloky se mezi sebou propojují pomocí čar. Vhodný je pro uživatele, kterým nevyhovuje zápis logických funkcí pomocí reléových schémat, ale požadují zachování přehlednosti a členění programu. Ukázka jazyka schéma funkčních bloků je na obrázku 2.8. Stejně jako v případě reléového schéma je vhodný pro méně složité úlohy.



Obrázek 2.8 – Ukázka programovacího jazyka FBD

2.4.5 Sekvenční funkční diagram

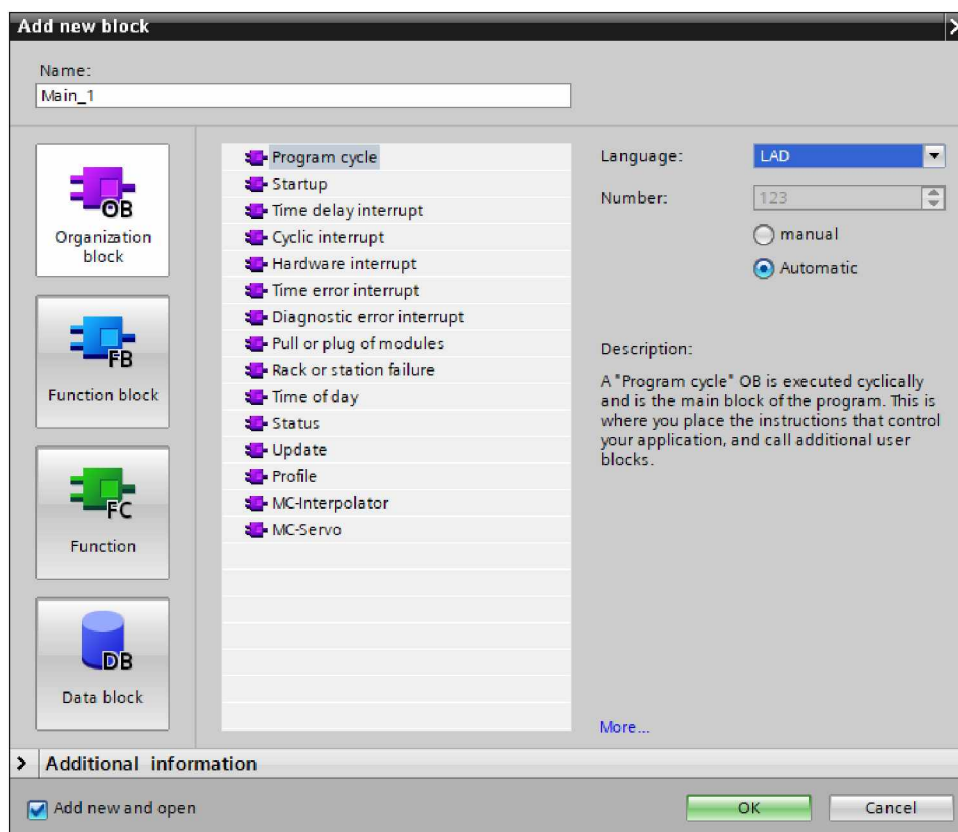
Posledním grafickým jazykem je sekvenční funkční diagram. Tento jazyk umožňuje zapsat program pomocí všeobecně známých vývojových diagramů. Program je možné větvit na základě splnění rozhodovacích podmínek. Skládá se z kroků (bloky) a přechodů (podmínky). Jednotlivé bloky jsou mezi sebou spojeny podmínkami, které musí být splněny pro aktivaci následujícího bloku. Bloky mohou být zapsány v libovolném z výše uvedených programovacích jazyků. Ukázka programu je na obrázku 2.9.



Obrázek 2.9 – Ukázka programovacího jazyka SFC

2.5 PROGRAMOVACÍ BLOKY

Struktura programu je tvořena pomocí čtyř základních programových bloků tzv. POU. Mezi tyto bloky patří organizační blok (OB), funkce (FC), funkční blok (FB) a datový blok (DB). Při vytváření nového bloku je nutné zvolit jeho název a programovací jazyk, pomocí kterého bude daný blok naprogramován. Počet použitých bloků je pouze na uživateli a na velikosti paměti PLC. Programové bloky jsou zobrazeny na obrázku 2.10.



Obrázek 2.10 – Přehled programových bloků

- Organizační bloky – jsou volány v cyklech operačním systémem a tvoří rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem. Spouštění organizačních bloků provádí operační systém na základě událostí např. cyklické vykonávání programu nebo obsluha přerušení. Organizačním blokem je minimálně smyčka hlavního programu.
- Funkce – se používají pro části kódu, které se v programu objevují vícekrát. Funkce má pouze lokální paměť, která po uzavření funkce zanikne. Při volání funkce jí jsou předány vstupní parametry. Proměnné, které chceme zachovat musíme přiřadit do globální paměti.
- Funkční bloky – jsou funkce doplněné datovým blokem, sloužícím k uchování proměnných, které jsou dostupné i po vykonání funkčního bloku.
- Datové bloky – jedná se o paměťové bloky, které uchovávají proměnné. Rozdělují se na bloky instanční, které jsou přiřazeny jednotlivým funkčním blokům a globální, které jsou přístupné ze všech bloků programu. Jejich velikost je omezena pracovní pamětí CPU.

2.6 PRŮMYSLOVÉ KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE

Nedílnou součástí návrhu systému je vhodná volba komunikační sběrnice, která zajišťuje přenos dat mezi systémy automatického řízení. Na rozdíl od počítačových sítí jsou zde kladeny požadavky na jiné vlastnosti. Důležitou roli zde hraje především bezpečnost, komunikace v reálném čase, diagnostické nástroje, rychlost přenosu, odezva a cena. Nezbytná je také odolnost a spolehlivost použitých síťových prvků, které musejí zvládnout pracovat v nepříznivých průmyslových podmínkách (Zezulka, 2004).

2.6.1 Profinet

Profinet je průmyslová komunikační sběrnice, která je určena pro přenos dat mezi zařízeními (PLC, HMI panely, vzdálené vstupně/výstupní periferie apod.) v průmyslové automatizaci. Vychází z ethernetu, který je určen pro běžnou distribuci internetu. Tím je umožněno jednoduše propojit všechny úrovně řízení výroby, od úrovně akčních členů a přístrojové techniky, přes úroveň řízení (programovatelné automaty) až po nadřazené systémy pro zpracování a vyhodnocování technologických dat. Přenos dat v síti může probíhat pomocí kroucené dvojlinky, optického kabelu nebo WI-FI. Připojení se provádí pomocí standardních konektorů RJ 45 nebo M 12. Maximální přenosová rychlost je 100 Mb/s a vzdálenost mezi jednotlivými zařízeními může být až 100 metrů. Umožňuje komunikaci v reálném čase pro časově kritická data (událostmi řízená přerušení, alarmy). Výkonost je srovnatelná s průmyslovými sběrnici a časová odezva se pohybuje mezi 5 až 10 ms. Počet připojených zařízení je omezen pouze počtem možných IP adres (Kosek, 2005).

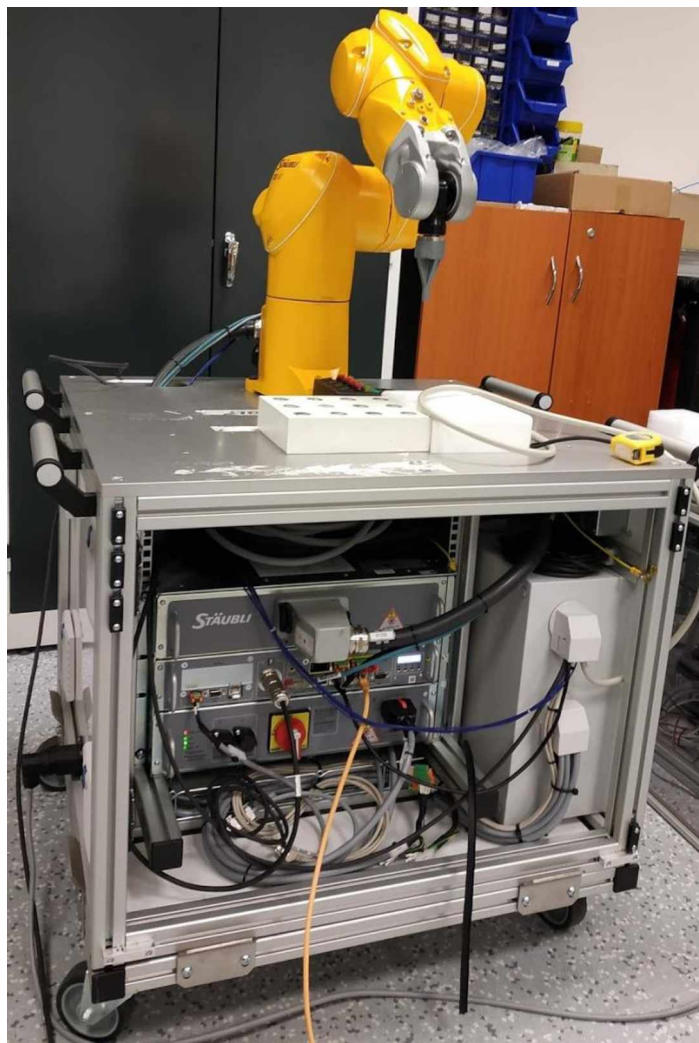
2.6.2 Profibus

Profibus (Process field bus) je průmyslová komunikační sběrnice používaná při automatizaci výrobních linek a technologických procesů. Do této sběrnice jsou připojeny programovatelné automaty, operátorské panely, frekvenční měniče, vzdálené vstupně/výstupní periferie apod. Komunikace může probíhat po sériové lince RS-485, která přenáší data pomocí kroucené stíněné dvojlinky. Maximální přenosová rychlost je 12 Mb/s (při délce sběrnice mezi segmenty do 100 m). Zpomalením rychlosti na 9,6 kb/s lze sběrnici prodloužit až na 1200 m. Pro přenos na větší vzdálenosti se používá optické vlákno, které je odolné proti elektromagnetickému rušení a poskytuje vysokou přenosovou rychlost. V prostředí s nebezpečím výbuchu se používá proudová smyčka.

3 POPIS POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ A JEJICH KONFIGURACE

3.1 ROBOTICKÉ RAMENO STÄUBLI TX2-40

Diplomová práce se zabývá řízením robotického ramene Stäubli TX2-40, znázorněného na obrázku 3.1. Jedná se o průmyslového robota standardní kinematické struktury s angulárním pracovním prostorem. Kinematická struktura se skládá z ramene, které je tvořeno trojicí rotačních kloubů následovaná trojicí rotačních kloubů realizujících tzv. sférické zápěstí. Robot TX2-40 je vyráběn v různých provedeních tak, aby splňoval podmínky pro práci ve špinavých, vlhkých, sterilních nebo čistých prostředích. Při použití v prašných nebo nepříznivých podmínkách je možné vnitřek ramene robota přetlakovat vzduchem. Přetlakování zabraňuje vniknutí nečistot do ramene nebo naopak úniku z ramene do čistého prostředí. Určen je tedy jak do prostředí drsného, špinavého, tak i do prostředí farmaceutického nebo potravinářského, kde jsou kladeny zvýšené nároky na hygienu a čistotu (Stäubli, 2019a).



Obrázek 3.1 – Průmyslový robot TX2-40 společnosti Stäubli

3.1.1 Technická specifikace

Přehled základních parametrů robotického ramene je uveden v tabulce 3.1. Průmyslové roboty Stäubli se vyznačují vysokou přesností a spolehlivostí. Velkou devízou je také konstrukce ramene, která umožňuje vedení veškeré kabeláže skrze rameno robota až k nástroji. Robotické rameno je možné namontovat na podlahu, zeď nebo strop. Dále je také možné zvolit horizontální nebo vertikální zapojení kabeláže.

Maximální nosnost robota za určitých podmínek je až 2,3 kg. Robot používá JCS převodovky, které jsou speciálně navrženy pro kompaktní roboty. Klíčovou výhodou těchto převodovek je linearita převodu, absence vůle a dlouhá životnost. Natočení jednotlivých kloubů robota je snímáno pomocí absolutních enkodérů, které nepotřebují baterie. Odpadá tedy potřeba kalibrace robota po delší odstavce (Stäubli, 2019a).

