

MONTÁŽ S VYUŽITÍM ROBOTU MELFA RV-2AJ

Bc. Petr Merhaut

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr MERHAUT**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Montáž s využitím robotu MELFA RV-2AJ**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma
2. S využitím Software Cosimir Robotics připravte několik variant montážní stanice
3. Výsledné programy ověřte experimentálně na pracovišti FESTO MPS202-Robotics

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] MAŇAS, Miroslav. Základy robotiky. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 1991. 99 s. ISBN 80-214-0279-2.

[2] SCHMID, Dietmar a kol. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Praha: Europa - Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.

[3] SKAŘUPA, Jiří. Průmyslové roboty a manipulátory (učební text). Ostrava: Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava. 2007

Vedoucí diplomové práce:

Ing. David Sámek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

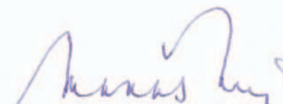
19. května 2010

Ve Zlíně dne 18. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Miroslav Mañas, CSc.

vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 19.05.2010



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je vypracovat rešerši na téma průmyslové roboty a manipulátory. Další část diplomové práce navazuje na diplomovou práci Ing. Lubomíra Šišky, který sestavil stanici s robotem MITSUBISHI MELFA RV-2AJ a také montážní stanici. Jako celek je pracoviště nazváno MPS® 202 - ROBOTICS. Cílem mé diplomové práce je porovnat softwary COSIMIR® INDUSTRIAL a COSIMIR® ROBOTICS, které byly spolu s robotem dodány. Dále se v této práci zaměřuji na offline programování tohoto robota s využitím optických senzorů. Velmi důležitou částí práce je kontrola kolizí, kterou je nutno provést před nahráním programu přímo na robota. Práce by také měla sloužit jako učební pomůcka ve cvičeních předmětu Základy robotiky.

Klíčová slova: Robot Melfa RV-2AJ, montážní stanice, offline programování

ABSTRACT

The aim of this Master thesis is to develop a survey on the topic of industrial robots and manipulators. The next part builds on the Master thesis of Ing. Lubomír Šiška, who has established a robot station with Mitsubishi MELFA RV-2AJ and assembly station. Workplace as a whole is called MPSR 202 - ROBOTICS. The aim of my Master thesis is to compare COSIMIR ROBOTICS and COSIMIR INDUSTRIAL software, which were supplied along with the robot. Furthermore, this work focuses on the offline programming of robot using optical sensors. Special attention is paid to the collision detection that has to be carried out before loading the program to the robot. This work should also serve as a teaching aid in the exercises of the course "Basics of robotics".

Keywords: Robot Melfa RV-2AJ, assembly station, offline programming,

Poděkování, motto

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za odborné vedení, příjemnou spolupráci, cenné rady a zájem při vypracování této práce. Také bych chtěl poděkovat za propůjčení software COSIMIR® ROBOTICS, díky kterému jsem se mohl lépe seznámit s problematikou offline programování.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY (PRAM).....	12
1.1 VÝVOJ ROBOTŮ	13
1.2 ROZDĚLENÍ PRAM.....	18
1.2.1 Dělení manipulačních systémů	18
1.2.2 Dělení podle softwarových vlastností.....	19
1.2.3 Dělení manipulačních zařízení	20
1.2.4 Dělení podle míry inteligence.....	21
1.2.5 Dle kinematické konstrukce	23
1.2.6 Dělení dle konstrukce, nosnosti a přesnosti polohování.....	26
1.3 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ.....	27
1.3.1 Elektrické pohony PRaM.....	27
1.3.1.1 Motory na stejnosměrný proud:	28
1.3.1.2 Motory na střídavý proud.....	29
1.4 PRACOVNÍ HLAVICE (EFEKTOR)	33
1.4.1 Úchopné hlavice	33
1.4.1.1 Mechanické úchopné hlavice	34
1.4.1.2 Magnetické úchopné hlavice.....	38
1.4.1.3 Pneumatické úchopné hlavice	40
1.4.2 Technologické, kontrolní a měřicí hlavice	42
1.4.3 Kombinované hlavice	43
1.4.4 Speciální hlavice.....	44
1.5 SENZORY PRAM	45
1.5.1 Rozdělení senzorů:	45
1.5.2 Analogové optické senzory	47
1.5.3 Binární optické senzory	48
1.5.4 Digitální (číslicové) optické senzory:.....	49
2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTICKÉ SYSTÉMY MITSUBISHI MELFA	50
2.1 SFÉRICKÉ ROBOTY	50
2.2 ROBOTY SCARA	52
2.3 ŘÍDICÍ JEDNOTKY	53
2.4 PROGRAMOVÁNÍ ROBOTŮ	54
2.5 ROBOT MELFA RV-2AJ.....	54

II PRAKTICKÁ ČÁST	58
3 POPIS CELÉHO PRACOVIŠTĚ (MPS® 202 - ROBOTICS)	59
3.1 STANICE S ROBOTEM MELFA RV-2AJ	60
3.1.1 Robot Melfa RV-2AJ.....	60
3.1.2 Úchopná hlavice	61
3.1.3 Kompletační stanice	62
3.1.4 Vstupní zásobník	62
3.2 MONTÁŽNÍ STANICE (ASSEMBLY STATION)	63
3.2.1 Zásobník s čepy	64
3.2.2 Výstupní zásobník	64
3.2.3 Zásobník na víčka	65
3.2.4 Zásobník na pružiny	65
3.2.5 Čelní panel.....	66
3.3 POPIS POUŽITÉHO PLC A SEZNAM VSTUPŮ A VÝSTUPŮ	67
4 POUŽITÝ SOFTWARE	69
4.1 COSIMIR® ROBOTICS	69
4.1.1 Popis práce s programem.....	71
4.1.2 Popis pracovního prostředí programu.....	74
4.1.2.1 Základní menu.....	75
4.1.2.2 Panel nástrojů	75
4.1.2.3 Okno pracovního prostředí robota (Workcell).....	77
4.1.2.4 Okno s programem (MELFA-BASIC IV)	79
4.1.2.5 Okno s pozicemi (Position List).....	82
4.1.2.6 Okna se vstupními a výstupními proměnnými.....	83
5 SIMULACE BĚHU PROGRAMU A KONTROLA KOLIZÍ	84
5.1 VYTVOŘENÍ PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ PRO KONTROLU KOLIZÍ	85
5.1.1 Vytvoření pracovního prostředí úplně od začátku:.....	85
5.1.2 Vytvoření pracovního prostředí z modelu MPS-RobotAssemblyStation: ..	86
5.1.2.1 Práce se soubory	86
5.1.2.2 COSIMIR® INDUSTRIAL	89
5.1.2.3 Popis Model Exploreru.....	92
5.1.2.4 Změna souřadnic nových pozic.....	94
5.1.2.5 Změna názvů vstupů a výstupů	95
5.2 OFFLINE PROGRAMOVÁNÍ	97
5.3 KONTROLA KOLIZÍ	101
5.3.1 Postup při simulování běhu programu.....	101
5.3.2 Simulace běhu programu s kontrolou kolizí.....	103
ZÁVĚR	107
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	111
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	112
SEZNAM OBRÁZKŮ	113
SEZNAM TABULEK	116
SEZNAM PŘÍLOH	117

ÚVOD

Vstup robotů na scénu průmyslu je přirovnáván co do převratnosti jejich významu k vynálezu parního stroje. Výkon strojů poháněných parou byl mnohonásobně větší než předchozí výkony dosahované námahou lidských paží a zvířecím pohonem. [1]

Podobně tomu bylo i s automatizací, respektive s roboty. Lze říci, že nejvyspělejší složkou automatizovaných systémů v dnešní masové výrobě jsou právě roboty. Tímto slovem, které použil jako první Karel Čapek ve své hře „R.U.R.“, se označují stacionární, nebo mobilní stroje, které vykonávají stanovené úkoly podle předem určeného plánu. Slovo bylo převzato z praslovanského slova "Robota", které označovalo nucenou, nebo také těžkou a nepřijemnou práci. [1]

V teoretické části této diplomové práce budou stručně popsány průmyslové roboty a manipulátory. V této části jsou popsány pohony průmyslových robotů a robotických systémů, rozdělení pracovních hlavic a jsou zde zmíněny také senzory.

Druhá část teoretické části se zabývá průmyslovými robotickými systémy Mitsubishi Melfa. Zde jsou popsány základní vyráběné typy robotů, řídicí jednotka a také způsob programování. Jako poslední jsou zde uvedeny informace o robotu Melfa-RV2AJ, který je hlavním prvkem stanice s robotem.

Praktická část této práce se skládá z více částí. První část praktické části se zabývá popisem pracoviště. Tato část je rozdělena na 3 kapitoly. První kapitola se zabývá stanicí s robotem, druhá kapitola montážní stanicí a v poslední kapitole je uveden přehled použitých vstupů a výstupů PLC. Druhou částí praktické části je popis software, který je možno pro obsluhu robota použít. Zde jsou stručně popsány výhody a nevýhody všech software a následně je popisována verze COSIMIR ROBOTICS, která je vhodná právě pro offline programování. Třetí část praktické části je věnována simulaci běhu programu a kontrole kolizí. Zde se nachází opět více kapitol. V první kapitole je uveden postup pro vytvoření pracovního prostředí pro kontrolu kolizí. V druhé kapitole je popsán postup při řešení kontroly kolizí a také způsob offline programování.

Jako jeden z výstupů této práce bude několik variant montážní stanice, jichž lze využít jako zadání laboratorních úloh pro studenty v předmětu Základy robotiky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY (PRaM)

V technické praxi existuje celá řada definic, které určují, který stroj se dá považovat za robota a který ne. Pro představu je zde uvedeno několik definic:

Spolek německých inženýrů VDI ve své směrnici 2860

"Universálně použitelný pohyblivý automat s větším počtem os, jehož pohyby jsou co do svého sledu a pohybových drah, respektive úhlů volně programovatelné (tj. bez mechanického zásahu) a případně řízené senzory." Roboty mohou být vybaveny chapadly (rameny), nástroji a jinými výrobními prostředky a mohou provádět manipulační, respektive výrobní úkoly.

Definice RIA- Robot Institute of America

"Robot je programovatelný víceúčelový manipulační přístroj pro přemísťování materiálu, obrobků, součástí, nástrojů nebo speciálních přístrojů."

Schmid, D. a kol. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Europa-Sobotáles, Praha. 2005

„Roboty jsou univerzálně použitelné manipulační pohyblivé autonomní systémy s rameny pohyblivými ve více osách.“

„Servisní roboty jsou většinou samostatně pojízdné automaty provádějící pracovní úkony nebo jen přemísťování a dopravu.“

„Pevně naprogramované manipulační automaty se používají pro opakující se stejný pracovní postup, např. pro podávání dílů do lisu nebo součástek na montážní lince.“

„Manipulátory jsou člověkem ručně ovládaná manipulační zařízení.“

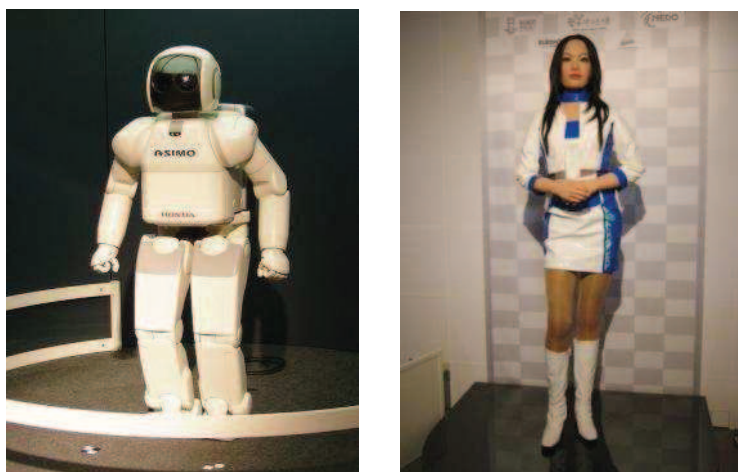
Shrnutí

„Robot je automatický anebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí.“

„Pevně naprogramované manipulační automaty (manipulátory) se používají pro opakující se stejný pracovní postup, např. pro podávání dílů do lisu nebo součástek na montážní lince.“

1.1 Vývoj robotů

První konstruktéři robotů byli ovlivněni čapkovskou vizí těchto mechanismů, a proto se snažili, aby se jejich výtvoři podobaly lidem (humanoidní). [1]



Obr. 1: Humanoidní roboty [5]

Brzy se však ukázalo, že není žádný zvláštní důvod robotům konstruovat více končetin, nebo například hlavu. Začali se proto více soustředit na rozšíření palety úkolů, jež měly roboty plnit a také na to, aby roboty pracovaly bez poruch. [1]

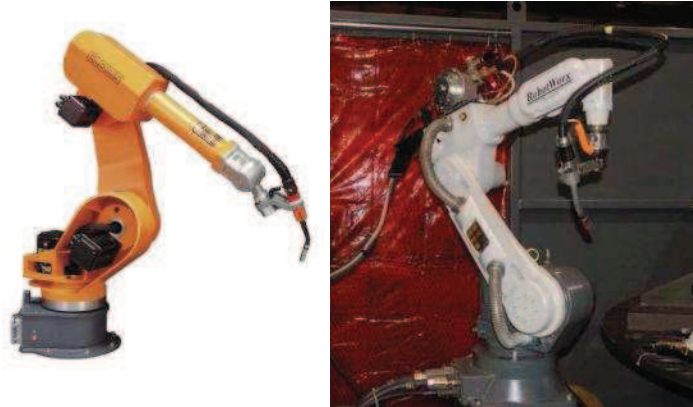
Za tvůrce prvního průmyslového robota hodného tohoto jména je považován Američan George Devol, který jej sestrojil a dal patentovat v roce 1954. Devol, spolu s Josephem F. Engelbergerem, pak o dva roky později založil první firmu na produkci robotů jménem "Unimation". V jejích halách byl vyroben vůbec první robot, nasazený ve výrobě automobilů, a to v roce 1961 u General Motors. Roboty se pak rychle šířily v Japonsku i v Evropě, a v 70. letech minulého století se pro automobilky staly typickým vybavením. [1]



Obr. 2: George Devol vlevo a jeho první robot [5]

Zatímco první roboty v automobilkách byly vybaveny hydraulickými pohonnými válci, zhruba v polovině 70. let se přešlo na elektrické, respektive mikroprocesory řízené pohony.

Jestliže první generace robotů byla určena k přemísťování, respektive k manipulaci s materiálem a součástmi, postupně se paleta jejich funkcí rozšiřovala na svařování, řezání, frézování, paletizaci, balení atd. Sem lze přiřadit i ty servisní roboty, které slouží v rámci průmyslové výroby. [1]



Obr. 3: Svařování robotem CLOOS vlevo, Řezání plasmou robotem Panasonic [5]



Obr. 4: Balení robotem ABB vlevo, Paletizační robot Fuji Ace EC-201 [5]

Zároveň s rozsahem činností, které, jak vývojoví technici a výrobci postupně zjišťovali, jsou roboty schopny zastat, se rozšiřoval i okruh jejich výrobců, a proces inovací samozřejmě pokračoval. Takže v roce 1973 vyrobil průkopník robotiky v Německu firma Keller und Knappich Augsburg AG (známější dnes už spíše pod zkratkou KUKA), prvního průmyslového robota se šesti elektromechanicky poháněnými osami - FAMULUS. [1]

Tato firma dnes patří mezi několik špičkových výrobců robotů ve světovém měřítku. Vyrobila mj. robota s největší nosností na světě - 1000 kg, který je přitom poměrně lehký. Robot KR 1000 Titan má 9 motorů, dosah do 4 metrů, pracuje ve 3 osách, je primárně určen pro přemísťování těžkých kusů v automobilkách a ve slévárnách. [1]



Obr. 5: Robot KR 1000 Titan s nosností 1000 kg [1]

Pouze o rok později než Famulus přišel na scénu elektricky poháněný robot IRb6, jenž byl sestaven ve švédské firmě ASEA (dnes je to ABB). Od té doby pak přišlo v oboru robotů tolik novinek, že je neskutečné je sledovat - snad jen je nutno říci, že nejvíce novinek se objevilo v segmentu robotů pro svařování a řezání. [1]

Zemí, která z časového hlediska nastoupila na cestu průmyslové robotizace jako druhá po Spojených státech, bylo Japonsko. Zatímco k rychlému vývoji robotů v USA vedla tamní ostrá konkurence mezi firmami působícími ve sféře automatizace, v Japonsku byl primárním důvodem již od 60. let pocíťovaný nedostatek pracovních sil v průmyslu. Dnes v něm pracuje celkem asi 400 tisíc průmyslových robotů, což je v přepočtu na hlavu, byť obyvatel anebo pracovníků v průmyslu, nejvíce na světě. [1]

Pokrok v robotizaci je totiž dosahován tam, kde se daří interdisciplinárně skloubit představy, zájmy a vědomosti odborníků tří oborů, a to elektrotechniky, strojařiny a mechaniky, to vše samozřejmě ve vazbě na IT. Pro konglomerát těchto tří, respektive čtyř pojmů se ujal název "mechatronika". [1]

Je samozřejmé, že robotika a mechatronika mají silné funkční vazby na poznatky o senzorech, programování a simulaci, kinematice a také o bezpečnosti provozu robotů, konkrétně, pokud jde o bezpečnost působení lidské obsluhy robotů. [1]

Umělá inteligence

Výzvou, na kterou se dnes ve vývoji robotů stále více výzkumníků zaměřuje, je možnost vybavovat roboty v "nedaleké" budoucnosti umělou inteligencí (zkratka AI - artificial

intelligence), díky níž by se zvýšil stupeň samostatnosti robotů, tak, aby byly více než dnes schopny samy rozhodovat i o pracovních postupech anebo jejich změnách v rámci určitého naprogramovaného procesu, tedy bez nutnosti zásahu lidské obsluhy. Ti, kdo se touto tematikou zabývají, musí kromě znalostí z výše uvedených oborů disponovat i poměrně obsáhlými poznatky z oboru neuroinformatiky a biokybernetiky, tedy z hraniční oblasti biologie a medicíny. [1]

Modularita

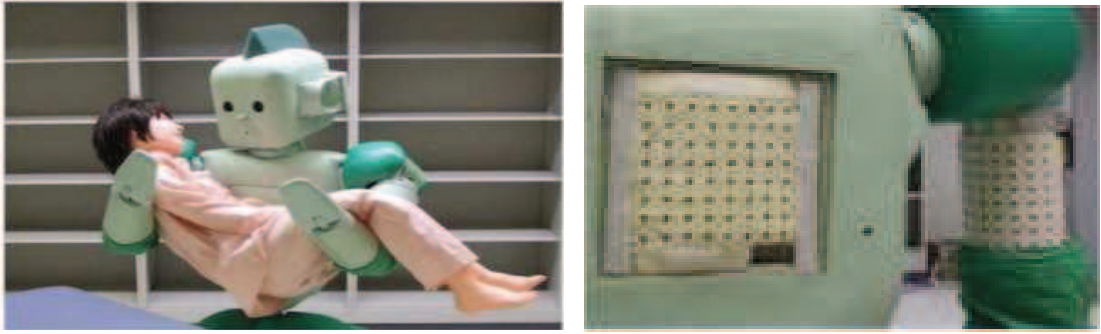
Jiný výhled do budoucnosti robotů vychází z faktu, že řada robotů se dnes, podobně jako mnoho výkonných strojů, vyrábí modularizovaně, tedy skládáním modulů (v jednotných velikostech a tvarech) do určitých schémat a konfigurací. Na tom stojí koncepce tzv. "allround-robota", čili de facto jakéhosi universálního robota, kterého lze podle potřeby přestavět tak, aby plnil postupně různé funkce. Přitom by samozřejmě kvalita a přesnost práce byly sledovány a korigovány optickým systémem, tedy kamerami. [1]

Jako lidské oči a ruce

Na zdokonalování vizuálních a haptických (hmatových) funkcí robotů, respektive jejich výkonných ramen staví Fanuc ROBOTICS, který se snaží ve svém vývoji o to, aby se senzory a pracovní konce ramen robotů co nejvíce svou jemností a citlivostí přiblížily parametrům lidských očí a rukou. Dále ke zlepšení fungování robotů mají přispět 3D simulace a software Roboguide. [1]



Obr. 6: Robotická ruka se senzory tlaku (<http://images.google.cz/>)



Obr. 7: Robot RI-MAN - Péče o postižené pacienty (<http://images.google.cz/>)

Velkou rezervou, přinejmenším z časového hlediska, je fáze, kdy je součást či polotovár přemísťován z jednoho robota do druhého. Tak např. dva kusy jsou robotem svařeny, poté jiným robotem přemístěny k dalšímu, tedy už třetímu robotu, kde jsou sbrušovány či jinak povrchově upravovány, pak jsou dalším robotem leštěny atd. Zatím nebyl nikde na světě vytvořen systém, kde by na sebe tyto anebo podobně po sobě jdoucí činnosti byly prováděny plynule, a to bez nutnosti zásahu člověka. Zde CAD nepomáhá, zatím je stále zapotřebí člověka, který je přímo u linky, aby vše sledoval a zařídil. [1]

Pokud jde o roboty určené k přepravě materiálu či výrobků, vývoj směřuje nikoliv k mobilním jednotkám řízeným z jednoho centra, nýbrž k autonomním přepravním robotům-jednotkám, které samozřejmě budou komunikačně spojeny s řídicím centrem, ale nebudou je zatěžovat nutností je řídit. [1]



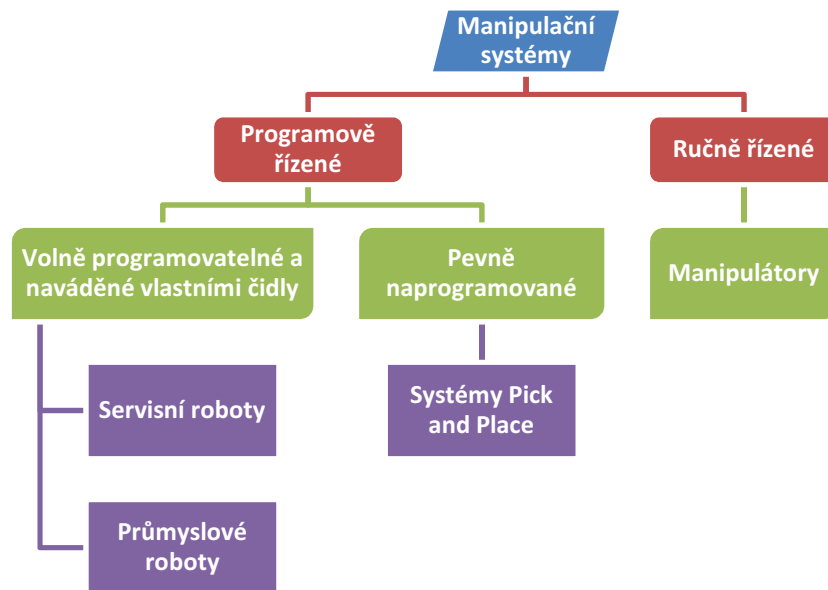
Obr. 8: Současná práce více robotů na jednom výrobku [1]

1.2 Rozdělení PRaM

V různých publikacích najdeme různorodé dělení robotů a manipulátorů. Jedním z kritérií mohou být jejich schopnosti (tj. například kvalita řídicího systému, nosnost, dosah, přesnost, kinematika, možnosti použití). [2]

V této části bude použito rozdělení dle Schmid, D. a kol. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Europa-Sobotáles, Praha 2005.

1.2.1 Dělení manipulačních systémů



Obr. 9: Dělení manipulačních systémů

Průmyslové roboty

„Roboty jsou univerzálně použitelné manipulační pohyblivé autonomní systémy s rameny pohyblivými ve více osách.“ Pohyby robotů jsou z hlediska sledu pohybů a tvaru dráhy pohybů volně programovatelné. Mechanické vymezení rozsahu pohybů např. pomocí koncových spínačů není potřeba. Robot se totiž může orientovat při pohybu mezi překážkami pomocí vlastních snímačů. [9]

Servisní roboty

Servisní roboty jsou většinou samostatně pojížděné automaty provádějící pracovní úkony nebo jen přemísťování a dopravu. Příkladem jsou bezobslužné transportní vozíky pro rozvoz a výdej jídla v nemocnicích nebo roboty šplhající po hladkých pláštích budov. [9]

Pevně naprogramované manipulační automaty

Pevně naprogramované manipulační automaty (zkráceně manipulátory) se používají pro opakující se stejný pracovní postup, např. pro podávání dílů do lisu nebo součástek na montážní lince.

Manipulační zařízení s jednoduchými pohyby jsou většinou uváděna do pohybu posuvnými nebo otočnými pneumatickými válci. Tato zařízení jsou označována jako systémy typu Pick-and-Place, protože jsou používána pro opakující se přemísťování shodných předmětů mezi stejnými místy. [9]

Manipulátory

Manipulátory jsou člověkem ručně ovládaná manipulační zařízení. Např. manipulační zařízení pro přemísťování těžkých kusů materiálu do kovacího lisu nebo těžkých násad a nástrojů pro bourací práce. Pohyb dálkově ovládaných manipulátorů, tzv. teleoperátorů je ovládaný ručně a kontrolovaný na televizní obrazovce pomocí kamery. Teleoperátory jsou využívány mimo jiné při manipulaci v nebezpečných prostorech (např. s radioaktivními látkami) a při kosmickém výzkumu. Pomocí mikromanipulátorů je možné provádět velmi jemné práce, např. při výrobě mikroprocesorů, nebo v medicíně. Pohyby jsou kontrolovány pomocí mikroskopu. [9]

1.2.2 Dělení podle softwarových vlastností

Programovatelné roboty vybavené CP (continual path) řízením

Řízení umožňuje manipulátoru kopírovat libovolnou křivku. U vyspělejších robotů se to děje automaticky tak, že robot volí dráhu pomocí aktuálních dat ze svých senzorů. Tuto dráhu stanoví interpolátory, pomocí kterých jsou udávány funkční závislosti mezi pohyby ve směru jednotlivých os. [9]

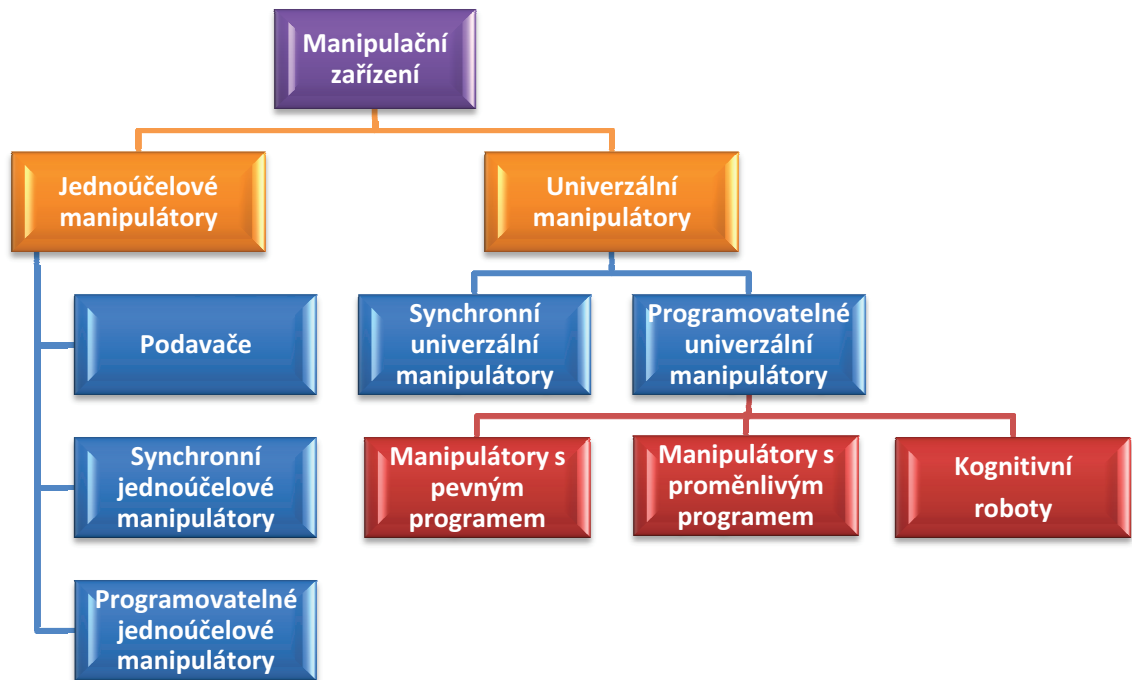
Programovatelné roboty vybavené PTP (point-to-point)

Řízení zabezpečuje přesun robota z počátečního bodu do koncového. To znamená, že po obecné křivce prochází přes velký počet ne velmi vzdálených bodů, mezi kterými se pohybuje po přímce. [9]

Programovatelné roboty vybavené MP (multipoint)

Vznikají doplněním PTP řízení o možnost interpolace (přímky, kružnice, atd.). [9]

1.2.3 Dělení manipulačních zařízení



Obr. 10: Dělení manipulačních zařízení [10].

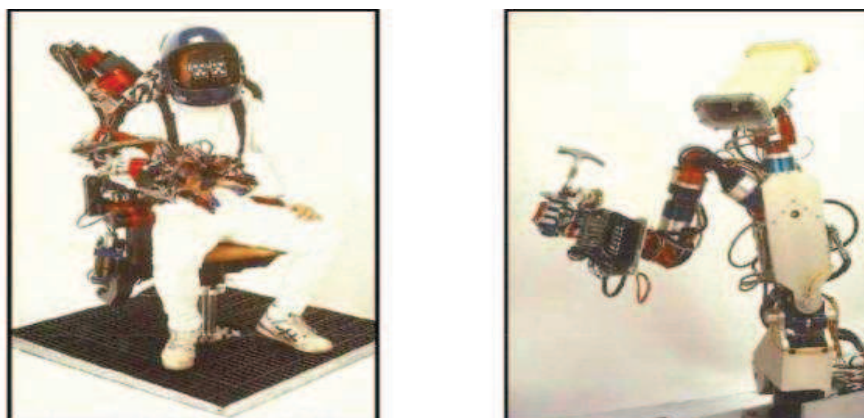
Jednoučelové manipulátory

Jsou to podávací mechanismy, manipulační zařízení, ovládané přímo člověkem (synchronní manipulátory), ale i manipulátory řízené programem. Jednoučelovost se chápe z několika hledisek: Prvním je omezený počet stupňů volnosti, přizpůsobený dané aplikaci nutných pohybů. Druhým je omezený rozsah pohybů, též většinou přizpůsobený dané aplikaci. Další je omezené možnosti řídicího systému a poslední je prostorové uspořádání. Pohyby vykonávané jednoučelovými manipulátory jsou jednoduché, např. výměna nástrojů nebo polotovarů, přemístování polotovarů (vytahování, vkládání). [10]

Synchronní manipulátory (teleoperátory)

Jsou jedno, ale i víceúčelové, jsou manipulační zařízení ovládané člověkem. Zesilují síly, resp. moment a pohybové možnosti operátora. Rozdíly mezi jedno- a víceúčelovými manipulátory je jen v konstrukčním provedení. Nevýhodou jednoučelových manipulátorů je nemožnost použití pro jiný druh manipulace, než pro jaký byly zhotovené. Univerzální synchronní manipulátory kopírují pohyby člověka a tvoří tak vlastně uzavřenou regulační smyčku. Nazývají se též MASTER-SLAVE zařízení. [10]

Jsou nezávislé na obsluhovaném výrobním stroji. Tato zařízení jsou však poměrně drahá a proto se více uplatňují jednoúčelové manipulátory.



Obr. 11: Vlevo master, vpravo slave část teleoperátoru [10]

Univerzální manipulátory

Mají proti jednoúčelovým manipulátorům větší rozsah manipulačních možností, které je možné využít podle způsobu nasazení. Použitelnost univerzálních manipulátorů není omezená typem výrobních strojů, ani součástí. Rozhodující v jejich případě jsou především kinematické parametry (počet stupňů volnosti, rozsahy pohybů, přesnost polohování v závislosti na maximálním zatížení, rychlost polohování, atd.). Jejich univerzálnost zaručují vyměnitelné jednoúčelové chapadla, kterými manipulují s předměty. Dají se použít na více pracovištích nebo i k současné obsluze více strojů. Mají vlastní programové řízení, které komunikuje s řídicím programem výrobní linky. Pohonem a konstrukčně jsou nezávislé na obsluhovaném výrobním stroji. Mezi univerzální manipulátory patří univerzální synchronní manipulátory (teleoperátory) a programovatelné manipulátory, řízené programem (analogovým nebo číslicovým) [10]

1.2.4 Dělení podle míry inteligence

Manipulátory s pevným programem (1. generace).

Program se nemění v průběhu činnosti (tj. cyklus za cyklem se opakují tytéž úkony a pohyby). Systém programového řízení je v jednoduchém provedení.

Jsou to programovatelné manipulátory. První generace se omezuje hlavně na tzv. pohybové aplikace, dají se popsat i jako „zvednout a přemístit“ (Pick-and-Place). Generace 1,5 využívá pro svou činnost už i senzory a vykonává funkci „udělej a ověř“ (Make-and-Test). [6]

Manipulátory volně programovatelné (2. generace).

Mají možnost změny programu během své činnosti v kterémkoliv cyklu (větvení programu). [6]

Jsou to průmyslové roboty. Mohou disponovat i adaptivním řízením. K tomu potřebují „vnímat. Na rozdíl od manipulátorů 1,5 generace jsou vybaveny mnohem větším počtem senzorů jak vnějších (optických, hmatových, atd.), tak i uvnitř manipulátoru (snímače tlaku, polohy, zrychlení, atd.). Jsou též vybavené mnohem složitějším řídicím programem.

Zvládají koordinaci označovanou „oko-ruka" (eye-hand). [6]

2,5 generace představuje manipulátory zabezpečující komplexní „perceptuálně-motorické", tj. vnímatelně-pohybové funkce. [6]

Inteligentní (kognitivní) roboty (3. generace).

Principiálně se liší od robotů 2. generace složitostí a objemem řídicího systému, zahrnujícího prvky umělé inteligence. Inteligentní roboty nejsou určeny jen k imitaci fyzické činnosti člověka ale i pro automatizaci intelektuální činnosti. Jednou z charakteristických vlastností inteligentních robotů je schopnost učit se a adaptace (autonomnost) v procesu řešení úloh. Toto autonomní chování je důležité např. v kosmickém výzkumu, kde řídicí systém robota musí rozhodovat samostatně (zpětná vazba má nepříjemně dlouhé dopravní zpoždění). [6]

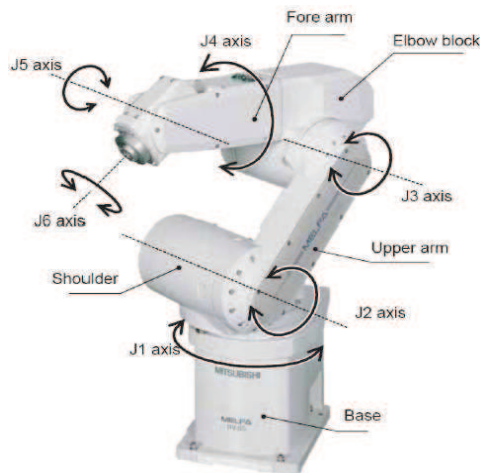
Třetí generace robotů má mít i základní inteligenci pro diskrétní manipulaci se součástkami, hlavně při montáži [6]



Obr. 12: Robot třetí generace - Opportunity(výzkumu Marsu) [8]

1.2.5 Dle kinematické konstrukce

Kinematika studuje geometrii pohybu robotu a trajektorie, po kterých se pohybují jednotlivé body. Klíčový pojem je poloha. **Dynamika** analyzuje vliv sil a momentů na robota za pohybu. **Statika** studuje vliv sil působících na robota v klidu a jejich vliv na jeho deformace. Klíčový pojem je pružnost. [9]



Obr. 13: Části robotu [9]

Rameno (link) je pevná část robotu.

Kloub (joint) je část robotu, která umožňuje řízený nebo volný pohyb dvou ramen, které spojuje.

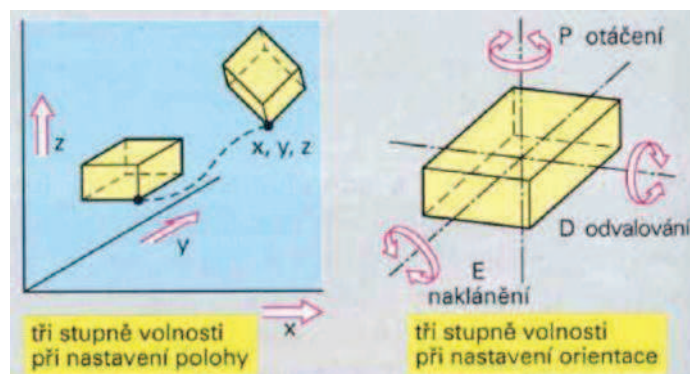
Chapadlo je část manipulátoru, sloužící k uchopování nebo namontování dalších nástrojů.

Základna (rám, base) je část manipulátoru, která je pevně spojena se zemí.

Kinematická dvojice (kinematic pair) je dvojice ramen spojených kloubem.

Druh, vzájemné uspořádání a počet jednotek generujících pohyby určují konstrukci, pracovní rozsah, použitelnost a požadavky na řízení robotu. Pohybové vlastnosti jsou dány počtem **rotačních os (R-osy)** a počtem **translačních os (T-osy)**. [9]

K dosažení jakéhokoli bodu v dosahu robotu jsou potřeba alespoň tři osy. Tyto osy se nazývají **hlavní osy** a jsou součástí **ramena** robotu. K nastavení (natočení) úchopu nebo nástroje do libovolné polohy nebo směru (orientace) jsou potřeba další tři osy nazývané **manipulační osy** (tyto osy jsou vždy rotační). K nastavení uchopeného předmětu či nástroje do libovolné polohy v libovolném místě pracovního prostoru robotu je tedy potřeba šest os (Šest stupňů volnosti pohybu tělesa v prostoru. [9]



Obr. 14: Pohyb s šesti stupni volnosti [9]

Dělení dle kinematické struktury

Kinematický řetězec je množina ramen spojených klouby. Kinematický řetězec může být reprezentován grafem. Uzly grafu představují ramena a hrany představují klouby. Mechanismus je kinematický řetězec, jehož jedno rameno je připevněno k zemi. [8]

- **Sériová kinematická struktura**

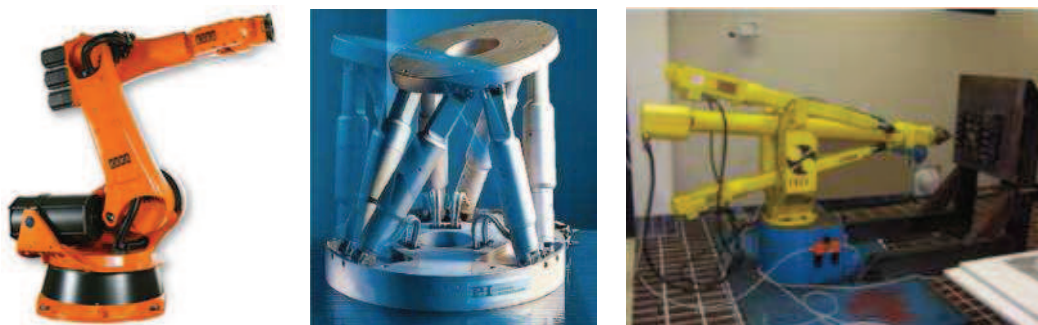
Používá kinematické dvojice, vždy o jednom stupni volnosti (translační nebo rotační), které se posouvají či otáčejí nezávisle na sobě a výsledný pohyb je složen z řady pohybů v jednotlivých těchto dvojicích. V tomto konstrukčním provedení je vyrobeno 90% současných robotů a manipulátorů. Nevýhodami této struktury jsou nízká tuhost (statické i dynamické kmitání), přesnost polohování v řádu desetin milimetrů, pohyblivost, manévrovatelnost v provozu s překážkami, polohová tuhost a přesnost. Na koncovém členu se projeví sumace chyb superponovaných na jednotlivých kinematických dvojicích. [8]

- **Paralelní kinematická struktura**

Tato struktura má paralelně řazené jednotlivé členy, konstrukčně je možné provést tři (tripod) nebo až šesti (hexapod) vzpěrnou strukturu, přičemž jednotlivé vzpěry mohou být (čehož se velmi často využívá), shodného výrobního provedení. Důsledkem je, že takto vytvořeného zařízení (robot či manipulátor) má vyšší tuhost, přesnost polohování ($\pm 0,01$ mm) a užitečnou hmotnost. Problémy u paralelních kinematik jsou: vysoký nárok na řídicí systém, ale díky rychlému vývoji počítačové techniky a numerického řízení se vše změnilo, možnost vzniku kolizí vzpěr a singulárních poloh. [8]

- **Smíšená (hybridní) struktura**

Jedná se o kombinaci paralelní a sériové struktury, kombinuje výhodné vlastnosti obou předchozích struktur.



Obr. 15: Sériová struktura vlevo, uprostřed paralelní a smíšená vpravo

Okolní prostor - prostor, ve kterém robot nebo mechanismus pracuje, obvykle E2 (rovina, planární manipulátor) nebo E3 (prostor). Je to Euklidovský prostor (nebo jeho aproximace). [9]

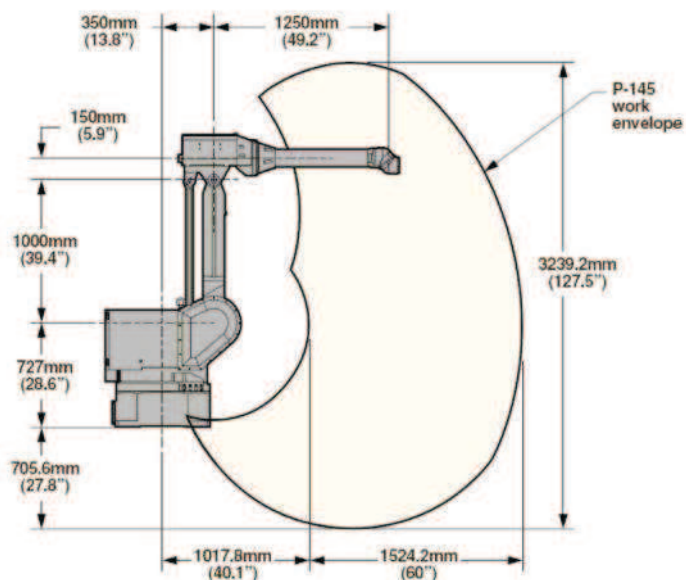


Obr. 16: Ohraničený operační prostor robotu

Operační prostor je podprostor okolního prostoru, do kterého může při pohybu robot zasáhnout některou ze svých částí. [9]

Důležitý je mimo jiné z hlediska bezpečnosti práce - bezpečnostní hrazení.

Pracovní obálka (pracovní prostor 3-D) je podprostor okolního prostoru, kde kam robot může sáhnout referenčním bodem chapadla. [9]



Obr. 17: Pracovní obálka robotu

Roboty se sériovou kinematickou strukturou je možné rozdělit podle typu kinematiky, tj. podle skladby hlavních os. [9]

1.2.6 Dělení dle konstrukce, nosnosti a přesnosti polohování

Dle konstrukce

- Stacionární, se dvěma a více stupni volnosti
- Mobilní, vybavené pojezdem



Obr. 18: Vlevo stacionární, vpravo mobilní řešení robotu

Dle nosnosti

Tabulka 1: Rozdělení PRaM dle nosnosti

Název	Označení	Nosnost		
		min.	střed.	max.
PRaM				
Velmi těžké	G	300	1000	3000
Těžké	T	30	100	300
Střední	S	3	10	30
Lehké	L	0,3	1	3
Velmi lehké	M	0,03	0	0,3

Dle přesnosti

Tabulka 2: Rozdělení PRaM dle přesnosti

Třída PRaM	Název PRaM	Rozsah (mm)
I.	Velmi přesné	$\pm 0,01$
II.	Se zvýšenou přesností	$\pm 0,1$
III.	S normální přesností	± 1
IV.	S nízkou přesností	Více než ± 1

1.3 Pohony průmyslových robotů a robotických systémů

Pohony průmyslových robotů a robotických systémů se dělí na:



Obr. 19: Rozdělení průmyslových robotů a robotických systémů

Pro tuto práci jsou zajímavé pouze elektrické pohony. Proto budou okrajově zmíněny právě tyto pohony.

1.3.1 Elektrické pohony PRaM

Postupným rozšířením moderních stejnosměrných a v poslední době i střídavých motorů v kombinaci s harmonickými a cykloidními převodovkami se dostal elektrický pohon na přední místo v konstrukcích, zejména u robotů střední nosnosti. Zatím převažují pohony do maximálního výkonu asi 6 kW. [6]

Výhody

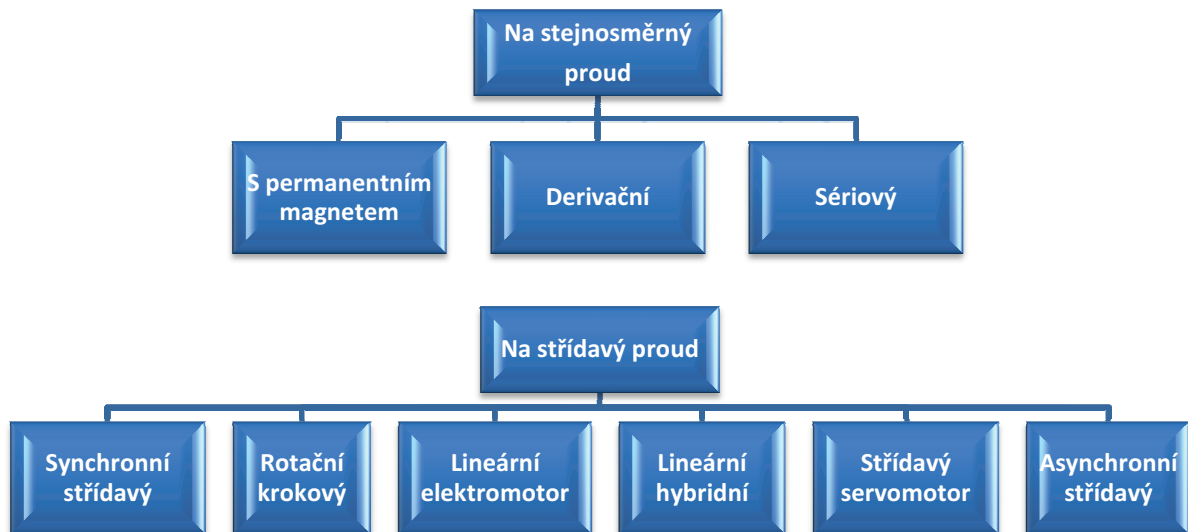
Za výhody elektrického pohonu se považuje činnost se snadno dostupným zdrojem energie, jednoduchost vedení zdroje k motoru, jednoduchost spojení s řídicími prvky, poměrně jednoduchá údržba, čistota provozu. [6]

V porovnání s pneumatickým a hydraulickým pohonem vystupuje do popředí především nižší hlučnost, menší nároky na chlazení, na celkový instalovaný prostor a nižší pořizovací, provozní i udržovací náklady. [6]

Nevýhody

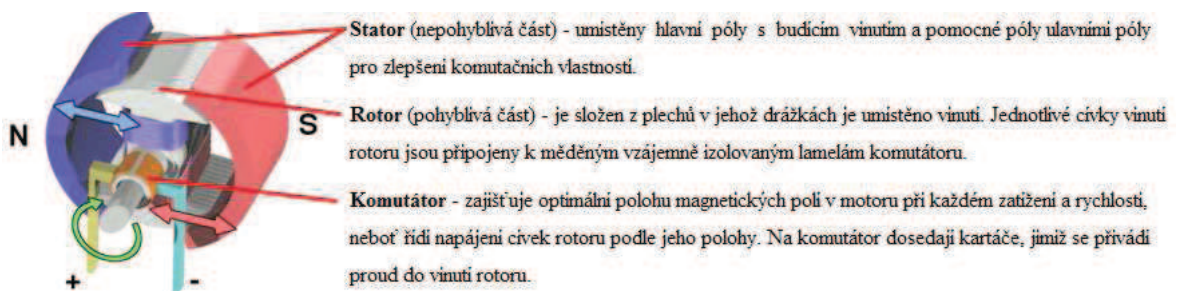
Za nevýhody se považuje závislost na dodávce elektrické energie, která není u průmyslových zařízení významná, značné požadavky na kvalitu provedení všech částí mnohdy složitých systémů a nebezpečí úrazu elektrickým proudem, které je většinou zaviněno nedodržením bezpečnostních předpisů. Dále pak nejsou elektromotory použitelné v prostředích s nebezpečím výbuchu. [6]

Dělení elektrických pohonů:



Obr. 20: Rozdělení elektrických pohonů

1.3.1.1 Motory na stejnosměrný proud:



Obr. 21: Model stejnosměrného motoru s popisem [5]

Výhody:

Velkou výhodou stejnosměrných motorů je jednoduchost a univerzálnost využití. Sériové a derivační motory mohou fungovat na stejnosměrný, ale i střídavý proud při nízkých frekvencích. Další výhodou proti motorům na střídavý je možnost dosáhnout libovolných mechanicky dosažitelných otáček. [5]

Nevýhody:

Největší nevýhodou stejnosměrných motorů je komutátor. Tento mechanický přepínač je náročný na údržbu, seřízení a je místem největších poruch. Jiskření na kartáčcích (tvořených obvykle bloky čistého uhlíku) je zdrojem elektromagnetického rušení. [5]

- **Motor s permanentním magnetem**

Nejjednodušší motor na stejnosměrný proud má stator tvořený permanentním magnetem a rotující kotvu ve formě elektromagnetu s dvěma póly. K mění směr elektrického proudu a polaritu magnetického pole procházejícího kotvou dvakrát během každé otáčky. Tím se zajistí stejný směr síly působící na póly rotoru. V okamžiku přepnutí polarity udržuje běh tohoto motoru ve správném směru setrvačnost. Využívají se například v modelářství. Jen kotva je obvykle minimálně třípólová, aby nevznikal problém s mrtvým úhlem motoru. Výhodou je možnost snadno měnit směr otáčení polaritou vstupního napětí. [5]

- **Sériový elektromotor**

Místo permanentního magnetu se pro statory běžných větších motorů využívá elektromagnetu. Pokud je vinutí statoru (budící vinutí) spojeno s vinutím rotoru do série, mluvíme o sériovém elektromotoru. Tento typ elektromotoru má točivý moment nepřímo úměrný otáčkám, což znamená, že stojící elektromotor má obrovský točivý moment. Využívá se proto především u dopravních strojů a v elektrické trakci jako jsou vlaky, metro a tramvaje. [5]

- **Derivační Elektromotor**

Derivační elektromotor má elektromagnet statoru napájený paralelně s motorem. Otáčky tohoto motoru jsou méně závislé na zátěži motoru. Navíc lze proud statoru samostatně regulovat. Proto se tento typ motoru využívá především u strojů, kde jsou požadovány relativně neměnné otáčky. [5]

1.3.1.2 Motory na střídavý proud

- **Synchronní motor**

Je to obrácený generátor střídavého proudu. Rotor je tvořen magnetem nebo elektromagnetem. Stator, na něhož je přiveden střídavý proud, vytváří pulzní nebo častěji rotující magnetické pole. Rotor se snaží udržet polohu souhlasící s tímto polem. [5]

Synchronní motor je třeba je roztočit na pracovní otáčky jiným strojem nebo pomocným asynchronním rozběhovým vinutím. Pokud pod zátěží ztratí synchronizaci s rotujícím polem, skokově klesne jejich výkon a zastaví se. Proto jsou využívány jen ve speciálních případech. Ze synchronního motoru se vyvinul krokový motor a střídavý servomotor, které jsou použity pro pohony menších výkonů. [7]

- **Rotační krokový motor**

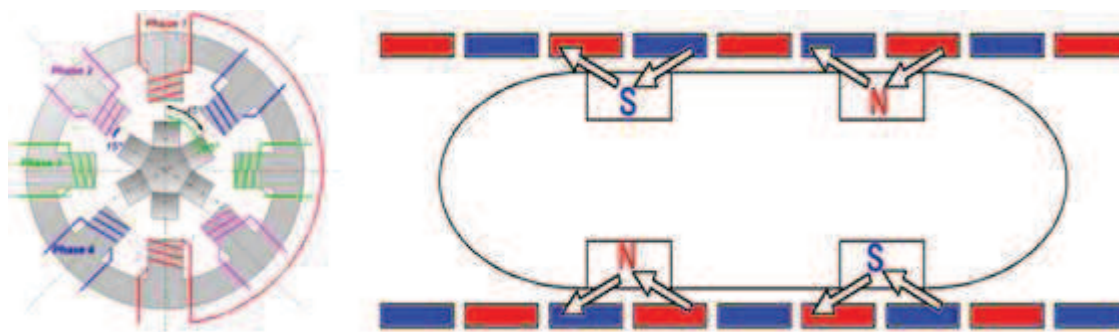
Je to speciální druh mnoha-pólového synchronního motoru. Využívá se především tam, kde je třeba přesně řídit nejen otáčky, ale i konkrétní polohu rotoru. Nachází uplatnění v přesné mechanice, regulační technice, robotice a podobných oborech. Krokový motor je rozdělován na unipolární nebo bipolární. [7]

Předností krokových motorů je jednoduché řízení rychlosti pohybu prostřednictvím frekvence budících impulsů a relativně přesné polohování. Podstatnou nevýhodou je poměrně malý krouticí moment, který klesá s rostoucí frekvencí řídicích impulsů. Z těchto důvodů lze elektrické krokové motory použít k přímému pohonu pohybových jednotek menších výkonů. V případě konstrukcí manipulátorů a robotů jde o výkony odpovídající nosnosti do 1 kg. Pro větší výkon se elektrický krokový motor používá v kombinaci s hydraulickým zesilovačem. [7]

- **Lineární elektromotor**

Lineární elektromotor je mnoha-pólový motor, jehož stator je rozvinut do přímky. Využívá se například v dopravě pro pohon vlaků na magnetickém polštáři. Patří mezi nejmodernější typy převodníků energie. Umožňují přímou transformaci elektrické energie na mechanickou energii translačních pohybů postupných nebo kmitavých. Lineární elektromotory jsou vzhledem k parametrům a k možnosti řízení předurčeny především pro pohon hlavních pohybových jednotek manipulátorů a robotů. [5]

Při stejných požadavcích na parametry výstupu bude u lineární verze jemnější krokování a nižší pracovní frekvence. Mechanický přenosový systém je při použití lineárního motoru jednodušší, neboť odpadají převody, což se příznivě projevuje na dynamických vlastnostech. Jistou překážkou jejich uplatnění u stávajících konstrukcí je poměrně značná robustnost, problém s chlazením a menší konečná polohová tuhost, kterou u rotačních krokových pohonů zajišťuje samosvornost převodu. [7]



Obr. 22: Princip krokového motoru vlevo a lineárního elektromotoru vpravo [5]

- **Lineární hybridní motor**

Lineární hybridní motor odpovídá z hlediska činnosti spojení lineárního indukčního motoru se spojitým přímočarým pohybem na výstupu a lineárního krokového motoru. Nejde ovšem o konstrukční spojení dvou lineárních motorů, ale o jedinou jednotku, schopnou pracovat ve dvou režimech. [7]

- **Střídavý servomotor**

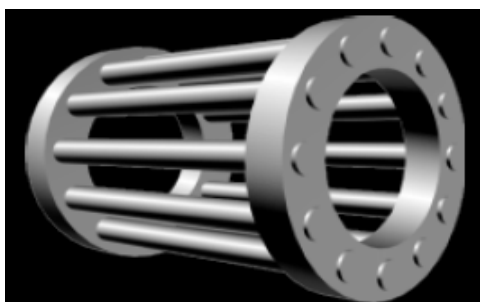
Střídavé servomotory jsou bez-kartáčové synchronní motory s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. Optimalizovaná konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů dovozuje až 5krát zvětšit momentové přetížení. Tyto motory jsou proto vhodné pro dynamicky náročné úlohy s nízkou spotřebou jako provoz silničních elektromobilů. Doplněním vhodnou planetovou převodovkou je možno optimalizovat potřebný moment k otáčkám pohonu. [5]



Obr. 23: Lineární hybridní motor vpravo a střídavý servomotor vlevo [5]

- **Asynchronní střídavý motor**

Asynchronní motor má proti synchronnímu jinou konstrukci rotoru. Rotor se obvykle skládá ze sady vodivých tyčí, uspořádaných do tvaru válcové klece. Tyče jsou na koncích vodivě spojeny a rotor se pak nazývá „kotva nakrátko“. Druhé řešení je „kotva kroužková“, kde v drážkách rotoru je trojfázové vinutí z mědi spojené do hvězdy. [7]



Obr. 24: Kotva na krátko [5]

U stojícího motoru rotující magnetické pole statoru indukuje v tyčích rotoru elektrické proudy, které vytváří své vlastní elektromagnetické pole. Obě magnetická pole pak spolu navzájem reagují a vzniká tak elektromotorická síla. Otáčky rotoru vrůstají. Tím, jak se přibližují otáčky rotoru otáčkám magnetického pole, klesají indukované proudy a intenzita jimi vytvářeného pole, klesají tím i otáčky rotoru a tím i točivý moment motoru. Pokud je motor alespoň minimálně zatížen, nikdy nedosáhne otáček daných frekvencí napájecího proudu (proto se nazývá asynchronní motor). [5]

Tento druh motoru je v praxi nejběžnější, využívá v mnoha oblastech průmyslu, dopravy i v domácnostech. S rozvojem levných a výkonných elektronických řídicích systémů nahrazuje postupně tento druh motoru sériový elektromotor, užívaný zejména v pohonech určených pro elektrickou trakci (kolejová vozidla a trolejbusy). [5]

Podle počtu fází se tyto motory dělí na jednofázové (pro pohony zařízení malých výkonů jako jsou ventilátory, pračky, ledničky, atd.). Dále na dvoufázové (používají se v servomechanismech, kde se vystačí s výkonem do 100W) a posledním typem jsou trojfázové, které se používají pro nejvýkonnější zařízení s výkon až několik set Wattů. [7]

- **Další typy elektrických pohonů:**

Otočné elektromagnety

Používají se pro **natáčení o určitý úhel**, k realizaci přímočarých vratných pohybů, popřípadě ve spojení s rohatkovým mechanismem i kratších přímočarých pohybů. Výhodná je možnost řízení krouticího momentu změnou proudu. Otočné elektromagnety přicházejí v úvahu pro pohon ústrojí přídatných pohybů pracovních hlavic a k ovládání úchopných čelistí. Výkon většiny vyráběných typů leží v rozmezí 3-300W, úhel natáčení 25°-95° a krouticí moment až do 5 Nm. [7]

Přímočaré elektromagnety

Používají se v konstrukcích ovládacích mechanismů úchopných hlavic, popřípadě v pohonech pohybových jednotek s menšími rozsahy pohybu, jde tedy především o realizaci přídatných pohybů pracovních hlavic, ovládání přestavitelných dorazů apod. Rozsáhlé využití nacházejí jako ovládací prvky rozvaděčů, ventilů, spojek a brzd. [6]

Stejnoseměrné magnety jsou vhodné pro větší stálé síly a menší zdvihy, zatímco střídavé elektromagnety se používají pro větší zdvihy. U běžných provedení elektromagnetů lze uvažovat rozsah zdvihů 10 až 50 mm a rozsah silových účinků 10 až 250 N. [7]

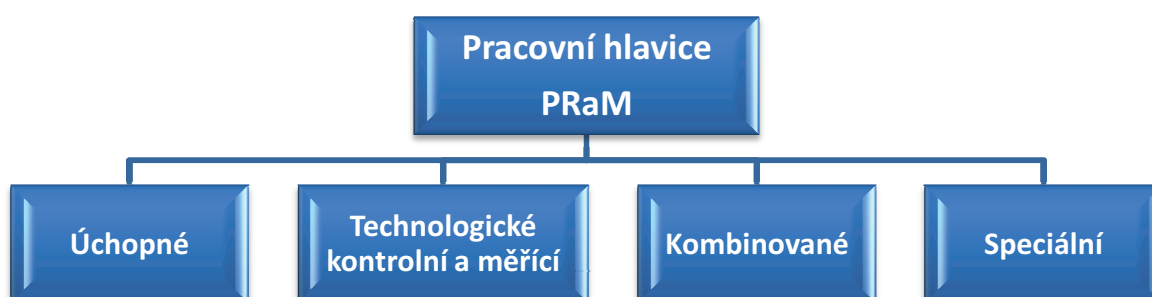
1.4 Pracovní hlavice (efektor)

Je funkční část robotu, která podle charakteru požadované činnosti určuje využití pohybového systému manipulátoru nebo robotu. Pracovní hlavice zajišťují manipulaci s předměty v pracovním prostoru, mezioperační manipulaci, technologické operace a kontrolní operace. Pracovní hlavice se dále dělí dle následujícího obrázku. [6]

Definice

Výstupní (pracovní) hlavice je část manipulátoru nebo robotu, která uzavírá polohovací a orientační kinematický řetězec - představuje jeho výstupní část (orgán). Hlavice je tedy ústrojí manipulátoru nebo robotu, které přímo přichází do styku s objekty manipulace nebo technologického procesu. Činnost manipulátoru nebo robotu spočívá v nastavování diskretních poloh výstupní hlavice nebo ve spojitém pohybu pracovní hlavice po obecně definované prostorové trajektorii, přičemž se zpravidla řídí i orientace pracovní hlavice. [6]

Dnešní trend konstrukce hlavic klade vysoké nároky z hlediska úspěšného opakovaného uchopení objektu. Další snahou je minimalizovat hmotnost a rozměry hlavice, přitom nesmí být narušena její správná funkčnost. Ke snižování hmotnosti přispívá například využití kompozitních materiálů. [6]

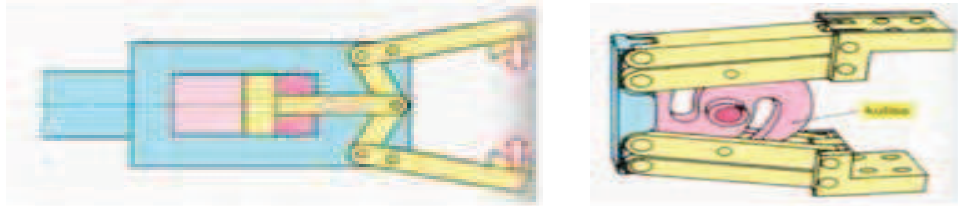


Obr. 25: Rozdělení pracovních hlavic

1.4.1 Úchopné hlavice

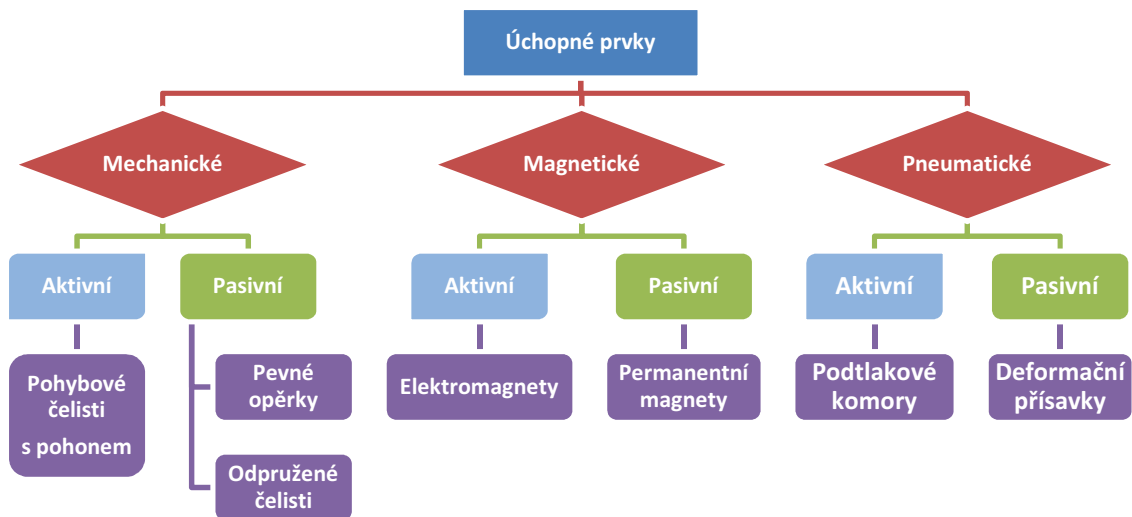
Roboty určené k manipulaci s předměty jsou vybaveny úchopy (podle ČSN EN ISO 14539 uchopovacími moduly svíracího typu).

Úchopy jsou většinou pneumaticky ovládané svírací klešťové čelisti, které mohou vyvinout pomocí pákových převodů velkou svěrací sílu. Klešťový úchop s kulisovým ovládním se může velmi široce rozevřít. [6]



Obr. 26: Pístové čelisti vlevo, kulisová úchopná hlava vpravo [9]

Základní funkcí úchopných hlavic je poskytnout sevření objektu a bezpečně vykonat manipulaci. Úchopná hlavice má několik variant a závisí na mnoha požadavcích, které mohou vzájemně působit na provedení požadovaných úloh. Úchopné hlavice mohou mít také navrženy různé akční členy. Dle působení na objekt se podle vyvození úchopné síly úchopné prvky dělají na aktivní a pasivní. Další dělení je dle způsobu vyvození úchopné síly. [6]



Obr. 27: Dělení úchopných prvků

Další možnost dělení úchopných hlavic je dle povahy styku hlavice s objektem. Dle tohoto dělení se jedná o hlavice s jednostranným, nebo hlavice s oboustranným stykem. Do hlavic s jednostranným stykem se řadí Mechanické, pneumatické a magnetické hlavice. S oboustranným stykem se používají převážně mechanické. [6]

1.4.1.1 Mechanické úchopné hlavice

Tyto hlavice mají nejméně dva úchopné prvky (výjimku tvoří gravitační). Oba úchopné prvky mohou být pohyblivé nebo je pohyblivý pouze jeden a jeden je pevný. Pohyblivé prvky mohou vykonávat otočné, posuvné nebo obecné pohyby. Dle vyvození úchopné síly se dále tyto hlavice dělí na pasivní (gravitační, pružnostní prvky) a aktivní. [6]

- **Pasivní pracovní hlavice**

Vyznačují se konstrukční jednoduchostí s možností manipulace s lehkými předměty. Jsou sestaveny z pevných a odpružených prvků bez pohonu. [6]

Gravitační mechanická hlavice

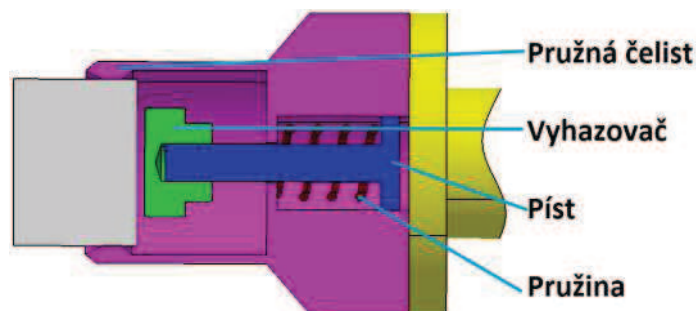
Používají se pro manipulaci s rotačními součástmi. Přenášené předměty mohou být při přenosu zajištěny proti posunutí. [6]

Mechanická hlavice s odpruženými čepi

Předmět u těchto hlavice je zajištěn proti posunutí pomocí pružně uložených čepů. Uvolnění čepů se provádí pomocí tlakového vzduchu. [6]

Pružné čelisti

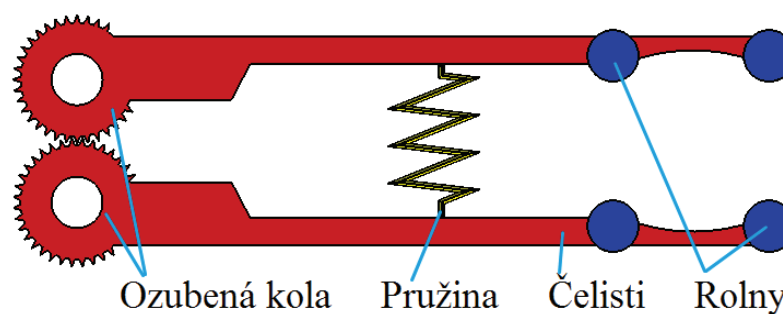
Přenášený předmět je v čelistech upnut dle obrázku. Uvolnění předmětu je pomocí nárazek působícími při zpětném pohybu, uchopením tohoto předmětu jiným manipulátorem, nebo vyhazovačem ovládaným pneumatickým válcem. [6]



Obr. 28: Pružné čelisti

Odpružené čelisti

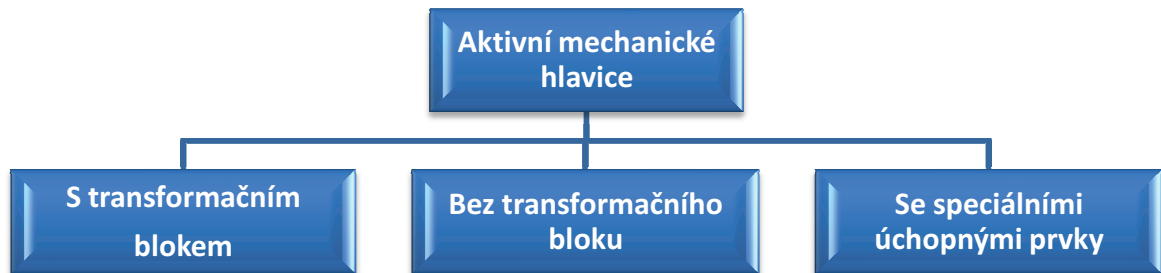
Aby byla zajištěna správná výchozí poloha, jsou pohyby čelistí vázány ozubeným soukolím. [6]



Obr. 29: Odpružené čelisti

- **Aktivní pracovní hlavice**

Aktivní pracovní hlavice jsou takové hlavice, kde alespoň jeden pohyblivý prvek má vlastní pohon (aktivní prvek). Pro manipulaci s předměty je u těchto hlav potřeba dodávat energii. Dle uspořádání vazby mezi pohonem a úchopným prvkem rozlišujeme: [6]



Obr. 30: Rozdělení aktivních mechanických hlavic

K pohonu těchto hlavic se nejčastěji používají pneumatické nebo hydraulické motory. Tyto motory se využívají kvůli malým rozměrům a snadnému vyvození velkých upínacích sil. S výhodou se k ovládní zpětného pohybu válce používá pružina. [6]

Pružina v těchto hlavicích zajišťuje vyvození úchopné síly. Hydraulické, nebo pneumatické válce zajišťují otevírání čelistí. Toto použití je výhodné, že je vyvozena konstantní upínací síla i při poklesu tlaku. Velikost úchopné síly je závislá na síle pružiny. [6]

- S transformačním blokem

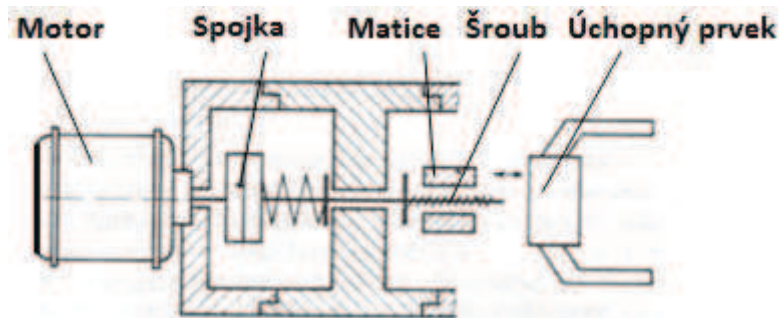
Tento typ aktivních mechanických hlavic je nejčastější. Je u nich potřeba transformovat pohyb z pohonu na požadovaný pohyb uchopovacích členu. Mezi pohon a úchopné prvky je vložen mechanický člen umožňující společné ovládní více čelistí, změnu rychlosti a smyslu pohybu, změnu úchopné síly, popřípadě umožňuje snadněji vyřešit prostorové uspořádání hlavice. Podle použitého pohonu může být pohyb na vstupu translační nebo rotační. [10]

Transformační blok může být pákový, ozubený, vačkový, šablonový, nebo šroubový. [10]

- Bez transformačního bloku

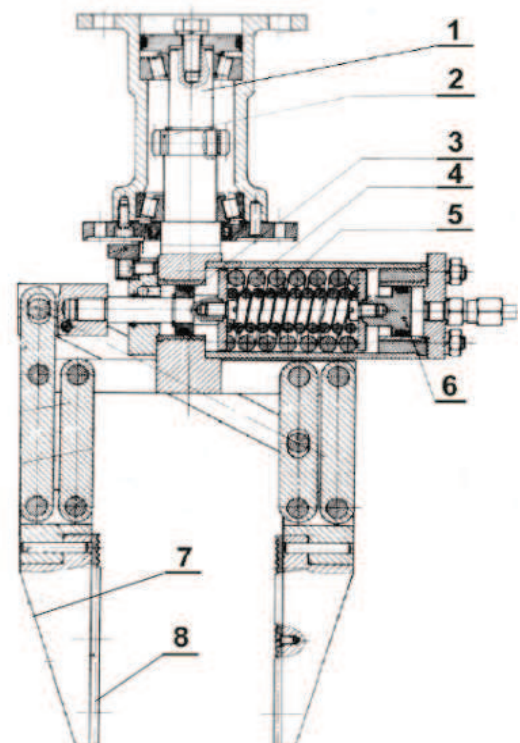
Tento typ aktivních mechanických hlavic je velmi málo používán. Pohyb není nijak transformován a není tedy možno ovládat více čelistí najednou. Používá se například u hlav, kde je jeden prvek aktivní (například ovládný pístem) a jeden pasivní. [10]

Při použití rotačních pohonů na vstupu úchopné hlavičky musí zajistit transformační blok výstupní posuvný pohyb - např. pohybový šroub s maticí [10]



Obr. 31: Pohybový systém pracovní hlavičky [10]

Hydraulicky ovládaná hlavička je opatřena přídatným natáčením kolem podélné osy. Úchopnou sílu na čelistech vyvozuje píst „6“ přes pružné spojení pružinami „4“, „5“. Důvodem je zaručení bezpečného držení objektu i při poklesu tlaku od hydrogenerátoru. Na vstupu ovládacího motoru musí být umístěn hydraulický zámek. Rozvírání čelistí zajišťuje píst „3“. Úchopná hlavička je spojena s čepem „1“, uloženým na kuželíkových ložiskách. Natáčení hlavičky je odvozeno od dvojitinného přímočarého hydromotoru s ozubenou pístnicí přes pastorek „2“. Rozsah natáčení je seřiditelný narážkami. Čelisti „7“ i stykové plochy „8“ jsou výměnné a umožňují přizpůsobení hlavičky rozměrům a tvaru daného objektu. [6]



Obr. 32: Hydraul. ovládaná hlavička [6]

Aktivní mechanické úchopné hlavičky se také rozdělují podle počtu a uspořádání uchopovacích členů. Počet čelistí (prvků) závisí na uchopovaném předmětu, rychlosti pohybu pracovní hlavičky, hmotnosti předmětu atd. [6]

Další možnost dělení mechanických úchopných hlaviček je podle počtu aktivních a pasivních uchopovacích členů. Pasivní člen je takový, který nemá pohon, ale zúčastňuje se uchopení předmětu. Jedná se například o dorazy. [6]

1.4.1.2 Magnetické úchopné hlavice

Používají se pro manipulaci s objekty z feromagnetických materiálů. Úchopné prvky se snadno přizpůsobují tvaru předmětu pouhým vhodným rozmístěním jednotlivých magnetů. Úchopnou sílu lze ovlivňovat počtem a velikostí magnetů. Nevýhodou je možnost znečištění stykových ploch (zachytávání drobných feromagnetických částic) a narušení povrchu uchopovaného předmětu. [10]

- **Pasivní magnetické úchopné hlavice**

U těchto hlavic je použito tyčových permanentních magnetů. Používají se pro drobnější uchopované předměty (malá uchopovací síla). Jdou zde však problémy s uvolňováním uchopených předmětů [10]

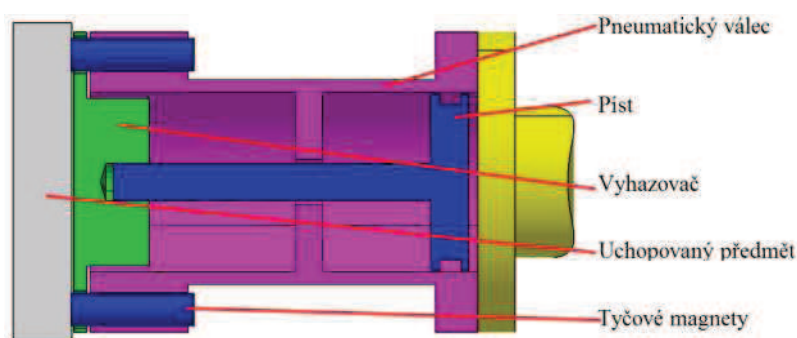
Uvolnění uchopovaného předmětu:

Stržením při zpětném pohybu hlavice

Vyhazovače (většinou pneumatické)

Magnetická úchopná hlavice s vyhazovačem:

Předmět je pomocí tyčových magnetů uchycen na uchopovací hlavu. Tato uchopovací hlava je s předmětem přesunuta na místo, kde chceme předmět položit. Následně se pomocí pneumatického válce posune vyhazovač směrem dolů a předmět je tímto položen. [10]



Obr. 33: Magnetická úchopná hlavice s vyhazovačem

Magnetická úchopná hlavice na rozměrné předměty:

Magnetická úchopná hlavice na rozměrné předměty: Několik permanentních magnetů je upevněno k základní desce. Pístnice pneumatického válce je spojena s deskou vyhazovače z nemagnetického materiálu. Vracení desky do výchozí polohy zajišťují pružiny. [10]

Magnetická úchopná hlavice s pákovým vyhazovačem:

Předmět je pomocí magnetů uchycen na uchopovací hlavu. Tato uchopovací hlava je s předmětem přesunuta na místo, kde chceme předmět položit. Následně je pomocí páky připojené na pneumatický válec předmět z magnetu stržen. [10]

- **Aktivní magnetické úchopné hlavice**

Tyto hlavice jsou místo permanentních magnetů opatřeny elektromagnety, které jsou zabudovány do úchytných desek. Elektromagnet se skládá z kovového válce a vodiče, který je připojen na zdroj elektrického proudu. Princip magnetu spočívá v přeměně energie elektromagnetického pole na energii mechanickou. Magnetická síla zde vzniká při průchodu elektrického proudu vinutím cívky na ocelovém jádře. Magnetické pole elektromagnetu je tím silnější, čím větší elektrický proud prochází cívkou a dále také čím více má cívka závitů. V běžné technické praxi je tato síla fyzikálně omezena, mimo jiné, též celkovou magnetickou vodivostí jádra elektromagnetu. [10]



Obr. 34: Schéma elektromagnetu vlevo, různé druhy elektromagnetů vpravo

Uvolnění uchopovaného předmětu se provádí pomocí přerušení napájecího proudu.

