

Demonstrační aplikace pro robota Mitsubishi MELFA RV-2AJ

Bc. Marek Říha

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

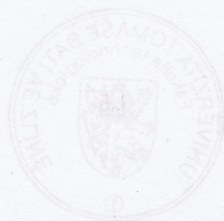
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek Říha**
Osobní číslo: **T11169**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**
Forma studia: **prezenční**
Téma práce: **Demonstrační aplikace pro robota Mitsubishi MELFA RV-2AJ**

Zásady pro vypracování:

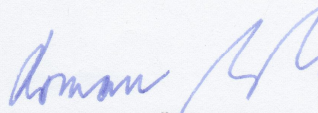
1. Vypracujte rešerši na dané téma.
2. Navrhněte vhodnou demonstrační aplikaci pro robota Mitsubishi MELFA RV-2AJ.
3. Připravte dokumentaci pro nutné konstrukční úpravy.
4. Vypracujte několik variant řídicího programu.

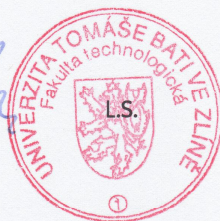


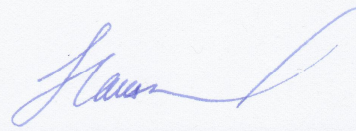
Rozsah diplomové práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucího diplomové práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Sámek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce: **8. února 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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/bakalářskou 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/bakalářské 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/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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

.....

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 nevydělečně 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 vzdělávacímu 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 díla:

(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

Diplomová práce se zabývá popisem a konstrukcí demonstračního modelu na montážní stanici s robotem MITSUBISHI MELFA RV-2AJ. Teoretická část pojednává o průmyslových robotech a pracovních hlavicích. Výsledky práce by měly sloužit k demonstraci schopností montážní stanice.

Klíčová slova: průmyslový robot, pneumatika, demonstrační aplikace

ABSTRACT

This thesis describes a design of a demonstration model of the assembly station with the robot Mitsubishi MELFA RV-2AJ. The theoretical part deals with the industrial robots and end-effectors. The work results should serve for demonstrational purposes.

Keywords: industrial robot, pneumatics, demonstrational application

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu diplomové práce Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za odborné vedení a rady, které mi poskytl. Dále bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Šálkovi a Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D za odbornou pomoc při realizaci praktické části projektu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	12
2 ZÁKLADNÍ POJMY ROBOTIKY	14
3 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY	16
3.1 ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ.....	16
3.1.1 Univerzální průmyslové roboty.....	16
3.1.2 Montážní průmyslové roboty.....	17
3.1.3 Svařovací průmyslové roboty.....	19
3.1.4 Průmyslové roboty pro další technologie	20
3.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY ROBOTŮ.....	21
4 PRACOVNÍ HLAVICE ROBOTŮ	25
4.1 ÚCHOPNÉ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	25
4.1.1 Mechanické úchopné hlavice	27
4.1.2 Pneumatické úchopné hlavice.....	28
4.1.3 Magnetické úchopné hlavice.....	29
4.2 TECHNOLOGICKÉ HLAVICE.....	30
5 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	31
5.1 ELEKTRICKÉ POHONY	31
5.2 PNEUMATICKÉ A HYDRAULICKÉ POHONY	33
5.3 KOMBINOVANÉ POHONY.....	33
6 SENZORY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	35
6.1 ROZDĚLENÍ SENZORŮ	35
7 ROBOTY MITSUBISHI MELFA	37
7.1 SFÉRICKÉ ROBOTY.....	37
7.2 SCARA ROBOTY	39
7.3 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY	39
7.4 PROGRAMOVÁNÍ ROBOTŮ.....	40
7.5 MELFA RV-2AJ	40
II PRAKTICKÁ ČÁST	44
8 DEMONSTRAČNÍ APLIKACE	45
9 ÚPRAVA STANICE S ROBOTEM MELFA	47
9.1 NÁVRH KOMPONENTŮ Č.1	48
9.2 NÁVRH KOMPONENTŮ Č.2	49
9.2.1 Návrh čelistí.....	50

9.3	KOMPLETACE NAVRŽENÝCH DÍLŮ	51
10	PROGRAMOVÁ ČÁST.....	53
10.1	OVLÁDÁNÍ ROBOTA POMOCÍ OVLÁDACÍHO PANELU	53
10.2	OVLÁDÁNÍ ROBOTA A ZÁPIS PROGRAMU POMOCÍ PC	54
10.2.1	Nouzové vypnutí.....	56
10.3	POUŽITÉ PŘÍKAZY	56
11	VYTVOŘENÉ DEMOSTRAČNÍ APLIKACE.....	65
11.1	LOGO UTB	66
11.2	ČÍSLA S POMOCÍ PŘÍKAZU TOOL	69
11.3	DEMONSTRAČNÍ APLIKACE SUDOKU	71
11.4	KONTURA POMOCÍ BODŮ Z CAD PROGRAMU	76
	ZÁVĚR	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK	88
	SEZNAM PŘÍLOH	89

ÚVOD

Definice robotu sice existují, nicméně je složité hledat shodu mezi odborníky nad sjednocením tohoto pojmu. Důvod je mimo jiné ten, že jde o velmi složitý technický systém, kde spolupracují odborníci z více vědeckých disciplín, kteří mají rozdělný pohled na problematiku. Slovo robot uvedl jako první Karel Čapek roku 1920 ve své hře R.U.R., v dnešní technické praxi má smysl používat spíše termín průmyslový robot, případně servisní robot. Robotika je vědní disciplína, která se zabývá různými aspekty v souvislosti s roboty a dělí se na část teoretickou, technickou a aplikační.

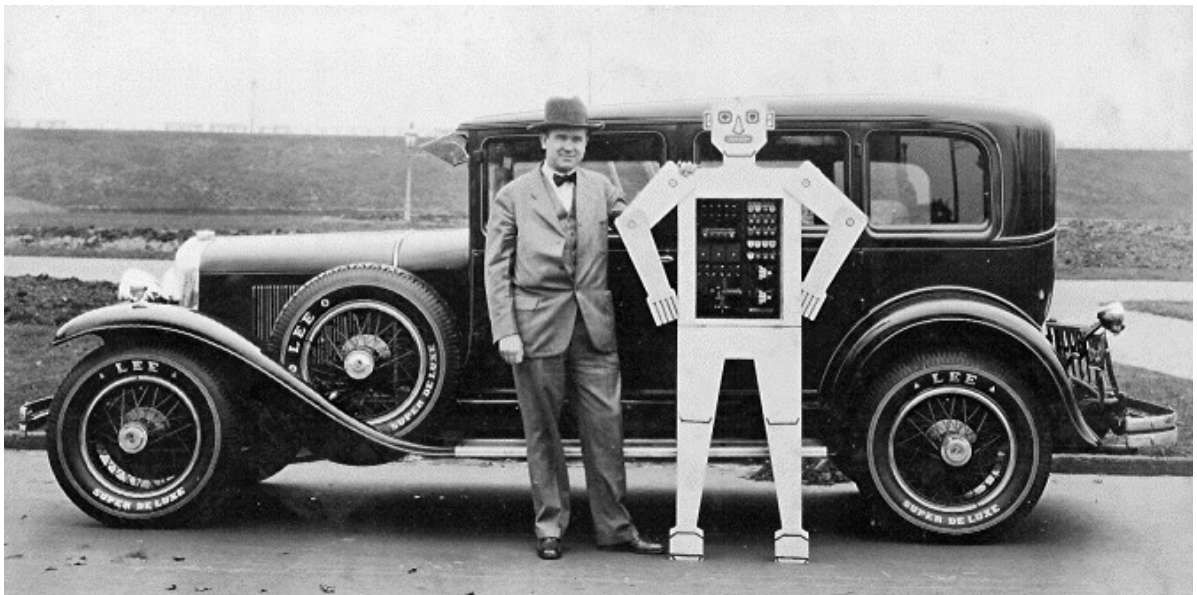
Teoretická část diplomové práce seznamuje čtenáře s historií a se základními pojmy robotiky. Znalost těchto pojmů je důležitá pro další pochopení dané problematiky. Dále je zde uvedeno rozdělení pracovních robotů, pracovních hlavic robotů a pohonů robotů.

Praktická část se zabývá samotnou realizací demonstračních aplikací navržených pro robot Mitsubishi MELFA RV-2AJ. Nejdříve bylo nutné upravit stávající pracoviště montážní stanice. Byly navrženy a vyrobeny dodatečné díly, které byly následně přimontovány k montážní stanici. Po odzkoušení funkčnosti všech dílů bylo vytvořeno několik demonstračních aplikací různých obtížností, délky zdrojových kódů a listů pozic. Tyto aplikace mají prezentovat možnosti robota v kombinaci s různými způsoby programování. Všechny demonstrační aplikace byly vytvořeny v programovacím jazyku Melfa Basic IV.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

První myšlenky průmyslových robotů vznikly v dobách, kdy se lidé pokoušeli sestrojít automaty, které by vykonávaly poslušně pohyby, a tím nahradily práci člověka. Pojem robot se objevil v roce 1920 ve hře R.U.R. od Karla Čapka. Roku 1927 na světové výstavě v New Yorku, kde se prezentovaly soudobé technické novinky, byl vystaven robot „Mr. Televox“ v lidské podobě, který vykonával základní pohyby, které samozřejmě neměly s dnešními roboty nic společného. [1]



Obr. 1 - První robot „Mr. Televox“.[6]

Později v roce 1942 vydal Isaac Asimov (Američan ruského původu) knihu „Já robot“ , kde definuje své 3 zákony robotiky. Pojem robot byl tedy ve druhé čtvrtině 20. století rozšířen do podvědomí mezi odbornou i laickou veřejnost. [1]

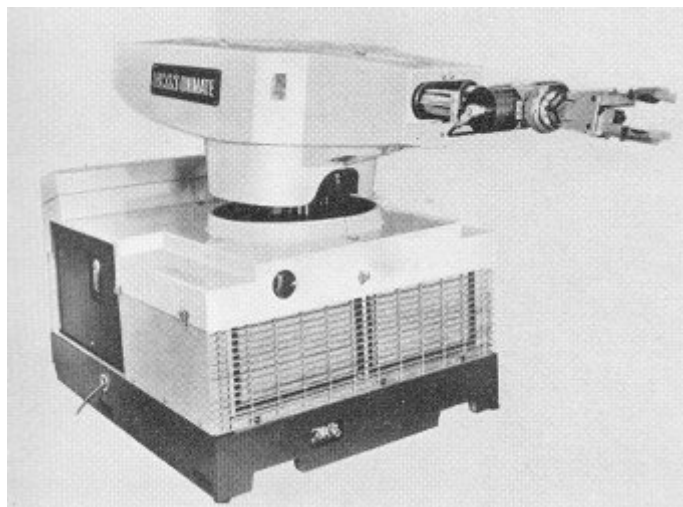
První velký krok z technického hlediska udělal Henry Ford ve své firmě díky pásové výrobě automobilů a tím podstatně zvýšil produktivitu továrny. Důležitou roli k cestě automatizace sehrál první počítač, který vznikl roku 1945 v USA. Na vývoji prvního průmyslového robotu spolupracovali američtí inženýři od roku 1956. O 2 roky později byla založena firma Unimation, kde posléze vyrobili a otestovali prvního průmyslového robota Unimate. Za další 2 roky byly již roboty úspěšně nasazeny u General Motors jako náhrada pracovníků pro lití pod tlakem a pro uvolnění těžkých a žhavých odlitků z formy, což bylo výhodnější z hlediska bezpečnosti a produktivity. Tím odstartovalo rozšíření robotů do firem po celém

světě. Pro představu je zde uvedena tabulka o počtu vyrobených a nasazených průmyslových robotů a manipulátorů v počátcích jejich vývoje. [1]

Tabulka 1.: Nárůst počtu nasazených robotů 1972-1984 [1]

	1972	1978	1980	1984
Japonsko	1500	7000	8400	34000
USA	850	3500	6000	13000
Západní Evropa	300	2500	4000	21000
Celý svět	2800	16000	25000	68000

Jak je z tabulky patrné, nárůst robotů v 70. letech byl ve vyspělých zemích intenzivní, ovšem ještě rychleji pokračoval v dalším období, kdy začátkem 21. století již překonal hranici 1,3 milionů. [1]



Obr. 2 - První průmyslový robot „Unimate“.

2 ZÁKLADNÍ POJMY ROBOTIKY

Základní technická terminologie ve všech oborech má svůj význam, zasahující do mnoha oblastí. Neznalost klíčových pojmů vede k velkým obtížím při pochopení dané problematiky. Základní pojem v technické terminologii je robot. Tento pojem má několik definic, jelikož sjednotit tento pojem mezi odborníky je velmi obtížné. Jde totiž o velmi složitý technický systém. Níže je uvedeno shrnutí definic.

Robotika:

Speciální vědní disciplína, jejímž předmětem zájmu je studium vlastností a možností robotů a manipulátorů. Dělí se na Teoretickou robotiku a Vědní robotiku.

Robot:

Je automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím podle instrukcí člověka.

Manipulátor:

Univerzální automatizované zařízení, používá se pro opakující se systémy. Manipulátory jsou člověkem ručně ovládaná zařízení. Mají jednodušší řídicí systém než robot.

Lokomoční systém:

Ústrojí zabezpečující pohyb robota v pracovním prostředí.

Motorický systém:

Díky tomuto systému je realizován pohyb mechanického ústrojí robota.

Řídicí program:

Vnitřní množina řídicích instrukcí, která definuje funkční schopnost, akce a odezvy robotického systému. Takovýto typ programu je pevně daný a uživatel jej nemůže modifikovat.

Cyklus:

Jedno provedení úkonu programu.

Místní řízení:

Booleovská hodnota udávající, zdali mohou, nebo nemohou dálkové operace vyvolat změnu stavu serveru. Pokud má místní řízení hodnotu TRUE, dálkové operace nemohou měnit stav serveru.

Uvolnění pohybu:

Booleovská hodnota, jejíž hodnota TRUE udává, že platný povel udělený řídicímu programu ramene vyvolá pohyb tohoto ramene.

Pozice:

Kombinace polohy a orientace robota nebo součásti v soustavě souřadnic.

Dálková operace:

Operace ovládaná pomocí komunikační sítě.

Rameno robota:

Označení manipulátoru, koncového efektoru, jeho napájecího zdroje a řídicího programu.

Program úkonů:

Množina pohybových a pomocných funkcí definujících konkrétní úkol systému, tento program generuje uživatel.

Krok:

Dále nedělitelný prvek programu úkonů. Může, ale také nemusí zahrnovat pohyb robota. [3]

3 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY

Průmyslové roboty mohou být klasifikovány podle různých kritérií - počet stupňů volnosti, kinematické struktury, použitých pohonů, geometrie pracovního prostoru, pohybových charakteristik, způsobu řízení, způsobu programování.

Roboty jsou většinou konstruovány jako kloubové roboty s ramením kloubem, loketním kloubem a zápěstním kloubem. Převážně jde tedy o stroje s třemi klouby s úchopem na konci. Středně velké roboty mají pracovní rozsah jako ruka člověka, ale dokáží s břemenem pohybovat větší rychlostí s potřebnou přesností. Únosnost bývá obvykle 300N, některé můžou mít ovšem únosnost až 3000N. [1]

3.1 Rozdělení průmyslových robotů

Průmyslové roboty lze v praxi dělit buď podle druhu použití, nebo mechanické stavby.

- univerzální průmyslové roboty (určené pro převážně manipulační účely)
- montážní průmyslové roboty
- svařovací průmyslové roboty
- průmyslové roboty pro další technologie

3.1.1 Univerzální průmyslové roboty

Tyto druhy robotů vykonávají většinou pouze manipulaci se součástmi po dané trajektorii. Mají většinou šest stupňů volnosti, někdy bývají doplněny o nezávislý přísuv hlavice. Zajišťují většinou pohyby po delších trajektoriích. Pro využití na více pracovištích bývají víceúčelové. [1]



Obr. 3 - Univerzální průmyslový robot. [1]

3.1.2 Montážní průmyslové roboty

Vývoj robotů dává předpoklady i k jejich širšímu nasazení při montážních operacích. Při realizaci montážních operací přichází v úvahu použití i dvou úplně rozdílných typů robotů. Na jedné straně se jedná o využití jednoúčelových robotů v automatických montážních linkách a na straně druhé o využití tzv. „inteligentních robotů“. V návaznosti na technickou úroveň současných a budoucích robotů i s ohledem na předpokládaný rozvoj montážní techniky lze rozdělit oblasti jejich společného využití do sedmi skupin:

1) Nasazení robotů místo živé pracovní síly v jednom místě vícemístného postupového pracoviště s dopravním taktovým zařízením. Robot zde může buď utahovat

matice zachycené na jeden závit, nebo je ovládat při automatickém přívodu matic, eventuálně podávat matice ze zásobníku a utahovat je.

2) Robot může pracovat jako pomocná pracovní síla nebo silový mechanismus při montáži těžších předmětů.

3) Vykonání celé montáže výrobku na jednom pracovním místě, přičemž si robot bere součástky z různých zásobovacích poloh.

4) Nasazení robotu na více polohovém pracovišti automatické montáže s využitím montážních strojů. Robot zde zajišťuje buď mezioperační manipulaci smontovaných podskupin, nebo vkládá některé součástky do montážní hlavice.

5) Namísto člověka může robot obsluhovat některé pracovní stanice montážních strojů, např. vkládat a vykládat součástky, popřípadě paletizovat výrobky.

6) Robot může zajišťovat výměnu kazetových zásobníků u vysoce výkonných montážních strojů, přičemž plné a prázdné zásobníky jsou uloženy v paletách.

7) Robot bude orientovat, popřípadě paletizovat součástky nebo je třídit. Součástky zde přicházejí neorientované na páse nebo na jiném manipulačním zařízení.

Schopnost průmyslového robotu zjistit vnější stavy i omezení a přizpůsobit jim trajektorie chapadla se nazývá aktivní adaptibilita. K realizaci tohoto úkolu je třeba vybavit hlavice snímači. Takováto hlavice vyžaduje interakci s řídicím systémem průmyslového robotu. [1]



Obr. 4 - Paletizační robot. [1]

3.1.3 Svařovací průmyslové roboty

Tyto roboty musí umožňovat pohyb svařovacího nástroje po předepsané dráze (prostorové trajektorii), orientaci svařovacího nástroje tak, aby svíral s tečnou rovinou svaru předepsaný úhel a prováděl svařovací úkony v předepsaném časovém limitu. Ten je úměrný délce vykonaného svaru v daných podmínkách, popř. počtu svařovaných bodů u bodového svařování.

Počátek rozvoje svařovacích robotů se vyznačoval využíváním typických manipulačních robotů pro účely svařování. To vedlo k tomu, že nosnost těchto robotů často značně převyšovala hmotnost svařovacích nástrojů (i s ústrojím pro přívod svařovacího drátu). Nové typy mají proto nosnost již přizpůsobenou, využívají se konstrukce méně tuhé s přesností dostačující pro kladení kvalitního svaru. Pouze u bodového svařování vyšší hmotnost bodovacích kleští ospravedlňuje použití robotů stejné konstrukce jako pro užití při manipulaci. [1]



Obr. 5 - Svařovací robot. [1]

3.1.4 Průmyslové roboty pro další technologie

Těmito dalšími technologiemi jsou nejčastěji:

- Nanášení nátěrových hmot (povrchová úprava)
- Plnění nádob (chemický a farmakologický průmysl)
- Kladení stavebních dílců, aj.

Na rozdíl od jednoúčelových manipulátorů používaných u těchto technologií jsou zmíněné PRaM využitelné v rámci jedné technologie u více různých pracovišť. Je zde tedy zvýšená využitelnost při kooperaci s různými výrobními zařízeními pro určitou technologii. Ekonomická rozvaha o vhodnosti „univerzálního“ nebo jednoúčelového PRaM je tedy vždy nezbytná. Ve většině případů jsou použity PRaM pro manipulační funkci s upravenými nebo rozšířenými výstupními hlavicemi, které umožňují realizovat danou technologii, popř. přizpůsobeným řídicím systémem. Neobvyklé pracovní prostředí (záření, vysoké teploty, výbušnost atd.) nese s sebou požadavky na vyhovující provedení pohonu, řízení, ale i mecha-

nické stavby, popř. na jejich ochranu. To musí pak být v souladu s platnými předpisy o bezpečnosti a ochraně při práci. [1]

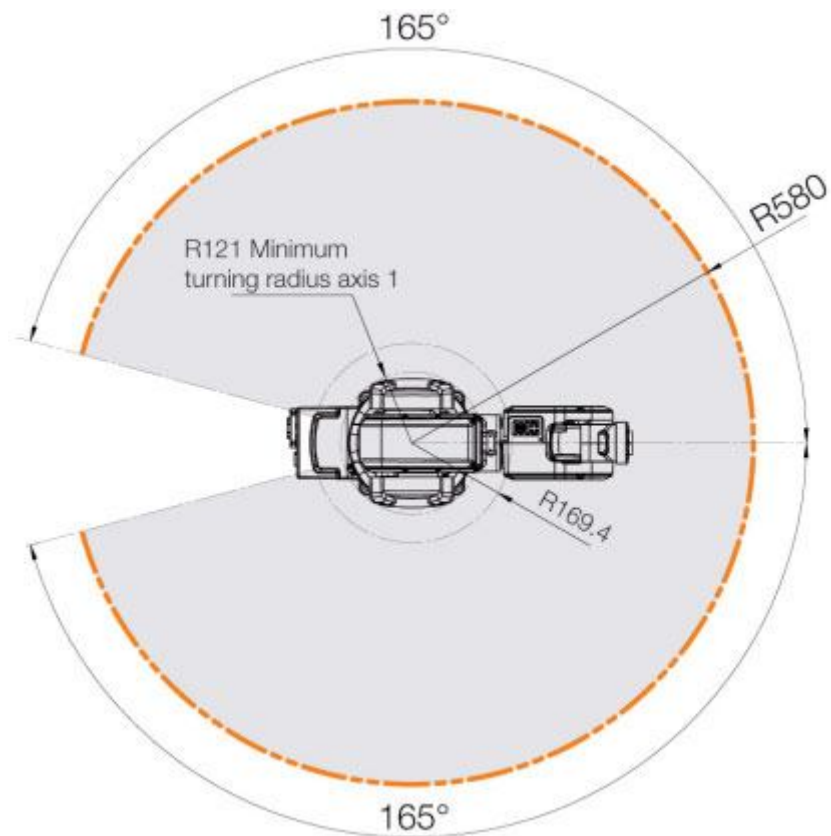


Obr. 6 - *Lakovací robot.* [1]

3.2 Základní parametry robotů

Dosah

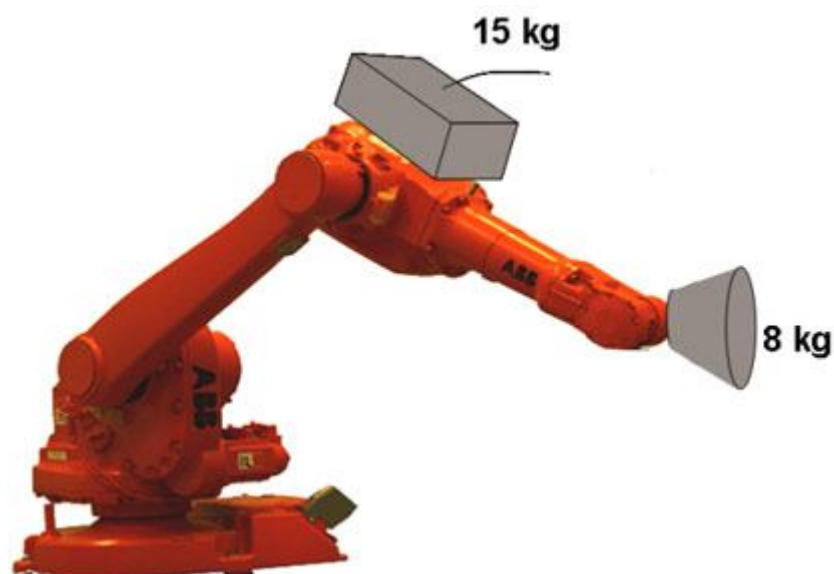
Udává maximální vzdálenost od středu základny robota do místa, jež je schopen manipulátor dosáhnout. [2]



Obr. 7 - Dosah manipulátorů. [2]

Nosnost

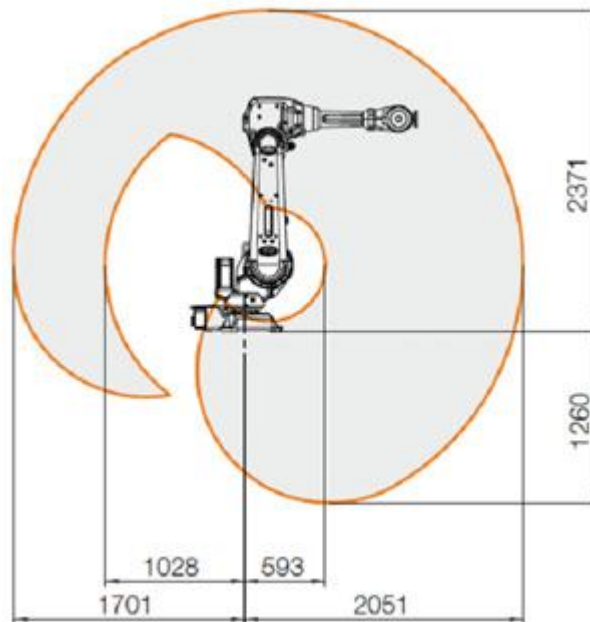
Maximální hmotnost břemene, které je možné nainstalovat na koncovou přírubu robotu. Další důležitou hodnotou je hmotnost břemene, které jde přichytit na horní rameno. [2]



Obr. 8 - Nosnost. [2]

Pracovní oblast

Grafické znázornění plochy, po které může robot pracovat s členem umístěným na koncové přírubě. [2]



Obr. 9 - Pracovní oblast. [2]

Stupeň krytí

Stupeň krytí udává, jak bude robot odolávat okolnímu prostředí. Pro práci v náročných podmínkách se doporučuje robot s certifikací IP67, což zaručuje úplnou odolnost proti prachu a ponoření do vody po dobu 30min do holoubky 1 metru. Toto krytí zaručuje delší bezproblémový chod robota. [4]

Opakovaná přesnost

Tato hodnota udává, s jakou přesností je robot schopen opakovaně manipulovat s předměty. Údaj ukazuje na preciznost výrobce daného robota. [2]

Přesnost trajektorie

Tento parametr je velmi důležitý z hlediska udržení správné trajektorie robota při zvyšování rychlosti pohybu. U mnohých robotů dochází k odklonu od naprogramované a reálné trajektorie. [2]

Rychlost jednotlivých os

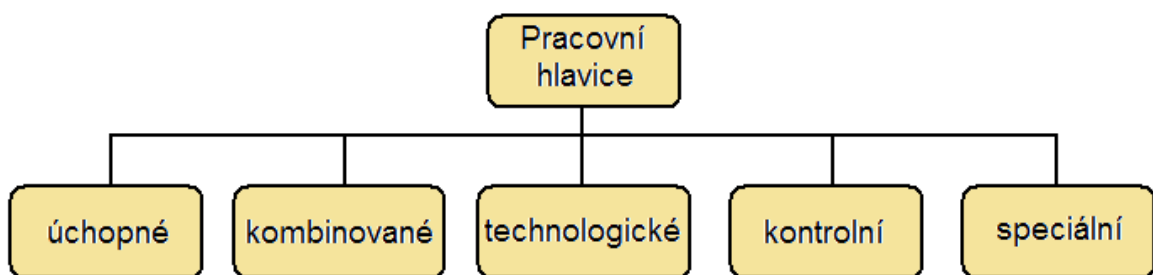
Tento údaj je částečně irelevantní, roboty se totiž většinou v pracovních cyklech nepohybují maximální rychlostí díky krátkým drahám. Nejedná se tedy o reálný obraz rychlosti, uvádí se ve stupních za sekundu. Velký vliv na výslednou rychlost robota má hodnota zrychlení a zpomalení nebo způsob, jakým je umí výrobce adaptivně řídit. [2]

4 PRACOVNÍ HLAVICE ROBOTŮ

Pracovní hlavicí robotů se rozumí ta část, která realizuje příslušné operace. Bývá umístěna jako poslední člen pohybového systému. Provedení pracovních hlavic robotů se může značně lišit z důvodu použití robotů v různých aplikacích. Nejčastěji jsou určeny pro tyto funkce:

- vkládání předmětu do prostoru výrobního zařízení, jejich vyjímání a ukládání na palety nebo na další zpracování
- mezioperační manipulace, tzn. přemístění předmětů mezi pracovišti
- realizace jednotlivých procesů jako je např. svařování, lakování atd.

Pracovní hlavice se dělí na 4 hlavní skupiny.



Obr. 10 - Dělení pracovních hlavic.