Tabulka 3.1 – Přehled základních parametrů robota TX2-40

Užitné zatížení	1,7 kg
Počet stupňů volnosti	6
Maximální rychlost	8,6 m/s
Váha	29 kg
Opakovatelnost	± 0,02 mm
Pracovní dosah	515 mm
Třída ochrany	IP 65
Umístění	podlaha, zeď, strop

3.1.2 Bezpečnostní prvky

Šestiosé roboty Stäubli je také možné použít pro všechny úrovně kooperace s člověkem na společném pracovišti. Stäubli pro své roboty nabízí celou řadu bezpečnostních prvků, které poskytují velmi vysokou míru bezpečnosti a zajišťují tak spolehlivou ochranu pracovníků a vybavení. Jedním z těchto prvků je pohybový senzor, který vytváří kolem robota pracovní zóny a poskytuje kontroléru informace o pohybu pracovníků. Kontrolér robota získané informace ze senzoru vyhodnocuje v reálném čase. Pokud pracovník vstoupí do první zóny, aktivuje se funkce Safe speed a robot zpomalí rychlost svého pohybu na bezpečnou úroveň. V případě, že pracovník pokračuje v pohybu směrem k robotu, vstoupí do druhé zóny, aktivuje se funkce Safe stop a robot se zastaví. Velkou výhodou je zde zachování stálého napájení ramene, a proto může rameno pokračovat v pohybu plnou rychlostí ihned, poté co operátor opustí pracovní zóny robota. Zároveň je v reálném čase monitorován veškerý pohyb robota, jsou zaznamenávány informace o poloze, rychlosti a zrychlení všech os. Robot tak splňuje nejpřísnější bezpečnostní kritéria kategorie SIL3-PLe.

Pro nejvyšší stupeň kooperace je možné robotické rameno vybavit ochranným oblekem z měkčeného materiálu. Ochranný oblek je vybaven tlakovými senzory, které zajistí okamžité zastavení pohybu robota do 9 ms po kolizi nebo doteku. Na ochranném obleku se také nachází světelná indikace doteku (Stäubli, 2019a).

3.1.3 Kontrolér CS9

Řízení pohybu robota a komunikaci s okolím zajišťuje kontrolér CS9, který je s ramenem robota spojen pomocí optického kabelu. Jedná se o kompaktní modulární kontrolér, který je uzpůsoben pro snadnou údržbu díky konstrukci rozdělené do tří samostatně výsuvných částí. Pro komunikaci s okolím je vybaven řadou portů, mezi které patří RS232 port, Ethernet port, USB port a digitální vstupy a výstupy. Kontrolér podporuje také standardní průmyslové komunikační sběrnice EtherCAT a Profinet. Další komunikační sběrnice (Profibus, Modbus, Powerlink atd.) je možné získat pomocí rozšiřujících karet, které se zapojují do kontroléru.

3.2 PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200

Řízení robota TX2-40 bylo realizováno pomocí průmyslového automatu Siemens Simatic S7-1200 s procesorem 1212C ve verzi AC/DC/RLY, které je zobrazeno na obrázku 3.2. Programovatelný automat je napájen střídavým napětím, obsahuje osm tranzistorových digitálních vstupů a šest reléových digitálních výstupů. Dále je procesorová jednotka vybavena dvěma analogovými vstupy s rozlišením 10 bitů. Program a data jsou uložena v 75 kB pracovní paměti. Komunikace s PC, panelem HMI a kontrolérem robota je zajištěna pomocí portu RJ 45.



Obrázek 3.2 – PLC Siemens Simatic S7-1200

Jedná se o modulární průmyslový logický automat kompaktních rozměrů, který je možné namontovat na DIN lištu. Programovatelný automat lze rozšířit jednou signální kartou a dvěma signálními moduly. Přehled základních parametrů PLC Simatic S7-1200 je uveden v tabulce 3.2 (Siemens, 2020b).

Tabulka 3.2 – Přehled základních parametrů PLC

Napájecí napětí	85-264 V AC
Komunikační rozhraní	Profinet (Ethernet)
Paměť pro program/data	75 kB
Oblast I/O adres	1 024 byte/1 024 byte
Třída ochrany	IP 20
Rozměry	90 × 100 × 75 mm
Váha	425 g

3.3 DOTYKOVÝ PANEL SIMATIC HMI KTP700 BASIC

Vizualizace řízení robota byla vytvořena na dotykovém panelu Simatic HMI KTP700 Basic (6AV2 123-2GB03-0AX0), který je znázorněn na obrázku 3.3. Jedná se o sedmipalcový dotykový TFT displej s rozlišením 800 x 480 pixelů, který dokáže zobrazit až 16 milionů barev.

Na zadní straně panelu se nachází port RJ 45, USB port a konektor pro připojení napájecího napětí 24 V. Z technických parametrů lze ještě uvést zvýšenou ochranu IP 65 pro provoz v náročných průmyslových podmínkách. Panel je vybaven 12 MB uživatelskou pamětí. Programování panelu probíhá v programu WinCC, který je součástí vývojového prostředí TIA Portal.



Obrázek 3.3 – HMI panel Simatic KTP700 Basic

3.4 TECHNOLOGIE UNIVAL PLC

Jak již bylo zmíněno v úvodu diplomové práce, dochází stále častěji k implementaci robotů do výrobních linek, strojů (např. obsluha obráběcího centra) a jiných technologických celků. V těchto zařízeních jsou kladeny zvýšené nároky na synchronizaci a komunikaci mezi jednotlivými částmi zařízení. Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.5 programování průmyslových robotů, každý výrobce používá vlastní vývojové prostředí s vlastním programovacím jazykem. To vede k nárůstu požadavků na programátory těchto zařízení, kteří se musí orientovat v různých vývojových prostředích a znát jejich programovací jazyky. Řešením těchto problémů je použití jednotný řídicí systém s jedním vývojovým prostředím (Woff, 2011).

Pro řízení robotů Stäubli lze použít technologii uniVAL PLC, která umožňuje programování robotů přímo z programovatelných automatů. V nadřazené řídicí logice PLC je integrováno řízení pohybu robota, včetně ovládání a kontroly vstupů/výstupů a uživatelského rozhraní. Průmyslové roboty Stäubli se k PLC připojují pomocí standardních průmyslových sběrnic EtherCAT a Profinet. Pro komunikaci je možné použít i další průmyslové sběrnice (Powerlink, Profibus, Sercos atd.), ale do kontroléru je nutné zapojit rozšiřující kartu.

3.4.1 Princip funkce uniVAL PLC

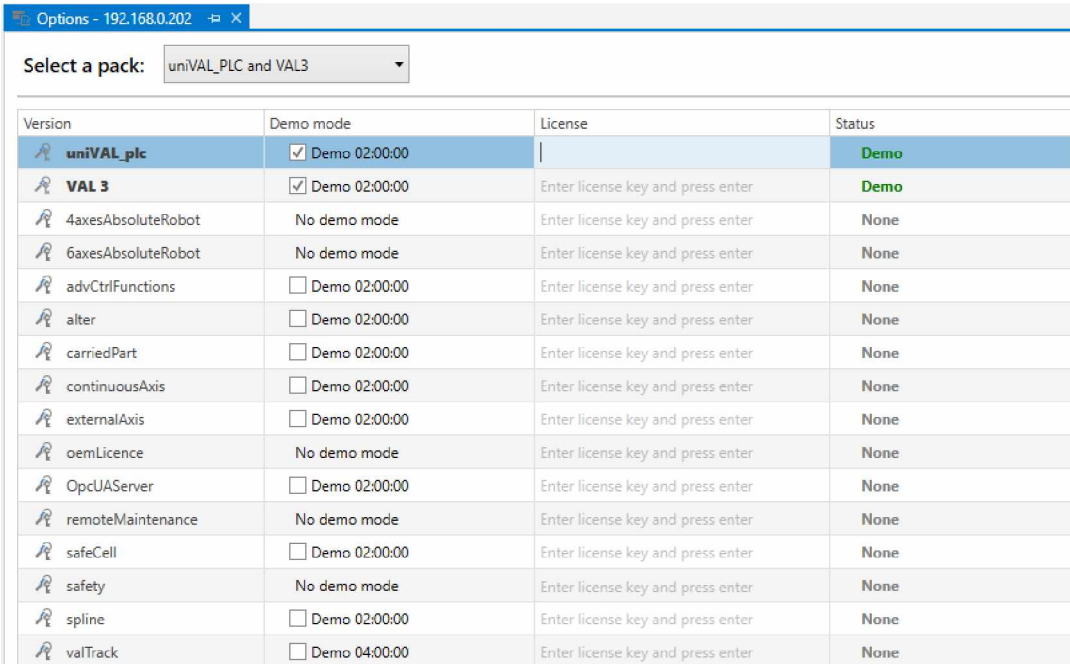
Technologie uniVAL PLC se skládá ze dvou softwarových komponent serveru a klienta. Server běží na kontroléru robota a vykonává přijaté příkazy od klienta, který běží na straně PLC. Klient je uživatelský program vytvořený programátorem z knihovny funkčních bloků. Přenos příkazů z PLC do robota probíhá prostřednictvím standardní průmyslové sběrnice. Tím je umožněno kompletní ovládání robota pomocí programovatelného automatu. Zpracování kinematické úlohy se provádí na straně kontroléru robota. Robot si tak zachovává své výborné vlastnosti - například opakovatelnou přesnost. Na obrázku 3.4 je zobrazeno schéma zapojení.



















Obrázek 3.4 – Grafické schéma zapojení jednotlivých zařízení

3.4.2 Instalace uniVAL PLC do kontroléru CS9

Před samotnou instalací uniVAL PLC je nutné v kontroléru aktivovat licenci nebo demo verzi funkce uniVAL PLC. Použití demo verze je omezena na 2 hodiny. Po uplynutí této doby je možné pokračovat po restartování kontroléru, s omezením opět na 2 hodiny. Aktivace se provádí v nastavení kontroléru, které je přístupné přes vzdálenou správu z vývojového prostředí SRS (Staubli Robotics Suite). Nastavení kontroléru je zobrazeno na obrázku 3.5. Změny v konfiguraci kontroléru se projeví po jeho restartování.



Version	Demo mode	License	Status
 uniVAL_plc	<input checked="" type="checkbox"/> Demo 02:00:00		Demo
 VAL 3	<input checked="" type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	Demo
 4axesAbsoluteRobot	No demo mode	Enter license key and press enter	None
 6axesAbsoluteRobot	No demo mode	Enter license key and press enter	None
 advCtrlFunctions	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 alter	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 carriedPart	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 continuousAxis	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 externalAxis	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 oemLicence	No demo mode	Enter license key and press enter	None
 OpcUAServer	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 remoteMaintenance	No demo mode	Enter license key and press enter	None
 safeCell	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 safety	No demo mode	Enter license key and press enter	None
 spline	<input type="checkbox"/> Demo 02:00:00	Enter license key and press enter	None
 valTrack	<input type="checkbox"/> Demo 04:00:00	Enter license key and press enter	None

Obrázek 3.5 – Aktivace funkce uniVAL_plc

Samotná instalace uniVAL PLC do kontroléru robota probíhá přes síťový protokol FTP (File Transfer Protocol). Soubory pro instalaci jsou přílohou diplomové práce. Instalační nástroj se spouští z příkazového řádku ve složce, kde jsou umístěny instalační soubory. Jedná se o batch soubor nazvaný install.bat, syntaxe pro spuštění je

install ipAdress profile password fieldbus,

kde ipAdress je ip adresa kontroléru,

profile je uživatelský profil (maintanence),

password je heslo pro vybraný profil (spec_cal),

fielbus je název typu komunikační sběrnice (profinet).

Instalační skript je zobrazen na obrázku 3.6. Aplikace uniVAL PLC se automaticky spustí po restartování kontroléru.

```

Administrator: Command Prompt - install 192.168.0.202 maintenance spec_cal profinet
C:\temp\server>install 192.168.0.202 maintenance spec_cal profinet

*-----*
*   INSTALLATION of UNIVAL_PLC   *
*-----*

New files will be send to the target 192.168.0.202.

Press (Ctrl+C) to stop process

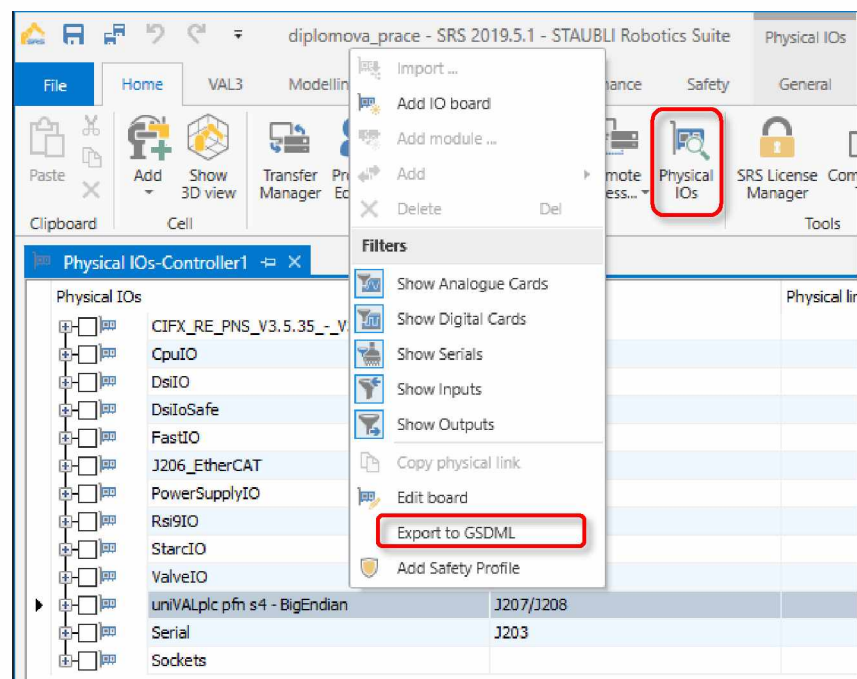
Press any key to continue . . .
INSTALLATION of UNIVAL_PLC IS STARTING ...

--Ping OK
*-----*

```

Obrázek 3.6 – Instalace uniVAL PLC do kontroléru

Instalací uniVAL PLC se v kontroléru provede konfigurace síťové karty pro Profinet na portu J207. Informace o konfiguraci síťového rozhraní je nutné přenést do vývojového prostředí TIA Portal. Přenos probíhá pomocí konfiguračního souboru GSDML (General station description Markup Language). Jedná se o XML (eXtensible Markup Language) dokument, který definuje komunikační a přístrojové parametry zařízení. Vygenerování GSDML souboru se provádí ve vývojovém prostředí SRS v záložce Physical IOs, která obsahuje informace o nastavení fyzických IO kontroléru. Po kliknutí pravého tlačítka myši na kartu uniVALplc pfn s4 – BigEndian se otevře nabídka s možností exportovat nastavení do GSDML souboru. Postup je naznačen na obrázku 3.7. Import GSDML souboru do prostředí Tia Portal je blíže popsán v pododdíle 3.5.2.