Použití

Elektromagnet je používán např. v elektrickém zvonku, v jističích, stykačích, v hutním průmyslu, ve sběrnách kovového šrotu nebo v elektromagnetických relé. Elektromagnet se používá, mimo jiné, také v automobilovém průmyslu například jako snímač otáček klikového hřídele, nebo pro brzdění tramvajových vozů a obráběcích strojů. [5]

1.4.1.3 Pneumatické úchopné hlavice

- **Přetlakové:**

Tyto hlavice se používají jako speciální úchopné prvky. Jedná se zejména o přetlaková upínací pouzdra z pružného materiálu (nejčastěji z pryže). Výhodou je, že se mohou tvarově a rozměrově přizpůsobit manipulovanému či uchopovanému předmětu. Je možnost upínat za vnitřní i vnější povrchy. Velikost úchopné síly závisí na pracovním tlaku. [10]

Speciální přetlakové úchopné hlavice:

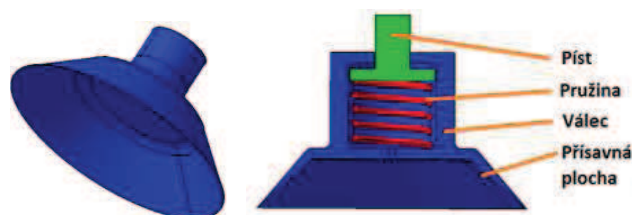
Jsou tvořeny hadicemi s nesouměrným průřezem. Po naplnění se tato hadice ohybově deformuje a tím je předmět uchycen. [10]

- **Podtlakové:**

Manipulované předměty musí být pro snadné a bezpečné uchopení v konkrétní poloze správně orientovány, jinak by mohly nastat problémy při uchopování nebo při ukládání. K uspořádání manipulovaných předmětů slouží pořadače, zásobníky. Manipulování s neorientovanými předměty je sice možné, ale velmi komplikované a drahé (například vložením vizuální zpětné vazby). [10]

Pasivní podtlakové:

Jsou tvořeny deformačními přísavkami. Velikost síly závislá na velikosti stykových ploch přísavky s povrchem tělesa, dále na tvaru a tuhosti přísavky. Platí pravidlo, že čím tužší přísavka, tím větší síla. Bezpečnost uchycení předmětu závislé na kvalitě jeho povrchu. Používají se nejčastěji pro rovinné předměty, jako jsou tabule plechu, skla, plastů atd. [10]

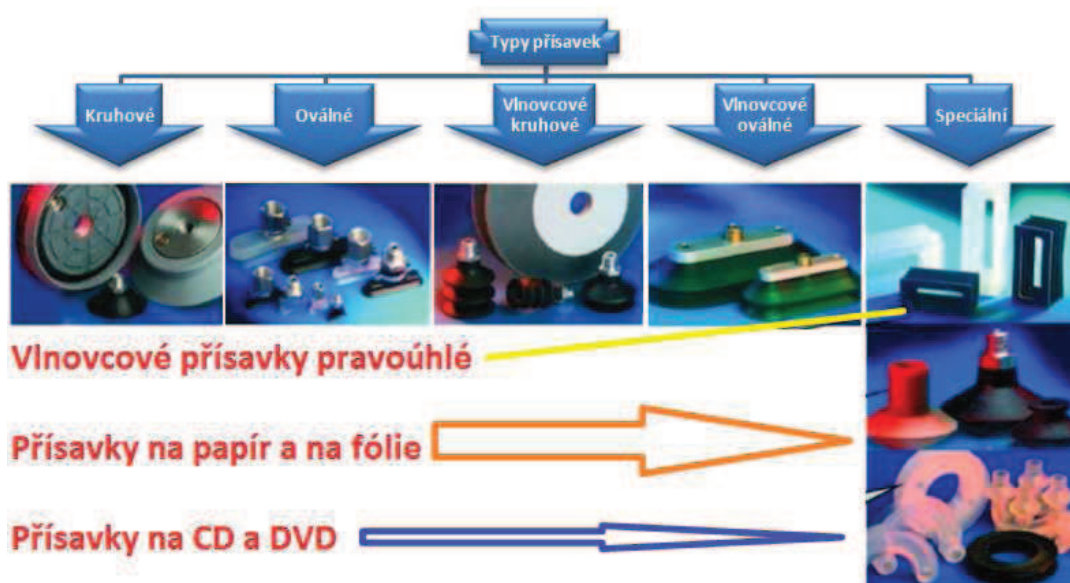


Obr. 35: Deformační přísavka pevná vlevo,
přísavka s odpruženým pístem vpravo

Deformační přísavka s odpruženým pístem se používá, když není zajištěna dokonalá těsnost mezi přísavkou a uchopovaným předmětem. Je zde proměnlivý vnitřní objem přísavky. K uvolnění předmětu je potřeba vyvinout značnou sílu, což je nebezpečné kvůli možnosti poškození. Řešením tohoto problému jsou deformační přísavka s pomocnými ventily (propojí prostor pod přísavkou s okolím). [10]

Aktivní podtlakové:

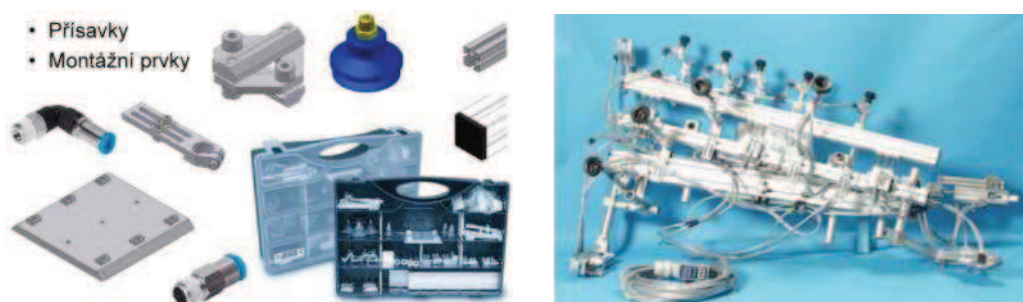
U těchto přísavek je podtlak získán vývěvou nebo ejektorem. Při použití vývěvy lze použít i více podtlakových komor. Výhodou je, že je tato metoda použitelná i v případě, kdy není zaručena dokonalá těsnost styku manžety a objektu. Toto řešení je konstrukčně jednoduché a umožňuje přizpůsobení polohy přísavek podle tvaru objektu. [10]

Typy přísavek:

Obr. 36: Typy přísavek

Stavebnicové sady pro konstrukci uchopovačů:

Jedním ze současných trendů v oblasti PRaM je využití univerzálních stavebnicových sad. Existují různí výrobci jednotlivých komponent. Je snaha mít sadu „All in one“, což znamená, že se při menší jednoduché změně komponent se dá jednoduše změnit uchopovač při změně technologie. Existují různé sady, které se od sebe liší počtem komponentů a cenou. Výrobci těchto sad jsou například ASS, SAS a GIMATIC.



Obr. 37: Ukázka stavebnicové sady od firmy ASS

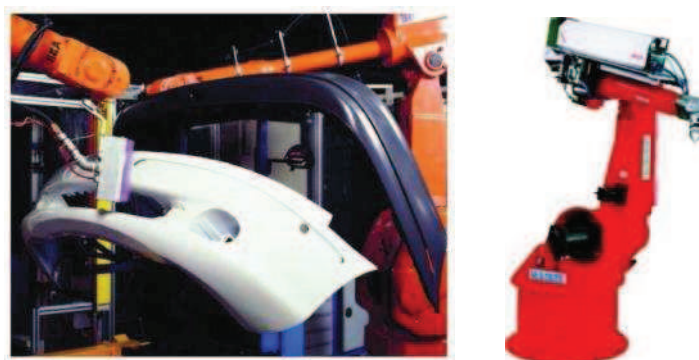
1.4.2 Technologické, kontrolní a měřicí hlavice

Technologické hlavice

Jsou to hlavice, které nám zajišťují svařování, nástřik nátěrových hmot, montáž, lepení. Součástí je i zařízení, které zajišťuje dodávku potřebného materiálu. Jedná se například o dodávku svařovacího drátu, inertní atmosféry, laků atd. [10]

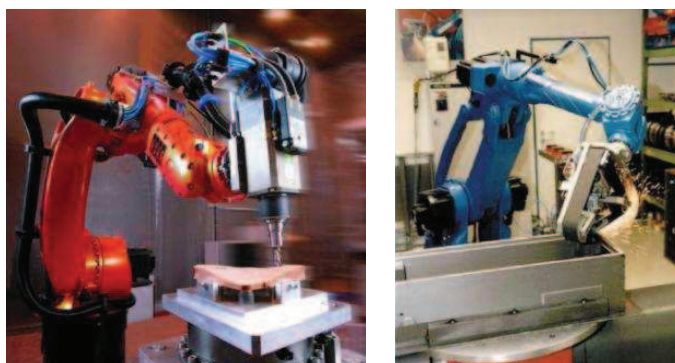


Obr. 38: Lakovací robot vlevo, svařovací robot vpravo



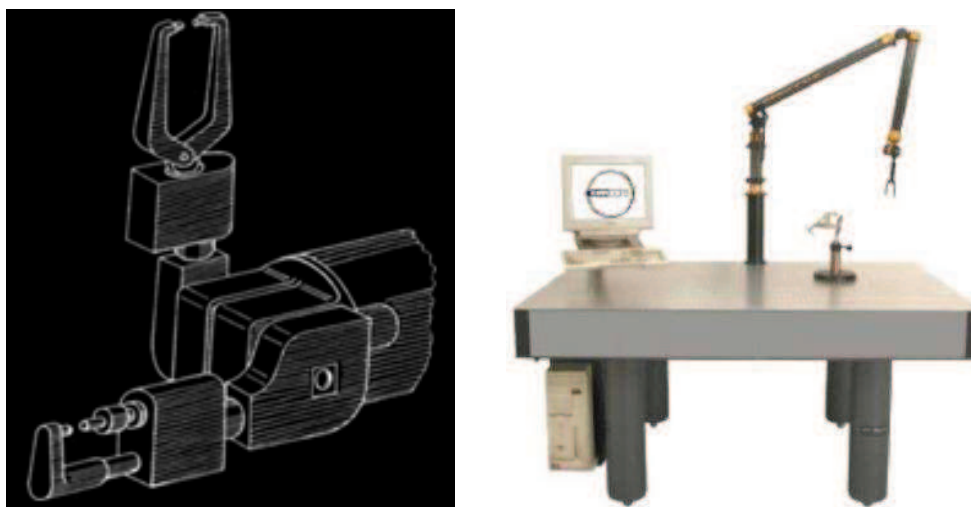
Obr. 39: Technologická hlavice pro nanášení vrstvy PP vlevo, řezání laserem vpravo

V případě technologických hlavice určených pro obrábění (broušení, řezání, frézování atd.), je nutno při konstrukci robota zohlednit také působící síly.



Obr. 40: Technologická hlavice robotu pro frézování vlevo, pro broušení vpravo

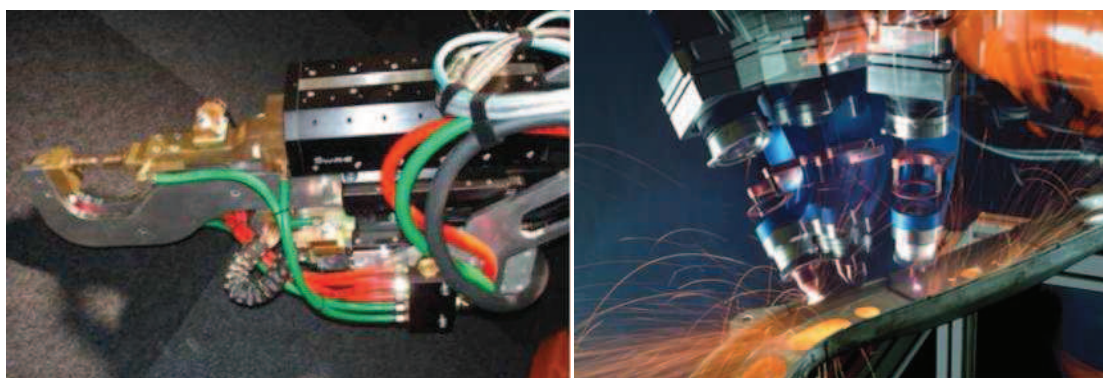
V případě technologických hlavice určených pro měření je potřeba, aby byly tyto hlavice velice přesné.



Obr. 41: Kontrolní a měřicí hlavice vlevo, měřicí stůl vpravo [8]

1.4.3 Kombinované hlavice

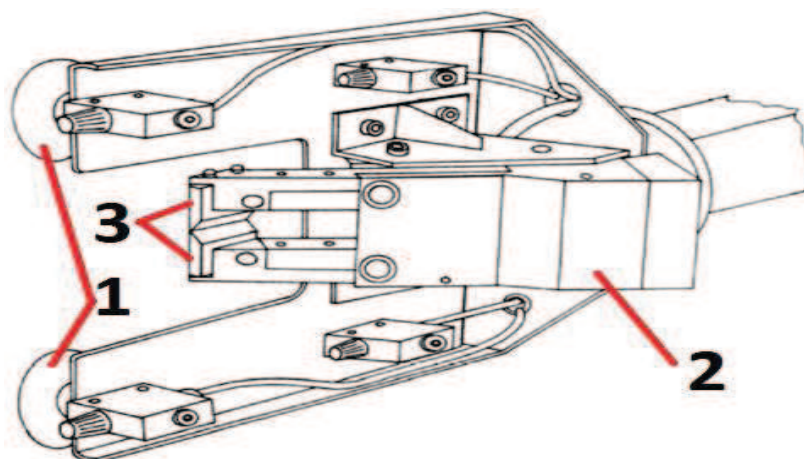
Kombinované hlavice zpravidla zajišťují v rámci jedné konstrukce dvě a více technologických operací. Dokážou bezpečně uchopit a manipulovat s objektem a během manipulace provádět nesčetný počet technologických operací (obrábění, tváření, svařování) s následnou kontrolou. Jedná se o pohybující se obráběcí či tvářecí stroj nebo svařovacího pracoviště, které je cenově velice nákladné. Mají pouze omezené uplatnění ve speciálních případech. [8]



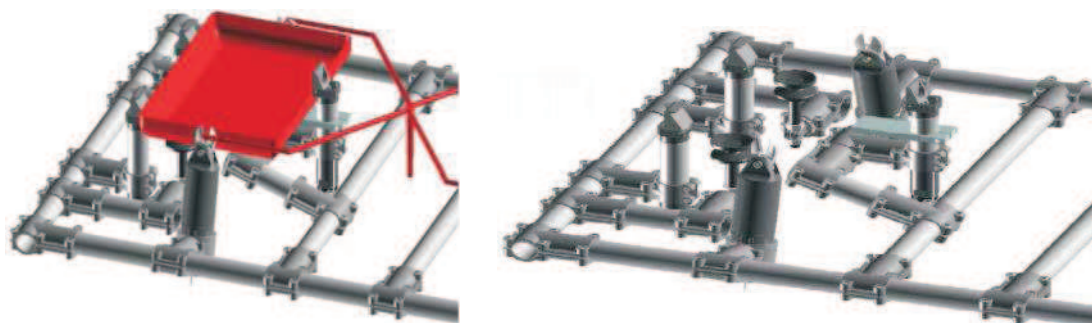
Obr. 42: Dva typy kombinovaných hlavic

Velikou výhodou je zkrácení neproduktivních časů a vzájemná přesnost operací při jednom upnutí obrobku.

Hlavice umožňuje manipulaci s tlakovými výlisky s paralelní realizací technologické operace odstřížení vtoku. Úchopná část je opatřena čtyřmi podtlakovými ejektorovými komorami "1", technologickou část tvoří pneumaticky ovládané nůžky "2", zakončené břity "3". [8]



Obr. 43: Kombinovaná hlavice s podtlakovými přísavkami [8]



Obr. 44: Kombinovaná hlavice dvojnásobné formy pro úchop a odstřížení vtoku

Výhody kombinovaných hlavic

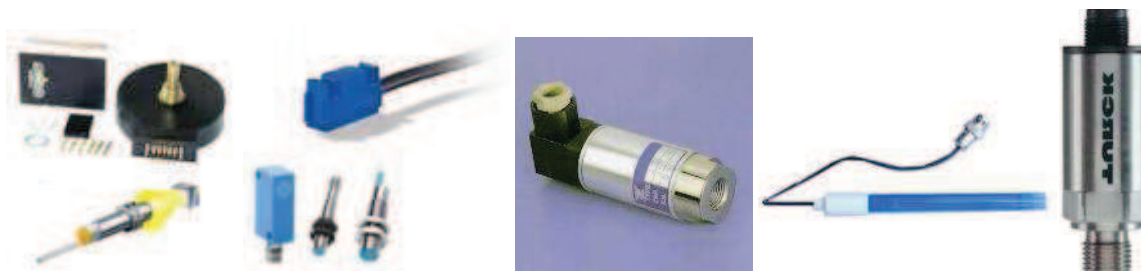
Hlavní výhodou je zkrácení pracovního cyklu, neboť se překrývá čas pro manipulaci při vyjímání výlisku ze stroje s časem pro oddělení vtoku. Druhým efektem je zjednodušení struktury pracoviště, u kterého je odstříhovací stanice nahrazena integrací technologické části do pracovní hlavice. Významná je i skutečnost, že odpadá nutnost řešení zakládání výlisku do odstříhovací stanice a jeho vyjímání. [8]

1.4.4 Speciální hlavice

Speciální pracovní hlavice jsou určeny pro činnosti, které nejsou zastoupeny u předcházejících kategorií. Může jít o činnosti, které by ohrožovaly zdraví člověka (např. manipulace s radioaktivními látkami, doplňování paliva letadel, atd.) [8]

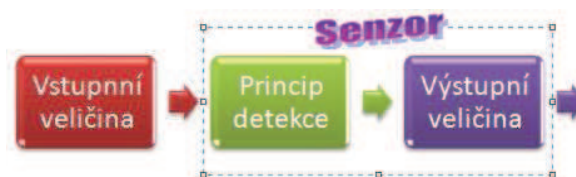
1.5 Senzory PRaM

Senzor je funkční prvek tvořící vstupní blok měřicího řetězce, který je v přímém styku s měřeným prostředím. Pojem **senzor** je ekvivalentní pojmu **snímač** nebo **detektor**. Citlivá část senzoru se občas označuje jako **čidlo**. [3]



Obr. 45: Různé typy senzorů

Senzor jako primární zdroj informací snímá sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a dle určitého definovaného principu ji transformuje na měřicí veličinu - nejčastěji na veličinu elektrickou. Dále existují senzory, u nichž je neelektrická veličina přímo transformována na číslicový signál. [3]



Obr. 46: Funkce senzoru

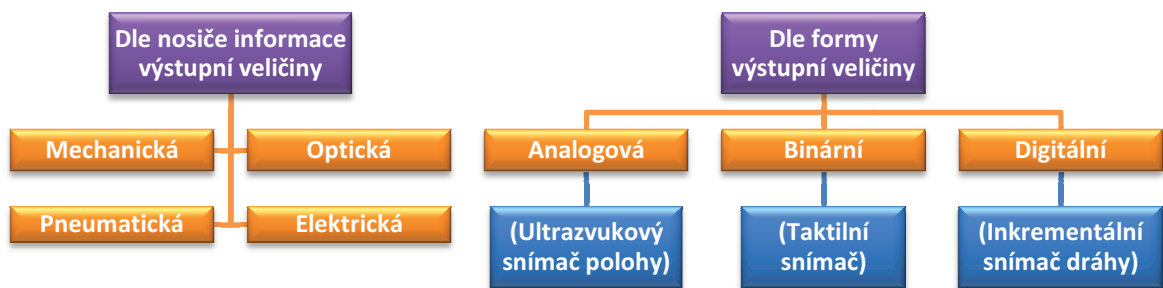
1.5.1 Rozdělení senzorů:

Dle měřené (vstupní) veličiny:

Toto rozdělení se týká toho, k čemu se daný senzor používá. Jedná se například o senzory teploty, tlaku, průtoku, radiačních veličin ve viditelném stavu, infračerveném a jiném spektru, mechanických veličin (posunutí, polohy, rychlosti, zrychlení, síly, mechanického napětí), senzory pro analýzy látek, kapalin, plynů, senzory elektrických, magnetických a jiných veličin. [3]

Dle výstupní veličiny:

Z hlediska zpracování signálu je nejvhodnější elektrická informace výstupní veličiny. Pokud bychom potřebovali z analogové veličiny udělat digitální, bylo by k tomu potřeba použití převodníku. [3]



Obr. 47: Rozdělení senzorů dle výstupní veličiny

Dle fyzikálního principu:

Dle fyzikálního principu se může jednat o senzory odporové, indukční, indukčnostní, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, pyroelektrické, optoelektronické, optické, vláknové, chemické, biologické a jiné. [3]

Dle styku senzoru s měřeným prostředím či měřenou veličinou:

Obr. 48: Rozdělení senzorů dle styku s veličinou

Dle transformace signálu:

Obr. 49: Rozdělení senzorů dle transformace signálu

Pasivní senzor je senzor, u kterého je nutné elektrickou veličinu (indukčnost, kapacitu, odpor) dále transformovat na analogový napěťový nebo proudový signál, přičemž měřicí veličinou je amplituda, kmitočet, fáze aj. U pasivních senzorů je na rozdíl od aktivních senzorů nezbytné napájení, protože samy nejsou zdrojem energie. Jejich stav je popsán vstupem, výstupem a velikostí napájení. Jde např. o laser, optický senzor, tenzometr). [4]

Aktivní senzor je senzor, který se působením snímané veličiny chová jako zdroj elektrické energie. Jejich stav je popsán vstupem a výstupem. Jde například o termočlánek, nebo fotovoltaický článek. [4]

Z důvodu toho, že na robotu pracovišti MPS® 202 - ROBOTICS jsou použity převážně optické senzory, bude dále zmíněn právě tento typ.

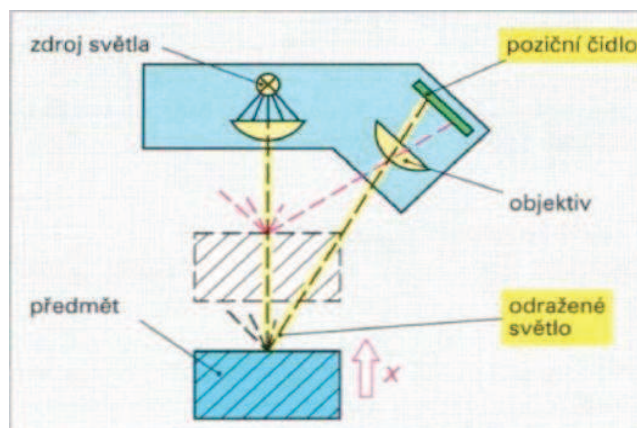
1.5.2 Analogové optické senzory

Výstupní veličina senzoru je analogová. Při požadavku digitálního signálu nutno použít převodník. Většina senzorů funguje na analogovém principu. [4]

Optický poziční aktivní snímač

Optické poziční čidlo = PSD = Position Sensitive Device = zařízení citlivé na polohu

Dopadne-li světelný paprsek na PSD, objeví se na výstupu PSD signál závislý na přesném místě na ploše snímače, na které paprsek dopadl. Plocha je tvořena řadou fotodiód nebo fototranzistorů. Pozice ozářeného předmětu určuje úhel dopadu světla - lze určit vzdálenost. Pomocí 3 PSD lze určit přesnou pozici v prostoru [9]



Obr. 50: Optický poziční aktivační snímač [9]

Používá se k bezdotykovému měření vzdáleností, k přesnému navádění pohybů robotu podle laserového paprsku, k vyhodnocování změn polohy [9]

PSD mívají také podobu čtvercové matice 15mm x 15mm veliké. Je-li plošné poziční čidlo upevněno na pohyblivé části robotu a ozářeno laserovým paprskem dopadající do jeho středu, může být každá výchylka v rovině čidla přesně vyhodnocena podle souřadnic ozářeného prvku čidla [9]



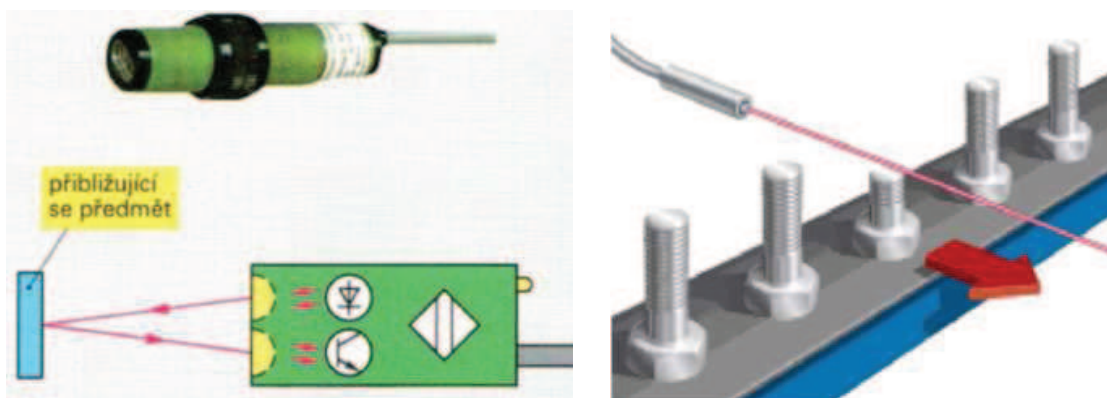
Obr. 51: Čtvercová matice 15x15mm [9]

1.5.3 Binární optické senzory

Výstupní veličina binárního senzoru je binární signál s přepínací diferencí (hysterezí). V PRaM se běžně využívají pro detekci koncových poloh nebo přiblížení předmětů. Dá se říci, že v podstatě každý analogový senzor má i binární variantu [9]

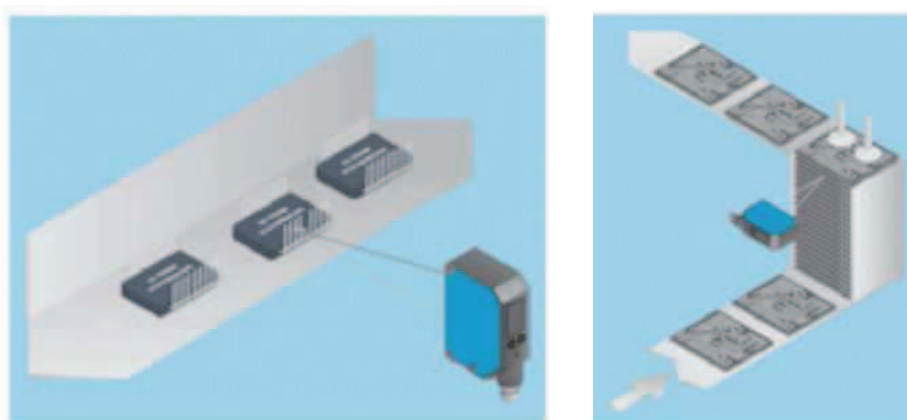
Optické senzory s binárním výstupem:

Jedná se o optické přibližovací snímače, které se využívají k detekci předmětů, počítání, kontrole opotřebení nástroje atd. Pracují jako reflexní snímače s pulzním infračerveným zářením. Pulzní infračervené záření se používá kvůli možnosti rušení. Používají se při detekci nekovových objektů. [9]



Obr. 52: Optický přibližovací snímač a jedna z možností využití [9]

S optosenzory s laserovými diodami lze detekovat i tak malé objekty, jako vývody integrovaného obvodu (vlevo), detekovat slabé desky plošných spojů (uprostřed) nebo náplň i malinkých košíčků (vpravo) [9]

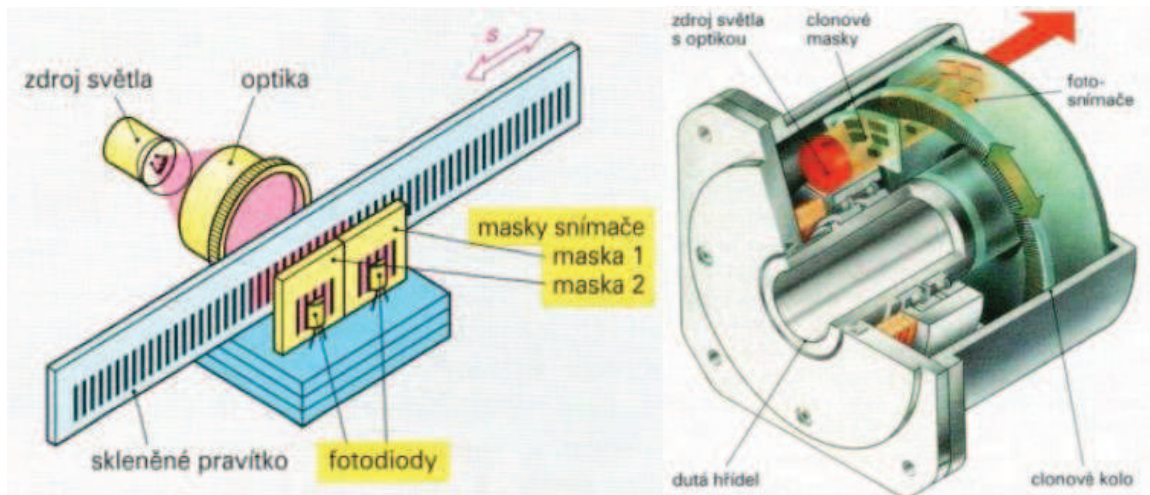


Obr. 53: Optosenzor s laserovou diodou při kontrole čipů [9]

1.5.4 Digitální (číslicové) optické senzory:

Výstupní veličina senzoru je číslicový signál. Při použití převodníku je možno udělat z jakéhokoli senzoru sensor digitální. [9]

Inkrementální snímač dráhy



Obr. 54: Clonové pravítko vlevo, optický inkrementální snímač úhlu vpravo [9]

Na pracovišti se dále nachází čtyři magnetické senzory koncových poloh pneumatických pístů a jeden mechanický taktilní, který slouží k zjištění přítomnosti pružiny při vysunutém podavači pružin. Tyto senzory budou zmíněny u popisu jednotlivých částí, na kterých jsou použity.

2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTICKÉ SYSTÉMY MITSUBISHI MELFA

Skupina robotů MELFA zahrnuje velký výběr modelů a verzí. Je navržena tak, aby splňovala všechny požadavky většiny průmyslových aplikací a současně zajišťovala maximální přizpůsobivost potřebnou pro rychlou přestavbu výrobních systémů. [12]



Obr. 55: Průmyslové robotické systémy Mitsubishi Melfa [12]

V této části budou představeny dva typy sférických robotů Melfa řady RV s pěti a šesti stupni volnosti, dále zde budou popsány dvě řady robotů SCARA. [12]

Další částí této kapitoly jsou věnovány dalším informacím o robotu Melfa RV-2AJ, který je ve škole k dispozici a na kterém se bude řešit praktická část diplomové práce.

2.1 Sféricke roboty

Výkonné kompaktní modely RV-2AJ/RV-1A

Kombinací malých rozměrů a dosahu přes 400 mm jsou tyto pětioké (RV-2AJ) a šestiosé (RV-1A) roboty velmi oblíbené v aplikacích vyžadujících kompaktní roboty, jež mohou být instalovány přímo v systému, který obsluhují. Tyto roboty s maximálním užitečným zatížením 1 kg (model RV-1A) nebo 2 kg (RV-2A) a dobou cyklu 1,2 s, resp. 1,1 s jsou předurčeny pro manipulační operace, kde je potřeba přemísťovat nebo přesně osazovat malé součástky. Z dalších možností nasazení lze uvést kontrolu kvality, manipulaci se vzorky v laboratořích a zdravotnických zařízeních. [12]



Obr. 56: Melfa RV-2AJ vlevo, RV-1A vpravo

Manipulaci s předmětem je možné realizovat s jediným elektrickým nebo až se dvěma pneumatickými chapadly. Roboty této řady se uplatní tam, kde je třeba zvětšit pracovní prostor a zachovat kompaktní rozměry obslužného prostředku. Stejně jako všechny ostatní roboty Mitsubishi mohou být i tyto modely instalovány na lineární pojezd, který tvoří dodatečnou osu robota a značně zvětšují dostupnost robota. [12]

Spolehlivé modely střední třídy RV-3AJ/RV-2A

K typickým aplikacím těchto dvou modelů robotů s dosahem přes 700 mm patří manipulace se vzorky u analytických zařízení a podobné manipulační činnosti uplatňované v různých kontrolách kvality. Štíhlá konstrukce a výjimečná pohyblivost usnadňuje jejich začlenění do testovacích zařízení a dalších systémů.



Obr. 57: Melfa RV-3AJ vlevo, RV-2A vpravo

Roboty s pěti (RV-3A), nebo šesti (RV-2A) stupni volnosti a užitečným zatížením 3 kg (RV-3A), příp. 2 kg (RV-2A) dosahují opakovatelné přesnosti $\pm 0,04$ mm. Robot je možné vybavit jedním elektrickým nebo až dvěma pneumatickými chapadly podle používaného břemene. Síla čelistí chapadla je plynule nastavitelná, což umožňuje pevné a bezpečné uchopení i křehkých předmětů. Tlakové hadice a signálové kabely jsou instalované uvnitř ramene robota, což usnadňuje a urychluje připojení chapadlového systému.

Mimořádný výkon a dosah RV-6S /RV-6SL/RV-12SL

S užitečným zatížením až 12 kg, pracovním prostorem s akčním rádiusem 1,385 m a pozoruhodnou přesností (opakovatelná přesnost $\pm 0,05$ mm) je nová modelová řada robotů RV-S (obr. 3) určena k manipulačním účelům v průmyslové výrobě a jako pracovní zařízení v sériové výrobě. Hodnota krytí IP 65 zajišťuje možnost využití v těžkých provozních podmínkách, například v odvětví výrobců komponentů pro automobilový průmysl. Nejmodernější technologie použité v této modelové řadě robotů výrazně snížily dobu pracovního cyklu (0,4 s až 0,7 s).



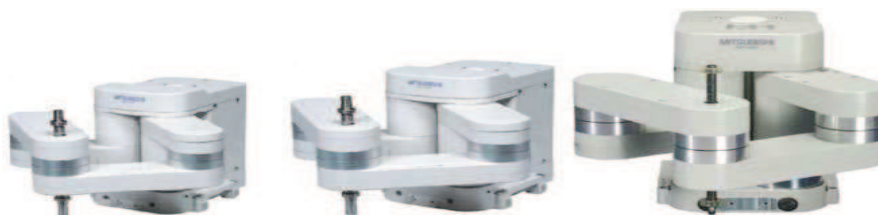
Obr. 58: Melfa RV-6S vlevo, RV-6SL uprostřed, RV-12SL vpravo

2.2 Roboty SCARA

Základní rozdělení těchto robotů je do dvou modelových řad. První modelová řada s označením RP se vyznačuje velkou rychlostí a přesností, zatímco druhá řada RH obsahuje roboty určené pro montáž a osazování součástek. [12]

Velmi rychlé a přesné modely RP-1AH/RP-3AH/ P-5AH

Model robota RP-1AH je velice účinný ve všech aplikacích, kde musí být součástky umístěny rychle a přesně na omezeném prostoru. Základna pro instalaci robota má rozměry 200×160 mm, dosah tohoto robota je 236 mm a může osazovat součástky s přesností $\pm 0,005$ mm. Modely RP-3AH a RP-5AH mají nosnost 3 kg a 5 kg a dosah 335 mm a 453 mm, a proto jsou vhodné pro aplikace vyžadující vyšší výkonnost a větší dosah. [12]



Obr. 59: Melfa RP-AH vlevo, RP-3AH uprostřed, RP-5AH vpravo

Nejvýhodnější uplatnění těchto robotů je v takzvaných mikromanipulacích, jako jsou například montáže, osazování a pájení desek plošných spojů pro mobilní telefony. Roboty této modelové řady jsou nesrovnatelně flexibilnější než tradiční montážní a osazovací automaty, což se výraznou měrou projeví zvýšením výkonnosti a větší produktivitou. [12]

Modely pro paletizaci, třídění a osazování součástek RH-5AH/RH-10AH

Roboty SCARA jsou ideálním řešením pro třídění, paletizaci a osazování součástek. Mají krátkou dobu cyklu (menší, než 0,5 s) pro posloupnost pohybů 25 mm svislého zdvihu, 300 mm vodorovného přejezdu, 25 mm svislého spouštění a zpět. (12" test) Přejezdy a polohování jsou odměřovány absolutními enkodéry tak, že robot může začít pracovat, jakmile je spuštěn bez plýtvání času na odměřování referenčního bodu. V podstatě může robot dokonce pokračovat v bodě, kde skončil po výpadku napájení a po nouzovém zastavení provozu uprostřed pohybové sekvence. V mnoha případech to odstraňuje potřebu opětovného nastavení celého systému. [12]



Obr. 60: Melfa RH-5AH vlevo, RH-10AH vpravo

2.3 Řídicí jednotky

V závislosti na modelu robota se používají jednotky CR1 (jejíž půdorys není větší než formát listu papíru A4), nebo CR2/CR3. Obě verze řídicích jednotek mají velmi výkonné regulační funkce a stejný programovací jazyk – Melfa Basic IV. Jediný rozdíl mezi nimi je v úrovni výstupního výkonu. 64bitový procesor RISC s funkcí zpracování digitálních signálů zajišťuje dostatečnou výkonnost pro prostorovou, kruhovou a lineární interpolaci a pro více-úlohový systém zpracování až 32 souběžně běžících programů.

Ve standardním uspořádání má řídicí jednotka CR1 16/16 binárních vstupů/výstupů, jednotky CR2/CR3 32/32 binárních vstupů/výstupů. Dodatečným příslušenstvím lze pro náročnější aplikace zvětšit počet vstupů a výstupů na 256/256. V řídicí jednotce může být uloženo až 88 na sobě nezávislých programů, všechny se mohou volat navzájem, například když jsou potřeba různé programy pro odlišné výrobní postupy. [12]



Obr. 61: Řídící jednotka CR1

2.4 Programování robotů

Pro všechny roboty Mitsubishi bylo navrženo programovací prostředí Cosirop, které umožňuje velmi rychle vytvářet programy pro roboty užitím dvou variant programovacích jazyků. Jedná se o Melfa Basic IV nebo MoveMaster Command. Po testování a optimalizaci lze program přenést pouhým kliknutím myši do příslušné řídicí jednotky robotu buď přímo přes rychlé síťové připojení, nebo po sériové lince mezi počítačem a robotem. Pomocí četných kontrolních a diagnostických funkcí softwaru Cosirop je možné během provádění programu zobrazovat pohyby, charakteristiky a parametry ramene robota. Pro simulaci robota v trojrozměrné projekci slouží software COSIMIR®, který dokáže simulovat celou pracovní buňku, tedy nejen vlastní rameno robota, ale i jeho součinnost s okolním zařízením. [12]

2.5 ROBOT MELFA RV-2AJ

Robot Melfa RV-2AJ s uchopovací hlaví



Obr. 62: Robot MELFA RV-2AJ, řídicí jednotka CR1 a ovládací panel

Vlastnosti tohoto robota by se daly jednoduše shrnout následujícími odstavci. Nadpisy těchto odstavců jsou pro tohoto robota velmi specifické.

Maximální funkčnost:

Svými výjimečnými výkonovými parametry je robot RV-2AJ více než zdatným nástupcem dnes již legendárního robota RV-M1. Navíc se ideálně hodí pro použití ve stejných aplikacích jako jeho předchůdce. Jedná se především o testovací činnosti, manipulaci s materiálem, dále například pro výukové účely a pro servisní práce. Díky svým technickým parametrům je model RV-2AJ vhodný také pro zcela nové oblasti použití. Zdokonalenými vlastnostmi oproti RV-M1 jsou rychlost, přesnost polohování a zvýšení nosnosti. Rychlost u Melfa RV-2AJ je do 2100 mm/s, přesnost polohování se zlepšila na hodnotu ± 0.02 mm a nosnost byla zvětšena na 2 kg za určitých předpokladů. (Přičemž jmenovitá nosnost je nově 1,5 kg) [11]

Malé rozměry a nízká hmotnost:

Robot RV-2AJ je schopen obsloužit pracovní prostor do vzdálenosti 410 mm, to umožňuje instalovat poměrně lehké rameno robota (17 kg) do míst kde by normálně nebyl prostor pro složitý automatizovaný manipulátor. Možnost závěsné (stropní instalace) rozšiřuje způsoby uplatnění a zvyšuje flexibilitu konfigurace systému. [11]

Jednoduchý provoz, údržba a relativní jednoduchost programování:

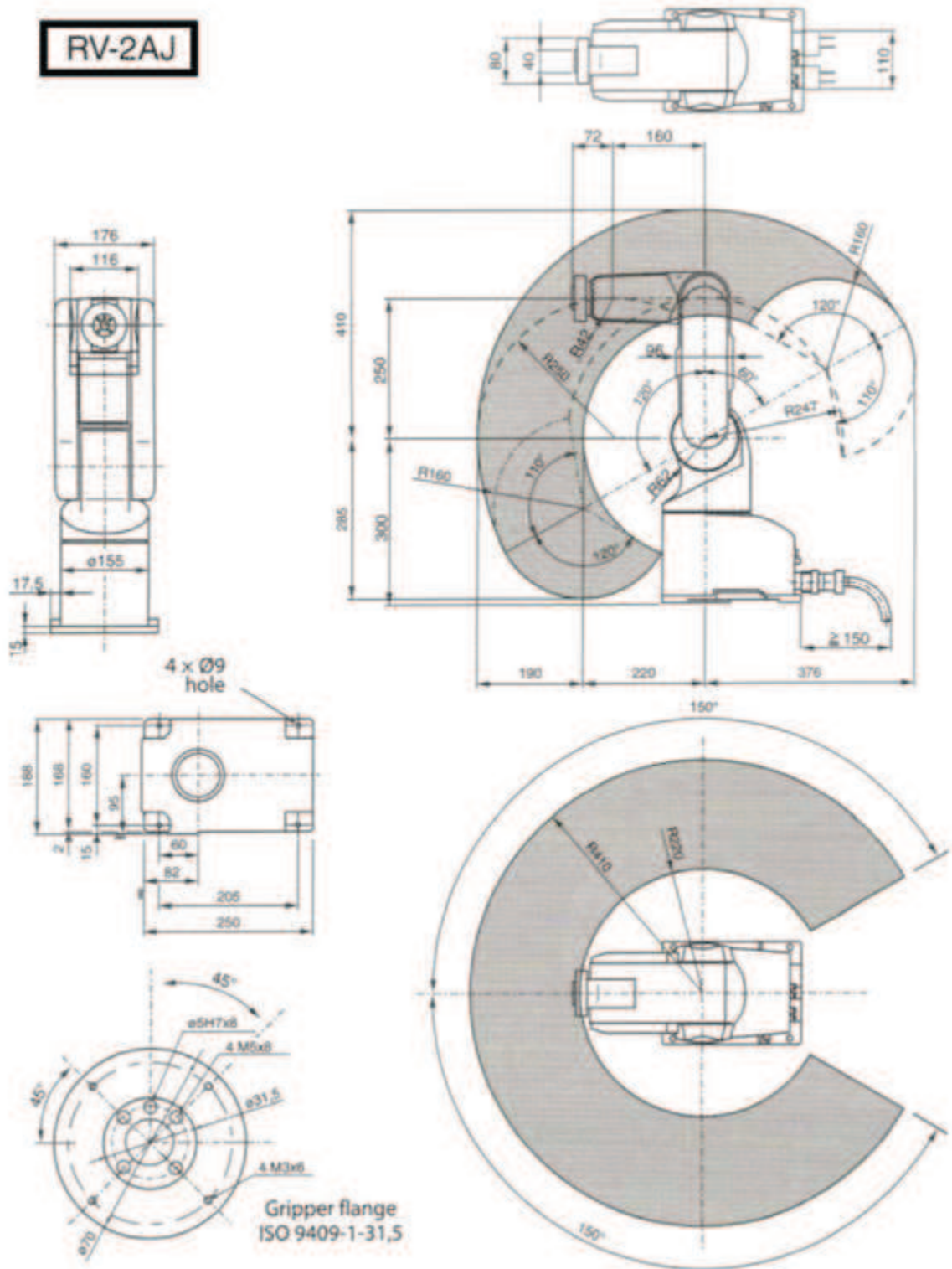
Absolutní poziční enkodéry odstraňují potřebu přejezdu do nulové referenční polohy po každém výpadku napájení, či nouzovém zastavení. Všechny osy jsou vybaveny střídavými servomotory, které zajišťují maximální mobilitu a nekladou žádné nároky na údržbu. Další pozitivní vlastnosti tohoto robota jsou pro uživatele rychlé a snadné pochopení programovacího jazyka a kompletní diagnostické funkce. [11]

Výkonná řídicí jednotka:

Srdcem robotického systému RV-2AJ je řídicí jednotka, která je při malých rozměrech velmi výkonná. Základem této jednotky je velmi rychlý 64 - bitový RISC procesor. Řídicí jednotka nové generace dále nabízí rychlou komunikaci, podporu plného více-úlohového provozu a jako opci připojení do sítě Ethernet. Ve více-úlohovém režimu je procesor schopen zpracovávat až 32 úloh najednou, to znamená, že robot se může používat k ovládání jiných zařízení a ve stejném čase vykonávat svoje vlastní úkoly. Tato jednotka je schopna ovládat až 12 os. [11]

Rozměry robota Melfa RV-2AJ:

Pro představu o rozměrech tomto robotu je zde uveden náčrsek s hlavními rozměry. Šedou barvou je zde vyznačena pracovní obálka robota bez připojené úchopné hlavice.



Obr. 63: Základní rozměry Robota Melfa RV-2AJ [13]

Technická specifikace Melfa RV-2AJ:

Na tomto místě jsou uvedeny všechny technické specifikace Robotu Melfa RV-2AJ. Tyto data jsou velmi užitečná při výběru robota pro danou aplikaci.

Tabulka 3: Technická specifikace Melfa RV-2AJ [11]

Počet stupňů volnosti			5
Poloha pro instalaci			Na vodorovný podklad, závěsná (stěna, strop)
Konstrukce			Vertikální (kloubový) typ
Druh pohonu			Střídavé servomotory (bez kartáčů)
Typy motoru			Klouby J1 až J3 : 50W s brzdou. Klouby J4, J6 : 15W bez brzd, kloub J5 : 15W s brzdou
Způsob detekce polohy			Absolutní enkodéry
Počet digitálních vstupů / výstupů			16/16 (max. 240/240)
Způsob řízení			Otáčení kloubů / lineární / kruhová interpolace, víceúčelové řízení (max. 32 úloh), adaptivní řízení, podmíněné provádění větvení a podprogramů
Programovací jazyk			MELFA BASIC IV, Movemaster Command
Maximální počet pozičních bodů			2 500 pozic / program
Maximální počet řádků programu			5 000
Maximální počet programů			88
Rozměry řídicí jednotky (Š x V x H)			212 mm x 165 mm x 290 mm
Délka jednotlivých částí ramen	Otáčení ramena	mm	0
	Horní rameno		250
	Předloktí		160
	Otáčení lokte		0
	Délka zápěstí		72
Rozsah pohybů jednotlivých kloubů	J1	stupně	300 (od -150 do +150)
	J2		180 (od -60 do +120)
	J3		230 (od -110 do +120)
	J4		-
	J5		180 (od -90 do +90)
	J6		400 (od -200 do +200)
Rychlost pohybů jednotlivých kloubů	J1	stupně/s	180
	J2		90
	J3		135
	J4		-
	J5		180
	J6		210
Maximální výsledná rychlost	mm/s		Přibližně 2100
Nosnost	Max. (Pozn. 1)	Kg	2
	Jmenovitá		1,5
Presnost polohování	mm		±0,02
Pracovní teplota	°C		0-40
Hmotnost robota	kg		± 17
Maximální krouticí moment	J4	N.m	-
	J5		2,16
	J6		1,10
Maximální setrvačnost	J4	Kg/m ²	-
	J5		3,24 x 10 ⁻²
	J6		3,24 x 10 ⁻³
Poloměr (dosah) ramene (vztaženo k čelnímu	mm		410
Zapojení příslušenství (Pozn. 2)	Čtyři vstupní signály (Sekce chapadla), Čtyři výstupní signály (Základní sekce), Výstup mechaniky chapadla (Sekce chapadla)		
Hadice pro pneumatické příslušenství	4 x 4 (Základ sekce chapadla)		
Tlak	MPa		0,5 ± 10%
Krytí	IP30		
Pozn. 1) Maximální nosnost je hmotnost, při které směřuje čelo příruby dolů o 10 stupňů.			
Pozn. 2) Při použití chapadla se 4 výstupy je třeba použít kartu do RJ (volitelné příslušenství) pro pneumatické chapadlo.			

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 POPIS CELÉHO PRACOVÍŠTĚ (MPS® 202 - ROBOTICS)

Na tomto místě udělám stručný popis pracoviště, na kterém se bude má diplomové práce realizovat. Toto pracoviště se skládá ze dvou samostatných částí spojených v jeden celek. Obě dvě tyto stanice byly již jednou popsány Ing. Lubomírem Šiškou, ale z důvodu lepšího pochopení této práce jsem zde uvedl popis svůj. Tato práce je zaměřená na offline programování a proto používám k popisu pracoviště obrázky z programu COSIMIR ROBOTICS, ve kterém jsem pracoval a simuloval prvotní programy.

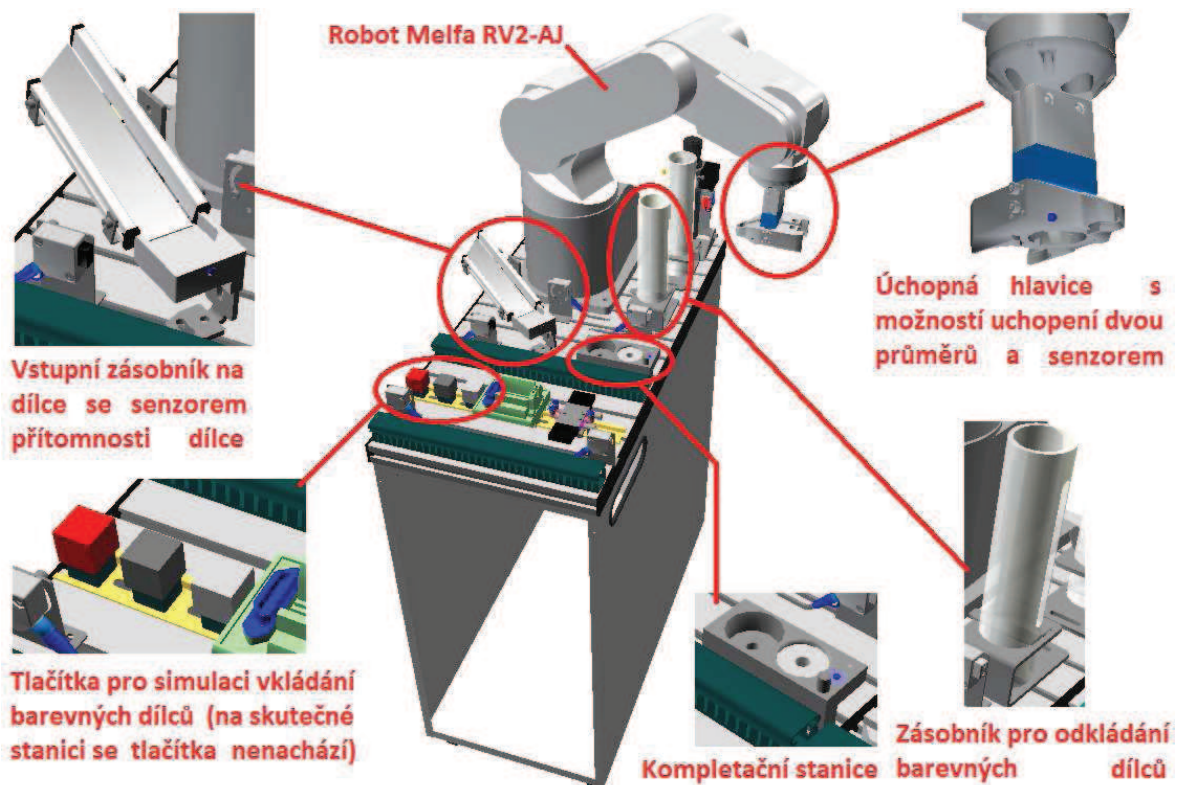
Na následujícím obrázku je zobrazena sestava stanice s robotem Melfa RV-2AJ (stůl vlevo) a k ní připojená montážní stanice (pravý stůl).



Obr. 64: Celé pracoviště MPS®202 - ROBOTICS

3.1 STANICE S ROBOTEM MELFA RV-2AJ

Základem této stanice je stůl (vozík), který umožňuje přesun celé této stanice pomocí koleček. Na horní části tohoto vozíku je umístěna deska s T-drážkami a dalšími otvory pro přišroubování všech částí této stanice. Jedná se zejména o samotného robota Melfa RV-2AJ osazeného pneumaticky ovládanou uchopovací hlavici, vstupní zásobník osazený senzorem přítomnosti dílce, kompletační stanicí a dva odkládací zásobníky. Kromě těchto hlavních částí se zde nachází také přívod stlačeného vzduchu, senzory pro zjišťování přítomnosti dalších stanic, rozvodné ventily pro ovládání uchopovací hlavy a krytý elektrický rozvod. Stanici jako celek je možno složit více způsoby a dle potřeby upravovat rozmístění jednotlivých částí.



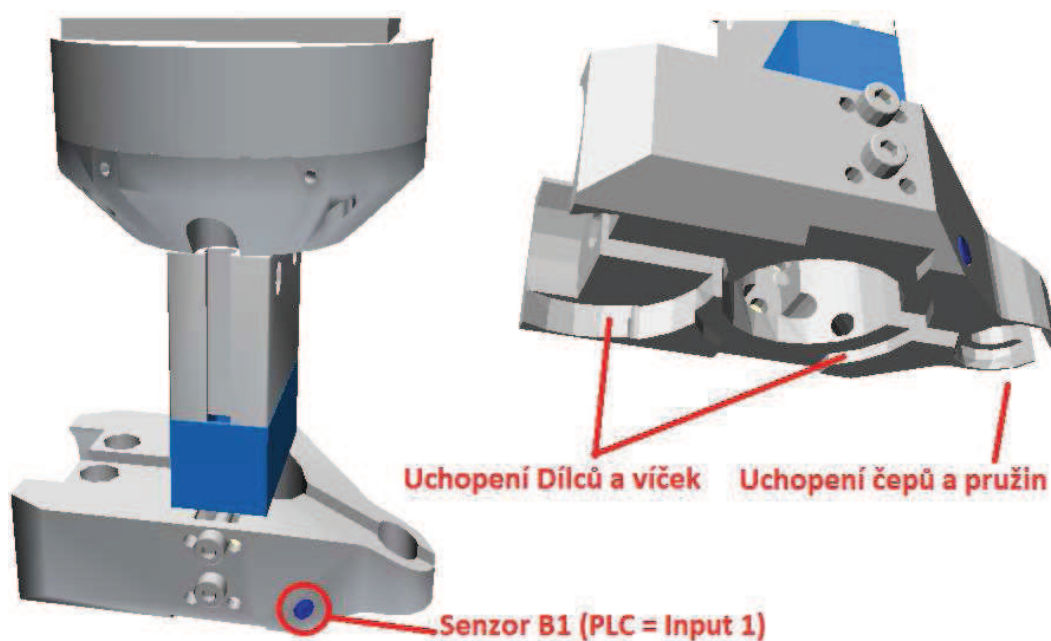
Obr. 65: Stanice s robotem Melfa RV-2AJ – ukázka nejdůležitějších částí

3.1.1 Robot Melfa RV-2AJ

Srdcem tohoto pracoviště je Robot Melfa RV-2AJ, který je připojen na řídicí jednotku. Ovládání tohoto robota je možné přes řídicí jednotku pomocí počítače, nebo pomocí ovládacího panelu. Pokud jsou v řídicí jednotce nahrány programy, je možné je spouštět bez připojení k PC.

3.1.2 Úchopná hlavice

Úchopná hlavice, která je použita na tomto pracovišti, je uzpůsobena pro práci s plastovými dílci, plastovými či kovovými čepy (pístky), pružinami a víčky, které jsou v laboratoři k dispozici. Dále tato hlavice může uchopit například kužel pro vystředění dílů, nebo například tužku či propisku.



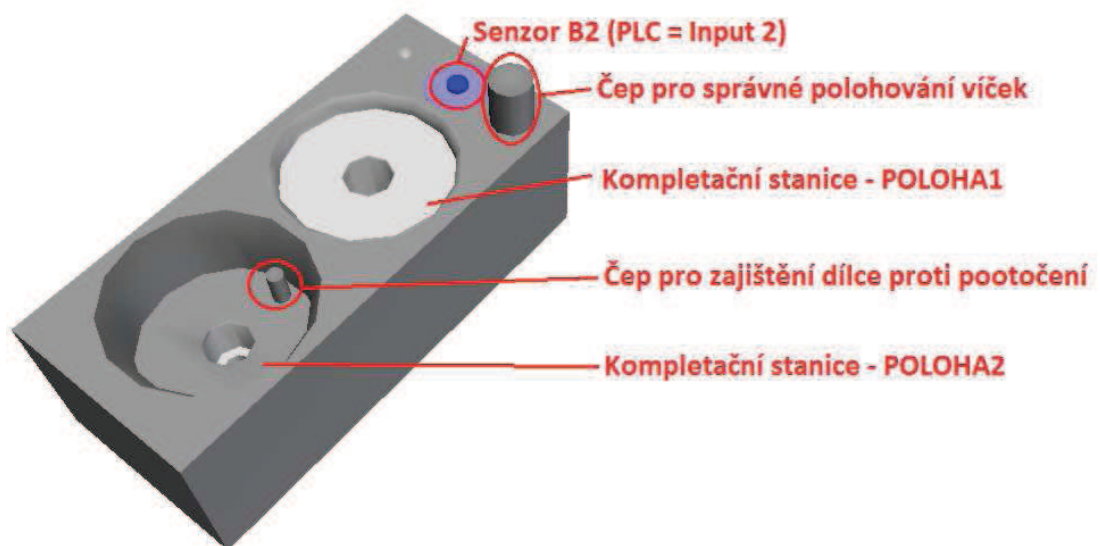
Obr. 66: Úchopná hlavice

Pro uchopení plastových dílců a víček jsou určeny dvě pozice. Pozice na kraji uchopovací hlavy slouží pro odebrání a pokládání dílů na hůře dostupných místech, kde by bylo složité či nemožné se střední částí dostat. Pozice uprostřed uchopovací hlavy slouží ke správné detekci otvorů (u dílců) a drážek (u víček), které jsou důležité pro správné ustavení dílců na kompletační stanici a šroubování víček. Pro uchopení čepů a pružin je určena užší část uchopovací hlavy. Tato část se skládá ze dvou odstupňovaných průměrů. Větší průměr se používá pro uchopení pružin, menší pro uchycení čepů, tužky či propisky.

Na této hlavici se dále nachází optický senzor B1, který má v PLC (Programovatelný logický automat) přiřazen **Input 1**. Tento senzor se pohybuje spolu s hlavou a je ho proto možné použít při více operacích. Jedná se například o zjišťování přítomnosti součástky před jejím uchopením, dále je možné sledovat stav zaplnění zásobníku, kontrolu výšky součásti atd. Nevýhodou je však fakt, že u kontrolované součásti musí být dostatek místa pro příjezd celé uchopovací hlavy.

3.1.3 Kompletační stanice

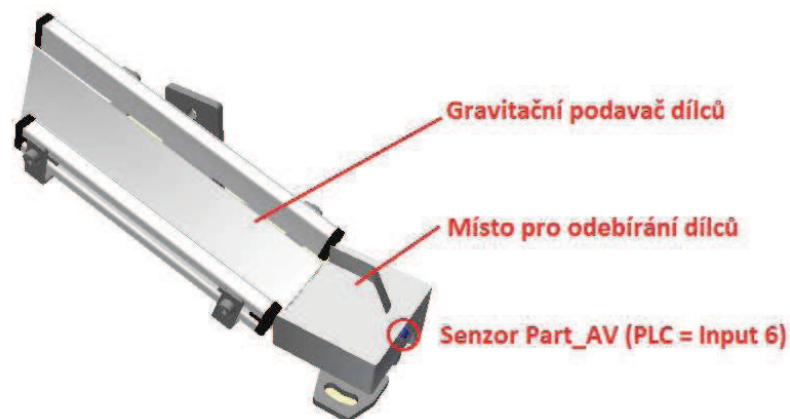
Kompletační stanice, už podle názvu, slouží k sestavení jednotlivých částí do určité sestavy. Tato stanice se skládá ze dvou různě hlubokých otvorů, dvou čepů a senzoru B2. Otvor o malé hloubce označený jako POLOHA1 je určen pro odkládání plastových dílů. Díly se zde odkládají z důvodu kontroly jejich výšky (černé dílce jsou nižší, než červené a stříbrné), nebo kvůli přechycení jinou částí uchopovací hlavy. Otvor o větší hloubce označený POLOHA2 je opatřen čepem, který zamezuje pootočení dílců během případného šroubování víček na tyto dílce. Senzor B2 slouží ke zjištění otvoru na spodní straně dílců a tím správnému ustavení do POLOHY2. V PLC je této senzor označen **Input 2**. Větší čep, který se nachází v blízkosti senzoru, slouží pro správné polohování víček. Senzor v tomto případě zjišťuje polohu drážek pro zašroubování.



Obr. 67: Kompletační stanice

3.1.4 Vstupní zásobník

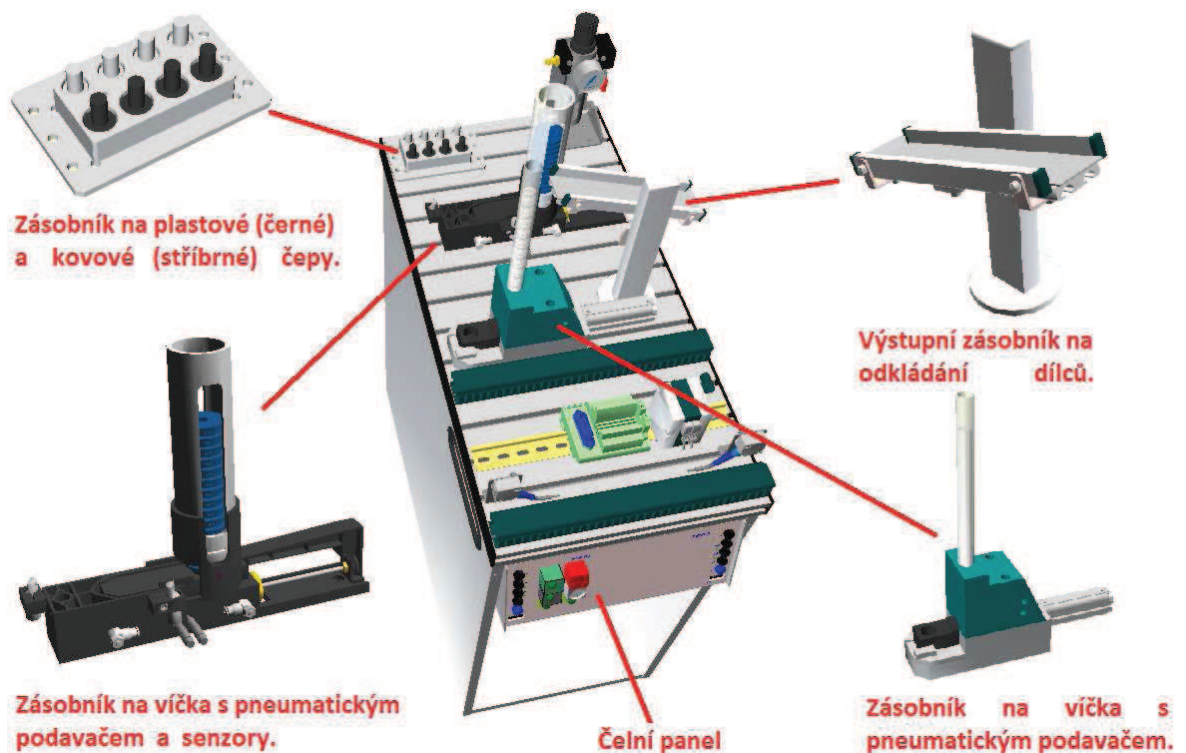
Tento zásobník je tvořen nakloněnou rovinou, která plní funkci gravitačního podavače plastových dílců. Pokud je z místa pro odběr tento dílec odebrán, sklouzne na toto místo další díl v pořadí. Místo pro odběr je sledováno senzorem zjišťující přítomnost dílce. V PLC je tento senzor označen **Input 6**. Díky tomuto senzoru je možné v programu vytvořit potřebné podmínky.



Obr. 68: Vstupní zásobník

3.2 MONTÁŽNÍ STANICE (ASSEMBLY STATION)

Základ této stanice je velice podobný stanici s robotem. Opět je zde možné části této stanice složit více způsoby a dle potřeby upravovat rozmístění jednotlivých částí. Hlavní částí této stanice je zásobník s plastovými a kovovými čepy, výstupní zásobník, dva pneumaticky ovládané zásobníky (zásobník na pružiny a na víčka) a čelní panel. Kromě těchto hlavních částí se zde nachází také přívod stlačeného vzduchu, senzory pro zjišťování přítomnosti dalších stanic, rozvodné ventily pro ovládání pneumatických podavačů a krytý elektrický rozvod.



Obr. 69: Montážní stanice

3.2.1 Zásobník s čepy

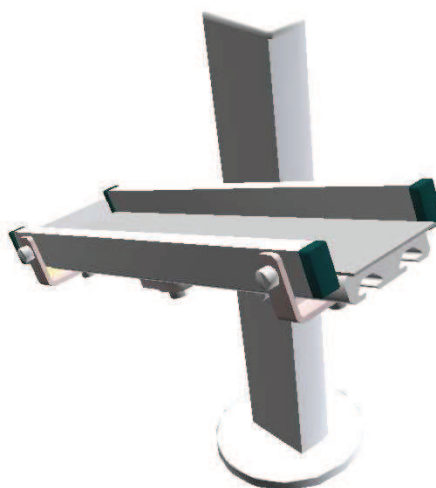
Tento zásobník je tvořen základní deskou, která je pevně přišroubovaná k montážní stanici a v této desce je otvor pro vložení palety. Paleta je tvořena čtyřmi menšími a čtyřmi většími otvory. Tyto otvory jsou pak osazeny plastovými (černými) a kovovými (stříbrnými) čepy (pístky). Černé pístky, které jsou větší, jsou určeny do červených a stříbrných plastových dílců, zatímco čepy stříbrné jsou určeny do dílců černých. Uchopovací průměr je u obou typů čepů stejný.



Obr. 70: Celý zásobník s čepy vlevo, paleta se dvěma čepy vpravo

3.2.2 Výstupní zásobník

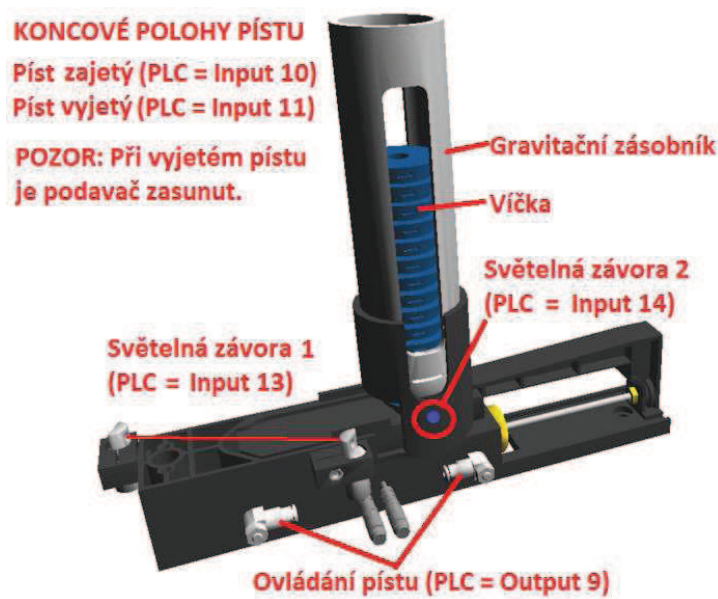
Tento zásobník, který je tvořen nakloněnou rovinou, slouží k odložení několika dílů či sestav, se kterými se již nebude pracovat. Odložené předměty, které se nacházejí na spodní části zásobníku, jsou pro robota Melfa RV-2AJ již daleko a není proto možné je z tohoto zásobníku již odebrat. Nevýhodou tohoto zásobníku je, že zde chybí senzor, který by ukazoval, že je tento zásobník zaplněný. Je proto vhodné zkoumat zaplnění pomocí senzoru B1 umístěného na pracovní hlavici.



Obr. 71: Výstupní zásobník

3.2.3 Zásobník na víčka

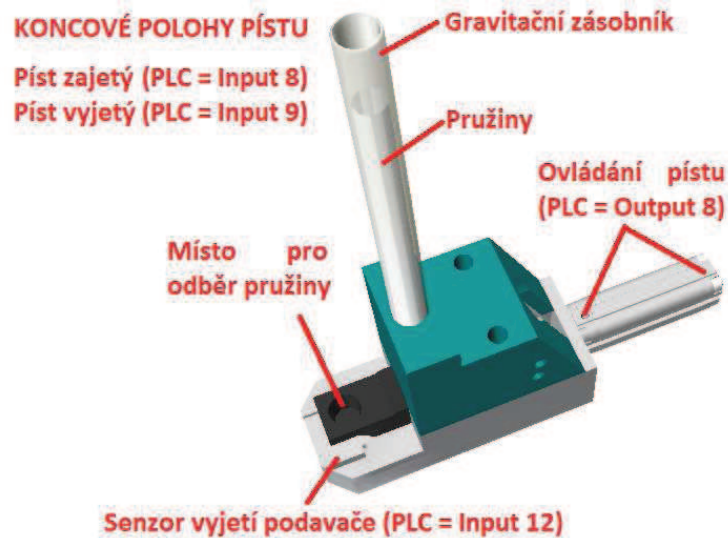
Tento pneumatický zásobník je určen pro postupné zásobování výstupního místa zásobníku víčky, které jsou následně pomocí úchopné hlavice z tohoto místa odebírány. Tento zásobník se skládá z válcového zásobníku naplněného víčky, pneumatického podavače a několika senzorů. Víčka ve válcovém zásobníku jsou svou vlastní vahou vertikálně dopravovány na místo, kde je možné toto víčko vodorovně posunout na místo pro odběr. Toto místo je sledováno světelnou závorou 2 (PLC = **Input 13**) a je proto možné zjistit, zda se na tomto místě víčko skutečně nachází. Na principu světelné závory pracuje i další senzor (PLC = **Input 14**), který je umístěn na dně válcového zásobníku. Touto světelnou závorou 2 je možné zjistit, zda je v zásobníku k dispozici další víčko. (Toto je možné ověřit pouze v případě, že je pneumatický podavač zasunut = píst je vysunut). K zjišťování koncových poloh pístu je možno využít senzory **Input 10** a **Input 11**. Pro ovládání pneumatického pístu je pak v PLC použito příkazu **Output 9**.



Obr. 72: Zásobník na víčka

3.2.4 Zásobník na pružiny

Tento zásobník, stejně jako zásobník na víčka, slouží k postupnému zásobování výstupního místa pružinami, které jsou následně pomocí robota odebírány. Pružiny jsou umístěny ve válci, kde jsou drženy pomocí dávkovače. Tento dávkovač zajišťuje, aby byly pružiny dodávány do výstupního místa po jedné.

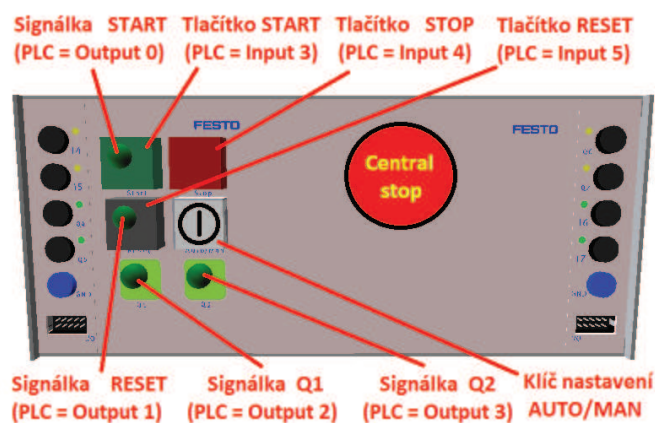


Obr. 73: Zásobník na pružiny

Pokud je pístnice pneumatického válce vysunuta (PLC = **Output 8**), vysune se podavač pružin a zároveň dávkovač vpustí jednu pružinu do prostoru nad vysunutým podavačem. Po zasunutí podavače tato pružina spadne do otvoru, kde je držena magnetem ve správné poloze a může být vysunuta. K zjišťování koncových poloh pístu je možno využít senzory **Input 8** a **Input 9**. Jako poslední se na této stanici nachází mechanický taktilní snímač, který zjišťuje, zda je podavač vysunut. Pro tento snímač je v PLC použit **Input 12**.

3.2.5 Čelní panel

Jedná se o panel umístěný na čelní straně montážní stanice, který je připojen k PLC. Tento panel je složen ze čtyř tlačítek, přepínače AUTO/MAN, čtyř signálek a Tlačítka pro nouzové zastavení CENTRAL STOP. Dále se na tomto panelu nacházejí konektory pro připojení dalších vstupů a výstupů.



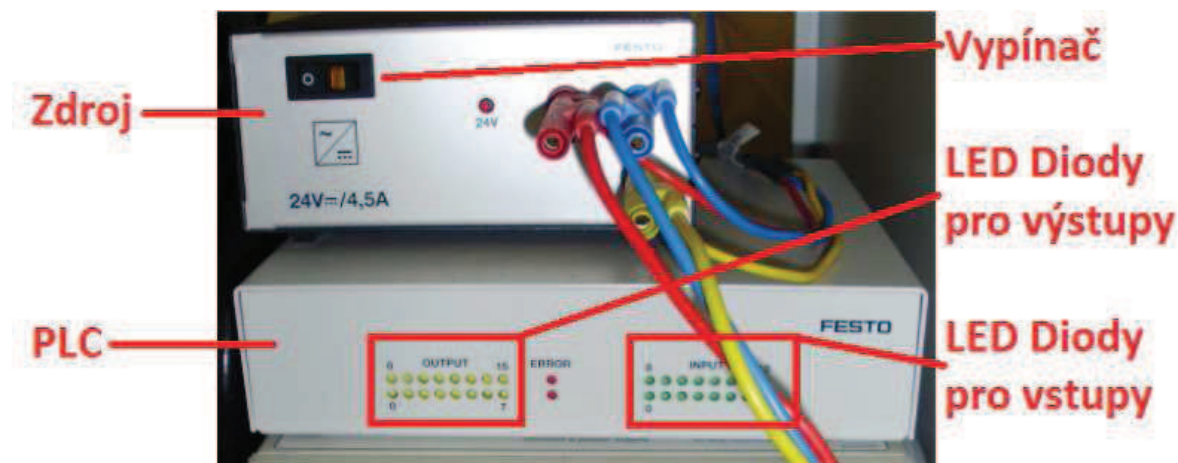
Obr. 74: Zásobník na pružiny

Tlačítka START (PLC = **Input 3**) a RESET (PLC = **Input 5**) mají v levém horním rohu Signálky START (PLC = **Output 0**) a RESET (PLC = **Output 1**). Signálky i tlačítka je možné ovládat nezávisle na sobě, ale pro přehlednost je vhodné signálkou označit tlačítko, které je potřeba zmáčknu pro provedení určité operace. Dalším tlačítkem na montážní stanici je tlačítko STOP (PLC = **Input 3**), které je řešeno jako rozpínací. Posledním tlačítkem na tomto panelu je tlačítko CENTRAL STOP, které slouží k rychlému ukončení běhu programu a tím k zabránění kolize, či úrazu.

Kromě dvou Signálek, které jsou zabudovány v tlačítkách START A RESET jsou zde ještě další dvě signálky. První signálka Q1 má v PLC přiřazenu hodnotu **Output 2** a druhá s označením Q2 má hodnotu **Output 3**. Tyto signálky je vhodné použít jako signalizaci chyby, nebo například jako upozornění na chybějící dílec v zásobníku.

3.3 Popis použitého PLC a seznam vstupů a výstupů

Nedílnou součástí tohoto pracoviště je i PLC. Tento programovatelný logický automat je relativně malý průmyslový počítač používaný, který se používá pro automatizaci procesu v reálném čase. Charakteristické je pro PLC, že se program vykonává v cyklech.



Obr. 75: PLC a zdroj

PLC použité u pracoviště MPS® 202 - ROBOTICS je zapojeno na zdroj 24V= /4,5A. Pokud není tento zdroj zapnut, PLC nebude fungovat. Tento programovatelný logický automat je vybaven šestnácti digitálními vstupy a šestnácti digitálními výstupy. Každý tento vstup a výstup je pak opatřen LED diodou, kde je možné sledovat, které vstupy (zelené) či výstupy (žluté) jsou aktuálně vypnuté či zapnuté. Dále se zde ještě nachází dvě červené LED diody, které upozorňují na případnou chybu.

Simulovaná stanice však toto PLC přímo neobsahuje. V programu COSIMIR® ROBOTICS je proto PLC nahrazeno modulem S7, která programově simuluje vstupy i výstupy a zároveň se stará o simulování senzorů.

Program COSIMIR® INDUSTRIAL však tuto funkci nemá. Některé vstupy a výstupy jsou simulovány pomocí podmínek, jiné však nefungují a je potřeba je simulovat například přidáním simulovaných tlačítek, nebo přepínačů.

Na tomto místě jsou uvedeny dvě tabulky. Jedná se o tabulku vstupů a tabulku výstupů. V těchto tabulkách je vždy uvedeno číslo vstupu/výstupu, jeho označení a také popis daného portu. Informaci o aktuální hodnotě vstupu lze získat příkazem $M_in(X)=Y$, kde X je číslo vstupu a Y je binární hodnota 0, nebo 1. Tyto příkazy je možno použít pro definici podmínek v programu. Výstupy je možné ovládat pomocí příkazu $M_out(X)=Y$, kde X je číslo výstupu a Y je opět binární hodnota 0, nebo 1. Těmito příkazy je možné zasouvat a vysouvat pneumatické podavače a rozsvítit či zhasnout signálky na čelním panelu.