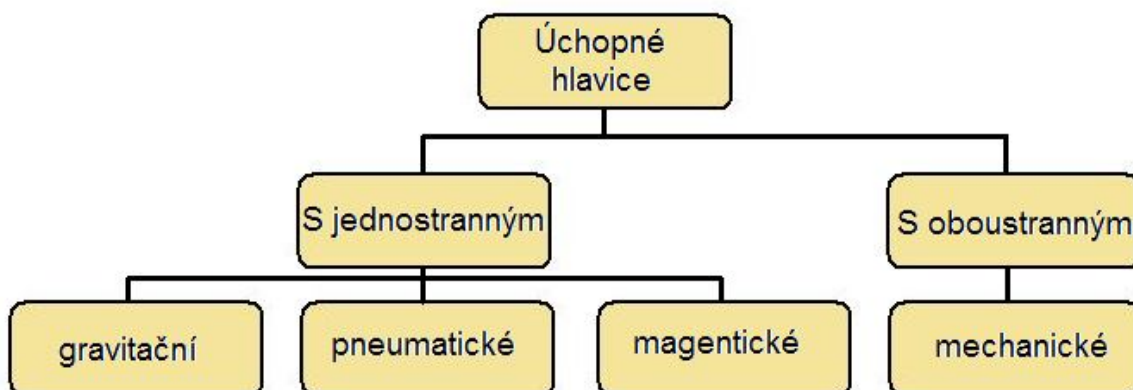
Konstrukční řešení pracovních hlavic musí umožňovat možnou nepřesnost samotného robota. Tento problém bývá řešen vložením deformačního členu. [5]

Pro uchopení a následnou manipulaci s předměty slouží úchopné hlavice. U kombinovaných jsou v rámci jedné hlavice zajištěny dvě nebo více funkcí. Hlavní části technologické hlavice je příslušný nástroj, nebo systém nástrojů, u kontrolní nebo měřící hlavice jsou zde čidla, určená ke sledování různých veličin. [5]

4.1 Úchopné hlavice průmyslových robotů

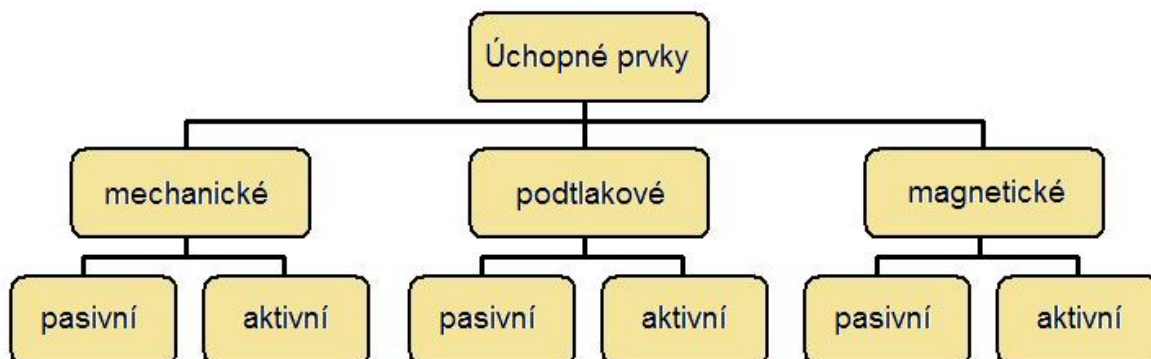
Úchopné hlavice slouží k uchopení a uvolnění pohybovaných předmětů. K samotnému uchopení dochází mechanickým stykem mezi uchopovaným předmětem a úchopnými prvky hlavice. Uchopovací síly jsou vyvozeny z mechanických čelistí, nebo se k uchopení používá působení gravitační nebo magnetické síly. Jsou to složité mechanismy, které zajišťují bezproblémové uchopení a uvolnění tělesa. K uchopení objektu dochází mechanickým stykem

tzv. úchopných prvků hlavice a povrchu objektu. Technicky je možné předmět uchopit dvěma způsoby - s jednostranným nebo oboustranným stykem. Další rozdělení úchopných hlavic je patrné na následujícím obrázku. [5]



Obr. 11 - Rozdělení úchopných hlavic.

Hlavními částmi úchopných hlavic jsou tzv. schopné prvky, ty bývají umístěny na nosné části hlavice a přicházení do styku s povrchem uchopovaného objektu. Úchopné prvky se dělí podle způsobu vyvození úchopné síly a působení na objekt. [5]



Obr. 12 - Rozdělení úchopných prvků.

Úchopné prvky, jejichž funkce může být ovládána řídicím systémem se označují jako aktivní schopné prvky. Úchopné hlavice, které neobsahují ani jeden aktivní schopný prvek, tudíž je nelze ovládat přímo řídicím systémem, jsou označovány naopak jako pasivní. V této souvislosti se rozlišují úchopné prvky na aktivní a pasivní. [5]

Úchopná hlavice je charakterizována především typem a strukturou, úchopnou silou, pracovním rozsahem a hmotností. Velikost úchopné síly je nutno stanovit s ohledem na setrvační síly, hmotnost objektu a provozní odpory. Nesmí však překročit hodnotu, při které by mohlo dojít k poškození vlastního objektu. [5]

4.1.1 Mechanické úchopné hlavice

Mechanické úchopné hlavice mají nejméně dva úchopné prvky, vždy ale musí být minimálně jeden úchopný prvek pohyblivý. Pohyblivé prvky vykonávají pohyby posuvné, otočné nebo obecné. Podle principu uchopení se mechanické úchopné hlavice dělí na pasivní nebo aktivní. [5]

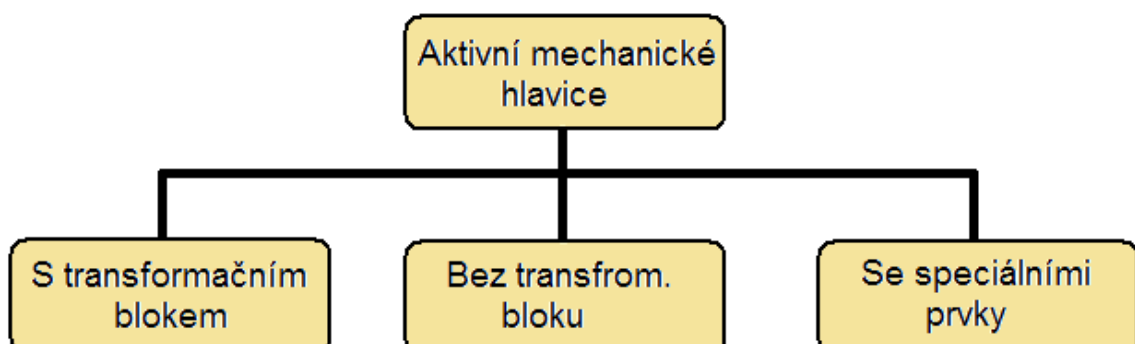
Pasivní mechanické úchopné hlavice

Pasivní mechanické úchopné hlavice jsou jedny z nejjednodušších prostředků k zachycení objektů při jejich manipulaci. Patří zde různé typy tvarových lůžek, vidlice, čepy, háky, pružné čelisti. Manipulované předměty jsou drženy vlastní tíhou na pevných podporách. Používají se zejména při pohybu s rotačními předměty, které mohou být zajištěny proti posunutí. Pohyb ramene musí být plynulý, bez rázů, aby nedošlo k vypadnutí předmětu. Musí se zde uvažovat i maximální přípustné zrychlení vzhledem k bezpečnému zachycení objektu. [5]

Pasivní mechanické hlavice se vyznačují jednoduchou konstrukcí a používají se při manipulaci s lehčími předměty jednoduchých tvarů (většinou rotační). Jsou sestaveny z pevných a odpružených prvků bez pohonu. [5]

Aktivní mechanické úchopné hlavice

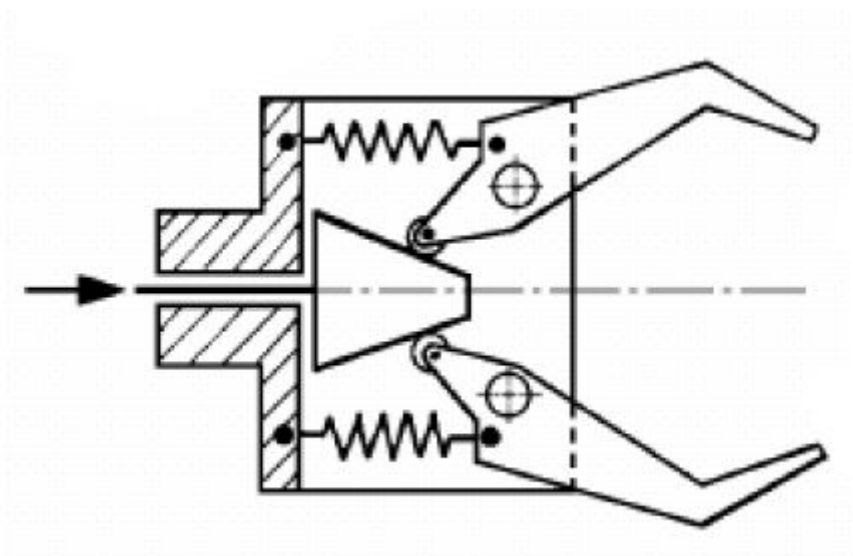
Tyto hlavice bývají často označovány jako mechanická chapadla. Jsou vybavena ovládanými pohyblivými čelistmi. K uchopení tělesa dochází podobným pohybem jako lidskou rukou. Alespoň jeden úchopný prvek musí být s vlastním pohonem. [5]



Obr. 13 - Rozdělení aktivních mechanických hlavice.

Hlavice s transformačním blokem se vyznačují tím, že mezi úchopné prvky je vložen mechanický člen, který umožňuje společné ovládání více čelistí. Tento člen může měnit rychlost,

smysl pohybu, schopnou sílu. K pohonu čelistí se většinou používají přímočaré hydraulické nebo pneumatické motory. Jejich výhodou je velká upínací síla při malých rozměrech. [5]



Obr. 14 – Schéma mechanické úchopné hlavice.

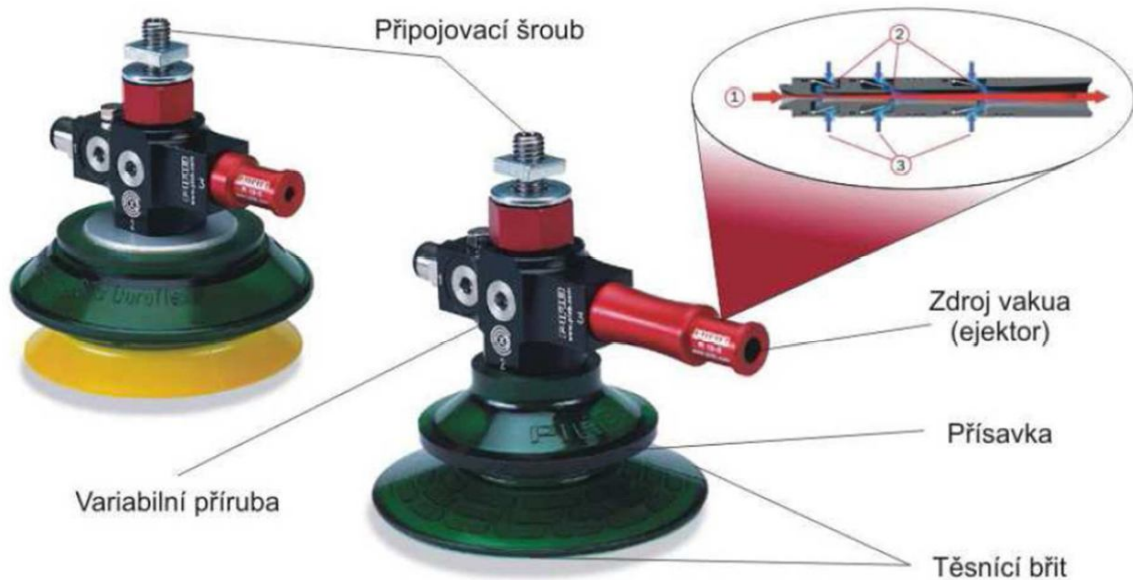
4.1.2 Pneumatické úchopné hlavice

Patří sem hlavice přetlakové a podtlakové. Podtlakové se dělí na aktivní a pasivní, kdy pasivní jsou tvořeny pružnými deformačními přísavkami. Zde je těleso přidržováno podtlakem, který vzniká mezi tělesem a deformační přísavkou. Používá se zejména u rovinných dílců s kvalitním povrchem. Velikost schopné síly je závislá na velikosti styčné plochy. Pro uvolnění předmětu je nutné vyvinout sílu, která jej strhne z přísavky.

Aktivní prvky používají k přidržení předmětů sílu podtlaku vyvinutou vývěvou nebo ejektorem. Tyto hlavice se používají k manipulaci s velkými předměty, které jsou pro svou velikost obtížné chytit mechanickými chapadly, jako například velké tabule plechu.

U konstrukce těchto hlavice je potřeba dbát zvýšené opatrnosti, kdy při případné poruše může dojít k pádu manipulovaného tělesa. Uchopení podtlakových hlavice by mělo probíhat ve vodorovné poloze. Pokud se nejde vyhnout uchopení šikmému, je třeba dbát zvýšené opatrnosti. Pokud se přepravuje předmět o velké ploše a malé tloušťce, je třeba volit vhodné množství přísavek, aby zabránily případné deformaci z prohnutí tělesa. Při přisunutí hlavice k přemísťovanému tělesu je potřeba se vyvarovat nárazům, nebo velkým tlakům na těleso z důvodu možné deformace, poškození nebo předčasnému opotřebení přísavky. Při styku s tělesem by tedy mělo docházet pouze k minimálním deformacím. Plocha přísavky nesmí

být větší, než plocha uchopovaného tělesa, čímž by hrozil únik vakua. Při použití více přísavek je třeba dbát staticky vyváženého uchopení. Při zvedání pórovitých předmětů je potřeba počítat s únikem vakua a tím s vyšším výkonem vakuové pumpy nebo vyšší účinnost v okruhu přísavky. [5]



Obr. 15 – Aktivní podtlaková hlavice. [10]

Mezi přetlakové spadají takové hlavice, které mají speciální schopné prvky. Patří sem přetlaková upínací pouzdra, která jsou tvarově uzpůsobena předmětu s nímž se má manipulovat. Předměty se upínají za vnitřní nebo vnější povrch. Tyto pouzdra jsou vyrobena z pružného materiálu (pryže). Dalším případem přetlakové hlavice je prvek, který je tvořen nesouměrnou hadicí. Po připojení na stlačený vzduch hadice obepne předmět se kterým se má manipulovat. [5]

4.1.3 Magnetické úchopné hlavice

Využívají se při manipulaci feromagnetických materiálů. Patří zde hlavice aktivní a pasivní. Pasivní hlavice jsou tvořeny permanentními magnety ve tvaru tyčí. Jsou vhodné zejména pro uchopení drobných předmětů, kde není potřeba velké schopné síly a zároveň velké síly potřebné pro následné uvolnění. V nejjednodušším případě dojde k uvolnění trhnutím hlavice, případně jsou použity vyhazovače, které jsou ovládány obvykle pneumaticky. Aktivní hlavice jsou na rozdíl od pasivních vybaveny elektromagnety, které jsou umístěny v úchytných prvcích desek. Pro uvolnění tělesa se přeruší dodávka napájecího proudu. Oba způsoby jsou výhodné z hlediska přizpůsobení schopných prvků tvaru tělesa jejich rozmístěním. Počtem

magnetů je také možnost ovlivnit schopnou sílu. Nevýhodou je možnost znečištění styčných plochy, na nichž se zachytávají zejména drobné feromagnetické části, které mohou zhoršovat kvalitu manipulovaného předmětu. [5]

4.2 Technologické hlavice

Technologické hlavice jsou výstupní části průmyslových robotů a manipulátorů, které jsou určeny pro realizaci určitých technologických operací. Patří sem hlavice určené pro svařování, lakování, montáž aj. Součástí této hlavice je i zařízení, které dodává hlavici potřebný materiál, např. svařovací drát, inertní plyn, barvu pro lakování. Pokud je hlavice určena k obrábění, je z hlediska konstrukce nutné počítat s vnějšími silami, které na hlavici budou působit. Průmyslové roboty osazené tímto typem hlavic musí zajišťovat požadovanou přesnost polohování, to umožňuje jednodušší provedení operací, které vyžadují vyšší přesnost. [5]



Obr. 16 – Robotizace ve svařování.

5 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

Funkce pohonu průmyslového robotu se zakládá na přeměně vstupní energie na mechanický pohyb. Pohon tvoří motor, který tuto přeměnu zprostředkovává, blok pro ovládání energie do motoru a dále spojovací blok, ten vytváří vazbu mezi motorem a pohyblivou částí. Pohyb na výstupu motoru je přenášen na výstup pohybové jednotky buď přímo, nebo přes transformační blok. Mezi nejdůležitější požadavky na pohony se řadí plynulý bezrázový rozběh a brzdění, přesnost a tuhost polohování, pokud možno co nejmenší rozměry a hmotnost. [1]

Plynulý chod je požadován z několika důvodů, hlavním je bezpečné přenesení objektu, pro které je při plynulém chodu zapotřebí menší schopná síla. Dalším důvodem je dodatečné kmitání kolem koncové polohy, které vzniká při pohybu s rázy. Tato konstrukce je více namáhána a tím dochází k rychlejšímu opotřebení, což se negativně projevuje na spolehlivosti a životnosti zařízení. Polohová tuhost se očekává od pohybové jednotky která je v klidu i při působení vnějších sil do určité úrovně. Rozumí se tím schopnost pohonu udržet požadovanou polohu. To se zajišťuje pomocí konstrukce vazby mezi motorem a výstupem pohybové jednotky. Velkou tuhost mají hydraulické motory, díky nestlačitelné kapalině, která se zablokuje pomocí rozvaděče. Malou tuhostí disponují pneumatické a elektrické motory, což se řeší pomocí brzdy umístěné mezi výstupem motoru a výstupem pohybové jednotky. Minimální hmotnost a s tím souvislé minimální rozměry jsou výhodné z hlediska energetické náročnosti a výsledné dynamiku pohybu. [1]

Hlavním prvkem pohonů je motor, který se podle druhu energie, která se přivádí na vstup, dělí na pohony:

- elektrické
- hydraulické
- pneumatické
- kombinované

5.1 Elektrické pohony

Rozšířením moderních stejnosměrných a poslední dobou střídavých motorů se dostaly konstrukce s elektrickými pohony, hlavně pro roboty střední nosnosti, na přední místo. Momentálně jsou v převaze motory do maximálního výkonu asi 6kW. Servopohony lze tedy využí-

vat u CNC obráběcích strojů. Za výhodu elektrického pohonu je považováno, že pracuje se snadno dostupným zdrojem energie, jednoduché vedení zdroje k motoru, jednoduchost spojení s řídicími prvky, snadná údržba, čistota provozu. Při srovnání s hydraulickým druhem pohonu vyniká elektrický tichostí provozu, malé nároky na chlazení, nižší provozní a pořizovací náklady. Mezi nevýhody patří závislost na dodávce elektrické energie. V pohonech robotů se využívají prakticky všechny druhy elektrických motorů. [1]

Vzhledem k rozvoji zpracování digitální informace se rozšiřuje použití krokových motorů. U krokových motorů je úhel natočení hřídele dán počtem impulzů přivedených na řídicí vinutí. Charakterickým znakem jsou kroky – nespojitý pohyb hřídele daný úhlovými skoky, dané odezvou rotoru na jeden řídicí impulz. Dále se používají otočné elektromagnety pro natáčení o určitý úhel. Slouží k uskutečnění přímočarých vratných pohybů. Výhodou je možná změna kroutícího momentu pomocí dodávaného proudu. Tyto pohony se mohou využít pro ovládání schopných čelistí, případně pro pohon ústrojí přidavných pohybů pracovních hlavic. [1]



Obr. 17 – *Lineární elektromotor.* [11]

Mezi nejmodernější typy patří lineární motory. Dokáží přímo transformovat elektrickou energii v mechanickou energii translačních pohybů postupných nebo kmitavých. U lineár-

ních krokových motorů se uplatňuje princip krokových motorů rotačních. Oproti rotačnímu má ale jemnější krokování a nižší pracovní frekvence. Nedostatkem je menší konečná polohová tuhost. Přímočaré elektromagnety se používají v konstrukcích ovládacích mechanismů schopných hlavíc. Využití nacházejí také jako ovládací prvky rozvaděčů, ventilů, spojek a brzd. [1]

5.2 Pneumatické a hydraulické pohony

Pneumatický a hydraulický pohon pracuje se obdobným druhem média, někdy se označují také jako pohony tekutinové. Z rozdílných fyzikálních vlastností kapalin a plynů se na rozdílných vlastnostech podílí zejména viskozita a poddajnost. V hydraulických systémech se používá minerální olej, u pneumatických motorů stlačený vzduch. Používají se při konstrukci robotů ve dvou oblastech. Pneumatický je využíván u konstrukce jednodušších zařízení s menší nosností. Výkon odpovídá provoznímu tlaku, který je většinou na centrálním rozvodu do 0,6 MPa. V případě použití samotného kompresoru lze pracovat s tlakem až 1 MPa. Mezi výhodu pneumatického obvodu patří velká rychlost lineárních pohybů., konstrukční jednoduchost a snadná údržba, možná činnost ve výbušném prostředí. Mezi nevýhody patří obtížné udržování rovnoměrného pohybu, to platí hlavně i malých rychlostí, poddajnost způsobená stlačitelností vzduchu a drahý provoz. Pro zařízení o větších výkonech a s požadavky na vysokou tuhost se používá pohon hydraulický. Výhodou těchto pohonů je jednoduché spojitě řízení základních parametrů, tj. síly, kroutícího momentu a rychlosti. Dále možnost přetížení bez poškození a vysoký měrný výkon. Realizace přímočarých pohybů konstrukčně jednoduchými, rozměrově malými a spolehlivými motory bez potřeby transformačních bloků a plynulý chod i při malých rychlostech. Nevýhodou hydraulických pohonů je obtížné dosažení vysoké rychlosti, závislost viskozity kapaliny na teplotě, hořlavost některých kapalin a potřeba samotného energetického bloku. Při srovnání je pneumatický pohon oproti pohonu hydraulickému rychlejší, má měkčí rozběh a brzdění, ale nedosahuje tak velké tuhosti a výkonu. [1]

5.3 Kombinované pohony

Smyslem této konstrukce pohonu je využití výhodných vlastností různých druhů pohonů. Teoreticky je možné dosáhnout takto šesti různých kombinací typů pohonů (elektrický,

hydraulický a pneumatický), zatím má praktický význam pouze kombinace elektrohydraulického pohonu a pneumohydraulického pohonu.

U elektrohydraulického pohonu se využívá možnost řízení elektromotorů, jejich snadné spojení s řídicím systémem spolu s výhodou hydraulických systémů. Na vstupu těchto systémů bývá nejčastěji elektromotor, buď krokový nebo stejnosměrný, a na výstupu hydromotor. Spojení mezi motory je dáno pohybem elektromotoru na hydromotor v přesně definovaném poměru natočení. Podstatnou vlastností je tedy polohová zpětná vazba. Řídící funkci plní elektromotor a jeho pohyb je sledován hydromotorem. Elektrohydraulické pohony dělíme na pohony rotační a lineární. U obou možností je na vstupu elektromotor s rotačním pohybem. Tento prvek rozvádí tlakovou kapalinu do hydromotoru. Z provozního hlediska je samozřejmě výhodnější provoz zařízení na jeden druh pracovního média, a proto nejsou kombinované pohony příliš rozšířené. [7]

6 SENZORY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

Pojem senzor má stejný význam jako snímač či detektor, jeho citlivá část se označuje někdy i jako čidlo. Jedná se o funkční prvek, který snímá sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a transformuje ji na měřicí veličinu, nejčastěji se jedná o veličinu elektrickou. Existují i senzory, které z neelektrické veličiny přímo transformují číslicový signál. [8]

6.1 Rozdělení senzorů

Podle měřené veličiny

Rozdělení podle měřené (vstupní) veličiny je podle použití daného senzoru. Patří zde například senzory tlaku, teploty, průtoku, radiačních veličin ve viditelném stavu, infračerveném a jiném spektru, senzory mechanických veličin, což jsou senzory posunutí polohy, rychlosti, zrychlení, síly a mechanického napětí, dále senzory pro analýzu látek, kapalin, plynů, elektrických, magnetických a jiných veličin. [8]

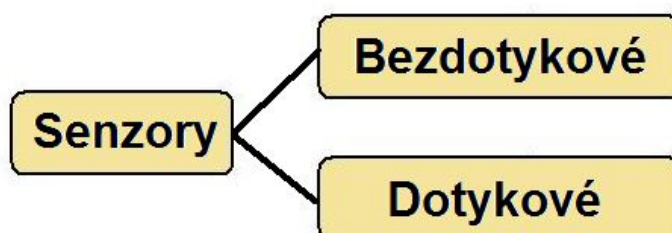
Podle výstupní veličiny

Z hlediska následného zpracování signálu je nejvhodnější informace výstupní veličiny elektrická. Jestliže by byla potřeba převést analogovou veličinu na digitální, byla by potřeba použít převodník. [8]

Podle fyzikálního principu

Zde spadají senzory odporové, indukční, indukčnostní, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, pyroelektrické, optoelektronické, optické, vláknové, chemické, biologické atd. [8]

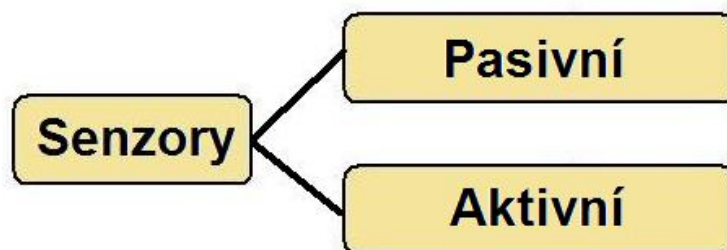
Podle styku senzoru s měřeným prostředím



Obr. 18 – Rozdělení senzorů dle styku s prostředím.

Podle transformace signálu

Podle transformace signálu se dělí senzory na pasivní a aktivní. Pasivní je takový senzor, u kterého je nutné elektrickou veličinu (indukčnost, kapacitu, odpor) transformovat na analogový proudový nebo napěťový signál. Měřicí veličinou je v tomto případě amplituda, kmitočet, fáze aj. Pasivní senzory vyžadují napájení, protože nejsou zdrojem energie. Jejich stav je popsán vstupem, výstupem a velikostí napájení. Mezi pasivní senzory patří laser, optický článek, tenzometr. Aktivní senzor se chová jako zdroj elektrické energie. Jejich stav je popsán vstupem a výstupem, jedná se třeba o termočlánek a fotovoltaický článek. [8]



Obr. 19 – Rozdělení senzorů dle transformace signálu.

7 ROBOTY MITSUBISHI MELFA

Ze skupiny robotů MELFA je na výběr velký počet různých modelů a verzí. Tyto roboty jsou navrženy, aby splňovaly většinu požadavků průmyslových aplikací. Přitom jsou co nejvíce přizpůsobivé, což je potřebné k přestavbě výrobních systémů. Ramena robotů z řady MELFA se dělí na sférické a SCARA. [9]



Obr. 20 – Skupina robotů MELFA. [9]

7.1 Sférické roboty

Výkonné kompaktní modely RV-2AJ/RV-1A

Tyto pětiosé a šestiosé roboty malých rozměrů a dosahem přes 400mm jsou oblíbené u aplikací, které vyžadují kompaktní roboty. Ty mohou být instalovány přímo v systému, který obsahují. Maximální užitečné zatížení těchto robotů je 1kg nebo 2kg v závislosti na zvoleném modelu a doba jednoho cyklu 1,2s resp. 1,1s tyto roboty předurčuje pro přesnou práci s menšími součástkami. Další využití najdou při kontrole kvality, manipulaci se vzorky v laboratořích nebo ve zdravotnických zařízeních. [9]

Přemístění předmětů je docíleno pomocí jednoho elektrického chapadla nebo až se dvěma chapadly pneumatickými. Tlakové hadice jsou v takovém případě uschovány uvnitř ramene robota a usnadňují a urychlují tak připojení vzduchu pro chapadlo. Stejně jako další roboty

tohoto výrobce může být tento model nainstalován na lineární pojezd, což umožňuje další osu pohybu robota. [9]



Obr. 21 – Modely RV-2AJ a RV-1A.