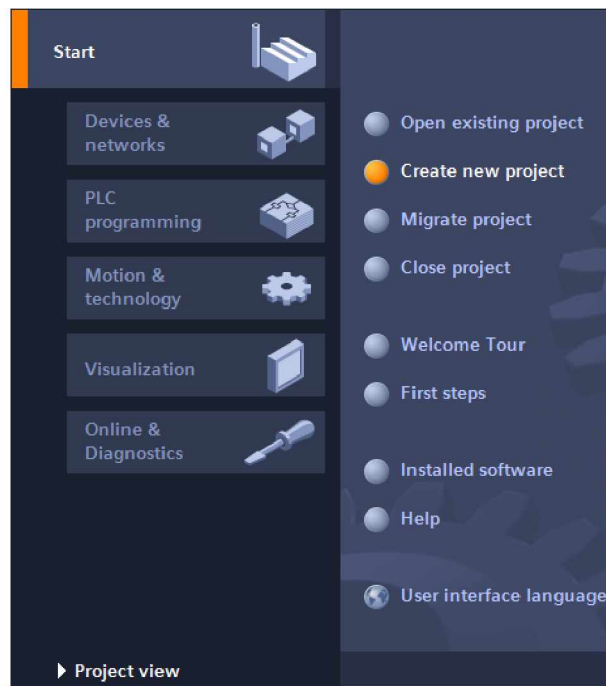
Obrázek 3.7 – Export konfiguračního souboru z SRS

3.5 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ TIA PORTAL

Tvorba programu pro PLC Simatic S7-1200 probíhá ve vývojovém prostředí TIA Portal. Vývojové prostředí se skládá ze dvou komponent STEP7 a WinCC. Program STEP7 slouží k programování, konfiguraci a diagnostice řídicích systémů od společnosti Siemens. Program WinCC umožňuje vytváření vizualizace pro HMI panely.

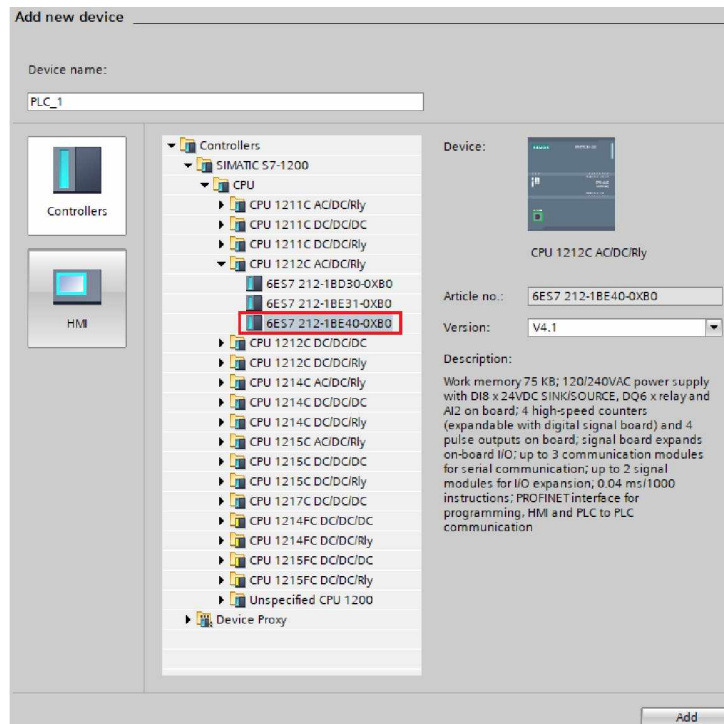
3.5.1 Vytvoření projektu a konfigurace PLC

Po spuštění vývojového prostředí TIA Portal se zobrazí okno Portal view s přehledně rozdělenými záložkami, které umožňuje snadné vytvoření nového projektu a jeho následnou správu, viz obrázek 3.8. Okno Portal view dále nabízí identifikaci připojených zařízení a jejich diagnostiku.



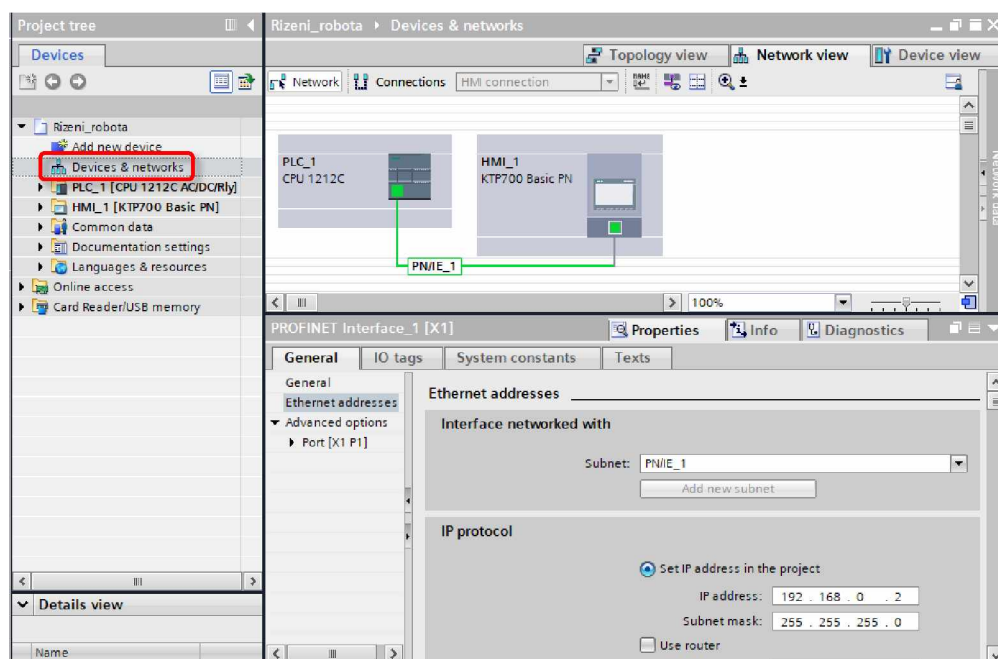
Obrázek 3.8 – Úvodní obrazovka Tia Portal (okno Portal view)

Přidání nového zařízení do projektu probíhá v záložce Device & Networks, kde se z katalogu produktů vybere použité zařízení. V této diplomové práci bylo použito PLC Simatic S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly (6ES7 212-1BE40-0XB0) a dotykový panel Simatic HMI KTP700 Basic (6AV2 123-2GB03-0AX0). Katalog produktů je zobrazen na obrázku 3.9. Samotná tvorba struktury programu, psaní programu a konfigurace komunikace probíhá v okně Project view.



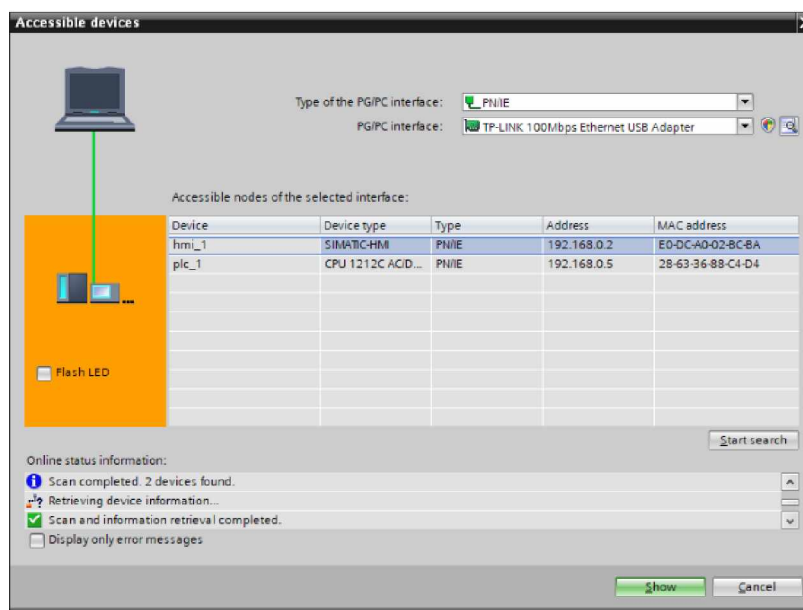
Obrázek 3.9 – Výběr zařízení z katalogu

Konfigurace komunikace se provádí v položce Devices & Networks na kartě Network view. Zařízení byla propojena pomocí sběrnice PN/IE (Profinet/Industrial Ethernet), viz obrázek 3.10. Z fyzického hlediska byla jednotlivá zařízení propojena pomocí switche. Nastavení IP adresy jednotlivých zařízení se provádí po klepnutí levého tlačítka myši na symbol rozhraní ethernet, který je umístěn na zařízení.



Obrázek 3.10 – Propojení PLC a HMI pomocí PN/IE sběrnice

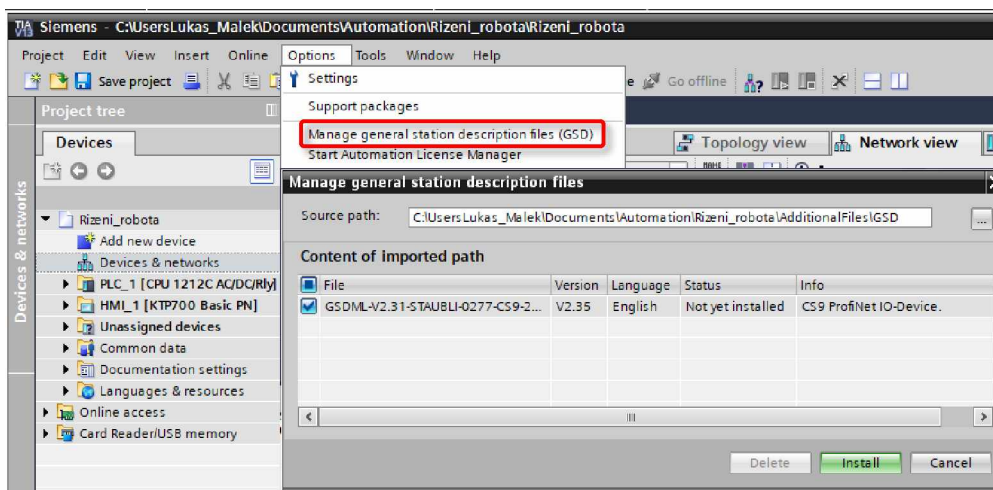
Ověřit připojená zařízení je možné v položce Accessible devices, která je umístěna na hlavním panelu nástrojů. Po nastavení síťového rozhraní a klepnutí na tlačítko Start search se zobrazí všechna dostupná zařízení, viz obrázek 3.11.