Tabulka 4: Vstupy PLC

Vstup	Označení	Popis
0	EM_Stop	Emergency Stop
1	B1	Senzor umístěný na boku uchopovací hlavice (více použití)
2	B2	Senzor na kompletační stanici (pro ustavování dílců a víček)
3	START	Tlačítko start na čelním panelu – možno definovat dle potřeby
4	STOP	Tlačítko stop na čelním panelu (rozpínací) – možno definovat
5	RESET	Tlačítko reset na čelním panelu – možno definovat dle potřeby
6	PART_AV	Senzor na vstupním zásobníku (zjištění přítomnosti dílce)
7	AUTMAN	Přepínání Automatického/Manuálního ovládání
8	PRUZ_ZAJ	Senzor koncové polohy zaseté pístnice na podavači pružin
9	PRUZ_VYJ	Senzor koncové polohy vyjeté pístnice na podavači pružin
10	VIC_VYJ	Senzor koncové polohy zaseté pístnice (vyjetého podavače) víček
11	VIC_ZAJ	Senzor koncové polohy vyjeté pístnice (zasetého podavače) víček
12	PRUZ_SEN	Mechanický senzor, který snímá, zda je k dispozici pružina
13	SV_ZAVOR	Senzor (rozpínací) pro zjištění, zda je připraveno víčko pro odběr
14	VICK_ZAS	Senzor (rozpínací) pro zjištění, zda je připraveno další víčko
15	IP_FI	Senzor pro zjištění přítomnosti jiné stanice (montážní stanice)

Tabulka 5: Výstupy PLC

Výstup	Označení	Popis
0	START_S	Signálka v levém horním rohu tlačítka start na čelním panelu
1	RESET_S	Signálka v levém horním rohu tlačítka reset na čelním panelu
2	Q1_LED	Signálka s označením Q1 na čelním panelu – možno definovat
3	Q2_LED	Signálka s označením Q2 na čelním panelu – možno definovat
8	PRUZ_ZAS	Ovládání VYSUNUTÍ a ZASUNUTÍ zásobníku s pružinami
9	VICK_ZAS	Ovládání VYSUNUTÍ a ZASUNUTÍ zásobníku s víčky
15	IP_N_FO	Vysílače, který komunikuje se senzorem stanice s robotem IN_FI

4 POUŽITÝ SOFTWARE

Spolu se stanicí s Robotem MELFA RV-2AJ a montážní stanicí byly pro potřeby výuky dodány dva software. Prvním softwarem je COSIMIR® ROBOTICS V4.2 a druhým je COSIMIR® INDUSTRIAL V4.2. Podrobný popis programu a práce s programem COSIMIR® INDUSTRIAL byla zpracována panem Ing. Lubomírem Šiškou v jeho diplomové práci. Z tohoto důvodu budu popisovat převážně software COSIMIR® ROBOTICS. Při popisu se zaměřím hlavně na rozdíly mezi těmito softwary.

Další verzí tohoto softwaru je COSIMIR® PROFESSIONAL, který bohužel není ve škole k dispozici. Dle mého názoru se tak škola připravuje o využití dalších možností práce na robotu Melfa RV-2AJ a montážní stanice.

Plná verze tohoto programu je jakousi vylepšenou verzí programu COSIMIR® INDUSTRIAL. Předností tohoto Software je možnost simulování pracovního procesu s využitím senzorů, které u verze COSIMIR® INDUSTRIAL nefungovalo. Dále tato verze obsahuje rozšířenou verzi knihovny různých robotů, nástrojů, dopravníků, řemenů a zásobníků. Velmi užitečné je také nahrávání 3D objektů z CAD aplikací. Další výhodou jsou možnosti nahrávání kompletních pracovišť z dostupných příkladů. Verze COSIMIR® INDUSTRIAL žádné příklady neobsahuje.

Trial verze COSIMIR® PROFESSIONAL je ke stažení na stránkách FESTA. Tato třiceti denní verze zahrnovala ukázky několika stanic s robotem a jejich simulace. Doba simulace je však časově omezena na 3 minuty, stejně jako doba běhu tohoto programu 25 minut. Po určitých časových intervalech se objevují tabulky, kde je napsané, že se program za určitý časový limit vypne. Hodně funkcí není taktéž k dispozici. Dalo by se proto říci, že je tato trial verze ještě více omezena, než program COSIMIR® ROBOTICS.

4.1 COSIMIR® ROBOTICS

Tento software je určen pro simulaci pohybů robota, popřípadě více robotů. Je zde možné vymodelovat celé pracoviště včetně všech překážek a hlavně senzorů. Pomocí takto vytvořeného pracoviště je možné simulovat pohyb reálného robota v interakci s okolím. Jedná se zejména o zjišťování kolizí, ověřování dostupnosti určitých poloh, správné funkčnosti senzorů atd. Výsledky těchto simulací pomáhají při výběru robota, úpravě

programů, úpravě pozic, zrychlení pracovního cyklu atd. Díky těmto výsledkům je možné již v průběhu plánování pracoviště předejít mnoha chybám a tím ušetřit nemalé výdaje.

Hlavní nevýhodou tohoto software je fakt, že se jedná o verzi pro výukové účely, která je značně omezena. Jedná se hlavně o tyto omezení:

- Blokování ukládání modelu pracoviště
- Blokování kopírování programu pro ovládání robota do schránky Windows a tudíž nemožnost přenesení tohoto programu do textového editoru.
- Blokování kopírování seznamu pozic robota do schránky Windows a tím nemožnost přenesení tohoto programu do textového editoru.
- Není možnost připojit počítač k řídicí jednotce robota, a proto je možné pouze program simulovat OFF-LINE.

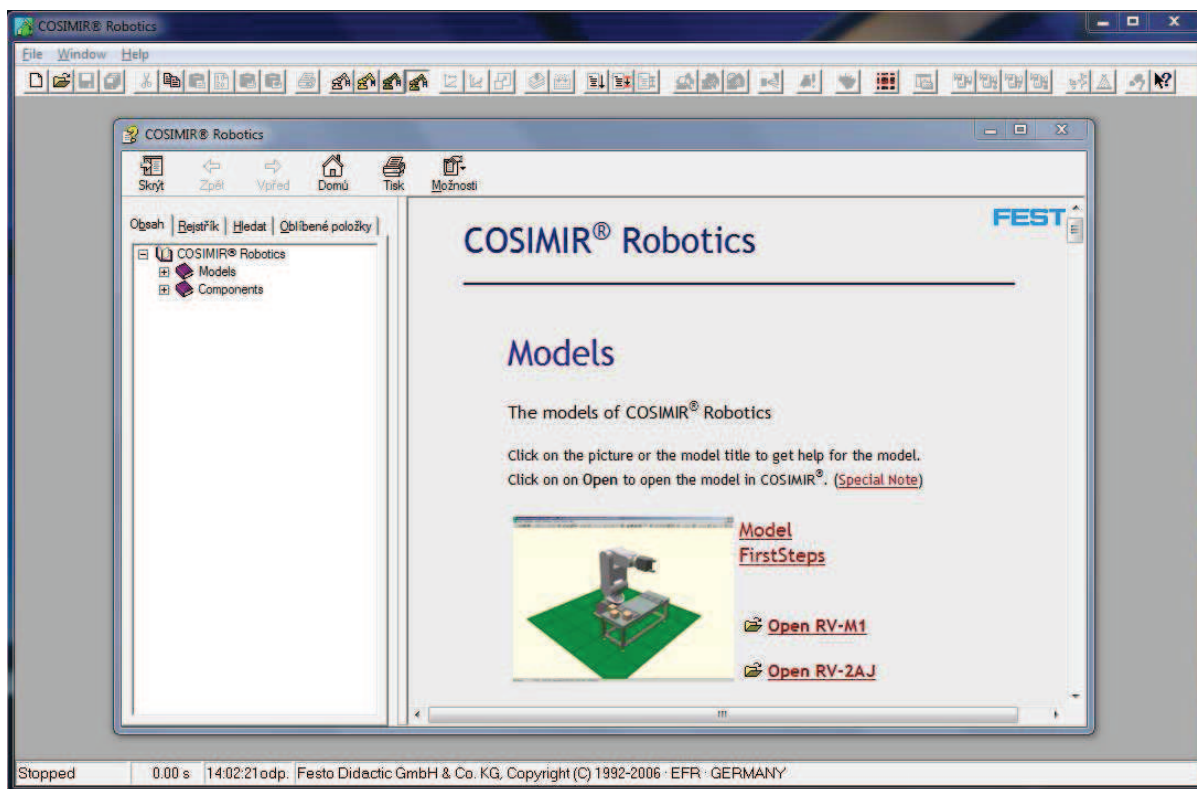
I přes tyto nevýhody je COSIMIR® ROBOTICS velmi vhodný pro výuku OFF-LINE programování. Tento software je možné použít na více počítačích bez nutnosti použití HW klíče, který vyžaduje verze COSIMIR® INDUSTRIAL. Není proto problém aby s ním pracovalo více osob. Další výhodou je fakt, že při spuštění tohoto programu se otevře i okno s modely, kde je možno si vybrat jeden ze čtyřiceti přednastavených pracovišť. Tyto pracoviště mají sloužit k pochopení toho, co vše lze s tímto softwarem modelovat a dále pochopit způsob programování.

Jak zde bylo již jednou psáno, tak tento program podporuje i různé druhy senzorů a proto jsou veškeré simulace provádět i s těmito senzory. U software COSIMIR® INDUSTRIAL tyto senzory v simulaci nefungují, kvůli tomu, že je tato verze určena hlavně pro propojení s řídicí jednotkou robota.

V programu COSIMIR® ROBOTICS, stejně jako ve verzi COSIMIR® INDUSTRIAL, je pro programování možno použít programovací jazyk MELFA-BASIC (III, IV), nebo Movemaster Command. Z důvodů navazování této práce na práci Ing. Lubomíra Šišky jsem si pro práci zvolil taktéž programovací jazyk MELFA-BASIC IV.

4.1.1 Popis práce s programem

Po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS se v pozadí otevře okno programu a zároveň se v popředí otevře nápověda na stránce s příklady modelů „Models.“



Obr. 76: Stav po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS

Nyní jsou zde tři možnosti, jak pokračovat. První možností je vybrat ze seznamu modelů určitý model, se kterým se bude následně pracovat. Druhou možností je zavření okna nápovědy a následné vytvoření vlastního modelu. Poslední možností je pak taktéž zavření okna nápovědy a následného načtení modelu z určitého místa.

MOŽNOST PRVNÍ – využití nabízených modelů:

Pro praktičnost bude tato skutečnost popisována na modelu stanice MPS® 202 - ROBOTICS, který je zde nazván MPS-RobotAssemblyStation.

V seznamu modelů je potřeba si najít tuto stanici. Pokud kliknete na obrázek, nebo na název modelu, otevřou se tímto podrobnosti tohoto modelu. Na této stránce se pak nachází další podrobnosti.

Pro představu je zde uvedu i s popisem co která možnost znamená. Jsou zde například **Know-how** (Informace o tom, jak provádět různé operace), **Description of the workcell** (Popis pracovního prostoru), **Components of the workcell** (Části pracovního prostoru), **I/O Connections of the workcell** (Vstupy a výstupy použité v pracovním prostoru) a **Programming** (Programování – důležité informace o programu). Jako další zde bývají uvedeny poznámky.



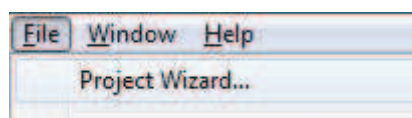
Obr. 77: Výběr typu modelu

Pokud je v tomto okamžiku kliknuto na obrázek, spustí se video, na kterém je tato stanice simulována. Předpokladem pro spuštění videa je nainstalování správných kodeků. Videa jsou totiž ve video formátu *.AVI.

Nyní je možno přistoupit k samotnému spuštění pracovního prostředí se stanicí MPS-RobotAssemblyStation. Toho je možné dosáhnout kliknutím na jedno z odkazů „Open.“ Pro PLC verze jsou používány Open a Open (Light), kde Open (Light) otevře stanici pouze s nejdůležitějšími prvky. Tyto odkazy odkazují na soubory s příponou *.MOD. Pokud by byl k této příponě přiřazen jiný Software, mohlo se stát, že by se tento soubor pokoušel otevřít jiný program. (Přípona *.MOD je totiž někdy používána jako zvukový modul). Řešení tohoto problému je uvedeno u třetí možnosti.

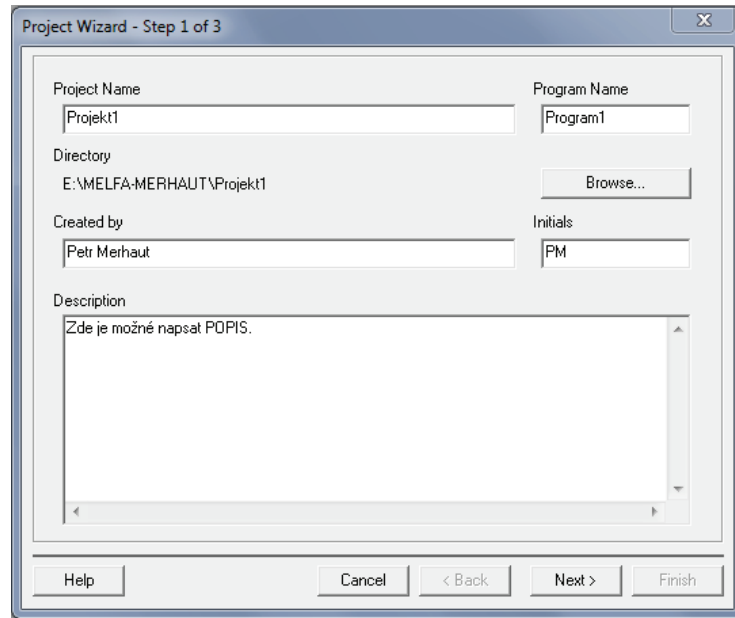
MOŽNOST DRUHÁ – vytvoření nového projektu:

Pro vytvoření nového projektu je napřed potřeba zavřít, či minimalizovat okno s nápovědou. Tímto se ocitnete v hlavním okně programu COSIMIR® INDUSTRIAL. Zde je potřeba kliknout na FILE a z roletové nabídky vybrat první možnost Project Wizard.



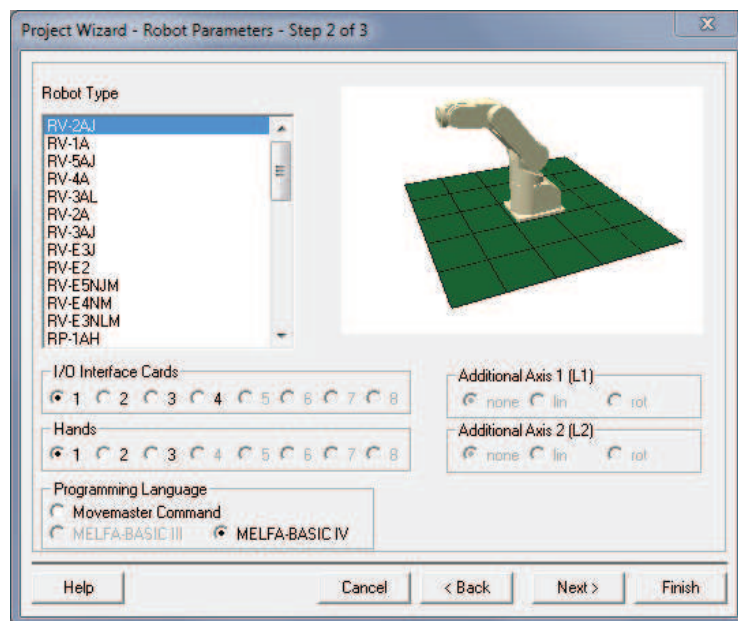
Obr. 78: Vytvoření nového projektu

Po spuštění „Project Wizard“ se otevře okno, kde se nastavují základní parametry. Jedná se o Project Name (Jméno projektu), Program Name (Jméno programu), složku do které se bude projekt ukládat, dále Created by (Jméno tvůrce) a Initials (Iniciály tvůrce). Je zde možno vložit také popis do kolonky Description.



Obr. 79: Project Wizard – Step 1 of 3

Zmáčknutím Next (dále) se přepnete do okna nastavení Robot Type (typ robota) RV-2AJ a Programming Language (programovací jazyk) MELFA-BASIC IV. Další nastavení jsou výukové účely nepodstatné, proto je možné zmáčknout tlačítko Finish (dokončit).



Obr. 80: Project Wizard – Step 2 of 3

MOŽNOST TŘETÍ – načtení vybraného projektu z určitého adresáře na disku:

Pokud je potřeba načíst projekt z určitého umístění, nebo se Vám nepovedlo spustit soubor s příponou *.MOD modelů nabízených v nápovědě, otevřete projekt pomocí FILE a z roletové nabídky vybrat možnost Open. Nyní je možné otevřít projekt s příponou *.MOD z libovolného umístění.

Pokud byla instalace software COSIMIR® ROBOTICS zvolena defaultně, tak se vzorové modely s příponou *.MOD se nachází:

C:\Program Files\Didactic\Cosimir Robotics.en\Models***\Model - Pro Windows x86

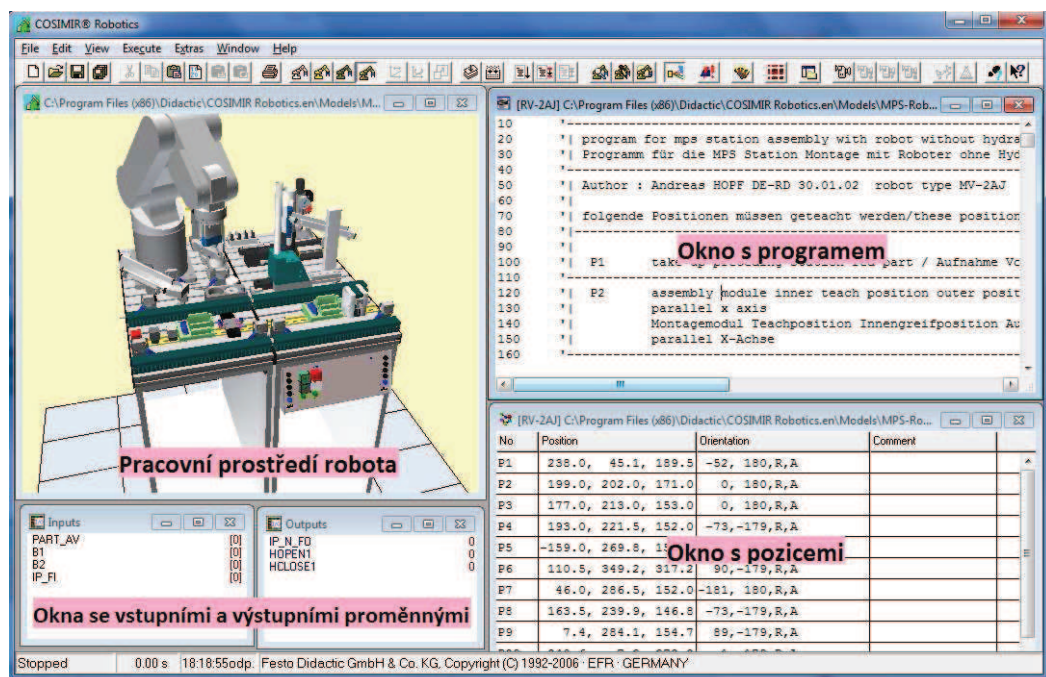
C:\Program Files (x86)\Didactic\Cosimir Robotics.en\Models***\Model - Pro Win. x64

Kde *** jsou názvy modelů, které je potřeba si předem zjistit z nápovědy.

Další možností jak zajistit otevírání souboru *.MOD pouze programem COSIMIR® ROBOTICS a předejít tak problémům s otevíráním je změnit v nastavení Windows výchozí program pro tento typ souboru.

4.1.2 Popis pracovního prostředí programu

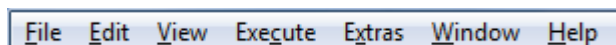
Je-li použita kterákoli z popisovaných metod, otevře se pracovní prostředí programu, které by mělo obsahovat části, které budu následně popisovat.



Obr. 81: Pracovní prostředí programu

Program COSIMIR® ROBOTICS se v pracovním prostředí velmi podobá programu COSIMIR® INDUSTRIAL, který byl dosti podrobně popsán panem Ing. Lubomírem Šiškou, proto se zde zaměřím na popis pracovního prostředí pouze okrajově.

4.1.2.1 Základní menu



Obr. 82: Základního menu

Jedná se o menu, ve kterém se nachází všechny nastavení a možnosti tohoto programu. Po kliknutí na položky základního menu se otevře roletové menu. Důležité je vědět, že některé nabídky fungují pouze, když jsou aktivní určitá okna. (příklad: Execute/Compile fungují pouze tehdy, když je jako aktivní okno s programem) Procházení nabídek je však někdy velmi zdlouhavé a proto jsou nejčastěji používané funkce umístěny pod tímto menu jako ikony v panelu nástrojů.

4.1.2.2 Panel nástrojů










Ikony v panelu nástrojů usnadňují přístup k nejčastěji používaným příkazům a možnostem programu. Je velice efektivní právě tyto ikony, protože ušetří dost času při prohledávání základního menu. Ještě efektivnější je používání klávesových zkratk, které však uvádět nebudu. Tyto zkratky popisoval již Ing. Lubomír Šiška ve své práci a dle mého názoru není důvod se tyto zkratky učit, pokud s programem nepracujete každý den.



Obr. 83: Panely nástrojů - nahoře z CR, dole z CI

Jak je z obrázků zřejmé, tak v programech COSIMIR® ROBOTICS a COSIMIR® INDUSTRIAL je hodně ikon v panelu nástrojů totožných a slouží ke stejnému účelu. Červeně podtržené jsou ikony, které jsou v programech jiné. Nejhlavnějším rozdílem je fakt, že programu COSIMIR® ROBOTICS, který není určen k připojení k robotovi, chybí příkazy, které mají na starosti komunikaci s řídicí jednotkou.

Tabulka 6: Popis ikon v panelu nástrojů – část 1

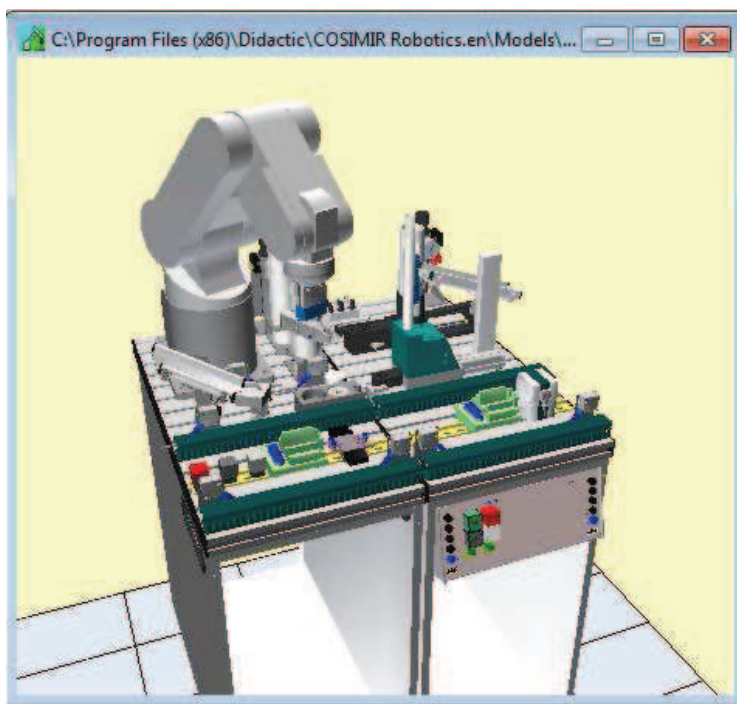
	<p>Tato skupina ikon slouží k práci se soubory použitými v programu COSIMIR® ROBOTICS. Jedná se o ikony NEW (Nový – vytvoří nový soubor – na výběr je více typů souborů *.PSL, *.POS, *.MB4, *.PGM, *.IRL, *.MRL, *.MBA), OPEN (Otevřít – otevře již existující soubory – typy souborů stejné jako u NEW a navíc je zde ještě možnost otevřít soubory *.MOD, *.S5D, *.S5, *.S7P), SAVE (Uložit – uloží aktuálně aktivní okno) a SAVE ALL (Uložit vše - v této verzi programu nefunguje kvůli nemožnosti uložit Workcell).</p>
	<p>Tyto ikony slouží k práci s textem. Jedná se o ikony CUT (Vyjmutí - vyjme část textu a uloží ho do dočasné paměti – předchozí záznam v dočasné paměti je vymazán), COPY (Kopírování – přesun části textu do dočasné paměti), PASTE (VLOŽENÍ - Vloží obsah dočasné paměti na označené místo aktivního okna.</p>
	<p>RENUMBER - umožňuje přečíslovat označené řádky programu, nebo seznam pozic. V dialogovém okně je možné nastavit počátek číslování a velikost kroku.</p>
	<p>INSERT POSITION (Vložit pozici) – vloží do seznamu pozic nový řádek s aktuální pozicí na simulovaném robotu. ACCEPT POSITION (Potvrdit pozici) – nahradí aktuálně označenou pozici v seznamu pozic aktuální pozicí na simulovaném robotu.</p>
	<p>PRINT (Tisk) – Otevře se dialogové okno, kde je možné nastavit, co vše se má vytisknout. (Úvodní stranu, Popis, Program, Seznam pozic, O/I konfigurace atd.)</p>
	<p>WIREFRAME (Drátový model) – přepne vzhled okna pracovního prostředí na drátový model. FILLED (Vyplnění ploch) – přepne vzhled okna pracovního prostředí na plochy. FLAT-SHADED (Jednoduché stínování) – přepne vzhled na okna pracovního prostředí na jemné stínování všech objektů SMOOTH-SHADED (Hladké stínování) – přepne vzhled okna na hladké vystínované povrchy</p>
	<p>MOVE (Posuv) – slouží k posouvání předmětů pracovního prostředí. ROTATE (Rotace) – slouží k rotaci předmětů pracovního prostředí. ZOOM (Zvětšení/zmenšení) – změna velikosti předmětů pracovního prostředí. Tyto funkce pracují pouze při aktivním pracovním prostředí Workcell, pro vyšší efektivnost práce v pracovním prostředí je vhodné použít klávesové zkratky.</p>
	<p>COMPILE (Kompilace) - kompilování programu aktuálně spuštěného projektu. COMPILE+LINK (Kompilace + Linkování) – kromě kompilace se také linkuje program do IRdata kódu. V obou případech se objeví okno zpráv, kde je v případě chyby tato chyba popsána a je možno jí dle řádku v programu vyhledat.</p>
	<p>START - Pomocí tohoto příkazu je možné simulovat vytvořený program. Při běhu programu se zvýrazňují právě aktivní řádky programu - simulaci je pak možné přerušit ikonkou Stop, která se zobrazí po začátku simulace. Po zmáčknutí ikony Stop je možné příkazem NEXT STEP spouštět program po krocích. NEXT/PREVIOUS STEP (Další/předešlý krok) – slouží pro přesun robota v simulovaném prostředí na následující/předešlou pozici.</p>

Tabulka 7: Popis ikon v panelu nástrojů – část 2

	<p>MODEL EXPLORER ON/OFF (Zapnutí/vypnutí okna modelu) - toto okno slouží ke konfiguraci jednotlivých objektů pracovního prostředí.</p> <p>EDIT MODE ON/OFF (Zapnutí/vypnutí editace) - pokud je editace zapnuta, je například možné v okně pracovního prostředí odměřovat vzdálenosti, posouvat díly a označovat prvky, které se mají pomocí MODEL EXPLORERU editovat.</p>
	MODEL LIBRARIES (Knihovna modelů) – touto ikonou se spouští knihovna, která slouží k vkládání různých druhů robotů, zásobníků, apod. Přidáváním částí je možné sestavit celé pracovní prostředí, které nejvíce odpovídá skutečnosti.
	SENSOR SIMULATION (simulace senzorů) – Vypnutí/zapnutí simulace senzorů.
	COLLISION DETECTION (detekce kolizí)- Aktivace/deaktivace kontroly kolizí. Je možné vybrat jednotlivé objekty, či zvolit všechny najednou. V případě kolize je uživatel informován předem nastavenou formou.(Žádnou, Zastavením programu, výpisem kolidovaných součástí). Kontrola kolizí je velmi náročná a běh celého programu je rapidně zpomalen.
	VERTEX NORMALS (VYHLAZENÍ POVRCHŮ) – Touto ikonou se dají vyhladit povrchy vybraných součástí tak, aby byly realističtější při simulaci.
	TEXTURES (Textury)- Vypne/zapne textury. Pokud je v pracovním prostředí robota hodně objektů s přiřazenými texturami, je běh programu pomalejší.
	PROJECT MANAGEMENT (Management projektu) – slouží k nastavení cest k souborům daného projektu (Pozic, programu, dočasných souborů atd.). Je zde možno načíst soubor projektu *.PRJ.
	CAMERA CRUISE (Řízení pohledu kamery) - Ikony s kamerou slouží k automatickému pohybu pracovního prostředí během simulace.
	SURFACE TRAJECTORIES (Trajektorie povrchu) – díky této ikoně je možné definovat trajektorie pro obrábění tvarové plochy, nanášení barvy atd.
	PROCESS SIMULATION (simulace procesu) – touto ikonou je možné například nastavit barvu nanášené barvy na povrch tvarové plochy.
	S7 Program Manager (Manažer programu S7) – Simulace PLC v programu COSIMIR® ROBOTICS.
	CONTEXT HEPL (Nápověda) – Po kliknutí na tuto ikonu se u kurzoru zobrazí otazník, kterým je možno v programu cokoli vybrat a zobrazí se nápověda.

4.1.2.3 Okno pracovního prostředí robota (Workcell)

Toto okno je hlavní součástí celého projektu. Jsou zde umístěny všechny části simulovaného pracovního prostoru. V tomto případě se jedná o prostředí MPS® 202 – ROBOTICS (stanice s robotem a montážní stanice). Toto pracovní prostředí je možné dle libosti upravovat. K těmto úpravám slouží MODEL EXPLORER a MODEL LIBRARIES.



Obr. 84: Okno pracovního prostředí robota

Pro pohyb v pracovním prostředí se používají ikony MOVE (Posuv), ROTATE (Rotace) a ZOOM (Zvětšení/zmenšení). Pro větší efektivnost práce je vhodné používat klávesové zkratky. **Posuv** je ovládán SHIFT + LEVÉ tlačítko myši + pohyb myši žadáním směrem. **Rotace** je ovládána CTRL + LEVÉ tlačítko myši + pohyb myši žadáním směrem. Pro přiblížení a oddálení je použita zkratka CTRL + SHIFT + LEVÉ tlačítko myši + příčný či vodorovný posuv myši.

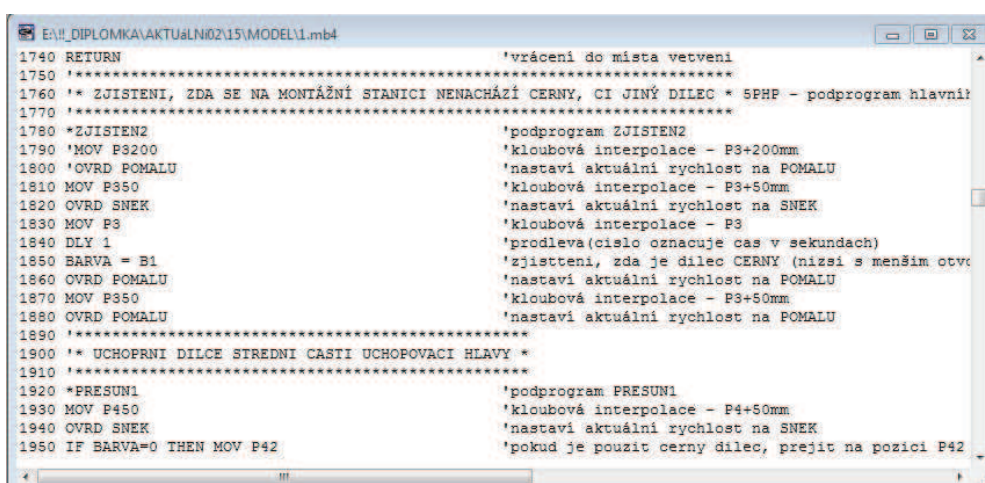
Pokud je do pracovního prostoru kliknuto pravým tlačítkem myši, zobrazí se okno, kde je možné si nastavit různé předdefinované pohledy, vykreslování (Rendering), a vlastnosti podlahy (Floor). Dalším velmi důležitým příkazem je EDIT a RESET WORKCELL. Tento příkaz slouží k vrácení simulovaného prostředí do původního stavu (před simulací běhu programu).

Důvodem tohoto modelování prostředí je možnost následné simulace pohybu robota s ostatními částmi a tím možnost zjištění případných problémů ještě před nahráním programu na skutečného robota. Nevýhodou tohoto software je, že tato verze bohužel nepodporuje ukládání takto vytvořených pracovišť – pro výukové účely se proto použije některý z modelů dodaných s tímto softwarem.

4.1.2.4 Okno s programem (MELFA-BASIC IV)

Při načtení okna pracovního prostředí robota by se zároveň, kromě tohoto okna, mělo otevřít i okno s programem. Pokud se toto okno neotevře, je možné ho otevřít pomocí FILE a OPEN. Zde je potřeba v pravém dolním rohu vybrat MELFA-BASIC IV-Program (*.MB4). Nyní je možné ve správném umístění vybrat soubor programu a otevřít jej. Další možnost otevření programu je spustit PROJECT MANAGEMENT v záložce Files.

Jak je z obrázku zřejmé, tak každý řádek v programu má vlastní číselné označení, které se volí například s velikostí kroku 10, 20, 30 atd. Toto odstupňování je voleno z důvodů případného vložení dalších kroků mezi tyto řádky. V případě, že je potřeba vložit větší počet řádků, než je rozpětí mezi původními kroky, je možné celý program přechíslovat pomocí ikony RENUMBER.



```

E:\DIPLOMKA\AKTU\LN02\15\MODEL\1.mb4
1740 RETURN                                     'vrácení do místa vetveni
1750 *****
1760 '* ZJISTENI, ZDA SE NA MONTAZNI STANICI NENACHAZI CERNY, CI JINY DILEC * 5PHP - podprogram hlavni
1770 *****
1780 *ZJISTEN2                                   'podprogram ZJISTEN2
1790 'MOV P3200                                 'kloubová interpolace - P3+200mm
1800 'OVRD POMALU                              'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1810 'MOV P350                                  'kloubová interpolace - P3+50mm
1820 'OVRD SNEK                                 'nastavi aktuální rychlost na SNEK
1830 'MOV P3                                    'kloubová interpolace - P3
1840 'DLY 1                                     'prodleva (cislo oznacuje cas v sekundach)
1850 'BARVA = B1                               'zjisteni, zda je dilec CERNY (nizi s mensim otv
1860 'OVRD POMALU                              'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1870 'MOV P350                                  'kloubová interpolace - P3+50mm
1880 'OVRD POMALU                              'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1890 *****
1900 '* UCHOPRNI DILCE STREDNI CASTI UCHOPOVACI HLAVY *
1910 *****
1920 *PRESUN1                                   'podprogram PRESUN1
1930 'MOV P450                                 'kloubová interpolace - P4+50mm
1940 'OVRD SNEK                                 'nastavi aktuální rychlost na SNEK
1950 'IF BARVA=0 THEN MOV P42                 'pokud je pouzit cerny dilec, prejit na pozici P42

```

Obr. 85: Část programu v jazyce Melfa-Basic IV

Jeden řádek programu představuje právě jeden krok. Maximální počet řádků (kroků) programu je omezen na 5000. Toto množství kroků je pro studijní účely více než dostačující. K programování jsou použity příkazy MELFA-BASIC IV, které jsou uvedeny v **Tabulce 8** a **Tabulce 9**.

Pokud kliknete pravým tlačítkem myši do prázdného prostoru programu, zobrazí se nabídka, kde je možné vkládat některé typy příkazů. Tyto jsou v nabídce zobrazeny do příslušných kategorií. (Příkazy pohybu, příkazy rychlosti, příkazy ovládající PLC, atd.) Pokud si v programu označíte určitý příkaz a zmáčknete F1, zobrazí se tím HELP na stránce, kde je tento příkaz podrobně popsán a jsou zde často uvedeny i praktické příklady. Důležitá je ale alespoň minimální znalost angličtiny.

Na tomto místě jsou uvedeny tabulky příkazů používaných při programování. Některé příkazy jsou uvedeny i s příklady hodnot, které se mohou použít. U jiných jsou uvedeny například čísla pozic (P1). Některé příkazy se však používají samostatně.

Tabulka 8: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 1

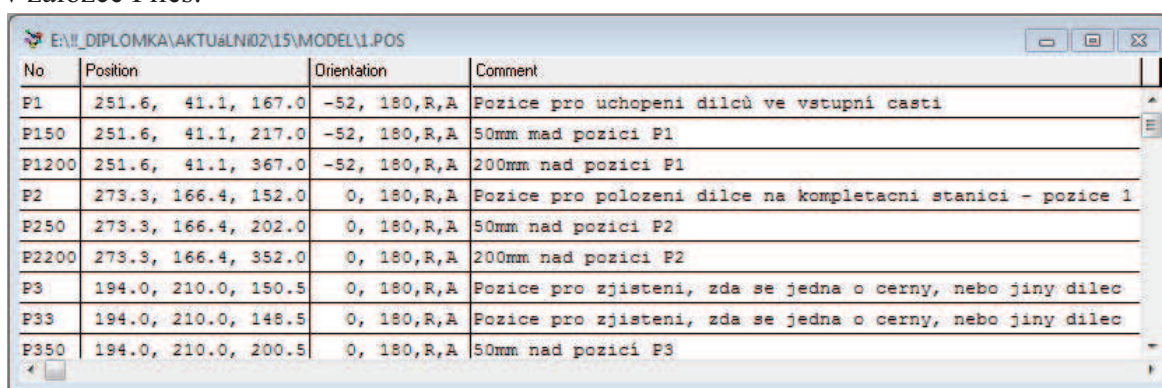
Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání pozic a operací	Kloubová interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí kloubové interpolace.	MOV P1
	Lineární interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí lineární interpolace.	MVS P1
	Kruhová interpolace	Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVC P1,P2,P3
		Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVR P1,P2,P3
		Pohyb podél oblouku na protilehlé straně od určeného oblouku (výchozí bod - referenční bod - konečný bod).	MVR2 P1,P9,P3
		Pohyb po sadě oblouků (vých. bod - konc. bod).	MVR3 P1.P3
	Ovládání rychlosti	Nastaví rychlost pro jakoukoliv interpolaci v procentech (jednotka 0,1 %).	OVRD 100
		Nastaví rychlost kloubové interpolace v procentech (jednotka 0,1 %).	JOVRD 100
		Nastaví rychlost pro lineární a kruhovou interpolaci pomocí num. hodnoty (jednotka 0,1 mm/s).	SPD 123.5
		Určí dobu zrychlení / dobu doběhu jako procento z předurčené maximální doby zrychlení / doby doběhu (jednotka 1 %).	ACCEL 50,80
		Automaticky nastaví zrychlení / zpomalení shodně s proměnnou hodnotou nastavení.	OADL 1,5,20
		Nastaví ruku i pracovní podmínky pro automatické přizpůsobení zrychlení / zpomalení.	LOADSET 1,1
	Operace	Přidá proces do operace (nepodmíněně).	WTH
		Přidá proces do operace (podmíněně).	WTHIF
		Určí hladkou operaci (plynulý pohyb).	CNT 1,100,200
		Určí podmínky pro dokončení umístění dané číslem pulsů.	FINE 200
		Zapne / vypne servopohony pro všechny osy.	SERVO OFF
		Nastaví točivý moment pro každou osu tak, že nemůže být překročen.	TORQ 4,60
	Kontrola pozice	Nastaví základní souřadnicová data.	BASE P1
		Nastaví nástrojová souřadnicová data.	TOOLP1
	„Plovoucí ovládání“	Tuhost ramene je nižší a měkčí.	CMP POSE ,00000011
		Tuhost ramene se nastaví do původních hodnot.	CMP OFF
		Nastavení tuhosti ramene.	CMP 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0
Ovládání programu.	Větvění	Nepodmíněně větvení na určené místo.	GOTO 120
		Větví se podle určených podmínek.	IFM_IN(1)=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
		Opakuje, dokud určené koncové podmínky nejsou splněné.	FORMI=1 to 10 NEXT
		Opakuje, dokud určené podmínky jsou splněné.	WHILE MI<10 WEND
		Vykoná programový blok odpovídající určené adresové hodnotě...	SELECT CASE 1 CASE 2 END SELECT
		Přeskočí řádek v programu.	SKIP
	Podprogram	Spustí určený podprogram (uvnitř programu).	GOSUB 200
		Návrat z podprogramu do hlavního programu.	RETURN
		Spustí podprogram, který odp. hodnotě proměnné	ON MI GOSUB 100,200,300

Tabulka 9: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 2

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání programu.	Přerušení	Definuje podmínku přerušení a obslužný program.	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Zapne / Vypne přerušení.	ACT 1=1
		Definuje počáteční řádek programu, který se vykonává, když je vygenerováno přerušení od komunikační linky.	ON COM(l) GOSUB 100
		Zapíná přerušení od komunikační linky.	COM(l) ON
		Vypíná přerušení od komunikační linky.	COM(l) OFF
		Zastaví přerušení od komunikační linky.	COM(l) STOP
	Předčítání	Zastaví provádění předčítání.	SYNC
	Cekání	Nastaví čas čekání (jednotka 0.01 s).	DLY 0.5
		Ceká, dokud proměnná nebude odpovídat určené hodnotě.	WAITM_IN(1)=1
	Stop	Zastaví vykonávání programu.	HLT
		Generuje chybu. Může být určeno při vykonávání programu, pokračování, zastavení nebo při vypnutých servech.	ERROR 9000
	Konec	Ukončí vykonávání programu.	END
Ruka	Otevři ruku	Otevře určenou ruku.	HÖPEN 1
	Zavři ruku	Zavře určenou ruku.	HCLOSE 1
Vstup / Výstup	Přiřazení	Definuje Vstupně / Výstupní proměnné.	DEF IOPORT1=BIT,0
	Vstup	Získá vstupní signál (použitelné u podmínek).	M_IN(1)=1
	Výstup	Pošle signál pro vysunutí zásobníku.	M_OUT(8)=1
Paralelní vykonávání	Nastavení mechanismu	Získání mechanismu s určeným číslem mechanismu.	GETM 1
		Uvolnění mechanismu s určeným číslem mechanismu.	RELM 1
	Výběr	Výběr určeného programu pro určený slot.	XLOAD 2,"P102"
	Start / Stop	Spustí paralelní vykonávání určeného programu.	XRUN3,"100",0
		Zastaví paralelní vykonávání určeného programu.	XSTP 3
Vrátí se zpět na první řádek určeného programu a spustí program.		XRST3	
Ostatní	Režim vysoké přesnosti trajektorie	Označuje, kde může být kontrola vysoké přesnosti trajektorie zapnuta nebo vypnuta.	PREC ON/OFF
	Definice	Definuje proměnnou jako typu Integer nebo jako Reálné číslo.	DEF INT KAISUU
		Definuje proměnnou jako řetězec.	DEF CHAR MESSAGE
		Definuje rozmístění proměnné (možné do 3rozměrného uspořádání).	DIM PDATA(2,3)
		Definuje kloubovou proměnnou.	DEF JNT TAIHI
		Definuje poziční proměnnou.	DEF POS TORU
		Definuje funkci.	DEF FNT ASU (A, B) = A+B
	Nulování	Vynuluje univerzální výstupní signály, proměnné v programu, proměnné mezi programy, atd.	CLR 1
	Soubor	Otevře soubor.	OPEN "COM1:"AS#1
		Zavře soubor.	CLOSE#1
		Vloží vstupy ze souboru.	INPUT#1,M1
		Vloží výstupy do souboru.	PRINT#1,M1
	Komentář	Označení komentáře.	REM"ABC"
Návěští	Označuje místo větvení.	*SUB1	

4.1.2.5 Okno s pozicemi (Position List)

Při načtení okna pracovního prostředí robota by se zároveň, kromě tohoto okna, mělo otevřít i okno s pozicemi. Pokud se toto okno neotevře, je možné ho otevřít pomocí FILE a OPEN. Zde je potřeba v pravém dolním rohu vybrat Position list (*.PSL), nebo MLR-Position list (*.POS). Nyní je možné ve správném umístění vybrat a otevřít soubor pozic. Další možností jak pozice otevřít je spustit PROJECT MANAGEMENT a najít jej v záložce Files.



No	Position	Orientation	Comment
P1	251.6, 41.1, 167.0	-52, 180,R,A	Pozice pro uchopení dílců ve vstupní části
P150	251.6, 41.1, 217.0	-52, 180,R,A	50mm nad pozicí P1
P1200	251.6, 41.1, 367.0	-52, 180,R,A	200mm nad pozicí P1
P2	273.3, 166.4, 152.0	0, 180,R,A	Pozice pro položení dílce na kompletací stanici - pozice 1
P250	273.3, 166.4, 202.0	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P2
P2200	273.3, 166.4, 352.0	0, 180,R,A	200mm nad pozicí P2
P3	194.0, 210.0, 150.5	0, 180,R,A	Pozice pro zjištění, zda se jedná o černý, nebo jiný dílec
P33	194.0, 210.0, 148.5	0, 180,R,A	Pozice pro zjištění, zda se jedná o černý, nebo jiný dílec
P350	194.0, 210.0, 200.5	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P3

Obr. 86: Okno s pozicemi

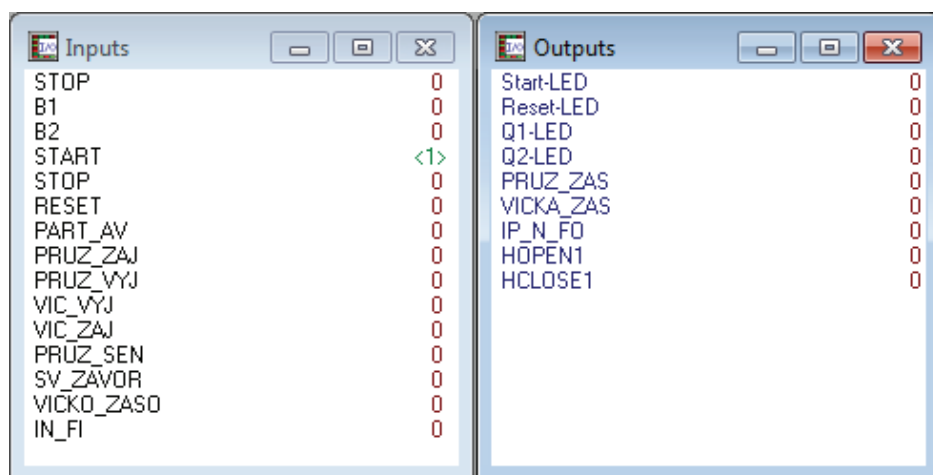
Okno s pozicemi se skládá z několika sloupců. V prvním sloupci s názvem **No** (number) je uvedeno číslo pozice označené jako (P1, P2, P3 atd.). Jak je z obrázku zřejmé, není potřeba čísla pozic řadit vzestupně. Pokud však chceme, aby čísla pozic následovala po sobě, je možné je pomocí RENUMBER seřadit. Velikost kroku je možné si v dialogovém oknu zvolit. Druhý sloupec s názvem **Position** (pozice) jsou zobrazeny čísla pozic v osách X, Y a Z. Hodnoty zobrazené jsou zaokrouhlené na jedno desetinné místo. Ve třetím sloupci s názvem **Orientation** (orientace) jsou uvedeny natočení uchopovací hlavy. První je uvedena hodnota A/P, což je rotace kolem hlavní osy uchopovací hlavy (kolmé k rovině pro uchopení předmětu). Druhá hodnota je B/R, což označuje rotaci na posledním kloubu robota. Do čtvrtého a posledního sloupce s názvem **Comment** (komentář) je možné vložit nějaký popis pozice. Je vhodné zde napsat detaily o tom, o jakou pozici se jedná. Tato informace pomáhá k identifikaci pozic při jejich případných úpravách.

Pokud klikneme pravým tlačítkem na myši do prostoru v seznamu pozic, otevře se nám okno možnostmi, co můžeme udělat. Jsou zde možnosti pro mazání (cut), kopírování (copy) a vkládání pozic (paste), jako další jsou zde vlastnosti (properties), kde je možné si prohlédnout a měnit informace a souřadnice pozic. (souřadnice jsou zde uvedeny na 3

desetinná místa). Dále jsou tady uvedeny nástroje, díky kterým je možné vkládat (insert), potvrdit (accept), posunout (move) a rotovat (rotate) pozice. Jako poslední jsou zde dvě funkce. První je ověření dostupnosti pozice (Check reachabilites) a druhá je Show (ukázat). Pokud je zapnuta funkce Show, ukazují se při pohybu z jedné pozice do druhé červené čáry představující trajektorie pohybu.

4.1.2.6 Okna se vstupními a výstupními proměnnými

Při načtení okna pracovního prostředí robota by se zároveň, kromě tohoto okna, měly otevřít i okna se vstupními a výstupními proměnnými. Pokud se tyto okna neotevřou, je možné je spustit je pomocí EXTRAS a zde si v INPUTS/OUTPUTS zvolit buď vstupy, nebo výstupy. Je také možné použít klávesové zkratky F9 (Inputs) a SHIF F9 (Outputs).



Obr. 87: Okno se vstupy a výstupy

V programu COSIMIR® ROBOTICS se tyto vstupy a výstupy automaticky mění při průběhu simulace. Toho je docíleno simulací PLC (kterou v tomto programu přebírá program S7).

Poklepáním na okno vstupů/výstupů se objeví nastavení vstup/výstupů. Zde je možné pro každý I/O port nastavit hodnotu 0, nebo 1. U vstupů je možné ještě navíc nastavit Interactive (interaktivní), kde se budou dané vstupy nastavovat automaticky.

V programu COSIMIR® INDUSTRIAL bohužel tyto vstupy nefungují automaticky a proto je nutné vstupní hodnoty přepínat manuálně. Vždy jde nastavit pouze jedna hodnota. Je potřeba si jí najít v seznamu na levé straně, na pravé straně zvolit hodnotu 0, nebo 1 a potvrdit OK.

5 SIMULACE BĚHU PROGRAMU A KONTROLA KOLIZÍ

Z důvodu vysoké ceny pracoviště MPS® 202 - ROBOTICS je snaha, aby bylo spuštění programu na reálném robotu bezpečné. Pokud by některá pohyblivá část robotu narazila do některé části tohoto pracoviště, mohlo by dojít k poškození těchto částí, nebo dokonce k poškození samotného robota.

V programu COSIMIR® ROBOTICS je jako jeden z příkladů vymodelováno pracoviště označené jako MPS-RobotAssemblyStation. Na tomto pracovišti se nacházejí všechny prvky, jako na skutečné stanici s robotem a montážní stanici. První myšlenka tedy byla, že díky tomuto pracovišti bude možné simulovat běh programu offline. Tak by bylo možné zjistit, zda je program napsán správně a nehrozí při jeho spuštění kolize.

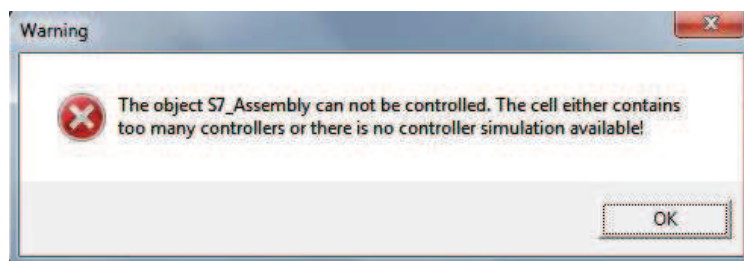
Při srovnávání simulovaného pracoviště a reálného pracoviště však bylo zjištěno, že se tyto dvě pracoviště pozičně neshodují a proto není možné na tomto pracovišti reálného robota simulovat. Možnosti řešení se naskytly dvě.

Možnost první:

První možností bylo změnit pozice reálného robota tak, aby odpovídal simulovanému prostředí. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce jsme se shodli na tom, že by toto přestavování bylo složité a tím by se také znehodnotily programy, které byly vypracovány panem Ing. Lubomírem Šiškou. Tato možnost byla tedy zamítnuta.

Možnost druhá:

Druhou možností bylo předělat simulované prostředí robota tak, aby se toto shodovalo s reálným robotem. Ukázalo se však, že i toto řešení je velmi složité. V programu COSIMIR® ROBOTICS je sice možné jednotlivé části přesunout dle reálného robota, ale tyto změny již není možné uložit. Předchozím zkoumáním bylo zjištěno, že tento nedostatek odstraňuje program COSIMIR® INDUSTRIAL. Rozhodl jsem se proto načíst stanici s robotem a montážní stanicí z příkladů, které se nacházejí u programu COSIMIR® ROBOTICS. Jedná se o již zmiňovaný příklad MPS-RobotAssemblyStation. Už při načítání tohoto příkladu se však objevily problémy.



Obr. 88: Chybové hlášení 1

Jedná se o chybové hlášení, ve kterém stojí, že objekt S7_Assembly nemůže být kontrolován z důvodu vysokého počtu kontrolovaných prvků (kontrolerek, tlačítek), nebo nejsou tyto kontrolované prvky pro tuto simulaci dostupné. Po potvrzení tohoto okna se tento projekt klasicky otevřel. Nyní byly pozice přesunuty dle skutečného robota a projekt byl uložen. Ukázalo se však, že program COSIMIR® ROBOTICS už takto uložený projekt nedokáže otevřít. Při otevírání takto uloženého projektu se objeví hlášení, že toto pracovní prostředí nebylo modelováno pro tuto verzi a projekt se neotevře. Ani jiné způsoby načítání jako Import nejsou vhodné. Rozhodl jsem se proto pro další práci používat software COSIMIR® INDUSTRIAL.

5.1 Vytvoření pracovního prostředí pro kontrolu kolizí

Tato část práce se bude zabývat způsobem vytvoření pracovního prostředí robota (workcell) tak, aby odpovídalo skutečnému pracovišti MPS® 202 – ROBOTICS. Toto prostředí pak bude použito pro kontrolu kolizí. Možnosti, kterými jde vytvořit pracovního prostředí jsou dvě.

5.1.1 Vytvoření pracovního prostředí úplně od začátku:

Vytvoření pracovního prostředí úplně od začátku je velmi složitá a zdlouhavá práce. V první fázi je potřeba vytvořit a pojmenovat nový projekt, kde se vybere typ robota a použitý programovaný jazyk (jak již bylo uvedeno v kapitole 4.1.1 jako možnost druhá). Do tohoto projektu je potřeba načíst svou uchopovací hlavu a připojit jí k robotu. Následně se načtou a umístí do správných pozic všechny použité prvky pomocí Model Libraries (knihovny modelu), nebo pomocí **File** a **Import** (importovat). Ne všechny prvky jsou uvedeny v knihovně tohoto programu a tak je nutné si některé části vymodelovat. Dále je zapotřebí nastavit velké množství vstupů, výstupů, bodů pro uchopení a položení těles, nastavení chování výrobku po položení výrobku atd. Tyta poslední nastavení jsou velmi komplikovaná a zdlouhavá.

5.1.2 Vytvoření pracovního prostředí z modelu MPS-RobotAssemblyStation:

Daleko jednodušším způsobem jde vytvořit pracovní prostředí z modelu, který se nachází v příkladech softwaru COSIMIR® ROBOTICS. Jedná se o MPS-RobotAssemblyStation. Tento model je však vytvořen pro program COSIMIR® ROBOTICS a tak je nutné pro použití v programu COSIMIR® INDUSTRIAL udělat několik změn.

5.1.2.1 Práce se soubory

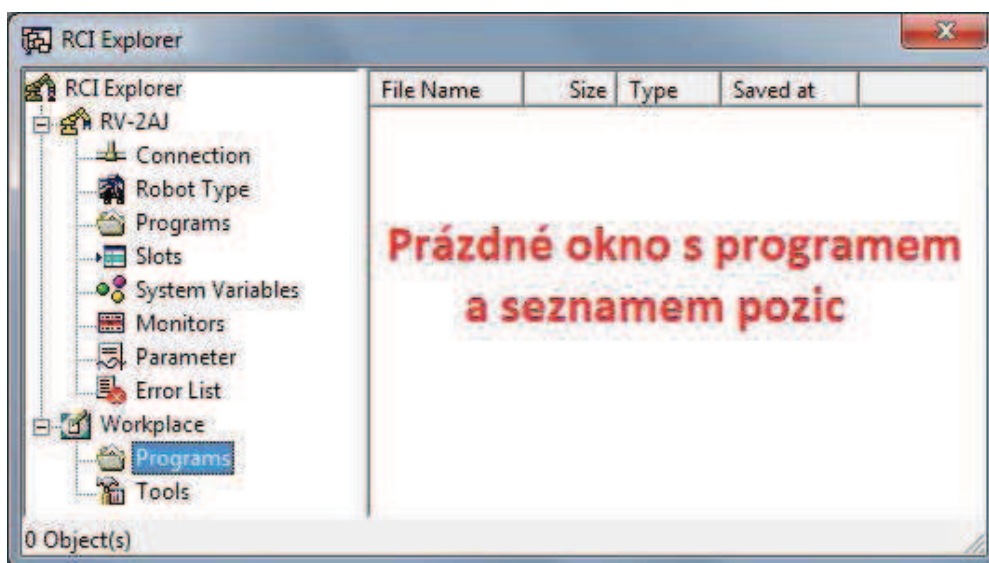
Pokud byla instalace software COSIMIR® ROBOTICS zvolena defaultně, tak jsou prezentační modely umístěny ve složce:

C:\Program Files\Didactic\COSIMIR Robotics.en\Models\ - **Pro Windows x86**

C:\Program Files (x86)\Didactic\COSIMIR Robotics.en\Models\ - **Pro Windows x64**

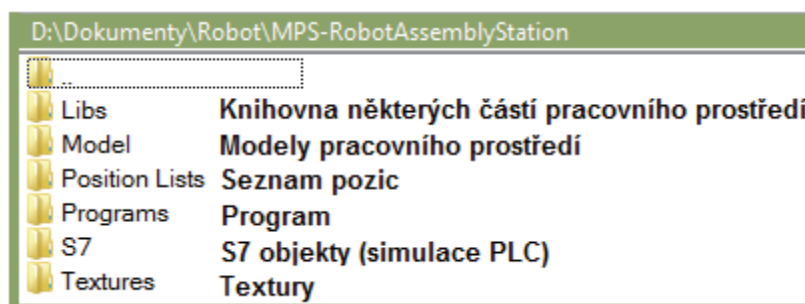
Z této složky je potřeba zkopírovat na určité místo (například D:\Dokumenty\Robot\) celou složku označenou jako MPS-RobotAssemblyStation.

Pokud by se nyní otevřel program COSIMIR® INDUSTRIAL a byl načten tento zkopírovaný model, objevilo by se opět chybové hlášení, ve kterém stojí, že objekt S7_Assembly nemůže být kontrolován. Po potvrzení Ok by se však model i s ostatními částmi jako jsou program, seznam pozic, vstupy a výstupy načítel. Problém by však nastal, pokud byste chtěli tento program a seznam pozic načíst do řídicí jednotky. Jak je vidět na obrázku, tak na místě, odkud se program a seznam pozic nahrává do řídicí jednotky, se žádný program ani seznam pozic nenachází.



Obr. 89: Prázdné okno s programem a seznamem pozic v RCI Explorru

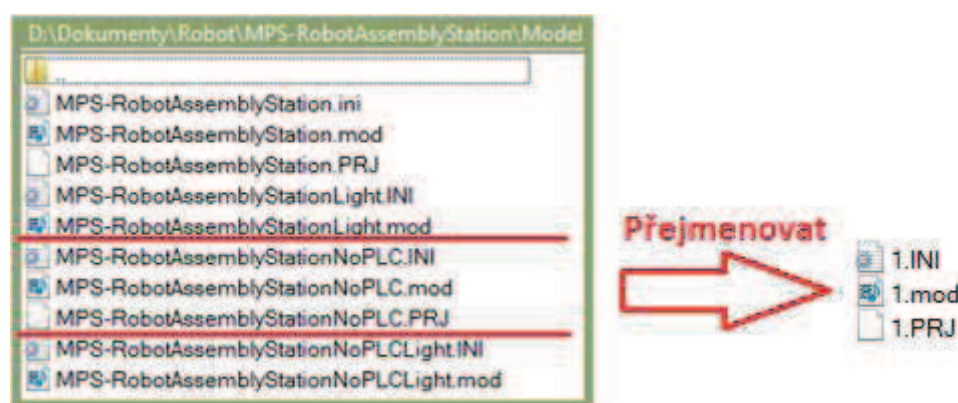
Z tohoto důvodu je nutné, aby byl napřed před otevřením modelu tento model a jeho části upraven. Je potřeba jít do složky D:\Dokumenty\Robot\MPS-RobotAssemblyStation, která obsahuje složky uvedené na následujícím obrázku a zde udělat několik změn. (Pro práci se soubory je použit program FreeCommander, který je ve škole na počítači nainstalován)



Obr. 90: Složka MPS-RobotAssemblyStation

Ve složce Libs se nachází soubory *.MOD a *.INI některých částí simulovaného prostředí stanice s robotem a montážní stanice. Všechny tyto části budou potřebné, a proto tuto složku není potřeba nijak měnit a ani editovat.

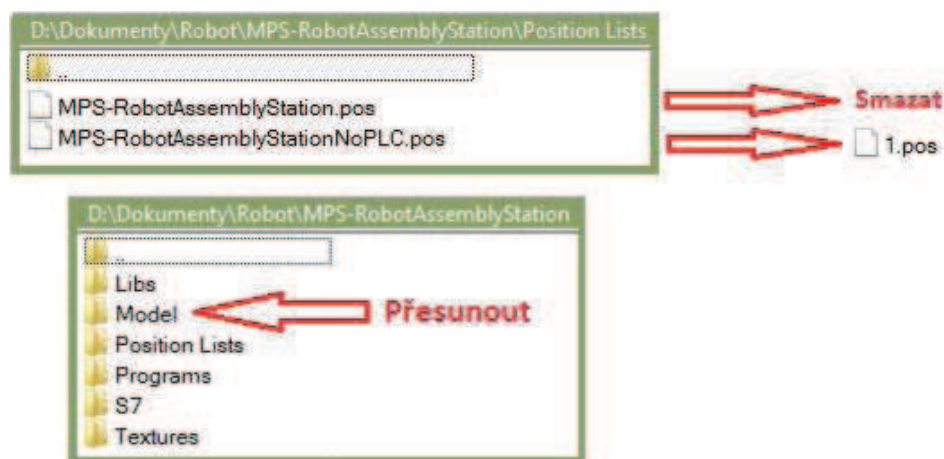
Druhou složkou je složka Model. V této složce se nyní nachází několik typů modelů této stanice. Jedná se o kompletní model této stanice s využitím PLC, kompletní model bez využití PLC a ještě částečné modely s nejnужnějšími prvky pro PLC a bez PLC. Pro kontrolu kolizí je v tomto případě použita kompletní stanice bez podpory PLC.



Obr. 91: Složka Model v MPS-RobotAssemblyStation

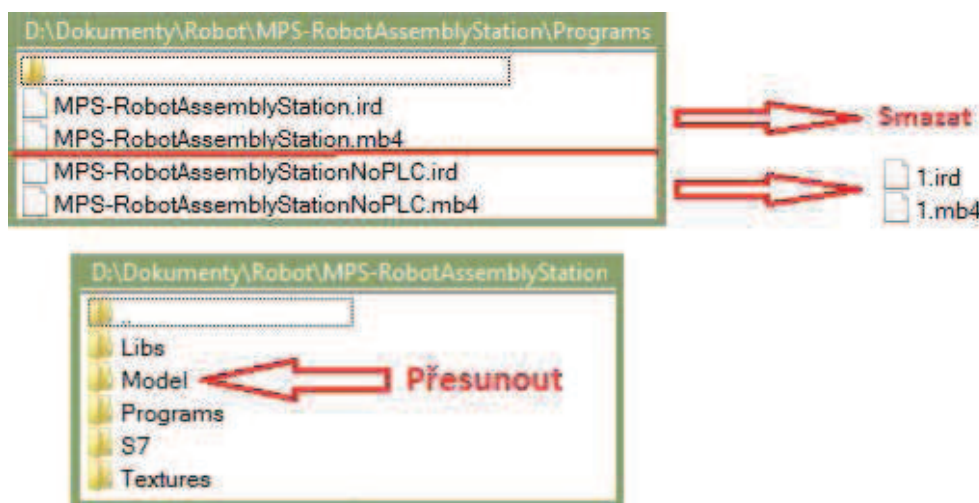
Na obrázku jsou dvěma červenými čarami ohraničeny soubory, které se mají v této složce zachovat. Ostatní soubory je možné smazat. Soubory, které nebyly smazány (MPS-RobotAssemblyStationNoPLC.INI, MPS-RobotAssemblyStationNoPLC.mod a MPS-RobotAssemblyStationNoPLC.PRJ). Se následně přejmenují na 1.INI, 1.mod a 1.PRJ.

Třetí složkou je složka Position Lists. V této složce se aktuálně nachází dva soubory s pozicemi. Jeden soubor je pro PLC verzi a druhý pro verzi bez PLC. Soubor MPS-RobotAssemblyStation.pos je nyní možné smazat. A Soubor MPS-RobotAssemblyStationNoPLC.pos je potřeba přejmenovat na 1.pos, jak je naznačeno na obrázku. Takto přejmenovaný soubor je nutné přesunout do složky Model. Následně je možné složku Position Lists smazat.



Obr. 92: Složka Position Lists v MPS-RobotAssemblyStation

Další složkou v pořadí je složka Programs. V této složce se aktuálně nachází dva soubory s programem pro verzi s PLC a dva soubory s programem pro verzi bez PLC. Tyto soubory jsou ohrazeny červenou čarou. Soubory pro verzi PLC (MPS-RobotAssemblyStation.ird a MPS-RobotAssemblyStation.mb4) je možné smazat. Zbylé dva soubory pro verzi bez PLC je potřeba přejmenovat na 1.ird a 1.mb4. Takto přejmenované soubory je nutné opět přesunout do složky Model a je možné složku Programs smazat.

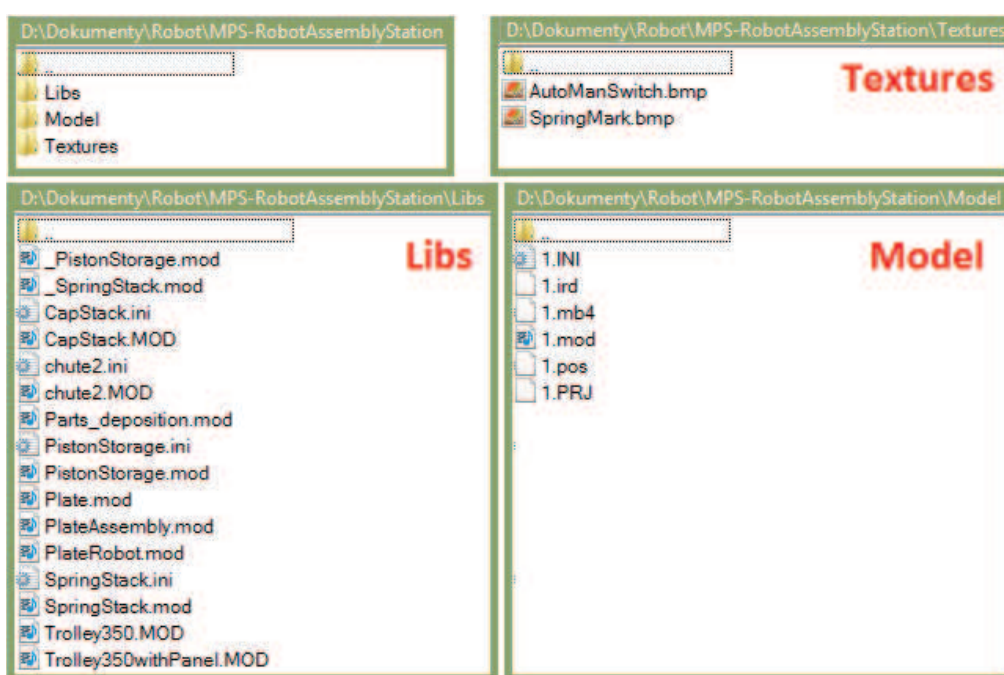


Obr. 93: Složka Programs v MPS-RobotAssemblyStation

Jako pátá složka v pořadí je složka S7. V této složce jsou uloženy informace o chování simulovaného PLC. Protože je nyní vytvářena verze bez PLC, je možné celou tuto složku smazat.

Poslední složka je složka Textures. V této složce jsou dva obrázky, které se chovají jako grafické povrchy určitých těles. Jeden z obrázků je obrázkem přepínače Auto/man na čelním panelu. Druhý obrázek je pak rozvinutý povrch válce obrázku pružiny. Tuto složku není třeba nijak upravovat.

Pokud bylo vše uděláno správně, měly by složky v D:\Dokumenty\Robot\MPS-RobotAssemblyStation\ vypadat tak, jak je zobrazeno na následujícím obrázku:

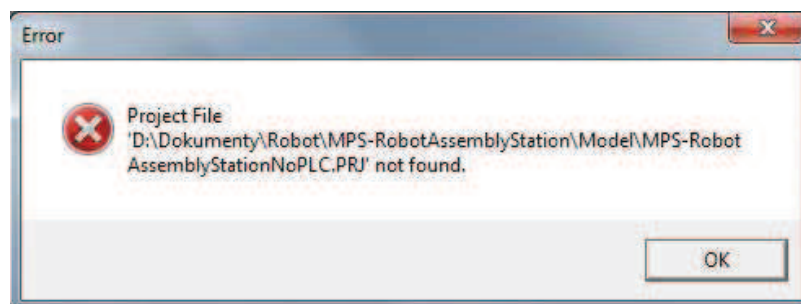


Obr. 94: Jednotlivé složky v MPS-RobotAssemblyStation

Tímto je práce se soubory pomocí souborového manažeru ukončena. Nyní je nutné udělat ještě úpravy pomocí programu COSIMIR® INDUSTRIAL.

5.1.2.2 COSIMIR® INDUSTRIAL

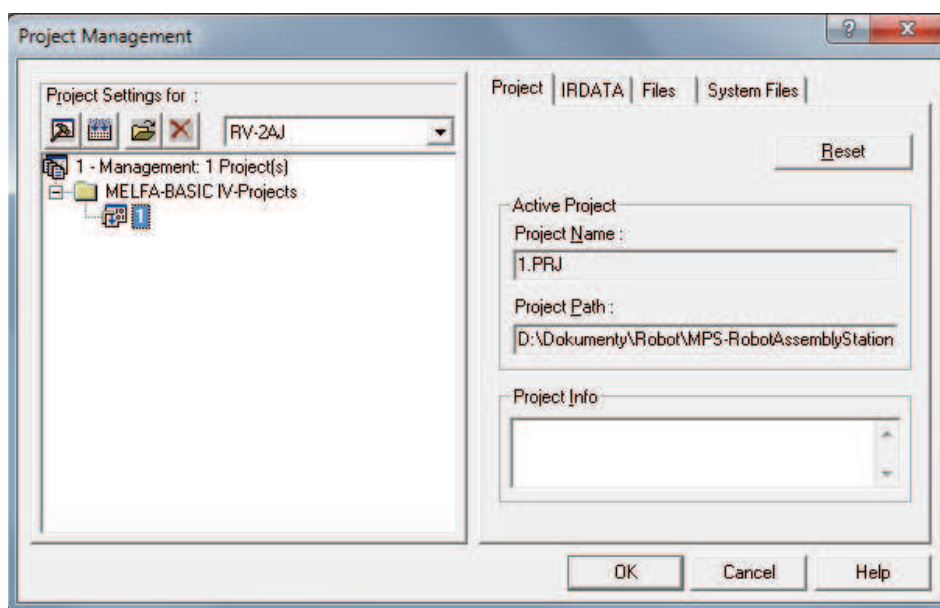
Pokud je již postup z kapitoly 5.1.2.1 hotový, je možné spustit program COSIMIR® INDUSTRIAL. V tomto programu se nyní zmáčkne File, Open a vybere se soubor 1.MOD, který se nachází ve složce D:\Dokumenty\Robot\MPS-RobotAssemblyStation\Model\ . Po otevření tohoto souboru se objeví chybové hlášení, které říká, že nemůže najít soubor projektu. Toto je způsobeno přejmenováním souborů, které však bylo nutné k další práci.



Obr. 95: Chybové hlášení 2

Po potvrzení chybového hlášení tlačítkem OK se spustí okna simulovaného pracovního prostředí (workcell) a okna vstupů a výstupů (Inputs a Outputs). Další okna jako jsou okno pozic a okno s programem se nespustí, protože k jejich souborům jsou teď uvedeny špatné cesty. Nyní je potřeba tyto cesty upravit tak, aby odpovídaly skutečnosti.

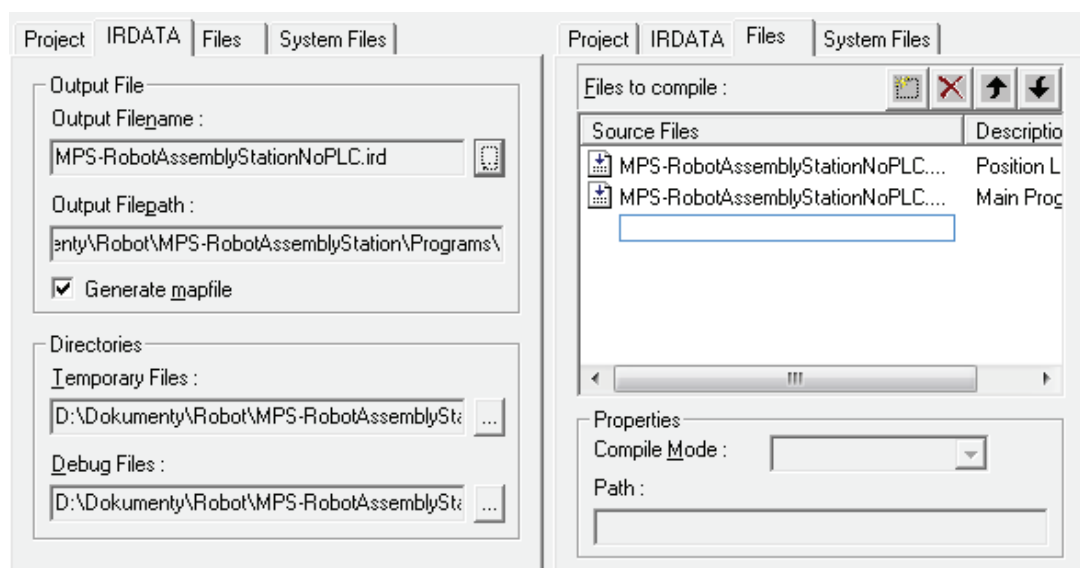
Jako první je potřeba spustit PROJECT MANAGEMENT. V tomto okně je potřeba pravým tlačítkem na myši kliknout na MELFA-BASIC IV-Projects a zvolit možnost Add Project. Nyní je potřeba načíst soubor projektu 1.PRJ, který je umístěn ve složce D:\Dokumenty\Robot\MPS-RobotAssemblyStation\Model\



Obr. 96: Project management 1

V tomto souboru jsou umístěny důležité cesty k souborům projektu. Pokud klikneme na tento projekt, v pravé části tohoto okna se objeví záložky, ve kterém se tento projekt edituje. Jsou to záložky Project, IRDATA, Files a Systém Files. První záložka Project není ničím zvláštní. Je zde jenom uvede název souboru projektu a jeho umístění. Je zde také možné i tomto projektu napsat několik řádků. K tomu slouží Pole Project Info.

Druhá záložka je IRDATA, zde je potřeba zmáčknout ikonu se třemi tečkami v části Output File a zvolit výstupní ird soubor. Tento se jmenuje 1.ird a je umístěn v D:\Dokumenty\Robot\MPS-RobotAssemblyStation\Model\. Stejné umístění se použije i pro dočasný soubor (Temporary Files) a soubor pro odladění.



Obr. 97: Project management 2

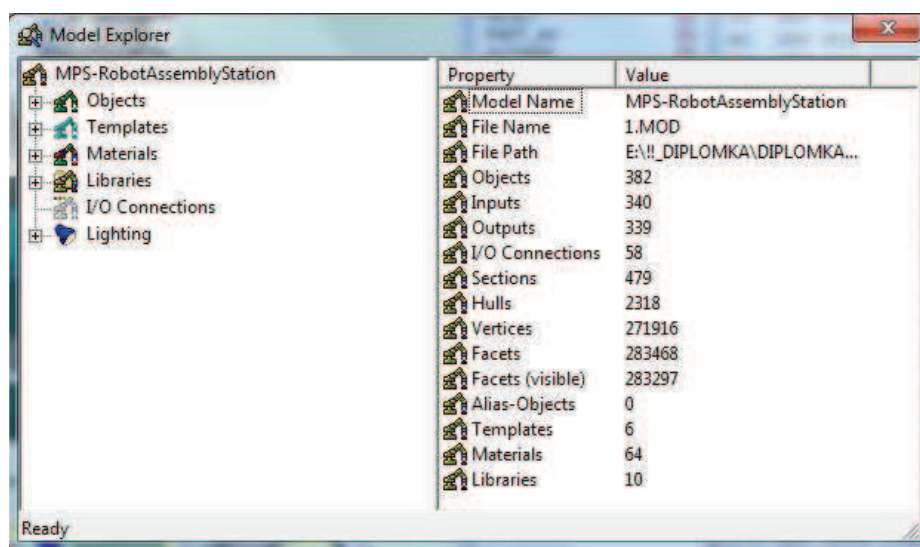
Další záložkou je Files (soubory). V tomto místě jsou nyní dva soubory. Jedná se o soubor pozic a soubor programu. Tyto dva soubory se odstraní kliknutím na daný soubor a následným zmáčknutím červeného křížku a místo nich se načtou soubory 1.pos a 1.MB4, které se nacházejí v D:\Dokumenty\Robot\MPS-RobotAssemblyStation\Model\. Načtení se provádí první ikonou vlevo od ikony červeného křížku. Je však nutné mít správně nastavený v okně pro vyhledávání souborů typ otevíraného souboru. Jako poslední je ještě potřeba v této záložce kliknout na soubor 1.mb4 a dole v Properties - Compile Mode vybrat možnost Mein Program. Pokud by tato možnost nebyla vybrána, ukazovala by se při Kompilaci chyba, že žádný program není nastaven jako Mein Program. Nyní je možné poklepat na soubor pozic a soubor programu a tímto se otevřou tyto dvě okna.

Poslední záložkou v Project Management je záložka System Files (Systémové soubory). Zde je možné vytvořit systémové soubory programu a systémové soubory pozic. Nenašel jsem však důvod, proč by bylo nutné tyto soubory vytvářet.

Pro dokončení tohoto nastavení stačí kliknout na OK a následně je vhodné si toto nastavení uložit pomocí File a Save All. Tímto postupem bylo vytvořeno pracovní prostředí, jehož seznam pozic a program je již možné nahrát do řídicí jednotky.

5.1.2.3 Popis Model Exploreru

Nyní je potřeba upravit pozice simulovaného prostředí tak, aby odpovídalo skutečnosti. Tohoto lze dosáhnout pomocí Model Exploreru. Po stisknutí ikony Model Explorer on/off se objeví okno Model Exploreru. Toto okno je rozděleno na dvě části a dalo by se přirovnat k oknu průzkumníku Windows.



Obr. 98: Okno Model Exploreru

V levé části tohoto okna jsou uvedeny jednotlivé části projektu. Pokud se v tomto okně klikne na některou část, objeví se v pravém okně obsah této části. V levém okně se nachází tyto položky:

MPS-RobotAssemblyStation

Tato položka je pojmenovaná po názvu celého modelu. Jsou zde uvedeny informace o názvu souboru modelu, cestě k tomuto modelu a informace o počtu objektů, vstupů, výstupů, propojení atd. Jedná se o jakýsi souhrn všeho, co je v tomto projektu použito.