Modely střední třídy RV-3AJ/RV-2A

Modely této třídy mají dosah přes 700mm a typicky se vyskytují při manipulaci se vzorky u analytických zařízení a u podobných činností, kde se uplatňuje kontrola kvality. Díky štíhlé konstrukci a rychlým pohybům se hodí do testovacích zařízení a dalších systémů. Roboty mají pět případně šest stupňů volnosti, užitečné zatížení 3kg, resp. 2kg a dosahují přesnosti $\pm 0,04$ mm. Robot lze vybavit elektrickým nebo až dvěma pneumatickými chapadly. Síla čelistí je plynule nastavitelná, to umožňuje bezpečné uchycení i křehkých předmětů. I zde jsou nainstalované pneumatické hadice uvnitř ramene, což vede ke stejným výhodám jako u předcházejících modelů. [9]

Modely RV-6S/RV-6SL/RV-12SL – mimořádný výkon a dosah

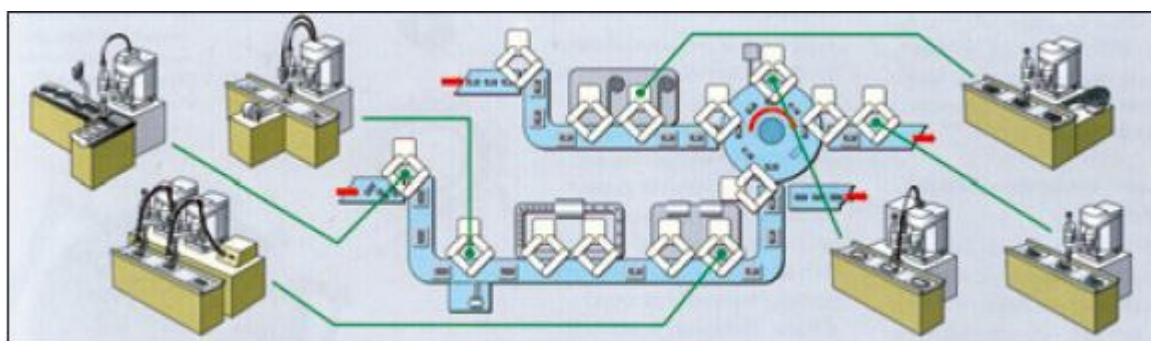
Modely s užitečným zatížením až 12kg, které mají akční rádius 1,385m a pozoruhodnou přesností až $\pm 0,05$ mm. Jedná se o modelovou řadu robotů určenou k manipulačním účelům v průmyslové výrobě a jako pracovní zařízení v sériové výrobě. Díky hodnotě krytí IP65 lze robot využít v těžkých pracovních podmínkách, např. při výrobě komponentů automobilového průmyslu. Moderní technologie těchto robotů snížili hodnotu pracovního cyklu na 0,4 až 0,7s. [9]

7.2 SCARA roboty

Rychlé a přesné modely RP-AH

Tyto roboty jsou vhodné u aplikací, kde je nutné velmi rychlé a přesné přemístění součástí v omezeném prostoru. K instalaci robota je nutná základna o rozměrech 200 x 160mm, má dosah 236mm a součástky dokáže přesouvat s přesností $\pm 0,005\text{mm}$. Roboty modelové řady RP mají uplatnění u mikromanipulací, jako jsou například mikromontáže nebo pájení desek plošných spojů pro mobilní telefony. Oproti klasické koncepci mají tyto roboty vyšší výkonnost i produktivitu. Nosnost těchto robotů jsou v závislosti na modelu 3kg a 5kg a dosah 335mm a 453mm, tudíž jsou vhodné pro větší výkonnost a dosah. [9]

Modely RH-AH pro paletizaci



Obr. 22 – Příklad osazení robotů SCARA pro osazování, pájení a montáž.

Roboty SCARA jsou vhodné pro třídění, paletizaci a osazování součástek (obr.22). Doba cyklu u těchto zařízení je pod 0,5s pro následující posloupnost pohybů 25mm svislého zdvihu, 300mm vodorovného přejezdu, 25mm svislého spouštění a zpět což se označuje jako 12" test. Přejezdy a polohování jsou odměřovány absolutními enkodéry, což jsou rotační snímače polohy, které poskytují okamžitou informaci o aktuální poloze díky kódovanému signálu z optického disku. Robot tedy může pracovat jakmile je spuštěn bez ztráty času pro odměřování referenčního bodu. Robot může díky tomu dokonce pokračovat v bodě, kde skončil po výpadku proudu a po nouzovém zastavení provozu. Toto odstraňuje potřebu opětovného nastavení celého systému. [9]

7.3 Řídící jednotky

Původní rozvaděče jsou nyní zhuštěny do jedné řídicí jednotky. Použité jednotky závisí na modelu robota. Jde o jednotky CR1, která má půdorys menší jako formát papíru A4, a dále

jednotku CR2/CR3. Obě řídicí jednotky mají výkonné regulační funkce a stejný programovací jazyk. Rozdíl mezi nimi je ve velikosti výstupního výkonu. Procesor RISC (64bit), který zvládá zpracování digitálních signálů, zajišťuje dostatečnou výkonnost pro prostorovou kruhovou i lineární interpolaci a pro víceúlohový systém zpracování až 32 souběžných programů naráz. Ve standardním uspořádání má jednotka CR1 16 binárních vstupů a 16 binárních výstupů. Jednotky CR2/CR3 mají 32 binárních vstupů a 32 binárních výstupů. Dodatečným příslušenstvím lze toto zvýšit až na celkový počet 256 vstupů a výstupů. Řídicí jednotka dokáže pojmout až 88 na sobě nezávislých programů, které se mohou volat navzájem, například pokud jsou potřeba různé programy pro odlišné výrobní postupy. [9]

7.4 Programování robotů

Roboti od firmy Mitsubishi využívají programové prostředí Cosimir nebo Cosirop, které umožňuje rychle vytvářet programy pro robota za použití dvou programovacích jazyků Melfa Basic nebo MoveMaster Command. Po testování a optimalizaci lze program jednoduše přenést do příslušné řídicí jednotky robota buď přímo přes síťové připojení, nebo po sériové lince mezi robotem a počítačem. Software Cosimir nebo Cosirop umožňuje provádění kontrolních a diagnostických funkcí a je tak možné během programu zobrazovat pohyby, charakteristiky a parametry ramene robota. Pro trojrozměrnou simulaci robota slouží program Cosimir, který dokáže simulovat celou pracovní buňku, tedy nejen vlastní rameno, ale i jeho součinnost s okolním zařízením. [9]

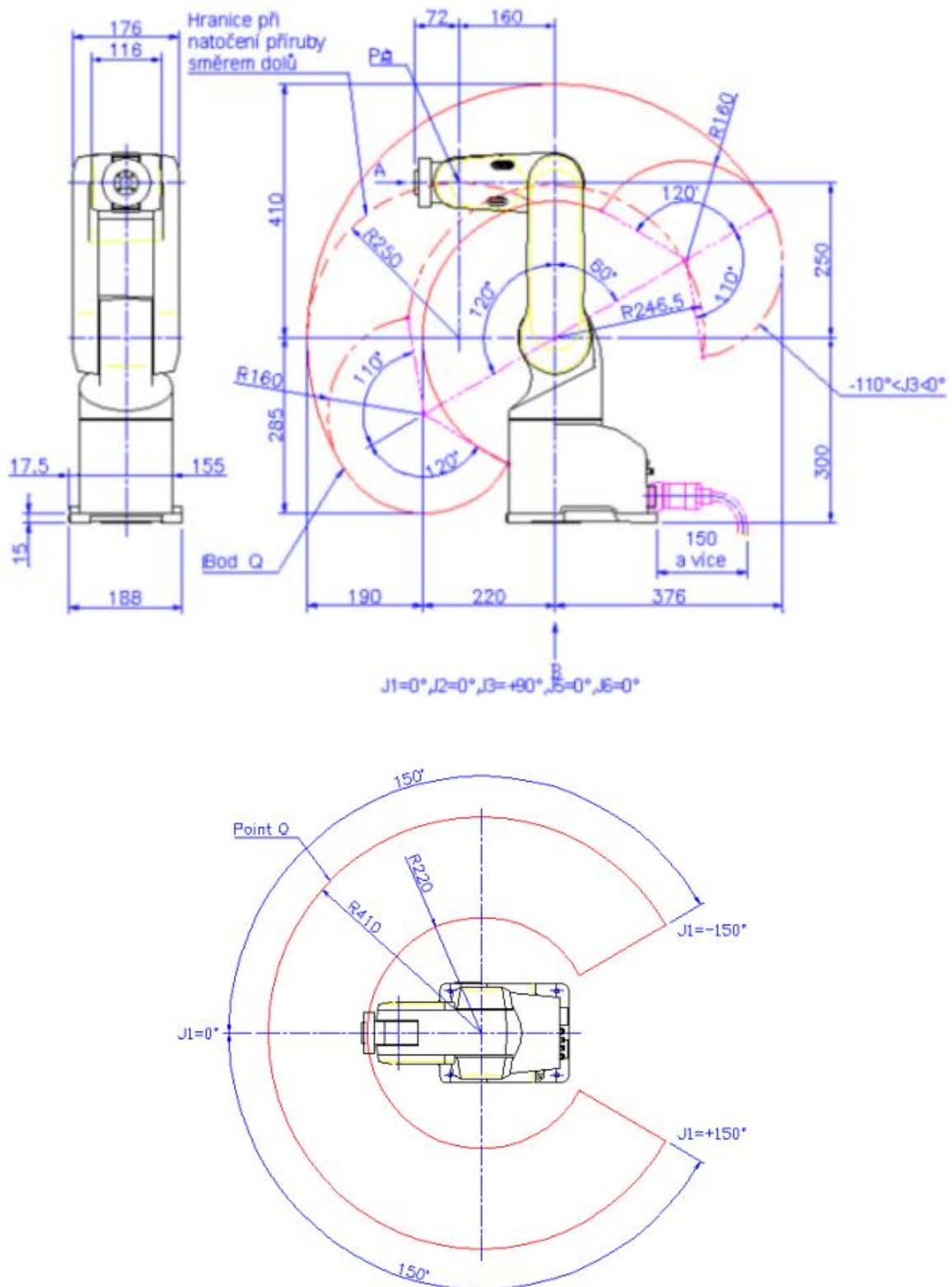
7.5 MELFA RV-2AJ

V praktické části byl k tvorbě demonstračních aplikací využit robot Mitsubishi MELFA RV-2AJ. Zde je uveden jeho stručný popis včetně technických parametrů.

Maximální funkčnost

Svémi 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 – testovací činnosti, manipulace s materiálem, výukové účely, servisní práce apod. Díky svým technickým parametrům je model RV-2AJ vhodný také pro zcela nové oblasti použití. Zdokonalené základní vlastnosti jsou nyní následující - rychlost je

2,100 mm/s, významně se zlepšila přesnost polohování na hodnotu ± 0.02 mm a nosnost byla zvýšena do 2 kg. [13]



Obr. 23 – Rozměry a pracovní rozsah RV-2AJ. [13]

Malé rozměry

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. [13]

Jednoduchý provoz

Absolutní poziční enkóдеры odstraňují potřebu přejezdu do nulové referenční polohy po každém výpadku napájení. Všechny osy jsou vybaveny střídavými servo motory, které zajišťují maximální mobilitu a nekladou žádné nároky na údržbu. Další pozitivní vlastnosti tohoto robota - týkající se uživatele - jsou rychlé a snadné pochopení programovacího jazyka a kompletní diagnostické funkce. [13]

Výkonná řídicí jednotka

Srdcem robotického systému RV-2AJ je řídicí jednotka malá rozměry ale velká svými výkony, jejím základem je velmi rychlý 64-bitový RISC procesor. Řídicí jednotka nové generace dále nabízí rychlou komunikaci, podporu plného víceúlohového provozu a jako opci připojení do sítě Ethernet. Ve víceúlohovém 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. Jediná řídicí jednotka je schopna ovládat až 12 os. [13]

Model		RV-2AJ	
Počet stupňů volnosti		5	
Poloha pro instalaci		Na vodorovný podklad, závěsná (stěna, strop)	
Konstrukce		Vertikální, kloubový typ	
Druh pohonu		Střídavé servo motory (bez kartáčů)	
Typy motorů		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)	
Způsoby řízení		Otačení kloubů/lineární/kruhová interpolace, víceúhlové řízení, adaptivní řízení, paletizační funkce, podmíněné provádění větvení a podprogramů	
Programovací jazyk		MELFA BASIV IV, Cosimir Industrial	
Maximální počet pozičních bodů		2.500 pozic / program	
Maximální počet řádků programu		5000	
Maximální počet programů		88	
Rozměra řídicí jednotky (š x v x h)		212 mm x 165 mm x 290 mm	
Délky jednotlivých částí ramene	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	Maximální (Pozn 1)	kg	2
	Jmenovitá		1,5
Přesnost polohování		mm	±0.02
Pracovní teplota		oC	0 - 40
Hmotnost robota		kg	přibližně 17
Maximální krouticí moment	J4	Nm	-
	J5		2,16
	J6		1,10
Maximální setrvačnost	J4	kg/m ²	-
	J5		3.24 × 10 ⁻²
	J6		8.43 × 10 ⁻³
Poloměr (dosah)		mm	410

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 DEMONSTRAČNÍ APLIKACE

K realizaci této práce sloužilo pracoviště montážní stanice s robotem Mitsubishi MELFA RV-2AJ. Vytvořené demonstrační aplikace budou sloužit k prezentaci schopností robota na akcích pořádaných na škole UTB, jako je např. Noc vědců. Aby byly tyto aplikace robota co nejzajímavější po vizuální stránce, byl robot modifikován pro kreslení a psaní pomocí fixu na papír, což sebou nese spoustu dodatečných úprav a problémů, které byly třeba řešit.

K realizaci jednotlivých aplikací bylo třeba nejdříve promyslet, změřit a následně vymodelovat díly k úpravě pracoviště. K montážní stanici byl navržen dodatečný stůl s držákem fixů a uchopovací čelisti. Všechny součásti byly poté vyrobeny dle výrobních výkresů ve školních laboratořích. Vyrobené díly byly následně smontovány k montážní stanici. Stůl byl uchycen na základní stůl stanice pomocí T drážek. K uchycení papíru bylo využito kovových klipů, které se běžně dodávají u podložek na papír. Ty byly pomocí šroubů se zápusťnou hlavou připevněny k pracovnímu stolu. Čelisti pro uchopení fixu byly vytvořeny přesně pro chapadlo FESTO HGP-16-A-B, kterým robot MELFA disponuje.

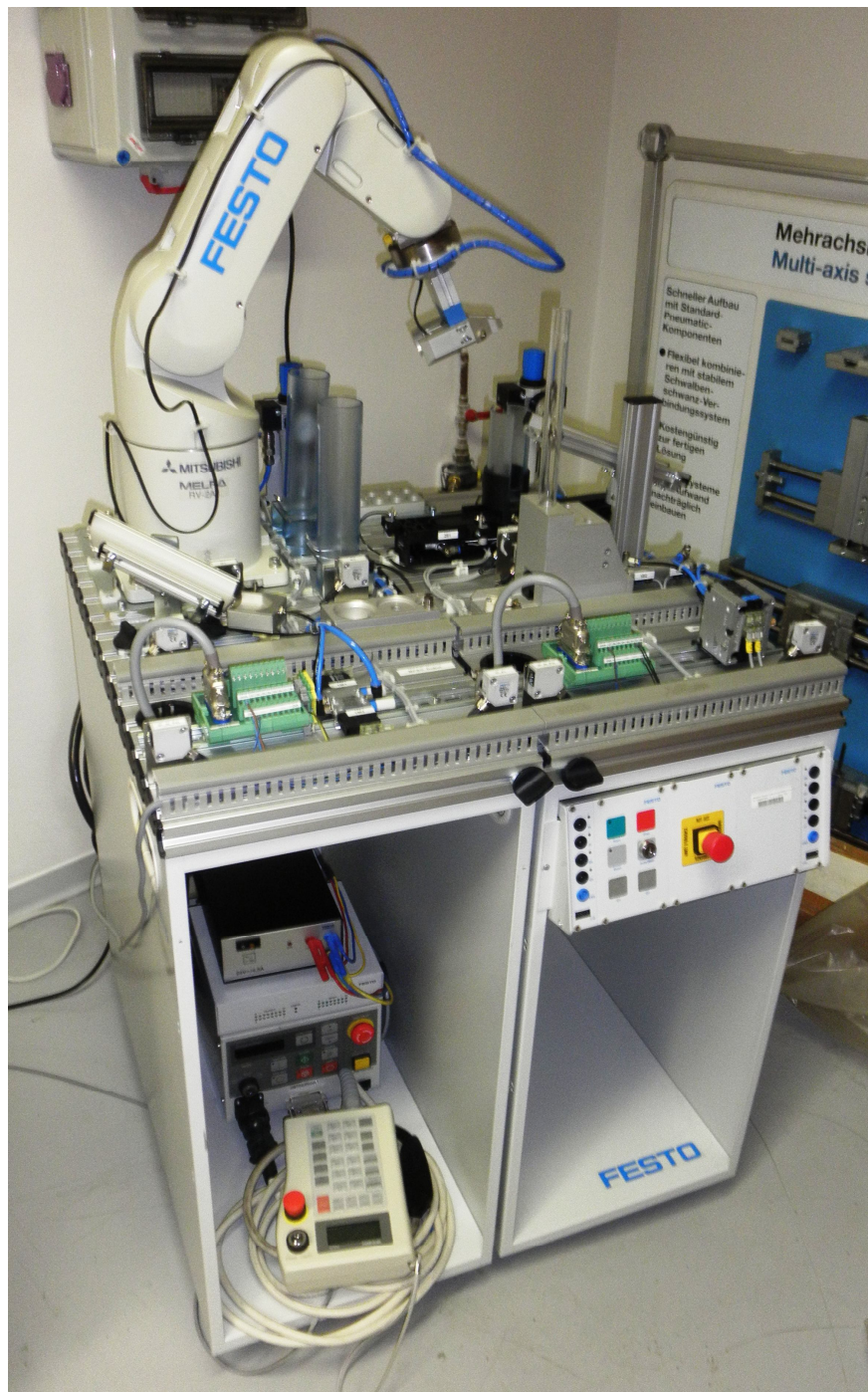
Po dokončení přípravy pracoviště k demonstračním aplikacím bylo navrženo několik programů v programovacím jazyku MELFA Basic IV. Tyto programy jsou postaveny tak, aby každý byl programován jiným způsobem zadávání bodů a to buď pomocí listu pozic, do kterého se souřadnice načtou přímo z pohybu robota, nebo vytvoření nové pozice o určitou hodnotu. Další možností je zadání pozic přímo do programového okna, čehož bylo úspěšně využito při přenosu dat z CAD programu. Psaní fixem je vlastně obdoba např. přesného svařování, obrábění, montáže nebo přenosu dílů, které robot psaním demonstruje. Pro psaní bylo nutné dodržet přesnost pohybu po pracovní desce v ose Z. Tato tolerance se po zkušenostech, které byly získány programováním aplikací popsanych níže, pohybuje okolo $\pm 0,1$ mm. I když robot sám o sobě má opakovatelnou přesnost poměrně vysokou, bylo nutné v programech často upravovat výšku fixu v ose Z a to kvůli uchycení desky stolu, která má určitou nepřesnost výroby a také zde vznikly odchylky při montáži, díky kterým neleží pracovní deska úplně vodorovně. Toto by šlo vyřešit dotykovým čidlem, které by hlídalo styk pracovní desky a hrotu fixu nebo srovnáním robota pomocí tří bodů vůči pracovnímu stolu. Tímto příkazem ovšem tento typ nedisponuje.

Všechny aplikace byly navrženy tak, aby prezentovaly určitým způsobem schopnosti pohybu robota, školu Univerzitu Tomáše Bati ve Zlíně a byly zajímavé a zábavné pro případného

přihlížejícího. U programů SUDOKU je možnost i aplikaci částečně ovládat pomocí hlavního panelu, který je umístěn na čelní straně montážní stanice. U této aplikace je také možné po zapsání zadání hry doplnit ručně pomocí přiložené tužky, protože robot čeká na signál, a následně provést kontrolu, nebo program ukončit pomocí dalšího stisku tlačítka na čelním panelu. Dále bylo vytvořen obrys auta, který lze použít pro menší děti jako omalovánku. Všechny programy mají velmi nízkou rychlost pohybu právě z důvodu zamýšlené prezentace těchto programů při školních akcích.

9 ÚPRAVA STANICE S ROBOTEM MELFA

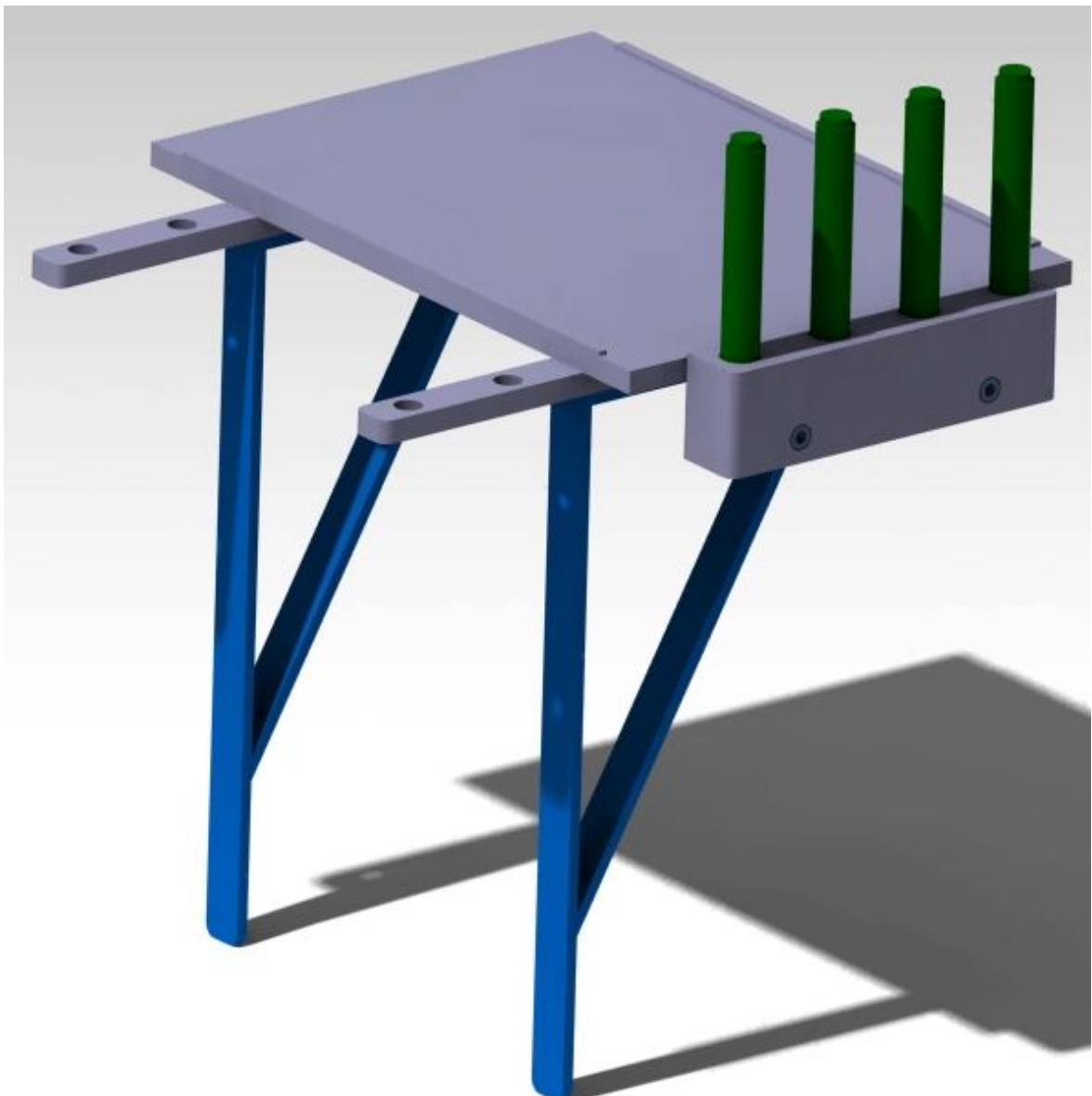
Prvním bodem tohoto projektu bylo navrhnout a vyrobit díly, které slouží k jeho samotné realizaci. Nejdříve bylo nutné vymyslet umístění pracovního stolku s držákem fixů k montážní stanici, z hlediska maximální využitelnosti bylo zvoleno místo vedle pracovního stolu robota, jelikož tím zůstane zachována funkce i dalších aplikací, které tato montážní stanice zvládá bez nutnosti odmontování nebo přimontování určitých dílů.



Obr. 24 – Pracoviště s robotem MELFA před úpravou.

Poté přišlo na řadu důkladné změření a promyšlení možností upnutí podstavce papíru, držáku na fixy a čelisti. Mimo jiné se musela vzít v potaz pracovní dráha ramene robota, aby bylo dosaženo plné funkčnosti. Pro návrhy vyráběných dílů byl použit program CATIA V5. Byly vytvořeny dva návrhy jejichž výhody a nevýhody jsou sepsány níže.

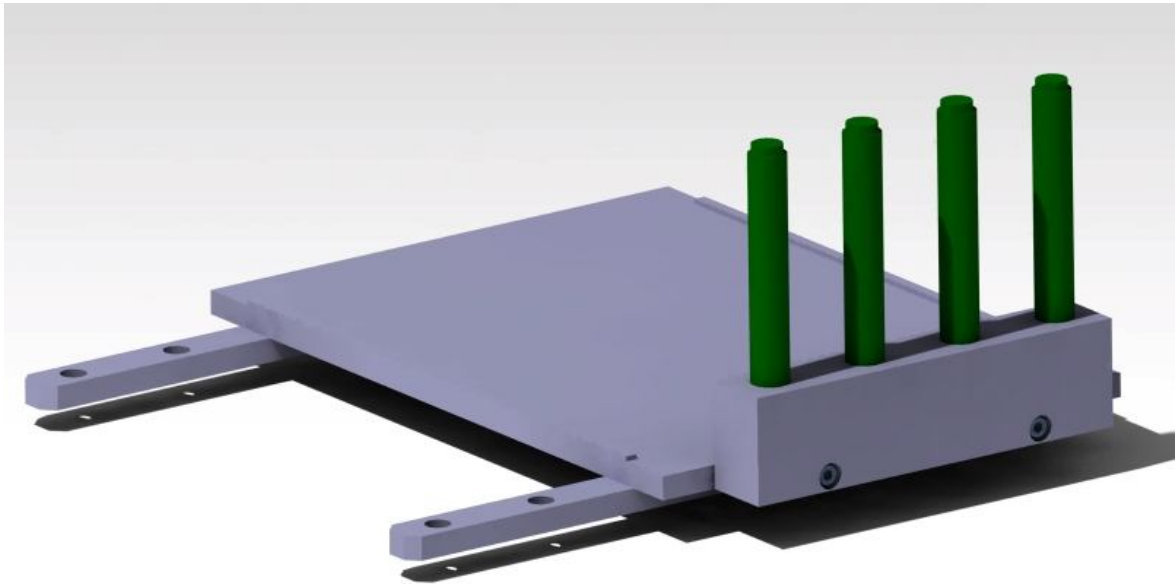
9.1 Návrh komponentů č.1



Obr. 25 – Návrh č.1.

Tento návrh je víc komplikovaný na výrobu. Rozmístění držáku a stolu jsou vhodné z hlediska pracovního rozsahu ramene robota. Jako zbytečné se naopak ukázalo uchycení držáku fixů pomocí L profilu a spodní vřpěry, které z hlediska zatížení nejsou potřeba.

9.2 Návrh komponentů č.2



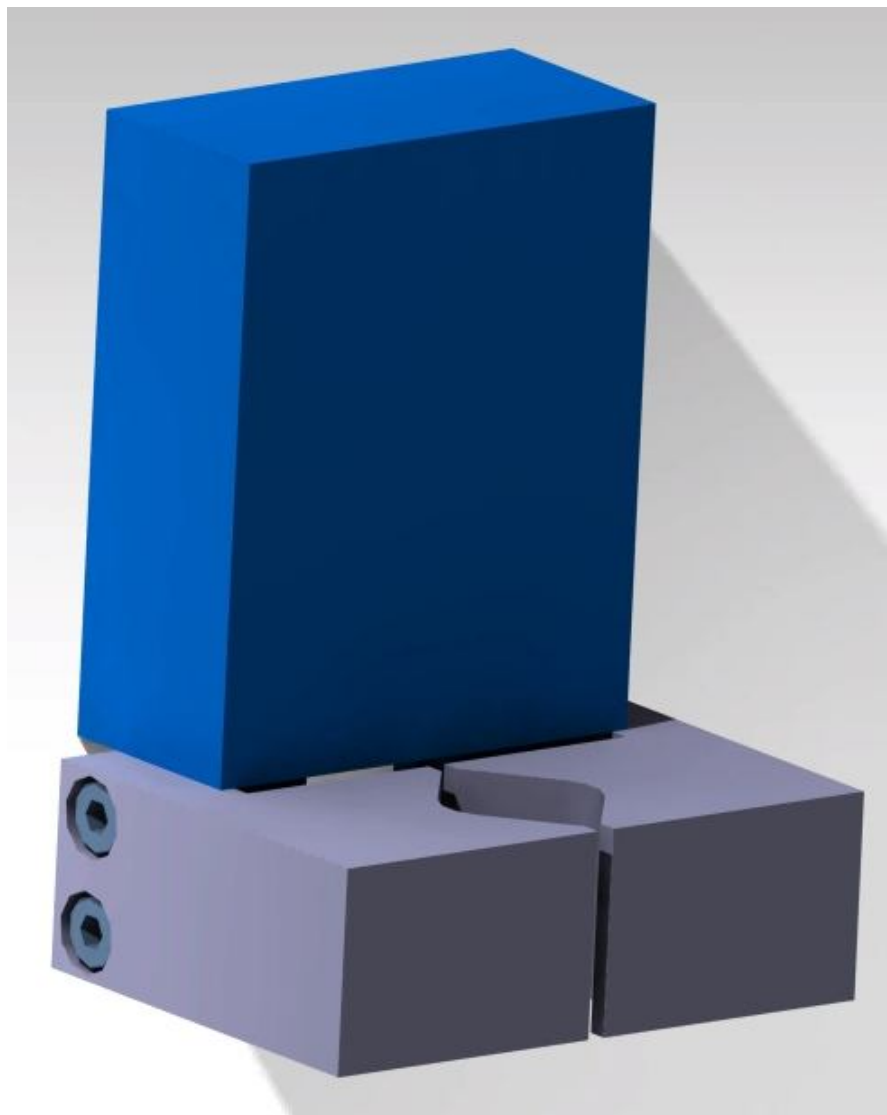
Obr. 26 – Návrh č.2.