Obrázek 3.11 – Dostupná zařízení

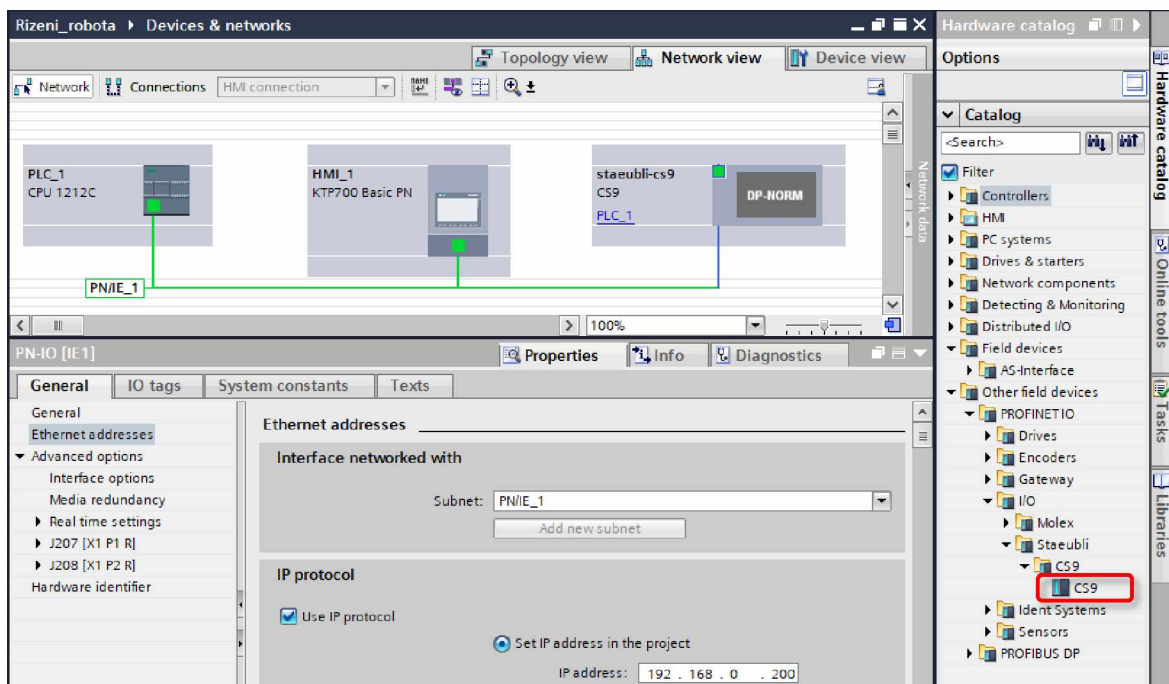
3.5.2 Konfigurace komunikace mezi PLC a kontrolérem robota CS9

Kontrolér robota se do vývojového prostředí Tia Portal integruje jako IO (vstupně výstupní) Profinet zařízení. Přidání kontroléru se realizuje importem konfiguračního souboru získaného z kontroléru. Postup získání konfiguračního souboru byl popsán v pododdíle 3.4.2. Import konfiguračního souboru se provádí na hlavní liště v záložce Options > Manage general station description files (GSD), viz obrázek 3.12.



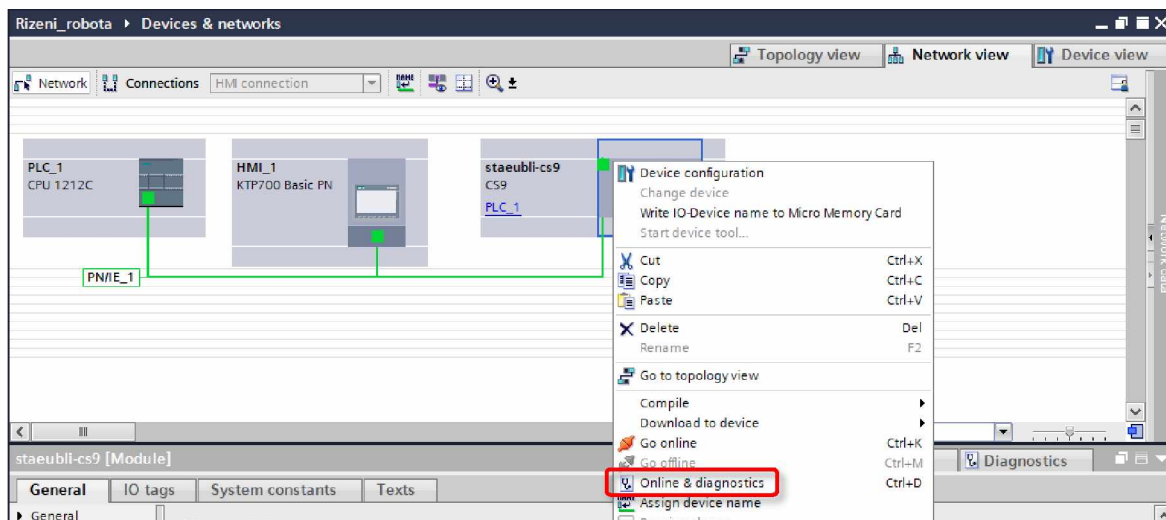
Obrázek 3.12 – Import konfiguračního souboru

Samotné přidání kontroléru do sítě se provede v položce Device & Networks, kde se z katalogu produktů vybere zařízení CS9, které se do katalogu přidalo po importování souboru GSDML. Postup je zobrazen na obrázku 3.13.

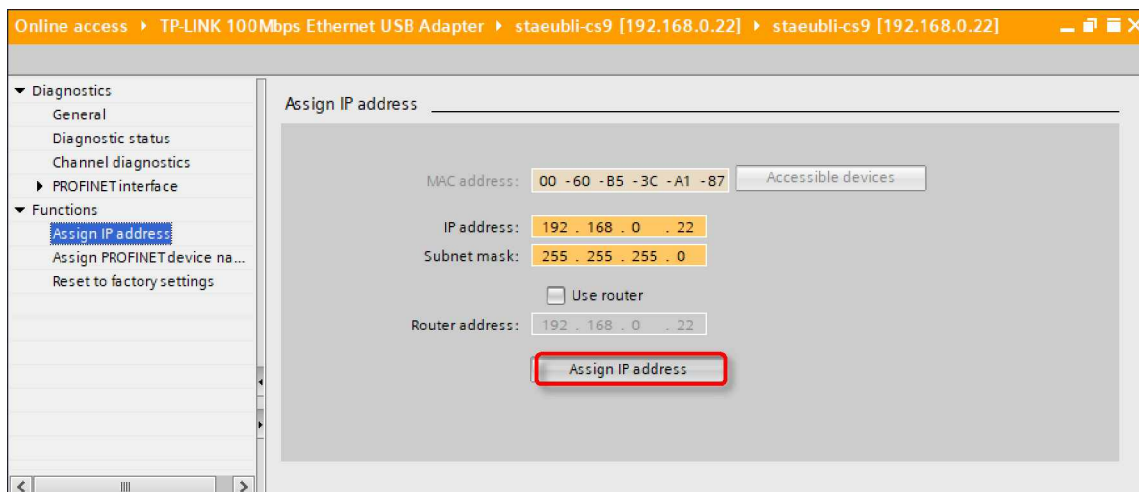


Obrázek 3.13 – Síťové propojení kontroléru CS9, PLC a HMI panelu

Následně je nutné kontroléru přiřadit IP adresu. Kontrolér podporuje přiřazování adres pomocí DCP (Discovery and Configuration protocol) protokolu. V případě použití DCP protokolu kontrolér pasivně čeká, dokud mu není přidělena IP adresa. Na zařízení CS9 se klikne pravým tlačítkem myši a zvolí se možnost Online & diagnostics, viz obrázek 3.14. Následně se otevře okno na obrázku 3.15, kde se pomocí tlačítka Assign IP address přidělí IP adresa.



Obrázek 3.14 – Konfigurace kontroléru v prostředí Tia Portal



Obrázek 3.15 – Přidělení IP adresy kontroléru

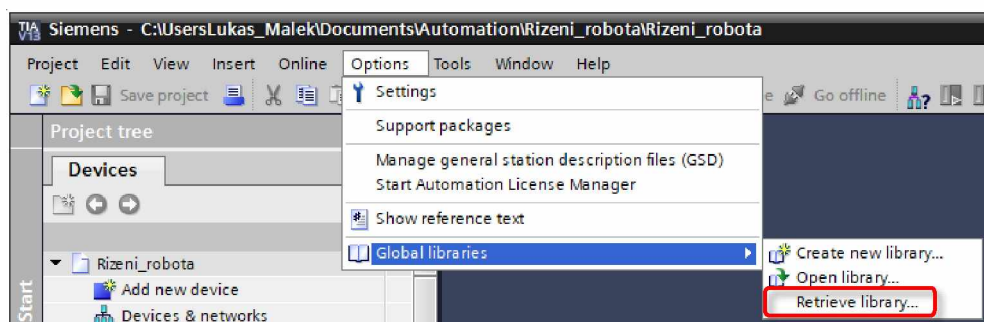
Komunikace mezi PLC a kontrolérem robota probíhá pomocí čtyř modulů v každém směru, které jsou přenášeny přes průmyslovou komunikační sběrnici Profinet. Jednotlivé moduly se skládají z bajtů, kde jsou jednotlivá I/O data uložena. Pro komunikaci s jedním robotem je potřeba minimálně 124 bajtová oblast IO adres. Velikost komunikačních modulů je uvedena v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3 – Struktura komunikačních modulů

Modul	Vstup	Výstup
adresa 1	64 bajtů	64 bajtů
adresa 2	32 bajtů	32 bajtů
adresa 3	20 bajtů	20 bajtů
adresa 4	8 bajtů	8 bajtů

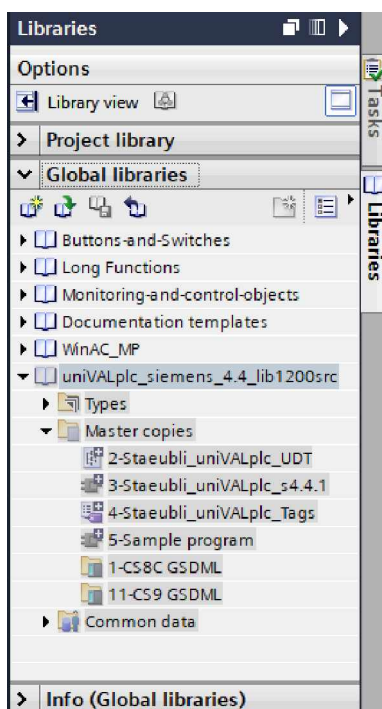
3.5.3 Instalace knihovny uniVAL PLC do vývojového prostředí TIA Portal

Pro použití uniVAL PLC je potřeba do vývojového prostředí importovat knihovnu uniVALplc_siemens_lib1200.zal13, která je určena pro PLC S7-1200. Knihovna je přílohou diplomové práce. Import knihovny se provádí na hlavní liště v záložce Options > Global libraries > Retrieve library... Postup přidání knihovny je naznačen na obrázku 3.16.



Obrázek 3.16 – Importování knihovny uniVAL PLC

Po přidání se knihovna nalézá v seznamu knihoven na pravé straně v okně Project view. Knihovna obsahuje uživatelské datové typy používané funkčními bloky, GSDML konfigurační soubory pro kontrolér CS8 a CS9, softwarové tagy a jednoduchý ukázkový program. Dále se zde také nachází programové bloky pro ovládání robota. Bloky jsou rozděleny do dvou základních skupin. První skupinu tvoří bloky s předponou MC, které jsou určeny pro základní funkce (například spuštění napájení, restart, přerušení pohybu atd.). Druhou skupinu tvoří bloky s předponou VAL, které jsou určeny pro administrativní práci s robotem (například načtení dat z robota nebo zápis dat do robota). Součástí seznamu programových bloků je datový blok DB_STÄUBLI_ROBOT, který obsahuje veškeré informace o připojených robotech. Obsah knihovny je zobrazen na obrázku 3.17.

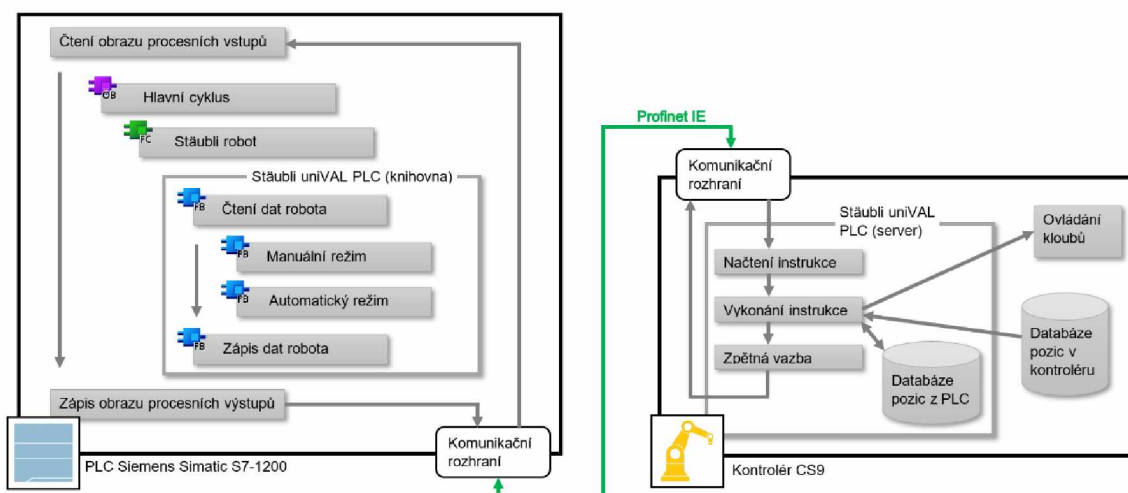


Obrázek 3.17 – Knihovna uniVAL PLC

4 REALIZACE UKÁZKOVÉ APLIKACE

Pro demonstraci funkcí knihovny uniVAL PLC byla vytvořena ukázková aplikace, která umožňuje řízení průmyslového robota v manuálním a automatickém pracovním režimu. Prostřednictvím PLC je možné řídit i více robotů, proto je vhodné funkční bloky pro ovládání jednotlivých robotů umístit do samostatných funkcí, které jsou volány z hlavního organizačního bloku. Počet robotů je omezen velikostí paměti PLC a IO oblastí adres.