Objects

Pod touto položkou jsou uloženy objekty, které jsou v modelu použity a jsou právě aktivní. Některé objekty, jako například barevné dílce se v této položce objeví až po jejich vložení pomocí jednoho z barevných tlačítek. Do té doby se v těchto objektech neobjeví. Dá se říci, že se jedná o nejdůležitější složku celého projektu, protože zde se dá nastavovat prakticky vše, co se projektu týká. Výjimku tvoří například mazání, nebo posun některých částí, které nejsou k modelu přímo přiřazeny. Jedná se o části, které jsou uvedeny ještě v položce Libraries.

Templates

Jedná se o položku, která souvisí s vložením barevných dílů do vstupního zásobníku. Jsou zde uloženy informace, kterými je možné pomocí simulovaných tlačítek na stanici s robotem vložit barevný dílec do tohoto zásobníku.

Materials

Zde je možné měnit materiál a texturu přiřazenou ke všem dílům, které se na stanici s robotem a kompletační stanici nachází. Tento materiál je pak možné pro libovolnou součást načíst. Toto nastavení se přiřazuje součástí přímo u objektu v General - Parameters – Material.

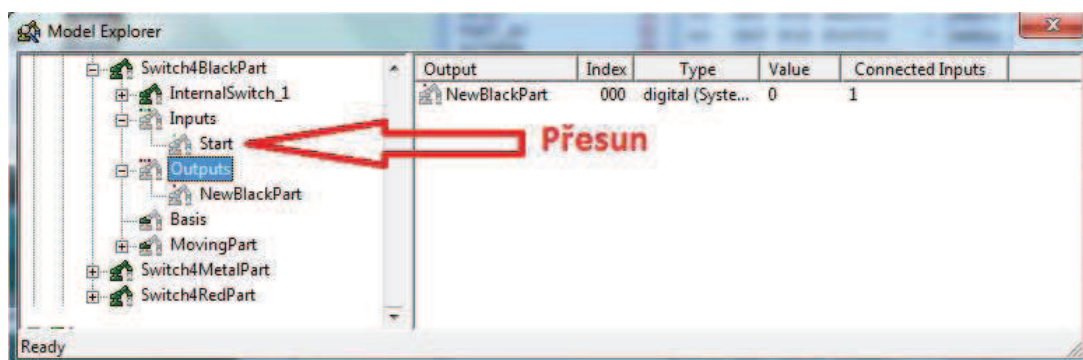
Libraries

Pod touto již zmiňovanou položkou se nacházejí prvky, které jsou sice přiřazeny k projektu, ale ne přímo v Objects. V této položce jde napřed tyto položky mazat, nebo posouvat. Je zde taky na výběr možnost Integrate, kterou jde daná část knihovny přiřadit k tomuto projektu.

I/O Connections

Zde je uveden seznam, ve kterém je uveden objekt, výstup, hodnota, Objekt a vstup. Jedná se vlastně o seznam, kde je uvedeno, který výstup u objektu 1 je přiřazen k určitému vstupu u objektu 2. V tomto nastavení není možné tyto vstupy a výstupy upravovat. Jediná možnost, která je zde povolena je odstranit propojení. (Remove Connection(s))

Poznámka: Pokud je potřeba některé vstupy a výstupy propojit, dělá se to v položce Objects. V levém okně se vybere Outputs a v pravém okně se objeví, nebo je potřeba nadefinovat nový digitální či analogový výstup). Tento výstup je pak pomocí myši přesunut na položku Inputs, se kterou má být tento výstup spojen.



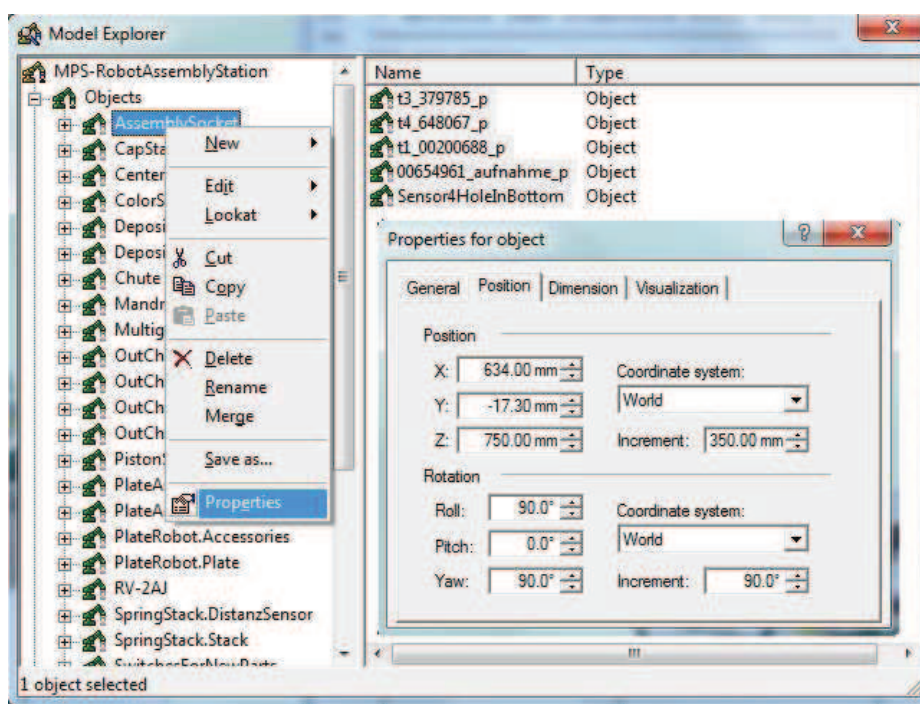
Obr. 99: Okno Model Explorera

Lighting

Poslední položkou je Lighting. Zde je možné nastavit simulované nasvícení robota. Je možné nastavit několik zdrojů světla i různé úhly svícení tohoto světla. V tomto nastavení není potřeba nic nastavovat.

5.1.2.4 Změna souřadnic nových pozic

Pro změnu souřadnic na nové pozice potřeba otevřít Model Explorer. V levé části tohoto okna je nutné si najít objekt, který je potřeba posunout. Posunutí se provádí tak, že se pravým tlačítkem na myši klikne na objekt a zvolí se možnost Properties. Tímto se otevře okno s názvem Properties for object, kde je nutné se přepnout do záložky Position. Zde je potřeba přepnout souřadnicové systémy (Coordinate system) na hodnotu World a nyní je již možné měnit hodnoty souřadnic a hodnoty natočení.



Obr. 100: Změna souřadnic nových pozic

Hodnoty nových souřadnic pro jednotlivé prvky jsou uvedeny v následující tabulce. Tato tabulka je řešena tak, aby odpovídala umístění daného objektu ve stromu Model Exploreru. Veškeré objekty, které je potřeba posunout je možné najít buď v MPS-RobotAssemblyStation – **Objects** a nebo MPS-RobotAssemblyStation – **Libraries**. Proto je tabulka rozdělena tak, aby bylo zřejmé, ve které z těchto dvou částí je možné posunutí provést.

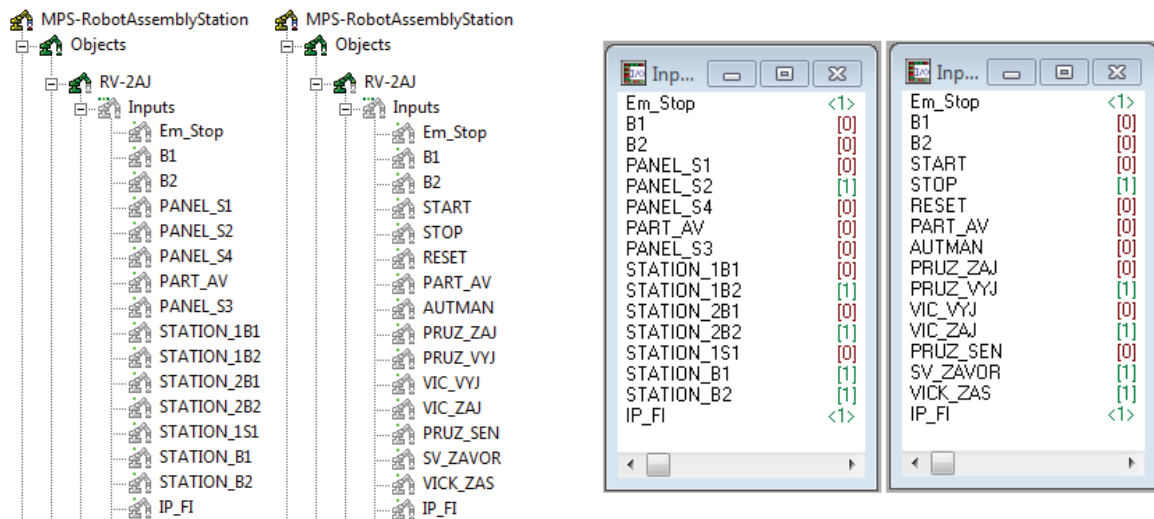
Tabulka 10: Nové souřadnice pro simulované prostředí

Název	Souřadnice typu World					
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Roll (°)	Pitch (°)	Yaw (°)
MPS-RobotAssemblyStation - Objects						
RV-2AJ	137.00	510.00	788.86	-90.0°	0.0°	0.0°
AssemblySocket	633.60	-15.30	745.16	90.0°	0.0°	90.0°
Chute	3.95	405.68	751.36	-90.0°	0.0°	0.0°
Chute – DistanzSensor	164.95	270.68	832.36	-125.0°	0.0°	95.0°
Chute – Replicator4PartAtEnd	147.60	282.35	828.36	90.0°	0.0°	0.0°
Chute – Irons – Base	590.20	366.34	1.36	146.0°	0.0°	0.0°
Chute – Irons – Screw_2	167.90	305.72	812.86	-124.0°	0.0°	90.0°
Chute – Irons – Washer_2	167.01	304.39	812.86	56.0°	0.0°	-90.0°
Trash4Spring&Piston	1.88	2.71	760.8	90.0°	0.0°	0.0°
Mandrel	Odstranit					
MPS-RobotAssemblyStation - Libraries						
CapStack	698,91	693,04	791,91	90.0°	0.0°	0.0°
Deposit1	-101,53	168,00	781,36	90.0°	0.0°	0.0°
Deposit2	675,59	829,00	781,36	-90.0°	0.0°	0.0°
OutChute	667,15	691,81	750,00	180.0°	0.0°	0.0°
OutChute (alternativní pozice)	665.77	693,43	754,63	180.0°	0.0°	0.0°
PistonStorage	660.24	696.71	755.00	180.0°	0.0°	0.0°
SpringStack	387.11	241.42	781.71	-90.0°	0.0°	0.0°

5.1.2.5 Změna názvů vstupů a výstupů

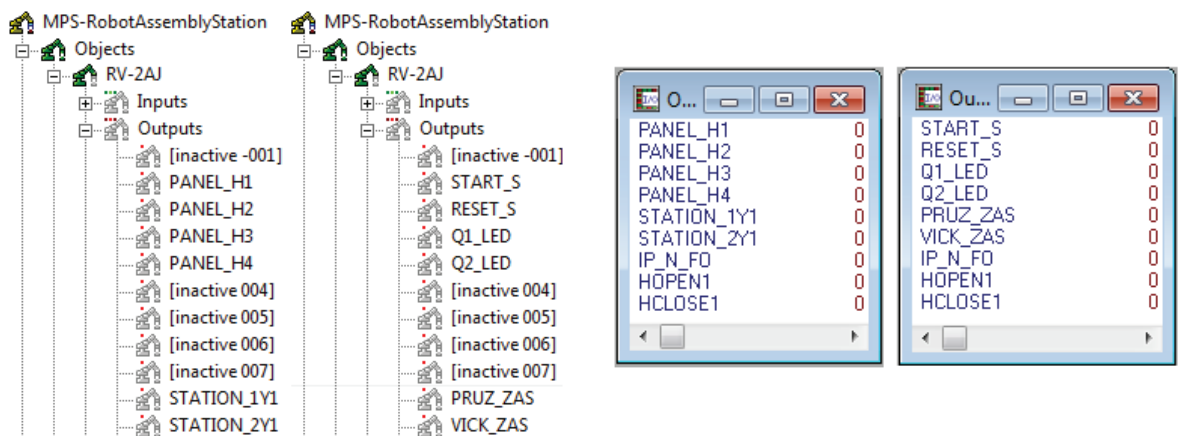
Aby odpovídaly názvy vstupů a výstupů dle tabulek 4 a 5, je nutné v okně Model Explorer jít do MPS-RobotAssemblyStation – Objects – RV-2AJ – Inputs (Outputs). Zde je nutné najít a přejmenovat (klávesou F2) některé hodnoty.

U vstupů je potřeba PANEL_S1 přejmenovat na START, PANEL_S2 na STOP, PANEL_S4 na RESET a PANEL_S3 na AUTMAN. Tímto byly přejmenovány tlačítka na čelním panelu. Dále je potřeba přejmenovat STATION_1B1 na PRUZ_ZAJ, STATION_1B2 na PRUZ_VYJ, STATION_2B1 na VIC_VYJ a STATION_2B2 na VIC_ZAJ, čímž byly nastaveny názvy pro koncové pozice pístů zásobníku na pružiny a na víčka. Jako poslední je potřeba přejmenovat vstupy STATION_1S1 na PRUZ_SEN, STATION_B1 na SV_ZAVOR a STATION_B2 na VICK_ZAS. Tato poslední přejmenování se týkala senzorů pro zjištění přítomnosti pružin a víček. Tímto přejmenováním se zároveň automaticky změní názvy v okně Inputs. Pro přehlednost jsou změny ukázány na následující obrázku, kde vlevo jsou uvedeny původní hodnoty a vpravo hodnoty nové.



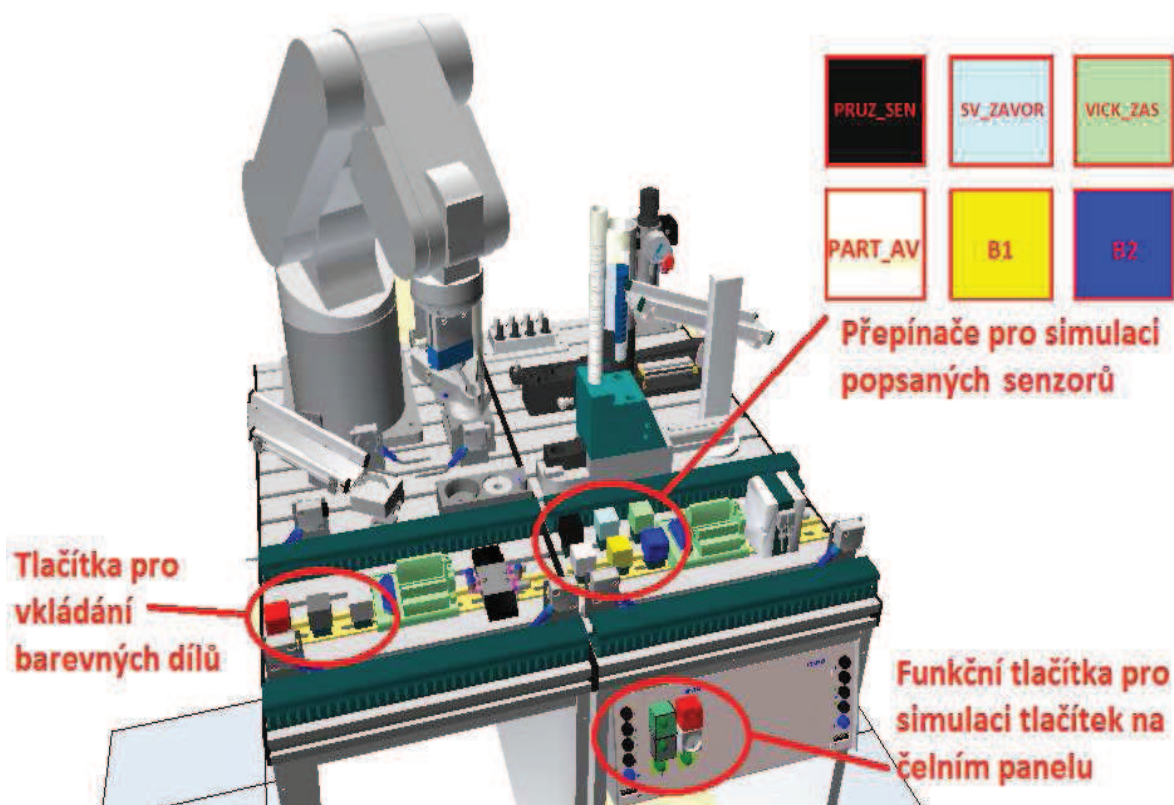
Obr. 101: Změna názvů vstupů dle tabulky 4

U výstupů je potřeba změnit název PANEL_H1 na START_S, PANEL_H2 na RESET_S, PANEL_H3 na Q1_LED a PANEL_H3 na Q2_LED. Toto nastavení se týká signálů na čelním panelu. Nyní je už potřeba jenom změnit STATION_1Y1 na PRUZ_ZAS a STATION_2Y1 na VICK_ZAS, které simulují vysunutí a zasunutí zásobníku na pružiny a na víčka. Tímto přejmenováním se zároveň automaticky změní názvy v okně Outputs. Pro přehlednost jsou opět změny ukázány na následujícím obrázku, kde vlevo jsou uvedeny původní hodnoty a vpravo hodnoty nové.



Obr. 102: Změna názvů výstupů dle tabulky 5

Nyní je možné říci, že je připraveno kompletní pracoviště, na kterém je možné kontrolovat případné kolize robota. To však ve skutečnosti není pravda. Pozice sice odpovídají skutečnosti, ale problém nastává při samotné simulaci. Program COSIMIR® INDUSTRIAL totiž nepodporuje senzory a je nutné tyto senzory simulovat jiným způsobem.



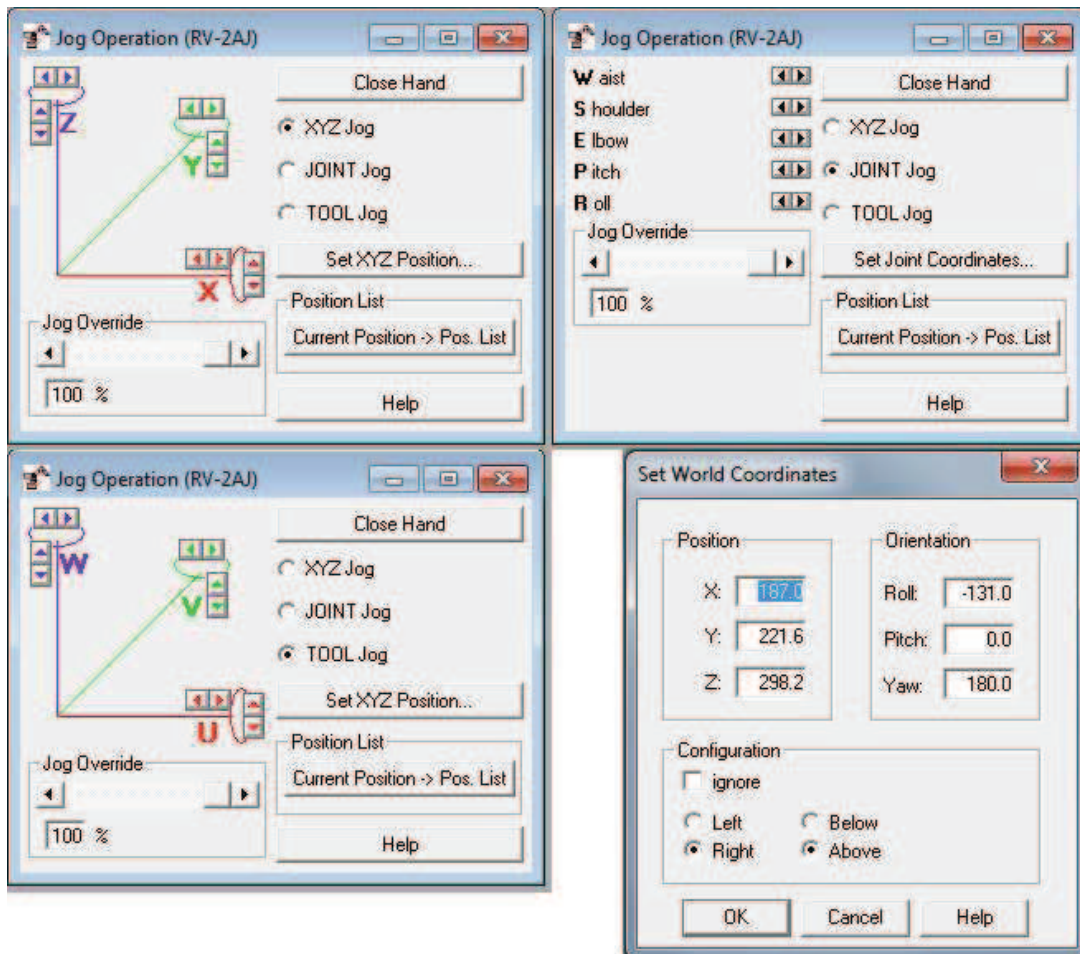
Obr. 103: Popis simulovaných tlačítek

Proto byly na pracovišti kromě tlačítek, které se již na simulované stanici nachází vytvořeno ještě 6 přepínačů, kterými je možné simulovat některé senzory. Jedná se o senzor pro zjištění přítomnosti dílce ve vstupním zásobníku PART_AV, senzor B1 na pracovní hlavici, senzor B2 na kompletační stanici, senzor pružiny ve výstupním zásobníku PRUZ_SEN, senzor přítomnosti víčka v podavači SV_ZAVOR a jako poslední senzor, který informuje o zaplnění svislého zásobníku na víčka VICK_ZAS.

5.2 Offline programování

Postup při offline programování v programu COSIMIR® ROBOTICS, nebo COSIMIR® INDUSTRIAL je totožný a není proto způsoby programování nijak odlišovat. Jako první je pro offline programování důležité přesná kopie skutečného pracovního prostředí včetně dílů, se kterými se v programu pohybuje.

Stejně jako u reálného robota je potřeba napřed vytvořit pozice pro uchopování a pokládání předmětů. Pozice se vytvářejí pomocí základního menu, kde se zvolí Extras a Teach-In. Tímto se otevře Jog Operation, pomocí kterého lze pohybovat všemi částmi robota i s ovládním uchopovací hlavice.



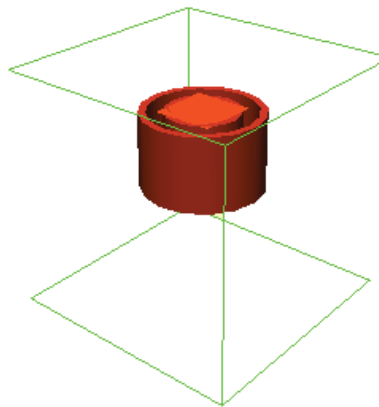
Obr. 104: Jog Operation

Pomocí tlačítka Close Hand je možné simulovat zavření uchopovací hlavy. Po zmáčknutí tohoto tlačítka se místo tohoto nápisu objeví nápis Open Hand. Nyní je zde na výběr několik možností pohybu s robotem. První možností vlevo nahoře je posun dle os X,Y,Z. Druhou možností vpravo nahoře je posun kloubů. Vlevo dole je možnost rotovat osami U, V a W. Dále je zde posuvník Jog Override, kde je možné nastavit velikost posuvu či rotace jako procentuální velikost maximálního dovoleného posunutí či rotace.

Navíc je zde ještě Set XYZ Position, kde je možné přesunout robota do určitých pozic a určitého natočení. Po kliknutí na toto tlačítko se otevře okno Set World Coordinates, které je zobrazeno vpravo dole. Po nastavení všech hodnot je potřeba zmáčknout OK. Tím se robot přesune do nastavených koordinátů.

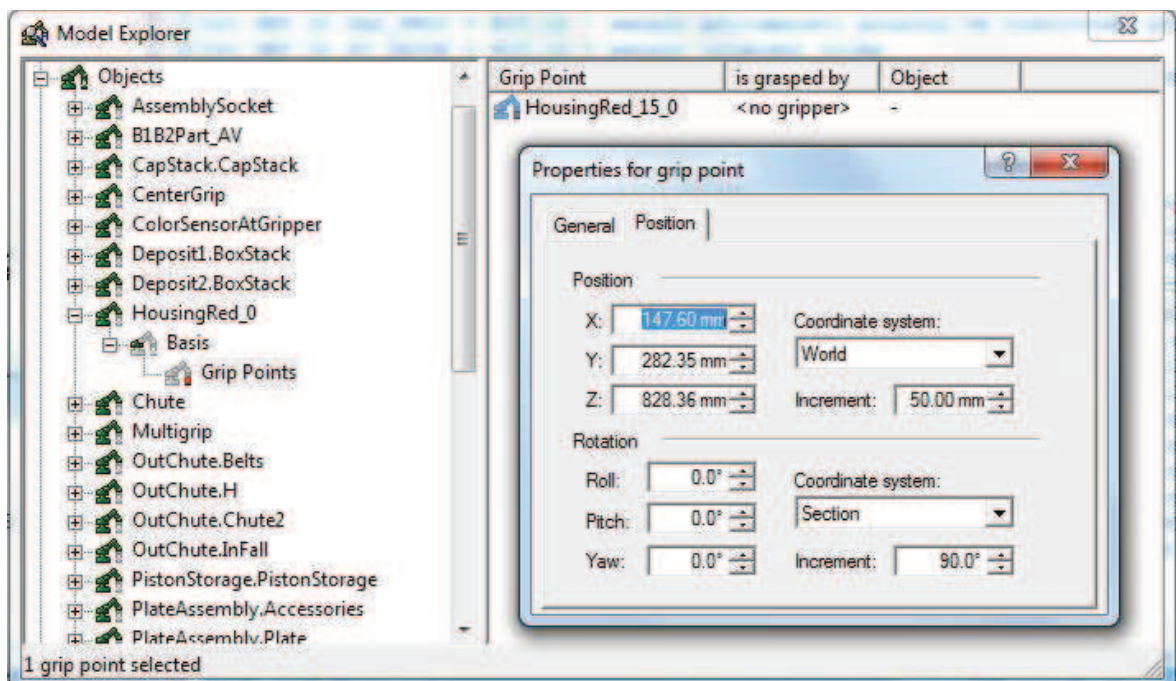
Jedna z posledních ikon je Current Position -> Pos. List. Tímto se aktuální pozice přesune do seznamu pozic. Poslední ikonou v těchto oknech je Help. Po kliknutí na toto tlačítko se zobrazí nápověda pro danou možnost pohybu robota.

Pokud je robot přesunut do pozice, kde by bylo možné uchopit dílec, neznamená to, že tento dílec bude skutečně uchopen. Důležité je mít na dílci vytvořený bod, za který je možné tento díl uchopit. Stejný bod, který je však pohyblivý, musí být vytvořený na dané části úchopné hlavice. Aby bylo možné dílec uchopit, je potřeba aby se v době uzavření uchopovací hlavice nacházel bod pro uchopení objektu a uchopovací bod na uchopovací hlavici ve stejných souřadnicích. V Model Explorer je kolem uchopovacího bodu zobrazena krychle a dají se zde zjistit souřadnice takového bodu.



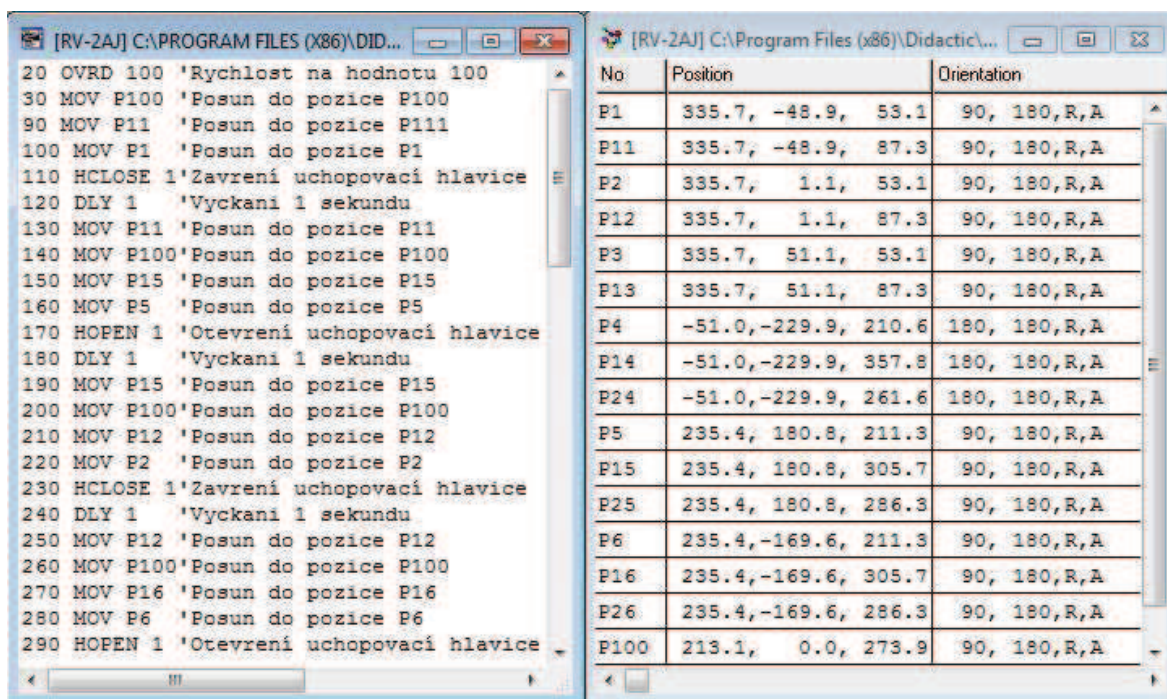
Obr. 105: Uchopovací bod

V Model Explorer je potřeba najít či vytvořit uchopovací body (Grip Points) u daného objektu a zde je potřeba v pravém okně kliknout pravým tlačítkem na objekt a vybrat properties. V záložce pozice (Position) se pak nachází souřadnice daného úchopného bodu.



Obr. 106: Souřadnice uchopovacího bodu

Pokud jsou vytvořeny pozice a uchopovací body, je už pak programování relativně jednoduché. Cílem takového programování je vytvořit pomocí těchto pozic chtěný sled po sobě jdoucích posunů a operací.



Obr. 107: Část programu a celý seznam pozic

Na obrázku je vidět část programu a seznam pozic, na které program odkazuje. V tomto programu je napřed nastavena rychlost na hodnotu 100, následně je rameno robotu přesouváno pomocí několika bodů do pozice pro uchopení předmětu. Po uchopení předmětu nastává vyčkání, které slouží ke správnému uchopení předmětu. Takto uchopený předmět je opět pomocí několika pohybů přesunut na místo, kde je předmět možné položit. Předmět je následně položen a program pokračuje pro další předmět, který opět uchopí a přesune ho na určité místo.

Jak je z tohoto programu zřejmé, tak se jedná o velmi jednoduchý postup pro vytvoření programu a tudíž i pro offline programování. Takto hotový program jde bez problému simulovat a není k němu potřeba skutečný robot.

Když je takto vytvořený program hotov, je možné pak tento program obměňovat různými podmínkami a nastavením. Možnosti nastavení jsou různé dle typu pracoviště a dle použitých senzorů.

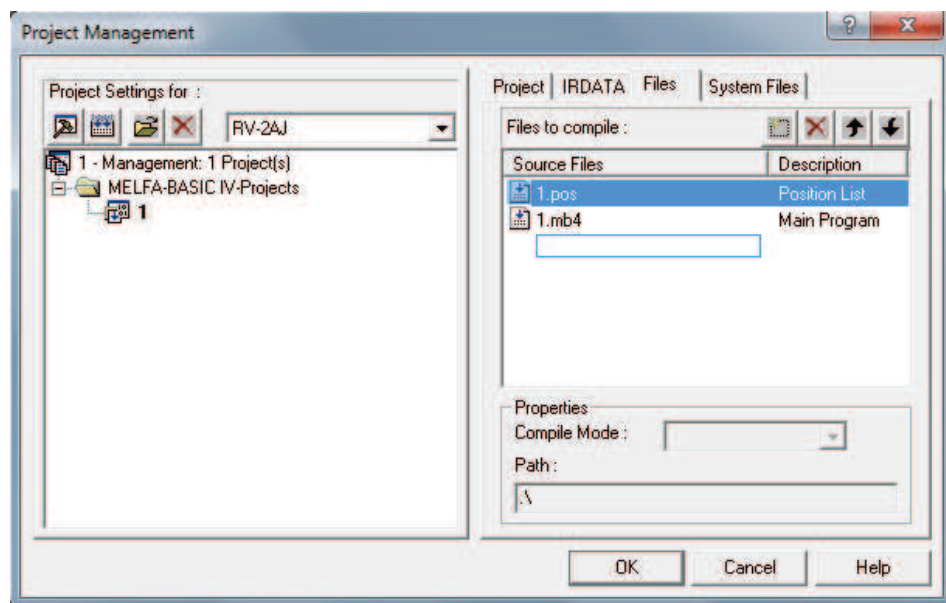
5.3 Kontrola kolizí

Z důvodu ochrany jednotlivých částí pracoviště je vhodné před samotným spuštěním programu provést ještě simulované spuštění. Při tomto běhu programu se reálný robot nepohybuje. Pohybuje se pouze robot v simulovaném prostředí, a pokud je vše nastaveno správně, tak i jednotlivé části, které jsou ke stanici přiřazeny. Jedná se o simulaci podávání pružin a podávání víček.

5.3.1 Postup při simulování běhu programu

Pro simulaci běhu programu je důležitých několik věcí. První je simulované prostředí, jež je potřeba buď otevřít, nebo vytvořit dle postupu, který je popsán v kapitole 5.1. Druhou velmi významnou položkou je mít vytvořený program, který je potřeba simulovat. Jako třetí je potřeba mít vytvořený seznam pozic, na které se program odkazuje.

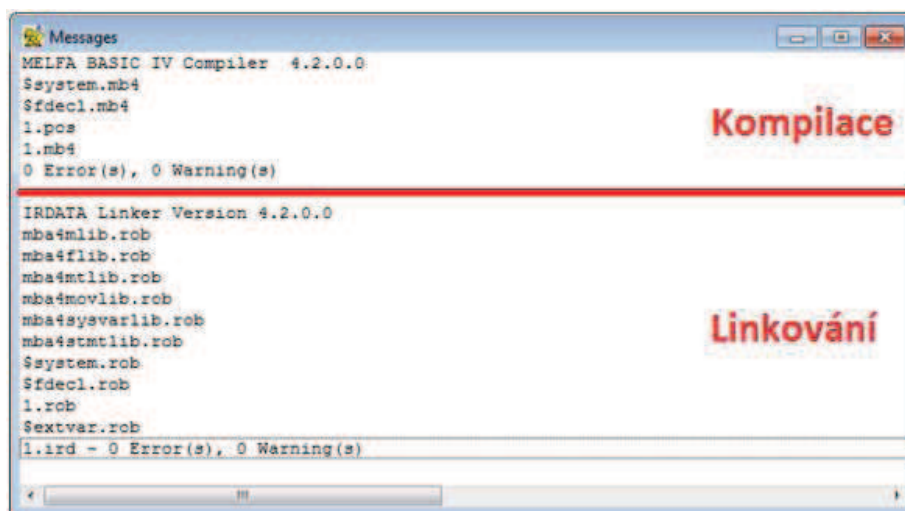
Důležité je také zjistit, zda aktuálně otevřený seznam pozic a program skutečně patří k tomuto projektu. Pokud by k tomuto projektu nepatřily, nebyla by simulace běhu programu a následná kontrola kolizí k ničemu. Je proto potřeba spustit PROJECT MANAGEMENT.



Obr. 108: Project management 2

V záložce Files (soubory) by se měly nacházet dva soubory. Jeden soubor s pozice a jeden soubor s programem. Nyní je potřeba na tyto soubory kliknout pravým tlačítkem na myši a dát open. Pokud se neotevřela žádná další okna, znamená to, že aktuální okna programu a seznamu pozic skutečně patří k tomuto projektu.

Aby bylo možné program spustit, je potřeba tento program a seznam pozic podrobit Kompilaci + Linkování (COMPILE+LINK). Pro tuto kompilaci je potřebné, aby bylo aktivní okno s pozicemi, nebo okno s programem.



Obr. 109: Okno zpráv

Po zmáčknutí ikony Kompilace + Linkování se otevře okno zpráv, kde je napsáno, co vše bylo kompilováno, linkováno a zda byly nalezeny nějaké problémy. V části kompilace i Linkování by se neměly v ideálním případě nacházet žádné chyby a ani varování. V případě, že bude nějaký problém nalezen, vypíše se do tohoto okna typ chyby. Pokud je několikrát kliknuto na zprávu chyby, objeví se řádek, na kterém se chyba nachází, nebo řádek se kterým chyba přímo souvisí. Po opravení chyby je nutné opět Kompilovat + Linkovat.

Pokud se nebudou v programu nacházet žádná varování, znamená to, že program i seznam pozic je v pořádku a je možné přistoupit k samotné simulaci běhu programu. Spuštění programu se provádí pomocí ikony start, která se nachází napravo od ikony pro Kompilaci a Linkování. Po spuštění programu se robot a další nastavené části simulovaného prostředí pohybují dle programu. V průběhu běhu programu je možné posouvat, otáčet a přibližovat pracovní prostředí dle potřeby a tím zkoumat, zda program běží správně. Zároveň je v okně s programem modře označen řádek, na kterém se program právě nachází. V případě potřeby je možné běh programu zastavit pomocí ikony stop, která se aktivuje po spuštění programu. Další možnost spuštění programu je řádek po řádku pomocí ikony Další krok (Next Step), která se nachází napravo od ikony stop. Podmínkou je, že je právě aktivní okno s programem. Pokud by bylo aktivní okno se seznamem pozic, robot by se přesunul na další pozici v seznamu pozic.

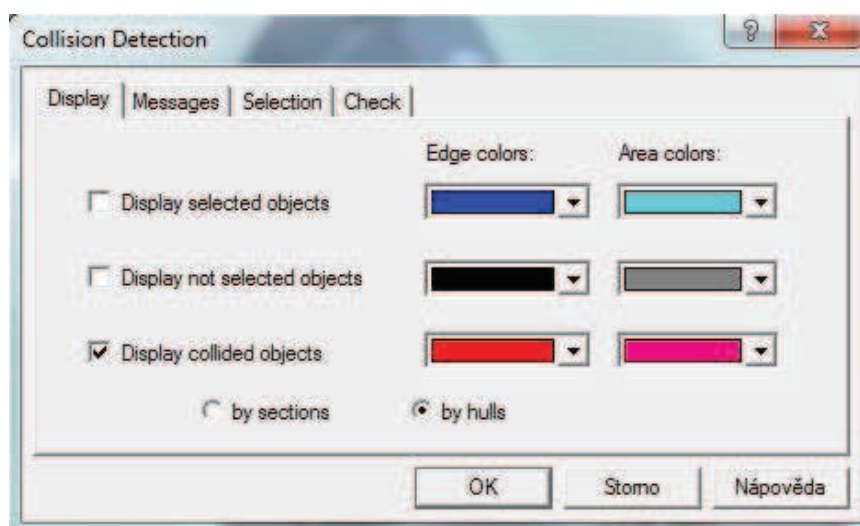
5.3.2 Simulace běhu programu s kontrolou kolizí

Při samotné simulaci programu vykonává robot a další části pracoviště pohyby dle programu. I v případech, kdy by na reálném pracovišti nastala kolize, by program pokračoval dále. Pokud by takto špatně napsaný program byl nahrán a spuštěn na skutečném pracovišti, došlo by nejspíše k vážnému poškození některých částí. Z tohoto důvodu je do programu COSIMIR® ROBOTICS i COSIMIR® INDUSTRIAL zabudována kontrola kolizí.

Pro simulaci běhu programu s kontrolou kolizí je potřeba mít nachystáno vše jako v předchozí kapitole 5.3.1. Rozdíl je však v tom, že před spuštěním programu je nutné ještě nastavit několik parametrů.

Nastavení detekce kolizí

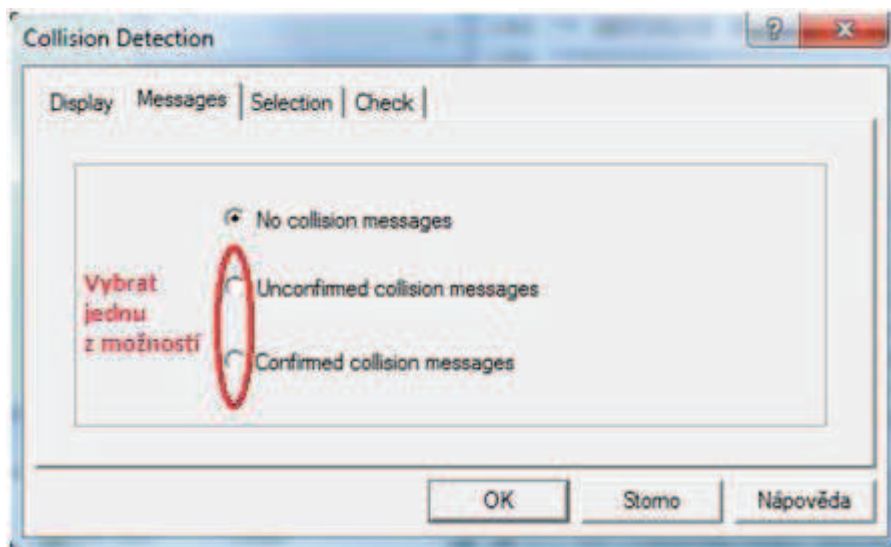
V základním menu je potřeba jít na EXTRAS – SETTINGS a zde vybrat COSLLISION DETECTION. Tímto se otevře okno pro nastavení kontroly kolizí. V první záložce Display je možné nastavit barvy hran a ploch vybraných, nevybraných a kolidovaných objektů při simulaci. Aby byly tyto barvy použity i při simulaci, je potřeba je také zaškrtnout. Barvy se však nezobrazí hned, ale až po zapnutí kontroly kolizí.



Obr. 110: Collision Detection – Display

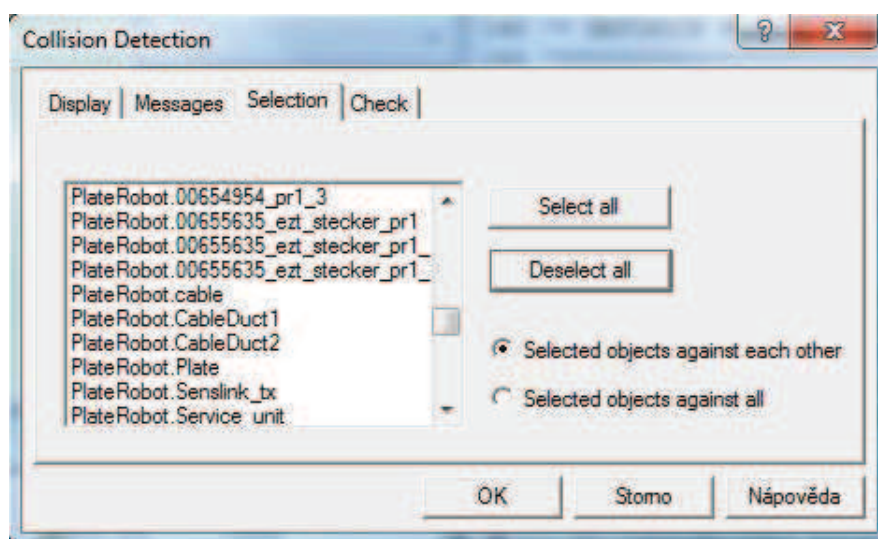
Druhou záložkou je Messages. V této záložce je potřeba nastavit způsob oznámení kolize. Standardně je nastavená možnost „No collision messages“. Při této možnosti je potřeba pečlivě sledovat pracovní prostředí, a pokud se změní barva některé ze sledovaných částí na barvu nastavenou pro kolidované objekty, tak zde nastala kolize. Tento vizuální způsob kontroly je však přinejmenším nevhodný.

Ostatní dvě možnosti jsou Unconfirmed collision messages (zpráva o kolizi - nepotvrzovací) a Confirmed collision messages (zpráva o kolizi - potvrzovací) jsou dle mého názoru výhodnější. V prvním případě se otevře okno zpráv, kde se budou vypisovat zprávy o tom, které dvě části spolu kolidovaly. V druhém případě je potřeba tuto kolizi ještě potvrdit, než program bude pokračovat dále.



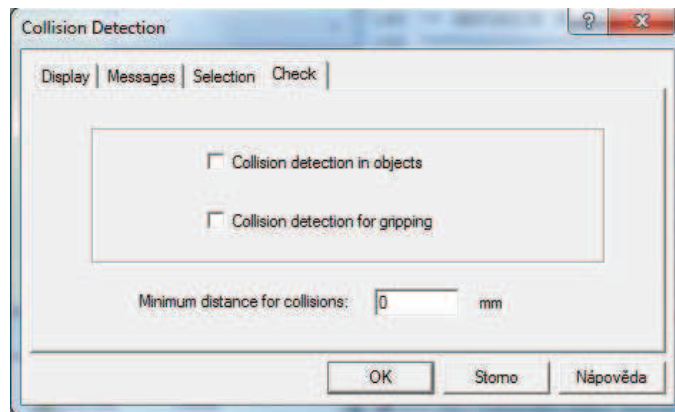
Obr. 111: Collision Detection – Messages

Třetí záložka s názvem Selection obsahuje výpis všech objektů, které mohou být vybrány pro kontrolu kolizí. Při výběru těchto objektů je potřeba přihlédnout k faktu, že čím více objektů je vybráno, tím pomalejší kontrola kolizí bude a tím více se bude zaměstnávat paměť a procesor počítače. Pro kompletní kontroly kolizí je proto zcela nezbytné mít velmi výkonný počítač, nebo vhodně vybrat jenom objekty, které jsou pro kontrolu kolizí nutné.



Obr. 112: Collision Detection - Selection

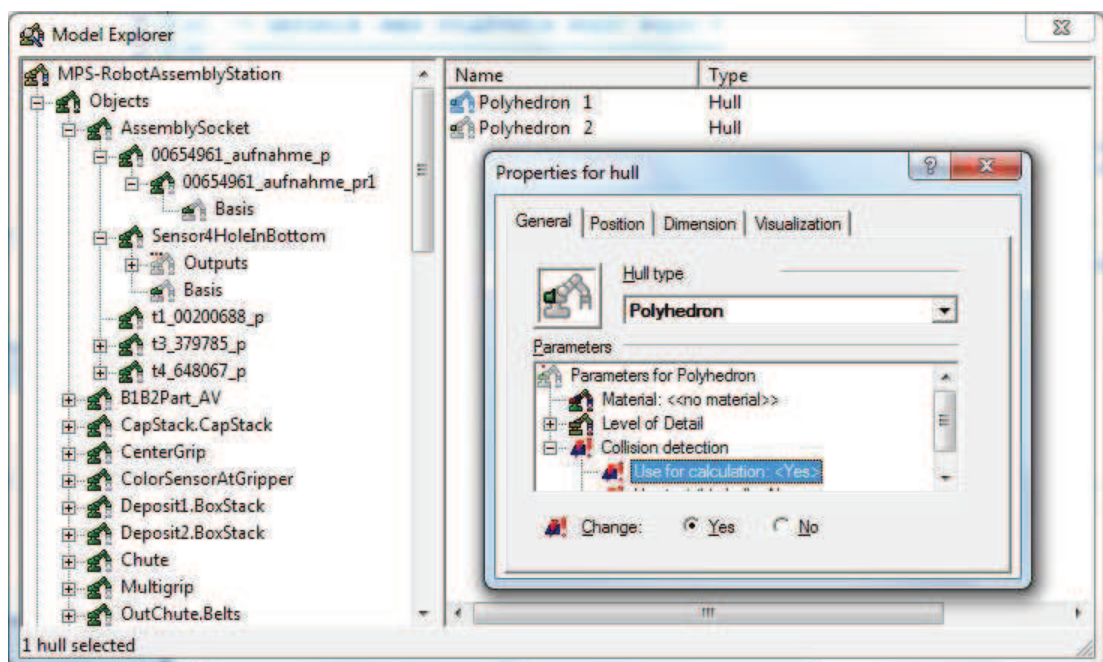
Poslední záložkou je Check. Zde je možné zaškrtnout Collision detection in objekt (detekci kolizí v objektech), nebo Collision detection for gripping (Detekci kolizí pro uchopování). Dále je zde taky možné zvolit minimální vzdálenost předmětů od sebe, při které se již bude jednat o kolizi.



Obr. 113: Collision Detection – Check

Nastavení prvků pro výpočet kontroly kolizí

Jak zde již bylo zmíněno, tak kontrola kolizí je velmi náročná na výkon počítače. Čím více je vybraných objektů pro kontrolu kolize, tím je simulace pomalejší. V okně Collision Detection v záložce Selection je sice možnost vybrat si jenom některé prvky pro simulaci, ale z pouhého názvu je těžko zjistitelné, o který prvek se jedná. Jednodušší je nastavit kontrolované prvky v Model Exploreru.



Obr. 114: Model Explorer – Properties for hull

Nastavení se provádí přes objekty (Objects), kde je potřeba si najít určitý prvek. V tomto prvku je nejčastěji záložka se jménem Base (základ), nebo Basis (základy), kde jsou nastaveny tvary použitých součástí. V těchto složkách jsou umístěny prvky typu hull (skořepina). Pokud je při výběru prvků hull zaplá funkce EDIT MODE, jsou prvky vysvícené zeleně a práce s nimi je tak velmi přehledná. Když se pravým tlačítkem klikne na tento prvek hull a zvolí se properties, otevře se okno properties for hull. V tomto okně v záložce general je možné v parametrech nastavit chování daného prvku pro kontrolu kolizí. Důležité je přitom nastavené „Use for calculation.“ Zde je možné vybrat si možnost ano (Yes), nebo možnost ne (No).

Důležité je vědět, že toto nastavení jde pouze u prvků, které jsou k modelu přímo přiřazeny. Prvky, které jsou umístěny v Libraries by se do hlavního projektu napřed musely integrovat, aby toto fungovalo.

Zapnutí kontroly kolizí

Samotné zapnutí kontroly kolizí je velmi jednoduché. Pokud je vše nastaveno dle požadovaných parametrů, stačí zmáčknout pouze ikonu COLLISION DETECTION. Po zmáčknutí této ikony se vypočítávají aktuální případné kolize a dle nastavení barev se jednotlivé části pracovního prostředí zbarví těmito barvami. Nyní může být program spuštěn pomocí ikony start.

Poznámka: Při kontrole kolizí je počítač značně zatěžován a tak se může stát, že přestane reagovat. Samotný běh programu je značně zpomalen v závislosti na parametrech počítače a počtu prvků pro výpočet kolizí.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ

Pokud proběhne kontrola kolizí správně, není to důvod k menší ostražitosti při prvním spuštění programu. Spolu s robotem se pohybují i hadičky pro přívod tlakového vzduchu k úchopné hlavici a kabel vedoucí k senzoru B1. Poloha těchto částí se mění s posunem robotu a hlavně s rotací uchopovací hlavice. Právě na tuto pohyblivou část je potřeba si dát při spuštění programu na skutečném robotu pozor. Její pohyb nemůže být totiž simulován.

Doporučuji proto při prvním spuštění snížit rychlost na minimum, aby bylo možné v případě potřeby běh programu zastavit jedním ze tří tlačítek nouzového zastavení.

ZÁVĚR

V teoretické části této práce byly stručně popsány průmyslové roboty a manipulátory. Dále se zde zmiňuji o pohonech průmyslových robotů a robotických systémů, rozdělení pracovních hlavic a také o senzorech. Druhá hlavní kapitola teoretické části se zabývala průmyslovými robotickými systémy Mitsubishi Melfa. Zde byly popsány základní vyráběné typy robotů, řídicí jednotka a také způsob programování. Na konci této části byl popisován robot Melfa-RV2AJ, který je hlavním prvkem stanice s robotem.

Praktická část diplomové práce je rozdělena na 3 části. První část je věnována popisu pracoviště. Jedná se o popis stanice s robotem, montážní stanice a přehled použitých vstupů a výstupů na PLC. Hlavním cílem této části bylo seznámit čtenáře s jednotlivými prvky, které se na pracovišti MPS®202 – ROBOTICS nachází. Některé tyto části jsou osazeny senzory, které je při programování potřeba znát, protože plní funkci očí na tomto pracovišti. Tyto senzory díky PLC umožňují vkládat do programu různé podmínky a tím vytvořit flexibilnější program. Pokud je program psán bez odkazů na tyto senzory, je velká pravděpodobnost, že při běhu programu nastane chyba. Například by se mohlo stát, že se robot pokusí položit dílec do již zaplněného zásobníku a tím by mohlo dojít k poškození některé části pracoviště. Jako nevýhodu tohoto pracoviště považuji, že se zde nenachází více takových senzorů. Ve vstupním, výstupním a dvou vertikálních zásobnících by se mohl nacházet senzor, kterým by bylo možné zjistit, zda je tento zásobník plně zaplněn. Tyto senzory se dají sice jednoduše obejít senzorem B1 na uchopovací hlavici, ale pro vyšší efektivitu a bezpečnost práce by se měly tyto senzory na pracovišti nacházet. Dále zde postrádám senzory, kterými by se dala ověřit přítomnost palety s čepý, nebo přítomnost samotných čepů. Na modelu pracoviště se navíc oproti skutečnosti nachází ještě tlačítka pro simulaci vkládání barevných dílců do vstupního zásobníku. Tyto tlačítka se na skutečné stanici nenachází a je potřeba tyto díly vkládat do vstupního zásobníku ručně. Uživatel programu si dále může nastavit i vlastní tlačítka či přepínače, kterými může simulovat určité senzory či nastavení.

Ve druhé části je uveden popis software, který je možno pro obsluhu robota použít. Zde jsou stručně popsány výhody a nevýhody všech tří software. Jedná se o verze COSIMIR® INDUSTRIAL (CI), COSIMIR® ROBOTICS (CR) a COSIMIR® PROFESSIONAL (CP). Z čehož verze CI a CR byly dodány spolu s pracovištěm MPS®202 – ROBOTICS. Verze COSIMIR® PROFESSIONAL není ve škole k dispozici.

Software COSIMIR® ROBOTICS je určen pro simulaci pohybů robota, popřípadě více robotů. Je zde možné vymodelovat celé pracoviště včetně všech překážek a hlavně senzorů. Pomocí takto vytvořeného pracoviště je možné simulovat pohyb reálného robota v interakci s okolím. Jedná se zejména o zjišťování kolizí, ověřování dostupnosti určitých poloh, správné funkčnosti senzorů atd. Výsledky těchto simulací pomáhají při výběru skutečného robota, úpravě programů, úpravě pozic, zrychlení pracovního cyklu atd. Díky těmto výsledkům je možné již v průběhu plánování pracoviště předejít mnoha chybám a tím ušetřit nemalé výdaje. Hlavní nevýhodou tohoto software je fakt, že se jedná o verzi pro výukové účely, která je značně omezena. Hlavní nevýhodou tohoto software je nemožnost ukládání vytvořeného pracoviště. Je proto vhodné používat jedno již vytvořené prostředí, která jsou součástí instalačního balíku. Další nevýhodou je blokování kopírování programu, nebo seznamu pozic do schránky Windows. Tímto je znemožněno přenesení tohoto programu a seznamu pozic například do textového editoru. Poslední a hlavní nevýhodou tohoto programu je nemožnost připojení k řídicí jednotce robota. Není proto možné vytvořený program ověřit na skutečném robotu. I přes tyto nevýhody je COSIMIR® ROBOTICS velmi vhodný pro výuku OFF-LINE programování. Tento software je možné použít na více počítačích bez nutnosti použití HW klíče, který vyžaduje verze COSIMIR® INDUSTRIAL. Není proto problém aby s ním pracovalo více osob najednou. Další výhodou je fakt, že při spuštění tohoto programu se otevře i okno s modely, kde je možno si vybrat jeden ze čtyřiceti přednastavených pracovišť. Tyto pracoviště mají sloužit k pochopení toho, co vše lze s tímto softwarem modelovat a dále pochopit způsob programování. Hlavní výhodou však zůstává, že na rozdíl od verze COSIMIR® INDUSTRIAL je zde podpora různých druhů senzorů a proto je možné veškeré simulace provádět i s těmito senzory.

Software COSIMIR® INDUSTRIAL je co do podobnosti téměř totožný s programem COSIMIR® ROBOTICS . Nejdůležitějším rozdílem je fakt, že programu COSIMIR® ROBOTICS chybí příkazy, které mají na starosti komunikaci s řídicí jednotkou. Tento nedostatek odstraňuje právě software COSIMIR® INDUSTRIAL. Jsou zde přidány ikony, které slouží právě ke komunikaci mezi řídicí jednotkou a počítačem. Nejdůležitější je však RCI EXPLORER, kde je možné sledovat a nastavovat všechna důležitá nastavení týkající se projektu a řídicí jednotky. Další předností tohoto software je možnost ukládání pracovního prostředí a také možnost kopírování seznamu pozic a programu. Tyto funkce nebyly u verze COSIMIR® ROBOTICS k dispozici. Hlavní nevýhodou CI je fakt, že zde

chybí modul S7, který u verze COSIMIR® ROBOTICS simuloval PLC. Některé vstupy a výstupy musí být simulovány pomocí podmínek, jiné však automaticky nefungují a je potřeba je simulovat například přidáním simulačních tlačítek, nebo přepínačů.

Další a poslední software je COSIMIR® PROFESSIONAL. Plná verze tohoto programu je jakousi vylepšenou verzí programu COSIMIR® INDUSTRIAL. Předností tohoto Software je možnost simulování pracovního procesu s využitím senzorů, které u verze COSIMIR® INDUSTRIAL nefungovalo. Dále tato verze obsahuje rozšířenou verzi knihovny různých robotů, nástrojů, dopravníků, řemenů a zásobníků. Další výhodou jsou možnosti nahrávání kompletních pracovišť z dostupných příkladů. Je možné si toto pracoviště otevřít, upravit dle potřeby a uložit. Trial verze COSIMIR® PROFESSIONAL, která je ke stažení na stránkách FESTA je natolik omezená, že jí předčí i program COSIMIR® ROBOTICS. Tento software nemohl být však důkladně prozkoumán, protože bohužel není ve škole k dispozici. Dle mého názoru se tak škola připravuje o využití dalších možností práce na robotu Melfa RV-2AJ a montážní stanice.

V programech CR, CI a CP je pro programování možno použít programovací jazyk MELFA-BASIC (III, IV), nebo Movemaster Command. Z důvodů navazování této práce na diplomovou práci Ing. Lubomíra Šišky byl pro práci zvolen taktéž programovací jazyk MELFA-BASIC IV. Při zkoumání jednotlivých software bylo zjištěno, že ideálním řešením by pro programování byl software COSIMIR® PROFESSIONAL, který by však musel být pro výukové účely dokoupen.

V poslední kapitole této části se nachází popis jak postupovat při simulacích běhu programu a kontrole kolizí. V první řadě je zde však uveden postup pro vytvoření simulovaného pracoviště pro program COSIMIR® INDUSTRIAL, na kterém je možné běh programu a kontrolu kolizí simulovat. Vytvoření takového pracoviště je časově velmi náročné. Prvním důvodem je fakt, že vymodelované pracoviště musí přesně odpovídat pracovišti skutečnému. Pokud se v knihovně programu nenachází některé prvky pracoviště, je nutné tyto prvky v programu COSIMIR® INDUSTRIAL vymodelovat, nebo importovat z některého CAD programu. Při sestavování takového pracoviště je nutná velmi přesná a precizní práce. Po načtení všech komponentů pracoviště je také potřeba tyto komponenty nastavit dle potřeby. Jedná se například o uchopovací body, nastavení určitých chování, ale i o nastavení vstupů a výstupů. Pokud je však nastaveno vše správně, je vytvořeno pracoviště, které je možné použít pro kontrolu kolizí. Při spuštění programu na takovém pracovišti je možné si ověřit, zda se robot pohybuje dle přání.

Důležité je také vědět, že kontrola kolizí je velmi náročná na výkon počítače. Čím více je vybraných objektů pro kontrolu kolizí, tím je simulace pomalejší. Vhodným nastavením je možné vybrat jenom prvky, které by mohly skutečně kolidovat a tím výrazně zrychlit celou kontrolu kolizí. Pokud proběhne kontrola kolizí správně, není to důvod k menší ostražitosti při prvním spuštění programu. Spolu s robotem se pohybují i hadičky pro přívod tlakového vzduchu k úchopné hlavici a kabel vedoucí k senzoru B1. Poloha těchto částí se mění s posunem robotu a hlavně s rotací uchopovací hlavy. Právě na tuto pohyblivou část je potřeba si dát při spuštění programu na skutečném robotu pozor. Její pohyb nemůže být totiž simulován. Doporučuji proto při prvním spuštění snížit rychlost na minimum, aby bylo možné v případě potřeby běh programu zastavit jedním ze tří tlačítek nouzového zastavení.

Součástí této práce je také množství volných příloh. Příloha označená jako PŘÍLOHA 1 obsahuje informace o programu COSIMIR® INDUSTRIAL, které jsou potřebné pro nahrání programu a seznamu pozic do řídicí jednotky robota. Dále jsou zde ještě pokyny pro pohyb robota do požadovaných pozic. V druhé příloze s označením PŘÍLOHA 2 je detailně popsán demonstrační program, který je možné použít například při dnech otevřených dveří. Dalším výstupem této práce je několik variant montážní stanice, jichž lze využít jako zadání laboratorních úloh pro studenty v předmětu Základy robotiky. U každého programu jsou vždy uvedeny potřebné informace, které studentům usnadní práci. Zadání těchto programů jsou v tištěné i elektronické podobě a je k nim přiloženo ještě DVD s označením ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH. Na tomto DVD jsou nahrána příslušná pracoviště, která budou studenty otevřena a s nimiž budou následně pracovat. Součástí práce je i další DVD s označením ŘEŠENÍ LABORATORNÍCH ÚLOH, které obsahuje jedno z možných řešení dané úlohy. Toto DVD však nebudou mít studenti k dispozici a bude předáno Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D.

Pro všechny programy na těchto DVD byl použit programovací jazyk Melfa Basic IV, který má velmi jednoduché a snadno zapamatovatelné příkazy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Průmyslové roboty : historie a výhled [online]. 2009 [cit. 2009-12-19]. Dostupný z WWW: <http://technik.ihned.cz/2-38030810-800000_d-26>.
- [2] REPÁK, T. Trojosé manipulátory. Praha, 2005. 75 s. Diplomová práce na Českém vysokém učení technickém v Praze na katedře řídicí techniky.
- [3] RIPKA, P. – ĎAĎO, S. – KREIDL, M. – NOVÁK, J.: Senzory a převodníky. Praha, ČVUT 2005. 135 s. ISBN 80-01-03123-3
- [4] ŠŤASTNÝ, F. Senzory [online]. 1997 [cit. 2009-09-14]. Dostupný z WWW: <http://amper.ped.muni.cz/jenik/nejistoty/html_tree/node16.html>.
- [5] Encyklopedie Wikipedie [online]. [cit. 2009-09-10]. Dostupný z WWW: <<http://wikipedia.org/>>.
- [6] RUMÍŠEK, P. AUTOMATIZACE: Roboty a manipulátory. VUT Brno 2003. 31 s.
- [7] Elektrické pohony [online]. 2009 [cit. 2009-11-18]. Dostupný z WWW: <http://vencovo.misto.cz/_MAIL_/0/a/elektric.htm>.
- [8] TALÁCKO, J., MATIČKA, R. Konstrukce průmyslových robotů manipulátorů. Praha : ČVUT, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3
- [9] SCHMID, Dietmar a kol. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Praha: Europa - Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.
- [10] MANAS, M. Základy robotiky. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN: 80-214-0279-2
- [11] AutoCont Control Systems [online]. c2003-2006 [cit. 2009-09-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.autocontcontrol.cz/rs/shop.asp?deptid=2110798>>.
- [12] BEGEŠ, M. Průmyslové robotické systémy Mitsubishi MELFA. *Automatizace: Robotika a mechatronika*. Květen 2005, Roč. 48, č. 5, s. 330-331. Dostupný také z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=685>>.
- [13] Mitsubishi RV-2AJ robot for the automated laboratory workcel [cit. 2009-09-10]. Dostupný z WWW:<<http://www.paa.co.uk/labauto/products/hardware/robots/factory-robots/mitsubishi-robots/mitsubishi-rv-2aj.asp?o=255>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat)

PRaM Průmyslové roboty a manipulátory

CR COSIMIR® ROBOTICS

CI COSIMIR® INDUSTRIAL

CP COSIMIR® PROFESSIONAL

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Humanoidní roboty [5]	13
Obr. 2: George Devol vlevo a jeho první robot [5]	13
Obr. 3: Svařování robotem CLOOS vlevo, Řezání plasmou robotem Panasonic [5].....	14
Obr. 4: Balení robotem ABB vlevo, Paletizační robot Fuji Ace EC-201 [5]	14
Obr. 5: Robot KR 1000 Titan s nosností 1000 kg [1].....	15
Obr. 6: Robotická ruka se senzory tlaku (http://images.google.cz/).....	16
Obr. 7: Robot RI-MAN - Péče o postižené pacienty (http://images.google.cz/).....	17
Obr. 8: Současná práce více robotů na jednom výrobku [1]	17
Obr. 9: Dělení manipulačních systémů.....	18
Obr. 10: Dělení manipulačních zařízení [10].....	20
Obr. 11: Vlevo master, vpravo slave část teleoperátoru [10]	21
Obr. 12: Robot třetí generace - Opportunity(výzkumu Marsu) [8]	22
Obr. 13: Části robotu [9].....	23
Obr. 14: Pohyb s šesti stupni volnosti [9].....	23
Obr. 15: Sériová struktura vlevo, uprostřed paralelní a smíšená vpravo	24
Obr. 16: Ohraničený operační prostor robotu.....	25
Obr. 17: Pracovní obálka robotu.....	25
Obr. 18: Vlevo stacionární, vpravo mobilní řešení robotu	26
Obr. 19: Rozdělení průmyslových robotů a robotických systémů.....	27
Obr. 20: Rozdělení elektrických pohonů	28
Obr. 21: Model stejnosměrného motoru s popisem [5]	28
Obr. 22: Princip krokového motoru vlevo a lineárního elektromotoru vpravo [5].....	30
Obr. 23: Lineární hybridní motor vpravo a střídavý servomotor vlevo [5].....	31
Obr. 24: Kotva na krátko [5].....	31
Obr. 25: Rozdělení pracovních hlavic	33
Obr. 26: Pístové čelisti vlevo, kulisová úchopná hlava vpravo [9]	34
Obr. 27: Dělení úchopných prvků.....	34
Obr. 28: Pružné čelisti	35
Obr. 29: Odpružené čelisti	35
Obr. 30: Rozdělení aktivních mechanických hlavic	36
Obr. 31: Pohybový systém pracovní hlavičky [10].....	37
Obr. 32: Hydraul. ovládaná hlavička [6]	37
Obr. 33: Magnetická úchopná hlavička s vyhazovačem.....	38
Obr. 34: Schéma elektromagnetu vlevo, různé druhy elektromagnetů vpravo	39
Obr. 35: Deformační přísavka pevná vlevo, přísavka s odpruženým pístem vpravo	40
Obr. 36: Typy přísavek	41
Obr. 37: Ukázka stavebnicové sady od firmy ASS	41

Obr. 38: Lakovací robot vlevo, svařovací robot vpravo	42
Obr. 39: Technologická hlavice pro nanášení vrstvy PP vlevo, řezání laserem vpravo	42
Obr. 40: Technologická hlavice robotu pro frézování vlevo, pro broušení vpravo	42
Obr. 41: Kontrolní a měřicí hlavice vlevo, měřicí stůl vpravo [8]	43
Obr. 42: Dva typy kombinovaných hlavic	43
Obr. 43: Kombinovaná hlavice s podtlakovými přísavkami [8]	44
Obr. 44: Kombinovaná hlavice dvojnásobné formy pro úchop a odstřížení vtoku	44
Obr. 45: Různé typy senzorů	45
Obr. 46: Funkce senzoru	45
Obr. 47: Rozdělení senzorů dle výstupní veličiny	46
Obr. 48: Rozdělení senzorů dle styku s veličinou	46
Obr. 49: Rozdělení senzorů dle transformace signálu	46
Obr. 50: Optický poziční aktivační snímač [9]	47
Obr. 51: Čtvercová matice 15x15mm [9]	47
Obr. 52: Optický přibližovací snímač a jedna z možností využití [9]	48
Obr. 53: Optosenzor s laserovou diodou při kontrole čipů [9]	48
Obr. 54: Clonové pravítko vlevo, optický inkrementální snímač úhlu vpravo [9]	49
Obr. 55: Průmyslové robotické systémy Mitsubishi Melfa [12]	50
Obr. 56: Melfa RV-2AJ vlevo, RV-1A vpravo	51
Obr. 57: Melfa RV-3AJ vlevo, RV-2A vpravo	51
Obr. 58: Melfa RV-6S vlevo, RV-6SL uprostřed, RV-12SL vpravo	52
Obr. 59: Melfa RP-AH vlevo, RP-3AH uprostřed, RP-5AH vpravo	52
Obr. 60: Melfa RH-5AH vlevo, RH-10AH vpravo	53
Obr. 61: Řídící jednotka CR1	54
Obr. 62: Robot MELFA RV-2AJ, řídicí jednotka CR1 a ovládací panel	54
Obr. 63: Základní rozměry Robotu Melfa RV-2AJ [13]	56
Obr. 64: Celé pracoviště MPS®202 - ROBOTICS	59
Obr. 65: Stanice s robotem Melfa RV-2AJ – ukázka nejdůležitějších částí	60
Obr. 66: Úchopná hlavice	61
Obr. 67: Kompletační stanice	62
Obr. 68: Vstupní zásobník	63
Obr. 69: Montážní stanice	63
Obr. 70: Celý zásobník s čepy vlevo, paleta se dvěma čepy vpravo	64
Obr. 71: Výstupní zásobník	64
Obr. 72: Zásobník na víčka	65
Obr. 73: Zásobník na pružiny	66
Obr. 74: Zásobník na pružiny	66
Obr. 75: PLC a zdroj	67
Obr. 76: Stav po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS	71

Obr. 77: Výběr typu modelu	72
Obr. 78: Vytvoření nového projektu	72
Obr. 79: Project Wizard – Step 1 of 3	73
Obr. 80: Project Wizard – Step 2 of 3	73
Obr. 81: Pracovní prostředí programu	74
Obr. 82: Základního menu	75
Obr. 83: Panely nástrojů - nahoře z CR, dole z CI	75
Obr. 84: Okno pracovního prostředí robota	78
Obr. 85: Část programu v jazyce Melfa-Basic IV	79
Obr. 86: Okno s pozicemi	82
Obr. 87: Okno se vstupy a výstupy	83
Obr. 88: Chybové hlášení 1	85
Obr. 89: Prázdné okno s programem a seznamem pozic v RCI Explorru	86
Obr. 90: Složka MPS-RobotAssemblyStation	87
Obr. 91: Složka Model v MPS-RobotAssemblyStation	87
Obr. 92: Složka Position Lists v MPS-RobotAssemblyStation	88
Obr. 93: Složka Programs v MPS-RobotAssemblyStation	88
Obr. 94: Jednotlivé složky v MPS-RobotAssemblyStation	89
Obr. 95: Chybové hlášení 2	90
Obr. 96: Project management 1	90
Obr. 97: Project management 2	91
Obr. 98: Okno Model Explorru	92
Obr. 99: Okno Model Explorru	93
Obr. 100: Změna souřadnic nových pozic	94
Obr. 101: Změna názvů vstupů dle tabulky 4	96
Obr. 102: Změna názvů výstupů dle tabulky 5	96
Obr. 103: Popis simulovaných tlačítek	97
Obr. 104: Jog Operation	98
Obr. 105: Uchopovací bod	99
Obr. 106: Souřadnice uchopovacího bodu	99
Obr. 107: Část programu a celý seznam pozic	100
Obr. 108: Project management 2	101
Obr. 109: Okno zpráv	102
Obr. 110: Collision Detection – Display	103
Obr. 111: Collision Detection – Messages	104
Obr. 112: Collision Detection - Selection	104
Obr. 113: Collision Detection – Check	105
Obr. 114: Model Explorer – Properties for hull	105

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdělení PRaM dle nosnosti.....	26
Tabulka 2: Rozdělení PRaM dle přesnosti	26
Tabulka 3: Technická specifikace Melfa RV-2AJ [11]	57
Tabulka 4: Vstupy PLC	68
Tabulka 5: Výstupy PLC	68
Tabulka 6: Popis ikon v panelu nástrojů – část 1	76
Tabulka 7: Popis ikon v panelu nástrojů – část 2	77
Tabulka 8: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 1	80
Tabulka 9: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 2	81
Tabulka 10: Nové souřadnice pro simulované prostředí	95

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: Program COSIMIR® INDUSTRIAL, Pohyb robota do požadovaných pozic.

PŘÍLOHA 2: Demonstrační program (vyžaduje obsluhu zaučené osoby)

PŘÍLOHA 3: Zadání laboratorních úloh

PŘÍLOHA 4: DVD - ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH

PŘÍLOHA 5: DVD - ŘEŠENÍ LABORATORNÍCH ÚLOH

MONTÁŽ S VYUŽITÍM ROBOTU MELFA RV-2AJ

PŘÍLOHA 1

Bc. Petr Merhaut

PROGRAM COSIMIR INDUSTRIAL
MANIPULACE S ROBOTEM DO POŽADOVANÝCH POZIC










OBSAH

1	PROGRAM COSIMIR INDUSTRIAL.....	3
1.1	RCI EXPLORER.....	3
1.2	NAVÁZÁNÍ SPOJENÍ MEZI PC A ŘÍDÍCÍ JEDNOTKOU ROBOTA.....	4
1.3	STAŽENÍ PROGRAMU A SEZNAMU POZIC DO ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY	6
1.4	SPUŠTĚNÍ PROGRAMU	8
2	MANIPULACE S ROBOTEM DO POŽADOVANÝCH POZIC	10
2.1	MANIPULACE S ROBOTEM POMOCÍ OVLÁDACÍHO PANELU	10
2.2	MANIPULACE S ROBOTEM V PROGRAMU COSIMIR® INDUSTRIAL.....	12
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	14

1 PROGRAM COSIMIR INDUSTRIAL

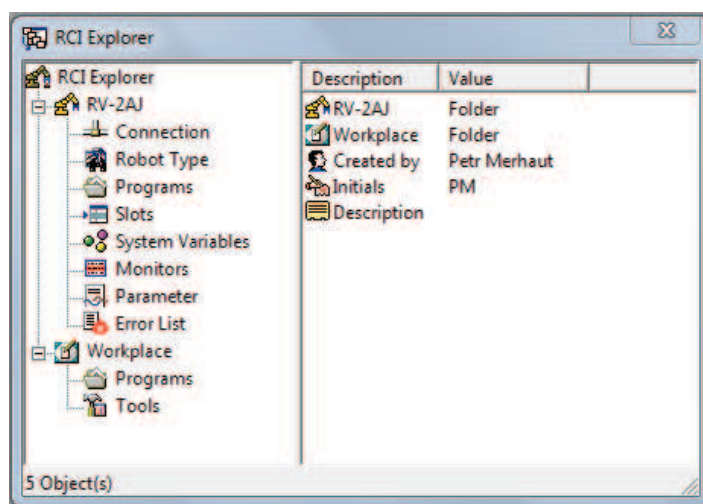
Tento program Cosimir robotics je co do podobnosti téměř totožný s programem Cosimir Robotics. Nejdůležitějším rozdílem je fakt, že programu Cosimir Robotics chybí příkazy, které mají na starosti komunikaci s řídicí jednotkou. Tento nedostatek odstraňuje právě program Cosimir Industrial. Jedná se o příkazy v následující tabulce, které byly popsány již Ing. Lubomírem Šiškou.