Druhý návrh je v podstatě zjednodušením a upravením návrhu prvního. Byl vyřešen problém výroby stolu, kde byla odstraněna část lišty držící papír a vznikla tak možnost pro jeho jednodušší obrábění. Dále byly odstraněny pomocné podpory stolu, které byly z hlediska malého zatížení zbytečné. Stojan fixů je přichycen pomocí šroubů přímo ke stolu, což vede ke zjednodušení konstrukce a funkčně je toto řešení stejné u varianty č.1. Stojan je navržen tak, aby do něj mohly být fixy vloženy bez uzávěrů kvůli snadnému vytažení, ale s minimálním vůlí mezi fixem a otvorem kvůli jejich zasychání. Celá sestava byla po složení připevněna pomocí šroubů a segmentů do drážek na pracovním stole robota.

Pro výrobu a realizaci projektu byla vybrána varianta č.2 díky své konstrukční jednoduchosti, funkčnosti a menším pořizovacím nákladům na materiál a nákladům na výrobu. Zajištění papíru je vyřešeno klipy, které brání papíru proti posunutí i pootočení, proti pootočení také papíru brání boční lišty. Takto upevněný papír bude zároveň vystředěn na stole. Po vyřešení toho problému následoval návrh upnutí fixu do chapadla robota.

9.2.1 Návrh čelistí

Čelisti musí zajistit bezpečný úchop fixu a jeho následné držení po naprogramované trajektorii. Z hlediska konstrukce a výroby bylo zvoleno řešení, kdy každá čelist bude na fix působit na dvou místech přímkovým stykem, jelikož vyrobit přesný kruhový tvar s přesnou tolerancí je neekonomické a z hlediska přesnosti těl fixů prakticky nemožné. Navíc tímto řešením je možné případné použití fixů jiných průměrů. U čelistí se muselo dále počítat s šířkou, aby bylo možné uchopit všechny fixy ze stojanu, aniž by čelist najela do vedlejších fixů. V neposlední řadě se muselo počítat s krajní polohou v sevřeném stavu, aby do sebe čelisti nemohly při sevření naprázdno narazit. Samotné upnutí bylo provedeno pomocí zápusťných šroubů, které se připevnili do montážních děr na chapadle robota.



Obr. 27 – Navržené čelisti připevněné na chapadle robota.

9.3 Kompletace navržených dílů

Po vyrobení navržených dílů byly všechny součásti namontovány na montážní stanici s robotem MELFA. Po kompletaci stanice bylo možné vyzkoušet funkčnost dílů v praxi. Ukázalo se, že díly byly navrženy správně a bylo tedy možné pokračovat programovou částí této práce.



Obr. 28 – Upravená stanice s robotem MELFA.

10 PROGRAMOVÁ ČÁST

Robot Mitsubishi MELFA je možné programovat pomocí PC a ovládacího panelu. Ovládací panel slouží pro názorný pohyb ramene robota po zamýšlené trajektorii. Tímto způsobem se sestavují pozice do listu s pozicemi v programu. Pomocí PC se software Cosimir industrial se potom zapisují jednotlivé pozice ramene robota s dalšími příkazy a ty poté vytváří samotný program.

10.1 Ovládání robota pomocí ovládacího panelu

Pro použití ovládání pomocí ovládacího panelu je nejdříve nutné mít klíč na řídicí jednotce nastavený v poloze Teach a na ovládacím panelu na možnost Enable. Na dalším obrázku je ovládací panel vyfocen a dále byly popsány základní tlačítka, které byly využity při programování.



Obr. 29 – Ovládací panel.

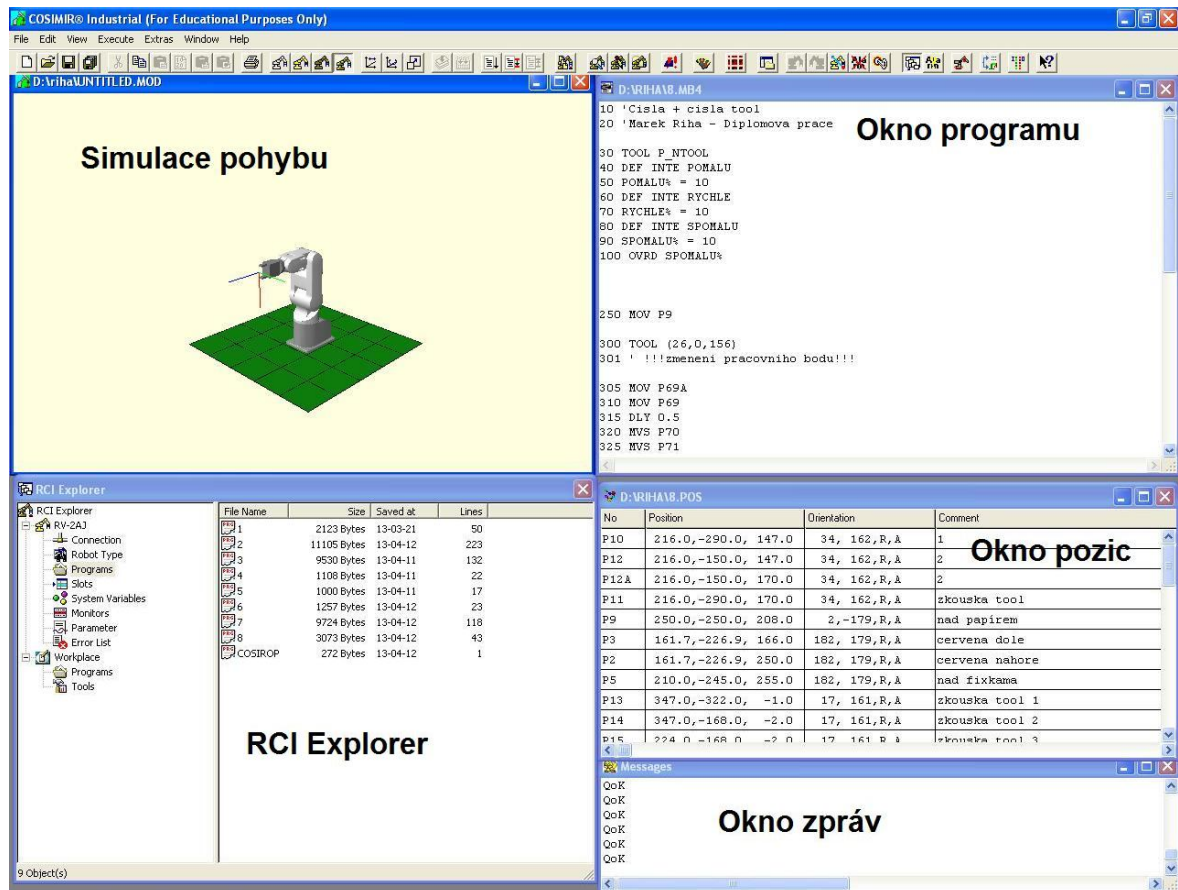
1. EMG. STOP – jedno ze tří tlačítek, které slouží k okamžitému zastavení robota
2. DEADMAN SWITCH – tlačítko je nutné držet stisknuté při jakékoliv manipulaci s robotem

3. STEP/MOVE – při současném držení s tlačítkem DEADMAN SWITCH se sepne servo. Pokud se stiskne některé z tlačítek 8 je možné pohybovat s robotem
4. STOP – slouží k vypnutí robota, tlačítko funguje i pokud je klíč v poloze DISABLE
5. JOINT – robot se pohybuje po dráhách kloubů
6. XYZ – robot se pohybuje v osách X,Y a Z
7. FORWD/BACKWD – za současného zmáčknutí tlačítek 2 a 3 je možné upravit rychlost pohybů robota, tlačítka fungují i pokud je klíč v poloze DISABLE
8. Tlačítka slouží k pohybu robota dle zvoleného režimu buď v osách X,Y,Z nebo pouze pomocí kloubů. Na většině kloubech je napsáno, o jaký kloub se jedná a jaký je smysl jejich orientace, což podstatně zjednodušuje pohyb. Na robotu jsou také vyobrazeny osy Y a Z a jejich orientace. Osa X je potom kolmá k ose Y a je orientována směrem od robota do plusu.

Práce s ovládacím panelem je bezpečná, díky ovládání robota v reálném čase. Při nechtěném manévru je uvolněním tlačítka možné pohyb okamžitě ukončit a tím zamezit případnému narazení ramene do překážky. Pro jemné polohování je možné snížit rychlost ramene robota a tím dosáhnout bezpečnějšímu a přesnějšímu najetí do blízkosti předmětů, které bude poté robot upínat čelistmi, což jsou v tomto případě fixy v držáku, psaní na papír a následné vrácení fixu do držáku. S robotem lze pohybovat buď v osách X,Y,Z nebo pouze otáčet jednotlivými klouby. Pohyb v osách X,Y,Z zaručuje, že se nezmění natočení pracovní hlavičky vůči výchozí poloze. Z důvodu dosahu fixu upevněného v čelistech na pracovní plochu bylo nutné využít i pohyb pomocí kloubů.

10.2 Ovládání robota a zápis programu pomocí PC

K ovládání robota v tomto případě slouží program Cosimir industrial a programovací jazyk MELFA BASIC IV. K ovládání pomocí PC je nutné mít klíč na ovládacím panelu v poloze disable a v řídicí jednotce na poloze AUTO (ext). Program je rozdělen na 5 oken.



Obr. 30 – Cosimir Industrial.

V levém horním rohu se nachází okno simulace pohybu robota, kde je vidět, kam se robot pohne při vybrané pozici z listu pozic.

V okně programu se zapisuje samotný program pomocí příkazů programovacího jazyku MELFA BASIC IV, tyto příkazy jsou vysvětleny v nápovědě programu, kde jsou přímo i ukázky zápisu. Příkazů pro pohyby a jejich různé nastavení je několik desítek.

Okno RCI explorer slouží ke komunikaci robota a programu Cosimir Industrial, před začátkem práce je nutné nejdřív robot s programem spojit pomocí tlačítka connect. Toto okno slouží především pro nahrání hotového a zkontrolovaného programu do robota a jeho následné spuštění, případně zastavení.

V okně pozic se zapisují a upravují pozice robota, které se dále budou využívat pro tvorbu samotného programu. Tyto pozice je možné zadat buď ručně vypsáním souřadnic, nebo přenést aktuální pozici robota nastavenou pomocí ovládacího panelu.

Důležité je také okno zpráv, kde se po zkontrolování programů objeví případné chybové hlášky. Po kliknutí na případný error se v programovém okně zobrazí chybný řádek, který je

třeba upravit. Funkční program musí mít 0 error, jinak se program nespustí, případně skončí v průběhu cyklu s varovným zvukovým signálem.

10.2.1 Nouzové vypnutí

V případě nechtěného naprogramování s možností najetí robotem do překážky, lze kolizi předejít stisknutím některého z nouzových tlačítek pro vypnutí. Jedno tlačítko je přímo na panelu u pracovního stolu robota. Další tlačítko se nachází na ovládacím panelu robota označené jako EMERGENCY STOP. Poslední tlačítko se nachází na řídicí jednotce. Tlačítka mají červenou barvu a jsou na žlutém podkladu. Na ovládacím panelu tlačítko funguje v jakémkoliv režimu, tedy i pokud je klíč v poloze disable.



Obr. 31 – EMERGENCY STOP.

10.3 Použité příkazy

Programovací jazyk MELFA BASIC IV je jak je z názvu patrné základní program, i tak ale umí využít spoustu zajímavých příkazů. Základní příkazy slouží k pohybu mezi jednotlivými pozicemi a to buď po přímce, křivce, poloměru nebo kruhu. Dalšími příkazy lze otevírat a zavírat čelisti, zadávat prodlevu mezi jednotlivými kroky, přednastavit pracovní bod pracovní hlavy, nastavit rychlost pohybu, přeskokovat mezi jednotlivými řádky programu atd.

V následující kapitole jsou popsány příkazy, které byly využity v programech sestavených pro tuto práci.

MOV

Základní příkaz pohybu mezi dvěma pozicemi, robot nejede přímkově, ale využívá rychlejší křivkovou cestu mezi těmito pozicemi. Tento příkaz je vhodný použít při přejezdech mezi jednotlivými úkony nebo tam, kde není potřeba pohybu po přímkové dráze. Držení těla pracovní hlavy se při tomto pohybu nemění.

Ukázka použití:

50 MOV P2 : na řádce 50 se z výchozího bodu přesune po křivce rameno robota do pozice P2

MVS

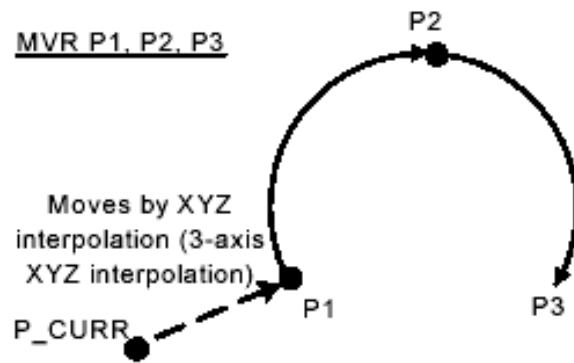
Příkaz pohybu mezi dvěma pozicemi, který jede po přímkové dráze. Příkaz byl využit u upnutí a vrácení fixů do stojanu, kde je nutný přesný pohyb po přímce. Nevýhodou tohoto příkazu je, že robot zapojuje víc kloubů naráz a pohyb je tedy pomalejší než v případě použití příkazu MOV. Prostorová orientace natočení se při tomto pohybu nemění.

Ukázka použití:

50 MVS P2 : na řádce 50 se z výchozího bodu přesune po přímce rameno robota do pozice P2

MVR

Pohyb po poloměru, který je zadaný třemi body, nebo více body, od startovacího bodu P1 přes body transitní P2 až do bodu cílového P3. Pokud není startovací bod výchozí pozice, robot se automaticky přesune na startovací pozici P1. Prostorová orientace natočení se při pohybu po poloměru nemění.



Obr. 32 – Příkaz MVR. [14]

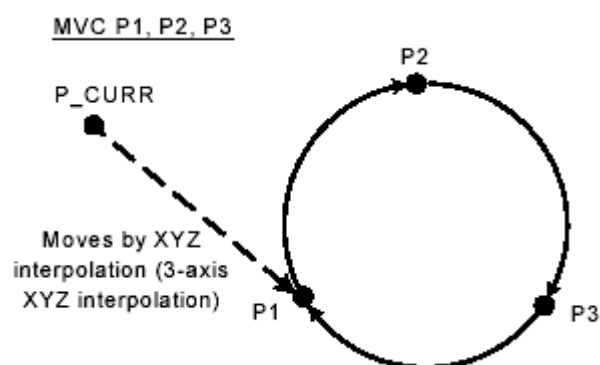
Pro pohyb po poloměru lze využít dále příkazy MVR2 a MVR3, ale z hlediska jednoduchosti zadání požadovaného poloměru byl použit pouze příkaz MVR.

Ukázka použití:

50 MVR P1,P2,P3 : z výchozího bodu se přesune rameno robota do pozice P1, odkud přes body P2 a P3 vykrouží poloměr, v bodě P3 příkaz končí

MVC

Kruhový pohyb zadaný pomocí startovacího a koncového bodu P1 a minimálně dvou transitních bodů P2 a P3. Pokud není startovací bod výchozí pozice, robot se automaticky přesune na startovací pozici P1. Prostorová orientace natočení pracovní hlavičky se při kruhové interpolaci nemění.



Obr. 33 – Příkaz MVC. [14]

Ukázka použití:

50 MVC P1,P2,P3 : z výchozího bodu se přesune rameno robota do pozice P1, odkud přes body P2 a P3 vykrouží kružnici, v bodě P1 příkaz končí

DLY

Jelikož robot mezi jednotlivými kroky nemá žádnou prodlevu a při některém pohybu je nutné aby se pohyb na chvíli zastavil, je nutné využít příkaz delay k prodlevě mezi jednotlivými kroky. Délka požadované prodlevy se zapisuje v sekundách.

Ukázka použití:

50 DLY 0,5 : na řádku 50 má robot 0,5s prodlevu

P

Zadání bodu souřadnicí přímo v okně programu. Tohoto lze využívat, pokud jsou k dispozici body, po kterých se bude robot pohybovat z jiného programu, jako jsou například různé programy 2D a 3D CAD. Číslo pozici určuje číslo, které se zapíše za písmeno P, samotná poloha se poté zadá do závorky za příkaz v podobě (X,Y,Z,A,B). Pro pohyb na příslušnou pozici lze dále využít již popsaných příkazů.

Ukázka použití:

50 P130 = (10,20,30,35,160) : zápis pozice P130 s hodnotami X,Y,Z pro hodnoty v osách a A,B pro natočení pracovní hlavy

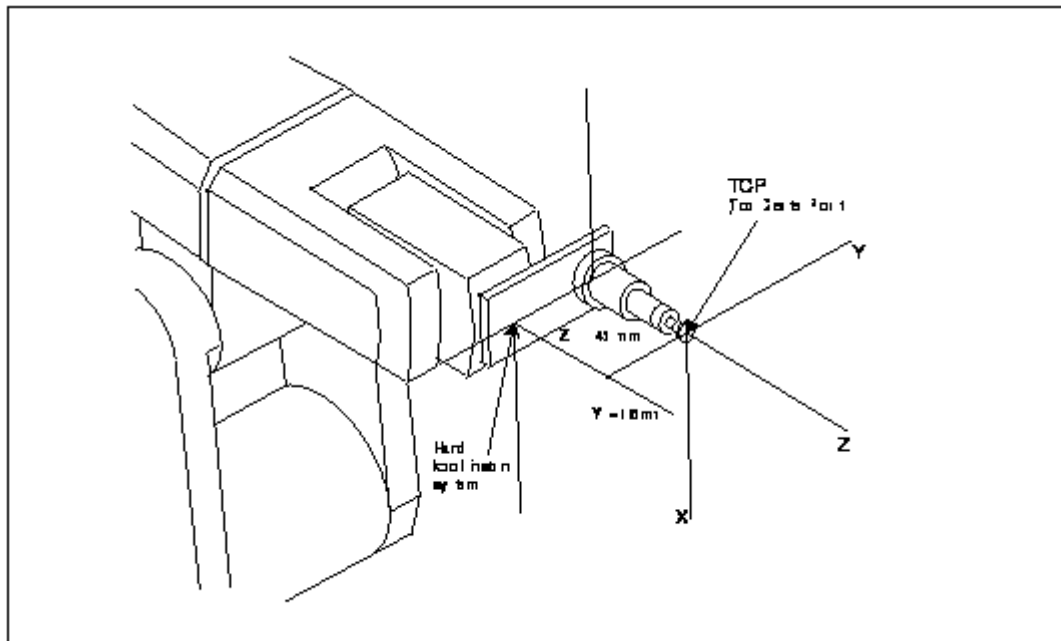
TOOL

Umožňuje přesun pracovního bodu nástroje robota. Tento příkaz byl využit při otočení pracovní hlavy robota, po zjištění nepřesného pohybu, kdy za pomoci příkazů MVS ve směru os x a y, byl pohyb natočený k pracovnímu stolu, ale při pohybu s hlavou kolmou k pracovnímu stolu nebylo natočení pohybu žádné. Pracovní hlavička byla natočena z důvodu co největšího dosahu fixu po stole s připevněným papírem a tedy kvůli možnosti využití co největší popsatelné plochy. Pro správnou funkci příkazu je nutné přesné odměření přesunutí pracovního bodu z výchozího pracovního bodu, který se nachází pod chapadlem, do v tomto případě špičky fixu.



Obr. 34 – Přesunutí pracovního bodu nástroje.

Pro správné změření je nejdříve nutné srovnat klouby robota do výchozích pozic vůči sobě a následné odměření hodnot x, y, z . V tomto případě byl posun pracovního bodu pouze v osách x a z . Po zadání těchto hodnot do příkazu TOOL již robot pracuje správně a nedochází k natočení os při zadání pohybu pouze v jednom směru.



Obr. 35 – Přesunutí pracovního bodu nástroje z nápovědy v COSIMIR. [14]

Ukázka použití:

50 TOOL (10,20,30) : změna pracovního bodu zadaná v osách X,Y,Z

TOOL P_NTOOL

Příkaz slouží k vrácení pracovního bodu do původního stavu, tj. na počáteční bod. Tento příkaz je vhodné použít na začátku každého programu z důvodu možnosti přednastavení bodu jiným uživatelem a tím nechtěného najetí do překážky z důvodu posunutí souřadného systému.

Ukázka použití:

50 TOOL P_NTOOL : vrácení pracovního bodu do původního nastavení

M_IN/M_OUT

Příkaz umožňuje využití tlačítek a kontrolky na panelu robota při spuštění programu. Montážní stanice obsahuje čelní panel, který má 2 kontrolky Q1 a Q2, ty lze při různých cyklech zapnout a vypnout a dále 3 tlačítka Start, Stop a Reset. Jejich využití ale nemusí odpovídat názvu. Stiskem tlačítka se dá nastavit například pokračování v programu, nebo přeskočení určitého cyklu atd.



Obr. 36 – Panel robota s tlačítky.

Pro přiřazení funkce k určitému tlačítku, případně kontrolce, je potřeba znát čísla jednotlivých vstupů a výstupů. Přehled vstupů a výstupů čelního panelu jsou přehledně zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 3.: Vstupy a výstupy čelního panelu.

	Vstupy	Výstupy
Čelní panel	START - INPUT 3	Q1 - OUTPUT 2
	STOP - INPUT 4	Q2 - OUTPUT 3
	RESET - INPUT 5	

Ukázka použití:

```
40 IF M_IN(3)= 1 THEN GOTO 45 ELSE GOTO 35:
```

jestliže se aktivuje tlačítko 3, program skočí na řádek 45, pokud ne program skočí na řádek 35 a tím bude program běhat ve smyčce, dokud se tlačítko nezmáčkne

GOTO

Příkaz umí přeskočit na zvolený řádek v programu, místo pokračování dalším řádkem programu. Tím lze například opakovat některý příkaz vícekrát bez nutnosti jej celý přepisovat. Nevýhodou tohoto příkazu je ovšem nutnost ukončení podprogramu dalším GOTO, případně END, pokud je třeba podprogram využít na více místech programu, je vhodnější příkaz GOSUB.

Ukázka použití:

50 GOTO 150 : z řádku 50 přeskočí program na řádek 150

IF THEN ELSE

Tento příkaz určuje podmínku, za kterých se vykoná určitý proces. Například pokud podmínka není splněna, když se nezmáčkne tlačítko, je příkaz přesměrován na předchozí řádek. Jestliže se ale tlačítko aktivuje, pokračuje se dál v programu. Příkaz se zapisuje na jeden řádek. Tento příkaz je vysvětlen v praxi u příkazu M_IN/M_OUT.

GOSUB

Vyvolá podprogram, který je uložen na určitém místě hlavního programu. Podprogramy se využívají z důvodu jejich použití ve více případech v hlavním programu. Tento příkaz má podobnou funkci jako GOTO, ale lze jej opětovně vrátit na další řádek pomocí následujícího příkazu.

Ukázka použití:

50 GOSUB 1000: řádek 50 vyvolá podprogram z řádku 1000

RETURN

Používá se k vrácení z vyvolaného podprogramu pomocí GOSUB na následující řádek programu po příkazu GOSUB.

Ukázka použití:

1100 RETURN: program se vrátí z podprogramu na následující řádek, dokud byl vyvolán

P_CURR

Příkaz se využívá pro zápis pozice jako aktuální s možností k této pozici přírůstkovou metodou v jakékoliv ose přidávat příslušný rozměr a tím určit délku dráhy, kterou nástroj upnutý v pracovní hlavě přeje. Tento příkaz byl využit hlavně při vytváření databáze čísel, kde nelze mít stálé body z důvodů přesouvání čísel po různých oknech.

Ukázka použití:

1500 P1001 = P_CURR: na řádku 1500 je definována aktuální pozice pracovní hlavy robota jako P1001

END

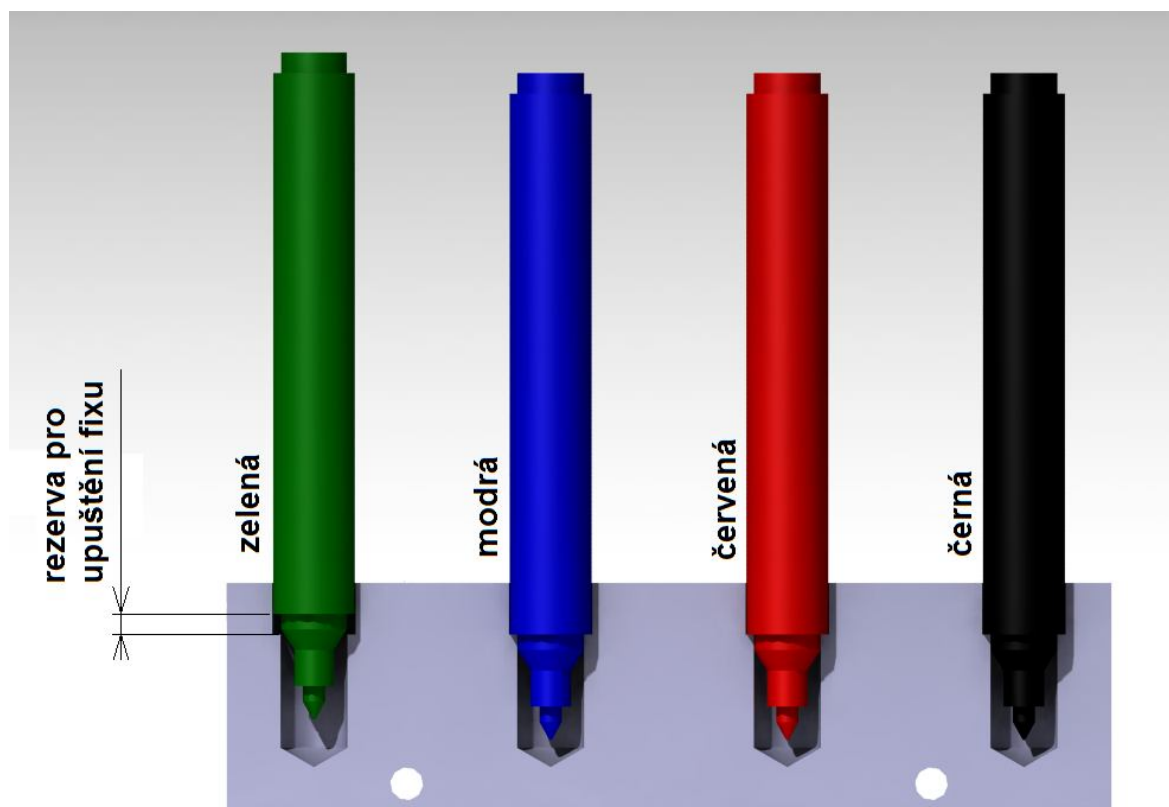
Ukončení kompletního programu.

Ukázka použití:

1500 END : na řádce 1500 se nachází konec programu

11 VYTVOŘENÉ DEMOSTRAČNÍ APLIKACE

Na montážní stanici s robotem byly vytvořeny demonstrační aplikace různých obtížností, v této kapitole je popsáno, jakým způsobem byly aplikace vytvořeny a jakým způsobem bylo postupováno při řešení případných problémů. Tyto aplikace mohou být dále využity k prezentaci možností programování robota Mitsubishi MELFA. U všech aplikací je třeba poměrně vysoká přesnost, hlavně v ose Z kolmé na papír, z důvodu najíždění hrotu fixu na papír. Ze získaných zkušeností se tato požadovaná přesnost pohybuje $\pm 0,1\text{mm}$. Základem každé aplikace je uchopení, vyjmutí a následné vrácení určitého fixu z držáku a poté zpět do držáku. Jelikož jsou díry pro fixy poměrně přesné, aby nedocházelo k jejich rychlému zaschnutí, je zde nutný velmi přesný nájezd s robotem, kdy by hlavně při vrácení fixu mohlo dojít ke kolizi.