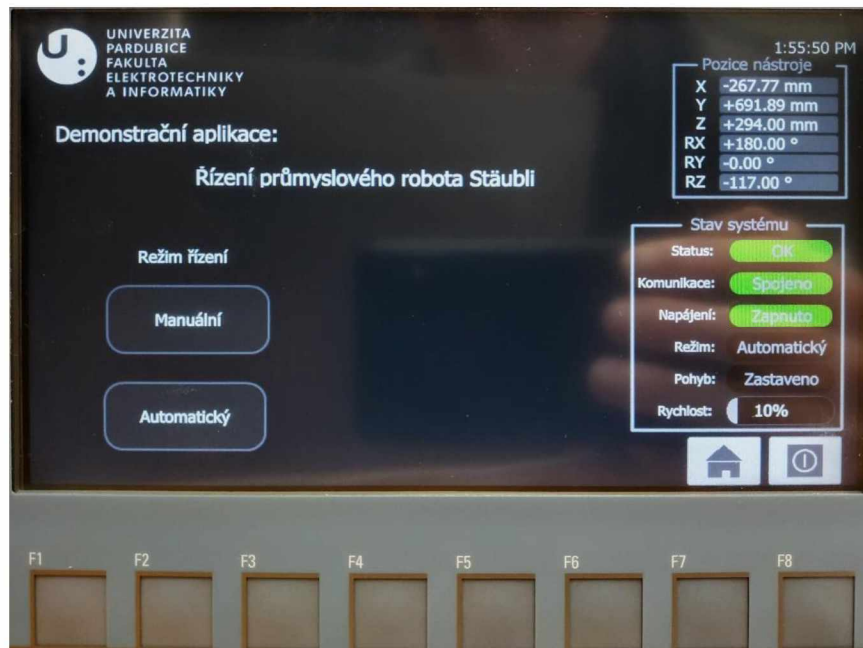
Průběh vykovávání programu je znázorněn na obrázku 4.1. Hlavním organizačním blokem je smyčka Main (hlavní cyklus), která v sobě obsahuje pouze funkci Stäubli Robot. Funkce Stäubli Robot obsahuje programový kód pro řízení průmyslového robota. Tato funkce je volána v každém cyklu a skládá se ze čtyř funkčních bloků. Jedná se o blok pro čtení dat z robota, blok pro manuální režim, blok pro automatický režim a blok pro zápis dat do robota. Funkce jednotlivých bloků jsou blíže popsány v oddíle 4.2. Kompletní programový kód je přílohou diplomové práce.



Obrázek 4.1 – Schéma vykonávání programu

4.1 UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ NA PANELU HMI

Vizualizace řízení robotického ramene byla vytvořena na HMI panelu KTP700 Basic. Vizualizace se skládá z úvodní obrazovky na obrázku 4.2, obrazovky pro manuální řízení a obrazovky pro automatické řízení. Obrazovky manuálního a automatického režimu jsou popsány v pododdílech 4.1.1 a 4.1.2. Na levé straně všech obrazovek jsou zobrazeny informace o aktuálním stavu systému (zvolený pracovní režim, stav komunikace, napájení, pohyb ramene a jeho rychlost) a pozici nástroje. Pozice nástroje je definována vektorem pozice (X, Y, Z, RX, RY, RZ) v kartézském souřadném systému se středem v rámu robota (World).



Obrázek 4.2 – Úvodní obrazovka

Panel je vybaven osmi funkčními tlačítky. Pro zapnutí napájení ramene slouží tlačítko F1, vypnutí napájení se provádí tlačítkem F2, tlačítko F3 slouží k vymazání chyb na kontroléru. Zvýšení rychlosti se provádí tlačítkem F6 a snížení tlačítkem F5. Rychlost je určována v procentech z rychlosti definované v aplikaci. Tato tlačítka je možné použít z libovolné obrazovky.

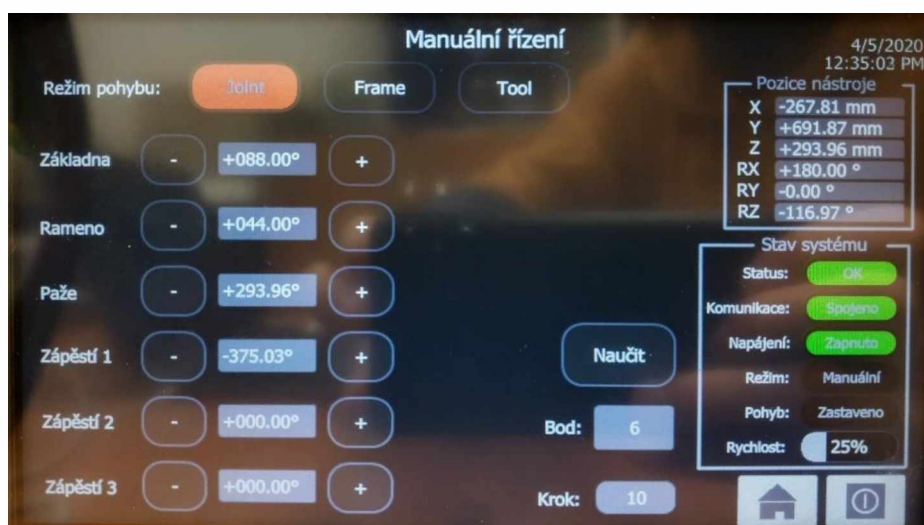
Na úvodní obrazovce vizualizace se dále nacházejí tlačítka pro přechod na obrazovku pro manuální a automatické řízení robota. Z bezpečnostních důvodů je nutné provést výběr pracovního režimu na WMS (Working Mode Selection) panelu, který je znázorněn na obrázku 4.3. Volba pracovního režimu se provádí otočením klíčku do jedné ze tří pozic.



Obrázek 4.3 – WMS panel pro volbu ovládacího režimu

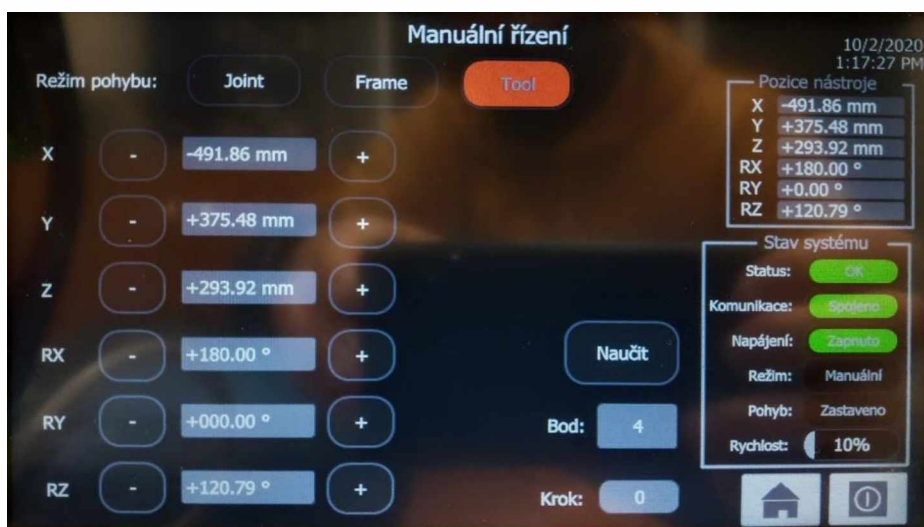
4.1.1 Obrazovka manuálního režimu řízení

Po přepnutí do manuálního režimu může operátor řídit pohyb ramene ve třech režimech (Joint, Frame nebo Tool). Manuální pohyby jsou uskutečněny pouze tehdy, pokud je zapnuto napájení robota. Aktivní režim pohybu je indikován červenou barvou, viz obrázek 4.4, na kterém je aktivní režim kloubu (joint). V režimu joint operátor pomocí tlačítek ovládá přímo natočení jednotlivých kloubů robota. Stiskem tlačítka plus se kloub otáčí v kladném směru. Stiskem tlačítka mínus se kloub otáčí v záporném směru.



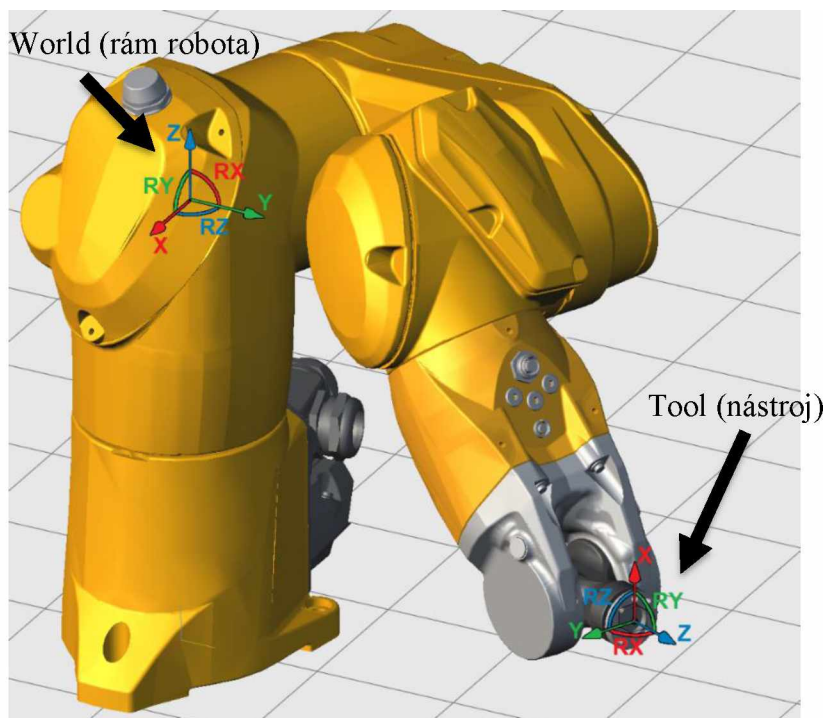
Obrázek 4.4 – Obrazovka pro režim pohybu Joint

V režimu Frame a Tool operátor nastavuje pozici koncového efektoru v kartézském souřadném systému. Tyto pohyby jsou také vykonávány v kladném a záporném směru. Pozice nástroje se mění posuvem (translací) v ose X, Y, Z a rotací (rotation) kolem os RX, RY a RZ. Vizualizace pro režim pohybu Tool je zobrazena na obrázku 4.5.



Obrázek 4.5 – Obrazovka pro režim pohybu Tool

Režimy Frame a Tool se liší tím, jestli je pohyb vztažen k rámu robota (režim Frame) nebo k nástroji (režim Tool). Rozdíl mezi souřadnými systémy je zobrazen na obrázku 4.6. Středem souřadného systému rámu robota je průsečík os prvního a druhého kloubu a jeho orientace se nemění s pohybem ramene. Kladný směr osy Z souřadného systému nástroje je směrem ven ze zápěstí. Natočením nástroje se mění orientace souřadného systému nástroje.