Tabulka 1: Příkazy pro ovládání a komunikaci s řídicí jednotkou

	DOWNLOAD - Tímto příkazem se nahrává program nebo seznam pozic z PC do řídicí jednotky robota. Příkaz je dostupný pouze, pokud je aktivní okno s programem (se seznamem pozic). [1]
	UPLOAD - Tímto příkazem je možné stáhnout program popřípadě seznam pozic z řídicí jednotky do PC. Příkaz je dostupný pouze, pokud je aktivní okno s programem nebo se seznamem pozic [1]
	ROBOT POSITION TO PC - Tento příkaz zjistí aktuální pozici robota z řídicí jednotky a provede přestavení ramene v okně simulace pracovního prostředí. [1]
	ALARM RESET - Maže aktuální chybu robota. Příkaz je proveditelný pouze za předpokladu, že je zajištěno spojení mezi řídicí jednotkou a PC. [1]
	INIT CONNECTION - Tento příkaz je nutné použít pro úspěšné navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou robota. Pokud se spojení zdaří, zobrazí se informační okno. V případě, že k navázání spojení nedojde během 5 s, je nutné ověřit správnost nastavení. [1]
	RCI EXPLORER – Zobrazí, nebo skryje okno RCI Exploreru. [1]
	DISPLAYS THE CURRENT ERROR MESSAGE OF THE ROBOT – Zobrazí zprávu o poslední chybě robota. [1]

1.1 RCI Explorer

RCI Explorer (Robot Controller Interface) je rozdělen na dvě hlavní složky. Běžně se nachází v levém dolním rohu pracovní plochy. Je-li vypnutý, je možné ho opět zobrazit díky ikonce z panelu nástrojů. [1]



Obr. 1: RCI Explorer

Název první složky je odvozen od typu robota, který byl zvolen během instalace programu COSIMIR INDUSTRIAL. Tato hlavní složka obsahuje následujících osm pod-složek: [1]

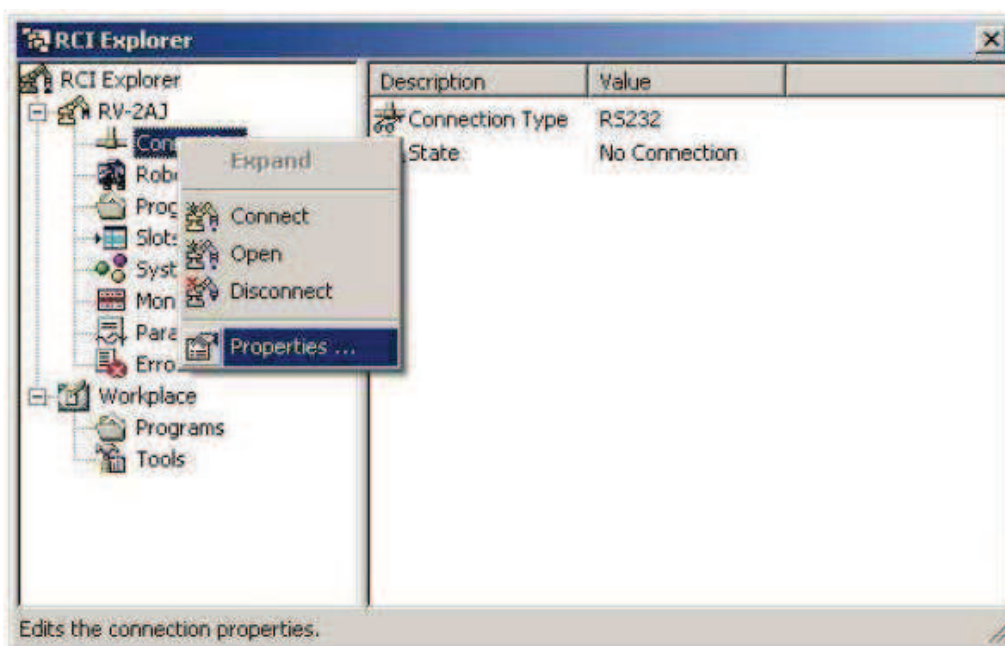
- **Connection** - Slouží pro navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou. [1]
- **Robot Type** - V této složce jsou zobrazeny informace týkající se typu robota, verze operačního systému, stavu paměti řídicí jednotky, aj. [1]
- **Programs** - Po přepnutí na tuto složku se provede aktualizace stavu paměti řídicí jednotky a zobrazí se všechny programy v ní uložené. Odtud je možné jednotlivé programy spouštět, zastavovat, otevírat, apod. [1]
- **Slots** - Zobrazuje stav osmi dostupných slotů a umožňuje do nich ukládat programy.
- **System Variables** - Složka obsahuje systémové proměnné. [1]
- **Monitors** - Ve složce Monitors se nacházejí nástroje pro sledování zatížení jednotlivých motorů během programového cyklu, sledování rychlosti, kontrolu vstupů a výstupů, apod. [1]
- **Parameter** - Složka obsahuje parametry robota.
- **Error List** - Zobrazuje většinu chyb a varování, ke kterým došlo během práce s robotem. [1]

Druhá složka slouží jako pracoviště „Workplace“. Obsahuje jednak data umístěná v PC v příslušném projektu (programy a seznamy pozic) a také složku „Tools“, která obsahuje především nástroje pro manipulaci s robotem a možnost přímého odesílání příkazů do řídicí jednotky. [1]

1.2 Navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou robota

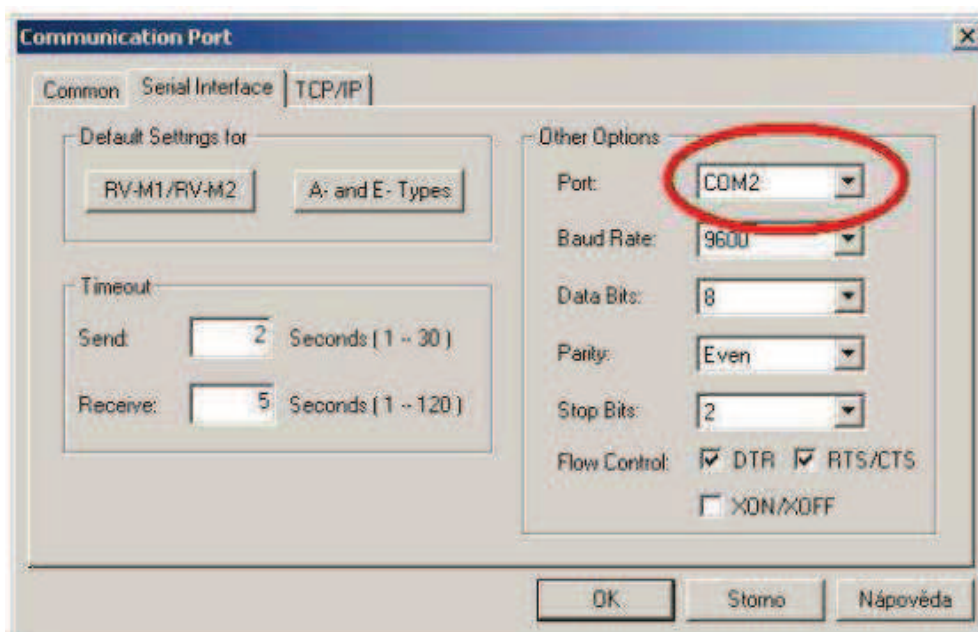
Navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou je první věc, kterou je nutné udělat ihned po založení nového projektu popř. otevření staršího již hotového programu. Pro připojení se využívá RCI Explorer, nebo přímo ikonka „Init Connection“. Ikonku z panelu nástrojů je možné použít jen u starších projektů. U nových projektů je nutné postupovat podle následujícího návodu, protože se ve vlastnostech mění port z COM 2 na COM 1. (Záleží na tom, který COM port byl nastaven při instalaci jako výchozí). [1]

V RCI Explorer kliknete pravým tlačítkem na složku „Connection“ a v roletovém menu zvolte možnost „Properties“. [1]



Obr. 2: Roletové menu conection

Po zobrazení dialogového okna je možné nastavovat vlastnosti ve třech záložkách, ale pro úspěšné spojení postačí ve druhé záložce změnit Port COM 2 na COM 1, jak je vidět na následujícím obrázku. [1]



Obr. 3: Dialogové okno

Nyní můžete toto okno zavřít kliknutím na tlačítko „OK“ a navázat spojení příkazem „Init Connection“ z panelu nástrojů, nebo zvolením možnosti „Connect“ v roletovém menu. [1]

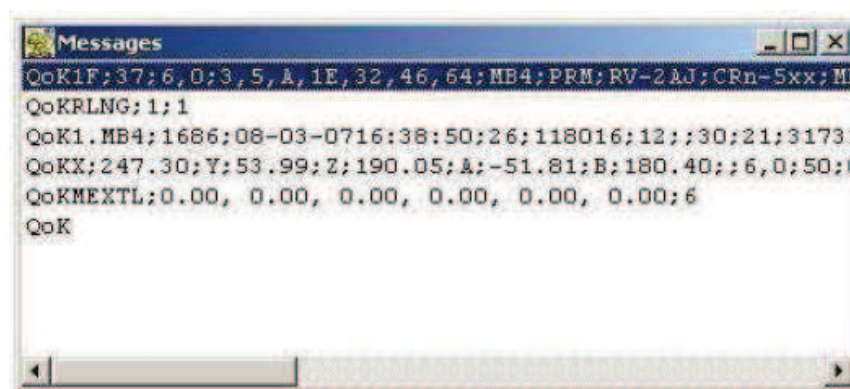
V případě, že navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou proběhlo úspěšně, zobrazí se dialogové okno, ve kterém je zobrazen typ robota a programovací jazyk. Toto okno potvrďte tlačítkem „OK“. [1]



Obr. 4: Informační okno o připojení

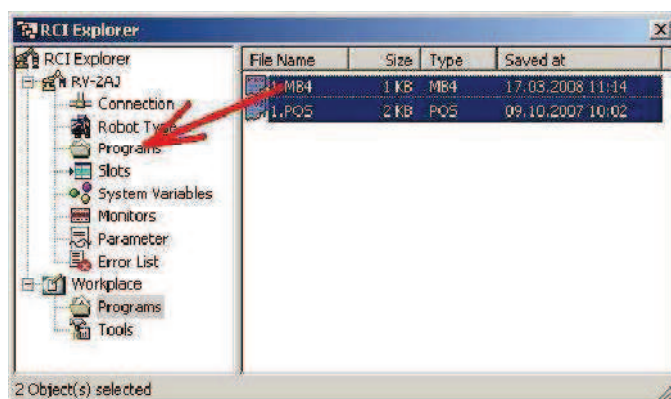
1.3 Stažení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky

Před samotným nahráním programu je potřeba tento použít ikonu COMPILER+LINK (Kompilace + Linkování). Tuto ikonu jde spustit pouze v případě, že je aktivní okno s programem. Soubor programu je kompilován a linkován do IRdata kódu. Objeví okno zpráv, kde je v případě chyby tato chyba popsána a je možno jí dle řádku v programu vyhledat a je nutné jí opravit. Toto okno zobrazuje i komunikaci mezi robotem a PC. [1]



Obr. 5: Okno zpráv

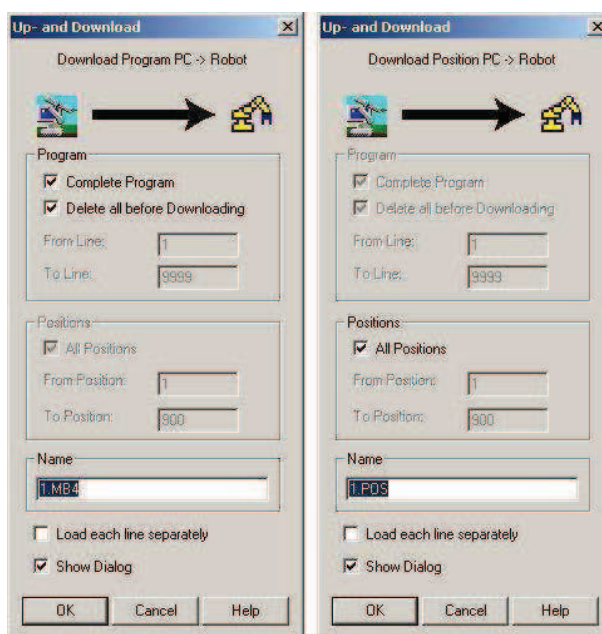
Pak je možné tento program a seznam pozic se nahrát do řídicí jednotky za pomoci RCI Exploreru. Tažením myši se přetáhne program (*.MB4) současně se seznam pozic (*.POS) ze složky Programs (Workplace/Programs) do složky Programs (RV-2AJ/Programs). [1]



Obr. 6: Stažení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky

V dialogovém okně, které se zobrazí jako první, jsou automaticky zatrhnuty horní dvě možnosti („Complete Program“ a „Delete all before Downloading“). Není zde potřeba nic měnit a stačí okno potvrdit tlačítkem „OK“. [1]

Nyní se zobrazí druhé dialogové okno, které slouží k nastavení přenosu seznamu pozic. Opět není potřeba nic měnit, jen je nutné dbát na to, aby v kolonce „Name“ bylo uvedené stejné označení jako v předchozím okně. Pokud by byl název programu a seznamu pozic různý, program by byl nefunkční. [1]



Obr. 7: Dialogová okna pro stažení programu a seznamu pozic

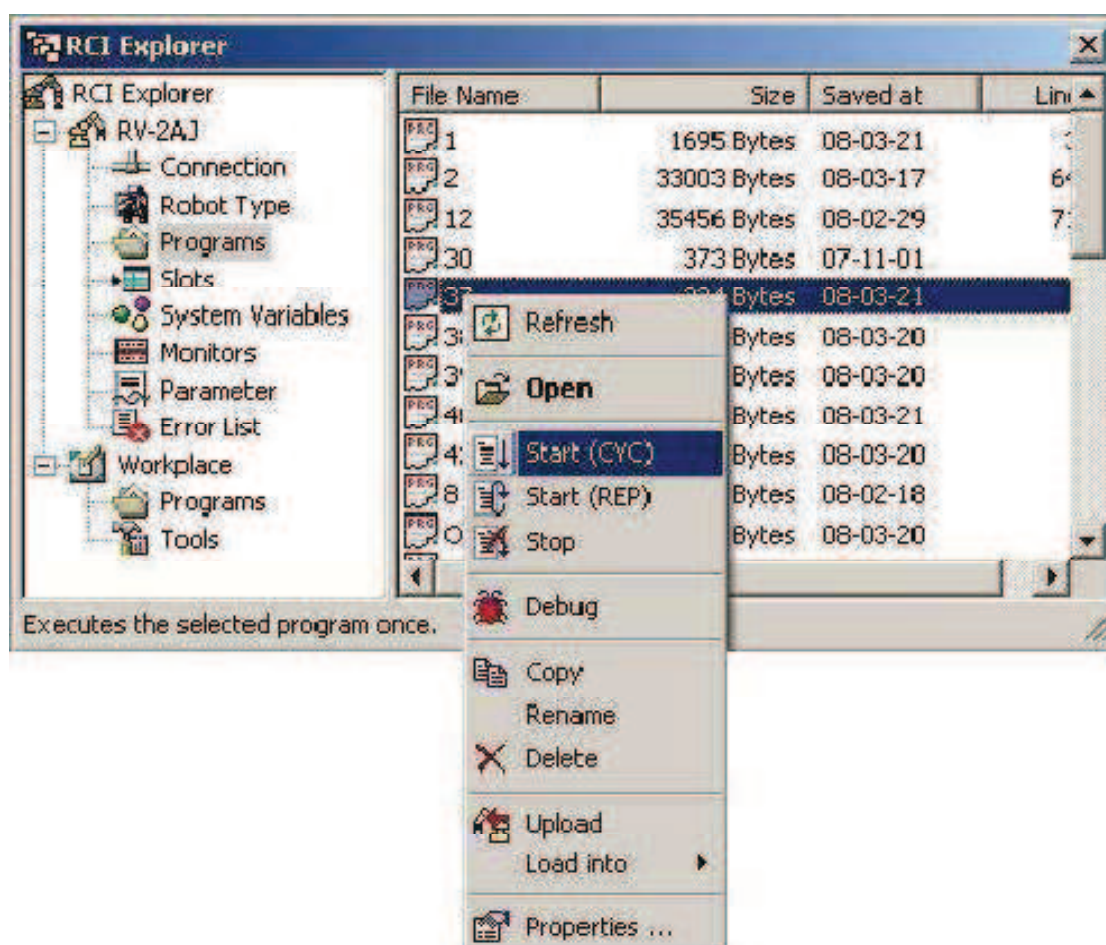
1.4 Spuštění programu

Spuštění se provádí pomocí RCI Exploreru, který je rozdělen na dvě části. Je-li program spolu se seznamem pozic správně stažen v řídicí jednotce, lze ho najít v horní složce „Programs“, ve které jsou umístěny všechny programy aktuálně uložené v řídicí jednotce.

Pro samotné spuštění je zapotřebí zobrazit roletové menu na požadovaném programu a z nabízených možností zvolit buď možnost „Start (CYC)“ nebo „Start (REP)“. [1]

V prvním případě bude proveden pouze jeden cyklus programu, kdežto ve druhém případě se cyklus neustále opakuje až do zastavení uživatelem pomocí příkazu „Stop“, který se nachází rovněž v tomto roletovém menu. [1]

Před samotným spuštěním programu je vždy nutné zkontrolovat, zda se nikdo nenachází v blízkosti robota. [1]



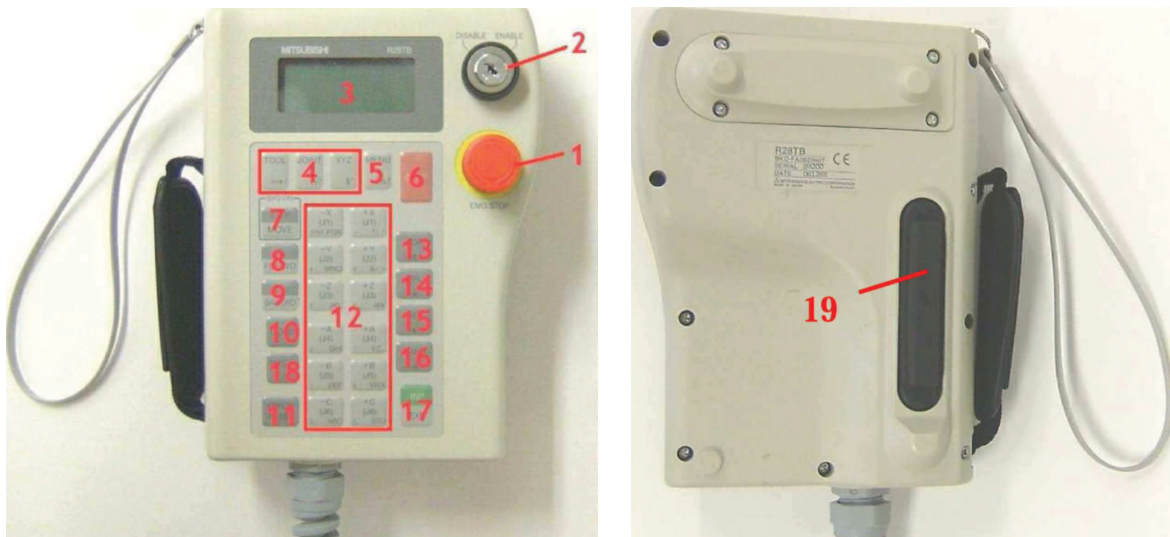
Obr. 8: Spuštění programu

2 MANIPULACE S ROBOTEM DO POŽADOVANÝCH POZIC

Pohybování robotem je velmi důležitým úkonem při vytváření seznamu pozic. Toto vytváření pozic je relativně jednoduché. Uživatel má možnost volby mezi dvěma způsoby, jimiž lze nastavit rameno do požadované polohy. První způsob je pomocí programu COSIMIR INDUSTRIAL a druhý pomocí ovládacího panelu, který je součástí celé stanice. Obě možnosti jsou podrobně popsány v následujících dvou kapitolách. [1]

2.1 Manipulace s robotem pomocí ovládacího panelu

Pro manipulaci s robotem pomocí ovládacího panelu je nezbytné mít klíč v řídicí jednotce nastaven do pozice „TEACH“ a klíč na ovládacím panelu v pozici „ENABLE“. [1]



Obr. 10: Ovládací panel

- 1) EMERGENCY STOP
- 2) Zapnutí/vypnutí ovládacího panelu
- 3) Displej
- 4) Volba ovládání robota (natáčení kolem jednotlivých os/pohyb v souřadném systému XYZ)
- 5) MENU (Zobrazí hlavní nabídku)
- 6) STOP (okamžité vypnutí robota - funguje i ve chvíli, kdy je ovládací panel přepnut do polohy DISABLE)

- 7) STEP/MOVE (při současném stisknutí s deadman switch a „12" lze manuálně pohybovat s robotem). Při současném stisknutí tlačítka Deadmanswitch dojde k zapnutí serva.
- 8) +/FORWD (Při současném stisknutí tlačítka STEP/MOVE lze zvyšovat rychlost pohybu).
- 9) 7BACKWD (Při editování programu zobrazí předchozí krok. Při současném stisknutí tlačítka STEP/MOVE lze snižovat rychlost pohybu).
- 10) COND (Návrat z prostředí pro manuální ovládání robota do okna pro editování programu)
- 11) ERROR/RESET (Vymaže vzniklé chyby)
- 12) Klávesnice sloužící pro psaní čísel a písmen (ovládání stejné jako u mobilního telefonu). Pro psaní písmen je nutné současně držet tlačítko POS/CHAR. Dále klávesy slouží k pohybování s robotem (viz výše)
- 13) ADDAf (Uloží data o pozici robota. Umožňuje pohyb kursoru směrem nahoru)
- 14) RPL/J, (Umožňuje pohyb kursoru směrem dolů)
- 15) DELA— (Maže zadaná data a umožňuje pohyb kursoru směrem doleva)
- 16) HAND/—>• (Umožňuje pohyb kursoru směrem doprava)
- 17) INP/EXE (Toto tlačítko slouží pro vkládání programu)
- 18) POS/CHAR (Umožňuje psaní textu)
- 19) DEADMAN SWITCH (Nutné držet po dobu manuálního pohybování s robotem)

Jak již bylo naznačeno v předchozím popisu jednotlivých tlačítek ovládacího panelu, k manipulaci s robotem slouží tlačítka klávesnice (-X, +X, -Y, +Y, -Z, +Z, -A, +A, -B, +B, -C, +C) a to při současném stisku tlačítek STEP/MOVE a DEADMAN SWITCH. [1]

Jakmile je dosaženo požadované polohy výstupní hlavice, přeneseme se tato pozice do PC. To se provede za pomoci příkazu „Robot Position —► PC", který je součástí roletového menu záložky „Execute". Robot v simulovaném pracovním prostředí se tímto nastaví do stejné polohy, v jaké se nachází skutečný robot. V tomto okamžiku stačí pouze otevřít dialogové okno „Jog Operation", které je přístupné ze složky „Tools" v RCI Exploreru a kliknutím na tlačítko „Current Position —► Pos. List“ tuto pozici uložit. Důležité je vyplnit políčko s číslem pozice, pod kterým se tato následně uloží. [1]

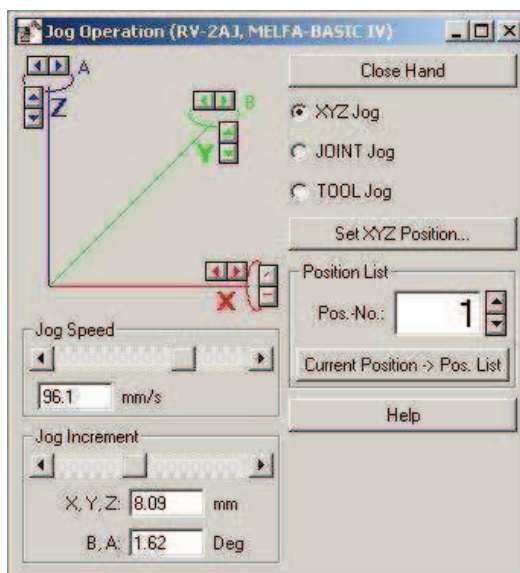
Je-li nutné během nastavování pozic, aby byl vyjetý některý ze dvou pneumaticky ovládaných zásobníků, lze to provést pomocí dialogového okna „I/O Monitor“, které se nachází v RCI Explorer v záložce „Monitors“. Jedná se o výstup 8 (pro pružiny) a výstup 9 (pro víčka). [1]

2.2 Manipulace s robotem v programu COSIMIR® INDUSTRIAL

Klíč v řídicí jednotce je otočen klasicky do polohy „AUTO (Ext.)“ a ovládací panel je vypnutý (klíč v poloze „DISABLE“). [1]

Pro manipulaci s robotem slouží dialogové okno „Jog Operation“, které je přístupné ze složky „Tools“ v RCI Exploreru. Po nastavení velikosti kroku (Jog Increment) a rychlosti (Jog Speed) je možné pomocí myši pohybovat s robotem. Tlačítko „Close Hand“ slouží pro sevření/otevření úchopné hlavičky. [1]

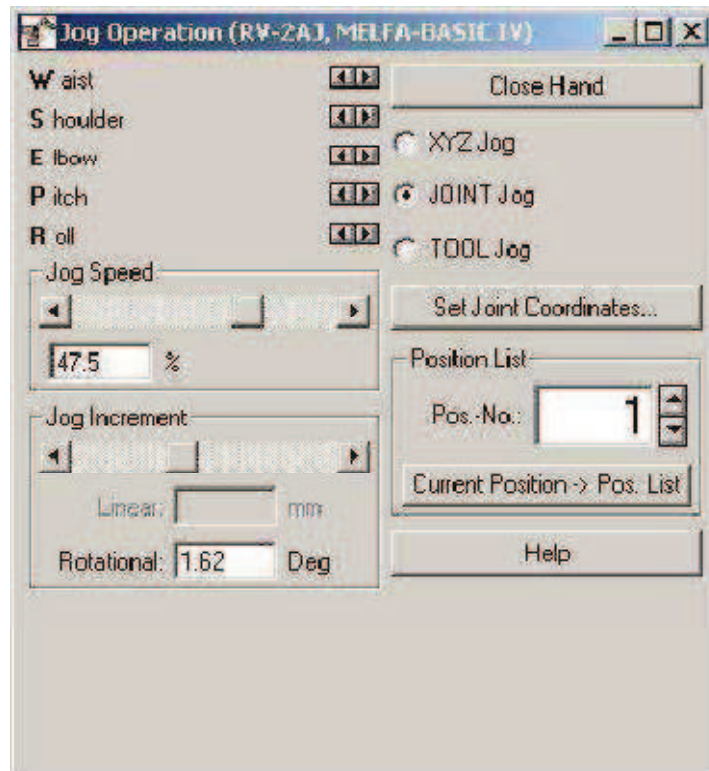
Na následujícím obrázku je vidět okno přepnuté do režimu „XYZ Jog“, které umožňuje lineární pohyb ramene v souřadném systému XYZ, přičemž osa X je rovnoběžná s delší hranou stolu, osa Y je kolmá na X a Z je osa svislá. [1]



Obr. 11: Jog operation – ovládání v osách XYZ

Po přepnutí do režimu „JOINT Jog“ lze využít možnosti pohybu jednotlivých kloubů. První řádek „Waist“ umožňuje otáčet s robotem kolem svislé osy. Následující řádky jsou přiřazeny postupně k jednotlivým kloubům po délce ramene až po řádek „Roof“, který natáčí úchopnou hlavičku kolem vlastní osy. [1]

Nyní pokud je robot nastaven v požadované pozici, stačí kliknutím na tlačítko „Current Position —► Pos. List “ pozici uložit. Souřadnice se přenesou do okna se seznamem pozic a uživatel může pokračovat v nastavování další pozice. [1]



Obr. 12: Jog operation – ovládání jednotlivých kloubů

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY, OBRÁZKŮ A TABULEK

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Šiška L. Montážní stanice s robotem MELFA RV-2AJ, UTB ve Zlíně - Fakulta technologická 2008. 96 s. Diplomová práce

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1: RCI Explorer	3
Obr. 2: Roletové menu conection	5
Obr. 3: Dialogové okno	5
Obr. 4: Informační okno o připojení	6
Obr. 5: Okno zpráv	6
Obr. 6: Stažení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky	7
Obr. 7: Dialogová okna pro stažení programu a seznamu pozic	7
Obr. 8: Spuštění programu.....	8
Obr. 9: Uložení programu do slotu	9
Obr. 10: Ovládací panel	10
Obr. 11: Jog operation – ovládání v osách XYZ	12
Obr. 12: Jog operation – ovládání jednotlivých kloubů.....	13

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Příkazy pro ovládání a komunikaci s řídicí jednotkou	3
---	---

MONTÁŽ S VYUŽITÍM ROBOTU MELFA RV-2AJ

PŘÍLOHA 2

Bc. Petr Merhaut

DEMONSTRAČNÍ PROGRAM
(VYŽADUJE OBSLUHU ZAUČENÉ OSOBY)



OBSAH

1	DEMONSTRAČNÍ PROGRAM.....	3
1.1	ZJEDNODUŠENÝ POPIS PROGRAMU.....	3
1.2	POPIS POUŽITÝCH SOUČÁSTÍ.....	4
1.3	POKYNY PRO OBSLUHU PŘED SPUŠTĚNÍM PROGRAMU	4
1.3.1	Vložení dílů do vstupního zásobníku.....	4
1.3.2	Vložení čepů do palety s čepy.....	5
1.3.3	Vložení pružin do zásobníku.....	5
1.3.4	Vložení víček do zásobníku	5
1.3.5	Zapnutí tlakového vzduchu	6
1.3.6	Zkontrolování, zda je POLOHA 2 na kompletační stanici prázdná.....	6
1.3.7	Upozornění.....	7
1.4	POPIS SAMOTNÉHO PROGRAMU.....	7
1.4.1	Definice jmen zvláštních pozic	7
1.4.2	Definice hodnot zvláštních pozic	8
1.4.3	Definování názvů integer proměnných	8
1.4.4	Definování vstupních a výstupních proměnných	8
1.4.5	Nastavení potřebných hodnot před spuštěním programu.....	9
1.4.6	Hlavní program	10
1.4.7	Podprogram pro zjištění přítomnosti dílce na montážní stanici.....	10
1.4.8	Podprogram pro ověření přítomnosti dílce ve vstupním zásobníku.....	11
1.4.9	Podprogram, který odebere dílec ze vstupního zásobníku.....	11
1.4.10	Podprogram, který přesune dílec na kompletační stanici.....	12
1.4.11	Podprogram, pro zjištění přítomnosti dílce a jeho barvu (dle výšky)	12
1.4.12	Podprogram, pro zjištění přítomnosti otvoru na spodní straně dílce 1	13
1.4.13	Podprogram, pro zjištění přítomnosti otvoru na spodní straně dílce 2	13
1.4.14	Podprogram, který určuje, který čep z palety na čepy odebrat	14
1.4.15	Podprogram, který uchopí čep	15
1.4.16	Podprogram, který vloží čep do dílce.	15
1.4.17	Podprogram, který zkontroluje pružinu v zásobníku a pružinu uchopí	16
1.4.18	Podprogram, který vkládá pružinu do připraveného dílce	17
1.4.19	Podprogram, který kontroluje přítomnost víčka, uchopí jej a přesune	17
1.4.20	Podprogram, který kontroluje na víčku drážky pro zašroubování	18
1.4.21	Podprogram, který odloží smontovaný dílec	19
1.4.22	Podprogramy, které obsahují řešení případných chyb	21
	CHYBOVÉ SIGNALIZACE A SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	24

1 DEMONSTRAČNÍ PROGRAM

Tento program byl vytvořen pro účely demonstrace práce na stanici s robotem Melfa RV-2AJ a kompletační stanici. (Například pro použití při dnech otevřených dveří). Je napsán tak, aby zde byla prezentována větší část úkonů, které lze s robotem provádět. Samotný program je psán co nejjednodušeji a každý krok programu je důkladně popsán. Jde si proto snadno udělat představu o tom, co daný příkaz dělá a s čím má souvislost.

Model pracoviště, program a seznam pozic se nachází na DVD s označením ŘEŠENÍ LABORATORNÍCH ÚLOH ve složce CI_Demonstracni_program\Model

1.1 Zjednodušený popis programu

Zjednodušeně se dá říci, že tento program slouží k uchopení a přenesení dílců ze vstupního místa na kompletační stanici. Zde jsou dílce správně ustaveny tak, aby do nich mohl být přenesen čep. Na tento čep je pak navlečena pružina a na to vše je našroubováno víčko. Takto zkompletovaný dílec je následně přesunut na jedno z výstupních míst.



Obr. 1: Zobrazení hlavních cílů programu

Tento program není bezobslužný a to hned z několika důvodů. Prvním důvodem je, že je zde omezená kapacita dílů ve všech vstupních i výstupních zásobnících. Paleta s čepy je zde také pouze jedna a po jejím vyprázdnění je nutné, aby byly čepy v této paletě doplněny. Dalším důvodem je, že při dnech otevřených dveří by mohl být některý z účastníků zraněn. Robot se totiž nenachází v kleci a také nemá jiné bezpečnostní opatření, které by pracoviště v případě vstupu nepovolané osoby vypnulo.

Je proto nutné, aby obsluhující osoba byla náležitě zaučena. Tato osoba musí znát celý program, chybová hlášení (uvedená na straně 24) a chovat se tak, aby neohrozila sebe, nebo jiné osoby. V programu jsou mimo jiné také vloženy některé místa, kde je potřeba, aby obsluhující osoba zkontrolovala správnost ustavení dílce, správnost zašroubování dílce, nebo zda je možné dílec do určitého místa skutečně položit (zda není zásobník zcela zaplněn). V každém tomto bezpečnostním kroku se rozsvítí pouze signálka na tlačítku START a program čeká na zmáčknutí tohoto tlačítka.

1.2 Popis použitých součástí

Na výběr jsou zde tři typy dílců. Červený a stříbrný dílec se liší pouze v barvě. Černý dílec se však od červeného a stříbrného liší výškou a průměrem vnitřního otvoru. Průměr vnitřního otvoru přímo souvisí s typem čepu. Pro černé díly jsou určeny stříbrné čepy a pro červené a stříbrné díly jsou použity čepy černé. Dalšími použitými dílci jsou pružiny a víčka. Pružiny i víčka mají jednotný rozměr a není je proto nutno nijak rozlišovat.



Obr. 2: Vlevo dílce, vpravo paleta s čepy



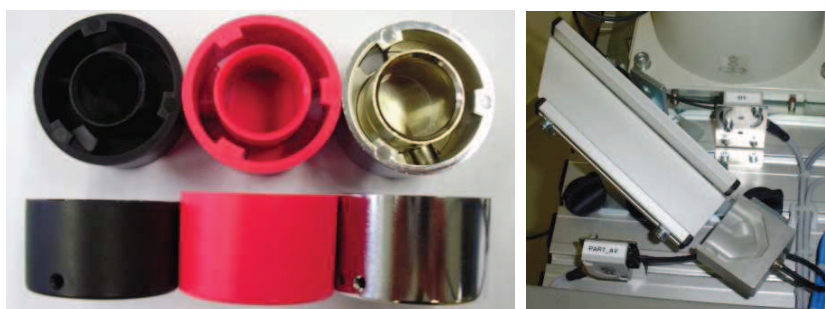
Obr. 3: Vlevo pružina, vpravo víčko

1.3 Pokyny pro obsluhu před spuštěním programu

Před samotným spuštěním programu je potřeba, aby bylo zkontrolováno a uděláno několik věcí, které jsou potřeba pro bezproblémový chod celého pracoviště.

1.3.1 Vložení dílů do vstupního zásobníku

Díly se do vstupního zásobníku vkládají otvorem nahoru. Je možné vložit najednou více dílů, které se budou po odebrání automaticky podávat. Na pořadí dílů nezáleží.



Obr. 4: Vlevo dílce, vpravo vstupní zásobník

1.3.2 Vložení čepů do palety s čepy

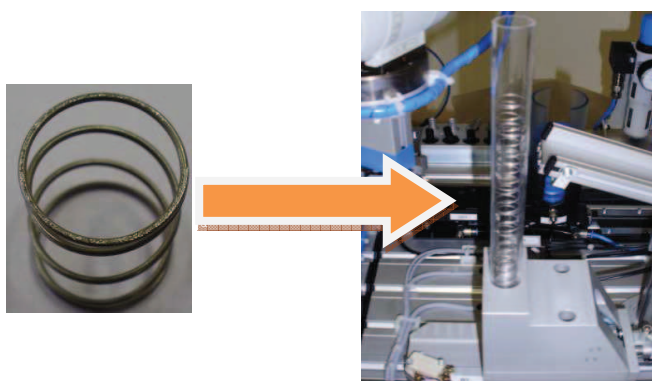
Do palety určené pro čepy se vkládají stříbrné a černé čepy. Otvory jsou různě veliké a tak nehrozí jejich záměna. Je také důležité, aby byly čepy vloženy správně. Pokud by byly vloženy špatně, hrozilo by poškození čepů, uchopovací hlavy, nebo samotného robota.



Obr. 5: Vlevo prázdná paleta, uprostřed špatně a vpravo správně umístěné čepy

1.3.3 Vložení pružin do zásobníku

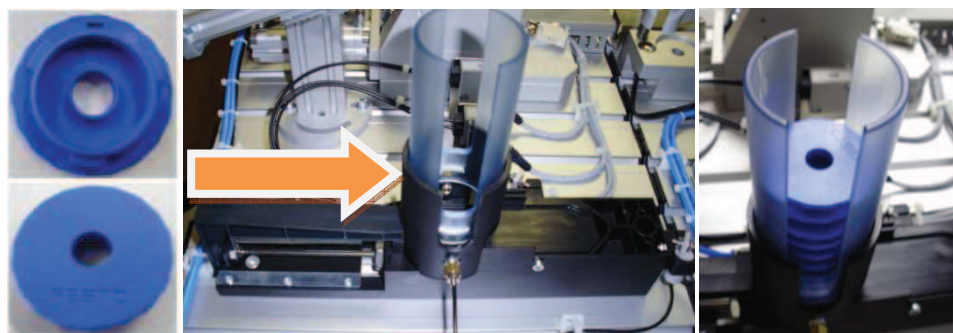
Zásobník na pružiny se plní přiloženými pružinami horní stranou průhledného válce.



Obr. 6: Vlevo pružina, vpravo zásobník na pružiny

1.3.4 Vložení víček do zásobníku

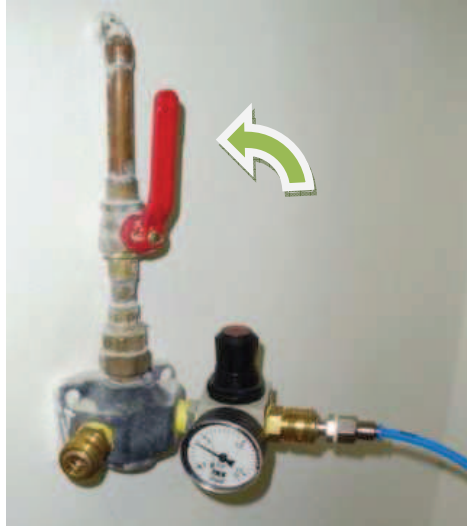
Víčka se vkládají do vstupního zásobníku nápísem FESTO směrem nahoru. Je možné vložit nad sebe větší počet víček, které budou automaticky dávkovány.



Obr. 7: Vlevo víčka, uprostřed prázdný a vpravo naplněný zásobník na víčka.

1.3.5 Zapnutí tlakového vzduchu

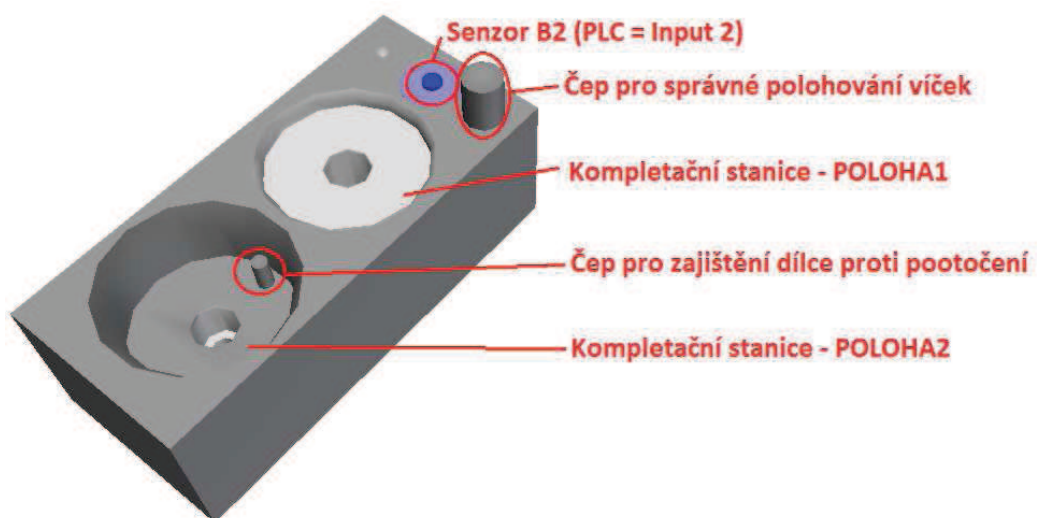
Ventil přívodu tlakového vzduchu je přesunut do svislé polohy. Tím se zajistí přívod tlakového vzduchu k pneumatickým prvkům pracoviště.



Obr. 8: Ventil přívodu tlakového vzduchu v poloze zapnuto

1.3.6 Zkontrolování, zda je POLOHA 2 na kompletační stanici prázdná

Toto je velmi důležité pro bezproblémový chod programu. Pokud by tato poloha na kompletační stanici byla při spuštění programu zaplněna, mohlo by dojít k poškození některé části stanice s robotem, nebo montážní stanice. Tato poloha totiž nemá žádný senzor, kterým by bylo možné zaplnění zjistit a najíždění senzorem B1 na pracovní hlavici je velmi nebezpečné.



Obr. 9: Kompletační stanice

1.3.7 Upozornění

Pro případ, kdy by bylo potřeba nouzově zastavit vykonávání programu, je pracoviště vybaveno třemi červenými tlačítky nouzového vypnutí. Jedno se nachází na čelním panelu, druhé na ovládacím panelu a třetí na řídicí jednotce robotu.



Obr. 10: Tlačítka nouzového zastavení

!!! PROGRAM MŮŽE BÝT SPUŠTĚN POUZE V TĚCHTO PŘÍPADECH !!!

- 1) POKUD SE ROBOT NACHÁZÍ V BEZPEČNÉ VÝCHOZÍ POZICI.
(V ideálním případě se jedná o pozici P99 [X194, Y210, Z370, A/P0 a B/R180]).
- 2) POKUD SE V OKOLÍ ROBOTU NENACHÁZÍ CIZÍ PŘEDMĚTY
- 3) POKUD SE V OKOLÍ ROBOTU NENACHÁZEJÍ NEPOVOLANÉ OSOBY

V opačném případě hrozí poranění osoby, nebo poškození některé části pracoviště. Před prvním spuštěním je proto vhodné nechat vše důkladně zkontrolovat ještě vyučujícím.

1.4 Popis samotného programu

1.4.1 Definice jmen zvláštních pozic

Tato část programu slouží k definování jmen zvláštních pozic. Pozice je definována tak, že je užito příkazu DEF POS a za tímto příkazem je slovo, které se bude pro danou pozici používat. Slovo by mělo být bez mezer a ne delší, jak osm znaků. Pokud by bylo použito slovo delší, byl by problém při nahrávání do řídicí jednotky. Offline simulace podporuje i slovo s devíti znaky, ale pak tento program nejde nahrát do řídicí jednotky.

```

10 *****
20 * DEFINICE JMEN ZVLÁŠTNÍCH POZIC POZIC *
30 *****
40 DEF POS AUXPOS           'jméno použité pro zvláštní pozici
50 DEF POS NADZ50          'jméno pro pozici nadefinovanou jako 50mm v ose Z
60 DEF POS POOTOC          'jméno pro pozici nadefinovanou jako posun o 1° v A/P
70 DEF POS POOTOC2         'jméno pro pozici nadefinovanou jako posun o -108° v A/P
80 DEF POS KOREKCE         'jméno pro KOREKCI presunu mezi senzorem B2 do otvoru POLOHA2
90 DEF POS DALSI           'jméno pro pozici nadefinovanou jako -25mm v ose Y
100 DEF POS KOREKC1        'jméno pro KOREKCI pro presun napolohovaného vicka nad CERVEN.
110 DEF POS KOREKC2        'jméno pro KOREKCI pro presun napolohovaného vicka nad CERNY
120 DEF POS ZASROU40       'jméno pro pozici nadefinovanou jako posun o 40° v A/P

```

1.4.2 Definice hodnot zvláštních pozic

Pro pozice, které potřebujeme používat pro přírůstkové programování, je potřeba si nastavit velikost přírůstků v jednotlivých osách a případné natočení A/P a B/R. Toto se definuje jako SLOVO, které bylo předem nadefinováno, a za tímto slovem je rovnost a závorka s hodnotami. Hodnoty jsou v pořadí (osa X, osa Y, osa Z, rotace A/P, rotace B/R). Znaménkem před číslem se nastavuje směr pohybu.

```

130 *****
140 * DEFINICE HODNOT ZVLASTNICH POZIC *
150 *****
160 NADZ50      = (+0.00,+0.00,+50.00,+0.00,+0.00)      ' +50mm v ose Z
170 POOTOC     = (+0.00,+0.00,+0.00,+1.00,+0.00)      ' +1° v A/P
180 POOTOC2    = (+0.00,+0.00,+0.00,-108.00,+0.00)     ' -108° v A/P
190 KOREKCE    = (+14.50,-76.75,-10.00,+0.00,+0.00)    ' +14.5mm v X,-76.75mm v Y, -10mm v Z
200 DALSI      = (+0.00,-25.00,+0.00,+0.00,+0.00)      ' -25mm v ose Y
210 KOREKC1    = (-16.25,-76.25,+0.8,-65.00,+0.00)     ' -16.25mm v X,-76.25mm v Y, +0.8mm v Z,-65° v A/P
220 KOREKC2    = (-16.25,-76.25,-1.7,-65.00,+0.00)    ' -16.25mm v X,-76.25mm v Y, -1.7mm v Z,-65° v A/P
230 ZASROU40   = (+0.00,+0.00,0.00,+40.00,+0.00)       ' +40° v A/P

```

1.4.3 Definování názvů integer proměnných

Tyto proměnné se používají, pokud je potřeba určité číslo uložit pod toto slovo a následně místo tohoto čísla toto slovo používat. Je možno například používat slovo POMALU jako hodnotu 10. Když je pak v programu použito OVDR 10 a nebo OVRD POMALU, program vykoná stejnou činnost. (příkaz pro nastavení rychlosti pro jakoukoliv interpolaci na 10% maximální rychlosti). Toto je výhodné například v programu, kde je potřeba napřed simulovat pomalou rychlostí a pak rychlost jedním přepsáním čísla změnit v celém programu, kde je tato proměnná využita.

```

240 *****
250 * DEFINOVANI NAZVU INTEGER PROMENNYCH *
260 *****
270 DEF INTE POMALU      ' RYCHLOST (pouzite za prikazem OVRD)
280 DEF INTE SNEK       ' RYCHLOST (pouzite za prikazem OVRD)
290 DEF INTE RYCHLE     ' RYCHLOST (pouzite za prikazem OVRD)
300 DEF INTE CASOVAC    ' Integer promenna pro PRODLEVU (pouzite za prikazem DLY)
310 DEF INTE BARVA      ' BARVA B1=0 - CERNY DIL, BARVA B1=1 - STRIBRNY(CERVENY) DIL
320 DEF INTE B2MESSV    ' Aktualni hodnota B2 ulozena do integer promenne B2MESSV (detekce na B2)
330 DEF INTE MAXDEGR    ' Priristek otoceni v A/P (slouzi k zjistení chyby pri prilisnem otoceni)
340 DEF INTE B2OLD      ' Aktualni hodnota B2MESSV ulozena do integer promenne B2OLD (detekce na B2)
350 DEF INTE POCBP      ' Hodnota pro zjistovani sebranych STRIBRNYCH(CERVENYCH) cepu
360 DEF INTE POCOP      ' Hodnota pro zjistovani sebranych CERNYCH cepu
370 DEF INTE PART_FO    ' Hodnota pro zjistení aktualního stavu zaplnení vstupního zásobníku

```

1.4.4 Definování vstupních a výstupních proměnných

Na tomto místě jsou přiřazovány k určitým slovům vstupní a výstupní proměnné použité na PLC. Slova by opět neměla být delší, než 8 znaků. Tyto slova je potom možné použít pro zjišťování hodnoty na tomto vstupu/vstupu. Příklad: DEF IO B1 = BIT,1 (definuje slovo B1 jako port 1 na PLC). Nyní je možné pomocí slova B1 definovat podmínky. Příklad: If B1 = 1 then PŘÍKAZ (pokud je aktuální hodnota na PLC = 1, tak udělej

PŘÍKAZ). Tento příkaz pak nahrazuje `If M_in(1) = 1 then PŘÍKAZ`. Z důvodů možnosti používání obou dvou způsobů a relativní jednoduchosti obou je proto na každém, který způsob si zvolí.

```

380 *****
390 * DEFINOVANI VSTUPNICH/VYSTUPNICH PROMENNYCH *
400 *****
410 DEF IO B1 = BIT,1           ' senzor na uchopovací hlavě (přiřazena hodnota 1)
420 DEF IO B2 = BIT,2           ' senzor na kompletacní stanici (přiřazena hodnota 2)
430 DEF IO STARTT = BIT,3       ' tlačítko start na hlavním panelu
440 DEF IO STOPP = BIT,4        ' tlačítko STOP na hlavním panelu
450 DEF IO RESETT = BIT,5       ' tlačítko RESETT na hlavním panelu
460 DEF IO PART_AV = BIT,6      ' díl na vstupu
470 DEF IO IP_FI = BIT,7        ' je připojena stanice
480 DEF IO PRUZ_ZAJ = BIT,8     ' zásobník na pružiny zajety
490 DEF IO PRUZ_VYJ = BIT,9     ' zásobník na pružiny vyjety
500 DEF IO VIC_VYJ = BIT,10     ' zásobník na vicka vyjety
510 DEF IO VIC_ZAJ = BIT,11     ' zásobník na vicka zajety
520 DEF IO ZAS_PRUZ = BIT,12    ' senzor přítomnosti pružiny ve vodorovném podavaci
530 DEF IO SV_ZAVOR = BIT,13    ' senzor vyjeteho vicka
540 DEF IO VICK_ZAS = BIT,14    ' senzor, zda se nachazi vicko ve svislelem podavaci
550 DEF IO IP_FI2 = BIT,15      ' senzor propojeni stanice

```

1.4.5 Nastavení potřebných hodnot před spuštěním programu

V této části programu jsou uvedeny některé hodnoty, které předcházejí samotnému spuštění programu. Jsou zde definovány hodnoty pro integer proměnné použité pro ovládání rychlosti. (POMALU, SNEK, RYCHLE), integer hodnota prodlevy CASOVAC, nastavení aktuální rychlosti na hodnotu 5. Tato pomalá rychlost se nastavuje pro případ, že by bylo rameno robotu v době spuštění robotu na nějakém místě, kde by bylo nebezpečí, že při posuvu na první pozici v programu robot narazí). Jako další jsou zde funkce, které otevrou uchopovací hlavu, zhasnou všechny kontrolky na čelním panelu, zasunou podavače na zásobnících pružin a víček a nastaví hodnoty odebraných čepů na nulu. Jako poslední je zde příkaz, který rozsvítí kontrolku na tlačítku start a vyčká dokud, není toto tlačítko zmáčknuto. Toto je velmi důležité, protože jinak by se robot začal pohybovat již při spuštění programu přes RCI Explorer. Po jeho zmáčknutí se zhasne kontrolka na tlačítku start a program pokračuje. V případě chyby je možno zmáčknout tlačítko Central Stop (Emergency Stop), které je nadosah od tlačítka start po pravé straně.

```

560 *****
570 * NASTAVENI POTREBNYCH HODNOT PRED SPUSTENIM PROGRAMU *
580 *****
590 POMALU = 20                 'prednastaveni slova "POMALU" na hodnotu RYCHLOSTI 20
600 SNEK = 15                   'prednastaveni slova "SNEK" na hodnotu RYCHLOSTI 15
610 RYCHLE = 60                 'prednastaveni slova "RYCHLE" na hodnotu RYCHLOSTI 60
620 CASOVAC = 0.1               'prednastaveni slova "CASOVAC" na hodnotu PRODLEVY
630 OVRD 5                       'nastavi aktuální rychlost na 5 (možnost zastavení programu v případě kolize)
640 HOPEN 1                     'otevře celist robotu pro případ, ze by byla na zacatku zavrena
650 M_out(0)= 0                 'zhasne kontrolka na tlačítku START
660 M_out(1)= 0                 'zhasne kontrolka na tlačítku RESET
670 M_out(2)= 0                 'zhasne kontrolka Q1 na celnim panelu
680 M_out(3)= 0                 'zhasne kontrolka Q2 na celnim panelu
690 If M_in(10)=1 then M_out(9)= 0 'pokud je vyjety podavac v zasobniku na vicka tak se zasune
700 If M_in(9)=1 and M_in(12)=0 then M_out(8)=0 'pokud je vyjety podavac v zasobniku na pružiny a není v nem pružina tak se zasune

```

```

710 POCBP = 0           'pocet vzaných STRIBRNYCH cepu je 0
720 POCOP = 0          'pocet vzaných CERNÝCH cepu je 0
730 '
760 M_out(0)= 1       'rozsviti se kontrolka na tlacitku START
770 WAIT M_in(3)= 1   'cekani, dokud se nezmackne tlacitko START na celnim panelu
780 M_out(0)= 0       'zhasne kontrolka na tlacitku START

```

1.4.6 Hlavní program

Tento program se skládá ze začátku programu *SMYČKA, po sobě jdoucích podprogramů, které se vyvolávají příkazem GOSUB, příkazu, který stále tuto smyčku opakuje a z END, který označuje konec hlavního programu. Mezi podprogramy *ZJISTENI a *OVERENI se nachází příkaz, který přiřazuje aktuální hodnotu zaplnění zásobníku integer proměnné PART_FO.

Toto přiřazení je důležité kvůli bezpečnosti a souvisí to s tím, že pokud ve vstupním zásobníku není dílec při jeho kontrole a někdo ho tam záhy vloží, tak program počká, dokud někdo nezmáčkne tlačítko start. Kdyby se robot rozjel v době, když by někdo zásobník plnil, mohl by být tímto robotem zraněn.

```

810' *****
820' ***** !!! ZACATEK HLAVNIHO PROGRAMU !!! *****
830' *****
840 *SMYCKA           'smycka prikazu - vse mezi prikazy *SMYCKA a GOTO *SMYCKA se stále opakuje
850 GOSUB *ZJISTENI  'podprogram, který zjišťuje, zda se na kompletacní stanici v "POLOHA1" nenachází dílec
860 PART_FO = PART_AV 'priradi aktuální hodnotu senzoru PART_AV integer promenne PART_FO
870 GOSUB *OVERENI   'podprogram, který zjistuje, zda je ve vstupním zásobníku dílec
880 GOSUB *VZITDILE 'podprogram, který vezme dílec ze vstupního zásobníku
890 GOSUB *KOMPLET1  'podprogram, který přesune dílec na POLOHA1 kompletacní stanice
900 GOSUB *ZJISTEN2  'podprogram, který zjistí zda je dílec správně přenesen a jakou má barvu
910 GOSUB *PRESUNI   'podprogram, který uchopí dílec střední částí uchopovace, najde otvor a ustaví do POLOHA2
920 GOSUB *CEP       'podprogram, který dle barvy a postu vzaných dílů zjistí, který cep je potřeba vzít
930 GOSUB *SEBCEP    'podprogram, který uchopí cep
940 GOSUB *VLOZCEP   'podprogram, který vloží cep do připraveného dílce
950 GOSUB *VEMPRUZ   'podprogram, který zjistí přítomnost pružiny a uchopí jí
960 GOSUB *VLOZPRUZ  'podprogram, který vloží pružinu do připraveného dílce (navlečení na cep)
970 GOSUB *VEMVICKO  'podprogram, který zkontroluje přítomnost víčka, vezme jej a nasune na cep kompletacní stanice
980 GOSUB *VEMVICK2  'podprogram, který zkontroluje drážky pro zasroubování na víčku a zasroubuje víčko do dílce
990 GOSUB *DILPRYC   'podprogram, který odloží dílec buď na výstupní zásobník, nebo dle barvy do dvou ostatních
1000 GOTO *SMYCKA    'presmerovani na zacatek smycky
1010 END              'konec hlavniho programu
1020 '
1040 '
1050' *****
1060' ***** !!! PODPROGRAMY !!! *****
1070' *****

```

1.4.7 Podprogram pro zjištění přítomnosti dílce na montážní stanici

Tento podprogram slouží ke zjištění přítomnosti dílce v kompletační stanici. Pokud se v kompletační stanici nachází dílec, robot odjede 200 mm nad pozici pro zjišťování přítomnosti dílce na této stanici, následně začnou střídavě problikávat signálky Q1 a Q2 na čelním panelu. Dále je rozsvícena signálka na tlačítku start. Pokud je zmáčknuťo tlačítko start, zhasnou signálky Q1, Q2 a signálka na tlačítku start a program se vrátí do na začátek hlavního programu *SMYČKA.

```

1110 *****
1120 * ZJISTENI, ZDA SE NA MONTAZNI STANICI NENACHAZI DILEC *
1130 *****
1140 *ZJISTENI                'podprogram ZJISTENI
1150 OVRD RYCHLE             'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
1160 MOV P3200               'kloubova interpolace 200mm nad pozici P3
1170 MOV P350               'kloubova interpolace 50mm nad pozici P3
1180 OVRD SNEK              'nastavi aktualni rychlost na SNEK
1190 MVS P33                'kloubova interpolace na P33
1200 DLY 0.5                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1210 IF B1 = 1 THEN GOTO *CHYBA1 'pokud je na montazni stanici dilec, pokracuj na *CHYBA1
1220 OVRD POMALU            'nastavi aktualni rychlost na POMALU
1230 MOV P350               'kloubova interpolace
1240 OVRD RYCHLE            'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
1250 MOV P3200              'kloubova interpolace do bodu P3+200mm
1260 RETURN                 'vraceni do mista vetveni

```

1.4.8 Podprogram pro ověření přítomnosti dílce ve vstupním zásobníku

Tento podprogram slouží ke zjištění přítomnosti dílce ve vstupním zásobníku. Pokud se ve vstupním zásobníku nacházel dílec v době, kdy byl tento podprogram spuštěn (již zmiňované PART_FO = 1) tento podprogram ještě ověří, zda se dílec nachází v zásobníku i nyní (PART_AV = 1) a pokud ano, tak tento podprogram skončí.

Pokud je však PART_FO = 0 a ve vstupním zásobníku se nenachází díl (PART_AV = 0), začne blikat signálka Q1 na hlavním panelu. Pokud je nyní do vstupního zásobníku vložen dílec, signálka začne blikat a spustí se podprogram *STARTBU. V tomto podprogramu je rozsvícena signálka na tlačítku start a program čeká, dokud se toto tlačítko nezmáčkne. Toto je důležitý bezpečnostní prvek, který ochraňuje obsluhu tohoto robota. Po zmáčknutí tlačítka start tento podprogram skončí.

```

1270 *****
1280 * OVERI, ZDA SE VE VSTUPNIM ZASOBNIKU NACHAZI DILEC *
1290 *****
1300 *OVERENI                'podprogram OVERENI
1310 DLY 0.2                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1320 M_out(2) = 0           'vypnuti signalky Q1 na celnim panelu
1330 DLY 0.2                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1340 IF PART_AV = 0 THEN M_out(2) = 1 'pokud neni ve vstupnim zasobniku dilec, rozsvit signalku Q1
1350 IF PART_AV = 0 THEN GOTO *OVERENI 'pokud neni ve vstupnim zasobniku dilec, jdi na *OVERENI
1360 IF PART_FO = 0 THEN *STARTBU 'pokud byl na zacatku simulace prazdny vstupni zasobnik
1370 RETURN                 'vraceni do mista vetveni

```

1.4.9 Podprogram, který odebere dílec ze vstupního zásobníku

Tento podprogram slouží pro příjezd 50mm nad pozici pro uchopování dílce ve vstupním zásobníku krajní uchopovací polohou a následnému odebrání tohoto dílce. Tento dílec je uchopen a je vysunut 50mm v ose Z (nahoru). Červeně jsou označeny řádky, které program nebere v potaz. Text za apostrofem se totiž chová jako poznámka.

```

1380 *****
1390 * VEZME ZE VSTUPNÍHO ZÁSObNÍKU DÍLEC *
1400 *****
1410 *VZITDILE              'podprogram VZITDILE
1420 M_out(2) = 0           'vypnuti signalky Q1 na celnim panelu
1430 MOV P1200              'kloubova interpolace - POSUN NA POZICI P1+200mm v ose Z

```

1440 'DLY CASOVAC	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1450 'OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1460 MOV P150	'kloubová interpolace P1+50mm v ose Z
1470 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1480 MOV P1	'kloubová interpolace - POSUN NA P1
1490 HCLOSE 1	'uchopení dílce
1500 DLY 1	'prodleva (cislo oznacuje cas v sekundach)
1510 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1520 MOV P150	'kloubová interpolace - P1+50mm v ose Z
1530 'OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1540 'MOV P1200	'kloubová interpolace - POSUN NA POZICI P1+200mm v ose Z
1550 RETURN	'vrácení do místa vetveni

1.4.10 Podprogram, který přesune dílec na kompletační stanici

Tento podprogram slouží pro přejezd z původní pozice do pozice 50mm nad pozici pro položení dílce na POLOHA1 kompletační stanice, přesun na pozici pro položení na POLOHA1 a položení dílce. Následně je vyjeto zpět 50mm nad pozici pro položení dílce.

```

1560 ' *****
1570 ' * PRESUN DILCE NA ODKLADACI MÍSTO KOMPLETACNI STANICE *
1580 ' *****
1590 *KOMPLET1          'podprogram KOMPLET1
1600 'MOV P2200        'kloubová interpolace - POSUN NA P2+200mm v ose Z
1610 'OVRD POMALU     'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1620 MOV P250          'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
1630 OVRD SNEK        'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1640 MOV P2            'kloubová interpolace - POSUN NA P2
1650 HOPEN 1          'polozeni dílce
1660 OVRD POMALU     'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1670 MOV P250          'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
1680 'OVRD RYCHLE     'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1690 'MOV P2200        'kloubová interpolace - POSUN NA P2+200mm v ose Z
1700 RETURN           'vrácení do místa vetveni

```

1.4.11 Podprogram, pro zjištění přítomnosti dílce a jeho barvu (dle výšky)

Tento podprogram slouží ke zjištění přítomnosti dílce v kompletační stanici. Pokud se v kompletační stanici nenachází dílec, robot odjede 200mm nad pozici pro zjišťování přítomnosti dílce na této stanici. Následně začnou střídavě problikávat signálky Q1 a Q2 na čelním panelu a rozsvítí se signálka na tlačítku start. Pokud je zmáčknuto tlačítko start, zhasnou signálky Q1, Q2 a signálka na tlačítku start a program se vrátí do na začátek hlavního programu *SMYČKA.

Pokud dílec v kompletační stanici nachází, je senzor přesunut do místa, kde se dá zjistit, zda se jedná o černý, nebo stříbrný (červený) dílec. Toto je určeno pomocí výšky, protože černé dílce jsou oproti těm ostatním nižší. Po tomto zjištění je uchopovací hlava přesunuta 50 mm nad pozici pro zjišťování přítomnosti dílce a tento podprogram skončí.

```

1710 '*****
1720 '* ZJISTENI, ZDA SE NA MONTÁŽNÍ STANICI NENACHÁZÍ CERNY, CI JINÝ DILEC *
1730 '*****
1740 *ZJISTEN2          'podprogram ZJISTEN2
1750 'MOV P3200        'kloubová interpolace - POSUN NA P3+200mm v ose Z
1760 MOV P350          'kloubová interpolace - P3+50mm
1770 OVRD SNEK        'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1780 MOV P33          'kloubová interpolace - P33
1790 DLY 1            'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)

```

1800 IF B1 = 0 then GOTO *CHYBA1	'pokud není na stanici není dílec, pokračuj na *CHYBA1
1810 MOV P3	'kloubová interpolace - P3
1820 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1830 BARVA = B1	'zjisteni, zda je dílec CERNY (nizsi s menšim otvorem) ci jiny
1840 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1850 MOV P350	'kloubová interpolace - P3+50mm
1860 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1870 RETURN	'vrácení do místa vetvení

1.4.12 Podprogram, pro zjištění přítomnosti otvoru na spodní straně dílce 1

Tento podprogram slouží k přejezdu 20 mm nad pozici pro uchopení dílce střední částí uchopovací hlavy. Dle barvy (výšky) dílce je pak tento dílec uchopen a přesunut nad senzor B2, který je potřebný pro správné zjištění přítomnosti otvoru ve spodní straně dílce.

1880	'*****
1890	* UCHOPRNI DILCE STREDNI CASTI UCHOPOVACI HLAVY *
1900	'*****
1910	*PRESUN1
1920	MOV P422
1930	OVRD SNEK
1940	IF BARVA=0 THEN MOV P42
1950	IF BARVA=1 THEN MOV P4
1960	HCLOSE 1
1970	DLY 1
1980	OVRD POMALU
1990	MOV P422
2000	MOV P522
2010	IF BARVA=0 THEN MOV P52
2020	IF BARVA=0 THEN AUXPOS=P52
2030	IF BARVA=1 THEN MOV P5
2040	IF BARVA=1 THEN AUXPOS=P5
2050	OVRD SNEK
2060	DLY CASOVAC

'podprogram PRESUN1
'kloubová interpolace - P4+50mm
'nastaví aktuální rychlost na SNEK
'pokud je použit černý dílec, prejit na pozici P42
'pokud je použit červený, nebo stříbrný dílec, prejit na pozici P4
'zavření uchopovací hlavy
'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
'nastaví aktuální rychlost na POMALU
'kloubová interpolace - P4+50mm
'kloubová interpolace - P4+50mm
'pokud je použit černý dílec, prejit na pozici P52
'pokud je použit černý dílec, nastavit tuto pozici jako dočasnou(P52)
'pokud je použit červený, nebo stříbrný dílec, prejit na pozici P5
'pokud je použit červený, nebo stříbrný dílec, nastavit tuto pozici jako dočasnou(P5)
'nastaví aktuální rychlost na SNEK
'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)

1.4.13 Podprogram, pro zjištění přítomnosti otvoru na spodní straně dílce 2

Tento podprogram je součástí podprogramu *PRESUN1. Tento podprogram otáčí dílem nad otvorem a hledá první hodnotu, kde byla předchozí hodnota na senzoru B1 = 0 a nová hodnota na senzoru B2 = 1.

Pokud je tato poloha nalezena, je dílec přesunut tímto otvorem na POLOHA2 v kompletační stanici a usazen na čep, který se na dně tohoto otvoru nachází a otevřít úchopnou hlavici. (Kvůli bezpečnosti je dílec puštěn ještě nad tímto čepem).

Po položení dílce vyjede robot 50 mm v ose Z a také je rozsvícena signálka na tlačítku start. V této chvíli je potřeba se podívat, zda je dílec v POLOZE2 dobře ustaven. Někdy se může stát, že se dílec při pokládání vzpříčí. V tomto případě je potřeba jej upravit a po této úpravě je potřeba zmáčknout tlačítko start. Tím zhasne signálka na tlačítku start a program pokračuje do polohy 200 mm nad polohu pro položení dílce do POLOHY2.

V tomto podprogramu je zabudována ještě jedna podmínka. Pokud se stane, že nebude otvor ani po otočení hlavy o 140° nalezen otvor ve spodní straně dílce, program se zastaví, protože nastala neočekávaná chyba.


```

2070 *****
2080 * ZJISTENI, KDE SE V DILCI NACHAZI OTVOR DULEZITY PRO MONTAZ *
2090 *****
2100 *KONOTVR                                'podprogram KONOTVR
2110 B2OLD = 0                              'vynulovani promenne
2120 MAXDEGR = 0                            'vynulovani promenne
2130 '
2140 DLY 0.7                                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
2150 *NAOTVR                                'podprogram NAOTVR - ZACATEK SMYCKY
2160 B2MESSV = B2                          'prirazeni hodnoty senzoru B2 integer promenne B2MESSV
2170 IF B2MESSV = 1 AND MAXDEGR = 0 THEN *LABEL9
                                           'pokud je hodnota B2=1 a uhel rotace 0° jdi do podprogramu *LABEL9
2180 IF B2MESSV = 1 AND B2OLD = 0 THEN *FOUND9
                                           'pokud je hodnota B2=1 a predchozi hodnota B2 byla 0 jdi do *FOUND9

2190 '
2200 *LABEL9                                'podprogram LABEL9 = tocení dílcem o 1°
2210 AUXPOS = AUXPOS + POOTOC

                                           'docasna pozice = docasna pozice + pootoceni o 1°
2220 MVS AUXPOS                            'linearni interpolace na auxpozici
2230 B2OLD = B2MESSV                       'promenné B2OLD je prorazena hodnota promenne B2MESSV
2240 IF MAXDEGR > 140 THEN *ErrL2

                                           'podku uhel otaceni uchopne hlavice prekroci 120°, zastavit hledani otvoru
2250 MAXDEGR = MAXDEGR + 1                 'nova hodnota uhlu otoceni = uhlu otoceni + 1°
2260 GOTO *NAOTVR                          'presmerovani na zacatek smycky = *NAOTVR
2270 '
2280 *FOUND9                                'podprogram FOUND9(otvor je nalezen) - presun dilce na druhe místo kompletacni stanice
2290 DLY CASOVAC                            'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
2300 AUXPOS = AUXPOS + NADZ50

                                           'nastaveni docasne pozice
2310 OVRD POMALU                          'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2320 MVS AUXPOS                            'linearni interpolace na auxpozici
2330 AUXPOS = AUXPOS + POOTOC2 + KOREKCE

                                           'nastaveni docasne pozice
2340 MVS AUXPOS                            'linearni interpolace na auxpozici
2350 OVRD SNEK                             'nastaví aktuální rychlost na SNEK
2360 MVS AUXPOS-NADZ50                    'linearni interpolace v kompletacni stanici - POZICE2
2370 HOPEN 1                              'otevreni uchopovaci hlavice
2380 OVRD POMALU                          'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2390 MVS P650                             'linearni interpolace v kompletacni stanici - POZICE2 + 50mm
2400 M_out(0)= 1                          'rozsvítí se kontrolka na tlačítku START
2410 WAIT M_in(3)= 1                      'čekání, dokud se nezmačkne tlačítko START na celním panelu
2420 M_out(0)= 0                          'zhasne kontrolka na tlačítku START
2430 OVRD RYCHLE                          'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
2440 MVS P6200                             'linearni interpolace v kompletacni stanici - POZICE2 + 50mm
2450 DLY CASOVAC                          'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
2460 RETURN                                'vrácení do místa vetveni

```

1.4.14 Podprogram, který určuje, který čep z palety na čepy odebrat

Tento program podle výšky dílce určí, zda je potřeba vzít černý či stříbrný čep. Stříbrný čep se umísťuje do černého dílce a černý čep je možné umístit do červeného či stříbrného dílce. Součástí tohoto podprogramu jsou další dva podprogramy *VEMCEP1 (černé čepy) a *VEMCEP2 (čepy stříbrné). V obou těchto podprogramech je zjišťováno, kolik čepů již bylo při předchozím běhu programu sebráno a podle toho se nastavuje poloha pro uchycení čepu. Pokud program z definovaných podmínek zjistí, že bylo sebráno více čepů, než se na paletě nachází, zastaví brání čepů. Začnou střídavě problikávat signálky Q1 a Q2 na čelním panelu a rozsvítí se signálka na tlačítku start. Nyní je nutné vyměnit paletu s čepy. V případě, že není náhradní paleta je potřeba osadit paletu stávající všemi čepy. Pokud je toto hotovo, je potřeba zmáčknout tlačítko start. Tím zhasnou signálky Q1, Q2 a signálka na tlačítku start a program pro nastavení pozic pro uchopení čepů pokračuje dále.

```

2470 *****
2480 * UCHOPENI CEPU *
2490 *****
2500 *CEP                                'podprogram CEP - zjisti, zda jsou jeste cepy v zasobniku
2510 IF BARVA=0 THEN *VEMCEP2          'pokud je pouzit CERNY dilec, pouzit STRIBRNE cepy
2520 IF BARVA=1 THEN *VEMCEP1          'pokud jsou pouzity OSTATNI dilce, pouzit CERNE cepy
2530 RETURN                              'vraceni do mista vetveni
2540 '
2550 *VEMCEP1                            'podprogram VEMCEP1 - CERNE CEPY
2560 POCOP = POCOP+1                    'pocet odebranych CERNYCH cepu = aktualni pocet + 1
2570 If POCOP > 4 Then *ErrL            'pokud je pocet vzanych cernych dilu vetsi nez 4, spusti se podprogram *ErrL
2580 MOV P7200                          'nastav pozici nad cerne cepy
2590 IF POCOP = 1 THEN AUXPOS = P750    'nebyl sebran jeste zadny cep vezmi cerny cep C1
2600 IF POCOP = 2 THEN AUXPOS = P750 +DALŠÍ 'byl sebran jeden cep vezmi cerny cep C2
2610 IF POCOP = 3 THEN AUXPOS = P750 +DALSI +DALSI 'byly sebrany 2 cepy vezmi cerny cep C3
2620 IF POCOP = 4 THEN AUXPOS = P750 +DALSI +DALSI +DALSI 'byly sebrany 3 cep vezmi cerny cep C4
2630 RETURN                              'vraceni do mista vetveni
2640 '
2650 *VEMCEP2                            'podprogram VEMCEP2 - STRIBRNE CEPY
2660 POCBP = POCBP+1                    'pocet odebranych CERNYCH cepu = aktualni pocet + 1
2670 If POCBP > 4 Then *ErrL            'pokud je pocet vzanych ostatnich dilu vetsi nez 4, spusti se podprogram *ErrL
2680 MOV P8200                          'nastav pozici nad stribrne cepy
2690 IF POCBP = 1 THEN AUXPOS = P850    'byly sebrany 0 cepy vezmi stribrny cep C1
2700 IF POCBP = 2 THEN AUXPOS = P850 +DALŠÍ 'bylo sebrano 1 cep vezmi stribrny cep C2
2710 IF POCBP = 3 THEN AUXPOS = P850 +DALSI +DALSI 'bylo sebrano 2 cep vezmi stribrny cep C3
2720 IF POCBP = 4 THEN AUXPOS = P850 +DALSI +DALSI +DALSI 'bylo sebrano 3 cep vezmi stribrny cep C4
2730 RETURN                              'vraceni do mista vetveni

```

1.4.15 Podprogram, který uchopí čep

Tento podprogram slouží k uchopení čepu, který byl v předchozím podprogramu vybrán. Napřed je uchopovací hlava přesunuta 50mm nad pozici pro uchopení čepu, následně je přesunuta na pozici pro uchopení čepu a čep je uchopen. Po uchopení se opět vrací do pozice 50 mm nad pozicí pro uchopení čepu a následně podle barvy pak do polohy 200mm nad stříbrnými či černými čepy.

```

2740 *****
2750 * SEBRANI CEPU *
2760 *****
2770 *SEBCEP                            'podprogram pro sebrani cepu
2780 OVRD POMALU                        'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2790 MVS AUXPOS                          'presun na podminkama nastavenou pozici linearni interpolaci
2800 OVRD SNEK                          'nastavi aktualni rychlost na SNEK
2810 MOV AUXPOS - NADZ50                 'kloubova interpolace na pozici pro uchopeni cepu
2820 HCLOSE 1                            'uchopeni cepu
2830 DLY 1                               'prodlava(cislo oznacuje cas v sekundach)
2840 AUXPOS = AUXPOS+NADZ50              'nastaveni docasne pozice
2850 OVRD POMALU                        'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2860 MOV AUXPOS                          'kloubova interpolace na auxpozici
2870 OVRD RYCHLE                         'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
2880 IF BARVA=0 THEN MOV P8200           'pokud je pouzit CERNY dilec, pouzit pozici nad STRIBRNYMI cepy
2890 IF BARVA=1 THEN MOV P7200           'pokud jsou pouzity OSTATNI dilce, pouzit nad CERNYMI cepy
2900 RETURN                              'vraceni do mista vetveni

```

1.4.16 Podprogram, který vloží čep do dílce.

Tento podprogram je určen k přesunutí čepu příslušné barvy na pozici 200 mm nad pozici pro vložení čepu do dílce. Následně je čep vložen do předem připraveného dílce. Polohy pro položení čepu jsou dvě. Tyto polohy jsou rozděleny podle barvy dílců. Poloha pro položení stříbrného čepu je díky výšce černého dílu menší v ose Z o 2,5mm.

```

2910 *****
2920 * VLOZENI CEPU DO PRIPRAVENEHO DILCE *
2930 *****
2940 *VLOZCEP                'podprogram VLOZCEP (do otvoru v dilci)
2950 MOV P9200              'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
2960 OVRD POMALU           'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2970 MOV P950              'kloubova interpolace do do výšky 50mm nad bodem P9
2980 OVRD SNEK             'nastaví aktuální rychlost na SNEK
2990 IF BARVA=0 THEN MOV P92 'pokud je použit CERNY dillec, pouzít pozici P92
3000 IF BARVA=1 THEN MOV P9 'pokud jsou použity OSTATNI dillec, pouzít pozici P9
3010 HOPEN 1              'otevření uchopovací hlavice a polohení cepu do dilce
3020 OVRD POMALU           'nastaví aktuální rychlost na POMALU
3030 MVS P950              'linearní interpolace - presun 50 mm nad P9
3040 RETURN                'vrácení do místa vetveni

```

1.4.17 Podprogram, který zkontroluje pružinu v zásobníku a pružinu uchopí

V této části programu je napřed pomocí příkazu $M_out(8)=1$ nastaveno, aby zásobník na pružiny vyjel, dále je do programu vložena pozice, která slouží ke správnému ustavení tlakové hadice a vodiče pro senzor B1 (pokud by robot jel zrovna do pozice 50mm nad pozicí pro zjišťování přítomnosti pružiny, narazil by touto hadicí a vodičem do zásobníku na pružiny). Po správném ustavení hadice robot přejede 50mm nad pozici pro kontrolu přítomnosti pružiny. Pokud je pružina nalezena, program se přesune na *NALEZENO. Pokud senzor B1 pružinu nenajde, je uchopovací hlava přesunuta ještě do pozice mírně pod touto pozicí a je znovu tato pružina hledána. Pokud není pružina ani teď nalezena, je podavač zasunut, vyčkáno 0.5 sekundy a opět vysunut. Kontrola pružiny se tím opakuje, dokud není pružina nalezena. Pokud je pružina nalezena (*NALEZENO), uchopovací hlava se přesune do pozice 50mm nad pozicí pro zjišťování pružiny, pak do pozice 20mm nad pozicí pro uchopení pružiny a následně do pozice pro uchopení pružiny. Zde je pružina uchopena a pomalou rychlostí (při vyšších rychlostech se pružina napruží a často se stane, že zůstane v podavači na pružiny) je přesunuta o 20mm výše.

```

3050 *****
3060 * KONTROLA PRUZINY V ZASOBNIKU A JEJI UCHOPENI *
3070 *****
3080 *VEMPRUZ                'podprogram VEMPRUZ
3090 M_OUT(8)=1            'vyjetí zásobníku s pruzinami
3100 OVRD RYCHLE           'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
3110 MOV P1020             'mezipozice pro správné ustavení TLAKOVÉ HADICE A DRÁTU SENZORU
3120 OVRD POMALU           'nastaví aktuální rychlost na POMALU
3130 MOV P1050             'presun 50 mm nad pozici pro zjistení pritomnosti pruziny
3140 OVRD SNEK             'nastavení rychlosti na hodnotu 2
3150 '
3160 *NAJPRUZ              ' zjistovani pritomnosti pruziny - POCATEK SMYCKY
3170 MVS P101              'linearní interpolace na pozici P101
3180 IF B1 = 1 THEN *NALEZENO'pokud je nalezena pruzina, pokračuj na podprogram *NALEZENO
3190 MVS P10                'linearní interpolace na pozici P10
3200 IF B1 = 1 THEN *NALEZENO'pokud je nalezena pruzina, pokračuj na podprogram *NALEZENO
3210 M_OUT(8)=0            'zajetí zásobníku s pruzinami
3220 DLY 0.5               'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3230 M_OUT(8)=1            'vyjetí zásobníku s pruzinami
3240 DLY 0.5               'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3250 GOTO *NAJPRUZ        'zjistovani pritomnosti pruziny - KONEC SMYCKY (presun na *NAJPRUZ)
3260 '
3270 *NALEZENO              'podprogram NALEZENO (pruzina nalezena)
3280 OVRD POMALU           'nastavení rychlosti na hodnotu POMALU
3290 MOV P1050             'kloubová interpolace 50mm nad pozici P10 + 50mm

```

3300 MOV P1120	'kloubová interpolace 50mm nad pozici P11 + 20mm
3310 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
3320 MOV P11	'kloubová interpolace na pozici P11
3330 HCLOSE 1	'uchopení pružiny
3340 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3350 OVRD 2	'nastaví aktuální rychlost na 2 (pri velke rychlosti pruzina nejde vzdy zvednout)
3360 MVS P1120	'lineární interpolace na pozici P11 + 20mm
3370 OVRD POMALU	'nastavení rychlosti na hodnotu POMALU
3380 RETURN	'vrácení do místa vetvení

1.4.18 Podprogram, který vkládá pružinu do připraveného dílce

V tomto podprogramu je sebraná pružina napřed přesunuta do pozice 50mm nad střední část dílce, kde je již umístěn čep. Potom je pružina dle barvy použitého dílce (výšky) přesunuta buď do pozice P92 (pro černé dílce), nebo P9. Následně je pružina položena a uchopovací hlava vyjede 50mm a následně 200mm nad tuto pozici.

```

3390 *****
3400 * VLOZENI PRUZINY DO DILCE - NAVLECENI NA CEP *
3410 *****
3420 *VLOZPRUZ                'podprogram VLOZPRUZ
3430 MOV P950                'kloubová interpolace 50mm nad pozici P9
3440 OVRD SNEK                'nastaví aktuální rychlost na SNEK
3450 IF BARVA=0 THEN MOV P92 'pokud je pouzit CERNY dilec, pouzit pozici P92
3460 IF BARVA=1 THEN MOV P9  'pokud jsou pouzity OSTATNI dilce, pouzit pozici P9
3470 HOPEN 1                  'otevření uchopne hlavice a polození pružiny
3480 OVRD POMALU              'nastaví aktuální rychlost na POMALU
3490 MOV P950                 'kloubová interpolace 50mm nad pozici P9
3500 OVRD RYCHLE              'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
3510 MOV P9200                'kloubová interpolace 200mm nad pozici P9
3520 RETURN                    'vrácení do místa vetvení

```

1.4.19 Podprogram, který kontroluje přítomnost víčka, uchopí jej a přesune

V tomto podprogramu je napřed uchopovací hlava přesunuta do pozice 200mm, nad pozici pro kontrolu víčka. Následně zpomalenou rychlostí do pozice 50mm nad touto pozicí. Zde je pomocí podprogramu *PODVIC zjišťováno, zda se na místě pro odběr nachází víčko. Pokud ne a podavač na víčka je vyjetý, tak tento podavač zajede. Další podmínka opět zjišťuje, jestli se na výstupním místě nenachází dílec a zároveň, jestli je připraven dílec k vysunutí. Pokud je tento dílec připraven, tak je pomocí další podmínky vysunut. Pokud však připraven není, spustí se podprogram *NENIVIC. V tomto podprogramu začne blikat signálka Q2 na hlavním panelu a rozsvítí se signálka na tlačítku start. Program pak čeká na vložení víček do svislého zásobníku. Po zmáčknutí tlačítka start tento podprogram skončí a opět je spuštěn podprogram *PODVIC. Pokud je víčko ve vstupním zásobníku nalezeno, je vysunuto a nastává ještě jeho kontrola pomocí senzoru B1 na uchopovací hlavici. Jestli je víčko nalezeno, uchopovací hlava vyjede 200mm nad tuto pozici a uchopovací hlava je otočena tak, aby byla uchopovací hlava krajní částí 200mm nad pozicí pro uchopení víčka. Následně je pro toto víčko dojet, uchopeno a opět ve výšce 200mm bezpečně přesunuto nad pozici pro položení víčka na čep u senzoru B2, pro kontrolu drážek na víčku. Po příjezdu na pozici čepu je toto víčko položena a je vyjeté 50mm nad tuto pozici.

```

3530 *****
3540 * KONTROLA VICKA, UCHOPENI VICKA,KONTROLA OTVORU A ZASROUBOVANI *
3550 *****
3560 *VEMVICKO                'podprogram VEMVICKO
3570 MOV P1220                'presun 200mm nad pozici pro kontrolu pritomnosti vicka
3580 OVRD POMALU             'nastavi aktualni rychlost na POMALU
3590 MOV P1250                'presun kloubovou interpolaci 50mm nad pozici pro zjistovani vicka
3600 *PODVIC                 'podprogram podprogramu *VEMVICKO (reseni protomnosti vicek)
3610 If M_In(13)=1 AND M_In(10)=1 THEN M_out(9)=0
                                'pokud není ve vystupnim miste vicko a podavac je vyjety - zajet podavacem
                                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3620 DLY 0.7
3630 If M_In(13)=1 AND M_In(14)=1 THEN GOTO *NENIVIC
                                'pokud není ve vystupnim miste vicko a ani vicko v zasobniku - spustit *NENIVICK
                                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3640 DLY 1
3650 If M_In(13)=1 AND M_In(11)=1 AND M_In(14)=0 THEN M_out(9)=1
                                'pokud není ve vystupnim miste vicko,podavac je zajety a je vicko v zasobniku – vysunout h
                                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3660 DLY 0.5
3670 OVRD SNEK               'nastavi aktualni rychlost na SNEK
3680 MOV P12                 'presun kloubovou interpolaci na P12
3690 '
3700 *NAJVICK                'podprogram NAJVICKO
3710 DLY 1
3720 IF B1 = 0 THEN *NAJVICK 'cekani na pritomnost vicka
3730 OVRD POMALU             'nastavi aktualni rychlost na POMALU
3740 MOV P1250                'presun kloubovou interpolaci 50mm nad pozici pro zjistovani vicka
3750 OVRD RYCHLE             'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
3760 MOV P1220                'presun kloubovou interpolaci 200mm nad pozici pro zjistovani vicka
3770 MOV P1320                'kloubova interpolace 200mm nad pozici pro uchyceni vicka
3780 OVRD POMALU             'nastavi aktualni rychlost na POMALU
3790 MOV P1350                'kloubova interpolace 50mm nad pozici pro uchyceni vicka
3800 OVRD SNEK               'nastavi aktualni rychlost na SNEK
3810 MOV P13                 'kloubova interpolace na misto pro uchyceni vicka
3820 HCLOSE 1                'uchopeni vicka
3830 DLY 1
3840 OVRD POMALU             'nastavi aktualni rychlost na POMALU
3850 MOV P1350                'kloubova interpolace 50mm nad pozici pro uchyceni vicka
3860 OVRD RYCHLE             'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
3870 MOV P1330                'kloubova interpolace 200mm nad pozici pro uchyceni vicka
3880 MOV P1420                'presun kloubovou interpolaci 200mm nad pozici pro polozeni vicka
3890 OVRD POMALU             'nastavi aktualni rychlost na POMALU
3900 MOV P1450                'presun kloubovou interpolaci 50mm nad pozici pro polozeni vicka
3910 OVRD SNEK               'nastavi aktualni rychlost na SNEK
3920 MOV P14                 'presun kloubovou interpolaci na pozici pro polozeni vicka
3930 HOPEN 1                  'polozeni vicka
3940 OVRD POMALU             'nastavi aktualni rychlost na POMALU
3950 MOV P1450                'presun kloubovou interpolaci 50mm nad pozici pro polozeni vicka
3960 RETURN                  'vraceni do mista vetveni

```

1.4.20 Podprogram, který kontroluje na víčku drážky pro zašroubování

Tento podprogram slouží k přechycení víčka, které je umístěno na čepu v blízkosti senzoru B2, střední částí uchopovací hlavy. Napřed je najeto 50mm nad pozici pro přechycení víčka a následně je víčko přechyceno. Tento podprogram otáčí víčkem nad otvorem a hledá první hodnotu, kde byla předchozí hodnota na senzoru B1 = 0 a nová hodnota na senzoru B2 = 1.