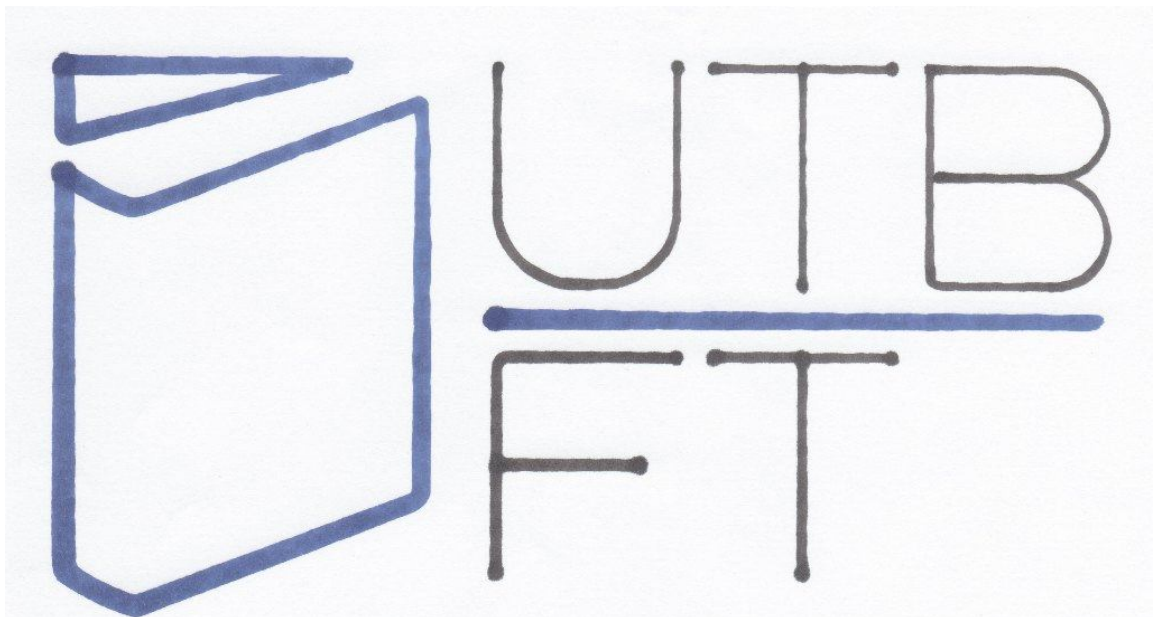
Obr. 37 – Řez držákem fixů.

Jak je z obrázku patrné, každý fix má své místo v držáku. Pro zvednutí a vrácení každé barvy fixu byl vytvořen jednoduchý podprogram. Při vrácení fixu zpět do držáku byla nechána vůle v ose Z dle předchozího obrázku z důvodu možnosti nechtěné kolize při dosednutí hrany fixu na dosedací hranu držáku. K pohybu fixu v ose otvoru držáku fixů (osa Z) bylo

využito příkazu MVS, který drží mezi body přesnou přímku, aby nedošlo k nechtěné kolizi, ke které by mohlo dojít příkazem MOV, který využívá pro robot jednodušší křivku. Další funkce, která jsou nastavené na začátku každého programu, jsou definované rychlosti. Z důvodu zamýšleného využití robota s demonstračními aplikacemi při různých akcích pro veřejnost, byla rychlost u všech aplikacích snížena, aby nedošlo k případnému zranění. Při zapisování jednotlivých programů lze využívat popisků za apostrof, kdy celý řádek slouží jako popis funkce, případně poznámka. Program neumí využívat znaky s diakritikou, při jejich použití se při kontrole objeví error a program nelze spustit. Při zadání bodů do listu pozic je třeba dbát na to, aby byly desetinná čísla oddělena tečkou, samotné hodnoty bodů se ve zdrojovém kódu oddělují čárkou.

11.1 Logo UTB

Demonstrační aplikace, na které bylo využito zadání výchozího bodu pomocí ovládacího panelu a následné zadání dalších bodů ručně v listu pozic. Po vytvoření všech bodů se pozice propojily příkazy MOV, body mezi kterými byl požadován přímkový pohyb MVS a poloměry pomocí příkazu MVR. V tomto případě byla pracovní hlava robota kolmo k papíru, takže nebylo potřeba využití příkazu TOOL, protože byla změněna pouze osa Z. Byly použity dvě barvy fixů, dle barev loga fakulty.

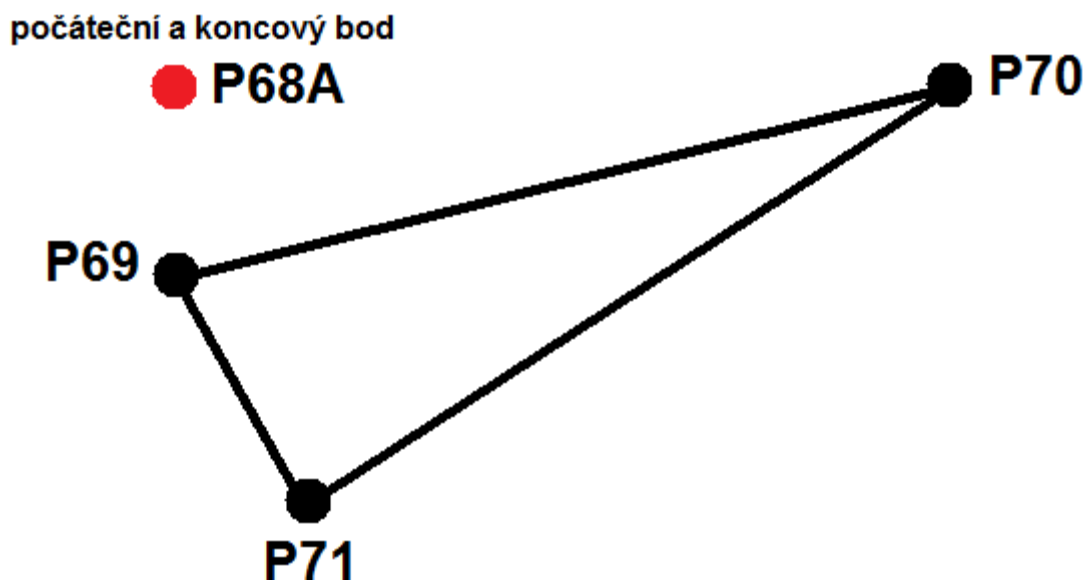


Obr. 38 – Ukázka demonstrační aplikace - logo UTB.

Výsledkem této aplikace je tedy dvoubarevné nápis UTB FT včetně loga. Logika pohybů fixu je vysvětlena níže.

Tato aplikace, jak již bylo uvedeno, se skládá ze základních pohybů, kterými robot disponuje. Jako první byl uchopen modrý fix, který byl vyzvednut pomocí příkazů MVS. Poloha X,Y nad každým fixem byla zjištěna díky manuálního pohybu pomocí ovládacího panelu. Poté byly vytvořeny pro každou barvu fixu 3 pozice. Pozice nad fixem (P60), dole (P61) a upuštění (P62). Pozice nad fixem slouží jako základní pozice ze které je fix možné buď vyzvednout, přejet do pozice nad fixy nebo vrátit zpět do držáku. Pozice dole slouží k nabrání fixu do čelistí, poloha fixu v držáku byla zvolena podobně jako při psaní rukou z důvodu větší tuhosti. Pozice pro upuštění fixu je výš než pozice dole, kvůli lepšímu a jemnějšímu vrácení fixu zpět do držáku. Robot disponuje opakovanou přesností $\pm 0,02\text{mm}$, takže není s vrácením fixu do držáku žádný problém. Další pozicí, která je využita u každé aplikace, je nad fixy (P5). Tato pozice zajišťuje bezpečné najetí fixu z pozice nad fixem k papíru, aniž by došlo k nechtěnému kontaktu s jiným fixem, případně s držákem fixů.

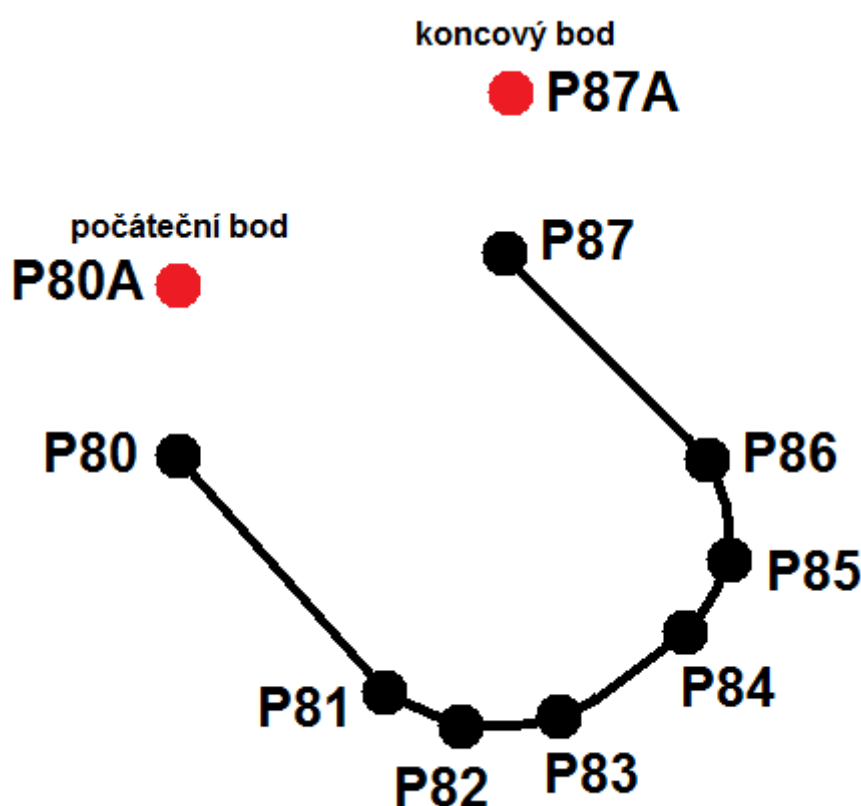
Po uchopení fixu a jeho přejetí do pozice nad fixy je pomocí příkazu MOV pracovní hlava přemístěna do pozice nad papír (P9), odkud začíná samotný program. Jako první je vytvořeno logo školy.



Obr. 39 – Část loga UTB.

Každá část programu má několik kroků. V první řadě je nutné nastavit pozici nad místem, kdy se poprvé dotkne fix papíru (P68A) a najíždět na místo odkud se začne kreslit pokud

možno kolmo, případně pod malým úhlem (P69). Pro jasnou názornost jsem zavedl označení pozice nad začátkem písmen, případně obrázků číslem a písmenem. Po najetí do prvního bodu (P69) je vhodné nastavit vždy malou prodlevu pomocí příkazu DLY. Tím je daná trajektorie následně přesnější. Pomocí příkazu MVS poté projet body P70, P71 a dále P69, kde je opět vhodné nechat stroji krátkou prodlevu pomocí DLY. Z důvodu možnosti nechtěného přejetí po papíru hrotem fixu je vždy nastaveno opětovné najetí do bodu P68A. Tímto způsobem lze vytvořit libovolné dráhy přejezdu pomocí přímek (MVS), případně různých křivek (MOV). Tyto pohyby jsou možné realizovat ve dvou i třech osách.



Obr. 40 – Část loga UTB – písmeno U.

Po vyměnění modrého fixu za černý se v programu pokračuje. Jak je vidět na předchozím obrázku (Obr.40), u některých částí programů se může stát, že počáteční a koncový bod nemusí být stejný. Tím je nutné u těchto částí programu, jako je např. písmeno U, vytvoření dvou bodů nad začátkem a koncem, pro správnou funkci. Do bodu P81 je situace stejná jako v předchozím případě, dále je situace komplikovanější z hlediska poloměrů, které jsou mezi body P81 a P83 a dále P84 a P86. Pro správný rozměr poloměru je nutné si body správně zapsat do listu pozic, odkud jsou vyvolány pomocí příkazu MVR. Takto lze napro-

gramovat libovolný poloměr, který může být jak ve dvou tak i ve třech osách v závislosti na nastavených bodech v listu pozic.

Tímto způsobem bylo postupně vytvořeno celé logo včetně písmen a stejný postup byl použit i u dalších aplikací, které byly doplněny o další možnosti pohybu.

11.2 Čísla s pomocí příkazu TOOL

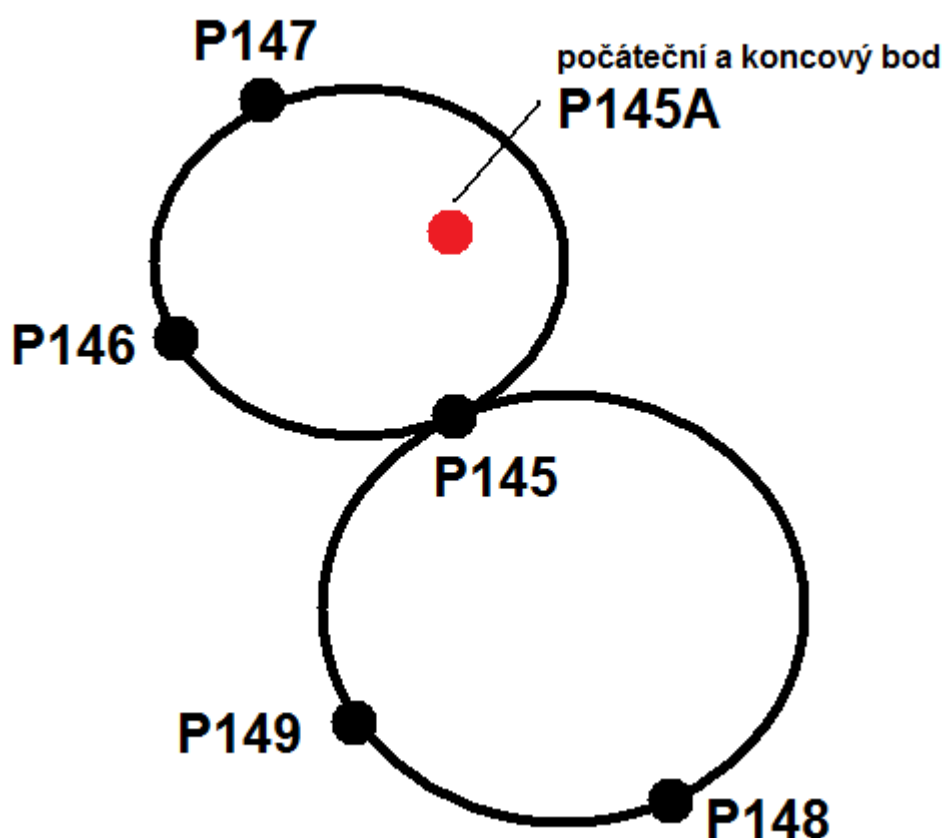
Na tomto programu byl vyzkoušen příkaz TOOL. Po zadání bodů a následného vytvoření čísel pomocí příkazů shodných s předchozí demonstrační aplikací, ale s pootočenou pracovní hlavou robota, aby bylo možné dosáhnout s fixem co nejdál, bylo zjištěno, že osy X a Y jsou pootočeny vůči papíru o několik stupňů. Tento problém byl vyřešen pomocí příkazu TOOL, který dokáže přednastavit pracovní bod na hrot fixu a tím bylo dosaženo srovnání os vůči papíru a tím pádem i vůči samotnému robotu. Samotný příkaz se zapisuje do jednoho řádku s požadovanými hodnotami posunutí X,Y,Z.



Obr. 41 – Ukázka demonstrační aplikace – čísla s příkazem TOOL..

Jak je z obrázku patrné, horní čísla nebyly vytvořeny s pomocí příkazu TOOL a spodní už ano. Mimo natočení os je vidět, že jsou čísla bez použití tohoto příkazu i delší a širší. Tento příkaz je tudíž nezbytné využít, pokud na pracovní hlavu robota připevníme jakýkoliv nástroj. Po změně nastavení pracovního bodu je důležité nezapomenout příkaz opět zrušit pro další program, nebo jeho část, jelikož příkaz TOOL zůstává v paměti robota i po jeho vypnutí. Z tohoto důvodu je vhodné začít každý nový program příkazem TOOL P_NTOOL, který příkaz TOOL ruší a vrací bod do původní polohy.

Číslo bylo vytvořeno pomocí příkazů, které již byly popsány u předchozí aplikace, výjimku zde tvoří pouze čísla, u nichž bylo využito příkazu pro tvorbu kruhu. Tímto způsobem byly vytvořeny čísla šest, osm a devět. Některé z těchto čísel by šlo vytvořit i jinými příkazy, ale z důvodu využití kruhových příkazů pouze u této aplikace, jsem se rozhodl pro jejich použití v maximální míře. Pro ukázkou funkce bylo vybráno číslo osm, kde jsou vytvořeny dva kruhy nad sebou.



Obr. 42 – Ukázka zápisu čísla osm.

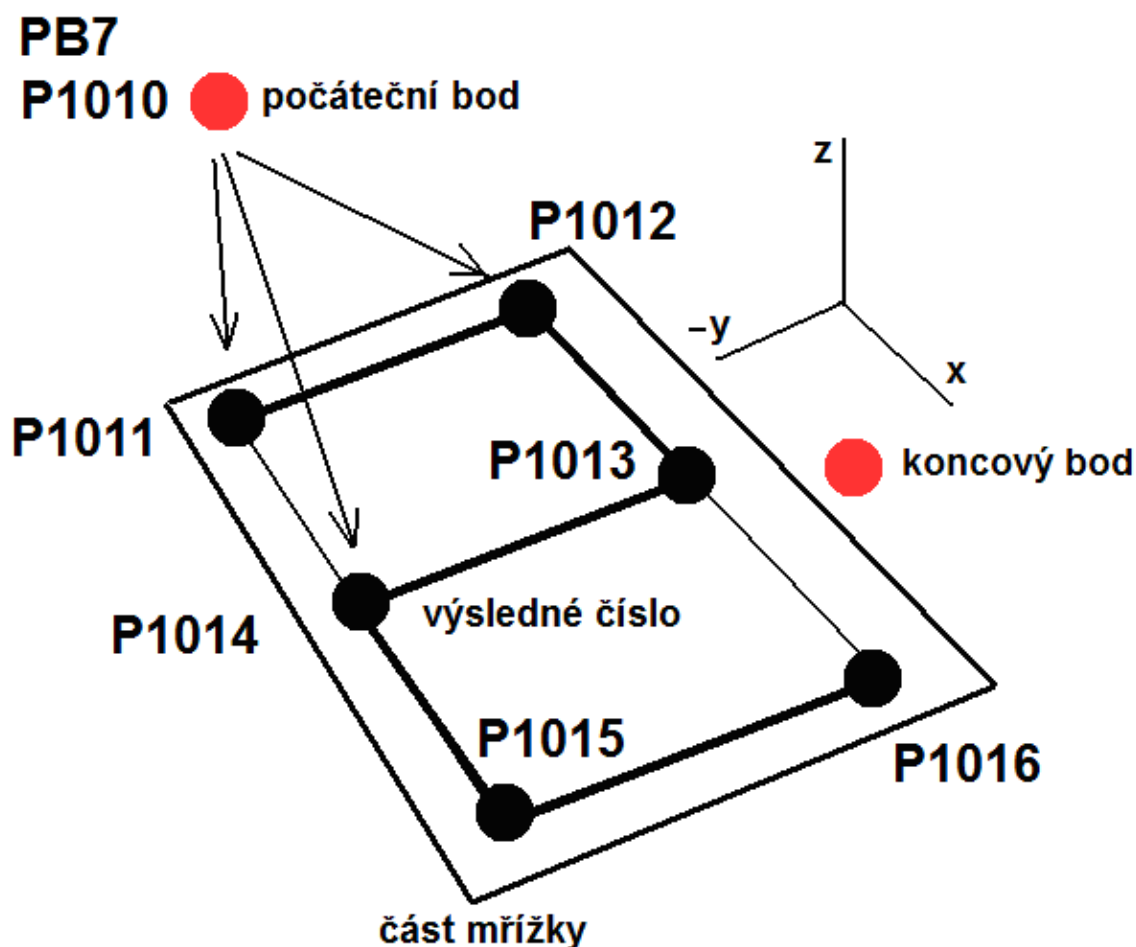
Kruhy se zadávají podobnou logikou jako poloměry. K zapsání jednoho kruhu jsou nutné správně vytvořené minimálně tři body v listu pozic. Začátek zápisu čísla osm je naprosto stejný jako u dalších, tzn. byl vytvořen bod nad začátkem a v tomto případě i nad koncem čísla osm (P145A) do kterého nejdříve musí pracovní hlava robota s upnutým fixem najet. Z tohoto bodu fix přejede do bodu P145, kde je nastavena krátká prodleva pomocí příkazu DLY, odkud začne zápis samotného čísla. Zápis kruhu pak již probíhá pomocí příkazu MVC s postupně zapsanými body P145, P146 a P147. Po tomto kroku se fix vrátí do polohy P145, odkud pokračuje stejným způsobem přes body P145, P148 a P149. Pořadí se za-

dává ve směru hodinových ručiček. V tomto směru se také kruhový pohyb uskuteční. Nakonec byla opět zadána prodleva a posléze je číslo dokončeno přejetím do pozice P145A, odkud program pokračuje k číslici další.

11.3 Demonstrační aplikace SUDOKU

Jako základ této aplikace slouží rámeček, který má 9 řádků a 9 sloupců. Pro přehlednost byl vytvořen dvěma barvami, které rozdělí hlavní rám na 9 čtverců. V každém z nich je dalších 9 polí, do kterých se posléze doplňují zadané čísla. Základní rám je zadán bodově, vnitřní síť byla zadána inkrementálně z důvodu ušetření velkého množství bodů a tím dalších příkazů a času, jak je patrné z přiložených zdrojových kódů.

Z důvodu další možnosti modifikace, nebo případné doplnění dalších variant aplikace, byla vytvořena databáze čísel. Čísla jsou v tomto případě vytvořeny v digitální podobě, podobně jako na sedmisegmentovém displeji, a jsou uloženy jako podprogramy na konci hlavního programu, odkud se dají vyvolat do příslušného políčka a není je tedy nutné neustále vypisovat. Jedinou výjimkou je číslo 1, které bylo z důvodu vzhledu posunuto na střed každého políčka.



Obr. 43 – Vytvoření databáze čísel - SUDOKU.

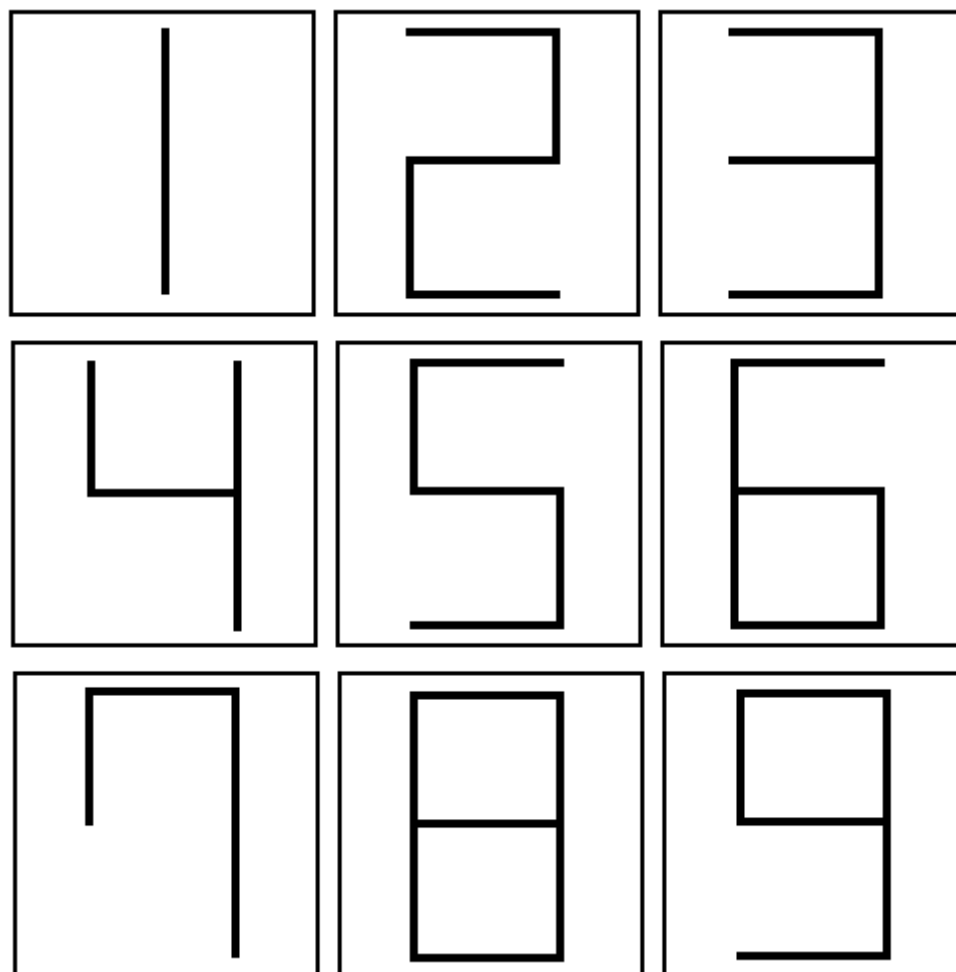
Začátek každého podprogramu čísla je stejný, jako při programování pouze pomocí bodů. Počáteční bod je vytvořen nad každým z políček Sudoku, což je vysvětleno níže. Samotné číslo začíná v libovolném bodě, který je připraven nad mřížkou. Pro ukázkou byl vybrán zápis podprogramu čísla dva. Nejdříve je nutné zadat počáteční bod nad papírem jako výchozí. Toho je docíleno tím, že je pomocí příkazu P1010=P_CURR libovolný bod (v tomto případě bod PB7) označen jako bod P1010, od kterého bude podprogram pokračovat. Pomocí přírůstku v ose Z fix sjede na papír a tím začne samotný zápis čísla dva. Poté je třeba opět zadat aktuální bod jako bod výchozí stejně jako v kroku před tím, tzn. P1011=P_CURR a definovat tím další bod čísla. Od bodu P1011 se bude dále pokračovat v ose Y v kladném směru o danou hodnotu, kde se bude postup opakovat a aktuální bod se nastaví opět jako bod výchozí pro další pohyb, tentokrát v ose X kladným směrem. Tímto způsobem se pokračuje dál body P1013, P1014, P1015. Nakonec z bodu P1016 kladnou hodnotou v ose Z dojde k ukončení podprogramu čísla dva. Důležité při psaní těchto podprogramů je nastá-

vení prodlevy mezi jednotlivé pohyby, tím nedojde k přenosu setrvačných sil do dalšího kroku. Tímto přírůstkovým způsobem byly vytvořeny čísla jedna až devět.

Tabulka 4.: Databáze čísel.

Databáze čísel	
Číslo	Řádek podprogramu
1	11000
2	12000
3	13000
4	14000
5	15000
6	16000
7	17000
8	18000
9	19000

Jak je vidět z tabulky databáze čísel, druhé číslo u řádků podprogramů odpovídá vždy samotným číslům, tím je zaručena lepší přehlednost při kontrole a jednodušší zápis podprogramů čísel do samotného programu. Pro vyvolání čísla stačí pouze do zdrojového kódu napsat číslo řádku a příkazu GOSUB, např. číslo pět se vyvolá GOSUB 15000.

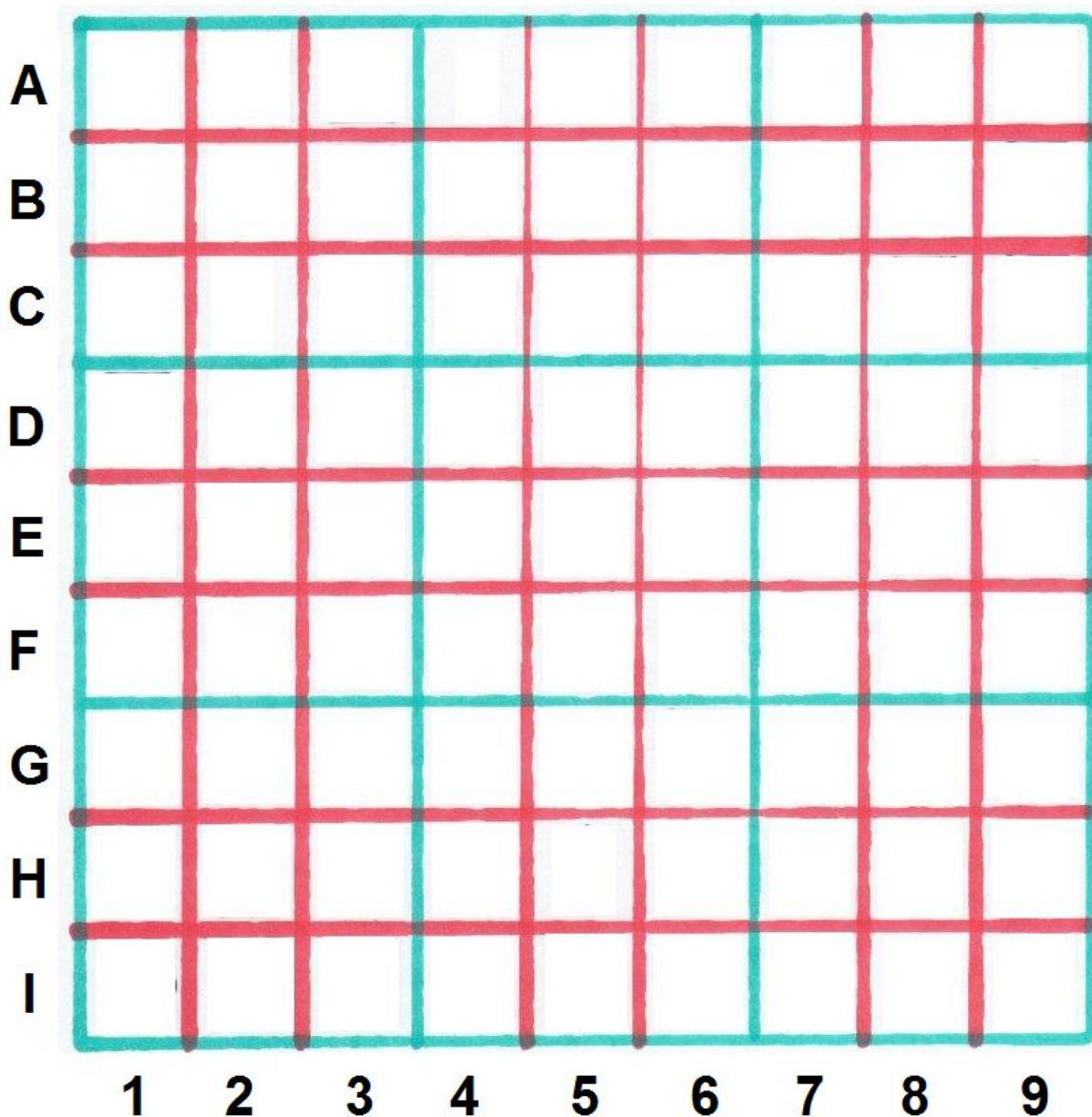


Obr. 44 – Podprogramy čísel - SUDOKU.