Obrázek 4.6 – Souřadný systém World (rám robota) a Tool (nástroj)

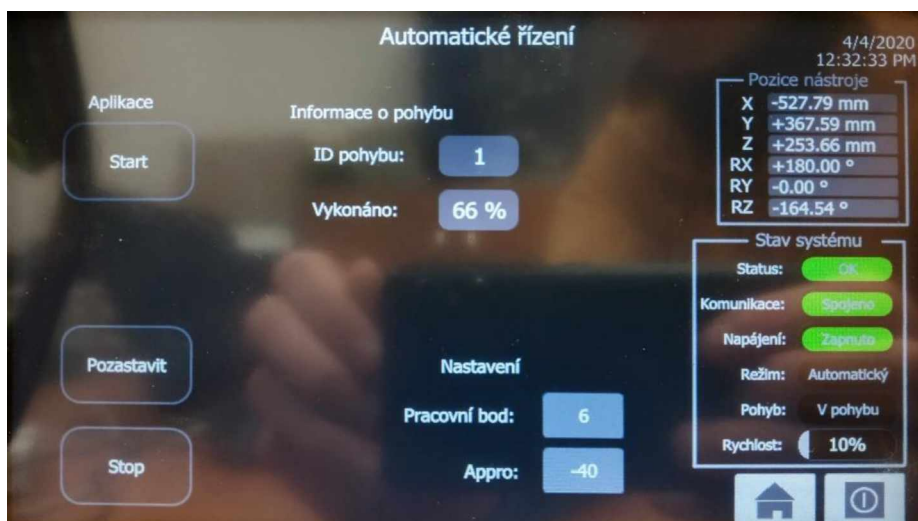
Operátor může nastavit velikost kroku v mm pro pohyb posuvný a ve stupních pro pohyb rotační. Zvětšení kroku se provádí pomocí funkčního tlačítka F7 a zmenšení kroku tlačítkem F8. Manuální režim umožňuje pomocí tlačítka Naučit, definovat domovskou pozici ramene (bod 1) a pracovní pozice (bod 2 až 9). Definované pozice se uloží do vytvořeného datového bloku PoziceRobota_DB a následně můžou být použity v automatickém pracovním režimu. Úspěšné uložení bodu je signalizováno zelenou barvou.

4.1.2 Obrazovka automatického režimu řízení

V automatickém režimu robot vykonává automatické pohyby mezi definovanými pozicemi. V aplikaci byla předefinována domovská pozice a jedna pracovní pozice. Vlastní domovskou pozici a další pracovní pozice je možné definovat v manuálním režimu. V automatickém režimu si operátor může zvolit pracovní pozici a nastavit, jak vysoko nad pracovní pozici se má robot přiblížit. Po spuštění aplikace tlačítkem Start se robot nejrychlejší

cestou přesune do domovské pozice (pozice Joint). Následně nejrychlejší cestou provede přiblížení do transformované pozice umístěné nad pracovní pozicí. Poté lineárním pohybem sjede do pracovní pozice a následně se lineárním pohybem vrátí zpět do transformované pozice přiblížení. Nakonec znovu nejrychlejší cestou dojde zpět do domovské pozice.

Vykonávání pohybu ramene je možné řídit z vizualizace na panelu HMI. Operátor může vykonávání pohybu přerušit tlačítkem Pozastavit nebo pohyb ukončit pomocí tlačítka Stop. Tlačítko Pozastavit se zviditelní v případě, že je vykonáván pohyb ramene. Současně při pozastavení vykonávání pohybu robota, dojde k zviditelnění tlačítka Pokračovat, po stisku tlačítka robot pokračuje v pohybu. Stiskem tlačítka Stop je pohyb vymazán. Aplikaci je možné spustit znovu stiskem tlačítka Start. Na vizualizaci je zobrazeno identifikační číslo aktuálně vykonávaného pohybu a kolik procent pohybu bylo dokončeno. Obrazovku pro automatický režim řízení lze vidět na obrázku 4.7.



Obrázek 4.7 – Obrazovka automatického režimu řízení

4.2 PROGRAM PRO ŘÍZENÍ ROBOTA

4.2.1 Základní funkční bloky knihovny uniVAL PLC

Vytvořená aplikace se skládá z funkčních bloků knihovny uniVAL PLC. Funkční bloky ovlivňují své výstupní parametry na základě vstupních parametrů.

Obecné parametry funkčních bloků

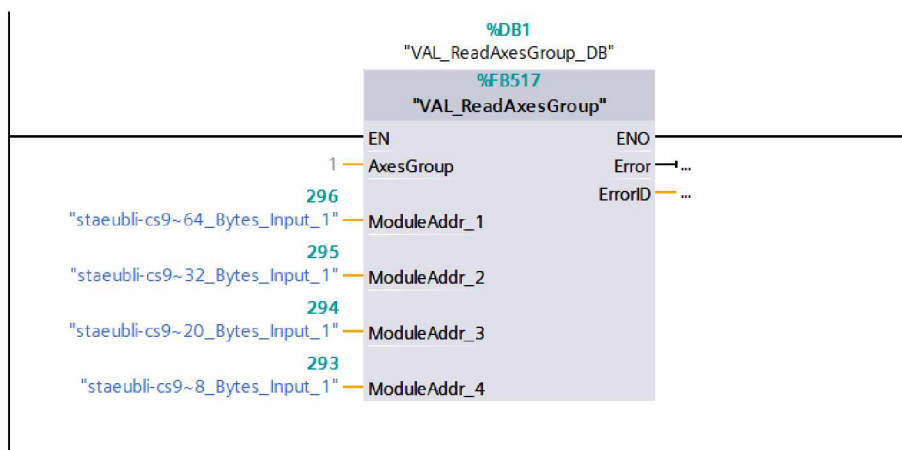
Obecné parametry se vyskytují téměř u všech funkčních bloků. Především se jedná o informativní, ovládací a chybové parametry. Mezi tyto parametry patří *AxesGroup*, *Enable*, *Execute*, *Error*, *ErrorID*, *Done* a *Busy*. Hlavním parametrem každého funkčního bloku je vstupní parametr *AxesGroup*. Parametr *AxesGroup* definuje, který průmyslový robot bude

funkčním blokem ovládán. Činnost funkčního bloku se povoluje pomocí parametru *Enable*. Vykonávání funkčního bloku se spouští parametrem *Execute*.

Každý funkční blok obsahuje chybové výstupní parametry (*Error*, *ErrorID*), které poskytují informace o výskytu chyb. Parametr *Error* je typu bool a poskytuje pouze informaci, jestli se chyba vyskytla nebo nevyskytla. Pro přesné určení chyby slouží parametr *ErrorID*, který je typu word a signalizuje přesné číslo vzniklé chyby. Parametr *Done* je typu bool a slouží k signalizaci, zda je činnost funkčního bloku dokončena. Parametr *Busy* je také typu bool a signalizuje, zda je funkční blok aktuálně vykonáván.

Funkční blok VAL_ReadAxesGroup

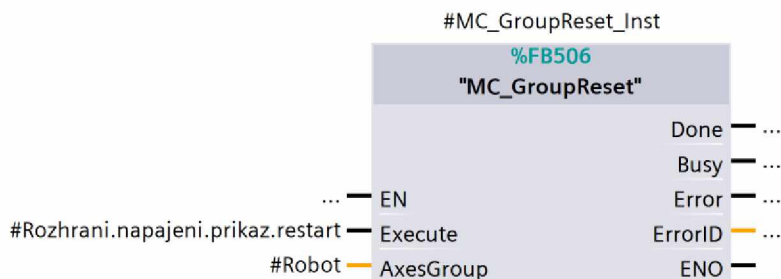
Čtení dat z robota se provádí funkčním blokem VAL_ReadAxesGroup. Vstupními parametry bloku jsou moduly adres, viz obrázek 4.8. Tento blok musí být volán vždy jako první v aplikaci pro řízení robota. Funkční blok načítá informace o robotovi přijaté z kontroléru robota přes komunikační rozhraní a ukládá je do datového bloku DB_STÄUBLI_ROBOT. Datový blok v sobě obsahuje veškeré informace o stavu robota například aktuální pozice, rychlost, režim pohybu apod. Informace o robotovi z datového bloku jsou využívány dalšími bloky knihovny.



Obrázek 4.8 – Funkční blok pro čtení dat z kontroléru

Funkční blok MC_GroupReset

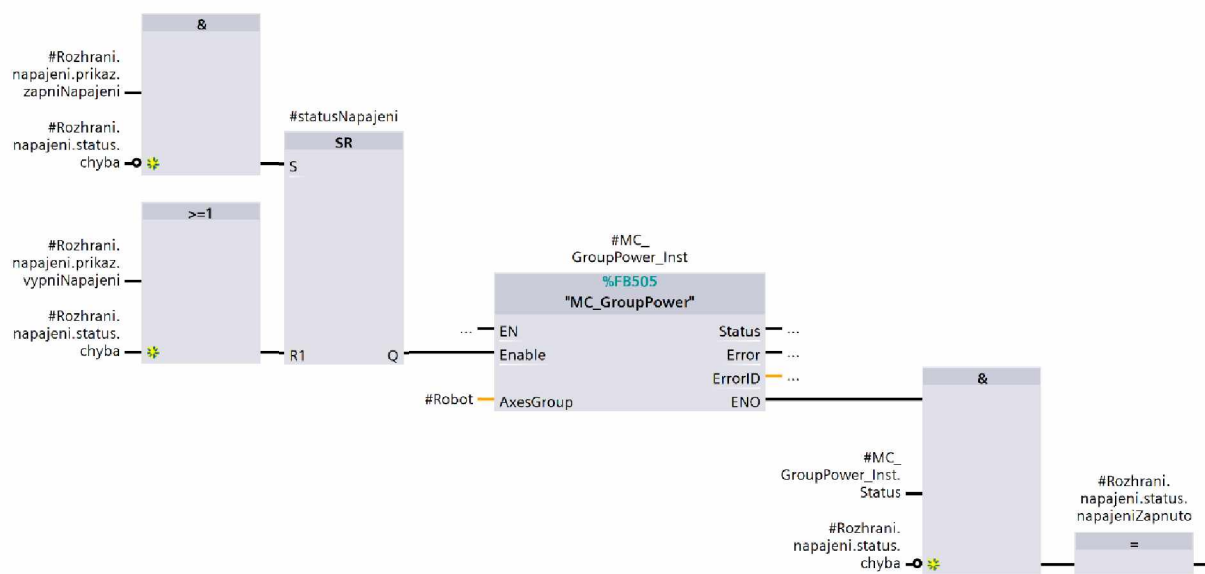
Pokud nastane chyba, kontrolér vypne napájení ramena a nelze jej znovu zapnout, dokud není chybová zpráva potvrzena tlačítkem Reset. V případě, že nastane porucha při výměně dat mezi kontrolérem a PLC, tak tento funkční blok umožňuje restartování komunikačního protokolu. Funkční blok MC_GroupReset je zobrazen na obrázku 4.9.



Obrázek 4.9 – Funkční blok MC_GroupReset

Funkční blok MC_GroupPower

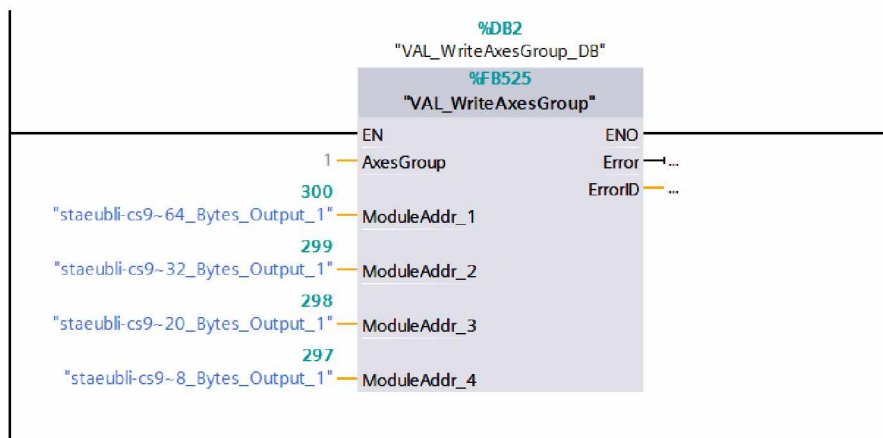
Spuštění napájení ramene se provádí funkčním blokem MC_GroupPower. Nastavením parametru *Enable* na True se spustí sekvence zapnutí napájení ramene. Napájení ramene zůstává aktivní do té doby, než je na vstup parametru *Enable* přivedena hodnota False. Hodnota False aktivuje vypínací sekvenci napájení ramene. Použití funkčního bloku je zobrazeno na obrázku 4.10. Signalizace stavu napájení je zobrazena na panelu HMI.