Pokud je tato poloha nalezena, je dílec přesunut 50mm nad pozici pro zašroubování víčka na dílec. Tato pozice se pro černé (nižší) a červené (popřípadě stříbrné) dílce liší o 2,5 mm. Následně je tímto víčkem najeto na pozici pro zašroubování víčka na dílec a je víčkem otočeno o 40°. Dílec je pomocí čepu na dně POLOHA2 zajištěn proti případnému otočení při šroubování.

Po zašroubování vyjeden robot 50 mm v ose Z a také se rozsvítí signálka na tlačítku start. V této chvíli je potřeba se podívat, zda je víčko na dílec zašroubované správně. Pokud by nebylo, je vhodné jej ručně zašroubovat. Následně je potřeba zmáčknout tlačítko start. Tím zhasne signálka na tlačítku start a program pokračuje dál.

```

3970 *****
3980 * KONTROLA DRAZEK PRO ZASROUBOVANI NA VICKU A JEHO SPRAVNE USTAVENI *
3990 *****
4000 *VEMVICK2                'podprogram NAJVIC2 (PRECHYCENI VICKA STREDNI CASTI)
4010 MOV P1550                'presun kloubovou interpolaci 50mm nad pozici pro prechyceni vicka
4020 OVRD SNEK                'nastavi aktuální rychlost na SNEK
4030 AUXPOS = P15            'nastaveni pozice P15 jako AUXPOS
4040 MOV AUXPOS                'pozice pro prechyceni vicka
4050 '
4060 *SROUBVIC                'podprogram SROUBOVIC
4070 HCLOSE 1                'uchopeni vicka stredni casti uchopovaci hlavy
4080 DLY 1                    'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
4090 GOSUB *KONOTV2          'presmerovani na podprogram KONOTV2
4100 RETURN                  'vrácení do místa vetveni
4110 '
4120 *KONOTV2                'podprogram KONOTVR2
4130 B2OLD = 0                'vynulovani promenne
4140 MAXDEGR = 0            'vynulovani promenne
4150 DLY 0.5                  'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
4160 *NAOTVR2                'podprogram NAOTVR - ZACATEK SMYCKY
4170 B2MESSV = B2            'prirazení hodnoty senzoru B2 integer promenne B2MESSV
4180 IF B2MESSV = 1 AND MAXDEGR = 0 THEN *LABEL10
                                'pokud je hodnota B2=1 a uhel rotace 0° jdi do podprogramu *LABEL9
4190 IF B2MESSV = 1 AND B2OLD = 0 THEN *FOUND10
                                'pokud je hodnota B2=1 a predchozi hodnota B2 byla 0 jdi do *FOUND9
4200 '
4210 *LABEL10                'podprogram LABEL10 = tocení dílcem o 1°
4220 AUXPOS = AUXPOS + POOTOC 'docasna pozice = docasna pozice + pootoceni o 1°
4230 MVS AUXPOS                'lineární interpolace na auxpozici
4240 B2OLD = B2MESSV          'promenné B2OLD je prorazena hodnota promenne B2MESSV
4250 IF MAXDEGR > 140 THEN *ErrL2 'podku uhel otaceni uchopne hlavice prekroci 140°,prejde na ErrL2
4260 MAXDEGR = MAXDEGR + 1    'nova hodnota uhlu otoceni = uhlu otoceni + 1°
4270 GOTO *NAOTVR2            'presmerovani na zacatek smycky = *NAOTVR2
4280 '
4290 *FOUND10                'podprogram pri nalezeni drazek
4300 DLY CASOVAC                'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
4310 OVRD POMALU                'nastavi aktuální rychlost na POMALU
4320 AuxPos = AuxPos+NADZ50    'nastaveni docasne pozice
4330 MOV AUXPOS                'kloubová interpolace na auxpozici
4340 IF BARVA=0 THEN AuxPos = AuxPos+KOREKC2 'nastaveni docasne pozice dle barvy dilce
4350 IF BARVA=1 THEN AuxPos = AuxPos+KOREKC1 'nastaveni docasne pozice dle barvy dilce
4360 MOV AUXPOS                'kloubová interpolace na auxpozici
4370 OVRD 3                    'nastavení rychlosti na hodnotu 3
4380 MVS AUXPOS - NADZ50      'lineární interpolace vicka 50mm nad dílec
4390 DLY 1.2                  'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
4400 MVS AUXPOS - NADZ50 + ZASROU40 'zasroubovani vicka
4410 HOPEN 1                  'otevreni uchopovaci hlavice
4420 OVRD POMALU                'nastavi aktuální rychlost na POMALU
4430 MOV P1650                '50mm nad pozici pro kontrolu vicka
4440 M_out(0)= 1                'rozsvítí se kontrolka na tlacitku START
4450 WAIT M_in(3)= 1            'cekani, dokud se nezmackne tlacitko START na celnim panelu
4460 M_out(0)= 0                'zhasne kontrolka na tlacitku START
4470 RETURN                  'vrácení do místa vetveni

```

1.4.21 Podprogram, který odloží smontovaný dílec

Tento podprogram slouží k uchopení smontovaného a odložení na výstupní zásobník, nebo do jednoho ze dvou odkládacích zásobníků.

4910 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
4920 MVS P181	'lineární interpolace - posuv od pozice pro kontrolu zaplnění zásobníku
4930 MVS P182	'lineární interpolace - posuv od pozice pro kontrolu zaplnění zásobníku
4940 MVS P2150	'pozice 50mm nad pozici pro odložení dílce do zásobníku 2
4950 M_out(0)= 1	'rozsvítí se kontrolka na tlačítku START
4960 WAIT M_in(3)= 1	'čekání, dokud se nezmáčkne tlačítko START na celním panelu
4970 M_out(0)= 0	'zhasne kontrolka na tlačítku START
4980 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
4990 MVS P21	'pozice pro odložení predmetu do zásobníku 2
5000 HOPEN 1	'otevření uchopovací hlavy
5010 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
5020 MVS P2150	'pozice 50mm nad pozici pro odložení dílce do zásobníku 2
5030 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
5040 MOV P99	'presuv na pozici P99
5050 RETURN	'vrácení do místa vetvení
5060 '	
5070 *POLSES	'poslání dílce na výstupní zásobník
5080 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
5090 MVS P181	'lineární interpolace - posuv od pozice pro kontrolu zaplnění zásobníku
5100 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
5110 MVS P182	'lineární interpolace - posuv od pozice pro kontrolu zaplnění zásobníku
5120 MVS P192	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici 1 pro odložení dílce na výstupní zásobník
5130 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
5140 MVS P191	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici 2 pro odložení dílce na výstupní zásobník
5150 M_out(0)= 1	'rozsvítí se kontrolka na tlačítku START
5160 WAIT M_in(3)= 1	'čekání, dokud se nezmáčkne tlačítko START na celním panelu
5170 M_out(0)= 0	'zhasne kontrolka na tlačítku START
5180 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
5190 MVS P19	'lineární interpolace - posuv na pozici pro odložení dílce na výstupní zásobník
5200 HOPEN 1	'otevření uchopovací hlavy
5210 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
5220 MVS P191	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici 2 pro odložení dílce na výstupní zásobník
5230 MVS P192	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici 1 pro odložení dílce na výstupní zásobník
5240 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
5250 MOV P99	'presuv na pozici P99
5260 RETURN	'vrácení do místa vetvení

1.4.22 Podprogramy, které obsahují řešení případných chyb

V těchto podprogramech je uvedeno řešení některých chyb, které se mohou vyskytnout během běhu programu.

*ErrL slouží k střídavému blikání signálů Q1 a Q2 do doby, než se zmáčkne tlačítko START. Tento podprogram se spustí, pokud byly sebrány 4 černé, či 4 stříbrné čepy.

*ErrL2 se spustí v případě neočekávané chyby, pokud se otvor ve výrobku, nebo drážka na víčku nenajde ani po otočení 140°.

*Chyba1 slouží k signalizaci střídavým blikáním signálů Q1 a Q2 do doby dokud není zmáčknuo tlačítko START. Tento podprogram se spustí, pokud se zjistí, že na kompletační stanici se nachází dílec, který se zde nacházet nemá. Dále se tento podprogram spustí, když tam dílec být má a není.

*NENIVIC slouží k signalizaci blikáním signálky Q2 dokud není zmáčknuo tlačítko start. Slouží k upozornění na to, že není ve vstupním zásobníku víčko.

*STARTBU slouží k čekání, dokud není zmáčknuo tlačítko START. Slouží k ochraně obsluhy proti případnému poranění.


```

5310 '*****
5320 '***** PODPROGRAMY PRO PRIPADNE CHYBY *****
5330 '*****
5340 *ErrL                'podprogram chyba
5350 *REPETE2            'podprogram podprogramu *ErrL (stridavé blikani Q1 a Q2)
5360 M_out(3) = 0        'zhasne signalka Q2
5370 M_out(2) = 1        'rozsvítí se signálka Q1
5380 DLY 0.2             'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
5390 M_out(3) = 1        'rozsvítí se signálka Q2
5400 M_out(2) = 0        'zhasne signalka Q1
5410 DLY 0.2             'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
5420 M_out(0) = 1        'rozsvítí se kontrolka na tlacitku START
5430 IF M_in(3) = 0 THEN GOTO *REPETE2
                        'pokud není zmackute tlacitko START, vratit se na *REPETE2
5440 M_out(3) = 0        'zhasne signalka Q2
5450 M_out(2) = 0        'zhasne signalka Q1
5460 M_out(0) = 0        'zhasne kontrolka na tlacitku START
5470 POCOP = 0           'vynulovani hodnoty vzanych cernych cepu
5480 POCPB = 0           'vynulovani hodnoty vzanych stribrnych cepu
5490 GOTO *CEP           'pokracuj na zacatek podprogramu *CEP
5500 END                 'konec programu
5510 '
5520 '
5530 *ErrL2              'podprogram (pokud presahne uhel urcovani otvoru 140°, zasravi se program)
5540 HLT                  'zastavit vykonávání programu
5550 END                 'konec programu
5560 '
5570 '
5580 *CHYBA1             'podprogram CHYBA1
5590 OVRD POMALU         'nastaví aktuální rychlost na POMALU
5600 MOV P350            'kloubová interpolace - P3 + 50mm
5610 OVRD RYCHLE         'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
5620 MOV P3200           'kloubová interpolace - P3 + 200mm
5630 *REPETE            'podprogram podprogramu *CHYBA1 (stridavé blikani Q1 a Q2)
5640 M_out(3) = 0        'zhasne signalka Q2
5650 M_out(2) = 1        'rozsvítí se signálka Q1
5660 DLY 0.2             'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
5670 M_out(3) = 1        'rozsvítí se signálka Q2
5680 M_out(2) = 0        'zhasne signalka Q1
5690 DLY 0.2             'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
5700 M_out(0) = 1        'rozsvítí se kontrolka na tlacitku START
5710 IF M_in(3) = 0 THEN GOTO *REPETE
                        'pokud není zmackute tlacitko START, vratit se na *REPETE
5720 M_out(3) = 0        'zhasne signalka Q2
5730 M_out(2) = 0        'zhasne signalka Q1
5740 M_out(0) = 0        'zhasne kontrolka na tlacitku START
5750 GOTO *SMYCKA        'jdi do *PODVIC
5760 END                 'konec programu
5770 '
5780 '
5790 *NENIVIC            'podprogram *NENIVIC(není v zásobniku vicko)
5800 M_out(3) = 0        'zhasne signalka Q2
5810 DLY 0.2             'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
5820 M_out(3) = 1        'rozsvítí se signalka Q2
5830 DLY 0.2             'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
5840 M_out(0) = 1        'rozsvítí se kontrolka na tlacitku START
5850 IF M_in(3) = 0 THEN GOTO *NENIVIC ELSE M_out(3) = 0
                        'dokud není zmáčkuté tlacitko START, opakuj podprogramu, jinak zhasni signalku Q2
5860 M_out(0) = 0        'zhasne kontrolka na tlacitku START
5870 GOTO *PODVIC        'jdi do *PODVIC (spusti podprogram na sebrani vicka)
5880 END                 'konec programu
5890 '
5900 '
5910 *STARTBU            'podprogram *STARTBU(zmacknout tlacitko start pro pokracovani)
5920 M_out(0) = 1        'rozsvítí se kontrolka na tlacitku START
5930 WAIT M_in(3) = 1    'cekani, dokud se nezmackne tlacitko START na celnim panelu
5940 M_out(0) = 0        'zhasne kontrolka na tlacitku START
5950 RETURN              'vraceni do mista vetveni
5960 END                 'konec programu

```

No	Position	Orientation	Comment
P1	251.6, 41.1, 167.0	-52, 180,R,A	Pozice pro uchopeni dilcu ve vstupni casti
P150	251.6, 41.1, 217.0	-52, 180,R,A	50mm nad pozici P1
P1200	251.6, 41.1, 367.0	-52, 180,R,A	200mm nad pozici P1
P2	273.3, 166.4, 152.0	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni dilce na kompletacni stanici - pozice 1
P250	273.3, 166.4, 202.0	0, 180,R,A	50mm nad pozici P2
P2200	273.3, 166.4, 352.0	0, 180,R,A	200mm nad pozici P2
P3	194.0, 210.0, 150.5	0, 180,R,A	Pozice pro zjisteni, zda se jedna o cerny, nebo jiny dillec
P33	194.0, 210.0, 148.0	0, 180,R,A	Pozice pro zjistiini pritomnosti dilce
P350	194.0, 210.0, 200.5	0, 180,R,A	50mm nad pozici P3
P3200	194.0, 210.0, 350.5	0, 180,R,A	200mm nad pozici P3
P4	232.3, 166.4, 155.0	0, 180,R,A	Uchopeni OSTATNICH dilcu stredni casti uchopovaci hlavy
P42	232.3, 166.4, 152.5	0, 180,R,A	Uchopeni CERNEHO dilce stredni casti uchopovaci hlavy
P422	232.3, 166.4, 177.0	0, 180,R,A	50mm nad pozici P4
P5	217.3, 197.4, 163.0	0, 180,R,A	Ustaveni OSTATNICH nad senzor B2
P52	217.3, 197.4, 160.5	0, 180,R,A	Ustaveni CERNEHO DILCE nad senzor B2
P522	217.3, 197.4, 185.0	0, 180,R,A	50mm nad P5
P650	231.8, 120.7, 194.0	0,-180,R,A	50mm nad kompletacni stanici - POZICE2
P6200	231.8, 120.7, 354.0	0,-180,R,A	50mm nad kompletacni stanici - POZICE2
P7	-91.8, 344.4, 128.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 1
P750	-91.8, 344.4, 178.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 1 + 50mm
P7200	-91.8, 344.4, 328.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 1 + 200mm
P8	-191.9, 342.4, 128.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1
P850	-191.9, 342.4, 178.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1 + 50mm
P8200	-191.9, 300.4, 328.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1 + 200mm
P9	272.5, 120.8, 147.6	-180, 180,R,A	Vlozeni_cep_u
P92	272.5, 120.8, 145.1	-180, 180,R,A	Vlozeni_cep_u - cerny_dillec
P950	272.5, 120.8, 197.6	-180, 180,R,A	50mm nad pozici pro vlozeni cep_u
P9200	272.5, 120.8, 347.6	-180, 180,R,A	200mm nad pozici pro vlozeni cep_u
P10	187.4, 261.8, 146.2	-61, 180,R,A	Zjistovani pritomnosti pruziny
P101	187.4, 261.8, 145.0	-61, 180,R,A	Zjistovani pritomnosti pruziny2
P1050	187.4, 261.8, 196.2	-61, 180,R,A	50mm nad pozici pro zjistovani pritomnosti pruziny
P1020	250.0, 150.0, 200.0	-60, 180,R,A	Pozice pro spravne ustaveni kabelu a tlakove hadice vedoucich k chapadlu
P11	215.3, 241.4, 148.0	-61, 181,R,A	Pozice pro uchopeni pruziny
P1120	215.3, 241.4, 168.0	-61, 181,R,A	Pozice pro uchopeni pruziny + 50mm
P12	72.5, 265.5, 147.0	-180, 180,R,A	Pozice pro zjisteni pritomnosti vicka
P1250	72.5, 265.5, 197.0	-180, 180,R,A	50mm nad pozici pro zjisteni pritomnosti vicka
P1220	72.5, 265.5, 347.0	-180, 180,R,A	200mm nad pozici pro zjisteni pritomnosti vicka
P13	46.6, 270.3, 150.4	71, 180,R,A	Pozice pro uchopeni vicka
P1350	46.6, 270.3, 200.4	35, 180,R,A	50 mm nad pozici pro uchopeni vicka
P1320	46.6, 270.3, 250.4	0, 180,R,A	200 mm nad pozici pro uchyceni vicka
P1330	46.6, 270.3, 350.4	0, 180,R,A	300 mm nad pozici pro uchyceni vicka
P14	289.0, 197.0, 143.0	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni vicka na kontrolni cep
P1450	289.0, 197.0, 193.0	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni vicka na kontrolni cep + 50 mm
P1420	289.0, 197.0, 343.0	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni vicka na kontrolni cep + 200mm
P15	249.0, 197.0, 143.5	0, 180,R,A	Uchopeni vicka stredni casti - pro kontrolu drazek
P1550	249.0, 197.0, 193.5	0, 180,R,A	Uchopeni vicka stredni casti - pro kontrolu drazek + 50mm
P1650	232.8, 120.7, 194.4	0, 180,R,A	Pozice 50mm nad zasroubovanym vickem
P17	272.8, 120.7, 141.4	0, 180,R,A	Pozice pro uchopeni sestavy
P172	272.8, 120.7, 138.9	0, 180,R,A	Pozice pro uchopeni sestavy
P1750	272.8, 120.7, 191.4	0, 180,R,A	Pozice pro uchopeni sestavy + 50mm
P1720	272.8, 120.7, 341.4	0, 180,R,A	Pozice pro uchopeni sestavy + 200mm
P18	152.7, 334.8, 296.8	-159, 180,R,A	Pozice pro zjisteni zaplneni vystupni skluzavky
P181	152.7, 334.8, 346.8	-159, 180,R,A	Pozice pro zjisteni zaplneni vystupni skluzavky + 50mm v Ose Z
P182	152.7, 284.8, 346.8	-159, 180,R,A	Pozice pro zjisteni zaplneni vystupni skluzavky + 50mm v Ose Z - 50mm v Y
P19	107.2, 350.0, 310.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odlozeni hotove sestavy
P191	107.2, 350.0, 360.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odlozeni hotove sestavy + 50mm
P192	107.2, 300.0, 360.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odlozeni hotove sestavy + 50mm
P20	86.5, 189.0, 320.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobnik 1
P2050	86.5, 189.0, 370.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobnik 1 + 50 mm v Z
P21	-63.5, 191.0, 320.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobnik 2
P2150	-63.5, 191.0, 370.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobnik 2 + 50 mm v Z
P99	194.0, 210.0, 370.0	0, 180,R,A	REFERENCNI POZICE

Obr. 11: Seznam pozic pouzitych v demonstračním programu

CHYBOVÉ SIGNALIZACE A SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

SEZNAM UPOZORNĚNÍ

- 1) SVÍTÍ-LI NA ČELNÍM PANELU TLAČÍTKO START, je nutné toto tlačítko zmáčknout, nebo chvíli podržet, pro pokračování programu. Toto opatření je do programu zahrnuto z důvodu bezpečnosti práce.
- 2) BLIKÁ-LI SIGNÁLKA Q1 NA ČELNÍM PANELU, je to upozornění na to, že se ve vstupním zásobníku nenacházel v době první kontroly dílec. Je potřeba, aby byl zásobník naplněn nejméně jedním dílcem - následně je nutné zmáčknout tlačítko start.
- 3) BLIKAJÍ-LI STŘÍDAVĚ SIGNÁLKY Q1 A Q2 NA ČELNÍM PANELU A ROBOT VYJEL 200mm NAD POZICI PRO ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍTOMNOSI DÍLCE, je potřeba, aby byl z kompletační stanice odebrán dílec v POLOHA1. Ten totiž na této stanici při začátku programu nemá být.
- 4) BLIKAJÍ-LI STŘÍDAVĚ SIGNÁLKY Q1 A Q2 NA ČELNÍM PANELU A ZÁROVEŇ JSOU ODEBRÁNY 4 ČERNÉ, NEBO 4 STŘÍBRNÉ ČEPY, Z PALETY ČEPŮ, je to signál, že je nutné vyměnit paletu s čepy. Z důvodu absence náhradní palety s čepy je potřeba, aby byla stávající paleta o tyto čepy doplněna.
- 5) BLIKÁ-LI SIGNÁLKA Q2 NA ČELNÍM PANELU, je to upozornění na to, že se v svislém zásobníku podavače na víčka nenachází žádné víčko, které by bylo možné podat. Je potřeba naplnit zásobník nejméně jedním víčkem a zmáčknout tlačítko start.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Zobrazení hlavních cílů programu.....	3
Obr. 2: Vlevo dílec, vpravo paleta s čepy.....	4
Obr. 3: Vlevo pružina, vpravo víčko	4
Obr. 4: Vlevo dílec, vpravo vstupní zásobník	4
Obr. 5: Vlevo prázdná paleta, uprostřed špatně a vpravo správně umístěné čepy	5
Obr. 6: Vlevo pružina, vpravo zásobník na pružiny	5
Obr. 7: Vlevo víčka, uprostřed prázdný a vpravo naplněný zásobník na víčka.	5
Obr. 8: Ventil přívodu tlakového vzduchu v poloze zapnuto	6
Obr. 9: Kompletační stanice	6
Obr. 10: Tlačítka nouzového zastavení.....	7
Obr. 11: Seznam pozic použitých v demonstračním programu.....	23

MONTÁŽ S VYUŽITÍM ROBOTU MELFA RV-2AJ

PŘÍLOHA 3

Bc. Petr Merhaut

ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH



OBSAH

I PROGRAM COSIMIR® ROBOTICS	4
1 ÚLOHA Č. 1	5
1.1 POUŽITÝ SOFTWARE	5
1.2 PRÁCE SE SOUBORY	5
1.3 SPUŠTĚNÍ SOFTWARE	5
1.4 NAČTENÍ PROJEKTU.....	6
1.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 1.....	8
1.5.1 Seznámení s pohybovými funkcemi v okně pracovního prostředí	8
1.5.2 Dopsání programu	9
1.5.3 Ověření správnosti programu	13
1.5.4 Simulace běhu programu.....	14
1.5.5 Protokol	15
2 ÚLOHA Č. 2	16
2.1 POUŽITÝ SOFTWARE	16
2.2 PRÁCE SE SOUBORY	16
2.3 SPUŠTĚNÍ SOFTWARE	16
2.4 NAČTENÍ PROJEKTU.....	17
2.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 2.....	19
2.5.1 Seznámení s pohybovými funkcemi v okně pracovního prostředí	19
2.5.2 Pochopení programu	20
2.5.3 Dopsání seznamu pozic.....	27
2.5.4 Ověření správnosti programu	29
2.5.5 Simulace běhu programu.....	29
2.5.6 Protokol	31
II PROGRAM COSIMIR® INDUSTRIAL	32
3 ÚLOHA Č. 3	33
3.1 POUŽITÝ SOFTWARE	33
3.2 PRÁCE SE SOUBORY	33
3.3 SPUŠTĚNÍ SOFTWARE	33
3.4 NAČTENÍ PROJEKTU.....	34
3.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 3.....	36
3.5.1 Program a popis jeho funkce.....	36
3.5.2 Dopsání seznamu pozic	46
3.5.3 Ověření správnosti programu	48
3.5.4 Simulace běhu programu.....	48
3.5.5 Spuštění programu na pracovišti MPS 202 - ROBOTICS.....	51
3.5.5.1 Vložení dílů do vstupního zásobníku.....	51
3.5.5.2 Vložení čepů do palety s čepy	52
3.5.5.3 Kontrola zaplnění zásobníku a kompletační stanice.....	52
3.5.5.4 Zapnutí tlakového vzduchu.....	53
3.5.5.5 PŘEPSÁNÍ RYCHLOSTI PROGRAMU	53
3.5.5.6 Upozornění.....	54
3.5.6 Protokol	54

4	ÚLOHA ČÍSLO 4	55
4.1	POUŽITÝ SOFTWARE	55
4.2	PRÁCE SE SOUBORY	55
4.3	SPUŠTĚNÍ SOFTWARE	55
4.4	NAČTENÍ PROJEKTU.....	56
4.5	ZADÁNÍ ÚLOHY 3.....	58
4.5.1	Program a popis jeho funkce.....	58
4.5.2	Ověření správnosti programu.....	69
4.5.3	Simulace běhu programu.....	69
4.5.4	Spuštění programu na pracovišti MPS 202 - ROBOTICS.....	72
4.5.4.1	Vložení dílů do vstupního zásobníku.....	72
4.5.4.2	Vložení čepů do palety s čepy	73
4.5.4.3	Vložení pružin do zásobníku	73
4.5.4.4	Kontrola zaplnění zásobníku a kompletační stanice.....	74
4.5.4.5	Zapnutí tlakového vzduchu.....	74
4.5.4.6	PŘEPSÁNÍ RYCHLOSTI PROGRAMU	75
4.5.4.7	Upozornění.....	75
4.5.5	Protokol	76

I. PROGRAM COSIMIR® ROBOTICS

1 ÚLOHA Č. 1

1.1 Použitý software

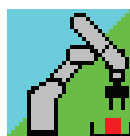
Tato úloha byla vytvořena pro software COSIMIR® ROBOTICS, který není určen pro připojení ke skutečnému pracovišti MPS® 202 – ROBOTICS. Není proto zapotřebí si toto pracoviště chystat. Všechny části pracoviště jsou v programu COSIMIR® ROBOTICS namodelovány a je proto možné simulovat běh programu na simulovaném pracovišti.

1.2 Práce se soubory

Na přiloženém DVD s označením ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH jsou umístěny všechny soubory, které jsou pro tuto úlohu potřeba. Jedná se o celou složku **01_CR_Program1_Zadani**. Z důvodu, že v programu COSIMIR® ROBOTICS nedokáže ukládat potřebné soubory na toto DVD, je nutné, aby byla celá složka zkopírována na pevný disk. V umístění D:\ROBOT\ bude vytvořena složka *příjmení* (bez diakritiky) a do ní bude celá složka **01_CR_Program1_Zadani** nakopírována.

1.3 Spuštění software

Spuštění COSIMIR® ROBOTICS se provádí pomocí ikony s názvem COSIMIR Robotics, která se nachází na pracovní plošce Windows. Je nutné si však dát pozor, aby nebyl spuštěn program COSIMIR® INDUSTRIAL, který má ikonu totožnou. Pokud by byl projekt otevřen pomocí COSIMIR® INDUSTRIAL, došlo by k jeho poškození. Soubory by bylo nutné vymazat a znovu nahrát z DVD.



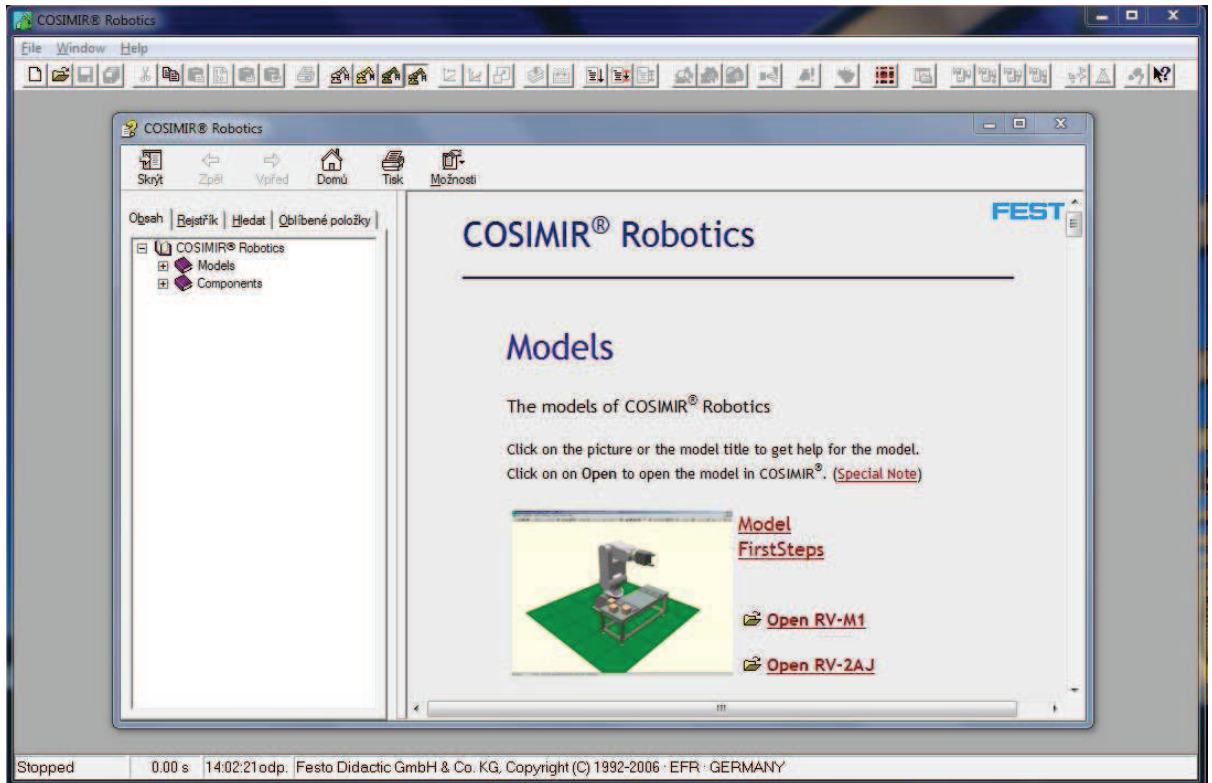
Obr. 1: Ikona software COSIMIR® ROBOTICS

Pokud by se tato ikona na pracovní ploše nenacházela, bylo by nutné program spustit pomocí nabídky start ve Windows. Zde se tento program nachází ve složce Programy (Všechny programy) / Didactic. Pokud by ani na tomto místě nebyl program nalezen, je možné jej spustit pomocí souboru v tomto umístění:

C:\Program Files\Didactic\COSIMIR Robotics.en\bin\COSEDU32.EXE – **Win. x86**

C:\Program Files (x86)\Didactic\COSIMIR Robotics.en\bin\COSEDU32.EXE – **Win. x64**

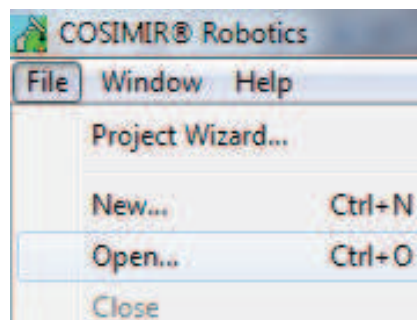
Po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS se v pozadí otevře okno programu a zároveň se v popředí otevře nápověda na stránce s příklady modelů „Models.“ Okno s modely není pro další práci nutné a může být zavřeno.



Obr. 2: Stav po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS

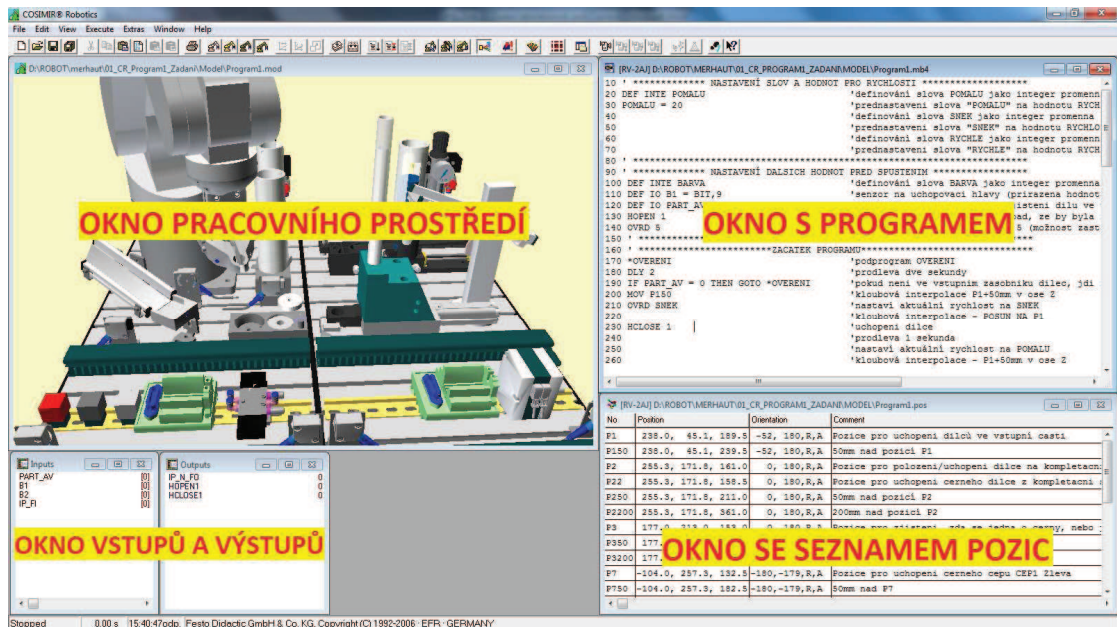
1.4 Načtení projektu

Načtení projektu se provádí pomocí základního menu. Po kliknutí na záložku FILE je možné z roletového menu vybrat Open. Nyní je možné otevřít projekt s příponou *.MOD. Tento se nachází v umístění D:\ROBOT\příjmení\01_CR_Program1_Zadani\Model\Program1.mod.



Obr. 3: Otevření projektu

Po načtení projektu by se měla objevit všechna tato okna, se kterými se bude pracovat. Jedná se o okno simulovaného pracovního prostředí, okno s programem, okno s pozicemi a okna vstupů a výstupů. Pokud se všechna okna otevřela, je možné přejít na **kapitulu 1.5**



Obr. 4: Okna projektu

Pokud by se tato okna neotevřela, bylo by nutné je otevřít a dle potřeby na obrazovce přehledně uspořádat, jako je to vidět na obrázku. Okno vstupů je možné otevřít pomocí F9, okno výstupů klávesami SHIFT + F9.

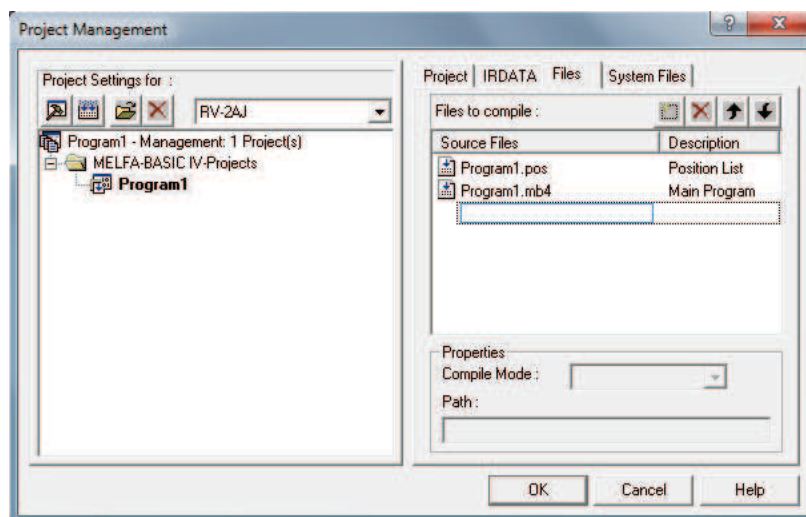
Soubory s programem a seznamem pozic se dají otevřít pomocí modulu PROJECT MANAGEMENT a to například pomocí následující ikony.



Obr. 5: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Zde je potřeba otevřít na pravé straně záložku Files (soubory). V tomto umístění se nachází soubor pozic a soubor programu. Poklepáním na tyto soubory se okna otevřou.

Další možností je otevřít okna pomocí FILE a OPEN. Zde je potřeba v pravém dolním rohu vybrat typ otevíraného souboru. Tyto soubory jsou MELFA-BASIC IV-Program (*.MB4), Position list (*.PSL), nebo MLR-Position list (*.POS). Nyní je možné ve správném umístění vybrat soubor a otevřít jej.



Obr. 6: Project management

Pokud jsou nyní otevřená všechna okna, je možné přistoupit k samotnému zadání úlohy.

1.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 1

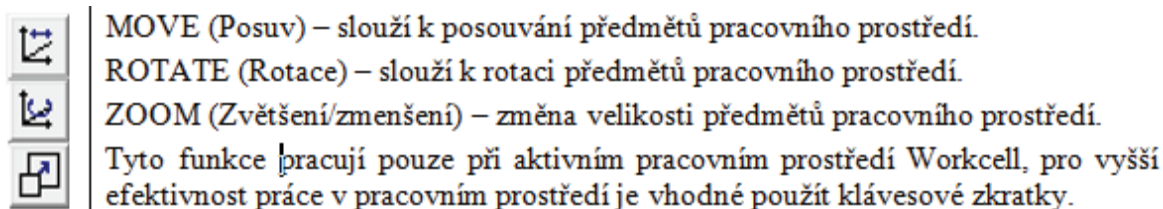
Cílem této úlohy je studenta seznámit se základním ovládáním programu COSIMIR® ROBOTICS, způsobem psaní programu a simulací běhu programu.

1.5.1 Seznámení s pohybovými funkcemi v okně pracovního prostředí

Prvním úkolem je naučit se základní pohyby s oknem pracovního prostředí (workcell). Jako první je potřeba, aby bylo kliknuto pravým tlačítkem na myši do okna pracovního prostředí a bylo vybráno Default Setting (defaultní nastavení). Při simulaci je často potřeba, aby některá část pracovního prostředí byla natočena, posunuta, nebo přiblížena či oddálena. Důvodem je fakt, že při určitých pohybech je potřeba dobře vidět na některé části pracoviště. K tomuto slouží tři pohybové funkce:

- MOVE (posuv) – SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši
- ROTATE (rotace) – CTRL + levé tlačítko myši + tažení myši
- ZOOM (zvětšení/zmenšení) – CTRL + SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši

Tyto funkce jsou dostupné i pomocí ikon, ale používání klávesových zkratk je efektivnější a rychlejší.



Obr. 7: Ikony posuvu, rotace, přiblížení a oddálení

410	'lineární interpolace - P3+200mm
420 IF BARVA=0 THEN MOV P8200	'pokud je použit CERNY dílec (BARVA=0), použít pozici 200mm nad STRIBRNYMI cepy(kloubová interpolace)
430 IF BARVA=1 THEN MOV P7200	'pokud jsou použity OSTATNI dílce (BARVA=1), použít pozici 200mm nad CERNYMI cepy(kloubová interpolace)
440	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
450	'pokud je použit CERNY dílec (BARVA=0), použít pozici 50mm nad STRIBRNYMI cepy(kloubová interpolace)
460	'pokud jsou použity OSTATNI dílce (BARVA=1), použít pozici 50mm nad CERNYMI cepy(kloubová interpolace)
470	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
480	'pokud je použit CERNY dílec (BARVA=0), použít pozici P8(kloubová interpolace)
490	'pokud jsou použity OSTATNI dílce (BARVA=1), použít pozici P7(kloubová interpolace)
500	'uzavření uchopovací hlavy - uchopení cevu
510	'prodleva(cislo označuje čas v sekundách)
520	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
530	'pokud je použit CERNY dílec (BARVA=0), použít pozici 50mm nad STRIBRNYMI cepy(kloubová interpolace)
540	'pokud jsou použity OSTATNI dílce (BARVA=1), použít pozici 50mm nad CERNYMI cepy(kloubová interpolace)
550	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
560	'pokud je použit CERNY dílec (BARVA=0), použít pozici 200mm nad STRIBRNYMI cepy(kloubová interpolace)
570	'pokud jsou použity OSTATNI dílce (BARVA=1), použít pozici 200mm nad CERNYMI cepy(kloubová interpolace)
580	'kloubová interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
590	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
600	'kloubová interpolace do do výšky 50mm nad bodem P9
610	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
620	'pokud je použit CERNY dílec, použít pozici P92 (kloubová interpolace)
630	'pokud jsou použity OSTATNI dílce, použít pozici P9 (kloubová interpolace)
640	'otevření uchopovací hlavice a položení cevu do dílce
650	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
660	'lineární interpolace - presun 50 mm nad P9
670	'50mm nad pozici pro uchycení sestavy P2 - kloubová interpolaci
680	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
690	'pokud je použit CERNY dílec, použít pozici P22 (kloubová interpolace)
700	'pokud jsou použity OSTATNI dílce, použít pozici P2 (kloubová interpolace)
710	'uchopení sestavy
720	'prodleva(cislo označuje čas v sekundách)
730	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
740	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
750	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
760	'200mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
770	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
780	'pokud je použit CERNY dílec, presun 50mm nad P19 (kloubová interpolace)
790	'pokud jsou použity OSTATNI dílce, presun 50mm nad P20 (kloubová interpolace)
800	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
810	'pokud je použit CERNY dílec, presun kloubovou interpolaci na P19
820	'pokud jsou použity OSTATNI dílce, presun kloubovou interpolaci na P20

830 'otevreni uchopovaci hlavice
 840 'nastavi aktuální rychlost na POMALU
 850 'pokud je pouzit CERNY dilec, presun 50mm nad P19
 860 'pokud jsou pouzity OSTATNI dilce, presun 50mm nad P20
 870 'nastavi aktuální rychlost na RYCHLE
 880 'kloubová interpolace na pozici P99
 900 GOTO 160 'presun na zacatek programu (radek 160)
 910 '***** KONEC PROGRAMU*****

Tabulka 1: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 1

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání pozic a operací	Kloubová interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí kloubové interpolace.	MOV P1
	Lineární interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí lineární interpolace.	MVS P1
	Kruhová interpolace	Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVC P1,P2,P3
		Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVR P1,P2,P3
		Pohyb podél oblouku na protilehlé straně od určeného oblouku (výchozí bod - referenční bod - konečný bod).	MVR2 P1,P9,P3
		Pohyb po sadě oblouků (vých. bod - konc. bod).	MVR3 P1.P3
	Ovládání rychlosti	Nastaví rychlost pro jakoukoliv interpolaci v procentech (jednotka 0,1 %).	OVRD 100
		Nastaví rychlost kloubové interpolace v procentech (jednotka 0,1 %).	JOVRD 100
		Nastaví rychlost pro lineární a kruhovou interpolaci pomocí num. hodnoty (jednotka 0,1 mm/s).	SPD 123.5
		Určí dobu zrychlení / dobu doběhu jako procento z předurčené maximální doby zrychlení / doby doběhu (jednotka 1 %).	ACCEL 50,80
		Automaticky nastaví zrychlení / zpomalení shodně s proměnnou hodnotou nastavení.	OADL 1,5,20
		Nastaví ruku i pracovní podmínky pro automatické přizpůsobení zrychlení / zpomalení.	LOADSET 1,1
	Operace	Přidá proces do operace (nepodmíněně).	WTH
		Přidá proces do operace (podmíněně).	WTHIF
		Určí hladkou operaci (plynulý pohyb).	CNT 1,100,200
		Určí podmínky pro dokončení umístění dané číslem pulsů.	FINE 200
		Zapne / vypne servopohony pro všechny osy.	SERVO OFF
		Nastaví točivý moment pro každou osu tak, že nemůže být překročen.	TORQ 4,60
	Kontrola pozice	Nastaví základní souřadnicová data.	BASE P1
		Nastaví nástrojová souřadnicová data.	TOOLP1
„Plovoucí ovládání“	Tuhost ramene je nižší a měkčí.	CMP POSE ,00000011	
	Tuhost ramene se nastaví do původních hodnot.	CMP OFF	
	Nastavení tuhosti ramene.	CMP 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0	
Ovládání programu.	Větvění	Nepodmíněně větvení na určené místo.	GOTO 120
		Větví se podle určených podmínek.	IFM_IN(1)=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
		Opakuje, dokud určené koncové podmínky nejsou splněné.	FORMI=1 to 10 NEXT
		Opakuje, dokud určené podmínky jsou splněné.	WHILE MI<10 WEND
		Vykoná programový blok odpovídající určené adresové hodnotě...	SELECT CASE 1 CASE 2 END SELECT
		Přeskočí řádek v programu.	SKIP
	Podprogram	Spustí určený podprogram (uvnitř programu).	GOSUB 200
		Návrat z podprogramu do hlavního programu.	RETURN
		Spustí podprogram, který odp. hodnotě proměnné	ON MI GOSUB 100,200,300

Tabulka 2: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 2

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání programu.	Přerušení	Definuje podmínku přerušeni a obslužný program.	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Zapne / Vypne přerušeni.	ACT 1=1
		Definuje počáteční řádek programu, který se vykonává, když je vygenerováno přerušeni od komunikační linky.	ON COM(l) GOSUB 100
		Zapíná přerušeni od komunikační linky.	COM(l) ON
		Vypíná přerušeni od komunikační linky.	COM(l) OFF
		Zastaví přerušeni od komunikační linky.	COM(l) STOP
	Předčítání	Zastaví provádění předčítání.	SYNC
	Cekání	Nastaví čas čekání (jednotka 0.01 s).	DLY 0.5
		Ceká, dokud proměnná nebude odpovídat určené hodnotě.	WAITM_IN(1)=1
	Stop	Zastaví vykonávání programu.	HLT
		Generuje chybu. Může být určeno při vykonávání programu, pokračování, zastavení nebo při vypnutých servech.	ERROR 9000
	Konec	Ukončí vykonávání programu.	END
	Ruka	Otevři ruku	Otevře určenou ruku.
Zavři ruku		Zavře určenou ruku.	HCLOSE 1
Vstup / Výstup	Přiřazení	Definuje Vstupně / Výstupní proměnné.	DEF IOPORT1=BIT,0
	Vstup	Získá vstupní signál (použitelné u podmínek).	M_IN(1)=1
	Výstup	Pošle signál pro vysunutí zásobníku.	M_OUT(8)=1
Paralelní vykonávání	Nastavení mechanismu	Získání mechanismu s určeným číslem mechanismu.	GETM 1
		Uvolnění mechanismu s určeným číslem mechanismu.	RELM 1
	Výběr	Výběr určeného programu pro určený slot.	XLOAD 2,"P102"
	Start / Stop	Spustí paralelní vykonávání určeného programu.	XRUN3,"100",0
		Zastaví paralelní vykonávání určeného programu.	XSTP 3
Vrátí se zpět na první řádek určeného programu a spustí program.		XRST3	
Ostatní	Režim vysoké přesnosti trajektorie	Označuje, kde může být kontrola vysoké přesnosti trajektorie zapnuta nebo vypnuta.	PREC ON/OFF
	Definice	Definuje proměnnou jako typu Integer nebo jako Reálné číslo.	DEF INT KAISUU
		Definuje proměnnou jako řetězec.	DEF CHAR MESSAGE
		Definuje rozmístění proměnné (možné do 3rozměrného uspořádání).	DIM PDATA(2,3)
		Definuje kloubovou proměnnou.	DEF JNT TAIHI
		Definuje poziční proměnnou.	DEF POS TORU
		Definuje funkci.	DEF FNT ASU (A, B) = A+B
	Nulování	Vynuluje univerzální výstupní signály, proměnné v programu, proměnné mezi programy, atd.	CLR 1
	Soubor	Otevře soubor.	OPEN "COM1:"AS#1
		Zavře soubor.	CLOSE#1
		Vloží vstupy ze souboru.	INPUT#1,M1
		Vloží výstupy do souboru.	PRINT#1,M1
	Komentář	Označení komentáře.	REM"ABC"
Návěští	Označuje místo větvení.	*SUB1	

Na tomto místě je uveden kompletní seznam pozic, na který program odkazuje. Je také možné udělat program, který nebude odkazovat na seznam pozic. Pozice se však musí objevit přímo v programu. Tato metoda je však méně přehlednější.

No	Position	Orientation	Comment
P1	238.0, 45.1, 189.5	-52, 180,R,A	Pozice pro uchopení dílců ve vstupní části
P150	238.0, 45.1, 239.5	-52, 180,R,A	50mm nad pozicí P1
P2	255.3, 171.8, 161.0	0, 180,R,A	Pozice pro položení/uchopení dílce na kompletacní stanici-ODKLADACI MISTO1
P22	255.3, 171.8, 158.5	0, 180,R,A	Pozice pro uchopení černého dílce z kompletacní stanice-ODKLADACI MISTO1
P250	255.3, 171.8, 211.0	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P2
P2200	255.3, 171.8, 361.0	0, 180,R,A	200mm nad pozicí P2
P3	177.0, 213.0, 153.0	0, 180,R,A	Pozice pro zjištění, zda se jedná o černý, nebo jiný dílec
P350	177.0, 213.0, 203.0	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P3
P3200	177.0, 213.0, 353.0	0, 180,R,A	200mm nad pozicí P3
P7	-104.0, 257.3, 132.5	-180,-179,R,A	Pozice pro uchopení černého cepu CEP1 Zleva
P750	-104.0, 257.3, 182.5	-180,-179,R,A	50mm nad P7
P7200	-104.0, 257.3, 332.5	-180,-179,R,A	200mm nad P7
P8	-214.0, 257.3, 132.5	-0,-179,R,A	Pozice pro uchopení stříbrného cepu CEP1 Zleva
P850	-214.0, 257.3, 182.5	-0,-179,R,A	50mm nad P8
P8200	-214.0, 257.3, 332.5	-0,-179,R,A	200mm nad P8
P9	255.3, 171.5, 163.1	-180, 180,R,A	Pozice pro vložení ČERNÉHO cepu do dílce
P92	255.3, 171.5, 161.6	-180, 180,R,A	Pozice pro vložení STRÍBRNÉHO cepu do dílce
P950	255.3, 171.0, 203.0	-180, 180,R,A	50mm nad pozicí P9
P9200	255.3, 171.8, 353.0	-180, 180,R,A	200mm nad pozicí P9
P19	-85.0, 201.0, 325.0	-90, 180,R,A	Pozice pro položení do DEPOZIT 1
P1950	-85.0, 201.0, 375.0	-90, 180,R,A	Pozice 50 mm nad depozitem 1
P20	65.0, 201.0, 327.5	-90, 180,R,A	Pozice pro položení do DEPOZIT 2
P2050	65.0, 201.0, 377.5	-90, 180,R,A	Pozice 50 mm nad depozitem 2
P99	240.6, 7.3, 372.2	1,-179,R,A	Referenční pozice

Obr. 8: Seznam pozic

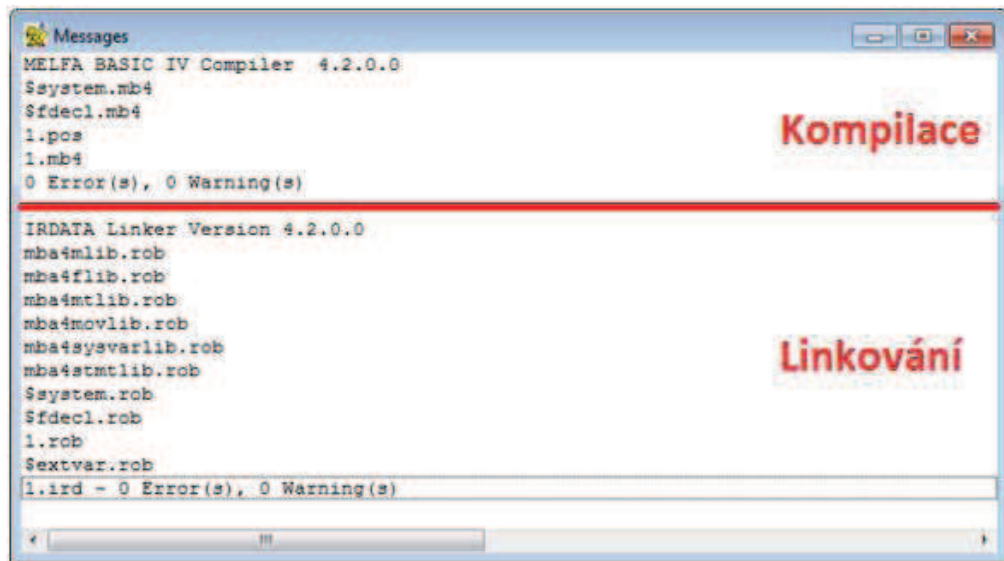
1.5.3 Ověření správnosti programu

Aby bylo možné program spustit, je potřeba tento program a seznam pozic podrobit Kompilaci + Linkování (COMPILE+LINK). Pro tuto kompilaci je potřebné, napřed kliknout do okna s pozicemi a následně aktivovat okno s programem. (Tímto se zamezí případné chybě)



Obr. 9: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Po zmáčknutí ikony Kompilace + Linkování se otevře okno zpráv, kde je napsáno, co vše bylo kompilováno, linkováno a zda byly nalezeny nějaké problémy. V části kompilace i Linkování by se neměly v ideálním případě nacházet žádné chyby a ani varování. V případě, že bude nějaký problém nalezen, vypíše se do tohoto okna typ chyby. Pokud je několikrát kliknuto na zprávu chyby, objeví se řádek, na kterém se chyba nachází, nebo řádek se kterým chyba přímo souvisí. Po opravě je nutné opět Kompilovat a Linkovat.



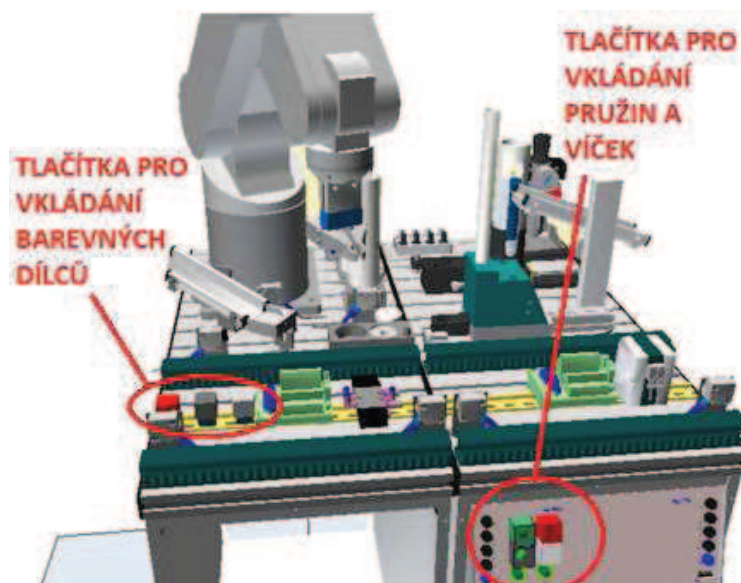
Obr. 10: Okno zpráv pro kompilaci a linkování

1.5.4 Simulace běhu programu

Pokud se nebudou v programu a ani seznamu pozic nacházet žádná varování či chyby, znamená to, že program i seznam pozic je v pořádku a je možné přistoupit k samotné simulaci běhu programu. Spuštění simulace programu se provádí pomocí ikony start, která se nachází napravo od ikony pro Kompilaci a Linkování.



Obr. 11: Ikony pro Start programu, další/předošlý krok a zastavení programu



Obr. 12: Tlačítka simulovaného prostředí

Po spuštění programu se robot a další nastavené části simulovaného prostředí pohybují dle programu. Důležité je také vědět, že až po spuštění programu se také aktivují tlačítka, kterými je možné vkládat do simulovaného prostředí barevné dílce. Tyto se ovládají pomocí kliknutí myši na jedno ze tří tlačítek. Červené tlačítko je pro černé díly, Černé pro díly černé a třetí tlačítko je pro díly stříbrné. Pokud by bylo nutné simulovat také vkládání pružin a víček, bylo by nutné na simulovaném čelním panelu zmáčknout napřed tlačítko RESET a následně tlačítko START.

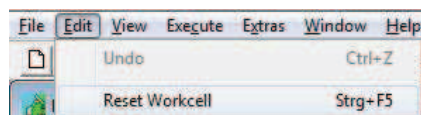
Aby bylo možné simulovat běh programu s použitím senzorů a tím simulovat skutečného robota, je potřeba mít při spuštění simulace zapnutou ikonu Sensor simulation



Obr. 13: Ikony Sensor simulation

V průběhu běhu programu je možné posouvat, otáčet a přibližovat pracovní prostředí dle potřeby a tím zkoumat, zda program běží správně. Zároveň je v okně s programem modře označen řádek, na kterém se program právě nachází. V případě potřeby je možné běh programu zastavit pomocí ikony stop, která se aktivuje po spuštění programu. Další možnost spuštění programu je krok po kroku pomocí ikony Další krok (Next Step), která se nachází napravo od ikony stop. Podmínkou je, že je právě aktivní okno s programem. Pokud by bylo aktivní okno se seznamem pozic, robot by se přesunul na další pozici v seznamu pozic.

Pokud je potřeba, aby se pracovní prostředí vrátilo do původního stavu, musí být vypnuta simulace běhu programu. Následně je nutné, aby bylo aktivní pracovní prostředí robotu (workcell). Resetování se provádí pomocí EDIT a Reset Workcell.



Obr. 14: Reset Workcell

1.5.5 Protokol

Výsledkem tohoto cvičení bude protokol obsahující doplněný program, jako důkaz o funkčnosti programu je nutné také například pomocí Print Screen vyfotit a uvést výsledek kompilace a linkování. Dalším úkolem je detailně popsat funkci programu, která byla pozorována při simulaci (nejméně 2x pro všechny tři barvy dílů). Posledním úkolem je vyřešení nedostatků týkající se čepů – výsledkem by měl být návrh, kterým by šel tento problém odstranit.

2 ÚLOHA Č. 2

2.1 Použitý software

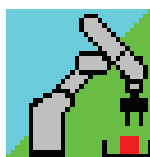
Tato úloha byla vytvořena pro software COSIMIR® ROBOTICS, který není určen pro připojení ke skutečnému pracovišti MPS® 202 – ROBOTICS. Není proto zapotřebí si toto pracoviště chystat. Všechny části pracoviště jsou v programu COSIMIR® ROBOTICS namodelovány a je proto možné simulovat běh programu na simulovaném pracovišti.

2.2 Práce se soubory

Na přiloženém DVD s označením ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH jsou umístěny všechny soubory, které jsou pro tuto úlohu potřeba. Jedná se o celou složku **02_CR_Program2_Zadani**. Z důvodu, že v programu COSIMIR® ROBOTICS nedokáže ukládat potřebné soubory na toto DVD, je nutné, aby byla celá složka zkopírována na pevný disk. V umístění D:\ROBOT\ bude vytvořena složka *příjmení* (bez diakritiky) a do ní bude celá složka **02_CR_Program2_Zadani** nakopírována.

2.3 Spuštění software

Spuštění COSIMIR® ROBOTICS se provádí pomocí ikony s názvem COSIMIR Robotics, která se nachází na pracovní plošce Windows. Je nutné si však dát pozor, aby nebyl spuštěn program COSIMIR® INDUSTRIAL, který má ikonu totožnou. Pokud by byl projekt otevřen pomocí COSIMIR® INDUSTRIAL, došlo by k jeho poškození. Soubory by bylo nutné vymazat a znovu nahrát z DVD.



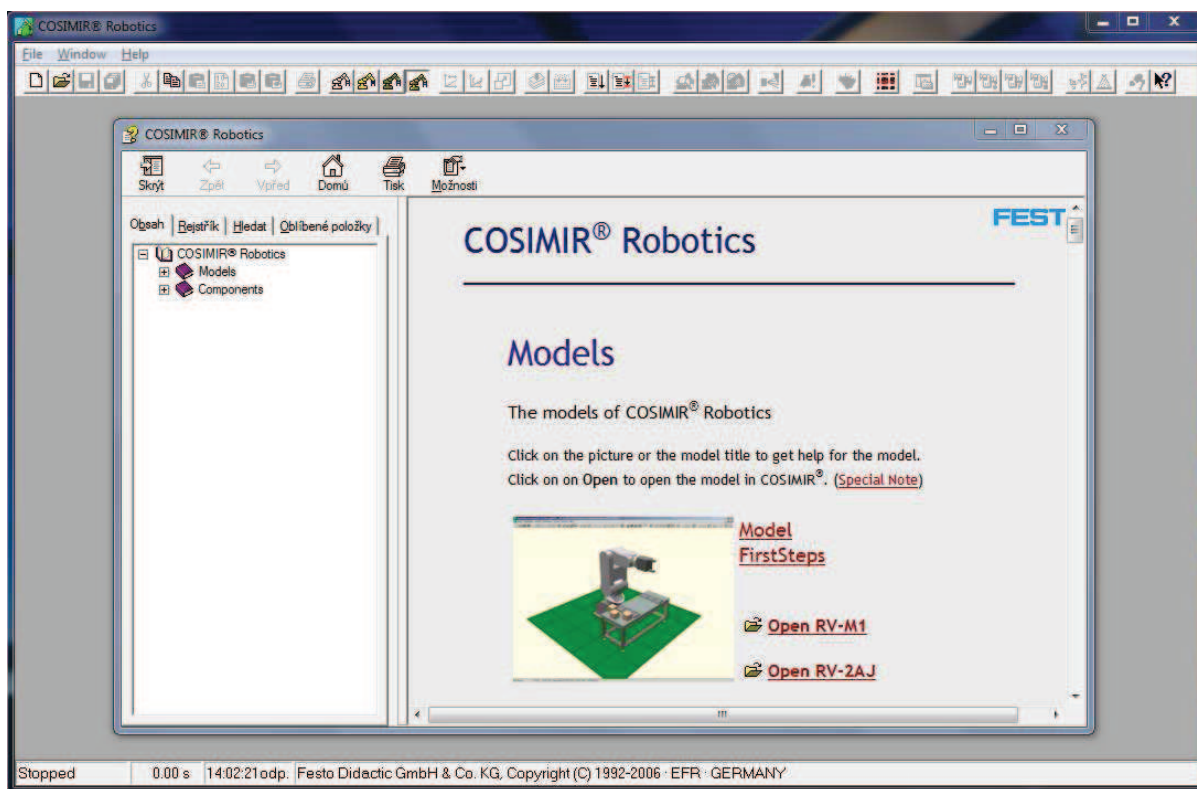
Obr. 15: Ikona software COSIMIR® ROBOTICS

Pokud by se tato ikona na pracovní ploše nenacházela, bylo by nutné program spustit pomocí nabídky start ve Windows. Zde se tento program nachází ve složce Programy (Všechny programy) / Didactic. Pokud by ani na tomto místě nebyl program nalezen, je možné jej spustit pomocí souboru v tomto umístění:

C:\Program Files\Didactic\COSIMIR Robotics.en\bin\COSEDU32.EXE – **Win. x86**

C:\Program Files (x86)\Didactic\COSIMIR Robotics.en\bin\COSEDU32.EXE – **Win. x64**

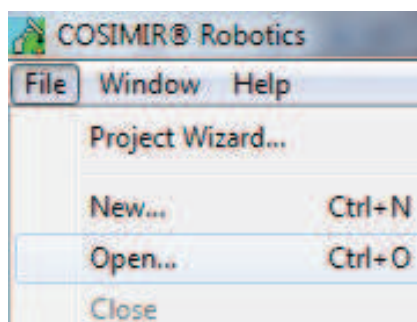
Po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS se v pozadí otevře okno programu a zároveň se v popředí otevře nápověda na stránce s příklady modelů „Models.“ Okno s modely není pro další práci nutné a může být zavřeno.



Obr. 16: Stav po spuštění programu COSIMIR® ROBOTICS

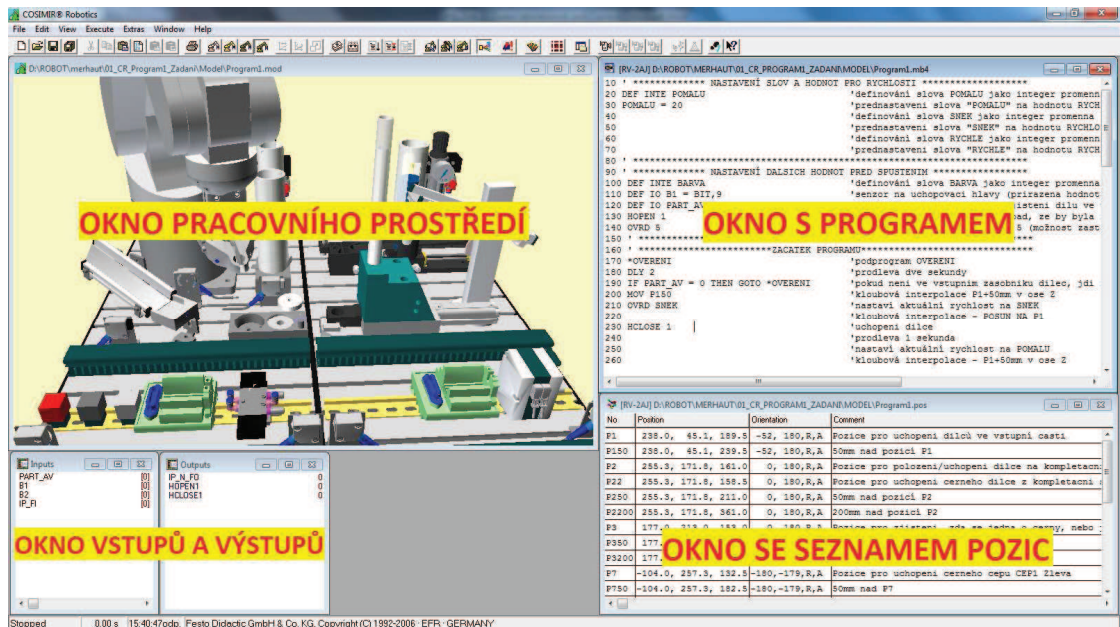
2.4 Načtení projektu

Načtení projektu se provádí pomocí základního menu. Po kliknutí na záložku FILE je možné z roletového menu vybrat Open. Nyní je možné otevřít projekt s příponou *.MOD. Tento se nachází v umístění D:\ROBOT\příjmení\02_CR_Program2_Zadani\Model\Program2.mod.



Obr. 17: Otevření projektu

Po načtení projektu by se měla objevit všechna tato okna, se kterými se bude pracovat. Jedná se o okno simulovaného pracovního prostředí, okno s programem, okno s pozicemi a okna vstupů a výstupů. Pokud se všechna okna otevřela, je možné přejít na **kapitolu 2.5**



Obr. 18: Okna projektu

Pokud by se tato okna neotevřela, bylo by nutné je otevřít a dle potřeby na obrazovce přehledně uspořádat, jako je to vidět na obrázku. Okno vstupů je možné otevřít pomocí F9, okno výstupů klávesami SHIFT + F9.

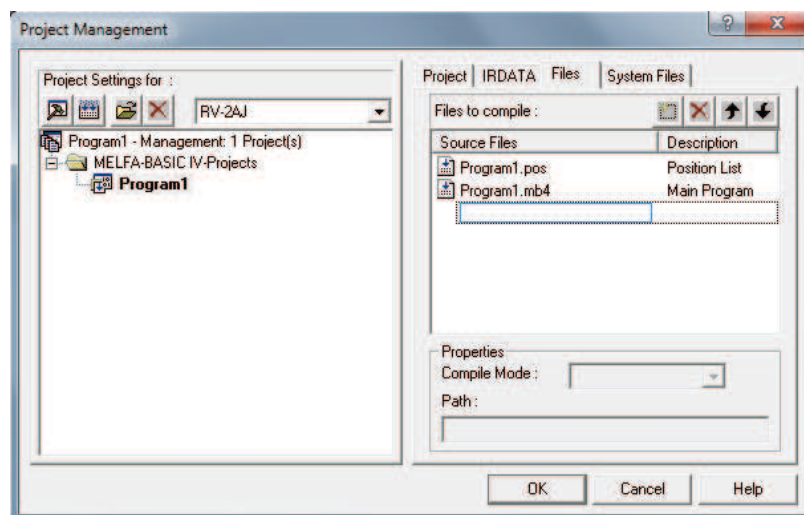
Soubory s programem a seznamem pozic se dají otevřít pomocí modulu PROJECT MANAGEMENT a to například pomocí následující ikony.



Obr. 19: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Zde je potřeba otevřít na pravé straně záložku Files (soubory). V tomto umístění se nachází soubor pozic a soubor programu. Poklepáním na tyto soubory se okna otevřou.

Další možností je otevřít okna pomocí FILE a OPEN. Zde je potřeba v pravém dolním rohu vybrat typ otevíraného souboru. Tyto soubory jsou MELFA-BASIC IV-Program (*.MB4), Position list (*.PSL), nebo MLR-Position list (*.POS). Nyní je možné ve správném umístění vybrat soubor a otevřít jej.



Obr. 20: Project management

Pokud jsou nyní otevřená všechna okna, je možné přistoupit k samotnému zadání úlohy.

2.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 2

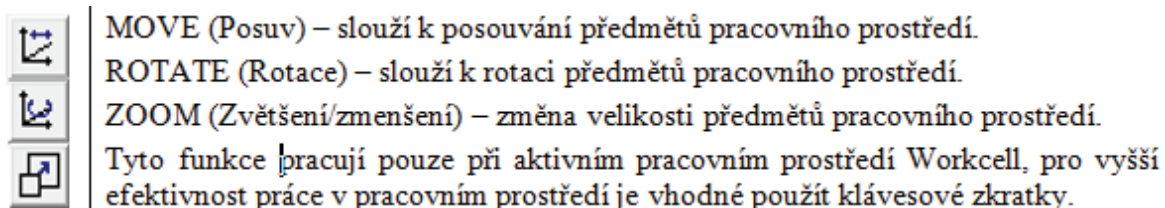
Cílem této úlohy je studenta seznámit se základním ovládáním programu COSIMIR® ROBOTICS, způsobem psaní programu a simulací běhu programu.

2.5.1 Seznámení s pohybovými funkcemi v okně pracovního prostředí

Prvním úkolem je naučit se základní pohyby s oknem pracovního prostředí (workcell). Jako první je potřeba, aby bylo kliknuto pravým tlačítkem na myši do okna pracovního prostředí a bylo vybráno Default Setting (defaultní nastavení). Při simulaci je často potřeba, aby některá část pracovního prostředí byla natočena, posunuta, nebo přiblížena či oddálena. Důvodem je fakt, že při určitých pohybech je potřeba dobře vidět na některé části pracoviště. K tomuto slouží tři pohybové funkce:

- MOVE (posuv) – SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši
- ROTATE (rotace) – CTRL + levé tlačítko myši + tažení myši
- ZOOM (zvětšení/zmenšení) – CTRL + SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši

Tyto funkce jsou dostupné i pomocí ikon, ale používání klávesových zkratk je efektivnější a rychlejší.