Každé číslo začíná v počátečním bodě, který je zvednutý nad papírem (osa z) v levém horní rohu každého políčka v mřížce (obr.43), tím je docíleno, že i když všechna čísla nezačínají ve stejné části mřížky ve kterém má být napsáno, tak počáteční bod je u všech stejný a dá se tedy umístit libovolné číslo do jakéhokoliv počátečního bodu nad každým oknem. Samotné čísla byla zapsána přírůstkovým způsobem jako podprogramy, které lze opětovně v programu vyvolat.

Další problém se objevil při zkoušení zápisu podprogramů, kdy z důvodu krátkých drah má robot při pohybu ještě setrvačnost a částečně zřejmě i chvění. Tím se čísla psaly s různými deformacemi. Toto bylo vyřešeno krátkou prodlevou mezi všemi kroky pohybu pomocí příkazu DLY. Prodlevy mezi jednotlivými pohyby robota se zamezil přenos setrvačných sil do dalšího kroku a čísla tak byly zapsány přesně podle daných přírůstků.

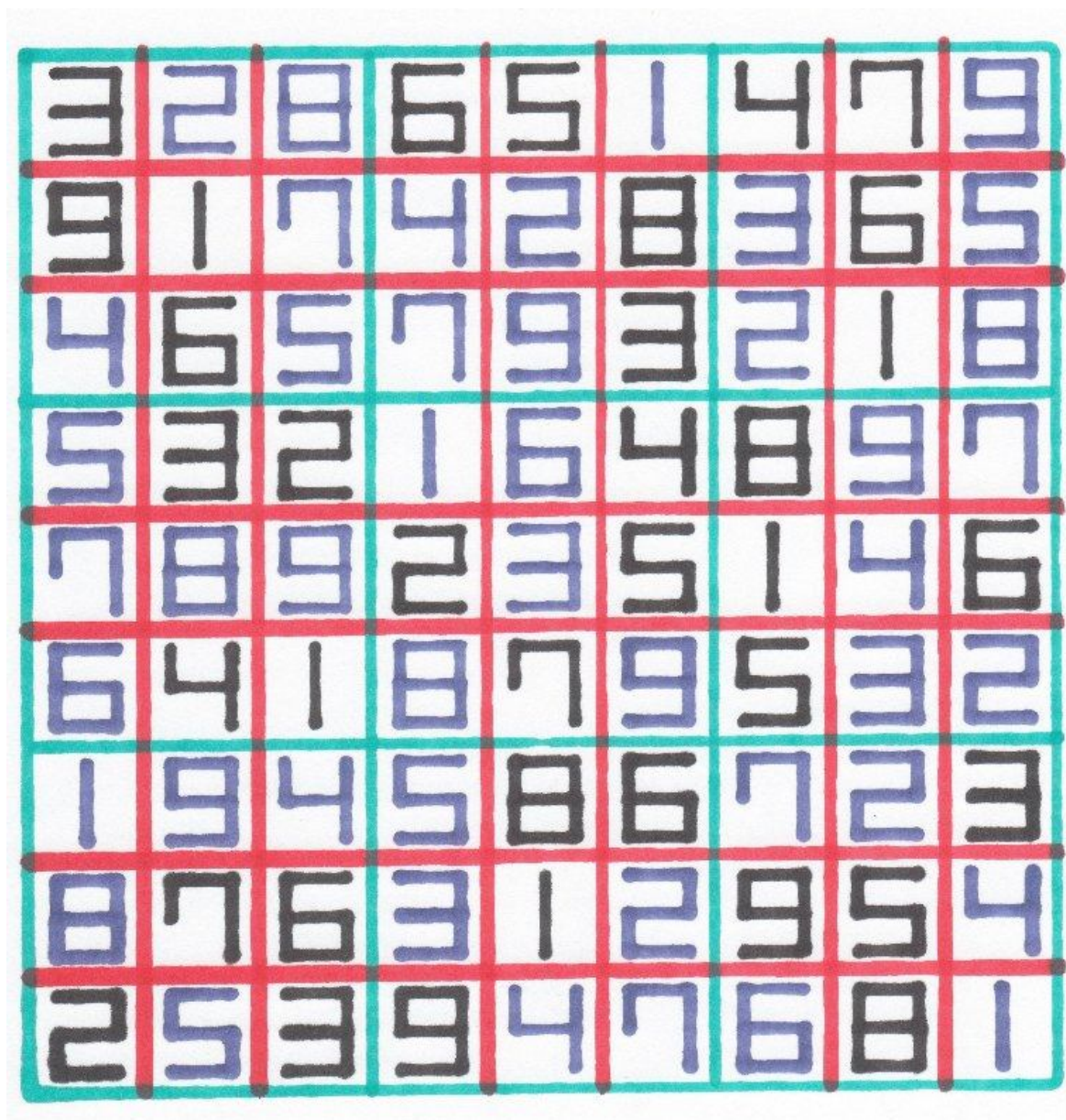
Po zápisu podprogramů čísel 1 až 9 následoval zápis všech 81 pozic nad každým oknem rámečku a následné odzkoušení správnosti. Pro přehlednost v zadávání čísel do jednotlivých políček byl zaveden systém řádků A – I a sloupců 1 – 9. Tento způsob, který je naopak než na šachovnici, byl zaveden z důvodu, že varianta číslo-písmeno byla již využita pro najíždění nad určitý bod, který je označen v listu pozic daným číslem a písmenem.



Obr. 45 – Ukázka demonstrační aplikace - SUDOKU.

Byly vytvořeny 3 úrovně obtížnosti demonstrační aplikace SUDOKU, kdy po výběru úrovně a spuštění programu robot nejdřív zapíše samotný rámeček, potom program čeká na spuštění aplikace pomocí tlačítka start na čelním panelu (obr.34). Po jeho stisknutí se zapíše zadání SUDOKU černou barvou a pracovní hlavice poté odjede na stranu. Nyní bude mož-

nost doplnit SUDOKU případným přihlížejícím ručně. Pro následnou kontrolu se opět zmáčkne tlačítko start a program doplní řešení SUDOKU modrou barvou.



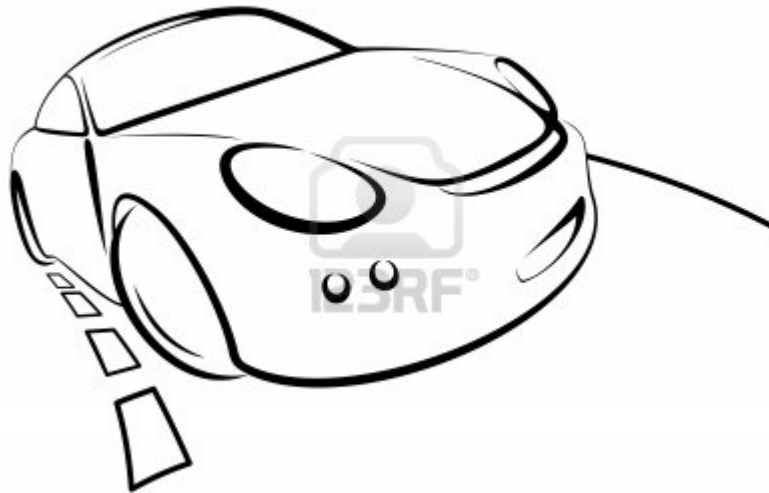
Obr. 46 – Ukázka vyplněné demonstrační aplikace - SUDOKU.

Stejným způsobem by šla vytvořit například celá abeceda. Poté by pomocí zápisu jednoduchého programu byl robot schopný napsat libovolné slovo.

11.4 Kontura pomocí bodů z CAD programu

Další ze zajímavých možností zadávání různých křivek a tím tedy i drah do robota, je možnost zápisu bodů, po kterých se bude robot pohybovat, přímo do okna programu. Nejdříve

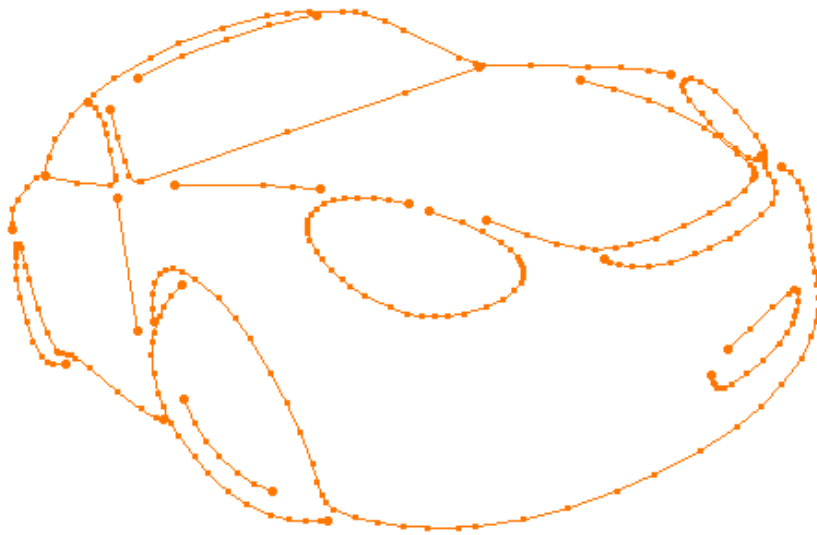
byl vyhledán odpovídající obrázek, který by byl vhodný k této aplikaci a zároveň byl zajímavý po vzhledové stránce.



Obr. 47 – Původní obrázek. [12]

Poté bylo třeba vytvořit konturu tohoto obrázku v CAD programu. K tomu bylo využito programu Catia V5, kdy byl načten obrázek v prostředí Shape design. Přes obrázek byl vložen nový díl přes Part design a následně ve skicáři vytvořena pomocí přímek kontura tohoto obrázku, která byla zmenšena na požadovanou velikost a přesunuta do požadovaných souřadnic x,y ve kterých je umístěn papír u robota. Toto je velmi důležitý krok, jelikož by při jiném umístění bodů byla kontura posunuta v prostoru a její přemístění na požadovanou pozici by bylo velmi složité.

Tato kontura byla dále načtena v programu NX, kde byl vytvořen seznam bodů, stejným způsobem jako vytvoření CNC programu. Hustota bodů a výsledná přesnost lze nastavit, z hlediska jednoduchosti bylo k vytvoření křivek k tomuto programu snížena přesnost na výsledných cca 300 bodů, což je hodnota dostatečná k přesnému vytvoření požadovaného obrysu.



Obr. 48 – *Kontura v programu Catia V5.*

Seznam bodů byl dále upraven pro potřeby programu Cosimir Industrial za pomoci programů Microsoft Word a Microsoft Excel, aby bylo přepisování bodů do programu Cosimir Industrial co nejjednodušší a nejrychlejší. U seznamu bodů z programu NX může dojít při převodu pro program Cosimir k problému, jelikož prvně jmenovaný program při stejné hodnotě x či y v bodech jdoucích za sebou, tuto hodnotu vynechává, proto bylo nutné tyto hodnoty doplnit, aby nedošlo k chybě a tím případné nechtěné kolizi nebo chybě error v programu.

před úpravou

N0030 G00 X344.811 Y-248.83 S0 M03
 N0040 G43 Z10. H00
 N0050 Z0.0
 N0060 G01 Y-250.339 F250. M08
 N0070 X344.709 Y-253.165
 N0080 X344.456 Y-256.132
 N0090 X343.646 Y-259.58
 N0100 X341.519 Y-264.141
 N0110 X339.165 Y-267.73
 N0120 X335.671 Y-271.5
 N0130 X332.57 Y-274.062
 N0140 X328.608 Y-277.049
 N0150 X326.232 Y-278.582
 N0160 X323.14 Y-279.999
 N0170 X321.913 Y-280.491
 N0180 X320.646 Y-280.864

po úpravě

300 P0020 T00 M06)
 305 MVS P0020
 310 P0030 G00 = (344.811 , -248.83 S0 M03)
 315 MVS P0030
 320 P0040 G43 Z10. H00)
 325 MVS P0040
 330 P0050 Z0.0)
 335 MVS P0050
 340 P0060 G01 , -250.339 F250. M08)
 345 MVS P0060
 350 P0070 = (344.709 , -253.165)
 355 MVS P0070
 360 P0080 = (344.456 , -256.132)
 365 MVS P0080
 370 P0090 = (343.646 , -259.58)
 375 MVS P0090

v programu Cosimir

300 P0020 = (344.811 , -248.83, 8, 34.110, 161.720)
 305 MVS P0020

 308 DLY 0.5

 310 P0030 = (344.811 , -248.83, -1.1)
 315 MVS P0030

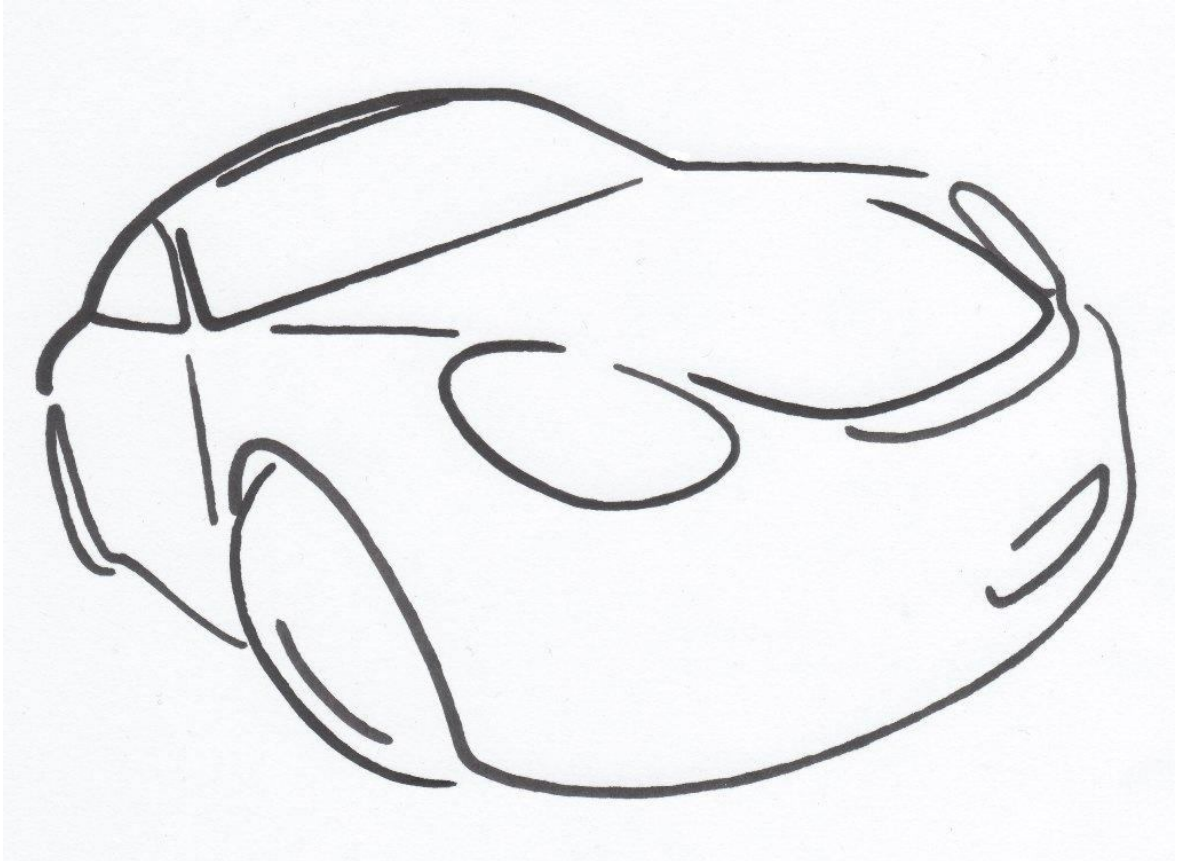
 350 P0070 = (344.709 , -253.165)
 355 MVS P0070

 360 P0080 = (344.456 , -256.132)
 365 MVS P0080

 370 P0090 = (343.646 , -259.58)
 375 MVS P0090

Obr. 49 – Modifikace seznamu bodů pro potřebu programu Cosimir Industrial.

Nejdříve bylo pomocí funkce najít a nahradit v programu Microsoft Word přepsány body do tvaru $p = (X, Y)$. Jak je z obrázku patrné, došlo k doplnění řádků v programu mezi každý zadaný bod, z důvodu stavby programu v Cosimir industrial, kdy se musí nejdříve definovat bod, do kterého potom příkazem MVS lze přejít. Poté byly řádky seřazeny pomocí programu Microsoft Excel. Jelikož i u této aplikace bylo využito funkce TOOL, musí být první bod v programu doplněn o hodnoty natočení, které jsou zkopírovány z předchozích aplikací. Z programu je dále patrné, že stačí zadávat body X, Y v absolutních hodnotách. Hodnotu v ose Z stačí zapsat opět u prvního bodu dané křivky, robot si jej dále pamatuje a pohybuje se pouze v osách X a Y.



Obr. 50 – Ukázka demonstrační aplikace - auto.

Tímto způsobem lze naprogramovat libovolně složitou trajektorii, kterou by bylo velmi obtížné zvládnout vytvořit pouze za pomoci bodů v listu pozic. Důležité u programování tohoto typu je znát začátky a konce jednotlivých křivek, aby nedošlo k jejich nechtěnému spojení a tím k špatným výsledkům. Z hlediska obtížnosti se jedná o složitý úkon, ke kterému je potřebná znalost dalších programů, ale jde dojít k zajímavým výsledkům.

ZÁVĚR

V první části této práce jsou uvedeny především základy robotiky a její pojmy, jejichž znalost je nezbytná pro následné pochopení funkce jednotlivých dílů stanice a vytvořených demonstračních aplikací. Dále se teoretická část zabývá rozdělením průmyslových robotů, pracovních hlavic a pohonů. Součástí teoretické části je také popis robota Mitsubishi MELFA RV-2AJ včetně jeho technických parametrů, na kterém byly následně vytvořeny demonstrační aplikace.

V praktické části je již popsána úprava montážní stanice. Stanice byla doplněna o navržené a vyrobené díly, které byly nezbytné k zamýšleným demonstračním aplikacím. Po realizaci výroby zadaných dílů došlo k jejich montáži.

Jako hlavní bod celé práce bylo vytvoření programů demonstračních aplikací robota, které budou sloužit pro prezentaci školy při různých veřejných akcích. Tyto aplikace mají ukázat schopnosti a jednotlivé funkce robota. Demonstrační aplikace mají různou obtížnost a délku zdrojových kódů.

Mezi zajímavé aplikace patří program Sudoku, který kombinuje různé příkazy a podprogramy. U této aplikace byla vytvořena databáze čísel, která velmi zkrátila čas samotného zápisu aplikace do zdrojového kódu. Pomocí databáze s čísly a vytvořeným seznamem pozic nad každou pozicí rámečku je možné aplikaci jednoduchým a rychlým způsobem modifikovat a dosáhnout tak dalších variant. Stejným způsobem by bylo možné vytvoření databáze písmen a jejich následné zapisování do slov, buďto napevno v programu, nebo by tento program šlo upravit způsobem, při kterém by případný zájemce zadal slovo, které by se pomocí jednoduchých příkazů ve zdrojovém kódu dalo vytvořit.

Další vytvořená aplikace je program zadaný pomocí bodů přímo do zdrojového kódu v jazyce MELFA BASIC IV, bez nutnosti využití listu pozic. Tímto způsobem lze nahrát body z křivek vytvořených v jakémkoliv CAD programu a nasimulovat tak například obrábění ve 3 osách. V případě této demonstrační aplikace byl navržen obrys auta v osách X a Y a jeho následné nakreslení. Tento způsob zadávání je nezbytný pro složité trajektorie, které by nejspíš nešlo klasickým zápisem bodů do listu pozic vůbec vytvořit.

Součástí montážní stanice je panel, obsahující tři tlačítka a to start, stop a reset a dále dvě kontrolky Q1 a Q2. Pro aplikace Sudoku byly využity tlačítka start a stop, které pokračují dále v programu nebo jej ukončí.

Z hlediska přesného polohování pro zápis na papíru se ukázalo nevýhodou nedostatečná přesnost roviny pracovního stolu v ose Z, kdy z důvodu výrobní nepřesnosti, smontování a nepřesného zadání příkazu na změnu pracovního bodu TOOL byl rozměr v ose Z na každém místě jiný. I když se jedná v úhlopříčce o rozdíl asi 0,4mm, fix na jedné straně, při přejezdu v jedné výšce v ose Z, již nedostane k papíru, takže byla potřeba dělat časté korekce hodnoty v ose Z. Tento problém by se dal vyřešit použitím tlakového snímače, který by hlídal styk fixu s pracovní deskou stolu, aniž by byl fix málo nebo hodně zatížen a tím deformován fix samotný nebo papír. Další variantou by mohlo být nastavení roviny stolu pomocí dotyku hrotu fixu ve třech bodech. Bohužel tlakovým snímačem robot nedisponuje a tento příkaz pro srovnání roviny není součástí programu.

Ze zkušeností získaných při programování těchto aplikací lze vytvořit libovolný program, který může např. popisovat výrobky, montovat díly v přesných sestavách nebo přesun dílů mezi jednotlivými kroky výroby. I přes celkovou jednoduchost programovacího jazyku MELFA Basic IV, lze vytvořit zajímavé aplikace různých typů a obtížností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [2] *Průmyslové roboty - mechanické koncepce, parametry, ukázky robotizovaných aplikací, robotizace v průmyslu* [online]. [2010] [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.roboti.cz/>
- [3] KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [4] BERKA, Štěpán. *Elektrotechnická schémata a zapojení*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 199 s. ISBN 978-80-7300-229-9.
- [5] MAŇAS, M. *Základy robotiky*. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN: 80-214-0279-2
- [6] Mr. Televox. In: [online]. [cit. 2013-01-16]. Dostupné z: <http://www.davidszondy.com/future/robot/televox.htm>
- [7] ŠIŠKA, Lubomír. *Montážní stanice s robotem MELFA RV-2AJ*. Zlín, 2008. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [8] *Senzory a převodníky*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 136 s. ISBN 80-010-3123-3.
- [9] Průmyslové robotické systémy Mitsubishi MELFA. *Automatizace* [online]. 2005 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://automatizace.cz/article.php?a=685>
- [10] Podtlakové úchopné hlavice. In: *Ústav mikroelektroniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně* [online]. 22.12.2010 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~bousek/vak/KONSTRUKCE/PODTLAK_UCHOP_JELINEK.pdf
- [11] *FESTO, Průmyslová automatizace* [online]. ©2000-2010 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [12] Ilustración - Vector el color del coche negro sobre fondo blanco. In: *I23RF* [online]. ©2006-2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z:

http://es.123rf.com/photo_10952078_vector-el-color-del-coche-negro-sobre-fondo-blanco.html

- [13] Sfěrické roboty RV-A. *AutoCont Control Systems* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.autocontcontrol.cz/rs/shop.asp?deptid=2110798>
- [14] *COSIMIR®HELP*. Německo, ©1992-2006.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MOV	Move – pohyb.
MVS	Move straight – pohyb rovně.
MVR	Move radius – pohyb po poloměru.
MVC	Move circle – pohyb po kružnici.
DLY	Delay – prodleva.
P	Position – pozice.
TOOL	Tool – nástroj.
END	End – konec.
PC	Personal computer – osobní počítač.
PRaM	Průmyslové roboty a manipulátory.
RCI	Robot controller interface – kontrolní rozhraní robota.
CAD	Computer aided design - počítačem podporované navrhování.
CNC	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem.
GOSUB	Go subroutine – Vyvolání podprogramu.
RETURN	Return – návrat.
P_NTOOL	Vrací pozici nástroje do základních hodnot.
P_CURR	Position current – Stávající pozice.
IF THEN	Jestliže potom jinak.
ELSE	
GOTO	Běž na

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - První robot „Mr. Televox“.[6]	12
Obr. 2 - První průmyslový robot „Unimate“	13
Obr. 3 - Univerzální průmyslový robot. [1]	17
Obr. 4 - Paletizační robot. [1]	19
Obr. 5 - Svařovací robot. [1]	20
Obr. 6 - Lakovací robot. [1].....	21
Obr. 7 - Dosah manipulátorů. [2].....	22
Obr. 8 - Nosnost. [2].....	22
Obr. 9 - Pracovní oblast. [2].....	23
Obr. 10 - Dělení pracovních hlavic.	25
Obr. 11 - Rozdělení úchopných hlavic.	26
Obr. 12 - Rozdělení úchopných prvků.	26
Obr. 13 - Rozdělení aktivních mechanických hlavic.	27
Obr. 14 – Schéma mechanické úchopné hlavice.	28
Obr. 15 – Aktivní podtlaková hlavice. [10]	29
Obr. 16 – Robotizace ve svařování.	30
Obr. 17 – Lineární elektromotor. [11].....	32
Obr. 18 – Rozdělení senzorů dle styku s prostředím.	35
Obr. 19 – Rozdělení senzorů dle transformace signálu.....	36
Obr. 20 – Skupina robotů MELFA. [9]	37
Obr. 21 – Modely RV-2AJ a RV-1A.	38
Obr. 22 – Příklad osazení robotů SCARA pro osazování, pájení a montáž.	39
Obr. 23 – Rozměry a pracovní rozsah RV-2AJ. [13]	41
Obr. 24 – Pracoviště s robotem MELFA před úpravou.	48
Obr. 25 – Návrh č.1.....	48
Obr. 26 – Návrh č.2.....	49
Obr. 27 – Navržené čelisti připevněné na chapadle robota.	50
Obr. 28 – Upravená stanice s robotem MELFA.	52
Obr. 29 – Ovládací panel.	53
Obr. 30 – Cosimir Industrial.....	55
Obr. 31 – EMERGENCY STOP.	56

Obr. 32 – <i>Příkaz MVR</i> . [14].....	58
Obr. 33 – <i>Příkaz MVC</i> . [14].....	58
Obr. 34 – <i>Přesunutí pracovního bodu nástroje</i>	60
Obr. 35 – <i>Přesunutí pracovního bodu nástroje z nápovědy v COSIMIR</i> . [14].....	61
Obr. 36 – <i>Panel robota s tlačítky</i>	62
Obr. 37 – <i>Řez držákem fixů</i>	65
Obr. 38 – <i>Ukázka demonstrační aplikace - logo UTB</i>	66
Obr. 39 – <i>Část loga UTB</i>	67
Obr. 40 – <i>Část loga UTB – písmeno U</i>	68
Obr. 41 – <i>Ukázka demonstrační aplikace – čísla s příkazem TOOL</i>	69
Obr. 42 – <i>Ukázka zápisu čísla osm</i>	70
Obr. 43 – <i>Vytvoření databáze čísel - SUDOKU</i>	72
Obr. 44 – <i>Podprogramy čísel - SUDOKU</i>	74
Obr. 45 – <i>Ukázka demonstrační aplikace - SUDOKU</i>	75
Obr. 46 – <i>Ukázka vyplněné demonstrační aplikace - SUDOKU</i>	76
Obr. 47 – <i>Původní obrázek</i> . [12].....	77
Obr. 48 – <i>Kontura v programu Catia V5</i>	78
Obr. 49 – <i>Modifikace seznamu bodů pro potřebu programu Cosimir Industrial</i>	79
Obr. 50 – <i>Ukázka demonstrační aplikace - auto</i>	80

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1.: Nárůst počtu nasazených robotů 1972-1984 [1].....</i>	13
<i>Tabulka 2.: Technická specifikace MELFA RV-2AJ [13].....</i>	42
<i>Tabulka 3.: Vstupy a výstupy čelního panelu.....</i>	62
<i>Tabulka 4.: Databáze čísel.</i>	73