Obrázek 4.10 – Programový kód pro zapnutí napájení

Funkční blok VAL_WriteAxesGroup

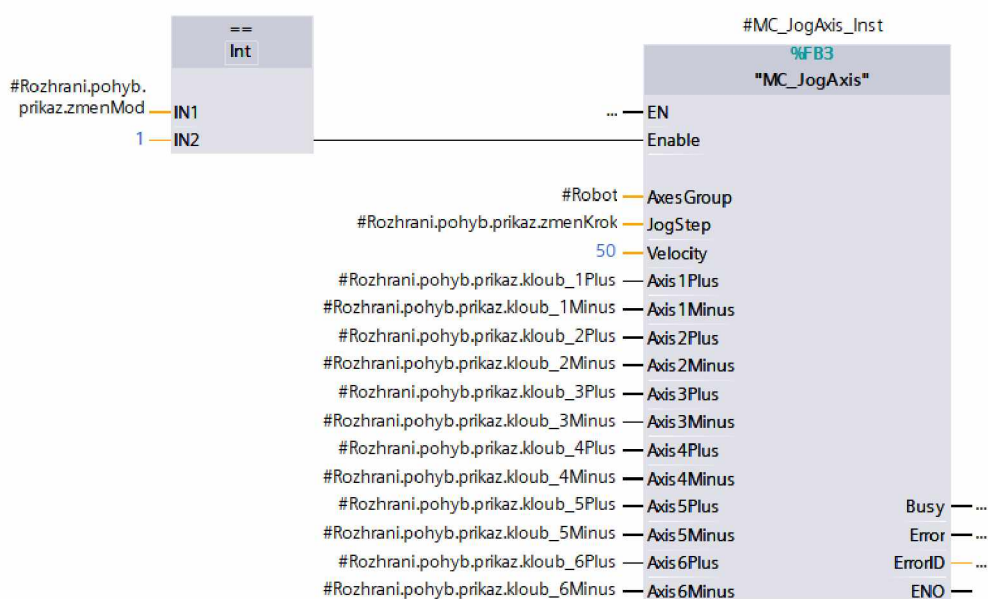
Poslední blok, který se musí vždy na konci aplikace pro řízení robota vykonat, je VAL_WriteAxesGroup. Vstupními parametry bloku jsou výstupní moduly adres příslušného robota. Funkční blok provádí odeslání datového bloku přes komunikační rozhraní do kontroléru robota. Aplikace funkčního bloku je zobrazena na obrázku 4.11.



Obrázek 4.11 – Funkční blok pro zápis dat do kontroléru

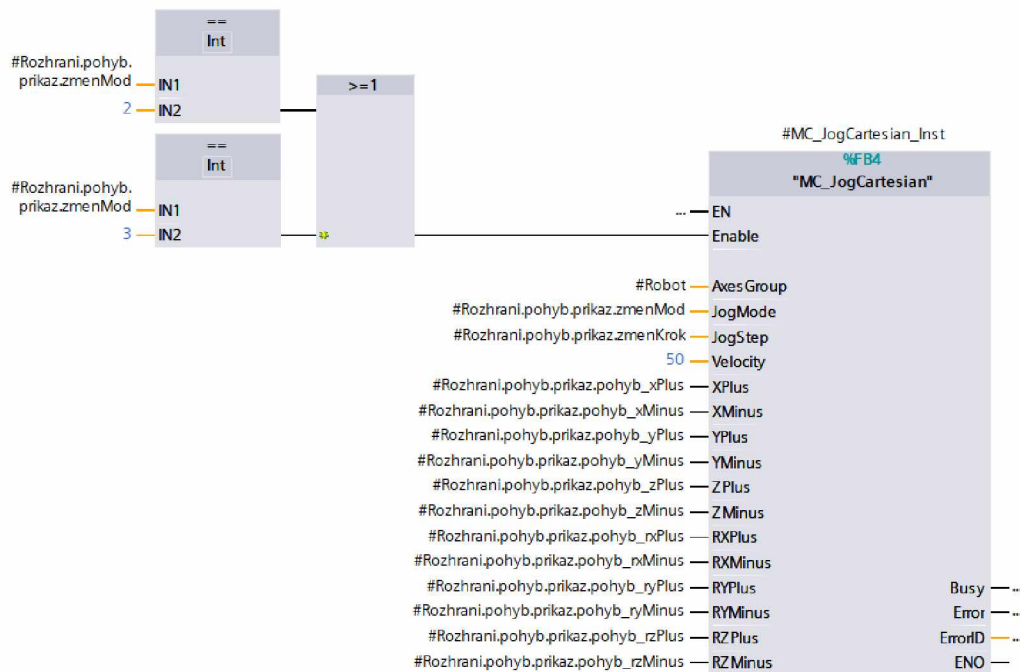
4.2.2 Režim manuálního řízení

Ve funkčním bloku pro manuální režim řízení robota se nejdříve přenesou provozní informace o stavu robota na operátorský panel. Ovládání robota v pohybovém režimu kloubu (joint) je realizováno funkčním blokem `MC_JogAxis`. Natočení kloubů ramene se ovládá přes jednotlivé vstupní parametry *Axis1Plus* až *Axis6Minus*. Vstupní parametr *JogStep* umožňuje nastavit velikost kroku. Rychlost pohybu se mění tzv. monitorovací rychlostí (override). Monitorovací rychlost se udává v procentech (0 až 100) z rychlosti, která je nastavena vstupním parametrem *Velocity*. Parametr *Velocity* udává rychlost v procentech z maximální rychlosti, kterou se rameno může pohybovat. V manuálním režimu je z bezpečnostních důvodů rychlost omezena na 250 mm/s. Funkční blok `MC_JogAxis` je zobrazen na obrázku 4.12.



Obrázek 4.12 – Funkční blok `MC_JogAxis`

Pro ovládání robota v režimech Frame a Tool je použit funkční blok MC_JogCartesian (obrázek 4.13). Volba pohybového režimu se provádí vstupním parametrem *JogMode*. Přes jednotlivé vstupní parametry *XPlus* až *RZMinus* se nástroj robota pohybuje podle korespondujících os.

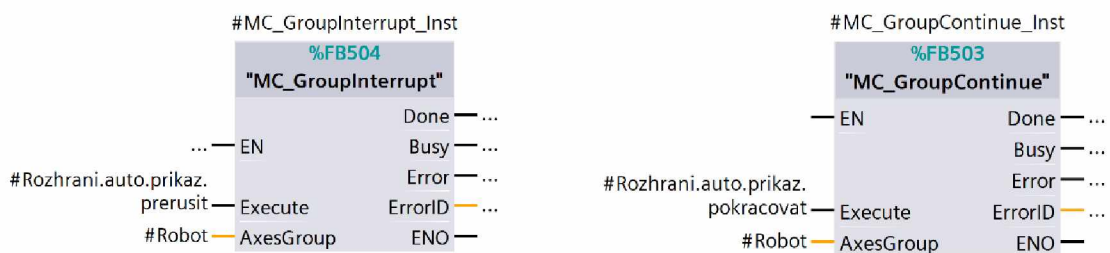


Obrázek 4.13 – Funkční blok MC_JogFrame

4.2.3 Režim automatického řízení

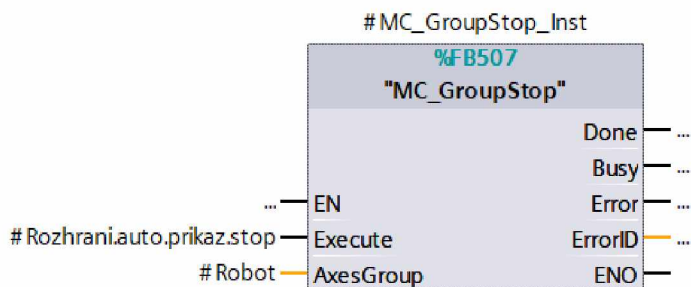
Funkční bloky pro řízení běhu programu

V automatickém režimu jsou použity tři základní bloky pro řízení běhu programu robota. Jedná se o blok MC_GroupInterrupt (aktivuje se tlačítkem Pozastavit), který přeruší vykonávání pohybu robota a robot se přepne do režimu pauzy. Napájení robota zůstává zapnuto a robot může pokračovat ve vykonávání pohybu ihned po aktivaci funkčního bloku MC_GroupContinue (aktivuje se tlačítkem Pokračovat). Bloky MC_GroupInterrupt a MC_GroupContinue lze vidět na obrázku 4.14.



Obrázek 4.14 – Funkční blok MC_GroupInterrupt a MC_GroupContinue

Jednotlivé pohybové příkazy jsou v kontroléru ukládány do zásobníku (buffer). Do kontroléru je možné nahrát několik pohybových příkazů současně, a to i před samotným spuštěním napájení ramene. Pro okamžité ukončení pohybu ramene a vymazání všech naplánovaných pohybů, které jsou v zásobníku uloženy, slouží funkční blok MC_GroupStop (aktivuje se tlačítkem Stop). Funkční blok MC_GroupStop je zobrazen na obrázku 4.15.



Obrázek 4.15 – Funkční blok MC_GroupStop

Funkční bloky pro vykonávání pohybu

Robot může v automatickém režimu vykonávat dva rozdílné druhy pohybů (joint a kartézskou interpolaci). Pohybové funkční bloky mají několik stejných vstupních a výstupních parametrů. Mezi vstupní parametry patří *CoordSystem*, který definuje souřadný systém, ve kterém je určen koncový bod a parametr *Position*, který definuje koncový bod pohybu. Pomocí vstupních parametrů *Velocity*, *Acceleration*, *Deceleration*, *CartesianVel*, *RotationVel* se nastavuje rychlost vykonávání pohybu. Vstupní parametr *Velocity* slouží k definování rychlosti, kterou má být pohyb vykonán. Parametrem *Acceleration* je definováno zrychlení, kterým bude pohyb zrychlován, dokud nedosáhne požadované rychlosti. Pomocí parametru *Deceleration* se definuje zpomalení pohybu.

Parametry *CartesianVel* a *RotationVel* umožňují definovat maximální rychlost, kterou se může pohybovat nástroj robota. V případě, že není potřeba brát zřetel na rychlost nástroje, tak je možné tyto parametry zanedbat.

Vstupní parametry *BufferMode*, *TransitionMode* a *TransitionParameter* definují, jak na sebe budou jednotlivé pohyby navazovat. Funkce parametru *BufferMode* je blíže popsána v tabulce 4.1. V případě hodnot 6, 7 se použije tzv. Blending, kdy robot nenajíždí přímo do definovaných bodů, ale jednotlivé pohyby mezi sebou plynule navazují. Parametry *TransitionMode* a *TransitionParameter* se definuje pohyb poblíž zadaných bodů.

Tabulka 4.1 – Parametr *BufferMode*

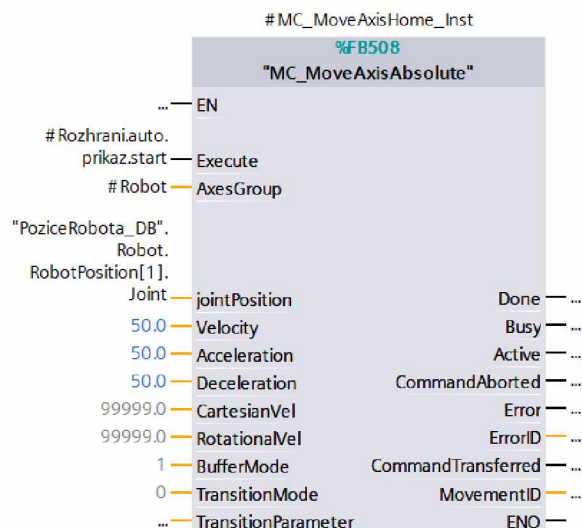
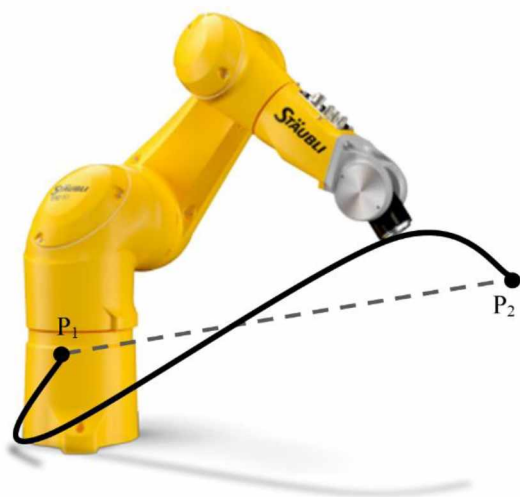
Hodnota	Funkce
0	Aktuální pohybový příkaz je vymazán a robot začne okamžitě vykonávat následující pohybový příkaz.
1	Následující pohybový příkaz se začne vykonávat až po úplném dokončení předchozího pohybového příkazu. Robot musí v koncovém bodě zastavit.
6	Aktuální a následující pohybový příkaz na sebe plynule navazují. Robot vykonává joint interpolaci.
7	Aktuální a následující pohybový příkaz na sebe plynule navazují. Robot se pohybuje po Bézierově křivce.

Mezi společné výstupní parametry funkčních bloků patří *Active*, *CommandAborted*, *CommandTransferred* a *MovementID*. Parametr *Active* je typu bool a nabývá hodnoty True, když je pohyb aktuálně vykonáván. Parametr *TransitionParameter* je také typu bool a nabývá hodnoty True, když je příkaz úspěšně nahrán do zásobníku kontroléru. Parametr *CommandAborted* informuje o tom, že byl příkaz vymazán jiným příkazem ze zásobníku robota. *MovementID* je identifikátor pohybového příkazu.