Obr. 21: Ikony posuvu, rotace, přiblížení a oddálení

2.5.2 Pochopení programu

Druhým úkolem je projít si a pokusit se pochopit program. Tento program už je psaný trochu těžším způsobem. Je rozdělen na hodnoty zadávané před samotným spuštěním, hlavní program a podprogramy. Tento styl psaní je velmi výhodný. Pokud by program byl psán klasickým způsobem, bylo by nutné některé části dělit velkým množstvím podmínek. U každého řádku je za apostrofem dopsána poznámka, dle které je orientace v programu velmi jednoduchá. Jednotlivé podprogramy jsou také dobře označeny a neměl by tedy nastat problém s jejich identifikací. Pod programem jsou kromě toho také uvedeny dvě tabulky obsahující příkazy programu COSIMIR® ROBOTICS.

```

10 ' ***** NASTAVENÍ SLOV A HODNOT PRO RYCHLOSTI *****
20 DEF INTE POMALU      'definování slova POMALU jako integer promenna
30 POMALU = 20          'prednastaveni slova "POMALU" na hodnotu RYCHLOSTI 20
40 DEF INTE SNEK        'definování slova SNEK jako integer promenna
50 SNEK = 5             'prednastaveni slova "SNEK" na hodnotu RYCHLOSTI 15
60 DEF INTE RYCHLE      'definování slova RYCHLE jako integer promenna
70 RYCHLE = 60          'prednastaveni slova "RYCHLE" na hodnotu RYCHLOSTI 60
80 DEF INTE POCVC       'definování slova PODVC jako integer promenna
90 POCVC = 0            'prednastaveni slova "POCVC" na hodnotu VZANÝCH CEPU na 0
100 DEF INTE DEP1ZAP    'definování slova DEP1ZAP jako integer promenna
110 DEP1ZAP = 0         'prednastaveni slova "DEP1ZAP" na hodnotu zaplenini DEPOZITU1 na 0
120 ' *****
130 ' ***** NASTAVENÍ DALŠICH HODNOT PŘED SPUŠTENÍM *****
140 DEF INTE BARVA      'definování slova BARVA jako integer promenna
150 DEF IO B1 = BIT,9    'senzor na uchopovací hlavy (přirazena hodnota 1)
160 DEF IO PART_AV = BIT,8 'slovo PART_AV nastavit pro zjištění dílu ve vstupním zásobníku.
170 HOPEN 1             'otevře celist robotu pro případ, že by byla na začátku zavřena
180 OVRD 5              'nastaví aktuální rychlost na 5 (možnost zastavení programu v případě
                        kolize)
190 ' *****
220 '
230 ' *****ZACATEK HLAVNIHO PROGRAMU*****
240 *SMYCKA             'Pocatek smycky
250 GOSUB *VEMDIL       'Podprogram: Zjistí přítomnosti dílce, uchopí ho, přenesení na kompletační
                        stanici, položí a odjede
260 GOSUB *ZJIBAR       'Podprogram: Zjistí dle výskytu senzorem B1 jaký dílec se nachází na
                        kompletační stanici a uloží hodnotu pod slovo BARVA.
270 GOSUB *TRIDENI      'Podprogram: Udává, co dělat, pokud je BARVA = 0, nebo BARVA = 1
280 GOTO *SMYCKA        'Konec smycky - přesun na začátek smycky

```

```

290 ' *****KONEC HLAVNÍHO PROGRAMU*****
330 ' *****PODPROGRAMY HLAVNIHO PROGRAMU*****
350 '
360 ' *****PODPROGRAM VEMDIL - ZACATEK*****
370 *VEMDIL                'podprogram VEMDIL, kontrola pritomnosti dilce,
                           'odebrani a presun na kompletacni
380 DLY 2                  'prodleva dve sekundy
390 IF PART_AV = 0 THEN GOTO *VEMDIL 'pokud není ve vstupnim zasobniku dilec, jdi na
                           '*OVERENI (zacatek podprogramu)
400 MOV P150               'kloubová interpolace P1+50mm v ose Z
410 OVRD SNEK              'nastaví aktuální rychlost na SNEK
420 MOV P1                  'kloubová interpolace - POSUN NA P1
430 HCLOSE 1               'uchopeni dilce
440 DLY 1                  'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
450 OVRD POMALU           'nastaví aktuální rychlost na POMALU
460 MOV P150               'kloubová interpolace - P1+50mm v ose Z
470 MOV P250               'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
480 OVRD SNEK              'nastaví aktuální rychlost na SNEK
490 MOV P2                  'kloubová interpolace - POSUN NA P2
500 HOPEN 1                'otevreni uchopovaci hlavy - polozeni dilce
510 OVRD POMALU           'nastaví aktuální rychlost na POMALU
520 MOV P250               'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
530 RETURN                 'vrácení do místa vetveni (do hlavniho programu)
540 ' *****PODPROGRAM VEMDIL - KONEC*****
550 '
560 '
570 ' *****PODPROGRAM ZJIBAR - ZACATEK*****
580 *ZJIBAR                'podprogram ZAJBAR - zjistuje barvu dilce dle vysky
590 MOV P350               'kloubová interpolace - P3+50mm
600 OVRD SNEK              'nastaví aktuální rychlost na SNEK
610 MOV P3                  'kloubová interpolace - P3
620 DLY 1                  'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
630 BARVA = B1             'prirazeni aktualni hodnoty B1 ke slovu BARVA
640 OVRD POMALU           'nastaví aktuální rychlost na POMALU
650 MOV P350               'kloubová interpolace - P3+50mm
660 RETURN                 'vrácení do místa vetveni (do hlavniho programu)
670 ' *****PODPROGRAM ZJIBAR - KONEC*****
680 '
700 ' *****PODPROGRAM TRIDENI - ZACATEK*****

```



```

710 *TRIDENI                'podprogram TRIDENI - trideni ukonu dle VYSKY
                             (barvy) dilce
720 IF BARVA = 1 THEN GOSUB *DEPOZIT  'pokud je dilec CERVENY(nebo STRIBRNY), pokracuj
                             do podprogramu DEPOZIT
730 IF BARVA = 0 THEN GOSUB *VEMCEP  'pokud je dilec CERNY, pokracuj do podprogramu
                             VEMCEP
740 RETURN                  'vráčení do místa vetveni (do hlavniho programu)
750 ' *****PODPROGRAM TRIDENI - KONEC*****
760 '
770 '
780 ' *****PODPROGRAM DEPOZIT - ZACATEK*****
790 *DEPOZIT                'podprogram podprogramu TRIDENI- presun dilu do jednoho ze dvou DEPOZITU
800 MOV P250                '50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
810 OVRD SNEK               'nastaví aktuální rychlost na SNEK
820 MOV P2                  'pozice pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
830 HCLOSE 1                'uchopeni sestavy
840 DLY 1                   'prodleva vterinová
850 OVRD POMALU             'nastaví aktuální rychlost na POMALU
860 MVS P250                '50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
870 OVRD RYCHLE             'nastaví aktuální rychlost na POMALU
880 MVS P2200               '200mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
890 OVRD POMALU             'nastaví aktuální rychlost na POMALU
900 DEP1ZAP = DEP1ZAP + 1    'hodnota zaplneni depozitu 1 je hodnota zaplneni depozitu 1 + 1
910 IF DEP1ZAP <7 THEN MOV P1950  'Pokud je v depozitu 1 mene, nez 7 dilu, presuv na pozici P1950
                             = P19+50mm
920 IF DEP1ZAP >6 THEN MOV P2050  'Pokud je v depozitu 1 vice, nez 6 dilu, presuv na pozici P2050 =
                             P20+50mm
930 OVRD SNEK               'nastaví aktuální rychlost na SNEK
940 IF DEP1ZAP <7 THEN MOV P19    'Pokud je v depozitu 1 mene, nez 7 dilu, presuv na pozici P19
950 IF DEP1ZAP >6 THEN MOV P20    'Pokud je v depozitu 1 vice, nez 6 dilu, presuv na pozici P20
960 HOPEN 1                 'otevreni uchopovaci hlavice
970 OVRD POMALU             'nastaví aktuální rychlost na POMALU
980 IF DEP1ZAP <7 THEN MOV P1950  'Pokud je v depozitu 1 mene, nez 7 dilu, presuv na pozici P1950
                             = P19+50mm
990 IF DEP1ZAP >6 THEN MOV P2050  'Pokud je v depozitu 1 vice, nez 6 dilu, presuv na pozici P2050 =
                             P20+50mm
1000 OVRD RYCHLE            'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1010 MOV P99                'kloubová interpolace na pozici P99
1020 RETURN                  'vráčení do místa vetveni (do podprogramu TRIDENI)
1030 ' *****PODPROGRAM DEPOZIT - KONEC*****

```

```

1060 ' *****PODPROGRAM VEMCEP - ZACATEK*****
1070 *VEMCEP                'podprogram podprogramu TRIDENI- plneni cernych dilu cepy a
                             presun na vystupni zasobnik
1080 OVRD RYCHLE            'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1090 MVS P3200              'linearni interpolace - P3+200mm
1100 MOV P8200              'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1 (nad
                             P8)
1110 OVRD POMALU           'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1120 POCVC = POCVC + 1     'hodnota vzanych cepu je hodnota vzanych cepu + 1
1130 IF POCVC=1 THEN MOV P850 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
1140 IF POCVC=2 THEN MOV P852 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
1150 IF POCVC=3 THEN MOV P853 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
1160 IF POCVC=4 THEN MOV P854 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 4
1170 IF POCVC=5 THEN GOTO *NECEP'pokud jsou odebrany vsechny 4 cepy, presun do podprogramu
                             NECEP
1180 OVRD SNEK              'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1190 IF POCVC=1 THEN MOV P8  'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
1200 IF POCVC=2 THEN MOV P82 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
1210 IF POCVC=3 THEN MOV P83 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
1220 IF POCVC=4 THEN MOV P84 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 4
1230 HCLOSE 1              'uchopeni cepu
1240 DLY 1                  'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1250 IF POCVC=1 THEN MOV P850 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
1260 IF POCVC=2 THEN MOV P852 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
1270 IF POCVC=3 THEN MOV P853 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
1280 IF POCVC=4 THEN MOV P854 'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 4
1290 OVRD POMALU           'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1300 MOV P8200              'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1(nad P8)
1310 OVRD RYCHLE            'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1320 MOV P9200              'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
1330 OVRD POMALU           'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1340 MOV P950               'kloubova interpolace do do výšky 50mm nad bodem P9
1350 OVRD SNEK              'nastavi aktuální rychlost na SNEK
1360 MOV P9                  'pozice pro polozeni cepu do CERNEHO dilce - kloubova
                             interpolace
1370 HOPEN 1                'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do dilce
1380 OVRD POMALU           'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1390 MVS P950              'linearni interpolace - presun 50 mm nad P9
1400 MOV P250               '50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1410 OVRD SNEK              'nastavi aktuální rychlost na SNEK

```

1420 MOV P22	'posuv na pozici P22 - lineární interpolaci
1430 HCLOSE 1	'uchopeni sestavy
1440 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1450 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1460 MVS P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1470 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1480 MVS P2200	'200mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1490 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1500 MVS P181	'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P18
1510 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1520 MVS P18	'lineární interpolace na pozici P18
1530 HOPEN 1	'otevreni uchopovací hlavice
1540 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1550 MVS P181	'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P18
1560 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1570 MOV P99	'kloubová interpolace na pozici P99
1580 RETURN	'vrácení do místa vetveni (do podprogramu TRIDENI)
1590 '*****PODPROGRAM VEMCEP - KONEC*****	
1610 '	
1620 '*****PODPROGRAM NECEP - ZACATEK*****	
1630 *NECEP	'podprogram podprogramu ZACATEK - co delat, kdyz jsou odebrany vsechny 4 cepy
1640 MOV P2200	'lineární interpolace 200mm nad pozici pro uchopeni dílce
1650 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1660 MOV P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce - lineární interpolaci
1670 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1680 MOV P22	'pozici pro uchycení dílce cerneho P22 - lineární interpolaci
1690 HCLOSE 1	'uchopeni sestavy
1700 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1710 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1720 MVS P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce - lineární interpolaci
1730 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1740 MVS P2200	'200mm nad pozici pro uchycení dílce - lineární interpolaci
1750 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1760 MVS P181	'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P18
1770 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1780 MVS P18	'lineární interpolace na pozici P18
1790 HOPEN 1	'otevreni uchopovací hlavice
1800 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1810 MVS P181	'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P18

1820 OVRD RYCHLE 'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
 1830 MOV P99 'kloubová interpolace na pozici P99
 1840 HLT 'zastavení behu programu
 1850 END 'konec programu i podprogramu
 1860 ' *****PODPROGRAM NECEP - KONEC*****
 1880 '***** KONEC PODPROGRAMU *****

Tabulka 3: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 1

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání pozic a operací	Kloubová interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí kloubové interpolace.	MOV P1
	Lineární interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí lineární interpolace.	MVS P1
	Kruhová interpolace	Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVC P1,P2,P3
		Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVR P1,P2,P3
		Pohyb podél oblouku na protilehlé straně od určeného oblouku (výchozí bod - referenční bod - konečný bod).	MVR2 P1,P9,P3
		Pohyb po sadě oblouků (vých. bod - konc. bod).	MVR3 P1.P3
	Ovládání rychlosti	Nastaví rychlost pro jakoukoliv interpolaci v procentech (jednotka 0,1 %).	OVRD 100
		Nastaví rychlost kloubové interpolace v procentech (jednotka 0,1 %).	JOVRD 100
		Nastaví rychlost pro lineární a kruhovou interpolaci pomocí num. hodnoty (jednotka 0,1 mm/s).	SPD 123.5
		Určí dobu zrychlení / dobu doběhu jako procento z předurčené maximální doby zrychlení / doby doběhu (jednotka 1 %).	ACCEL 50,80
		Automaticky nastaví zrychlení / zpomalení shodně s proměnnou hodnotou nastavení.	OADL 1,5,20
		Nastaví ruku i pracovní podmínky pro automatické přizpůsobení zrychlení / zpomalení.	LOADSET 1,1
		Operace	Přidá proces do operace (nepodmíněně).
	Přidá proces do operace (podmíněně).		WTHIF
	Určí hladkou operaci (plynulý pohyb).		CNT 1,100,200
	Určí podmínky pro dokončení umístění dané číslem pulsů.		FINE 200
	Zapne / vypne servopohony pro všechny osy.		SERVO OFF
	Nastaví točivý moment pro každou osu tak, že nemůže být překročen.		TORQ 4,60
	Kontrola pozice	Nastaví základní souřadnicová data.	BASE P1
		Nastaví nástrojová souřadnicová data.	TOOLP1
„Plovoucí ovládání“		Tuhost ramene je nižší a měkčí.	CMP POSE ,00000011
	Tuhost ramene se nastaví do původních hodnot.	CMP OFF	
	Nastavení tuhostí ramene.	CMP 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0	
Ovládání programu.	Větvění	Nepodmíněně větvení na určené místo.	GOTO 120
		Větví se podle určených podmínek.	IFM_IN(1)=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
		Opakuje, dokud určené koncové podmínky nejsou splněné.	FORMI=1 to 10 NEXT
		Opakuje, dokud určené podmínky jsou splněné.	WHILE MI<10 WEND
		Vykoná programový blok odpovídající určené adresové hodnotě...	SELECT CASE 1 CASE 2 END SELECT
		Přeskočí řádek v programu.	SKIP
	Podprogram	Spustí určený podprogram (uvnitř programu).	GOSUB 200
		Návrat z podprogramu do hlavního programu.	RETURN
		Spustí podprogram, který odp. hodnotě proměnné	ON MI GOSUB 100,200,300

Tabulka 4: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 2

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání programu.	Přerušení	Definuje podmínku přerušení a obslužný program.	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Zapne / Vypne přerušení.	ACT 1=1
		Definuje počáteční řádek programu, který se vykonává, když je vygenerováno přerušení od komunikační linky.	ON COM(l) GOSUB 100
		Zapíná přerušení od komunikační linky.	COM(l) ON
		Vypíná přerušení od komunikační linky.	COM(l) OFF
		Zastaví přerušení od komunikační linky.	COM(l) STOP
	Předčítání	Zastaví provádění předčítání.	SYNC
	Cekání	Nastaví čas čekání (jednotka 0.01 s).	DLY 0.5
		Ceká, dokud proměnná nebude odpovídat určené hodnotě.	WAITM_IN(1)=1
	Stop	Zastaví vykonávání programu.	HLT
		Generuje chybu. Může být určeno při vykonávání programu, pokračování, zastavení nebo při vypnutých servech.	ERROR 9000
	Konec	Ukončí vykonávání programu.	END
Ruka	Otevři ruku	Otevře určenou ruku.	HÖPEN 1
	Zavři ruku	Zavře určenou ruku.	HCLOSE 1
Vstup / Výstup	Přiřazení	Definuje Vstupně / Výstupní proměnné.	DEF IOPORT1=BIT,0
	Vstup	Získá vstupní signál (použitelné u podmínek).	M_IN(1)=1
	Výstup	Pošle signál pro vysunutí zásobníku.	M_OUT(8)=1
Paralelní vykonávání	Nastavení mechanismu	Získání mechanismu s určeným číslem mechanismu.	GETM 1
		Uvolnění mechanismu s určeným číslem mechanismu.	RELM 1
	Výběr	Výběr určeného programu pro určený slot.	XLOAD 2,"P102"
	Start / Stop	Spustí paralelní vykonávání určeného programu.	XRUN3,"100",0
		Zastaví paralelní vykonávání určeného programu.	XSTP 3
Vrátí se zpět na první řádek určeného programu a spustí program.		XRST3	
Ostatní	Režim vysoké přesnosti trajektorie	Označuje, kde může být kontrola vysoké přesnosti trajektorie zapnuta nebo vypnuta.	PREC ON/OFF
	Definice	Definuje proměnnou jako typu Integer nebo jako Reálné číslo.	DEF INT KAISUU
		Definuje proměnnou jako řetězec.	DEF CHAR MESSAGE
		Definuje rozmístění proměnné (možné do 3rozměrného uspořádání).	DIM PDATA(2,3)
		Definuje kloubovou proměnnou.	DEF JNT TAIHI
		Definuje poziční proměnnou.	DEF POS TORU
		Definuje funkci.	DEF FNT ASU (A, B) = A+B
	Nulování	Vynuluje univerzální výstupní signály, proměnné v programu, proměnné mezi programy, atd.	CLR 1
	Soubor	Otevře soubor.	OPEN "COM1:"AS#1
		Zavře soubor.	CLOSE#1
		Vloží vstupy ze souboru.	INPUT#1,M1
		Vloží výstupy do souboru.	PRINT#1,M1
	Komentář	Označení komentáře.	REM"ABC"
Návěstí	Označuje místo větvení.	*SUB1	

2.5.3 Dopsání seznamu pozic

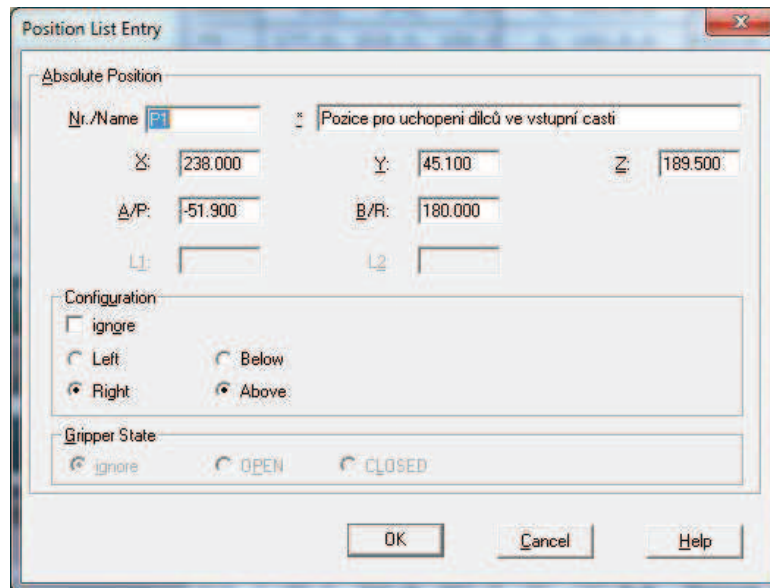
Na tomto místě je uveden nekompletní seznam pozic, na které program odkazuje. Úkolem této části je seznam pozic doplnit o pozice, které chybí. Názvy i popisky jsou zde uvedeny, ale hodnoty souřadnic jsou u všech [X , Y , Z , A/P , B/R] = [0 , 0 , 0 , 0 , 180]. Je proto nutné tyto pozice doplnit. Bez těchto doplněných pozic nebude program fungovat.

Hodnoty pozic zobrazené v seznamu pozic jsou zaokrouhleny. Není proto vhodné pozice opisovat přímo z tohoto seznamu. Je nutné si každou potřebnou pozici otevřít pomocí Properties. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby. Prvním je kliknutím pravého tlačítka na myši na určitou pozici a vybrání Properties z roletového menu a druhou je označením pozice a zmáčknutím kláves ALT + Enter.

No	Position	Orientation	Comment
P1	238.0, 45.1, 189.5	-52, 180,R,A	Pozice pro uchopeni dilcù ve vstupní casti
P150	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P1
P2	255.3, 171.8, 161.0	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni dilce na kompletacni stanici-ODKLADACI MISTO1
P22	255.3, 171.8, 158.5	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni dilce na kompletacni stanici-ODKLADACI MISTO1
P250	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P2
P2200	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	200mm nad pozicí pro uchopeni dilce
P3	177.0, 213.0, 153.0	0, 180,R,A	Pozice pro zjistení, zda se jedna o cerny, nebo jiny dillec
P350	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	50mm nad pozicí P3
P3200	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	200mm nad pozicí P3
P8	-214.0, 257.3, 132.5	-0,-179,R,A	STRIBRNY CEP 1
P82	-214.0, 282.3, 132.5	-0,-179,R,A	STRIBRNY CEP 2
P83	0.0, 0.0, 0.0	0,-179,R,A	STRIBRNY CEP 3
P84	0.0, 0.0, 0.0	0,-179,R,A	STRIBRNY CEP 4
P850	0.0, 0.0, 0.0	-0,-179,R,A	50mm nad STRIBNYM CEPEM1
P852	0.0, 0.0, 0.0	0,-179,R,A	50mm nad STRIBNYM CEPEM2
P853	0.0, 0.0, 0.0	-0,-179,R,A	50mm nad STRIBNYM CEPEM3
P854	0.0, 0.0, 0.0	0,-179,R,A	50mm nad STRIBNYM CEPEM4
P8200	0.0, 0.0, 0.0	0,-179,R,A	200mm nad STRIBNYM CEPEM1
P9	255.3, 171.5, 161.6	-180, 180,R,A	VLOZENI_CEPU
P950	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	50mm nad pozici pro VLOZENI_CEPU
P9200	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	200mm nad pozici pro VLOZENI_CEPU
P18	110.5, 349.2, 317.2	90,-179,R,A	Pozice pro hotovou sestavu
P181	110.5, 349.2, 327.2	90,-179,R,A	Pozice 10mm nad pozici P18
P19	-85.0, 200.9, 327.5	-90, 180,R,A	Pozice pro položení do DEPOZIT 1
P1950	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	Pozice 50 mm nad depozitem 1
P20	65.0, 201.0, 327.5	-90, 180,R,A	Pozice pro položení do DEPOZIT 2
P2050	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	Pozice 50 mm nad depozitem 2
P99	240.6, 7.3, 372.2	1,-179,R,A	Referencni pozice

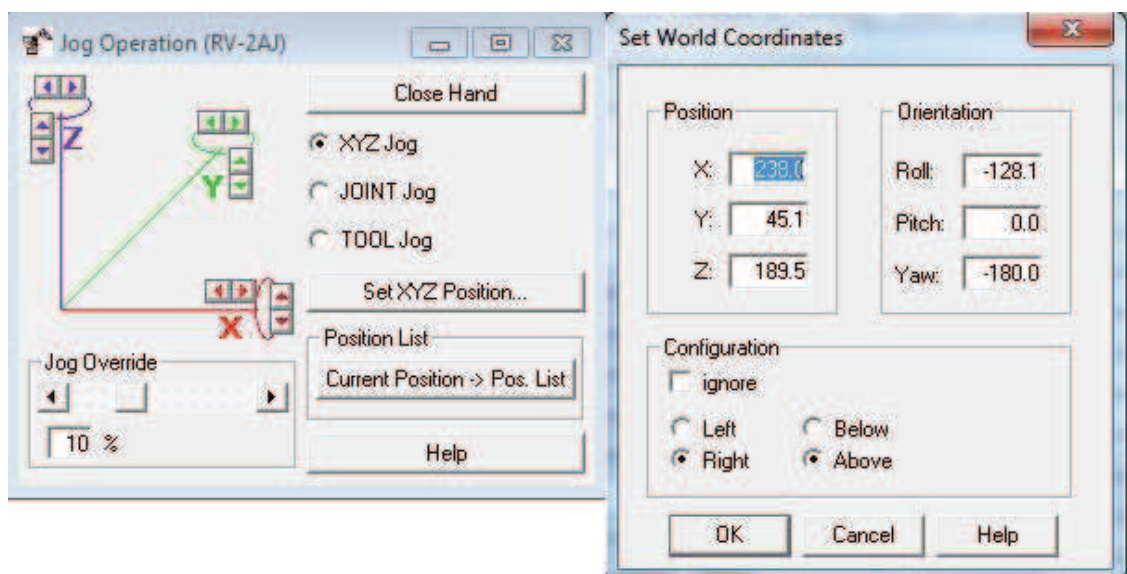
Obr. 22: Seznam pozic

Tímto se otevře okno s názvem Position List Entry. Zde je možné zjistit informace o pozicích a také tyto pozice měnit, či přejmenovávat dle potřeby.



Obr. 23: Position List Entry

Druhou možností jak postupovat při vytváření pozic je pomocí Jog Operation. Tento se dá otevřít pomocí klávesové zkratky F8, nebo pomocí EXTRAS a Teach-In. V okně je potřeba se přepnout na XYZ Jog, nebo TOOL Jog. Nyní je možné kliknout na Set XYZ Position a tím se otevře okno Set World Coordinates. Zde je možné také nastavovat souřadnice pozic. Pokud se nová souřadnice potvrdí, simulovaný robot se přesune právě na tuto pozici. Nyní je možné pomocí Tlačítka Current Position -> Pos. List přesunout aktuální pozici do seznamu pozic. Je však potřeba si dát pozor. Pokud je právě označena některá z pozic, je tato pozice přepsána. Nejlepší možnost je tedy pozici vložit do prázdného pole.



Obr. 24: Jog operation vlevo, Set XYZ Position vpravo

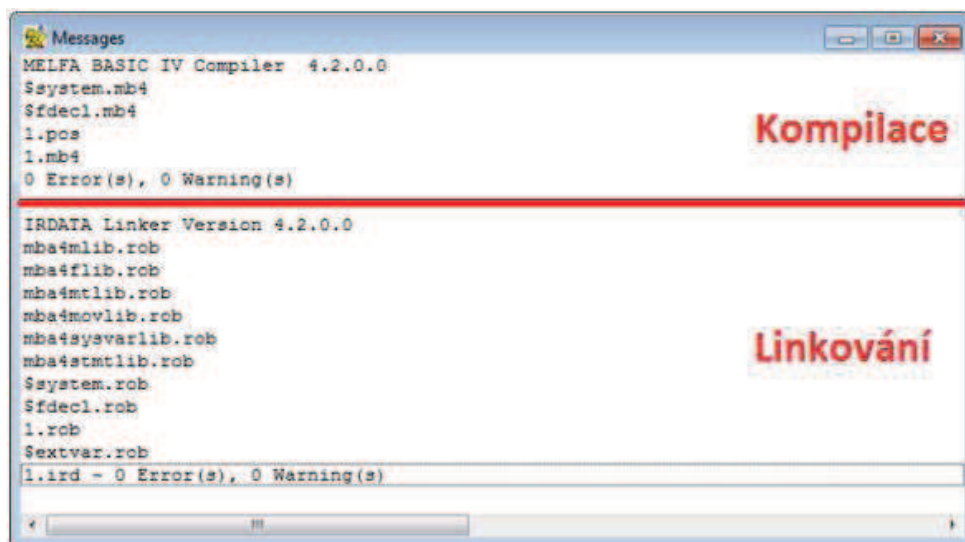
2.5.4 Ověření správnosti programu

Pokud jsou všechny pozice doplněny, je následně možné přejít k simulaci běhu programu. Aby bylo možné program spustit, je potřeba tento program a seznam pozic podrobit Kompilaci + Linkování (COMPILE+LINK). Pro tuto kompilaci je potřebné, napřed kliknout do okna s pozicemi a následně aktivovat okno s programem. (Tímto se zamezí případné chybě)



Obr. 25: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Po zmáčknutí ikony Kompilace + Linkování se otevře okno zpráv, kde je napsáno, co vše bylo kompilováno, linkováno a zda byly nalezeny nějaké problémy. V části kompilace i Linkování by se neměly v ideálním případě nacházet žádné chyby a ani varování. V případě, že bude nějaký problém nalezen, vypíše se do tohoto okna typ chyby. Pokud je několikrát kliknuto na zprávu chyby, objeví se řádek, na kterém se chyba nachází, nebo řádek se kterým chyba přímo souvisí. Po opravě je nutné opět Kompilovat a Linkovat.



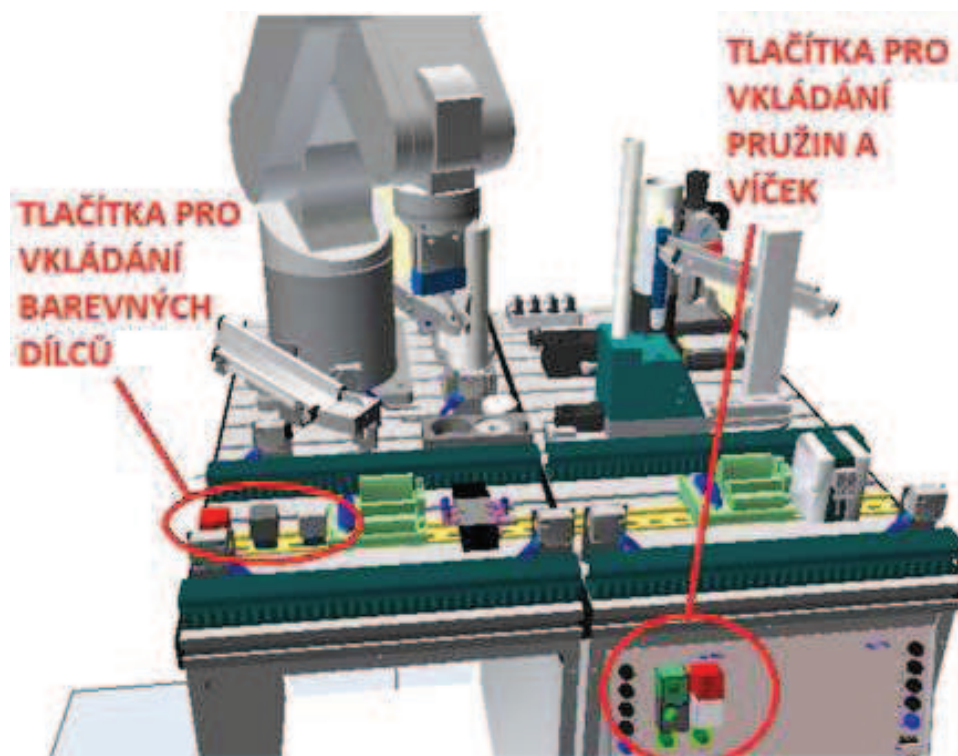
Obr. 26: Okno zpráv pro kompilaci a linkování

2.5.5 Simulace běhu programu

Pokud se nebudou v programu a ani seznamu pozic nacházet žádná varování či chyby, znamená to, že program i seznam pozic je v pořádku a je možné přistoupit k samotné simulaci běhu programu. Spuštění simulace programu se provádí pomocí ikony start, která se nachází napravo od ikony pro Kompilaci a Linkování.



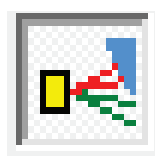
Obr. 27: Ikony pro Start programu, další/předešlý krok a zastavení programu



Obr. 28: Tlačítka simulovaného prostředí

Po spuštění programu se robot a další nastavené části simulovaného prostředí pohybují dle programu. Důležité je také vědět, že až po spuštění programu se také aktivují tlačítka, kterými je možné vkládat do simulovaného prostředí barevné dílce. Tyto se ovládají pomocí kliknutí myši na jedno ze tří tlačítek. Červené tlačítko je pro černé díly, Černé pro díly černé a třetí tlačítko je pro díly stříbrné. Pokud by bylo nutné simulovat také vkládání pružin a víček, bylo by nutné na simulovaném čelním panelu zmáčknout napřed tlačítko RESET a následně tlačítko START.

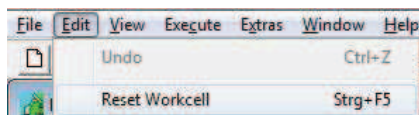
Aby bylo možné simulovat běh programu s použitím senzorů a tím simulovat skutečného robota, je potřeba mít při spuštění simulace zapnutou ikonu Sensor simulation



Obr. 29: Ikony Sensor simulation

V průběhu běhu programu je možné posouvat, otáčet a přibližovat pracovní prostředí dle potřeby a tím zkoumat, zda program běží správně. Zároveň je v okně s programem modře označen řádek, na kterém se program právě nachází. V případě potřeby je možné běh programu zastavit pomocí ikony stop, která se aktivuje po spuštění programu. Další možnost spuštění programu je krok po kroku pomocí ikony Další krok (Next Step), která se nachází napravo od ikony stop. Podmínkou je, že je právě aktivní okno s programem. Pokud by bylo aktivní okno se seznamem pozic, robot by se přesunul na další pozici v seznamu pozic.

Pokud je potřeba, aby se pracovní prostředí vrátilo do původního stavu, musí být vypnuta simulace běhu programu. Následně je nutné, aby bylo aktivní pracovní prostředí robotu (workcell). Resetování se provádí pomocí EDIT a Reset Workcell.



Obr. 30: Reset Workcell

2.5.6 Protokol

Výsledkem tohoto cvičení bude protokol obsahující doplněný seznam pozic. Dále zde bude uvedeno kterým způsobem a jaké pozice byly přesně doplněny. Dalším úkolem je detailně popsat funkci programu, který byl pozorován při simulaci. Je potřeba vyzkoušet větší počet černých (nejméně však 4) a i červených (nebo stříbrných) dílů (nejméně 8). V programu je chyba, která by po naplnění obou svislých zásobníků dále plnila druhý zásobník. Posledním úkolem je proto zamyšlení a několik návrhů, kterými by se dal tento problém vyřešit. Možností řešení je celá řada.

II. PROGRAM COSIMIR® INDUSTRIAL

3 ÚLOHA Č. 3

3.1 Použitý software

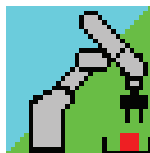
Tato úloha byla vytvořena pro software COSIMIR® INDUSTRIAL, který je určen pro připojení ke skutečnému pracovišti MPS® 202 – ROBOTICS. Před samotným spuštěním programu je proto potřeba si toto pracoviště nachystat. Všechny části pracoviště jsou navíc v programu COSIMIR® INDUSTRIAL namodelovány a je proto možné běh programu simulovat. Simulace běhu programu dokáže odhalit některé nedostatky, které by mohly při běhu programu na skutečném pracovišti vzniknout. Hlavní nevýhodou tohoto software je fakt, že nedokáže simulovat senzory tak, jako to jde u verze COSIMIR® ROBOTICS. Na pracovišti jsou proto vymodelovány přepínače, které simulaci těchto senzorů umožňují.

3.2 Práce se soubory

Na přiloženém DVD s označením ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH jsou umístěny všechny soubory, které jsou pro tuto úlohu potřeba. Jedná se o celou složku **03_CI_Program3_Zadani**. Z důvodu, že v programu COSIMIR® ROBOTICS nedokáže ukládat potřebné soubory na toto DVD, je nutné, aby byla celá složka zkopírována na pevný disk. V umístění D:\ROBOT\ bude vytvořena složka *příjmení* (bez diakritiky) a do ní bude celá složka **03_CI_Program3_Zadani** nakopírována.

3.3 Spuštění software

Spuštění COSIMIR® INDUSTRIAL se provádí pomocí ikony s názvem COSIMIR Robotics, která se nachází na pracovní plošce Windows. Je nutné si však dát pozor, aby nebyl spuštěn program COSIMIR® ROBOTICS, který má ikonu totožnou. V tomto programu by nebylo možné pak projekt otevřít.



Obr. 31: Ikona software COSIMIR® INDUSTRIAL

Pokud by se tato ikona na pracovní plošce nenacházela, bylo by nutné program spustit pomocí nabídky start ve Windows. Zde se tento program nachází ve složce Programy (Všechny programy) / Cosimir Industrial. Pokud by ani na tomto místě nebyl program nalezen, je možné jej spustit pomocí souboru v tomto umístění:

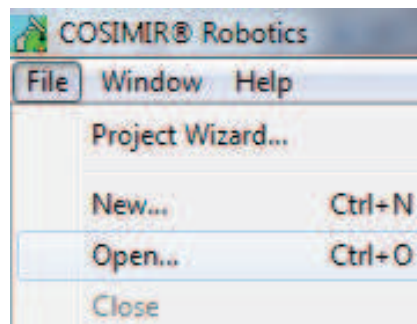
C:\Program Files\COSIMIR Industrial\bin\COSIND32.EXE – Win. x86

C:\Program Files (x86)\COSIMIR Industrial\bin\COSIND32.EXE – Win. x64

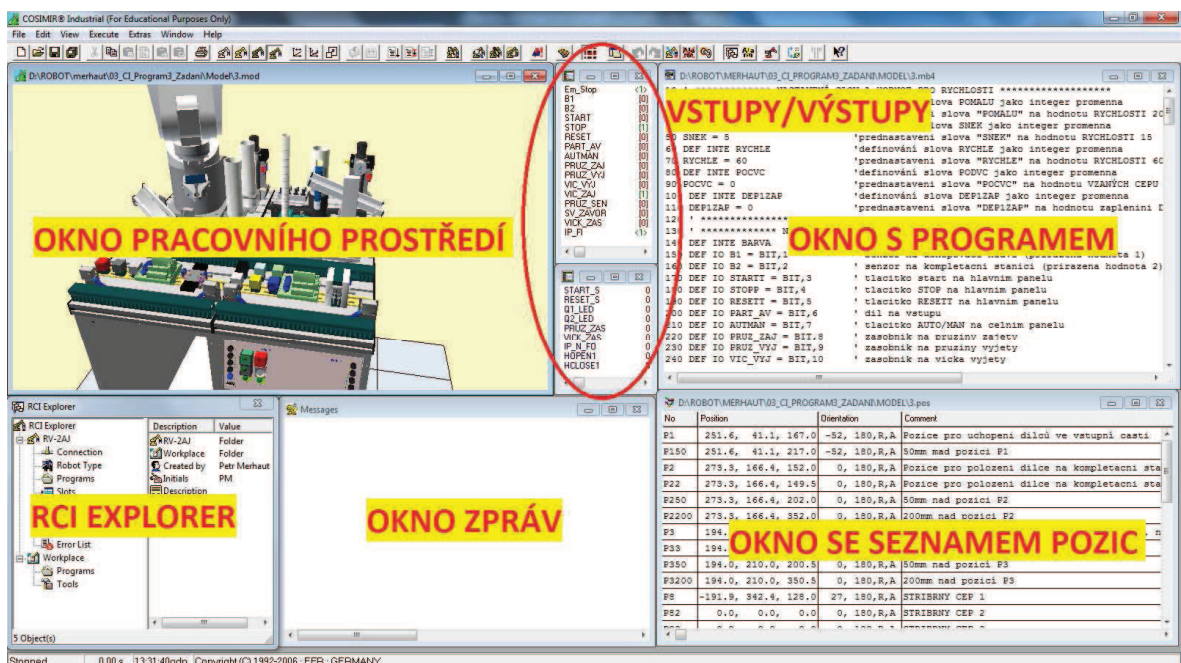
Po spuštění programu COSIMIR® INDUSTRIAL se otevře okno tohoto programu, které je v tuto chvíli prázdné. Nyní je potřeba, aby do tohoto okna byl načten projekt, se kterým se bude dále pracovat.

3.4 Načtení projektu

Načtení projektu se provádí pomocí základního menu. Po kliknutí na záložku FILE je možné z roletového menu vybrat Open. Nyní je možné otevřít projekt s příponou *.MOD. Tento se nachází v umístění D:\ROBOT\přijmení\03_CI_Program3_Zadani\Model3.mod.



Obr. 32: Otevření projektu



Obr. 33: Okna projektu

Pokud by se tato okna neotevřela, bylo by nutné je otevřít a dle potřeby na obrazovce přehledně uspořádat, jako je to vidět na obrázku. Okno zpráv se objeví v případě potřeby samo. Okno vstupů je možné otevřít pomocí F9, okno výstupů klávesami SHIFT + F9.

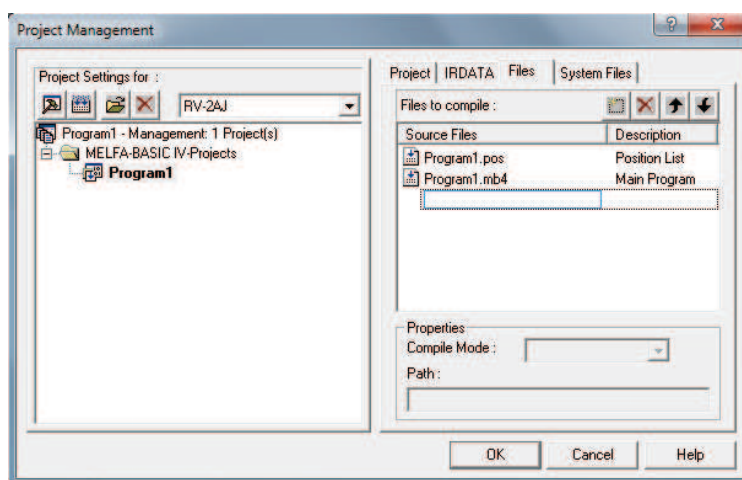
Soubory s programem a seznamem pozic se dají otevřít pomocí modulu PROJECT MANAGEMENT a to například pomocí následující ikony.



Obr. 34: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Zde je potřeba otevřít na pravé straně záložku Files (soubory). V tomto umístění se nachází soubor pozic a soubor programu. Poklepáním na tyto soubory se okna otevřou.

Další možností je otevřít okna pomocí FILE a OPEN. Zde je potřeba v pravém dolním rohu vybrat typ otevíraného souboru. Tyto soubory jsou MELFA-BASIC IV-Program (*.MB4), Position list (*.PSL), nebo MLR-Position list (*.POS). Nyní je možné ve správném umístění vybrat soubor a otevřít jej.



Obr. 35: Project management

Jako poslední je potřeba otevřít okno RCI Explorer, kterým je možné komunikovat s řídicí jednotkou robota. Toho lze dosáhnout ikonou s označením RCI Explorerů. Pokud jsou nyní otevřena všechna potřebná okna, je možné přistoupit k samotnému zadání úlohy.



Obr. 36: Ikona RCI Explorer

3.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 3

Cílem této úlohy je studenta seznámit se základním ovládním programu COSIMIR® INDUSTRIAL, způsobem psaní programu, simulací běhu programu a následném odzkoušení na skutečném pracovišti MPS 202 – ROBOTICS.

3.5.1 Program a popis jeho funkce

Na tomto místě je stručně popsán program jako celek. Tento program už je psaný trochu těžším způsobem. Je rozdělen na hodnoty zadávané před samotným spuštěním, hlavní program a podprogramy. Tento styl psaní je velmi výhodný. První část programu (řádky 10 – 110 jsou věnovány definováním slov a hodnot proměnných), druhá část (řádky 130 - 310) obsahují nastavení slov, které se dají použít pro podmínky v programu. Dále jsou zde uvedeny také příkazy pro otevření uchopovací hlavice a nastavení počáteční rychlosti pohybu ramene robota při spuštění. Toto je velmi důležité z důvodu bezpečnosti.

Řádky 360 – 450 jsou věnovány hlavnímu programu. V tomto programu se napřed rozsvítí signálka na tlačítku START (na čelním panelu) a program vyčkává do zmáčknutí tohoto tlačítka. Po zmáčknutí signálka zhasne a je spuštěn počátek SMYČKY. Mezi Počátkem a koncem smyčky jsou uvedeny podprogramy, které se stále opakují až do některé z podmínek ukončení či nouzového vypnutí. Dále tento program obsahuje podprogramy, na které hlavní program odkazuje.

- * VEMDIL - Tento podprogram slouží je kontrole přítomnosti dílce ve vstupním zásobníku, odebrání tohoto dílce a přenesení na kompletační stanici POLOHA 1. Na tuto stanici je dílec položen.
- * ZJIBAR - Podprogram sloužící ke kontrole výšky dílce pomocí senzoru B1 na uchopovací hlavici. Černé dílce jsou nižší, než ostatní, proto hodnota $B1 = 0$. U ostatních dílců bude hodnota $B1 = 1$. Aktuální hodnota senzoru B1 je uložena pod integer proměnnou BARVA a lze s ní proto pracovat v průběhu programu.
- * TRIDENI - V tomto podprogramu je pomocí integer proměnné BARVA a podmínek děleno pokračování programu na ČERNÉ dílce (*VEMCEP) a OSTATNÍ dílce (*DEPOZIT).
- * DEPOZIT - Podprogram odebírá ČERVENÉ (STŘÍBRNÉ) dílce z kompletační stanice a přesouvá je nad jeden ze dvou svislých zásobníků. Je

rozsvícena kontrolka na tlačítku START a podprogram čeká do jeho zmáčknutí. Po jeho zmáčknutí signálka zhasne a dílec je položen do tohoto zásobníku.

- * VEMCEP - Program nechává ČERNÉ dílce na kompletační stanici a přesouvá se do polohy nad paletou s čepy. Následně uchopí jeden ze čtyř stříbrných čepů, dle počtu již odebraných čepů. Tento čep následně přesune do otvoru v černém dílci a tento celek uchopí a odnese jej nad pozici pro položení sestavy na výstupní zásobník. Je rozsvícena kontrolka na tlačítku START a podprogram čeká do jeho zmáčknutí. Po jeho zmáčknutí signálka zhasne a dílec je položen do tohoto zásobníku.
- * NECEP - Pokud jsou již odebrány všechny čtyři stříbrné čepy, je černý dílec bez tohoto čepu přesunut na výstupní zásobník, robot následně přejede do referenční pozice a program se ukončí.

U každého řádku je za apostrofem dopsána poznámka, dle které je orientace v programu velmi jednoduchá. Jednotlivé podprogramy jsou také dobře označeny a neměl by tedy nastat problém s jejich identifikací.

V programu je nutné dopsat řádky 1940 až 2170, které jsou označeny červeně. Pod programem jsou uvedeny dvě tabulky s příkazy programu COSIMIR® INDUSTRIAL, které by měly při psaní příkazů pomoci.

```

10 ' ***** NASTAVENÍ SLOV A HODNOT PRO RYCHLOSTI *****
20 DEF INTE POMALU      'definování slova POMALU jako integer promenna
30 POMALU = 20          'prednastaveni slova "POMALU" na hodnotu RYCHLOSTI 20
40 DEF INTE SNEK        'definování slova SNEK jako integer promenna
50 SNEK = 5             'prednastaveni slova "SNEK" na hodnotu RYCHLOSTI 15
60 DEF INTE RYCHLE      'definování slova RYCHLE jako integer promenna
70 RYCHLE = 60          'prednastaveni slova "RYCHLE" na hodnotu RYCHLOSTI 60
80 DEF INTE POCVC       'definování slova PODVC jako integer promenna
90 POCVC = 0            'prednastaveni slova "POCVC" na hodnotu VZANÝCH CEPU na 0
100 DEF INTE DEP1ZAP    'definování slova DEP1ZAP jako integer promenna
110 DEP1ZAP = 0         'prednastaveni slova "DEP1ZAP" na hodnotu zaplenini DEPOZITU1 na 0
120 ' *****

```



```

540 DLY 2 'prodleva dve sekundy
550 IF PART_AV = 0 THEN GOTO *VEMDIL 'pokud není ve vstupním zásobníku dílec, jdi na
*OVERENI(zacatek podprogramu)
560 MOV P150 'kloubová interpolace P1+50mm v ose Z
570 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
580 MOV P1 'kloubová interpolace - POSUN NA P1
590 HCLOSE 1 'uchopení dílce
600 DLY 1 'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
610 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
620 MOV P150 'kloubová interpolace - P1+50mm v ose Z
630 MOV P250 'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
640 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
650 MOV P2 'kloubová interpolace - POSUN NA P2
660 HOPEN 1 'otevření uchopovací hlavy - polohování dílce
670 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
680 MOV P250 'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
690 RETURN 'vrácení do místa větvení (do hlavního programu)
700 ' *****PODPROGRAM VEMDIL - KONEC*****
720 '
730 ' *****PODPROGRAM ZJIBAR - ZACATEK*****
740 *ZJIBAR 'podprogram ZAJBAR - zjistuje barvu dílce dle výšky
750 MOV P350 'kloubová interpolace - P3+50mm
760 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
770 MOV P3 'kloubová interpolace - P3
780 DLY 1 'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
790 BARVA = B1 'přirazení aktuální hodnoty B1 ke slovu BARVA
800 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
810 MOV P350 'kloubová interpolace - P3+50mm v ose Z
820 RETURN 'vrácení do místa větvení (do hlavního programu)
830 ' *****PODPROGRAM ZJIBAR - KONEC*****
850 '
860 ' *****PODPROGRAM TRIDENI - ZACATEK*****
870 *TRIDENI 'podprogram TRIDENI - trídění ukončení dle VYSKY
(barvy) dílce
880 IF BARVA = 1 THEN GOSUB *DEPOZIT 'pokud je dílec CERVENY(nebo STRIBRNY), pokračuj
do podprogramu DEPOZIT
890 IF BARVA = 0 THEN GOSUB *VEMCEP 'pokud je dílec CERNY, pokračuj do podprogramu
VEMCEP
900 RETURN 'vrácení do místa větvení (do hlavního programu)
910 ' *****PODPROGRAM TRIDENI - KONEC*****

```

```
930 '  
940 '*****PODPROGRAM DEPOZIT - ZACATEK*****  
950 *DEPOZIT      'podprogram podprogramu TRIDENI- presun dilu do jednoho ze dvou DEPOZITU  
960 MOV P250      '50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci  
970 OVRD SNEK     'nastaví aktuální rychlost na SNEK  
980 MOV P2        'pozice pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci  
990 HCLOSE 1      'uchopení sestavy  
1000 DLY 1        'prodleva vterinová  
1010 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU  
1020 MVS P250     '50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci  
1030 OVRD RYCHLE  'nastaví aktuální rychlost na POMALU  
1040 MVS P2200    '200mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci  
1050 OVRD POMALU  'nastaví aktuální rychlost na POMALU  
1060 DEP1ZAP = DEP1ZAP + 1 'hodnota zaplnění depozitu 1 je hodnota zaplnění depozitu 1 + 1  
1070 IF DEP1ZAP =7 THEN MVS P250 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec, jdi  
do pozice P250  
1080 IF DEP1ZAP =7 THEN OVRD SNEK 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec,  
nastavit rychlost na SNEK  
1090 IF DEP1ZAP =7 THEN MVS P2 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec jdi  
do pozice P2  
1100 IF DEP1ZAP =7 THEN HOPEN 1 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec  
otevrit uchopovací hlavu  
1110 IF DEP1ZAP =7 THEN OVRD POMALU 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec,  
nastavit rychlost na POMALU  
1120 IF DEP1ZAP =7 THEN MVS P250 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec, jdi  
do pozice P250  
1130 IF DEP1ZAP =7 THEN HLT 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec,  
zastaví se vykonávání programu  
1140 IF DEP1ZAP =7 THEN END 'Pokud se jedna o 7. CERVENY(STRIBRNY) dílec,  
program skončí  
1150 IF DEP1ZAP <4 THEN MOV P2050 'Pokud je v depozitu 1 méně, než 4 dílů, přesuv na  
pozici P1950 = P19+50mm  
1160 IF DEP1ZAP >3 THEN MOV P2150 'Pokud je v depozitu 1 více, než 3 dílů, přesuv na pozici  
P2050 = P20+50mm  
1170 OVRD SNEK     'nastaví aktuální rychlost na SNEK  
1180 M_out(0)= 1   'rozsvítí se kontrolka na tlačítku START  
1190 WAIT M_in(3)= 1 'čekání, dokud se nezmačkne tlačítko START na celním  
panelu  
1200 M_out(0)= 0   'zhasne kontrolka na tlačítku START
```

1210 IF DEP1ZAP <4 THEN MOV P20	'Pokud je v depozitu 1 mene, nez 4 dilu, presuv na pozici P19
1220 IF DEP1ZAP >3 THEN MOV P21	'Pokud je v depozitu 1 vice, nez 3 dilu, presuv na pozici P20
1230 HOPEN 1	'otevreni uchopovaci hlavice
1240 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1250 IF DEP1ZAP <4 THEN MOV P2050	'Pokud je v depozitu 1 mene, nez 4 dilu, presuv na pozici P1950 = P19+50mm
1260 IF DEP1ZAP >3 THEN MOV P2150	'Pokud je v depozitu 1 vice, nez 3 dilu, presuv na pozici P2050 = P20+50mm
1270 OVRD RYCHLE	'nastavi aktuální rychlost na RYCHLE
1280 MOV P99	'kloubová interpolace na pozici P99
1290 RETURN	'vrácení do místa vetveni (do podprogramu TRIDENI)
1300 ' *****PODPROGRAM DEPOZIT - KONEC*****	
1320 '	
1330 ' *****PODPROGRAM VEMCEP - ZACATEK*****	
1340 *VEMCEP	'podprogram podprogramu TRIDENI- plneni cernych dilu cepy a presun na vystupni zasobnik
1350 OVRD RYCHLE	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1360 MVS P3200	linearni interpolace - P3+200mm
1370 MOV P8200	'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1 (nad P8)
1380 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1390 POCVC = POCVC + 1	'hodnota vznych cepu je hodnota vzanych cepu + 1
1400 IF POCVC=1 THEN MOV P850	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 1 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
1410 IF POCVC=2 THEN MOV P852	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 2 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
1420 IF POCVC=3 THEN MOV P853	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 3 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
1430 IF POCVC=4 THEN MOV P854	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 4 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 4
1440 IF POCVC=5 THEN GOTO *NECEP	'pokud jsou odebrany vsechny 4 cepy, presun do podprogramu NECEP
1450 OVRD SNEK	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1460 IF POCVC=1 THEN MOV P8	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 1 - linearni interpolace na STRIBRNY CEP 1
1470 IF POCVC=2 THEN MOV P82	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 2 - linearni interpolace na STRIBRNY CEP 2
1480 IF POCVC=3 THEN MOV P83	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 3 - linearni interpolace na STRIBRNY CEP 3

1490 IF POCVC=4 THEN MOV P84	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 4 - linearni interpolace na STRIBRNY CEP 4
1500 HCLOSE 1	'uchopeni cepu
1510 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1520 IF POCVC=1 THEN MOV P850	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 1 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
1530 IF POCVC=2 THEN MOV P852	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 2 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
1540 IF POCVC=3 THEN MOV P853	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 3 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
1550 IF POCVC=4 THEN MOV P854	'pokud je pocet nasledne vzanych cepu 4 - linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 4
1560 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1570 MOV P8200	'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1 (nad P8)
1580 OVRD RYCHLE	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1590 MOV P9200	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
1600 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1610 MOV P950	'kloubova interpolace do do výšky 50mm nad bodem P9
1620 OVRD SNEK	'nastavi aktuální rychlost na SNEK
1630 MOV P92	'pozice pro polození cepu do CERNEHO dilce - kloubova interpolace
1640 HOPEN 1	'otevreni uchopovací hlavice a polození cepu do dilce
1650 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1660 MVS P950	'linearni interpolace - presun 50 mm nad P9
1670 MOV P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1680 OVRD SNEK	'nastavi aktuální rychlost na SNEK
1690 MOV P22	'posuv na pozici P22 - pro uchyceni cerneho dilce - lineární interpolaci
1700 HCLOSE 1	'uchopeni sestavy
1710 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1720 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1730 MVS P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1740 OVRD RYCHLE	'nastavi aktuální rychlost na RYCHLE
1750 MVS P2200	'200mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1760 OVRD POMALU	'nastavi aktuální rychlost na POMALU
1770 MVS P191	'linearni interpolace na pozici 50mm nad pozici P19
1780 OVRD SNEK	'nastavi aktuální rychlost na SNEK
1790 M_out(0)= 1	'rozsviti se kontrolka na tlacitku START
1800 WAIT M_in(3)= 1	'cekani, dokud se nezmackne tlacitko START na celnim panelu
1810 M_out(0)= 0	'zhasne kontrolka na tlacitku START
1820 MVS P19	'linearni interpolace na pozici P19
1830 HOPEN 1	'otevreni uchopovací hlavice

```
1840 OVRD POMALU      'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1850 MVS P191         'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P19
1860 OVRD RYCHLE     'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1870 MOV P99          'kloubová interpolace na pozici P99
1880 RETURN           'vrácení do místa vetvení (do podprogramu TRIDENI)
1890 ' *****PODPROGRAM VEMCEP - KONEC*****
1920 ' *****PODPROGRAM NECEP - ZACATEK*****
1930 *NECEP           'podprogram podprogramu ZACATEK - co delat, když jsou odebrány všechny 4 cevy
1940                  'lineární interpolace 200mm nad pozici pro uchopení dílce
1950                  'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1960                  '50mm nad pozici pro uchycení dílce - lineární interpolaci
1970                  'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1980                  'pozici pro uchycení dílce (černého) P22 - lineární interpolaci
1990                  'uchopení sestavy
2000                  'prodleva jedna sekunda
2010                  'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2020                  '50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
2030                  'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
2040                  '200mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
2050                  'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2060                  'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P19
2070                  'rozsvítí se kontrolka na tlačítku START
2080                  'čekání, dokud se nezmačkne tlačítko START na čelním panelu
2090                  'zhasne kontrolka na tlačítku START
2100                  'nastaví aktuální rychlost na SNEK
2110                  'lineární interpolace na pozici P19
2120                  'otevření uchopovací hlavy
2130                  'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2140                  'lineární interpolace na pozici 50mm nad pozici P19
2150                  'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
2160                  'kloubová interpolace na pozici P99
2170                  'zastavit vykonávání programu
2180 END              'ukončit program
2190 ' *****PODPROGRAM NECEP - KONEC*****
2210 ' ***** KONEC PODPROGRAMU *****
```

Tabulka 5: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 1

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)	
Ovládání pozic a operací	Kloubová interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí kloubové interpolace.	MOV P1	
	Lineární interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí lineární interpolace.	MVS P1	
	Kruhová interpolace	Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVC P1,P2,P3	
		Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVR P1,P2,P3	
		Pohyb podél oblouku na protilehlé straně od určeného oblouku (výchozí bod - referenční bod - konečný bod).	MVR2 P1,P9,P3	
		Pohyb po sadě oblouků (vých. bod - konc. bod).	MVR3 P1.P3	
	Ovládání rychlosti	Nastaví rychlost pro jakoukoliv interpolaci v procentech (jednotka 0,1 %).	OVRD 100	
		Nastaví rychlost kloubové interpolace v procentech (jednotka 0,1 %).	JOVRD 100	
		Nastaví rychlost pro lineární a kruhovou interpolaci pomocí num. hodnoty (jednotka 0,1 mm/s).	SPD 123.5	
		Určí dobu zrychlení / dobu doběhu jako procento z předurčené maximální doby zrychlení / doby doběhu (jednotka 1 %).	ACCEL 50,80	
		Automaticky nastaví zrychlení / zpomalení shodně s proměnnou hodnotou nastavení.	OADL 1,5,20	
		Nastaví ruku i pracovní podmínky pro automatické přizpůsobení zrychlení / zpomalení.	LOADSET 1,1	
	Operace	Přidá proces do operace (nepodmíněně).	WTH	
		Přidá proces do operace (podmíněně).	WTHIF	
		Určí hladkou operaci (plynulý pohyb).	CNT 1,100,200	
		Určí podmínky pro dokončení umístění dané číslem pulsů.	FINE 200	
		Zapne / vypne servopohony pro všechny osy.	SERVO OFF	
		Nastaví točivý moment pro každou osu tak, že nemůže být překročen.	TORQ 4,60	
	Kontrola pozice	Nastaví základní souřadnicová data.	BASE P1	
		Nastaví nástrojová souřadnicová data.	TOOLP1	
		„Plovoucí ovládání“	Tuhost ramene je nižší a měkčí.	CMP POSE ,0000011
	Tuhost ramene se nastaví do původních hodnot.		CMP OFF	
	Nastavení tuhosti ramene.		CMP 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0	
	Ovládání programu.	Větvění	Nepodmíněně větvení na určené místo.	GOTO 120
			Větví se podle určených podmínek.	IFM_IN(1)=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
			Opakuje, dokud určené koncové podmínky nejsou splněné.	FORMI=1 to 10 NEXT
			Opakuje, dokud určené podmínky jsou splněné.	WHILE MI<10 WEND
Vykoná programový blok odpovídající určené adresové hodnotě...			SELECT CASE 1 CASE 2 END SELECT	
Přeskočí řádek v programu.			SKIP	
Podprogram		Spustí určený podprogram (uvnitř programu).	GOSUB 200	
		Návrat z podprogramu do hlavního programu.	RETURN	
		Spustí podprogram, který odp. hodnotě proměnné	ON MI GOSUB 100,200,300	

Tabulka 6: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 2

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání programu.	Přerušení	Definuje podmínku přerušeni a obslužný program.	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Zapne / Vypne přerušeni.	ACT 1=1
		Definuje počáteční řádek programu, který se vykonává, když je vygenerováno přerušeni od komunikační linky.	ON COM(l) GOSUB 100
		Zapíná přerušeni od komunikační linky.	COM(l) ON
		Vypíná přerušeni od komunikační linky.	COM(l) OFF
		Zastaví přerušeni od komunikační linky.	COM(l) STOP
	Předčítání	Zastaví provádění předčítání.	SYNC
	Cekání	Nastaví čas čekání (jednotka 0.01 s).	DLY 0.5
		Ceká, dokud proměnná nebude odpovídat určené hodnotě.	WAITM_IN(1)=1
	Stop	Zastaví vykonávání programu.	HLT
		Generuje chybu. Může být určeno při vykonávání programu, pokračování, zastavení nebo při vypnutých servech.	ERROR 9000
	Konec	Ukončí vykonávání programu.	END
	Ruka	Otevři ruku	Otevře určenou ruku.
Zavři ruku		Zavře určenou ruku.	HCLOSE 1
Vstup / Výstup	Přiřazení	Definuje Vstupně / Výstupní proměnné.	DEF IOPORT1=BIT,0
	Vstup	Získá vstupní signál (použitelné u podmínek).	M_IN(1)=1
	Výstup	Pošle signál pro vysunutí zásobníku.	M_OUT(8)=1
Paralelní vykonávání	Nastavení mechanismu	Získání mechanismu s určeným číslem mechanismu.	GETM 1
		Uvolnění mechanismu s určeným číslem mechanismu.	RELM 1
	Výběr	Výběr určeného programu pro určený slot.	XLOAD 2,"P102"
	Start / Stop	Spustí paralelní vykonávání určeného programu.	XRUN3,"100",0
		Zastaví paralelní vykonávání určeného programu.	XSTP 3
Vrátí se zpět na první řádek určeného programu a spustí program.		XRST3	
Ostatní	Režim vysoké přesnosti trajektorie	Označuje, kde může být kontrola vysoké přesnosti trajektorie zapnuta nebo vypnuta.	PREC ON/OFF
	Definice	Definuje proměnnou jako typu Integer nebo jako Reálné číslo.	DEF INT KAISUU
		Definuje proměnnou jako řetězec.	DEF CHAR MESSAGE
		Definuje rozmístění proměnné (možné do 3rozměrného uspořádání).	DIM PDATA(2,3)
		Definuje kloubovou proměnnou.	DEF JNT TAIHI
		Definuje poziční proměnnou.	DEF POS TORU
		Definuje funkci.	DEF FNT ASU (A, B) = A+B
	Nulování	Vynuluje univerzální výstupní signály, proměnné v programu, proměnné mezi programy, atd.	CLR 1
	Soubor	Otevře soubor.	OPEN "COM1:"AS#1
		Zavře soubor.	CLOSE#1
		Vloží vstupy ze souboru.	INPUT#1,M1
		Vloží výstupy do souboru.	PRINT#1,M1
	Komentář	Označení komentáře.	REM"ABC"
Návěští	Označuje místo větvení.	*SUB1	

3.5.2 Dopsání seznamu pozic

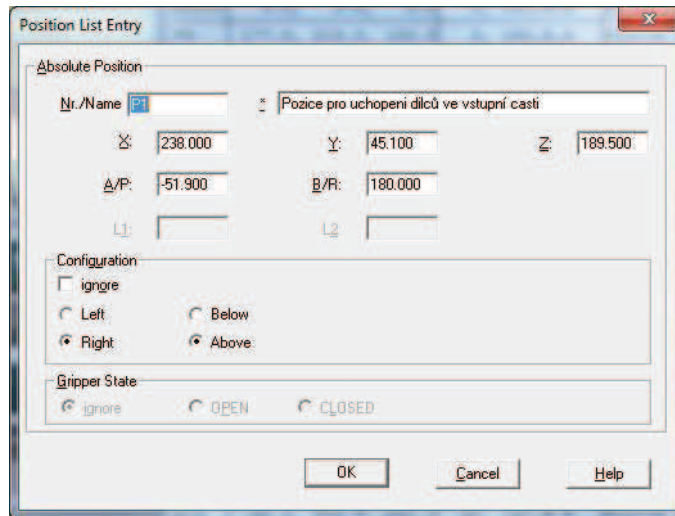
Na tomto místě je uveden nekompletní seznam pozic, na které program odkazuje. Úkolem této části je seznam pozic doplnit o pozice, které chybí. Názvy i popisky jsou zde uvedeny, ale hodnoty souřadnic jsou u všech $[X, Y, Z, A/P, B/R] = [0, 0, 0, 0, 180]$. Je proto nutné tyto pozice doplnit. Bez těchto pozic pracuje program pouze částečně. Užitečnou radou je, že **rozteč mezi sousedními čepy je 25 mm**.

No	Position	Orientation	Comment
P1	251.6, 41.1, 167.0	-52, 180,R,A	Pozice pro uchopení dílců ve vstupní části
P150	251.6, 41.1, 217.0	-52, 180,R,A	50mm nad pozici P1
P2	273.3, 166.4, 152.0	0, 180,R,A	Pozice pro položení dílce na kompletacní stani
P22	273.3, 166.4, 149.5	0, 180,R,A	Pozice pro položení dílce na kompletacní stani
P250	273.3, 166.4, 202.0	0, 180,R,A	50mm nad pozici P2
P2200	273.3, 166.4, 352.0	0, 180,R,A	200mm nad pozici P2
P3	194.0, 210.0, 150.5	0, 180,R,A	Pozice pro zjištění, zda se jedná o černý, neb
P33	194.0, 210.0, 148.0	0, 180,R,A	Pozice pro zjištění přítomnosti dílce
P350	194.0, 210.0, 200.5	0, 180,R,A	50mm nad pozici P3
P3200	194.0, 210.0, 350.5	0, 180,R,A	200mm nad pozici P3
P8	-191.9, 342.4, 128.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1
P82	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	STRIBRNY CEP 2
P83	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	STRIBRNY CEP 3
P84	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	STRIBRNY CEP 4
P850	-191.9, 342.4, 178.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1 + 50mm
P852	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	STRIBRNY CEP 2 + 50mm
P853	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	STRIBRNY CEP 3 + 50mm
P854	0.0, 0.0, 0.0	0, 180,R,A	STRIBRNY CEP 4 + 50mm
P8200	-191.9, 300.4, 328.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 2 + 200mm
P9	272.5, 165.9, 155.9	-180, 180,R,A	Vložení_čepu
P92	272.5, 165.9, 153.4	-180, 180,R,A	Vložení_čepu - černý_dílec
P950	272.5, 165.9, 205.9	-180, 180,R,A	50mm nad pozici pro vložení čepu
P9200	272.5, 165.9, 355.9	-180, 180,R,A	200mm nad pozici pro vložení čepu
P1750	272.8, 120.7, 191.4	0, 180,R,A	Pozice pro uchopení sestavy + 50mm
P1720	272.8, 120.7, 341.4	0, 180,R,A	Pozice pro uchopení sestavy + 200mm
P19	107.2, 350.0, 310.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odložení hotové sestavy
P191	107.2, 350.0, 360.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odložení hotové sestavy + 50mm
P20	86.5, 189.0, 320.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobník 1
P2050	86.5, 189.0, 370.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobník 1 + 50 mm v Z
P21	-63.5, 191.0, 320.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobník 2
P2150	-63.5, 191.0, 370.0	-90, 180,R,A	Pozice Zasobník 2 + 50 mm v Z
P99	194.0, 210.0, 370.0	0, 180,R,A	REFERENCNI POZICE

Obr. 37: Seznam pozic

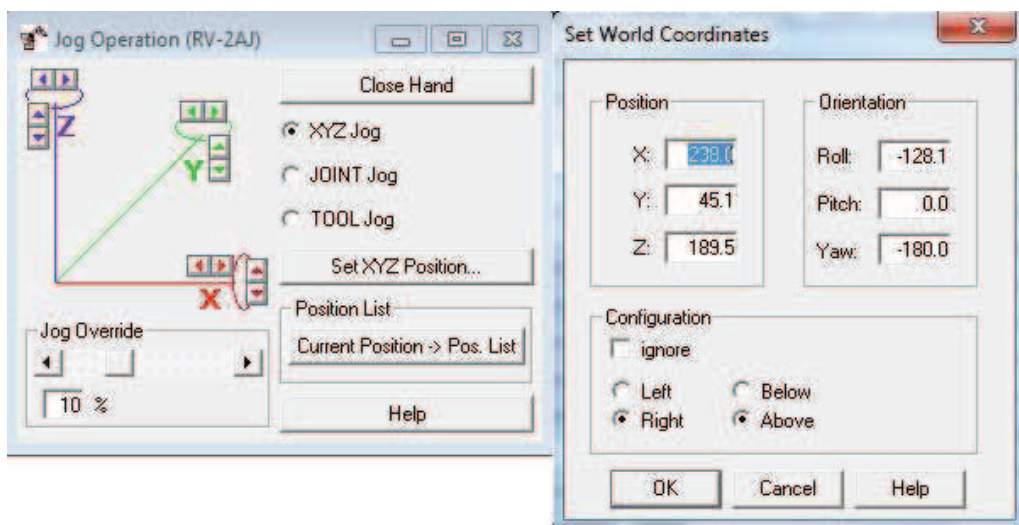
Hodnoty pozic zobrazené v seznamu pozic jsou zaokrouhleny. Není proto vhodné pozice popisovat přímo z tohoto seznamu. Je nutné si každou potřebnou pozici otevřít pomocí Properties. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby. Prvním je kliknutím pravého tlačítka na myši na určitou pozici a vybrání Properties z roletového menu a druhou je označením pozice a zmáčknutím kláves ALT + Enter.

Tímto se otevře okno s názvem Position List Entry. Zde je možné zjistit informace o pozicích a také tyto pozice měnit, či přejmenovávat dle potřeby.



Obr. 38: Position List Entry

Druhou možností jak postupovat při vytváření pozic je pomocí Jog Operation. Tento se dá otevřít pomocí klávesové zkratky F8, nebo pomocí EXTRAS a Teach-In. V okně je potřeba se přepnout na XYZ Jog, nebo TOOL Jog. Nyní je možné kliknout na Set XYZ Position a tím se otevře okno Set World Coordinates. Zde je možné také nastavovat souřadnice pozic. Pokud se nová souřadnice potvrdí, simulovaný robot se přesune právě na tuto pozici. Nyní je možné pomocí Tlačítka Current Position -> Pos. List přesunout aktuální pozici do seznamu pozic. Je však potřeba si dát pozor. Pokud je právě označena některá z pozic, je tato pozice přepsána. Nejlepší možnost je tedy pozici vložit do prázdného pole.



Obr. 39: Jog operation vlevo, Set XYZ Position vpravo

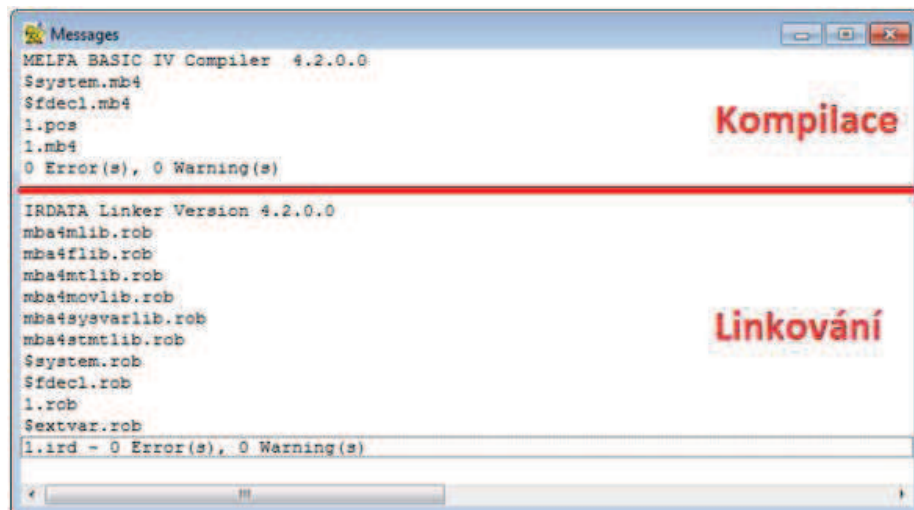
3.5.3 Ověření správnosti programu

Pokud jsou všechny pozice doplněny a program doplněny, je následně možné přejít k simulaci běhu programu. Aby bylo možné program spustit, je potřeba tento program a seznam pozic podrobit Kompilaci + Linkování (COMPILE+LINK). Pro tuto kompilaci je potřebné, napřed kliknout do okna s pozicemi a následně aktivovat okno s programem. (Tímto se zamezí případné chybě)



Obr. 40: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Po zmáčknutí ikony Kompilace + Linkování se otevře okno zpráv, kde je napsáno, co vše bylo kompilováno, linkováno a zda byly nalezeny nějaké problémy. V části kompilace i Linkování by se neměly v ideálním případě nacházet žádné chyby a ani varování. V případě, že bude nějaký problém nalezen, vypíše se do tohoto okna typ chyby. Pokud je několikrát kliknuto na zprávu chyby, objeví se řádek, na kterém se chyba nachází, nebo řádek se kterým chyba přímo souvisí. Po opravě je nutné opět Kompilovat a Linkovat.



Obr. 41: Okno zpráv pro kompilaci a linkování

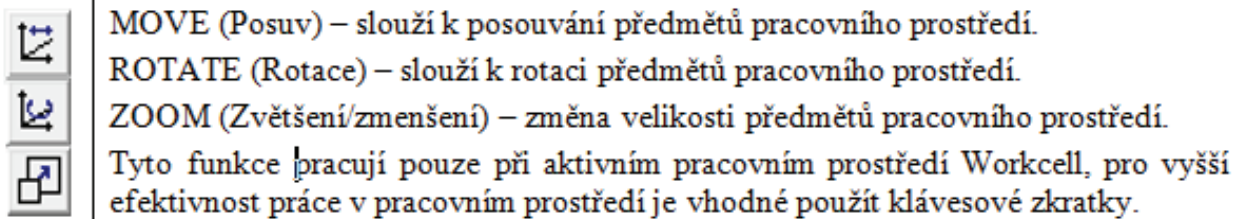
3.5.4 Simulace běhu programu

Prvním úkolem je naučit se základní pohyby s oknem pracovního prostředí (workcell). Jako první je potřeba, aby bylo kliknuto pravým tlačítkem na myši do okna pracovního prostředí a bylo vybráno Default Setting (defaultní nastavení). Při simulaci je často potřeba, aby některá část pracovního prostředí byla natočena, posunuta, nebo přiblížena.

Důvodem je fakt, že při určitých pohybech je potřeba dobře vidět na některé části pracoviště. K tomuto slouží tři pohybové funkce:

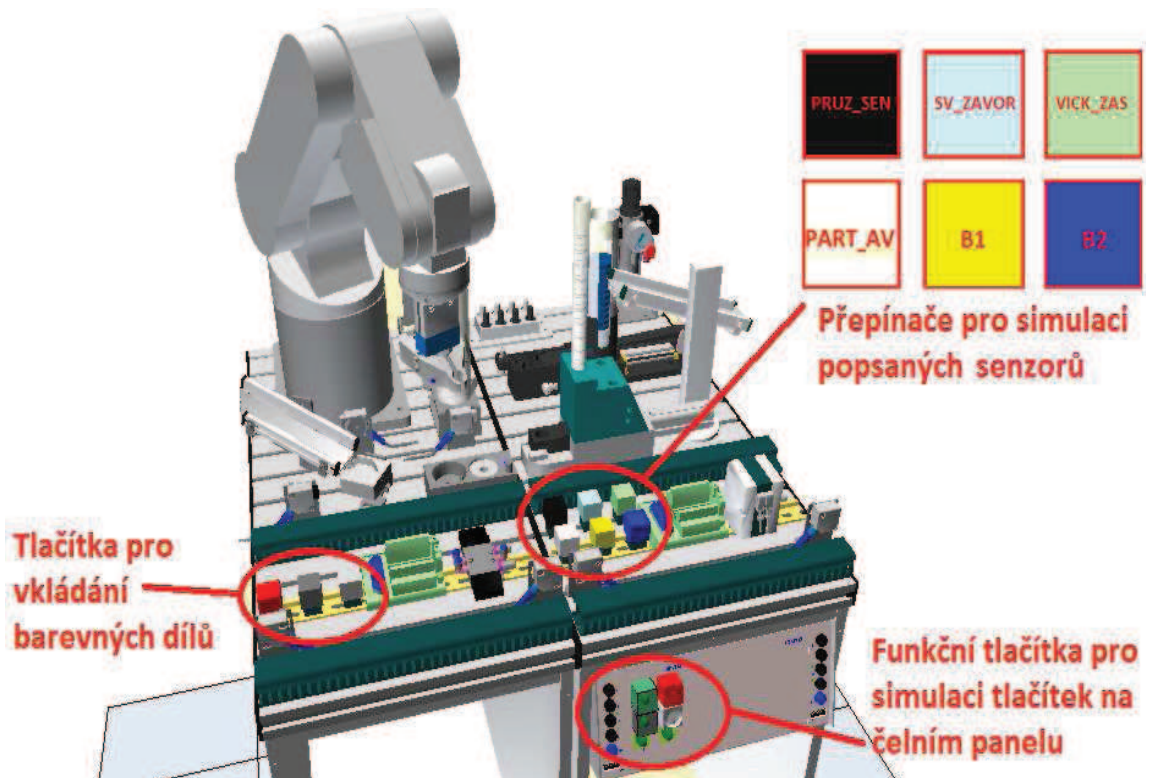
- MOVE (posuv) – SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši
- ROTATE (rotace) – CTRL + levé tlačítko myši + tažení myši
- ZOOM (zvětšení/zmenšení) – CTRL + SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši

Tyto funkce jsou dostupné i pomocí ikon, ale používání klávesových zkratk je efektivnější a rychlejší.



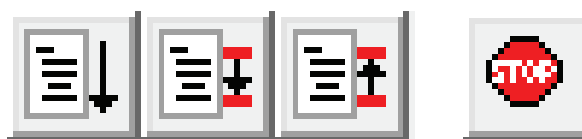
Obr. 42: Ikony posuvu, rotace, přiblížení a oddálení

Další velmi důležitou částí je seznámení z tlačítka simulovaného prostředí. Jedná se o tlačítka pro vkládání dílců, tlačítka pro simulaci tlačítek čelního panelu a jako poslední jsou zde přepínače pro simulaci senzor. COSIMIR® INDUSTRIAL totiž nepodporuje senzory a je nutné tyto senzory simulovat jiným způsobem.



Obr. 43: Popis simulovaných tlačítek

Spuštění simulace programu se provádí pomocí ikony start, která se nachází napravo od ikony pro Kompilaci a Linkování.



Obr. 44: Ikony pro Start programu, další/předešlý krok a zastavení programu

Po spuštění programu se robot a další nastavené části simulovaného prostředí pohybují dle programu. Důležité je také vědět, že až po spuštění programu se také aktivují všechna popsaná tlačítka.

Pokud je potřeba simulovat **ČERVENÝ (STŘÍBRNÝ)** dílec, je nutné napřed zmáčknou **tlačítko** pro vložení daného **ČERVENÉHO (STŘÍBRNÉHO)** dílce, následně je třeba přepnout přepínač **B1** (kvůli následné kontrole výšky dílce) a také **PART_AV** (možnost simulace dílu ve vstupním zásobníku).

Pokud je potřeba simulovat **ČERNÝ** dílec, je nutné napřed zmáčknou **tlačítko** pro vložení daného **ČERNÉHO** dílce, následně je třeba přepnout přepínač **PART_AV** (možnost simulace dílu ve vstupním zásobníku).