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI:	Zdrojový kód programu logo UTB
PŘÍLOHA PII:	Zdrojový kód programu číslice pomocí příkazu TOOL
PŘÍLOHA PIII:	Zdrojový kód programu Sudoku – střední obtížnost
PŘÍLOHA PIV:	Zdrojový kód programu kontura pomocí bodů z CAD programu
PŘÍLOHA PV:	Výrobní výkres - Čelist
PŘÍLOHA PVI:	Výrobní výkres - Držák
PŘÍLOHA PVII:	Výrobní výkres - Držák stolu
PŘÍLOHA PVIII:	Výrobní výkres - Stůl
PŘÍLOHA PIX:	CD : Zdrojový kód programu logo UTB Position list logo UTB Zdrojový kód programu číslice pomocí příkazu TOOL Position list programu číslice Zdrojový kód programu Sudoku – lehká, střední, těžká obtížnost Position list programu Sudoku – lehká, střední, těžká obtížnost Zdrojový kód programu kontura pomocí bodů z CAD programu Position list programu kontura pomocí bodů 3D model a výrobní výkres – Čelist 3D model a výrobní výkres – Držák 3D model a výrobní výkres – Držák stolu 3D model a výrobní výkres – Stůl

3D model sestavy

Video – ukázka demonstrační aplikace

Obrázky zhotovených demonstračních aplikací

PŘÍLOHA P I: ZDROJOVÝ KÓD LOGO UTB

```
10 'logo skoly utb ft
20 'Marek Riha - Diplomova prace
```

```
30 TOOL P_NTOOL
```

```
40 DEF INTE POMALU
50 POMALU = 10
60 DEF INTE RYCHLE
70 RYCHLE = 10
80 DEF INTE SPOMALU
90 SPOMALU = 10
```

```
100 OVRD SPOMALU
```

```
120 MOV P5
130 MOV P60
140 MVS P61
145 DLY 0.5
150 HCLOSE 1
160 DLY 0.5
200 MVS P60
210 MOV P5
```

```
211 ' modry fix v celisti
```

```
395 MOV P68A
397 MOV P69
400 DLY 0.5
405 MVS P70
410 MVS P71
415 MVS P69
418 DLY 0.5
420 MOV P68A
422 MOV P72B
424 MOV P72
425 DLY 0.5
430 MVR P72, P73, P74
435 MVS P75
440 MVS P76
445 MVS P77
450 MVR P77, P78, P79
455 MVS P72
456 DLY 0.5
460 MOV P72B
```

```
500 ' logo hotovo
```

```
660 MOV P5
665 MOV P60
670 MVS P62
675 DLY 0.5
680 HOPEN 1
685 DLY 0.5
690 MVS P60
```

```
695 ' modry fix vraceni
```

```
700 MOV P5
705 MOV P66
710 MVS P67
715 DLY 0.5
```

720 HCLOSE 1
725 DLY 0.5
730 MVS P66
735 MOV P5

736 ' cerny fix v celisti

740 MOV P80A
745 MOV P80
750 DLY 0.5
755 MVS P81
760 MVR P81, P82, P83
765 MVS P84
770 MVR P84, P85, P86
775 MVS P87
777 DLY 0.5
780 MOV P87A

782 ' U hotovo

785 MOV P88A
790 MOV P88
792 DLY 0.5
795 MVS P89
797 DLY 0.5
800 MOV P89A
805 MOV P90B
810 MOV P90
812 DLY 0.5
815 MVS P91
817 DLY 0.5
820 MOV P91B

822 ' T hotovo

825 MOV P92A
830 MOV P92
835 DLY 0.5
840 MVS P93
845 MVR P93, P94, P95
850 MVS P96
855 MVS P95
860 MVR P95, P97, P98
865 MVS P99
870 MVS P92
875 MOV P92A

880 ' B hotovo

885 MOV P5
890 MOV P66
895 MVS P67A
900 DLY 0.5
905 HOPEN 1
910 DLY 0.5
915 MVS P66

920 ' cerny fix vraceni

925 MOV P5
930 MOV P60
940 MVS P61
945 DLY 0.5
950 HCLOSE 1

```
960 DLY 0.5
965 MVS P60
970 MOV P5

975 ' modry fix v celisti

980 MOV P100A
985 MOV P100
990 DLY 0.5
995 MVS P101
1000 MOV P101A

1005 ' line hotovo

1010 MOV P5
1015 MOV P60
1020 MVS P62
1025 DLY 0.5
1030 HOPEN 1
1035 DLY 0.5
1040 MVS P60

1045 ' modry fix vraceni

1050 MOV P5
1055 MOV P66
1060 MVS P67
1065 DLY 0.5
1070 HCLOSE 1
1075 DLY 0.5
1080 MVS P66
1085 MOV P5

1090 ' cerny fix v celisti

1100 MOV P102A
1105 MOV P102
1110 DLY 0.5
1115 MVS P103
1120 MVS P104
1125 DLY 0.5
1130 MOV P104A
1135 MOV P105B
1140 MOV P105
1145 DLY 0.5
1150 MVS P106
1155 DLY 0.5
1160 MOV P106B

1162 ' F hotovo

1165 MOV P107A
1170 MOV P107
1175 DLY 0.5
1180 MVS P108
1185 DLY 0.5
1190 MOV P108A
1195 MOV P109B
1200 MOV P109
1205 DLY 0.5
1210 MVS P110
1212 DLY 0.5
1215 MOV P110B
```

1220 ' T hotovo

1225 MOV P5

1230 MOV P66

1240 MVS P67A

1250 DLY 0.5

1260 HOPEN 1

1270 DLY 0.5

1280 MVS P66

1300 ' cerny fix vraceni

1305 MOV P5

6000 END

PŘÍLOHA P II: ZDROJOVÝ KÓD ČÍSLA S POMOCÍ PŘÍKAZU

TOOL

```
10 'Cisla + cisla tool
20 'Marek Riha - Diplomova prace

30 TOOL P_NTOOL
40 DEF INTE POMALU
50 POMALU% = 10
60 DEF INTE RYCHLE
70 RYCHLE% = 10
80 DEF INTE SPOMALU
90 SPOMALU% = 10
100 OVRD SPOMALU%

120 MOV P5
130 MOV P2
140 MVS P3
145 DLY 0.5
150 HCLOSE 1
160 DLY 0.5
200 MVS P2
210 MOV P5

211 ' cerveny fix v celisti

215 MOV P9
216 MOV P10A
220 MOV P10
221 DLY 0.5
225 MVS P11
230 MVS P12
231 DLY 0.5
232 MOV P12A

319 ' napsana 1

320 MOV P13A
325 MOV P13
326 DLY 0.5
330 MVR P13, P14, P15
335 MVS P16
340 MVS P17
341 DLY 0.5
345 MOV P17A

350 ' napsana 2

355 MOV P18A
360 MOV P18
361 DLY 0.5
365 MVR P18, P19, P20
370 MVR P20, P21, P22
375 DLY 0.5
380 MOV P22A

385 ' napsana 3

390 MOV P23A
395 MOV P23
396 DLY 0.5
400 MVS P24
```

405 MVS P25
406 DLY 0.5
410 MOV P25A
412 MOV P26B
415 MOV P26
416 DLY 0.5
420 MVS P27
421 DLY 0.5
425 MOV P27B

430 ' napsana 4

435 MOV P28A
440 MOV P28
445 DLY 0.5
450 MVS P29
455 MVS P30
457 MVS P31
460 MVR P31, P32, P33
461 MVS P34
462 DLY 0.5
465 MOV P34A

480 ' napsana 5

485 MOV P35A
490 MOV P35
491 DLY 0.5
495 MVS P36
500 MVR P36, P37, P38
505 MVS P39
510 MVC P39, P40, P41
515 DLY 0.5
520 MOV P39A

525 ' napsana 6

530 MOV P42A
535 MOV P42
540 DLY 0.5
545 MVS P43
550 MVS P44
551 DLY 0.5
555 MOV P44A

560 ' napsana 7

565 MOV P45A
570 MOV P45
571 DLY 0.5
575 MVC P45, P46, P47
580 MVC P45, P48, P49
581 DLY 0.5
585 MOV P45A

590 ' napsana 8

595 MOV P50A
600 MOV P50
605 DLY 0.5
610 MVC P50, P51, P52
615 MVS P53
620 DLY 0.5
625 MOV P53A


```
630 ' napsana 9
1390 MOV P9
1400 MOV P5
1410 MOV P5
1420 MOV P2
1470 MVS P4
1475 DLY 0.5
1480 HOPEN 1
1485 DLY 0.5
1490 MVS P2
1495 MVS P5

1505 MOV P5
1510 MOV P66
1515 MVS P67
1520 DLY 0.5
1525 HCLOSE 1
1530 DLY 0.5
1535 MVS P66
1540 MOV P5

1545 ' cerny fix v drzaku

1550 MOV P9

1600 TOOL (26,0,156)
1601 ' !!!zmeneni pracovniho bodu!!!

1605 MOV P100A
1610 MOV P100
1615 DLY 0.5
1620 MVS P101
1625 MVS P102
1630 DLY 0.5
1635 MOV P102A

1640 ' napsana 1 + tool

1645 MOV P103A
1650 MOV P103
1655 DLY 0.5
1670 MVR P103, P104, P105
1675 MVS P106
1680 MVS P107
1685 DLY 0.5
1690 MOV P107A

1695 ' napsana 2 + tool

1700 MOV P108A
1705 MOV P108
1710 DLY 0.5
1715 MVR P108, P109, P120
1720 MVR P120, P121, P122
1725 DLY 0.5
1730 MOV P122A

1735 ' napsana 3 + tool

1740 MOV P123A
1745 MOV P123
1750 DLY 0.5
1755 MVS P124
```

1760 MVS P125
1765 DLY 0.5
1770 MOV P125A
1775 MOV P126B
1780 MOV P126
1785 DLY 0.5
1790 MVS P127
1795 DLY 0.5
1800 MOV P127B

1805 ' napsana 4 + tool

1810 MOV P128A
1815 MOV P128
1820 DLY 0.5
1825 MVS P129
1830 MVS P130
1835 MVS P131
1840 MVR P131, P132, P133
1845 MVS P134
1850 DLY 0.5
1855 MOV P134A

1860 ' napsana 5 + tool

1865 MOV P135A
1870 MOV P135
1875 DLY 0.5
1880 MVS P136
1885 MVR P136, P137, P138
1890 MVS P139
1895 MVC P139, P140, P141
1900 DLY 0.5
1905 MOV P139A

1910 ' napsana 6 + tool

1915 MOV P142A
1920 MOV P142
1925 DLY 0.5
1930 MVS P143
1935 MVS P144
1940 DLY 0.5
1945 MOV P144A

1950 ' napsana 7 + tool

1955 MOV P145A
1960 MOV P145
1965 DLY 0.5
1970 MVC P145, P146, P147
1975 MVC P145, P148, P149
1980 DLY 0.5
1985 MOV P145A

1990 ' napsana 8 + tool

1995 MOV P150A
2000 MOV P150
2005 DLY 0.5
2010 MVC P150, P151, P152
2015 MVS P153
2020 DLY 0.5
2025 MOV P153A

2030 ' napsana 9 + tool

3000 TOOL P_NTOOL

3001 ' !!!vraceni pracovniho bodu do puvodnich hodnot!!!

3390 MOV P9

3410 MOV P5

3420 MOV P66

3470 MVS P68

3475 DLY 0.5

3480 HOPEN 1

3485 DLY 0.5

3490 MVS P66

3495 MVS P5

6000 END

PŘÍLOHA P III: ZDROJOVÝ KÓD SUDOKU – STŘEDNÍ OBTÍŽNOST

```
10 'Sudoku stredni obtiznost
20 'Marek Riha - Diplomova prace

30 TOOL P_NTOOL
40 DEF INTE POMALU
50 POMALU% = 10
60 DEF INTE RYCHLE
70 RYCHLE% = 10
80 DEF INTE SPOMALU
90 SPOMALU% = 10
100 OVRD SPOMALU%

105 MOV P5
110 MOV P63
115 MVS P64
120 DLY 0.5
125 HCLOSE 1
130 DLY 0.5
135 MVS P63
140 MOV P5

145 ' zeleny fix v drzaku

250 MOV P9

255 ' prejezd fixu do zakladni polohy nad papirem

300 TOOL (26,0,156)

301 ' !!!zmenen pracovni bod nastroje!!!

302 ' hlavni ram

305 MOV P69A
310 MOV P69
315 DLY 0.5
320 MVS P70
325 MVS P71
330 MVS P72
335 MVS P69
340 DLY 0.5
345 MOV P69A
350 MOV P73A
355 MOV P73
360 DLY 0.5
365 MVS P74
370 MOV P74A
375 MOV P75A
380 MOV P75
385 DLY 0.5
390 MVS P76
395 MOV P76A
400 MOV P77A
405 MOV P77
410 DLY 0.5
415 MVS P78
420 MOV P78A
425 MOV P79A
430 MOV P79
```

```
435 DLY 0.5
440 MVS P80
445 MOV P80A

450 ' hlavni ram hotovo

452 ' vraceni pracovniho bodu nastroje do vychozi polohy

455 TOOL P_NTOOL

460 MOV P5
465 MOV P63
470 MVS P65
475 DLY 0.5
480 HOPEN 1
485 DLY 0.5
490 MVS P63
495 MOV P5

500 ' zeleny fix upusteni

505 MOV P5
510 MOV P2
515 MVS P3
520 DLY 0.5
525 HCLOSE 1
530 DLY 0.5
535 MVS P2
540 MOV P5

545 ' cerveny fix v celisti

550 MOV P9
555 TOOL (26,0,156)
560 ' !!!zmenen pracovni bod nastroje!!!

565 MOV P81A
570 MOV P81
575 DLY 0.5
580 P901=P_CURR
585 P901.X=P901.X+135
590 MVS P901
595 DLY 0.5
600 P902=P_CURR
605 P902.Z=P902.Z+5
610 MOV P902

615 MVS P82A
620 MOV P82
625 DLY 0.5
630 P903=P_CURR
635 P903.X=P903.X+135
640 MVS P903
645 DLY 0.5
650 P904=P_CURR
655 P904.Z=P904.Z+5
660 MOV P904

665 MVS P83A
670 MOV P83
675 DLY 0.5
680 P905=P_CURR
685 P905.X=P905.X+135
687 P905.Z=P905.Z+0.1
```

```
690 MVS P905
695 DLY 0.5
700 P906=P_CURR
705 P906.Z=P906.Z+5
710 MOV P906

715 MVS P84A
720 MOV P84
725 DLY 0.5
730 P907=P_CURR
735 P907.X=P907.X+135
737 P907.Z=P907.Z+0.2
740 MVS P907
745 DLY 0.5
750 P908=P_CURR
755 P908.Z=P908.Z+5
760 MOV P908

765 MVS P85A
770 MOV P85
775 DLY 0.5
780 P909=P_CURR
785 P909.X=P909.X+135
788 P909.Z=P909.Z+0.35
790 MVS P909
795 DLY 0.5
800 P910=P_CURR
805 P910.Z=P910.Z+5
810 MOV P910

815 MVS P86A
820 MOV P86
825 DLY 0.5
830 P911=P_CURR
835 P911.X=P911.X+135
838 P911.Z=P911.Z+0.35
840 MVS P911
845 DLY 0.5
850 P912=P_CURR
855 P912.Z=P912.Z+5
860 MOV P912

865 MVS P87A
870 MOV P87
875 DLY 0.5
880 P913=P_CURR
885 P913.Y=P913.Y+135
888 P913.Z=P913.Z-0.8
890 MVS P913
895 DLY 0.5
900 P914=P_CURR
905 P914.Z=P914.Z+5
910 MOV P914

965 MVS P88A
970 MOV P88
975 DLY 0.5
980 P915=P_CURR
985 P915.Y=P915.Y+135
988 P915.Z=P915.Z-0.8
990 MVS P915
995 DLY 0.5
1000 P916=P_CURR
1005 P916.Z=P916.Z+5
```

```
1010 MOV P916

1015 MVS P89A
1020 MOV P89
1025 DLY 0.5
1030 P917=P_CURR
1035 P917.Y=P917.Y+135
1037 P917.Z=P917.Z-0.3
1040 MVS P917
1045 DLY 0.5
1050 P918=P_CURR
1055 P918.Z=P918.Z+5
1060 MOV P918

1065 MVS P90A
1070 MOV P90
1075 DLY 0.5
1080 P919=P_CURR
1085 P919.Y=P919.Y+135
1088 P919.Z=P919.Z-0.2
1090 MVS P919
1095 DLY 0.5
1100 P920=P_CURR
1105 P920.Z=P920.Z+5
1110 MOV P920

1115 MVS P91A
1120 MOV P91
1125 DLY 0.5
1130 P921=P_CURR
1135 P921.Y=P921.Y+135
1140 MVS P921
1145 DLY 0.5
1150 P922=P_CURR
1155 P922.Z=P922.Z+5
1160 MOV P922

1165 MVS P92A
1170 MOV P92
1175 DLY 0.5
1180 P923=P_CURR
1185 P923.Y=P923.Y+135
1190 MVS P923
1195 DLY 0.5
1200 P924=P_CURR
1205 P924.Z=P924.Z+5
1210 MOV P924

1215 ' vnitřni ram napsany

1270 TOOL P_NTOOL

1290 MOV P9
1300 MOV P5
1310 MOV P5
1320 MOV P2
1370 MVS P4
1375 DLY 0.5
1380 HOPEN 1
1385 DLY 0.5
1390 MVS P2
1395 MVS P5

1397 ' červený fix vraceni
```

```
1400 ' DLY 0.1
1401 IF M_IN(3)= 1 THEN GOTO 1405 ELSE GOTO 1400

1405 MOV P5
1410 MOV P66
1415 MVS P67
1420 DLY 0.5
1425 HCLOSE 1
1430 DLY 0.5
1435 MVS P66
1440 MOV P5

1445 ' cerny fix v celisti

1450 MOV P9
1455 TOOL (26,0,156)
1460 ' !!!zmenen pracovni bod nastroje!!!

1470 ' Zadani SUDOKU - stredni

1475 ' radky cisel z databaze:

1476 ' 1 - 11000
1477 ' 2 - 12000
1478 ' 3 - 13000
1479 ' 4 - 14000
1480 ' 5 - 15000
1481 ' 6 - 16000
1482 ' 7 - 17000
1483 ' 8 - 18000
1484 ' 9 - 19000

1499 ' radek A zadani

1500 MVS PA1
1502 DLY 0.2
1505 GOSUB 13000
1510 MVS PA4
1512 DLY 0.2
1515 GOSUB 16000
1520 MVS PA5
1522 DLY 0.2
1525 GOSUB 15000
1530 MVS PA7
1532 DLY 0.2
1535 GOSUB 14000
1540 MVS PA8
1542 DLY 0.2
1545 GOSUB 17000

1599 ' radek B zadani

1605 MVS PB1
1610 DLY 0.2
1615 GOSUB 19000
1640 MVS PB2
1642 DLY 0.2
1645 GOSUB 11000
1650 MVS PB6
1652 DLY 0.2
1655 GOSUB 18000
```


1660 MVS PB8
1662 DLY 0.2
1665 GOSUB 16000

1699 ' radek C zadani

1700 MVS PC2
1705 DLY 0.2
1710 GOSUB 16000
1715 MVS PC6
1720 DLY 0.2
1725 GOSUB 13000
1730 MVS PC8
1735 DLY 0.2
1740 GOSUB 11000

1799 ' radek D zadani

1800 MVS PD2
1805 DLY 0.2
1810 GOSUB 13000
1815 MVS PD3
1820 DLY 0.2
1825 GOSUB 12000
1830 MVS PD6
1835 DLY 0.2
1840 GOSUB 14000
1845 MVS PD7
1850 DLY 0.2
1855 GOSUB 18000

1899 ' radek E zadani

1900 MVS PE4
1905 DLY 0.2
1910 GOSUB 12000
1915 MVS PE6
1920 DLY 0.2
1925 GOSUB 15000
1930 MVS PE7
1935 DLY 0.2
1940 GOSUB 11000
1945 MVS PE9
1950 DLY 0.2
1955 GOSUB 16000

1999 ' radek F zadani

2000 MVS PF2
2005 DLY 0.2
2010 GOSUB 14000
2015 MVS PF3
2020 DLY 0.2
2025 GOSUB 11000
2030 MVS PF5
2035 DLY 0.2
2040 GOSUB 17000
2045 MVS PF7
2050 DLY 0.2
2055 GOSUB 15000

2099 ' radek G zadani

2100 MVS PG5
2125 DLY 0.2
2130 GOSUB 18000
2140 MVS PG6
2145 DLY 0.2
2150 GOSUB 16000
2160 MVS PG9
2165 DLY 0.2
2170 GOSUB 13000

2199 ' radek H zadani

2200 MVS PH2
2205 DLY 0.2
2210 GOSUB 17000
2215 MVS PH3
2220 DLY 0.2
2225 GOSUB 16000
2230 MVS PH5
2235 DLY 0.2
2240 GOSUB 11000
2245 MVS PH7
2250 DLY 0.2
2255 GOSUB 19000
2260 MVS PH8
2265 DLY 0.2
2270 GOSUB 15000

2299 ' radek I zadani

2310 MVS PI1
2315 DLY 0.2
2320 GOSUB 12000
2325 MVS PI3
2330 DLY 0.2
2335 GOSUB 13000
2340 MVS PI4
2345 DLY 0.2
2350 GOSUB 19000
2355 MVS PI8
2360 DLY 0.2
2365 GOSUB 18000

2380 ' Zadani sudoku - stredni konec
2389 ' Zmena pracovniho bodu na vychozi
2390 TOOL P_NTOOL

2400 MOV P5
2405 MOV P66
2410 MVS P68
2415 DLY 0.5
2420 HOPEN 1
2425 DLY 0.5
2430 MVS P66
2435 MOV P5

2440 ' cerny fix vraceni

```
2441 ' DLY 0.1
2442 IF M_IN(3)= 1 THEN GOTO 2445 ELSE GOTO 2441

2445 MOV P5
2450 MOV P60
2455 MVS P61
2460 DLY 0.5
2465 HCLOSE 1
2470 DLY 0.5
2475 MVS P60
2480 MOV P5

2481 ' modry fix v celisti

2485 MOV P9
2490 TOOL (26,0,156)
2495 ' !!!zmenen pracovni bod nastroje!!!

2498 ' reseni SUDOKU - stredni

2499 ' radek A reseni

2500 MVS PA2
2505 DLY 0.2
2510 GOSUB 12000
2515 MVS PA3
2520 DLY 0.2
2525 GOSUB 18000
2530 MVS PA6
2535 DLY 0.2
2540 GOSUB 11000
2545 MVS PA9
2550 DLY 0.2
2555 GOSUB 19000

2599 ' radek B reseni

2600 MVS PB3
2605 DLY 0.2
2610 GOSUB 17000
2615 MVS PB4
2620 DLY 0.2
2625 GOSUB 14000
2630 MVS PB5
2635 DLY 0.2
2640 GOSUB 12000
2645 MVS PB7
2650 DLY 0.2
2655 GOSUB 13000
2660 MVS PB9
2665 DLY 0.2
2670 GOSUB 15000

2699 ' radek C reseni

2700 MVS PC1
2705 DLY 0.2
2710 GOSUB 14000
2715 MVS PC3
2720 DLY 0.2
2725 GOSUB 15000
2730 MVS PC4
2735 DLY 0.2
2740 GOSUB 17000
```

2745 MVS PC5
2750 DLY 0.2
2755 GOSUB 19000
2760 MVS PC7
2765 DLY 0.2
2770 GOSUB 12000
2775 MVS PC9
2780 DLY 0.2
2785 GOSUB 18000

2799 ' radek D reseni

2800 MVS PD1
2805 DLY 0.2
2810 GOSUB 15000
2815 MVS PD4
2820 DLY 0.2
2825 GOSUB 11000
2830 MVS PD5
2835 DLY 0.2
2840 GOSUB 16000
2845 MVS PD8
2850 DLY 0.2
2855 GOSUB 19000
2860 MVS PD9
2865 DLY 0.2
2870 GOSUB 17000

2899 ' radek E reseni

2900 MVS PE1
2905 DLY 0.2
2910 GOSUB 17000
2915 MVS PE2
2920 DLY 0.2
2925 GOSUB 18000
2930 MVS PE3
2935 DLY 0.2
2940 GOSUB 19000
2945 MVS PE5
2950 DLY 0.2
2955 GOSUB 13000
2960 MVS PE8
2965 DLY 0.2
2970 GOSUB 14000

2999 ' radek F reseni

3000 MVS PF1
3005 DLY 0.2
3010 GOSUB 16000
3015 MVS PF4
3020 DLY 0.2
3025 GOSUB 18000
3030 MVS PF6
3035 DLY 0.2
3040 GOSUB 19000
3045 MVS PF8
3050 DLY 0.2
3055 GOSUB 13000
3060 MVS PF9
3065 DLY 0.2
3070 GOSUB 12000

3099 ' radek G reseni

3100 MVS PG1
3105 DLY 0.2
3110 GOSUB 11000
3115 MVS PG2
3120 DLY 0.2
3125 GOSUB 19000
3130 MVS PG3
3135 DLY 0.2
3140 GOSUB 14000
3145 MVS PG4
3150 DLY 0.2
3155 GOSUB 15000
3160 MVS PG7
3165 DLY 0.2
3170 GOSUB 17000
3175 MVS PG8
3180 DLY 0.2
3185 GOSUB 12000

3199 ' radek H reseni

3200 MVS PH1
3205 DLY 0.2
3210 GOSUB 18000
3215 MVS PH4
3220 DLY 0.2
3225 GOSUB 13000
3230 MVS PH6
3235 DLY 0.2
3240 GOSUB 12000
3245 MVS PH9
3250 DLY 0.2
3255 GOSUB 14000

3299 ' radek I reseni

3300 MVS PI2
3305 DLY 0.2
3310 GOSUB 15000
3315 MVS PI5
3320 DLY 0.2
3325 GOSUB 14000
3330 MVS PI6
3335 DLY 0.2
3340 GOSUB 17000
3345 MVS PI7
3350 DLY 0.2
3355 GOSUB 16000
3360 MVS PI9
3365 DLY 0.2
3370 GOSUB 11000

9900 ' Zmena pracovniho bodu na vychozi

9905 TOOL P_NTOOL
9910 MOV P9

9950 MOV P5
9955 MOV P60
9960 MVS P62
9965 DLY 0.5
9970 HOPEN 1

```
9975 DLY 0.5
9980 MVS P60

9985 ' modry fix vraceni

9990 MOV P5

9995 END

9998 ' !!!! Databaze cisel !!!!

9999 ' ..... Jednicka

11000 P1000=P_CURR
11005 P1000.Y=P1000.Y+4
11010 P1000.Z=P1000.Z-7
11015 MVS P1000
11020 DLY 0.2
11025 P1001=P_CURR
11030 P1001.X=P1001.X+10
11035 MVS P1001
11040 DLY 0.2
11045 P1002=P_CURR
11050 P1002.Z=P1002.Z+7
11055 MOV P1002
11060 RETURN

11099 ' ..... Dvojka

12000 P1010=P_CURR
12105 P1010.Z=P1010.Z-7
12110 MVS P1010
12115 DLY 0.2
12120 P1011=P_CURR
12125 P1011.Y=P1011.Y+8
12130 MVS P1011
12132 DLY 0.2
12135 P1012=P_CURR
12140 P1012.X=P1012.X+5
12145 MVS P1012
12147 DLY 0.2
12150 P1013=P_CURR
12155 P1013.Y=P1013.Y-8
12160 MVS P1013
12162 DLY 0.2
12165 P1014=P_CURR
12170 P1014.X=P1014.X+5
12175 MVS P1014
12177 DLY 0.2
12180 P1015=P_CURR
12185 P1015.Y=P1015.Y+8
12190 MVS P1015
12195 DLY 0.2
12200 P1016=P_CURR
12205 P1016.Z=P1016.Z+7
12210 MVS P1016
12215 RETURN

12999 ' ..... Trojka

13000 P1020=P_CURR
13255 P1020.Z=P1020.Z-7
```

13260 MVS P1020
13265 DLY 0.2
13270 P1021=P_CURR
13275 P1021.Y=P1021.Y+8
13280 MVS P1021
13282 DLY 0.2
13285 P1022=P_CURR
13290 P1022.X=P1022.X+5
13295 MVS P1022
13297 DLY 0.2
13300 P1023=P_CURR
13305 P1023.Y=P1023.Y-8
13310 MVS P1023
13312 DLY 0.2
13315 MVS P1022
13317 DLY 0.2
13320 P1024=P_CURR
13325 P1024.X=P1024.X+5
13330 MVS P1024
13332 DLY 0.2
13335 P1025=P_CURR
13340 P1025.Y=P1025.Y-8
13345 MVS P1025
13350 DLY 0.2
13355 P1026=P_CURR
13360 P1026.Z=P1026.Z+7
13365 MVS P1026
13370 RETURN

13999 ' Ctverka

14000 P1030=P_CURR
14405 P1030.Z=P1030.Z-7
14410 MVS P1030
14415 DLY 0.2
14420 P1031=P_CURR
14425 P1031.X=P1031.X+5
14430 MVS P1031
14432 DLY 0.2
14435 P1032=P_CURR
14440 P1032.Y=P1032.Y+8
14445 MVS P1032
14447 DLY 0.2
14450 P1033=P_CURR
14455 P1033.X=P1033.X-5
14460 MVS P1033
14462 DLY 0.2
14465 P1034=P_CURR
14470 P1034.X=P1034.X+10
14475 MVS P1034
14480 DLY 0.2
14485 P1035=P_CURR
14490 P1035.Z=P1035.Z+7
14495 MVS P1035
14500 RETURN