Joint interpolace

Prvním typem je Joint interpolace (pohyb po křivce), kdy je každá osa robota řízena nezávisle. Pohyb všech os začne současně a jednotlivé osy současně dosáhnou i koncové polohy. V případě tohoto druhu pohybu není možné určit přesnou trajektorii nástroje, proto se nehodí do prostředí s překážkami. Ujetá vzdálenost mezi dvěma body je větší než v případě lineárního pohybu, ale v kratším časovém intervalu a nehrozí singularity. Pohyb po křivce je zobrazen na obrázku 4.16.

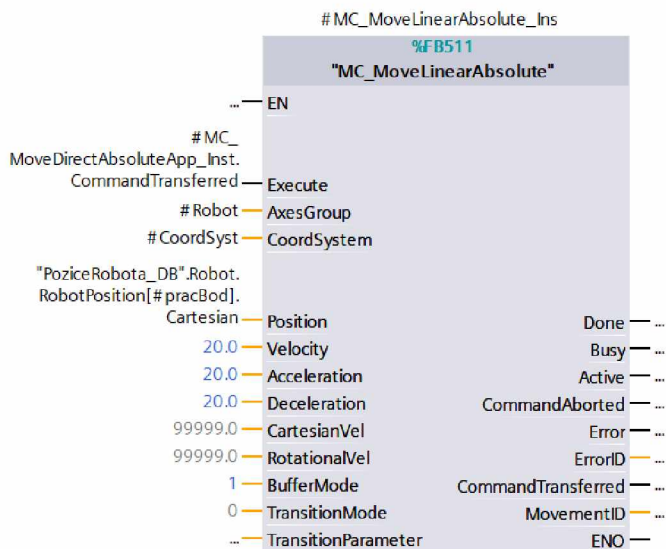
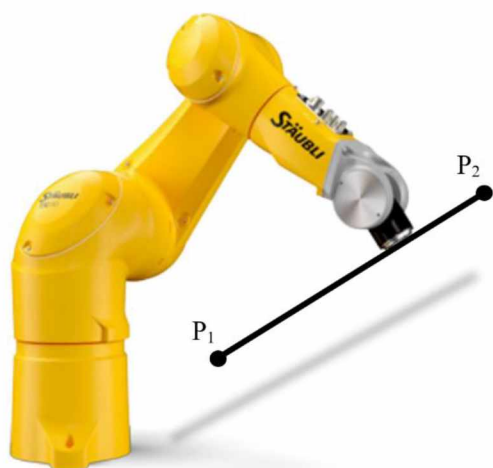
Joint pohyb je realizován pomocí funkčního bloku *MC_MoveAxisAbsolute* nebo *MC_MoveDirectAbsolute*. V případě *MC_MoveAxisAbsolute* je pozice koncového bodu definována pomocí úhlů natočení jednotlivých kloubů ve stupních. Pozice koncového bodu pro funkční blok *MC_MoveDirectAbsolute* je definována vektorem kartézských souřadnic. Domovská pozice robota se definuje pomocí Joint hodnot, proto pro nájezd do domovské pozice byl použit funkční blok *MC_MoveAxisAbsolute*. Pro přiblížení nad pracovní pozici byl použit funkční blok *MC_MoveDirectAbsolute*.



Obrázek 4.16 – Trajektorie Joint (pohyb po křivce)

Kartézská interpolace

Druhým typem pohybu je kartézská interpolace, která je zobrazena na obrázku 4.17. V tomto režimu se podle použitého příkazu nástroj pohybuje po lineární nebo kruhové trajektorii. Nevýhodou v případě použití kartézské interpolace je, že mohou nastat singularity, které vedou k zpomalení pohybu. Ujetá vzdálenost mezi dvěma body je kratší, ale v delším časovém intervalu. Trajektorie pohybu nástroje je přesně určena, proto je pohyb vhodný do prostředí s omezeními.



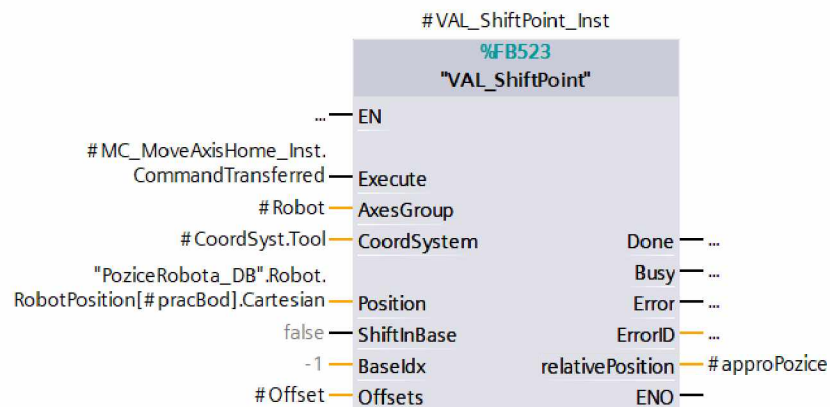
Obrázek 4.17 – Pohyb po lineární trajektorii

Lineární interpolace se realizuje funkčním blokem VAL_MoveLinearAbsolute. Tento blok byl v aplikaci použit pro lineární nájezd do pracovní pozice z transformovaného bodu přiblížení. Dalším typem kartézské interpolace je kruhová interpolace, která se realizuje funkčním blokem MC_MoveCircularAbsolute. Vstupním parametrem bloku je kromě koncové pozice také průjezdná pozice (pomocný bod).

Funční blok pro výpočet pozice přiblížení

Definování pozice přiblížení umístěné nad pracovní pozicí se realizuje automaticky funkčním blokem VAL_ShiftPoint. Tento funkční blok vypočítá relativní pozici v kartézských souřadnicích aplikováním geometrické transformace. Výhodou funkčního bloku je, že při změně pracovní pozice, operátor nemusí zadávat novou pozici přiblížení, protože tato pozice je automaticky dopočítána z pracovní pozice.

Vstupními parametry bloku jsou *ShiftInBase*, *BaseIdx* a *Offsets*. Funkční blok je znázorněn na obrázku 4.18. Parametry *ShiftInBase* a *BaseIdx* umožňují definovat vlastní koordinační systém. Parametrem *Offsets* se definuje vzdálenost nové pozice od zadané pozice na vstupu. *Offsets* může být nastaven ve všech osách (X, Y a Z) a rotacích kolem os (RX, RY, RZ). Výstupem bloku je parametr *relativePosition*, který udává relativní pozici vzhledem k zadané pozici na vstupu funkčního bloku.



Obrázek 4.18 – Funkční blok VAL_ShiftPoint

5 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo vytvořit ukázkovou aplikaci pro řízení průmyslového robota pomocí programovatelného logického automatu Siemens S7-1200. V rámci splnění hlavního cíle diplomové práce byla provedena rešerše průmyslových robotů a programovatelných logických automatů. V praktické části bylo nejdříve provedeno nastavení kontroléru robota pro použití technologie uniVAL PLC. Součástí práce je návod pro integraci průmyslových robotů Stäubli do vývojového prostředí TIA Portal, které je určeno pro programování a diagnostiku programovatelných automatů od společnosti Siemens.

Byla vytvořena ukázková aplikace pro řízení robotického ramene TX2-40 od společnosti Stäubli s pomocí programovatelného logického automatu Siemens Simatic S7-1200. Řízení robota bylo realizováno pomocí technologie uniVAL PLC, která přináší nové možnosti pro programování průmyslových robotů zjednotného vývojového prostředí. Vizualizace řízení robotického ramene byla vytvořena na HMI panelu KTP700 basic. Aplikace umožňuje řízení průmyslového robota v manuálním a automatickém pracovním režimu. V manuálním režimu je možné ovládat robota v režimu Joint, Frame a Tool. Vytvořením demonstrační aplikace byly prokázány možnosti, které technologie uniVAL PLC přináší pro programátory průmyslových zařízení, kteří implementují průmyslové roboty do výrobních linek a dalších technologických zařízení.

POUŽITÁ LITERATURA

- 3D_MOLIER. 2015. Kuka robot Ibr iiwa 3d x. In: *TURBOSQUID* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/3d-models/kuka-robot-lbr-iiwa-3d-x/933063>
- ABB. 2018. FlexGun. *ABB AB* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=ROB0174EN_B&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch
- FANUC. 2019a. M-1iA/1H: Lehký delta-robot. *Fanuc* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/%C5%99adam1/m-lia-1h>
- FANUC. 2019b. Kolaborativní průmyslové roboty mýtů zbavené. *VŠE O PRŮMYSLU* [online]. [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/inspirace/firemni-novinky/kolaborativni-prumyslove-roboty-zbavene-mytu.html>
- GONZALEZ, C. 2016. What's the Difference Between Industrial Robots? *MachineDesign* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.machinedesign.com/markets/robotics/article/21835000/whats-the-difference-between-industrial-robots>
- GREENFIELD, D. 2017. Collaborative Robots Start Welding. *AutomationWorld* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.automationworld.com/factory/robotics/news/13317816/collaborative-robots-start-welding>
- KEAY, A. 2015. Industrial robotics pioneer Joe Engelberger turns 90. *Robohub* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://robohub.org/industrial-robotics-pioneer-joe-engelberger-turns-90/>
- KOLÍBAL, Z. 2016. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 800 s. ISBN 978-80-214-4828-5.
- KOSEK, R. 2005. Profinet – standard pro průmyslový Ethernet v automatizaci. (4) *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku* [online]. [cit. 2020-03-21]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/profinet-standard-pro-prumyslovy-ethernet-v-automatizaci-2005_04_30419_715/

- MARTINÁSKOVÁ, M. 2001. PLC - programovatelné automaty. *ČVUT-FSI* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2535859/>
- MIHAI, D. 2016. Visual Components Introduces Next Generation Simulation Software. In: *Smashing Robotics* [online]. [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.smashingrobotics.com/visual-components-essentials/>
- NOVOTNÝ, F. HORÁK M. 2015a. *Konstrukce robotů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 236 s. ISBN 978-80-7494-216-7.
- NOVOTNÝ, F. HORÁK M. 2015b. *Efektory průmyslových robotů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 116 s. ISBN 978-80-7494-195-5.
- SCHUNK. 2020a. MPG: Nejosvědčenější prémiový uchopovač malých součástek na světě. In: *SCHUNK* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: https://schunk.com/cz_cs/uchopovaci-systemy/series/mpg/
- SCHUNK. 2020b. EGM: Až do 118 kg hmotnosti obrobku. *SCHUNK* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: https://schunk.com/cz_cs/uchopovaci-systemy/series/egm/
- SICILIANO, B.; SCIAVICCO, L.; VILLANI, L. and ORIOLO, G. 2009. *Robotics: Modelling, Planning and Control*. London: Springer, 632 p. ISBN 978-1-84628-641-4.
- SIEMENS. 2020a. SIMATIC HMI KTP1200 Basic / KTP1200 Basic DP. *Siemens* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>
- SIEMENS. 2020b. 6AG1212-1BE40-4XB0. *Siemens* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/190568?pdtd=td&dl=en&lc=en-CH>
- STÄUBLI. 2019a. Řada TX2 – kolaborativní roboty. *Stäubli* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.staubli.com/cs-cz/file/21193.show>
- STÄUBLI. 2019b. TS2 range – SCARA. *Stäubli* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.staubli.com/en/file/21027.show>
- ŠMEJKAL, L.; ČERNÝ, J. 2017. Esperanto programátorů PLC: programování podle normy IEC/EN 61131-3. *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku* [online]. [cit. 2020-03-21]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <http://tecoacademy.cz/wp-content/uploads/2017/04/Esperanto-final.pdf>

- ŠMEJKAL, L.; MARTINÁSKOVÁ M. 1999. *PLC a automatizace*. Praha: BEN - technická literatura, 224 s. ISBN 80-860-5658-9.
- VITRALAB. 2011. Příručka: Automatizační a robotická technika. *SjF Košice* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z:
http://www.sjf.tuke.sk/vitralab/files/vystupy/prirucka_cz_final.pdf
- WOFF, J. 2011. Řízení průmyslových robotů prostřednictvím PLC automatů. *Mmspektrum* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/zeni-prumyslovyh-robotu-prostrednictvim-plc-automatu.html>
- World Robotics. 2019. Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD. IFR International Federation of Robotics [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd>
- ZEZULKA, F. 2004. Prostředky průmyslové automatizace. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 176 s. ISBN 80-214-2610-1.
- ŽÁČEK, M. 2014. Historie robotů? Sahá až do řecké mytologie! *FACTORY AUTOMATION* [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z:
<https://factoryautomation.cz/historie-robotu-saha-az-do-recke-mytologie/>

PŘÍLOHY

A - CD

Příloha k diplomové práci
Řízení robotů Stäubli pomocí PLC
Bc. Lukáš Málek

CD

Obsah

- 1 Text diplomové práce ve formátu PDF
- 2 Úplný zdrojový kód aplikace
- 3 Zip balíček s instalačním nástrojem uniVAL PLC