Všechny tyto změny vstupů a výstupů je možné sledovat v okně VSTUPŮ/VÝSTUPŮ. Tabulky vstupů a výstupů odpovídají PLC skutečného robota a je tedy možné si zjistit, co který příkaz provádí.

Tabulka 7: Vstupy PLC

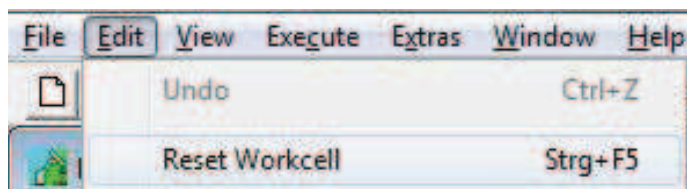
Vstup	Označení	Popis
0	EM_Stop	Emergency Stop
1	B1	Senzor umístěný na boku uchopovací hlavice (více použití)
2	B2	Senzor na kompletační stanici (pro ustavování dílců a víček)
3	START	Tlačítko start na čelním panelu – možno definovat dle potřeby
4	STOP	Tlačítko stop na čelním panelu (rozpínací) – možno definovat
5	RESET	Tlačítko reset na čelním panelu – možno definovat dle potřeby
6	PART_AV	Senzor na vstupním zásobníku (zjištění přítomnosti dílce)
7	AUTMAN	Přepínání Automatického/Manuálního ovládání
8	PRUZ_ZAJ	Senzor koncové polohy zaseté pístnice na podavači pružin
9	PRUZ_VYJ	Senzor koncové polohy vyjeté pístnice na podavači pružin
10	VIC_VYJ	Senzor koncové polohy zaseté pístnice (vyjetého podavače) víček
11	VIC_ZAJ	Senzor koncové polohy vyjeté pístnice (zasetého podavače) víček
12	PRUZ_SEN	Mechanický senzor, který snímá, zda je k dispozici pružina
13	SV_ZAVOR	Senzor (rozpínací) pro zjištění, zda je připraveno víčko pro odběr
14	VICK_ZAS	Senzor (rozpínací) pro zjištění, zda je připraveno další víčko
15	IP_FI	Senzor pro zjištění přítomnosti jiné stanice (montážní stanice)

Tabulka 8: Výstupy PLC

Výstup	Označení	Popis
0	START_S	Signálka v levém horním rohu tlačítka start na čelním panelu
1	RESET_S	Signálka v levém horním rohu tlačítka reset na čelním panelu
2	Q1_LED	Signálka s označením Q1 na čelním panelu – možno definovat
3	Q2_LED	Signálka s označením Q2 na čelním panelu – možno definovat
8	PRUZ_ZAS	Ovládání VYSUNUTÍ a ZASUNUTÍ zásobníku s pružinami
9	VICK_ZAS	Ovládání VYSUNUTÍ a ZASUNUTÍ zásobníku s víčky
15	IP_N_FO	Vysílače, který komunikuje se senzorem stanice s robotem IN_FI

V průběhu běhu programu je možné posouvat, otáčet a přibližovat pracovní prostředí dle potřeby a tím zkoumat, zda program běží správně. Zároveň je v okně s programem modře označen řádek, na kterém se program právě nachází. V případě potřeby je možné běh programu zastavit pomocí ikony stop, která se aktivuje po spuštění programu. Další možnost spuštění programu je krok po kroku pomocí ikony Další krok (Next Step), která se nachází napravo od ikony stop. Podmínkou je, že je právě aktivní okno s programem. Pokud by bylo aktivní okno se seznamem pozic, robot by se přesunul na další pozici v seznamu pozic.

Pokud je potřeba, aby se pracovní prostředí vrátilo do původního stavu, musí být vypnuta simulace běhu programu. Následně je nutné, aby bylo aktivní pracovní prostředí robotu (workcell). Resetování se provádí pomocí EDIT a Reset Workcell.



Obr. 45: Reset Workcell

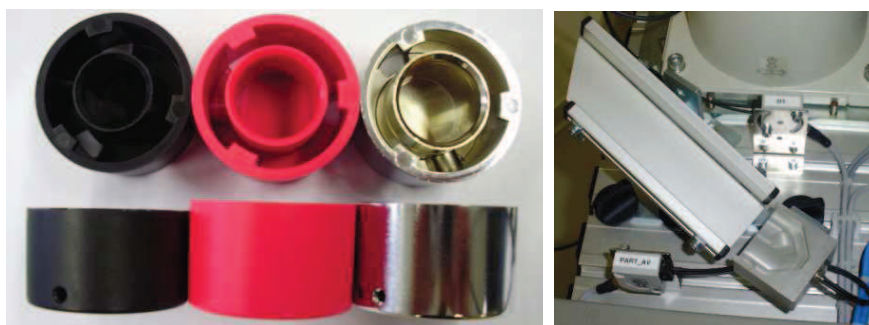
3.5.5 Spuštění programu na pracovišti MPS 202 - ROBOTICS

Před samotným spuštěním programu je potřeba zkontrolovat a udělat několik věcí, které jsou potřeba pro bezproblémový chod celého pracoviště.

3.5.5.1 Vložení dílů do vstupního zásobníku

Na výběr jsou zde tři typy dílců. Červený a stříbrný dílec se liší pouze v barvě. Černý dílec se však od červeného a stříbrného liší výškou a průměrem vnitřního otvoru. Průměr vnitřního otvoru přímo souvisí s typem čepu. Pro černé díly jsou určeny stříbrné čepy a červené a stříbrné díly jsou použity čepy černé.

Díly se do vstupního zásobníku vkládají otvorem nahoru. Je možné vložit najednou více dílů, které se budou po odebrání automaticky podávat. Na pořadí dílů nezáleží.



Obr. 46: Vlevo dílce, vpravo vstupní zásobník

3.5.5.2 Vložení čepů do palety s čepy

Do palety určené pro čepy je nutné vložit stříbrné čepy (černé čepy mohou být také vloženy). Otvory pro čepy jsou různě veliké a tak nehrozí jejich záměna. Je také důležité, aby byly čepy vloženy správně. Pokud by byly vloženy špatně, hrozilo by poškození čepů, uchopovací hlavy, nebo robota.

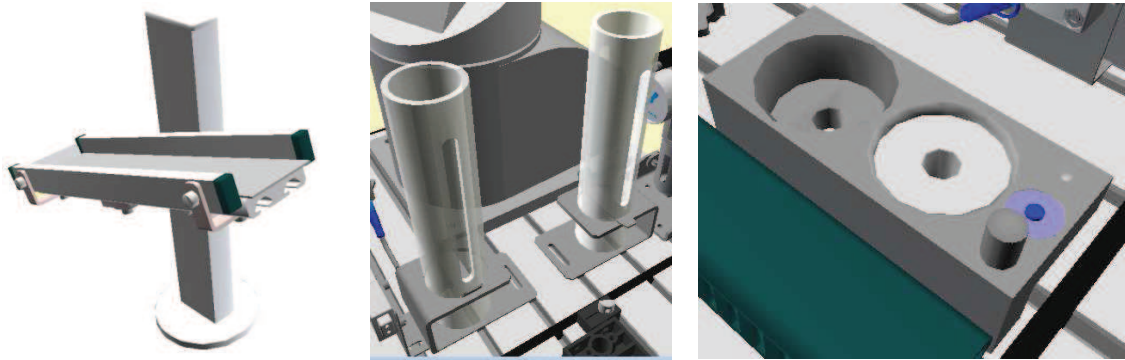


Obr. 47: Vlevo prázdná paleta, uprostřed špatně a vpravo správně umístěné čepy

3.5.5.3 Kontrola zaplnění zásobníku a kompletační stanice

Programu je z důvodu zjednodušení napsán tak, že hodně míst na pracovišti není kontrolováno. Před samotným spuštěním programu je proto nutné tyto části zkontrolovat. Jedná se o výstupní zásobník a dva svislé zásobníky. Z těch je potřeba odebrat všechny dílce. Dále je potřeba odstranit všechny dílce z kompletační stanice.

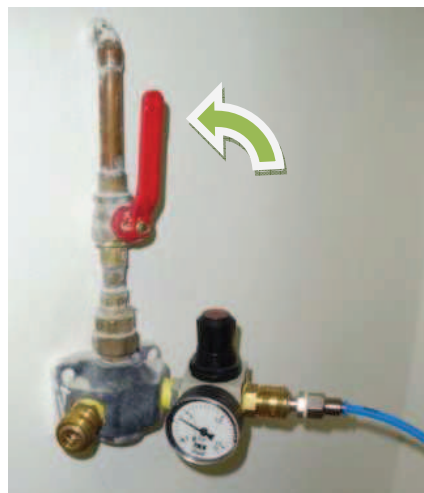
Toto je velmi důležité pro bezproblémový chod programu. Pokud by tato poloha na kompletační stanici byla při spuštění programu zaplněna, mohlo by dojít k poškození některé části stanice s robotem, nebo montážní stanice. Programu totiž z důvodu zjednodušení chybí některé bezpečnosti



Obr. 48: Výstupní zásobník vlevo, svislé zásobníky uprostřed, kompletační stanice vpravo

3.5.5.4 Zapnutí tlakového vzduchu

Ventil přívodu tlakového vzduchu je nutné dát do svislé polohy. Tím se zajistí přívod tlakového vzduchu k pneumatickým prvkům pracoviště.



Obr. 49: Ventil přívodu tlakového vzduchu v poloze zapnuto

3.5.5.5 PŘEPSÁNÍ RYCHLOSTI PROGRAMU

Z důvodu bezpečného prvního spuštění programu je potřeba upravit rychlosti pohybu na úplné minimum. Toho se dosáhne pomocí přepsání těchto řádků programu a následné KOMPILACE + LINKOVÁNÍ.

```

10 ' ***** NASTAVENÍ SLOV A HODNOT PRO RYCHLOSTI *****
20 DEF INTE POMALU      'definování slova POMALU jako integer promenna
30 POMALU = 5           'prednastaveni slova "POMALU" na hodnotu RYCHLOSTI 20
40 DEF INTE SNEK        'definování slova SNEK jako integer promenna
50 SNEK = 5             'prednastaveni slova "SNEK" na hodnotu RYCHLOSTI 15
60 DEF INTE RYCHLE      'definování slova RYCHLE jako integer promenna
70 RYCHLE = 5           'prednastaveni slova "RYCHLE" na hodnotu RYCHLOSTI 60
  
```


Takto upravený program a seznam pozic je potřeba nahrát do řídicí jednotky robota. Postup propojení PC s řídicí jednotkou, nahrávání a spouštění programu je uvedeno v PŘÍLOZE 1 v kapitole 1.2, 1.3 a 1.4.

3.5.5.6 Upozornění

Pro případ, kdy by bylo potřeba nouzově zastavit vykonávání programu, je pracoviště vybaveno třemi červenými tlačítky nouzového vypnutí. Jedno se nachází na čelním panelu, druhé na ovládacím panelu a třetí na řídicí jednotce robota.



Obr. 50: Tlačítka nouzového zastavení

!!! PROGRAM MŮŽE BÝT SPUŠTĚN POUZE V TĚCHTO PŘÍPADECH !!!

- 1) POKUD SE ROBOT NACHÁZÍ V BEZPEČNÉ VÝCHOZÍ POZICI.
(V ideálním případě se jedná o pozici P99 [X194, Y210, Z370, A/P0 a B/R180]).
- 2) POKUD SE V OKOLÍ ROBOTU NENACHÁZÍ CIZÍ PŘEDMĚTY
- 3) POKUD SE V OKOLÍ ROBOTU NENACHÁZEJÍ NEPOVOLANÉ OSOBY

V opačném případě hrozí poranění osoby, nebo poškození některé části pracoviště. Před prvním spuštěním je **NUTNÉ** nechat vše důkladně zkontrolovat vyučujícím.

Pokud proběhne simulace sníženou rychlostí v pořádku, je možné po schválení vyučujícího upravit rychlost zpět na toty POMALU = 20 , SNEK = 5 a RYCHLE = 60. Následně je potřeba program znovu KOMPILOVAT + LINKOVAT a nahrát do řídicí jednotky.

3.5.6 Protokol

Výsledkem tohoto cvičení bude protokol obsahující doplněný program a seznam pozic. Dále zde bude uvedeno kterým způsobem a jaké pozice byly přesně doplněny. Program je napsán tak, aby do každého svislého zásobníku byly odloženy pouze tři ČERVENÉ (STŘÍBRNÉ) díly. Posledním úkolem je přepsání této části programu tak, aby zde bylo možné umístit 5 a 6 dílů.

4 ÚLOHA ČÍSLO 4

4.1 Použitý software

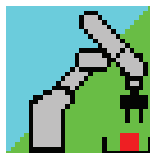
Tato úloha byla vytvořena pro software COSIMIR® INDUSTRIAL, který je určen pro připojení ke skutečnému pracovišti MPS® 202 – ROBOTICS. Před samotným spuštěním programu je proto potřeba si toto pracoviště nachystat. Všechny části pracoviště jsou navíc v programu COSIMIR® INDUSTRIAL namodelovány a je proto možné běh programu simulovat. Simulace běhu programu dokáže odhalit některé nedostatky, které by mohly při běhu programu na skutečném pracovišti vzniknout. Hlavní nevýhodou tohoto software je fakt, že nedokáže simulovat senzory tak, jako to jde u verze COSIMIR® ROBOTICS. Na pracovišti jsou proto vymodelovány přepínače, které simulaci těchto senzorů umožňují.

4.2 Práce se soubory

Na přiloženém DVD s označením ZADÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH jsou umístěny všechny soubory, které jsou pro tuto úlohu potřeba. Jedná se o celou složku **04_CI_Program4_Zadani**. Z důvodu, že v programu COSIMIR® ROBOTICS nedokáže ukládat potřebné soubory na toto DVD, je nutné, aby byla celá složka zkopírována na pevný disk. V umístění D:\ROBOT\ bude vytvořena složka *příjmení* (bez diakritiky) a do ní bude celá složka **04_CI_Program4_Zadani** nakopírována.

4.3 Spuštění software

Spuštění COSIMIR® INDUSTRIAL se provádí pomocí ikony s názvem COSIMIR Robotics, která se nachází na pracovní plošce Windows. Je nutné si však dát pozor, aby nebyl spuštěn program COSIMIR® ROBOTICS, který má ikonu totožnou. V tomto programu by nebylo možné pak projekt otevřít.



Obr. 51: Ikona software COSIMIR® INDUSTRIAL

Pokud by se tato ikona na pracovní ploše nenacházela, bylo by nutné program spustit pomocí nabídky start ve Windows. Zde se tento program nachází ve složce Programy (Všechny programy) / Cosimir Industrial. Pokud by ani na tomto místě nebyl program nalezen, je možné jej spustit pomocí souboru v tomto umístění:

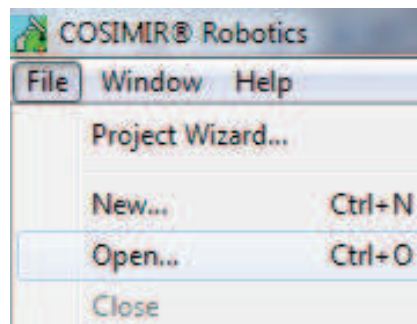
C:\Program Files\COSIMIR Industrial\bin\COSIND32.EXE – Win. x86

C:\Program Files (x86)\COSIMIR Industrial\bin\COSIND32.EXE – Win. x64

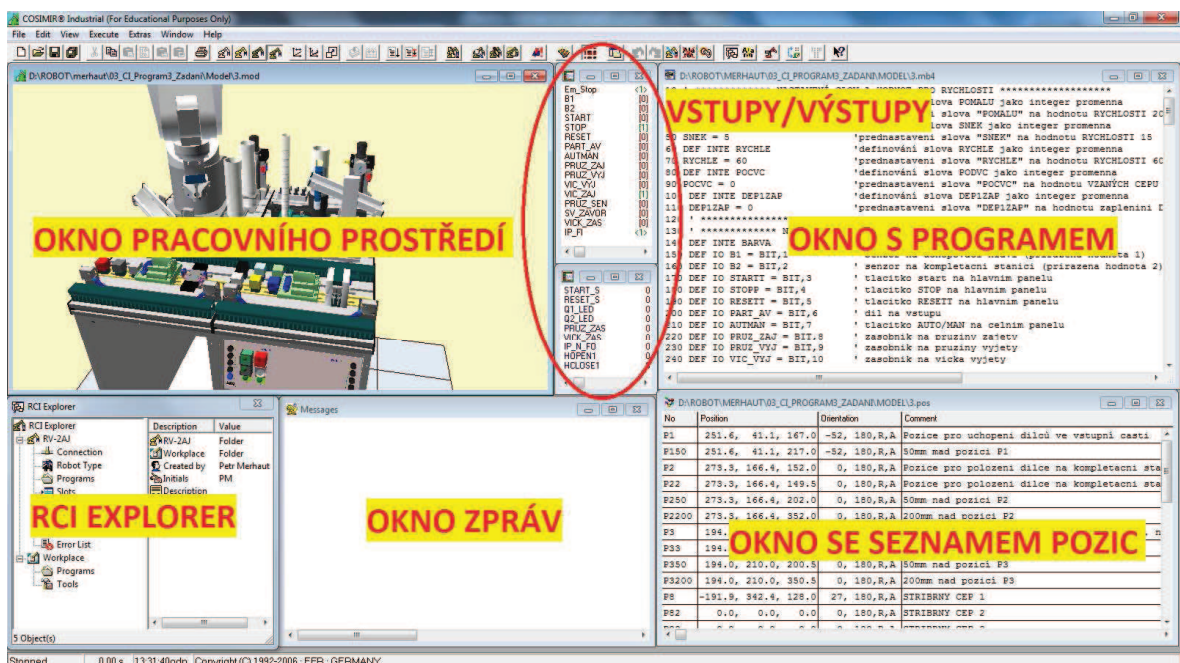
Po spuštění programu COSIMIR® INDUSTRIAL se otevře okno tohoto programu, které je v tuto chvíli prázdné. Nyní je potřeba, aby do tohoto okna byl načten projekt, se kterým se bude dále pracovat.

4.4 Načtení projektu

Načtení projektu se provádí pomocí základního menu. Po kliknutí na záložku FILE je možné z roletového menu vybrat Open. Nyní je možné otevřít projekt s příponou *.MOD. Tento se nachází v umístění D:\ROBOT\přijmení\04_CI_Program4_Zadani\Model\4.mod.



Obr. 52: Otevření projektu



Obr. 53: Okna projektu

Pokud by se tato okna neotevřela, bylo by nutné je otevřít a dle potřeby na obrazovce přehledně uspořádat, jako je to vidět na obrázku. Okno zpráv se objeví v případě potřeby samo. Okno vstupů je možné otevřít pomocí F9, okno výstupů klávesami SHIFT + F9.

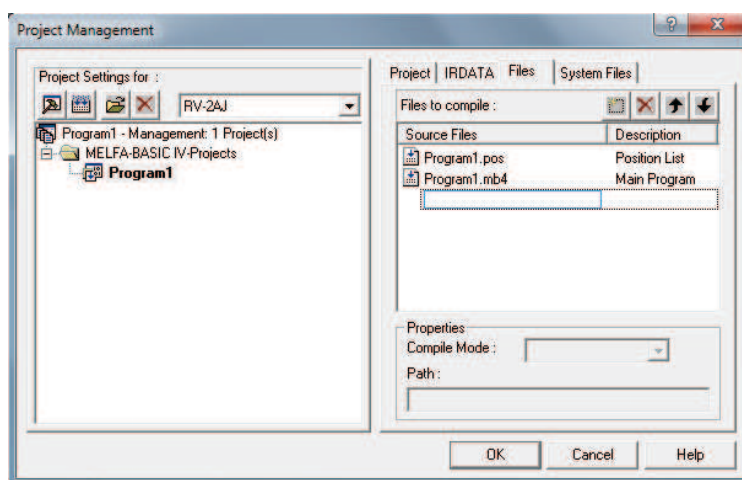
Soubory s programem a seznamem pozic se dají otevřít pomocí modulu PROJECT MANAGEMENT a to například pomocí následující ikony.



Obr. 54: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Zde je potřeba otevřít na pravé straně záložku Files (soubory). V tomto umístění se nachází soubor pozic a soubor programu. Poklepáním na tyto soubory se okna otevřou.

Další možností je otevřít okna pomocí FILE a OPEN. Zde je potřeba v pravém dolním rohu vybrat typ otevíraného souboru. Tyto soubory jsou MELFA-BASIC IV-Program (*.MB4), Position list (*.PSL), nebo MLR-Position list (*.POS). Nyní je možné ve správném umístění vybrat soubor a otevřít jej.



Obr. 55: Project management

Jako poslední je potřeba otevřít okno RCI Explorer, kterým je možné komunikovat s řídicí jednotkou robota. Toho lze dosáhnout ikonou s označením RCI Explorerů. Pokud jsou nyní otevřena všechna potřebná okna, je možné přistoupit k samotnému zadání úlohy.



Obr. 56: Ikona RCI Explorer

4.5 ZADÁNÍ ÚLOHY 3

Cílem této úlohy je studenta seznámit se základním ovládáním programu COSIMIR® INDUSTRIAL, způsobem psaní programu, simulací běhu programu a následném odzkoušení na skutečném pracovišti MPS 202 – ROBOTICS.

4.5.1 Program a popis jeho funkce

Na tomto místě je stručně popsán program jako celek. Tento program už je psaný trochu těžším způsobem. Je rozdělen na hodnoty zadávané před samotným spuštěním, hlavní program a podprogramy. Tento styl psaní je velmi výhodný. První část programu (řádky 10 – 80 jsou věnovány definováním slov a hodnot proměnných), druhá část (řádky 90 - 330) obsahují nastavení slov, které se dají použít pro podmínky v programu. Dále jsou zde uvedeny také příkazy pro otevření uchopovací hlavice a nastavení počáteční rychlosti pohybu ramene robota při spuštění. Dále jsou zde příkazy pro zhasnutí všech kontrolek na čelním panelu a také příkazy pro zasunutí podavačů na pružiny a na víčka.

Řádky 380 – 470 jsou věnovány hlavnímu programu. V tomto programu se napřed rozsvítí signálka na tlačítku START (na čelním panelu) a program vyčkává do zmáčknutí tohoto tlačítka. Po zmáčknutí signálka zhasne a je spuštěn počátek SMYČKY. Mezi Počátkem a koncem smyčky jsou uvedeny podprogramy, které se stále opakují až do některé z podmínek ukončení či nouzového vypnutí. Dále tento program obsahuje podprogramy, na které hlavní program odkazuje.

- * VEMDIL - Tento podprogram slouží je kontrole přítomnosti dílce ve vstupním zásobníku, odebrání tohoto dílce a přenesení na kompletační stanici POLOHA 1. Na tuto stanici je dílec položen.
- * ZJIBAR - Podprogram sloužící ke kontrole výšky dílce pomocí senzoru B1 na uchopovací hlavici. Černé dílce jsou nižší, než ostatní, proto hodnota $B1 = 0$. U ostatních dílců bude hodnota $B1 = 1$. Aktuální hodnota senzoru B1 je uložena pod integer proměnnou BARVA a lze s ní proto pracovat v průběhu programu.
- * TRIDENI - V tomto podprogramu je pomocí integer proměnné BARVA a podmínek děleno pokračování programu na ČERNÉ dílce (*CERNY) a OSTATNÍ dílce (*OSTATNI).

- * OSTATNI - Program nechává ČERVENÉ (STŘÍBRNÉ) dílce na kompletační stanici a přesouvá se do polohy nad paletou s čepy. Následně uchopí první ze čtyř černých čepů zprava. Tento čep je následně přesune do otvoru v ČERVENÉM (STŘÍBRNÉM) dílci. Následně je uchopovací hlava opět přesunuta do polohy nad paletou s čepy. Uchopovací hlava pak přeskládá zbylé ČERNÉ čepy o jednu polohu doprava. Po tomto přeskládání je ještě do dílce s čepem na kompletační stanici vložena pružina. Ta je odebrána ze zásobníku na pružiny. Tato sestava je pak uchopena a přesunuta nad výstupní zásobník. Je rozsvícena kontrolka na tlačítku START a podprogram čeká. Po jeho zmáčknutí signálka zhasne a dílec je položen do tohoto zásobníku.

- * CERNY - Program nechává ČERNÉ dílce na kompletační stanici a přesouvá se do polohy nad paletou s čepy. Následně uchopí první ze čtyř stříbrných čepů zprava. Tento čep je následně přesune do otvoru v ČERNÉM dílci. Následně je uchopovací hlava opět přesunuta do polohy nad paletou s čepy. Uchopovací hlava pak přeskládá zbylé STŘÍBRNÉ čepy o jednu polohu doprava. Po tomto přeskládání je ještě do dílce s čepem na kompletační stanici vložena pružina. Ta je odebrána ze zásobníku na pružiny. Tato sestava je pak uchopena a přesunuta nad výstupní zásobník. Je rozsvícena kontrolka na tlačítku START a podprogram čeká. Po jeho zmáčknutí signálka zhasne a dílec je položen do tohoto zásobníku.

U každého řádku je za apostrofem dopsána poznámka, dle které je orientace v programu velmi jednoduchá. Jednotlivé podprogramy jsou také dobře označeny a neměl by tedy nastat problém s jejich identifikací.

V programu je nutné dopsat řádky 2220 až 2800, které jsou označeny červeně. Pod programem jsou uvedeny dvě tabulky s příkazy programu COSIMIR® INDUSTRIAL, které by měly při psaní příkazů pomoci. Je dobré vědět, že příkazy jsou psány analogicky s částí pro ČERVENÉ (STŘÍBRNÉ) díly.

```

10 ' ***** NASTAVENÍ SLOV A HODNOT PRO RYCHLOSTI *****
20 DEF INTE POMALU 'definování slova POMALU jako integer promenna
30 POMALU = 30 'prednastaveni slova "POMALU" na hodnotu RYCHLOSTI 20
40 DEF INTE SNEK 'definování slova SNEK jako integer promenna
50 SNEK = 15 'prednastaveni slova "SNEK" na hodnotu RYCHLOSTI 15
60 DEF INTE RYCHLE 'definování slova RYCHLE jako integer promenna
70 RYCHLE = 60 'prednastaveni slova "RYCHLE" na hodnotu RYCHLOSTI 60
80 ' *****
90 ' ***** NASTAVENÍ DALŠICH HODNOT PŘED SPUSTENÍM *****
100 DEF INTE BARVA ' definování slova BARVA jako integer promenna
110 DEF IO B1 = BIT,1 ' senzor na uchopovací hlavě (prirazena hodnota 1)
120 DEF IO B2 = BIT,2 ' senzor na kompletacni stanici (prirazena hodnota 2)
130 DEF IO STARTT = BIT,3 ' tlacitko start na celnim panelu
140 DEF IO STOPP = BIT,4 ' tlacitko STOP na celnim panelu
150 DEF IO RESETT = BIT,5 ' tlacitko RESETT na celnim panelu
160 DEF IO PART_AV = BIT,6 ' dil na vstupu
170 DEF IO AUTMAN = BIT,7 ' tlacitko AUTO/MAN na celnim panelu
180 DEF IO PRUZ_ZAJ = BIT,8 ' zasobnik na pruziny zajety
190 DEF IO PRUZ_VYJ = BIT,9 ' zasobnik na pruziny vyjety
200 DEF IO VIC_VYJ = BIT,10 ' zasobnik na vicka vyjety
210 DEF IO VIC_ZAJ = BIT,11 ' zasobnik na vicka zajety
220 DEF IO ZAS_PRUZ = BIT,12 ' senzor pritomnosti pruziny ve vodorovném podavaci
230 DEF IO SV_ZAVOR = BIT,13 ' senzor vyjeteho vicka
240 DEF IO VIC_K_ZAS = BIT,14 ' senzor, zda se nachazi vicko ve svislem podavaci
250 DEF IO IP_FI = BIT,15 ' senzor propojeni stanice
260 HOPEN 1 ' otevře celist robota pro pripad, ze by byla na zacatku zavrena
270 M_out(0) = 0 ' zhasne kontrolka na tlacitku START
280 M_out(1) = 0 ' zhasne kontrolka na tlacitku RESET
290 M_out(2) = 0 ' zhasne kontrolka Q1 na celnim panelu
300 M_out(3) = 0 ' zhasne kontrolka Q2 na celnim panelu
310 If M_in(10) = 1 then M_out(9) = 0 ' pokud je vyjety podavac v zasobniku na vicka tak se zasune
320 If M_in(9)=1 and M_in(12)= 0 then M_out(8)= 0 'pokud je vyjety podavac v zasobniku na
' pruziny a není v nem pruzina tak se zasune
330 OVRD 5 'nastaví aktuální rychlost na 5 (možnost zastavení programu v
' prípade hrozby kolize)
340 ' *****
370 '
380 ' *****ZACATEK HLAVNIHO PROGRAMU*****
390 M_out(0)= 1 'rozsviti se kontrolka na tlacitku START
400 WAIT M_in(3)= 1 'cekani, dokud se nezmackne tlacitko START na celnim panelu
410 M_out(0)= 0 'zhasne kontrolka na tlacitku START
420 '
430 *SMYCKA 'Pocatek smycky
440 GOSUB *VEMDIL 'Podprogram: Zjisti pritomnosti dilce, uchopi ho,prenese na kompletacni
' stanici, polozi a odjede
450 GOSUB *ZJIBAR 'Podprogram: Zjisti dle vysky senzorem B1 jaký dillec se nachazi na
' kompletacni stanici a ulozi hodnotu pod slovo BARVA.
460 GOSUB *TRIDENI 'Podprogram: Udava, co delat, pokud je BARVA = 0, nebo BARVA = 1
470 GOTO *SMYCKA 'Konec smycky - presun na zacatek smycky
480 ' *****KONEC HLAVNÍHO PROGRAMU*****
490 '
510 '
520 ' *****PODPROGRAMY HLAVNIHO PROGRAMU*****
530 '
540 '
550 ' *****PODPROGRAM VEMDIL - ZACATEK*****
560 *VEMDIL 'podprogram VEMDIL, kontrola pritomnosti dilce, odebrani a presun na kompletacni
570 DLY 2 'prodleva dve sekundy
580 IF PART_AV = 0 THEN GOTO *VEMDIL 'pokud není ve vstupnim zasobniku dillec, jdi na
' *OVERENI(zacatek programu)

```

```

590 MOV P150 'kloubová interpolace P1+50mm v ose Z
600 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
610 MOV P1 'kloubová interpolace - POSUN NA P1
620 HCLOSE 1 'uchopení dílce
630 DLY 1 'prodleva jedna sekunda
640 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
650 MOV P150 'kloubová interpolace - P1+50mm v ose Z
660 MOV P250 'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
670 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
680 MOV P2 'kloubová interpolace - POSUN NA P2
690 HOPEN 1 'otevření uchopovací hlavy - polohování dílce
700 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
710 MOV P250 'kloubová interpolace - POSUN NA P2+50mm v ose Z
720 RETURN 'vrácení do místa větvení (do hlavního programu)
730 ' *****PODPROGRAM VEMDIL - KONEC*****
740 '
750 '
760 ' *****PODPROGRAM ZJIBAR - ZACATEK*****
770 *ZJIBAR 'podprogram ZAJBAR - zjistuje barvu dílce dle výšky
780 MOV P350 'kloubová interpolace - P3+50mm
790 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
800 MOV P3 'kloubová interpolace - P3
810 DLY 1 'prodleva jedna sekunda
820 BARVA = B1 'přirazení aktuální hodnoty B1 ke slovu BARVA
830 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
840 MOV P350 'kloubová interpolace - P3+50mm
850 RETURN 'vrácení do místa větvení (do hlavního programu)
860 ' *****PODPROGRAM ZJIBAR - KONEC*****
870 '
880 '
890 ' *****PODPROGRAM TRIDENI - ZACATEK*****
900 *TRIDENI 'podprogram TRIDENI - trídění ukončení dle VYSKY
 (barvy) dílce
910 IF BARVA = 1 THEN GOSUB *OSTATNI 'pokud je dílec CERVENY(nebo STRIBRNY), pokračuj
 do OSTATNI
920 IF BARVA = 0 THEN GOSUB *CERNY 'pokud je dílec CERNY, pokračuj do podprogramu
 CERNY
930 RETURN 'vrácení do místa větvení (do hlavního programu)
940 ' *****PODPROGRAM TRIDENI - KONEC*****
950 '
960 '
970 '
980 *****
990 *** PODPROGRAM OSTATNI - ZACATEK***
1000 *****
1010 *OSTATNI 'podprogram podprogramu trídění- plnění OSTATNÍCH dílců cepem, přeskládání
 CERVENÝCH cepu, vložení pružiny na dílec a přesun do výstupního zásobníku
1020 OVRD RYCHLE 'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1030 MVS P3200 'lineární interpolace - P3+200mm
1040 MOV P7200 'lineární interpolace 200mm nad CERNÝM cepem 1 (nad P7)
1050 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1060 MOV P750 'lineární interpolace 50mm nad CERNÝM CEPEM 1
1070 OVRD SNEK 'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1080 MOV P7 'lineární interpolace na pozici CERNEHO CEPU 1
1090 HCLOSE 1 'uchopení cepu
1100 DLY 1 'prodleva jedna sekunda
1110 MOV P750 'lineární interpolace 50mm nad CERNÝM CEPEM 1
1120 OVRD POMALU 'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1130 MOV P7200 'lineární interpolace 200mm nad CERNÝM cepem 1 (nad P7)
1140 OVRD RYCHLE 'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE

```


1150 MOV P9200	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
1160 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1170 MOV P950	'kloubova interpolace do do výšky 50mm nad bodem P9
1180 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1190 MOV P9	'pozice pro polozeni cepu do OSTATNICH dilcu - kloubova interpolace
1200 HOPEN 1	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do dilce
1210 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1220 MVS P950	'linearni interpolace - presun 50 mm nad P9
1230 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1240 MOV P9200	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
1250 MOV P7200	'linearni interpolace 200mm nad CERNYM cepem 1 (nad P7)
1260 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1270 MOV P752	'linearni interpolace 50mm nad CERNYM CEP 2
1280 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1290 MOV P72	'linearni interpolace na CERNY CEP 2
1300 HCLOSE 1	'uchopeni cepu
1310 MOV P752	'linearni interpolace 50mm nad CERNY CEP 2
1320 MOV P750	'linearni interpolace 50mm nad otvor pro CERNY CEP 1
1330 MOV P7	'linearni interpolace - otvor pro CERNY CEP 1
1340 HOPEN 1	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do otvoru
1350 MOV P750	'linearni interpolace 50mm nad CERNYM CEP 1
1360 MOV P753	'linearni interpolace 50mm nad CERNYM CEP 3
1370 MOV P73	'linearni interpolace na CERNY CEP 3
1380 HCLOSE 1	'uchopeni cepu
1390 MOV P753	'linearni interpolace na CERNY CEP 3
1400 MOV P752	'linearni interpolace 50mm nad otvor pro CERNY CEP 2
1410 MOV P72	'linearni interpolace - otvor pro CERNY CEP 2
1420 HOPEN 1	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do otvoru
1430 MOV P752	'linearni interpolace 50mm nad CERNYM CEP 2
1440 MOV P754	'linearni interpolace 50mm nad CERNYM CEP 4
1450 MOV P74	'linearni interpolace na CERNY CEP 4
1460 HCLOSE 1	'uchopeni cepu
1470 MOV P754	'linearni interpolace na CERNY CEP 4
1480 MOV P753	'linearni interpolace 50mm nad otvor pro CERNY CEP 3
1490 MOV P73	'linearni interpolace - otvor pro CERNY CEP 3
1500 HOPEN 1	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do otvoru
1510 MOV P753	'linearni interpolace 50mm nad CERNYM CEP 3
1520 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1530 MOV P7200	'linearni interpolace 200mm nad CERNYM cepem 1 (nad P7)
1540 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1550 MOV P9200	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
1560 M_OUT(8)=1	'vyjeti zasobniku s pruzinami
1570 MOV P1020	'mezipozice pro správné ustavení TLAKOVÉ HADICE A DRÁTU SENZORU
1580 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1590 MOV P1050	'presun 50 mm nad pozici pro zjistení pritomnosti pruziny
1600 OVRD SNEK	'nastaveni rychlosti na hodnotu SNEK
1610 '	
1620 *NAJPRUZ	' zjistovani pritomnosti pruziny - POCATEK SMYCKY
1630 MVS P101	'linearni interpolace na pozici P101
1640 IF B1 = 1 THEN *NALEZEN	'pokud je nalezena pruzina, pokracuj na podprogram *NALEZEN
1650 MVS P10	'linearni interpolace na pozici P10
1660 IF B1 = 1 THEN *NALEZEN	'pokud je nalezena pruzina, pokracuj na podprogram *NALEZEN
1670 M_OUT(8)=0	'zajeti zasobniku s pruzinami
1680 DLY 0.5	'prodleva 0,5 sekundy
1690 M_OUT(8)=1	'vyjeti zasobniku s pruzinami
1700 DLY 0.5	'prodleva 0,5 sekundy
1710 GOTO *NAJPRUZ	'zjistovani pritomnosti pruziny - KONEC SMYCKY (presun na *NAJPRUZ)
1720 '	

1730 *NALEZEN	'podprogram NALEZEN (pruzina nalezena)
1740 OVRD POMALU	'nastavení rychlosti na hodnotu POMALU
1750 MOV P1050	'kloubová interpolace 50mm nad pozici P10 + 50mm
1760 MOV P1120	'kloubová interpolace 50mm nad pozici P11 + 20mm
1770 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1780 MOV P11	'kloubová interpolace na pozici P11
1790 HCLOSE 1	'uchopení pružiny
1800 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
1810 OVRD 2	'nastaví aktuální rychlost na 2 (pri velke rychlosti pruzina nejde vzdy zvednout)
1820 MVS P1120	'lineární interpolace na pozici P11 + 20mm
1830 OVRD POMALU	'nastavení rychlosti na hodnotu POMALU
1840 MOV P1020	'mezipozice pro správné ustavení TLAKOVÉ HADICE A DRÁTU SENZORU
1850 MVS P950	'lineární interpolace na pozici P9 + 50mm
1860 MVS P9	'lineární interpolace na pozici P9
1870 HOPEN 1	'otevření uchopovací hlavice
1880 MVS P950	'lineární interpolace na pozici P9 + 50mm
1890 MOV P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1900 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
1910 MOV P2	'posuv na pozici P2 - lineární interpolaci
1920 HCLOSE 1	'uchopení sestavy
1930 DLY 1	'prodleva 1 sekunda
1940 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
1950 MVS P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
1960 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
1970 MVS P1720	'presuv na P17 + 200 mm lineární interpolaci
1980 MVS P182	'lineární interpolace - posuv na mezipozici pro rotaci P182
1990 MVS P192	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P192 pro odložení dílce na výstupní zásobník
2000 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2010 MVS P191	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P191 pro odložení dílce na výstupní zásobník
2020 M_out(0)= 1	'rozsvítí se kontrolka na tlačítku START
2030 WAIT M_in(3)= 1	'čekání, dokud se nezmačkne tlačítko START na celním panelu
2040 M_out(0)= 0	'zhasne kontrolka na tlačítku START
2050 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
2060 MVS P19	'lineární interpolace - posuv na pozici pro odložení dílce na výstupní zásobník
2070 HOPEN 1	'otevření uchopovací hlavice
2080 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
2090 MVS P191	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P191 pro odložení dílce na výstupní zásobník
2100 MVS P192	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P192 pro odložení dílce na výstupní zásobník
2110 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
2120 MOV P99	'presuv na pozici P99
2130 RETURN	'vrácení do místa vetvení
2140 *****	
2150 *** PODPROGRAM OSTATNI - KONEC ***	
2160 *****	
2170 '	
2180 *****	
2190 *** PODPROGRAM CERNY - ZACATEK ***	
2200 *****	
2210 *CERNY	'podprogram podprogramu tridění- plnění CERNÝCH dílu cepem, preskládání STRIBRNYCH cepu, vložení pružiny na dílec a presun do výstupního zásobníku
2220	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE

2230	'linearni interpolace - P3+200mm
2240	'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1 (nad P8)
2250	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2260	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
2270	'nastavi aktualni rychlost na SNEK
2280	'linearni interpolace na pozici STRIBRNEHO CEPU 1
2290	'uchopeni cepu
2300	'prodleva jedna sekunda
2310	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
2320	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2330	'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1 (nad P8)
2340	'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
2350	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
2360	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2370	'kloubova interpolace do do výšky 50mm nad bodem P9
2380	'nastavi aktualni rychlost na SNEK
2390	'pozice pro polozeni cepu do CERNYCH dilcu - kloubova interpolace
2400	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do dilce
2410	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2420	'linearni interpolace - presun 50 mm nad P9
2430	'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
2440	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
2450	'linearni interpolace 200mm nad CERNYM cepem 1 (nad P8)
2460	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2470	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
2480	'nastavi aktualni rychlost na SNEK
2490	'linearni interpolace na STRIBRNY CEP 2
2500	'uchopeni cepu
2510	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNY CEP 2
2520	'linearni interpolace 50mm nad otvor pro STRIBRNY CEP 1
2530	'linearni interpolace - otvor pro STRIBRNY CEP 1
2540	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do otvoru
2550	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 1
2560	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
2570	'linearni interpolace na STRIBRNY CEP 3
2580	'uchopeni cepu
2590	'linearni interpolace na STRIBRNY CEP 3
2600	'linearni interpolace 50mm nad otvor pro STRIBRNY CEP 2
2610	'linearni interpolace - otvor pro STRIBRNY CEP 2
2620	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do otvoru
2630	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 2
2640	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 4
2650	'linearni interpolace na STRIBRNY CEP 4
2660	'uchopeni cepu
2670	'linearni interpolace na STRIBRNY CEP 4
2680	'linearni interpolace 50mm nad otvor pro STRIBRNY CEP 3
2690	'linearni interpolace - otvor pro STRIBRNY CEP 3
2700	'otevreni uchopovaci hlavice a polozeni cepu do otvoru
2710	'linearni interpolace 50mm nad STRIBRNYM CEPEM 3
2720	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2730	'linearni interpolace 200mm nad STRIBRNYM cepem 1 (nad P8)
2740	'nastavi aktualni rychlost na RYCHLE
2750	'kloubova interpolace do do výšky 200mm nad bodem P9
2760	'vyjeti zasobniku s pruzinami
2770	'mezipozice pro spravné ustavení TLAKOVÉ HADICE A DRÁTU SENZORU
2780	'nastavi aktualni rychlost na POMALU
2790	'presun 50 mm nad pozici pro zjistení pritomnosti pruziny
2800	'nastaveni rychlosti na hodnotu SNEK
2810	'
2820	*NAJPRUZ2

' zjistovani pritomnosti pruziny - POCATEK SMYCKY

2830 MVS P101	'linearni interpolace na pozici P101
2840 IF B1 = 1 THEN *NALEZEN2	'pokud je nalezena pruzina, pokracuj na podprogram *NALEZEN2
2850 MVS P10	'linearni interpolace na pozici P10
2860 IF B1 = 1 THEN *NALEZEN2	'pokud je nalezena pruzina, pokracuj na podprogram *NALEZEN2
2870 M_OUT(8)=0	'zajeti zasobniku s pruzinami
2880 DLY 0.5	'prodleva 0,5 sekundy
2890 M_OUT(8)=1	'vyjeti zasobniku s pruzinami
2900 DLY 0.5	'prodleva 0,5 sekundy
2910 GOTO *NAJPRUZ2	'zjistovani pritomnosti pruziny - KONEC SMYCKY (presun na *NAJPRUZ)
2920 '	
2930 *NALEZEN2	'podprogram NALEZEN (pruzina nalezena)
2940 OVRD POMALU	'nastaveni rychlosti na hodnotu POMALU
2950 MOV P1050	'kloubová interpolace 50mm nad pozici P10 + 50mm
2960 MOV P1120	'kloubová interpolace 50mm nad pozici P11 + 20mm
2970 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
2980 MOV P11	'kloubová interpolace na pozici P11
2990 HCLOSE 1	'uchopeni pruziny
3000 DLY 1	'prodleva(cislo oznacuje cas v sekundach)
3010 OVRD 2	'nastaví aktuální rychlost na 2 (pri velke rychlosti pruzina nejde vzdy zvednout)
3020 MVS P1120	'linearni interpolace na pozici P11 + 20mm
3030 OVRD POMALU	'nastaveni rychlosti na hodnotu POMALU
3040 MOV P1020 DRÁTU SENZORU	'mezipozice pro správné ustavení TLAKOVÉ HADICE A
3050 MVS P950	'linearni interpolace na pozici P9 + 50mm
3060 MVS P92	'linearni interpolace na pozici P92
3070 HOPEN 1	'otevreni uchopovací hlavice
3080 MVS P950	'linearni interpolace na pozici P9 + 50mm
3090 MOV P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
3100 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
3110 MOV P22	'posuv na pozici P22 - lineární interpolaci
3120 HCLOSE 1	'uchopeni sestavy
3130 DLY 1	'prodleva 1 sekunda
3140 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
3150 MVS P250	'50mm nad pozici pro uchycení dílce P2 - lineární interpolaci
3160 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
3170 MVS P1720	'presun na P17 + 200 mm lineární interpolaci
3180 MVS P182	'lineární interpolace - posuv na mezipozici pro rotaci P182
3190 MVS P192	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P192 pro odlozeni dilce na vystupni zasobnik
3200 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
3210 MVS P191	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P191 pro odlozeni dilce na vystupni zasobnik
3220 M_out(0)= 1	'rozsvítí se kontrolka na tlacitku START
3230 WAIT M_in(3)= 1	'cekani, dokud se nezmackne tlacitko START na celnim panelu
3240 M_out(0)= 0	'zhasne kontrolka na tlacitku START
3250 OVRD SNEK	'nastaví aktuální rychlost na SNEK
3260 MVS P19	'lineární interpolace - posuv na pozici pro odlozeni dilce na vystupni zasobnik
3270 HOPEN 1	'otevreni uchopovací hlavice
3280 OVRD POMALU	'nastaví aktuální rychlost na POMALU
3290 MVS P191	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P191 pro odlozeni dilce na vystupni zasobnik
3300 MVS P192	'lineární interpolace - posuv na pomocnou pozici P192 pro odlozeni dilce na vystupni zasobnik
3310 OVRD RYCHLE	'nastaví aktuální rychlost na RYCHLE
3320 MOV P99	'presun na pozici P99

```

3340 RETURN 'vrácení do místa vetveni
3350 *****
3360 *** PODPROGRAM CERNY - KONEC ***
3370 *****
3380 '
3390 ***** KONEC PODPROGRAMU *****
    
```

Tabulka 9: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 1

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání pozice a operací	Kloubová interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí kloubové interpolace.	MOV P1
	Lineární interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí lineární interpolace.	MVS P1
	Kruhová interpolace	Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVC P1,P2,P3
		Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod - průchozí bod - konečný bod).	MVR P1,P2,P3
		Pohyb podél oblouku na protilehlé straně od určeného oblouku (výchozí bod - referenční bod - konečný bod).	MVR2 P1,P9,P3
		Pohyb po sadě oblouků (vých. bod - konc. bod).	MVR3 P1.P3
	Ovládání rychlosti	Nastaví rychlost pro jakoukoliv interpolaci v procentech (jednotka 0,1 %).	OVRD 100
		Nastaví rychlost kloubové interpolace v procentech (jednotka 0,1 %).	JOVRD 100
		Nastaví rychlost pro lineární a kruhovou interpolaci pomocí num. hodnoty (jednotka 0,1 mm/s).	SPD 123.5
		Určí dobu zrychlení / dobu doběhu jako procento z předurčené maximální doby zrychlení / doby doběhu (jednotka 1 %).	ACCEL 50,80
		Automaticky nastaví zrychlení / zpomalení shodně s proměnnou hodnotou nastavení.	OADL 1,5,20
		Nastaví ruku i pracovní podmínky pro automatické přizpůsobení zrychlení / zpomalení.	LOADSET 1,1
	Operace	Přidá proces do operace (nepodmíněně).	WTH
		Přidá proces do operace (podmíněně).	WTHIF
		Určí hladkou operaci (plynulý pohyb).	CNT 1,100,200
		Určí podmínky pro dokončení umístění dané číslem pulsů.	FINE 200
		Zapne / vypne servopohony pro všechny osy.	SERVO OFF
		Nastaví točivý moment pro každou osu tak, že nemůže být překročen.	TORQ 4,60
	Kontrola pozice	Nastaví základní souřadnicová data.	BASE P1
		Nastaví nástrojová souřadnicová data.	TOOLP1
		„Plovoucí ovládání“	Tuhost ramene je nižší a měkčí.
	Tuhost ramene se nastaví do původních hodnot.		CMP OFF
	Nastavení tuhostí ramene.		CMP 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0
Ovládání programu.	Větvění	Nepodmíněně větvení na určené místo.	GOTO 120
		Větví se podle určených podmínek.	IFM_IN(1)=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
		Opakuje, dokud určené koncové podmínky nejsou splněné.	FORMI=1 to 10 NEXT
		Opakuje, dokud určené podmínky jsou splněné.	WHILE MI<10 WEND
		Vykoná programový blok odpovídající určené adresové hodnotě...	SELECT CASE 1 CASE 2 END SELECT
		Přeskočí řádek v programu.	SKIP
	Podprogram	Spustí určený podprogram (uvnitř programu).	GOSUB 200
		Návrat z podprogramu do hlavního programu.	RETURN
		Spustí podprogram, který odp. hodnotě proměnné	ON MI GOSUB 100,200,300

Tabulka 10: Základní příkazy programu MELFA-BASIC IV – část 2

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání programu.	Přerušení	Definuje podmínku přerušení a obslužný program.	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Zapne / Vypne přerušení.	ACT 1=1
		Definuje počáteční řádek programu, který se vykonává, když je vygenerováno přerušení od komunikační linky.	ON COM(l) GOSUB 100
		Zapíná přerušení od komunikační linky.	COM(l) ON
		Vypíná přerušení od komunikační linky.	COM(l) OFF
		Zastaví přerušení od komunikační linky.	COM(l) STOP
	Předčítání	Zastaví provádění předčítání.	SYNC
	Cekání	Nastaví čas čekání (jednotka 0.01 s).	DLY 0.5
		Ceká, dokud proměnná nebude odpovídat určené hodnotě.	WAITM_IN(1)=1
	Stop	Zastaví vykonávání programu.	HLT
		Generuje chybu. Může být určeno při vykonávání programu, pokračování, zastavení nebo při vypnutých servech.	ERROR 9000
	Konec	Ukončí vykonávání programu.	END
	Ruka	Otevři ruku	Otevře určenou ruku.
Zavři ruku		Zavře určenou ruku.	HCLOSE 1
Vstup / Výstup	Přiřazení	Definuje Vstupně / Výstupní proměnné.	DEF IOPORT1=BIT,0
	Vstup	Získá vstupní signál (použitelné u podmínek).	M_IN(1)=1
	Výstup	Pošle signál pro vysunutí zásobníku.	M_OUT(8)=1
Paralelní vykonávání	Nastavení mechanismu	Získání mechanismu s určeným číslem mechanismu.	GETM 1
		Uvolnění mechanismu s určeným číslem mechanismu.	RELM 1
	Výběr	Výběr určeného programu pro určený slot.	XLOAD 2,"P102"
	Start / Stop	Spustí paralelní vykonávání určeného programu.	XRUN3,"100",0
		Zastaví paralelní vykonávání určeného programu.	XSTP 3
Vrátí se zpět na první řádek určeného programu a spustí program.		XRST3	
Ostatní	Režim vysoké přesnosti trajektorie	Označuje, kde může být kontrola vysoké přesnosti trajektorie zapnuta nebo vypnuta.	PREC ON/OFF
	Definice	Definuje proměnnou jako typu Integer nebo jako Reálné číslo.	DEF INT KAISUU
		Definuje proměnnou jako řetězec.	DEF CHAR MESSAGE
		Definuje rozmístění proměnné (možné do 3rozměrného uspořádání).	DIM PDATA(2,3)
		Definuje kloubovou proměnnou.	DEF JNT TAIHI
		Definuje poziční proměnnou.	DEF POS TORU
		Definuje funkci.	DEF FNT ASU (A, B) = A+B
	Nulování	Vynuluje univerzální výstupní signály, proměnné v programu, proměnné mezi programy, atd.	CLR 1
	Soubor	Otevře soubor.	OPEN "COM1:"AS#1
		Zavře soubor.	CLOSE#1
		Vloží vstupy ze souboru.	INPUT#1,M1
		Vloží výstupy do souboru.	PRINT#1,M1
	Komentář	Označení komentáře.	REM"ABC"
Návěští	Označuje místo větvení.	*SUB1	

Na tomto místě je uveden kompletní seznam pozic, na který program odkazuje. Je také možné udělat program, který nebude odkazovat na seznam pozic. Pozice se však musí objevit přímo v programu. Tato metoda je však méně přehlednější.

No	Position	Orientation	Comment
P1	251.6, 41.1, 167.0	-52, 180,R,A	Pozice pro uchopeni dilce ve vstupnim zasobniku P1
P150	251.6, 41.1, 217.0	-52, 180,R,A	50mm nad pozici P1
P2	273.3, 166.4, 152.0	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni STRIBRNEHO dilce na kompletacni stan:
P22	273.3, 166.4, 149.5	0, 180,R,A	Pozice pro polozeni CERNEHO dilce na kompletacni stanici
P250	273.3, 166.4, 202.0	0, 180,R,A	50mm nad pozici P2
P2200	273.3, 166.4, 352.0	0, 180,R,A	200mm nad pozici P2
P3	194.0, 210.0, 150.5	0, 180,R,A	Pozice pro zjisteni, zda se jedna o cerny, nebo jiny dila
P350	194.0, 210.0, 200.5	0, 180,R,A	50mm nad pozici P3
P3200	194.0, 210.0, 350.5	0, 180,R,A	200mm nad pozici P3
P7	-91.8, 344.4, 128.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 1
P72	-91.8, 319.4, 128.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 2
P73	-91.8, 294.4, 128.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 3
P74	-91.8, 269.4, 128.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 4
P750	-91.8, 344.4, 178.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 1 + 50mm
P752	-91.8, 319.4, 178.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 2 + 50mm
P753	-91.8, 294.4, 178.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 3 + 50mm
P754	-91.8, 269.4, 178.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 4 + 50mm
P7200	-91.8, 344.4, 328.0	-210, 180,R,A	CERNY CEP 1 + 200mm
P8	-191.9, 342.4, 128.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1
P82	-191.9, 318.4, 128.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 2
P83	-191.9, 292.4, 128.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 3
P84	-191.9, 267.4, 128.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 4
P850	-191.9, 342.4, 178.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 1 + 50mm
P852	-191.9, 318.4, 178.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 2 + 50mm
P853	-191.9, 292.4, 178.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 3 + 50mm
P854	-191.9, 267.4, 178.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 4 + 50mm
P8200	-191.9, 300.4, 328.0	27, 180,R,A	STRIBRNY CEP 2 + 200mm
P9	272.5, 165.9, 155.9	-180, 180,R,A	Vlozeni_cepů
P92	272.5, 165.9, 153.4	-180, 180,R,A	Vlozeni_cepů - cerny_dilec
P950	272.5, 165.9, 205.9	-180, 180,R,A	50mm nad pozici pro vlozeni cepů
P9200	272.5, 165.9, 355.9	-180, 180,R,A	200mm nad pozici pro vlozeni cepů
P10	187.4, 261.8, 146.2	-61, 180,R,A	Zjistovani_pritomnosti pruziny
P101	187.4, 261.8, 145.0	-61, 180,R,A	Zjistovani_pritomnosti pruziny2
P1050	187.4, 261.8, 196.2	-61, 180,R,A	50mm nad pozici pro zjistovani_pritomnosti pruziny
P1020	250.0, 150.0, 200.0	-60, 180,R,A	Pozice pro spravné ustavení kabelů a tlakové hadice vedov
P11	215.3, 241.4, 148.0	-61, 181,R,A	Pozice pro uchopeni pruziny
P1120	215.3, 241.4, 168.0	-61, 181,R,A	Pozice pro uchopeni pruziny + 20mm
P1720	272.8, 120.7, 341.4	0, 180,R,A	Pozice pro bezpecny posun dilce k vystupnimu zasobniku
P182	152.7, 284.8, 346.8	-159, 180,R,A	Pozice vhodna pro otaceni dilu v uchopovaci hlavici
P19	107.2, 350.0, 310.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odlozeni hotove sestavy
P191	107.2, 350.0, 360.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odlozeni hotove sestavy + 50mm v Z
P192	107.2, 300.0, 360.0	-222, 180,R,A	Pozice pro odlozeni hotove sestavy + 50mm v Z a - 50mm v
P99	194.0, 210.0, 370.0	0, 180,R,A	REFERENCNI POZICE

Obr. 57: Seznam pozic

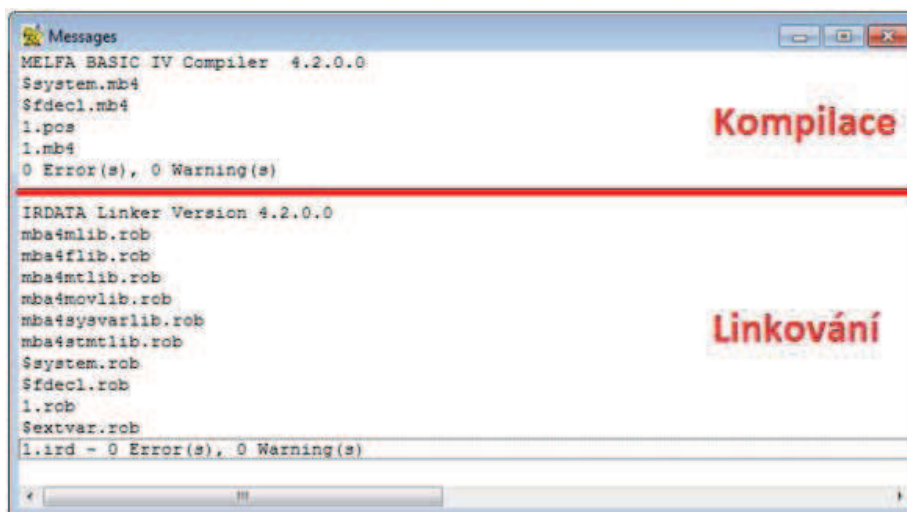
4.5.2 Ověření správnosti programu

Pokud jsou všechny pozice doplněny a program doplněny, je následně možné přejít k simulaci běhu programu. Aby bylo možné program spustit, je potřeba tento program a seznam pozic podrobit Kompilaci + Linkování (COMPILE+LINK). Pro tuto kompilaci je potřebné, napřed kliknout do okna s pozicemi a následně aktivovat okno s programem. (Tímto se zamezí případné chybě)



Obr. 58: Ikona PROJECT MANAGEMENT

Po zmáčknutí ikony Kompilace + Linkování se otevře okno zpráv, kde je napsáno, co vše bylo kompilováno, linkováno a zda byly nalezeny nějaké problémy. V části kompilace i Linkování by se neměly v ideálním případě nacházet žádné chyby a ani varování. V případě, že bude nějaký problém nalezen, vypíše se do tohoto okna typ chyby. Pokud je několikrát kliknuto na zprávu chyby, objeví se řádek, na kterém se chyba nachází, nebo řádek se kterým chyba přímo souvisí. Po opravě je nutné opět Kompilovat a Linkovat.



Obr. 59: Okno zpráv pro kompilaci a linkování

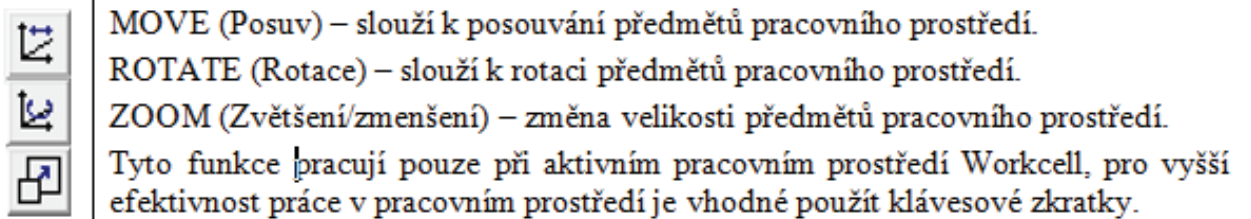
4.5.3 Simulace běhu programu

Prvním úkolem je naučit se základní pohyby s oknem pracovního prostředí (workcell). Jako první je potřeba, aby bylo kliknuto pravým tlačítkem na myši do okna pracovního prostředí a bylo vybráno Default Setting (defaultní nastavení). Při simulaci je často potřeba, aby některá část pracovního prostředí byla natočena, posunuta, nebo přiblížena.

Důvodem je fakt, že při určitých pohybech je potřeba dobře vidět na některé části pracoviště. K tomuto slouží tři pohybové funkce:

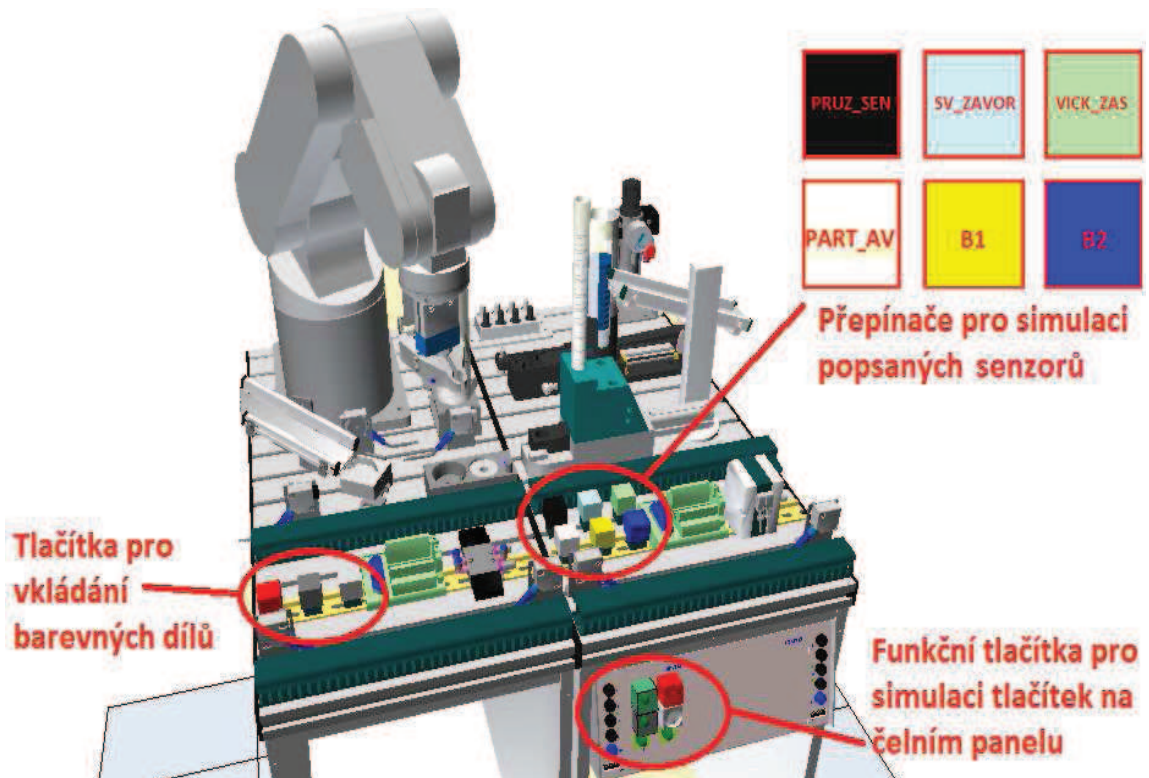
- MOVE (posuv) – SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši
- ROTATE (rotace) – CTRL + levé tlačítko myši + tažení myši
- ZOOM (zvětšení/zmenšení) – CTRL + SHIFT + levé tlačítko myši + tažení myši

Tyto funkce jsou dostupné i pomocí ikon, ale používání klávesových zkratk je efektivnější a rychlejší.



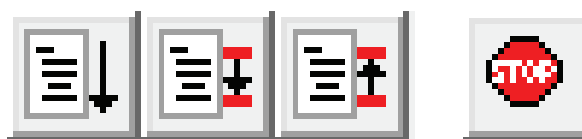
Obr. 60: Ikony posuvu, rotace, přiblížení a oddálení

Další velmi důležitou částí je seznámení z tlačítka simulovaného prostředí. Jedná se o tlačítka pro vkládání dílců, tlačítka pro simulaci tlačítek čelního panelu a jako poslední jsou zde přepínače pro simulaci senzor. COSIMIR® INDUSTRIAL totiž nepodporuje senzory a je nutné tyto senzory simulovat jiným způsobem.



Obr. 61: Popis simulovaných tlačítek

Spuštění simulace programu se provádí pomocí ikony start, která se nachází napravo od ikony pro Kompilaci a Linkování.



Obr. 62: Ikony pro Start programu, další/předešlý krok a zastavení programu

Po spuštění programu se robot a další nastavené části simulovaného prostředí pohybují dle programu. Důležité je také vědět, že až po spuštění programu se také aktivují všechna popsaná tlačítka.

Pokud je potřeba simulovat **ČERVENÝ (STŘÍBRNÝ)** dílec, je nutné napřed zmáčknou **tlačítko** pro vložení daného **ČERVENÉHO (STŘÍBRNÉHO)** dílce, následně je třeba přepnout přepínač **B1** (kvůli následné kontrole výšky dílce) a také **PART_AV** (možnost simulace dílu ve vstupním zásobníku).

Pokud je potřeba simulovat **ČERNÝ** dílec, je nutné napřed zmáčknou **tlačítko** pro vložení daného **ČERNÉHO** dílce, následně je třeba přepnout přepínač **PART_AV** (možnost simulace dílu ve vstupním zásobníku).

Všechny tyto změny vstupů a výstupů je možné sledovat v okně VSTUPŮ/VÝSTUPŮ. Tabulky vstupů a výstupů odpovídají PLC skutečného robota a je tedy možné si zjistit, co který příkaz provádí.

Tabulka 11: Vstupy PLC

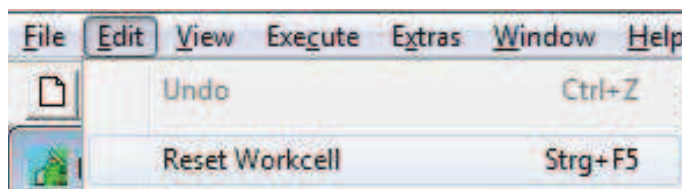
Vstup	Označení	Popis
0	EM_Stop	Emergency Stop
1	B1	Senzor umístěný na boku uchopovací hlavice (více použití)
2	B2	Senzor na kompletační stanici (pro ustavování dílců a víček)
3	START	Tlačítko start na čelním panelu – možno definovat dle potřeby
4	STOP	Tlačítko stop na čelním panelu (rozpínací) – možno definovat
5	RESET	Tlačítko reset na čelním panelu – možno definovat dle potřeby
6	PART_AV	Senzor na vstupním zásobníku (zjištění přítomnosti dílce)
7	AUTMAN	Přepínání Automatického/Manuálního ovládání
8	PRUZ_ZAJ	Senzor koncové polohy zaseté pístnice na podavači pružin
9	PRUZ_VYJ	Senzor koncové polohy vyjeté pístnice na podavači pružin
10	VIC_VYJ	Senzor koncové polohy zaseté pístnice (vyjetého podavače) víček
11	VIC_ZAJ	Senzor koncové polohy vyjeté pístnice (zasetého podavače) víček
12	PRUZ_SEN	Mechanický senzor, který snímá, zda je k dispozici pružina
13	SV_ZAVOR	Senzor (rozpínací) pro zjištění, zda je připraveno víčko pro odběr
14	VICK_ZAS	Senzor (rozpínací) pro zjištění, zda je připraveno další víčko
15	IP_FI	Senzor pro zjištění přítomnosti jiné stanice (montážní stanice)

Tabulka 12: Výstupy PLC

Výstup	Označení	Popis
0	START_S	Signálka v levém horním rohu tlačítka start na čelním panelu
1	RESET_S	Signálka v levém horním rohu tlačítka reset na čelním panelu
2	Q1_LED	Signálka s označením Q1 na čelním panelu – možno definovat
3	Q2_LED	Signálka s označením Q2 na čelním panelu – možno definovat
8	PRUZ_ZAS	Ovládání VYSUNUTÍ a ZASUNUTÍ zásobníku s pružinami
9	VICK_ZAS	Ovládání VYSUNUTÍ a ZASUNUTÍ zásobníku s víčky
15	IP_N_FO	Vysílače, který komunikuje se senzorem stanice s robotem IN_FI

V průběhu běhu programu je možné posouvat, otáčet a přibližovat pracovní prostředí dle potřeby a tím zkoumat, zda program běží správně. Zároveň je v okně s programem modře označen řádek, na kterém se program právě nachází. V případě potřeby je možné běh programu zastavit pomocí ikony stop, která se aktivuje po spuštění programu. Další možnost spuštění programu je krok po kroku pomocí ikony Další krok (Next Step), která se nachází napravo od ikony stop. Podmínkou je, že je právě aktivní okno s programem. Pokud by bylo aktivní okno se seznamem pozic, robot by se přesunul na další pozici v seznamu pozic.

Pokud je potřeba, aby se pracovní prostředí vrátilo do původního stavu, musí být vypnuta simulace běhu programu. Následně je nutné, aby bylo aktivní pracovní prostředí robotu (workcell). Resetování se provádí pomocí EDIT a Reset Workcell.



Obr. 63: Reset Workcell

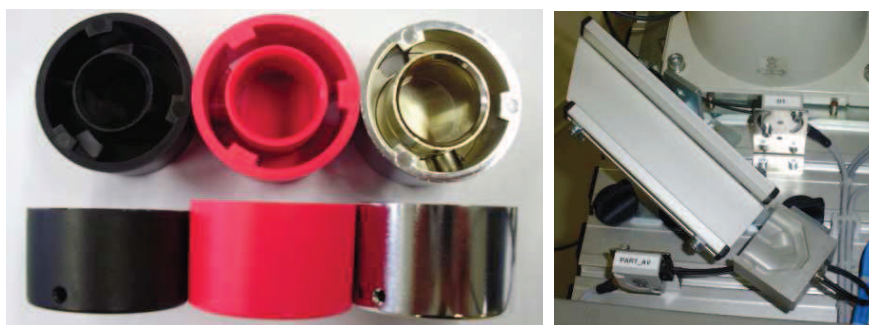
4.5.4 Spuštění programu na pracovišti MPS 202 - ROBOTICS

Před samotným spuštěním programu je potřeba zkontrolovat a udělat několik věcí, které jsou potřeba pro bezproblémový chod celého pracoviště.

4.5.4.1 Vložení dílů do vstupního zásobníku

Na výběr jsou zde tři typy dílců. Červený a stříbrný dílec se liší pouze v barvě. Černý dílec se však od červeného a stříbrného liší výškou a průměrem vnitřního otvoru. Průměr vnitřního otvoru přímo souvisí s typem čepu. Pro černé díly jsou určeny stříbrné čepy a červené a stříbrné díly jsou použity čepy černé.

Díly se do vstupního zásobníku vkládají otvorem nahoru. Je možné vložit najednou více dílů, které se budou po odebrání automaticky podávat. Na pořadí dílů nezáleží.



Obr. 64: Vlevo dílce, vpravo vstupní zásobník

4.5.4.2 Vložení čepů do palety s čepy

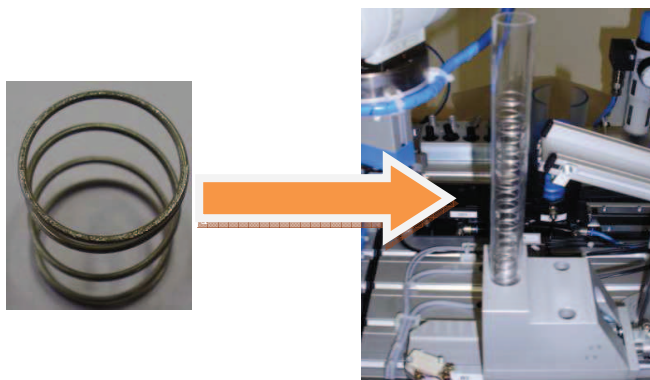
Do palety určené pro čepy je nutné vložit stříbrné čepy a černé čepy. Otvory pro čepy jsou různě veliké a tak nehrozí jejich záměna. Je také důležité, aby byly čepy vloženy správně. Pokud by byly vloženy špatně, hrozilo by poškození čepů, uchopovací hlavy, nebo robota.



Obr. 65: Vlevo prázdná paleta, uprostřed špatně a vpravo správně umístěné čepy

4.5.4.3 Vložení pružin do zásobníku

Zásobník na pružiny se plní přiloženými pružinami horní stranou průhledného válce.

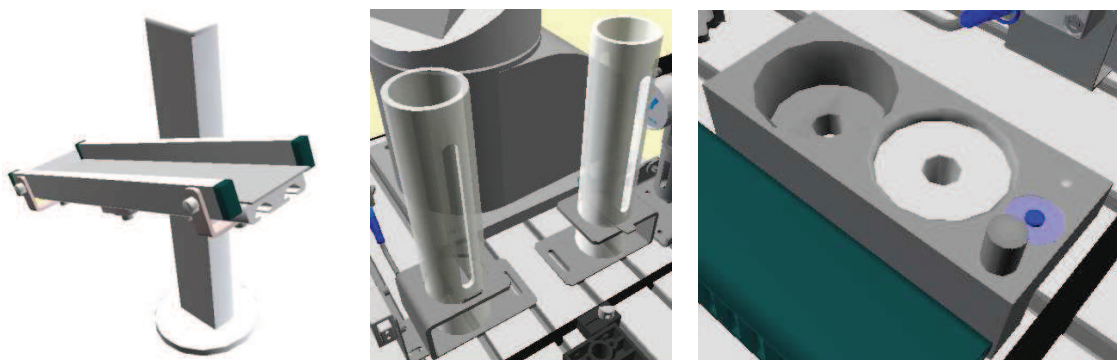


Obr. 66: Vlevo pružina, vpravo zásobník na pružiny

4.5.4.4 *Kontrola zaplnění zásobníku a kompletační stanice*

Programu je z důvodu zjednodušení napsán tak, že hodně míst na pracovišti není kontrolováno. Před samotným spuštěním programu je proto nutné tyto části zkontrolovat. Jedná se výstupní zásobník a dva svislé zásobníky. Z těch je potřeba odebrat všechny dílce. Dále je potřeba odstranit všechny dílce z kompletační stanice.

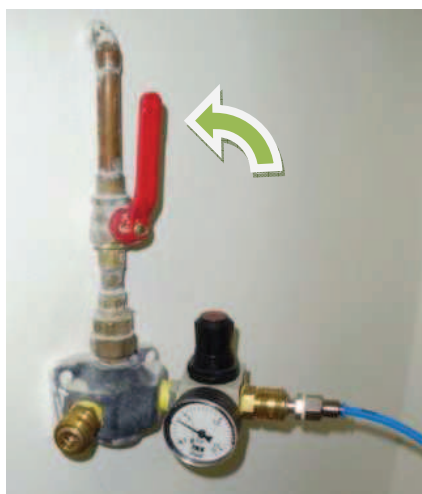
Toto je velmi důležité pro bezproblémový chod programu. Pokud by tato poloha na kompletační stanici byla při spuštění programu zaplněna, mohlo by dojít k poškození některé části stanice s robotem, nebo montážní stanice. Programu totiž z důvodu zjednodušení chybí některé bezpečnosti



Obr. 67: Výstupní zásobník vlevo, svislé zásobníky uprostřed, kompletační stanice vpravo

4.5.4.5 *Zapnutí tlakového vzduchu*

Ventil přívodu tlakového vzduchu je nutné dát do svislé polohy. Tím se zajistí přívod tlakového vzduchu k pneumatickým prvkům pracoviště.



Obr. 68: Ventil přívodu tlakového vzduchu v poloze zapnuto

4.5.4.6 PŘEPSÁNÍ RYCHLOSTI PROGRAMU

Z důvodu bezpečného prvního spuštění programu je potřeba upravit rychlosti pohybu na úplné minimum. Toho se dosáhne pomocí přepsání těchto řádků programu a následné KOMPILACE + LINKOVÁNÍ.

```

10 ' ***** NASTAVENÍ SLOV A HODNOT PRO RYCHLOSTI
*****
20 DEF INTE POMALU 'definování slova POMALU jako integer promenna
30 POMALU = 5      'prednastaveni slova "POMALU" na hodnotu RYCHLOSTI 20
40 DEF INTE SNEK   'definování slova SNEK jako integer promenna
50 SNEK = 5        'prednastaveni slova "SNEK" na hodnotu RYCHLOSTI 15
60 DEF INTE RYCHLE 'definování slova RYCHLE jako integer promenna
70 RYCHLE = 5      'prednastaveni slova "RYCHLE" na hodnotu RYCHLOSTI 60

```

Takto upravený program a seznam pozic je potřeba nahrát do řídicí jednotky robota. Postup propojení PC s řídicí jednotkou, nahrávání a spuštění programu je uvedeno v PŘÍLOZE 1 v kapitole 1.2, 1.3 a 1.4.

4.5.4.7 Upozornění

Pro případ, kdy by bylo potřeba nouzově zastavit vykonávání programu, je pracoviště vybaveno třemi červenými tlačítky nouzového vypnutí. Jedno se nachází na čelním panelu, druhé na ovládacím panelu a třetí na řídicí jednotce robota.



Obr. 69: Tlačítka nouzového zastavení

!!! PROGRAM MŮŽE BÝT SPUŠTĚN POUZE V TĚCHTO PŘÍPADECH !!!

- 4) POKUD SE ROBOT NACHÁZÍ V BEZPEČNÉ VÝCHOZÍ POZICI.
(V ideálním případě se jedná o pozici P99 [X194, Y210, Z370, A/P0 a B/R180]).
- 5) POKUD SE V OKOLÍ ROBOTU NENACHÁZÍ CIZÍ PŘEDMĚTY
- 6) POKUD SE V OKOLÍ ROBOTU NENACHÁZEJÍ NEPOVOLANÉ OSOBY

V opačném případě hrozí poranění osoby, nebo poškození některé části pracoviště. Před prvním spuštěním je **NUTNĚ** nechat vše důkladně zkontrolovat vyučujícím.

Pokud proběhne simulace sníženou rychlostí v pořádku, je možné po schválení vyučujícího upravit rychlost zpět na tooty POMALU = 20 , SNEK = 5 a RYCHLE = 60. Následně je potřeba program znovu KOMPILOVAT + LINKOVAT a nahrát do řídicí jednotky.

4.5.5 Protokol

Výsledkem tohoto cvičení bude protokol obsahující doplněný program. Program je napsán tak, že při vložení čepu do dílce se rameno robotu přesouvá zpět nad paletu s čepy. Tyto čepy jsou následně přeskládány a program pokračuje ve vkládání pružiny do dílce a doložení dílce do výstupního zásobníku. Toto řešení je však značně neefektivní a proto je úkolem vymyslet optimalizaci programu tak, aby zde nebyly zbytečné pohyby.