14999 ' Petka

15000 P1040=P_CURR
15605 P1040.Y=P1040.Y+8
15610 P1040.Z=P1040.Z-7
15615 MVS P1040
15620 DLY 0.2
15625 P1041=P_CURR

15630 P1041.Y=P1041.Y-8
15635 MVS P1041
15637 DLY 0.2
15640 P1042=P_CURR
15645 P1042.X=P1042.X+5
15650 MVS P1042
15652 DLY 0.2
15655 P1043=P_CURR
15660 P1043.Y=P1043.Y+8
15665 MVS P1043
15667 DLY 0.2
15670 P1044=P_CURR
15675 P1044.X=P1044.X+5
15680 MVS P1044
15682 DLY 0.2
15685 P1045=P_CURR
15690 P1045.Y=P1045.Y-8
15695 MVS P1045
15700 DLY 0.2
15705 P1046=P_CURR
15710 P1046.Z=P1046.Z+7
15715 MVS P1046
15720 RETURN

15999 ' Sestka

16000 P1050=P_CURR
16805 P1050.Y=P1050.Y+8
16810 P1050.Z=P1050.Z-7
16815 MVS P1050
16820 DLY 0.2
16825 P1051=P_CURR
16830 P1051.Y=P1051.Y-8
16835 MVS P1051
16837 DLY 0.2
16840 P1052=P_CURR
16845 P1052.X=P1052.X+10
16850 MVS P1052
16852 DLY 0.2
16855 P1053=P_CURR
16860 P1053.Y=P1053.Y+8
16865 MVS P1053
16867 DLY 0.2
16870 P1054=P_CURR
16875 P1054.X=P1054.X-5
16880 MVS P1054
16882 DLY 0.2
16895 P1055=P_CURR
16900 P1055.Y=P1055.Y-8
16905 MVS P1055
16910 DLY 0.2
16915 P1056=P_CURR
16920 P1056.Z=P1056.Z+7
16925 MVS P1056
16930 RETURN

16999 ' Sedmicka

17000 P1060=P_CURR
17005 P1060.Z=P1060.Z-7
17010 P1060.X=P1060.X+5
17015 MVS P1060
17020 DLY 0.2
17025 P1061=P_CURR

17030 P1061.X=P1061.X-5
17035 MVS P1061
17037 DLY 0.2
17040 P1062=P_CURR
17045 P1062.Y=P1062.Y+8
17050 MVS P1062
17052 DLY 0.2
17055 P1063=P_CURR
17060 P1063.X=P1063.X+10
17065 MVS P1063
17070 DLY 0.2
17075 P1064=P_CURR
17080 P1064.Z=P1064.Z+7
17085 MVS P1064
17090 RETURN

17999 ' Osmicka

18000 P1070=P_CURR
18105 P1070.Z=P1070.Z-7
18110 P1070.X=P1070.X+5
18115 MVS P1070
18120 DLY 0.2
18125 P1071=P_CURR
18130 P1071.X=P1071.X-5
18135 MVS P1071
18137 DLY 0.2
18140 P1072=P_CURR
18145 P1072.Y=P1072.Y+8
18150 MVS P1072
18152 DLY 0.2
18155 P1073=P_CURR
18160 P1073.X=P1073.X+5
18165 MVS P1073
18167 DLY 0.2
18170 P1074=P_CURR
18175 P1074.Y=P1074.Y-8
18180 MVS P1074
18182 DLY 0.2
18185 P1075=P_CURR
18190 P1075.X=P1075.X+5
18195 MVS P1075
18197 DLY 0.2
18200 P1076=P_CURR
18205 P1076.Y=P1076.Y+8
18210 MVS P1076
18212 DLY 0.2
18215 P1077=P_CURR
18220 P1077.X=P1077.X-5
18225 MVS P1077
18230 DLY 0.2
18235 P1078=P_CURR
18240 P1078.Z=P1078.Z+7
18245 MVS P1078
18250 RETURN

18999 ' Devitka

19000 P1080=P_CURR
19305 P1080.Z=P1080.Z-7
19310 P1080.X=P1080.X+5
19315 P1080.Y=P1080.Y+8
19320 MVS P1080
19325 DLY 0.2

19330 P1081=P_CURR
19335 P1081.Y=P1081.Y-8
19340 MVS P1081
19342 DLY 0.2
19345 P1082=P_CURR
19350 P1082.X=P1082.X-5
19355 MVS P1082
19357 DLY 0.2
19360 P1083=P_CURR
19365 P1083.Y=P1083.Y+8
19370 MVS P1083
19372 DLY 0.2
19375 P1084=P_CURR
19380 P1084.X=P1084.X+10
19385 MVS P1084
19387 DLY 0.2
19390 P1085=P_CURR
19395 P1085.Y=P1085.Y-8
19400 MVS P1085
19405 DLY 0.2
19410 P1086=P_CURR
19415 P1086.Z=P1086.Z+7
19420 MVS P1086
19425 RETURN

PŘÍLOHA P IV: ZDROJOVÝ KÓD KONTURA POMOCÍ BODŮ Z CAD PROGRAMU

```
10 'Auto pomoci krivky z cad
20 'Marek Riha - Diplomova prace
30 TOOL P_NTOOL
40 DEF INTE POMALU
50 POMALU% = 10
60 DEF INTE RYCHLE
70 RYCHLE% = 10
80 DEF INTE SPOMALU
90 SPOMALU% = 10
100 OVRD SPOMALU%

105 MOV P5
110 MOV P66
115 MVS P67
120 DLY 0.5
125 HCLOSE 1
130 DLY 0.5
135 MVS P66
140 MOV P5

145 ' cerny fix v celisti

210 MOV P5
230 MOV P9

232 ' fix v zakladni poloze nad papirem
235 ' !!!zmena pracovniho bodu pomoci TOOL!!!!
240 TOOL (26,0,156)

300 P0020 = (344.811 , -248.83, 8, 34.110, 161.720)
305 MVS P0020
308 DLY 0.5
310 P0030 = (344.811 , -248.83, -1.1)
315 MVS P0030
350 P0070 = (344.709 , -253.165)
355 MVS P0070
360 P0080 = (344.456 , -256.132)
365 MVS P0080
370 P0090 = (343.646 , -259.58)
375 MVS P0090
380 P0100 = (341.519 , -264.141)
385 MVS P0100
390 P0110 = (339.165 , -267.73)
395 MVS P0110
400 P0120 = (335.671 , -271.5)
405 MVS P0120
410 P0130 = (332.57 , -274.062)
415 MVS P0130
420 P0140 = (328.608 , -277.049)
425 MVS P0140
430 P0150 = (326.232 , -278.582)
435 MVS P0150
440 P0160 = (323.14 , -279.999)
445 MVS P0160
450 P0170 = (321.913 , -280.491)
455 MVS P0170
460 P0180 = (320.646 , -280.864)
465 MVS P0180
470 P0190 = (316.836 , -281.788)
```

475 MVS P0190
480 P0200 = (313.405 , -282.154)
485 MVS P0200
490 P0210 = (310.772 , -281.978)
495 MVS P0210
500 P0220 = (309.057 , -281.788)
505 MVS P0220
510 P0230 = (306.158 , -280.623)
515 MVS P0230
520 P0240 = (304.178 , -279.788)
525 MVS P0240
530 P0250 = (302.19 , -278.54)
535 MVS P0250
540 P0260 = (300.089 , -276.474)
545 MVS P0260
550 P0270 = (300.089 , -276.474, 8)
555 MVS P0270

557 ' krivka 1 hotovo

560 P0280 = (281.343 , -277.774, 8)
565 MVS P0280
570 P0290 = (281.343 , -277.774, -1.1)
575 MVS P0290
590 P0310 = (281.454 , -258.348)
595 MVS P0310
600 P0320 = (281.641 , -255.625)
605 MVS P0320
610 P0330 = (282.073 , -250.408)
615 MVS P0330
617 P0340 = (282.073 , -250.408, 8)
619 MVS P0340

620 ' krivka 2 hotovo

630 P0350 = (249.1 , -251.048, 8)
635 MVS P0350
640 P0360 = (249.1 , -251.048, -1.3)
645 MVS P0360
650 P0370 = (251.131 , -260.039)
655 MVS P0370
660 P0380 = (253.856 , -268.14)
665 MVS P0380
670 P0390 = (256.856 , -276.518)
675 MVS P0390
680 P0400 = (261.081 , -284.815)
685 MVS P0400
687 P0410 = (261.081 , -284.815, 8)
688 MVS P0410

690 ' krivka 3 hotovo

700 P0420 = (265.478 , -294.179, 8)
705 MVS P0420
710 P0430 = (265.478 , -294.179, -1.1)
715 MVS P0430
720 P0440 = (266.739 , -292.916)
725 MVS P0440
730 P0450 = (268. , -292.035)
735 MVS P0450
740 P0460 = (269.978 , -291.146)
745 MVS P0460
750 P0470 = (270.774 , -290.849)
755 MVS P0470

760 P0480 = (271.603 , -290.659)
765 MVS P0480
770 P0490 = (280.198 , -288.969)
775 MVS P0490
780 P0500 = (280.64 , -288.986)
785 MVS P0500
790 P0510 = (281.027 , -289.197)
795 MVS P0510
800 P0520 = (281.279 , -289.56)
805 MVS P0520
810 P0530 = (281.343 , -289.997)
815 MVS P0530
820 P0540 = (280.794 , -296.285)
825 MVS P0540
830 P0550 = (279.693 , -302.254)
835 MVS P0550
840 P0560 = (279.693 , -302.254)
845 MVS P0560

849 ' krivka 4 hotovo

850 P0570 = (267.053 , -289.892, 8)
855 MVS P0570
860 P0580 = (267.053 , -289.892, -1.3)
865 MVS P0580
870 P0590 = (272.094 , -288.754)
875 MVS P0590
880 P0600 = (276.931 , -287.126)
885 MVS P0600
890 P0610 = (279.649 , -286.344, -1.4)
895 MVS P0610
900 P0620 = (280.101 , -286.108)
905 MVS P0620
910 P0630 = (280.457 , -285.744, -1.5)
915 MVS P0630
920 P0640 = (280.684 , -285.287)
925 MVS P0640
930 P0650 = (280.758 , -284.783)
935 MVS P0650
940 P0660 = (280.673 , -284.281, -1.6)
945 MVS P0660
950 P0670 = (259.128 , -220.236, -1.6)
955 MVS P0670
960 P0680 = (259.128 , -220.236, 8)
965 MVS P0680

967 ' krivka 5 hotovo

970 P0690 = (261.495 , -201.174, 8)
975 MVS P0690
990 P0710 = (263.086 , -194.931, -1.5)
995 MVS P0710
1000 P0720 = (265.206 , -188.03)
1005 MVS P0720
1010 P0730 = (266.06 , -185.932)
1015 MVS P0730
1020 P0740 = (267.054 , -183.896)
1025 MVS P0740
1030 P0750 = (270.374 , -177.633)
1035 MVS P0750
1040 P0760 = (271.896 , -175.431)
1045 MVS P0760
1050 P0770 = (275.239 , -171.458)
1055 MVS P0770

1060 P0780 = (277.476 , -168.841)
1065 MVS P0780
1070 P0790 = (277.801 , -168.589)
1075 MVS P0790
1080 P0800 = (278.158 , -168.388)
1085 MVS P0800
1090 P0810 = (278.727 , -168.121)
1095 MVS P0810
1100 P0820 = (279.258 , -168.007)
1105 MVS P0820
1110 P0830 = (279.578 , -168.007)
1115 MVS P0830
1120 P0840 = (279.91 , -168.137)
1125 MVS P0840
1130 P0850 = (280.382 , -168.45)
1135 MVS P0850
1140 P0860 = (282.279 , -170.072)
1145 MVS P0860
1150 P0870 = (284.617 , -172.974)
1155 MVS P0870
1160 P0880 = (286.626 , -176.69)
1165 MVS P0880
1170 P0890 = (289.08 , -181.683)
1175 MVS P0890
1180 P0900 = (291.263 , -186.897)
1185 MVS P0900
1190 P0910 = (292.519 , -191.503)
1195 MVS P0910
1200 P0920 = (293.195 , -194.348)
1205 MVS P0920
1210 P0930 = (293.388 , -198.277)
1215 MVS P0930
1220 P0940 = (293.195 , -200.848)
1225 MVS P0940
1230 P0950 = (292.378 , -205.563)
1235 MVS P0950
1240 P0960 = (290.664 , -211.279)
1245 MVS P0960
1250 P0970 = (287.785 , -218.866)
1255 MVS P0970
1260 P0980 = (287.785 , -218.866, 8)
1265 MVS P0980

1267 ' krivka 6 hotovo

1270 P0990 = (284.827 , -233.505, 8)
1275 MVS P0990
1280 P0990 = (284.827 , -233.505, -1.4)
1285 MVS P0990
1290 P1010 = (284.081 , -237.258)
1295 MVS P1010
1300 P1020 = (283.753 , -240.04)
1305 MVS P1020
1310 P1030 = (283.711 , -243.309)
1315 MVS P1030
1320 P1040 = (283.829 , -245.804)
1325 MVS P1040
1330 P1050 = (284.157 , -247.834)
1335 MVS P1050
1340 P1060 = (284.686 , -249.376)
1345 MVS P1060
1350 P1070 = (285.679 , -250.985)
1355 MVS P1070

1360 P1080 = (286.797 , -252.063)
1365 MVS P1080
1370 P1090 = (287.983 , -252.602)
1375 MVS P1090
1380 P1100 = (288.698 , -252.796)
1385 MVS P1100
1390 P1110 = (289.623 , -252.796)
1395 MVS P1110
1400 P1120 = (290.48 , -252.602, -1.6)
1405 MVS P1120
1410 P1130 = (291.59 , -252.189)
1415 MVS P1130
1420 P1140 = (293.836 , -250.896)
1425 MVS P1140
1430 P1150 = (295.291 , -249.927)
1435 MVS P1150
1440 P1160 = (297.208 , -248.293)
1445 MVS P1160
1450 P1170 = (299.142 , -246.204)
1455 MVS P1170
1460 P1180 = (300.353 , -244.604)
1465 MVS P1180
1470 P1190 = (302.186 , -241.782)
1475 MVS P1190
1480 P1200 = (304.44 , -236.892)
1485 MVS P1200
1490 P1210 = (305.718 , -233.666)
1495 MVS P1210
1500 P1220 = (306.046 , -231.039)
1505 MVS P1220
1510 P1230 = (306.156 , -228.437)
1515 MVS P1230
1520 P1240 = (306.046 , -226.03)
1525 MVS P1240
1530 P1250 = (305.542 , -223.057)
1535 MVS P1250
1540 P1260 = (304.432 , -218.972)
1545 MVS P1260
1550 P1270 = (302.817 , -215.586)
1555 MVS P1270
1560 P1280 = (301.194 , -213.435)
1565 MVS P1280
1570 P1290 = (299.891 , -212.374)
1575 MVS P1290
1580 P1300 = (298.747 , -211.843)
1585 MVS P1300
1590 P1310 = (297.721 , -211.767)
1595 MVS P1310
1600 P1320 = (297.04 , -211.843)
1605 MVS P1320
1610 P1330 = (296.317 , -212.045, -1.8)
1615 MVS P1330
1620 P1340 = (295.56 , -212.441)
1625 MVS P1340
1630 P1350 = (294.996 , -212.875)
1635 MVS P1350
1640 P1360 = (293.457 , -214.332)
1645 MVS P1360
1650 P1370 = (292.045 , -216.093)
1655 MVS P1370
1660 P1380 = (290.152 , -219.568)
1665 MVS P1380
1670 P1390 = (288.395 , -223.283)
1675 MVS P1390

1680 P1400 = (286.2 , -229.731)
1685 MVS P1400
1690 P1410 = (286.2 , -229.731, 8)
1695 MVS P1410

1699 ' krivka 7 hotovo

1700 P1420 = (260.342 , -183.896, 8)
1705 MVS P1420
1710 P1430 = (260.342 , -183.896, -1.55)
1715 MVS P1430
1720 P1440 = (259.602 , -188.309)
1725 MVS P1440
1730 P1450 = (259.118 , -193.544)
1735 MVS P1450
1740 P1460 = (258.889 , -199.69)
1745 MVS P1460
1750 P1470 = (258.736 , -210.307)
1755 MVS P1470
1760 P1480 = (258.736, -219.475, -1.4)
1765 MVS P1480
1770 P1490 = (258.269 , -220.994)
1775 MVS P1490
1780 P1500 = (257.744 , -222.492)
1785 MVS P1500
1790 P1510 = (257.104 , -223.943)
1795 MVS P1510
1800 P1520 = (251.899 , -234.606)
1805 MVS P1520
1810 P1530 = (250.332 , -238.076)
1815 MVS P1530
1820 P1540 = (248.997 , -241.791)
1825 MVS P1540
1830 P1550 = (248.692 , -243.476)
1835 MVS P1550
1840 P1560 = (248.564 , -245.927)
1845 MVS P1560
1850 P1570 = (248.564 , -252.49)
1855 MVS P1570
1860 P1580 = (248.819 , -256.557)
1865 MVS P1580
1870 P1590 = (249.252 , -260.259)
1875 MVS P1590
1880 P1600 = (251.572 , -268.763)
1885 MVS P1600
1890 P1610 = (254.58 , -277.164)
1895 MVS P1610
1900 P1620 = (257.155 , -282.22)
1905 MVS P1620
1910 P1630 = (261.081 , -289.138)
1915 MVS P1630
1920 P1640 = (264.064 , -293.071)
1925 MVS P1640
1930 P1650 = (268.091 , -297.259, -1.2)
1935 MVS P1650
1940 P1660 = (272.706 , -300.308)
1945 MVS P1660
1950 P1670 = (275.918 , -301.61)
1955 MVS P1670
1960 P1680 = (279.079 , -302.504)
1965 MVS P1680
1970 P1690 = (280.048 , -303.959, -1.1)
1975 MVS P1690

1980 P1700 = (281.762 , -305.742)
1985 MVS P1700
1990 P1710 = (284.024 , -307.579)
1995 MVS P1710
2000 P1720 = (285.924 , -308.35)
2005 MVS P1720
2010 P1730 = (288.511 , -308.575)
2015 MVS P1730
2020 P1740 = (289.811, -308.575)
2025 MVS P1740
2030 P1750 = (289.811, -308.575, 8)
2035 MVS P1750

2036 ' krivka 8 hotovo

2040 P1760 = (283.757 , -288.754, 8)
2045 MVS P1760
2050 P1770 = (283.757 , -288.754, -1.1)
2055 MVS P1770
2060 P1780 = (308.791 , -284.829)
2065 MVS P1780
2070 P1790 = (308.791 , -284.829, 8)
2075 MVS P1790

2077 ' krivka 9 hotovo

2080 P1800 = (315.152 , -298.343, 8)
2085 MVS P1800
2090 P1810 = (315.152 , -298.343, -1, 05)
2095 MVS P1810
2100 P1820 = (314.952 , -300.921)
2105 MVS P1820
2110 P1830 = (314.619 , -301.788)
2115 MVS P1830
2120 P1840 = (313.62 , -302.878)
2125 MVS P1840
2130 P1850 = (310.757 , -304.545)
2135 MVS P1850
2140 P1860 = (307.007 , -305.812)
2145 MVS P1860
2150 P1870 = (302.435 , -307.056)
2155 MVS P1870
2160 P1880 = (299.04 , -307.745)
2165 MVS P1880
2170 P1890 = (296.71 , -307.946)
2175 MVS P1890
2180 P1900 = (294.734, -307.946)
2185 MVS P1900
2190 P1910 = (293.851 , -307.857)
2195 MVS P1910
2200 P1920 = (293.664 , -307.835)
2205 MVS P1920
2210 P1930 = (293.479 , -307.804)
2215 MVS P1930
2220 P1940 = (292.426 , -307.636)
2225 MVS P1940
2230 P1950 = (292.328 , -307.53)
2235 MVS P1950
2240 P1960 = (292.3 , -307.451)
2245 MVS P1960
2250 P1970 = (292.3 , -307.4)
2255 MVS P1970
2260 P1980 = (292.328 , -307.301)
2265 MVS P1980

2270 P1990 = (292.402 , -307.231)
2275 MVS P1990

2280 P2000 = (292.666 , -307.103)
2285 MVS P2000
2290 P2010 = (293.211 , -306.905)
2295 MVS P2010
2300 P2020 = (296.662 , -306.017)
2305 MVS P2020
2310 P2030 = (299.099 , -305.295)
2315 MVS P2030
2320 P2040 = (304.462 , -303.707)
2325 MVS P2040
2330 P2050 = (309.253 , -301.962)
2335 MVS P2050
2340 P2060 = (312.595 , -300.016)
2345 MVS P2060
2350 P2070 = (312.867 , -299.755)
2355 MVS P2070
2360 P2080 = (313.117 , -299.102)
2365 MVS P2080
2370 P2090 = (313.234 , -298.166)
2375 MVS P2090
2380 P2100 = (313.234 , -297.331)
2385 MVS P2100
2390 P2110 = (315.794 , -293.844)
2395 MVS P2110
2400 P2120 = (320.472 , -288.448)
2405 MVS P2120
2410 P2130 = (323.607 , -284.224)
2415 MVS P2130
2420 P2140 = (325.287 , -281.42)
2425 MVS P2140
2430 P2150 = (325.548 , -279.999)
2435 MVS P2150
2440 P2160 = (325.548 , -279.999, 8)
2445 MVS P2160

2447 ' krivka 10 hotovo

2450 P2170 = (339.016 , -259.405, 8)
2455 MVS P2170
2460 P2180 = (339.016 , -259.405, -1.2)
2465 MVS P2180
2470 P2190 = (337.694 , -262.731)
2475 MVS P2190
2480 P2200 = (335.671 , -265.919)
2485 MVS P2200
2490 P2210 = (332.56 , -269.277)
2495 MVS P2210
2500 P2220 = (329.602 , -271.838)
2505 MVS P2220
2510 P2230 = (326.291 , -273.975)
2515 MVS P2230
2520 P2240 = (321.639 , -276.106)
2525 MVS P2240
2530 P2250 = (321.639 , -276.106, 8)
2535 MVS P2250

2536 ' krivka 11 hotovo

2540 P2260 = (307.168 , -281.665, 8)
2545 MVS P2260
2550 P2270 = (307.168 , -281.665, -1.3)

2555 MVS P2270
2560 P2280 = (304.462 , -282.047)
2565 MVS P2280

2570 P2290 = (301.795 , -282.047)
2575 MVS P2290
2580 P2300 = (299.584 , -281.474)
2585 MVS P2300
2590 P2310 = (298.06 , -280.711)
2595 MVS P2310
2600 P2320 = (297.26 , -279.375)
2605 MVS P2320
2610 P2330 = (297.082 , -278.114)
2615 MVS P2330
2620 P2340 = (297.531 , -276.379)
2625 MVS P2340
2630 P2350 = (299.051 , -273.955)
2635 MVS P2350
2640 P2360 = (302.69 , -269.486)
2645 MVS P2360
2650 P2370 = (306.444 , -266.282)
2655 MVS P2370
2660 P2380 = (310.369 , -263.495)
2665 MVS P2380
2670 P2390 = (316.657 , -259.74)
2675 MVS P2390
2680 P2400 = (322.335 , -256.686)
2685 MVS P2400
2690 P2410 = (328.051 , -254.014)
2695 MVS P2410
2700 P2420 = (333.843 , -251.8)
2705 MVS P2420
2710 P2430 = (337.197 , -250.78)
2715 MVS P2430
2720 P2440 = (339.824 , -249.98)
2725 MVS P2440
2730 P2450 = (341.152 , -249.36)
2735 MVS P2450
2740 P2460 = (342.418 , -247.879)
2745 MVS P2460
2750 P2470 = (344.056 , -243.756)
2755 MVS P2470
2760 P2480 = (344.971 , -239.405)
2765 MVS P2480
2770 P2490 = (345.695 , -234.671)
2775 MVS P2490
2780 P2500 = (345.924 , -229.938)
2785 MVS P2500
2790 P2510 = (345.924 , -224.059)
2795 MVS P2510
2800 P2520 = (345.741 , -220.806)
2805 MVS P2520
2810 P2530 = (344.437 , -211.798)
2815 MVS P2530
2820 P2540 = (342.303 , -203.323)
2825 MVS P2540
2830 P2550 = (339.026 , -194.162)
2835 MVS P2550
2840 P2560 = (335.863 , -187.062)
2845 MVS P2560
2850 P2570 = (331.443 , -178.325)
2855 MVS P2570
2860 P2580 = (326.832 , -171.301)
2865 MVS P2580

2870 P2590 = (323.059 , -166.835)
 2875 MVS P2590
 2880 P2600 = (319.019 , -163.094)
 2885 MVS P2600

 2890 P2610 = (314.104 , -159.252)
 2895 MVS P2610
 2900 P2620 = (309.874 , -157.343)
 2905 MVS P2620
 2910 P2630 = (307.206 , -156.541)
 2915 MVS P2630
 2920 P2640 = (305.072 , -156.198)
 2925 MVS P2640
 2930 P2650 = (302.52 , -156.088)
 2935 MVS P2650
 2940 P2660 = (300.051 , -156.27, -1.35)
 2945 MVS P2660
 2950 P2670 = (297.82 , -156.661)
 2955 MVS P2670
 2960 P2680 = (295.351 , -157.094)
 2965 MVS P2680
 2970 P2690 = (292.701 , -157.416)
 2975 MVS P2690
 2980 P2700 = (289.479 , -157.695)
 2985 MVS P2700
 2990 P2710 = (286.154 , -158.1)
 2995 MVS P2710
 3000 P2720 = (283.802 , -158.518)
 3005 MVS P2720
 3010 P2730 = (282.058 , -159.147)
 3015 MVS P2730
 3020 P2740 = (280.566 , -159.915)
 3025 MVS P2740
 3030 P2750 = (279.017 , -161.43)
 3035 MVS P2750
 3040 P2760 = (277.929 , -163.162)
 3045 MVS P2760
 3050 P2770 = (277.929 , -163.162, 8)
 3055 MVS P2770

 3057 ' krivka 12 hotovo

 3060 P2780 = (275.825 , -166.936, 8)
 3065 MVS P2780
 3070 P2790 = (275.825 , -166.936, -1.45)
 3075 MVS P2790
 3080 P2800 = (276.377 , -167.283)
 3085 MVS P2800
 3090 P2810 = (276.473 , -168.068)
 3095 MVS P2810
 3100 P2820 = (276.465 , -168.532)
 3105 MVS P2820
 3110 P2830 = (276.328 , -168.976)
 3115 MVS P2830
 3120 P2840 = (276.074 , -169.365)
 3125 MVS P2840
 3130 P2850 = (274.435 , -171.632)
 3135 MVS P2850
 3140 P2860 = (271.896 , -174.603)
 3145 MVS P2860
 3150 P2870 = (265.12 , -180.642)
 3155 MVS P2870
 3160 P2880 = (263.482 , -181.615)
 3165 MVS P2880

3170 P2890 = (262.555 , -181.745)
3175 MVS P2890
3180 P2900 = (261.851 , -181.448)
3185 MVS P2900
3190 P2910 = (261.495 , -181.049)
3195 MVS P2910
3200 P2920 = (261.221 , -180.111)
3205 MVS P2920
3210 P2930 = (261.851 , -178.292)
3215 MVS P2930
3220 P2940 = (263.63 , -175.544)
3225 MVS P2940
3230 P2950 = (267.485 , -171.632)
3235 MVS P2950
3240 P2960 = (271.896 , -168.045)
3245 MVS P2960
3250 P2970 = (274.027 , -166.595)
3255 MVS P2970
3260 P2980 = (274.957 , -166.338)
3265 MVS P2980
3270 P2990 = (275.572 , -166.206)
3275 MVS P2990
3280 P3000 = (276.867 , -166.169)
3285 MVS P3000
3290 P3010 = (277.731 , -166.169)
3295 MVS P3010
3300 P3020 = (279.139 , -165.508)
3305 MVS P3020
3310 P3030 = (280.566 , -164.594)
3315 MVS P3030
3320 P3040 = (282.735 , -164.129)
3325 MVS P3040
3330 P3050 = (284.815 , -164.828)
3335 MVS P3050
3340 P3060 = (287.015 , -166.939)
3345 MVS P3060
3350 P3070 = (290.284 , -171.265)
3355 MVS P3070
3360 P3080 = (290.802 , -172.007)
3365 MVS P3080
3370 P3090 = (291.261 , -172.787)
3375 MVS P3090
3380 P3100 = (293.03 , -176.577)
3385 MVS P3100
3390 P3110 = (294.335 , -179.416)
3395 MVS P3110
3400 P3120 = (295.929 , -183.916)
3405 MVS P3120
3410 P3130 = (296.637 , -188.069)
3415 MVS P3130
3420 P3140 = (296.637 , -191.363)
3425 MVS P3140
3430 P3150 = (296.351 , -193.838)
3435 MVS P3150
3440 P3160 = (295.929 , -195.331)
3445 MVS P3160
3450 P3170 = (295.126 , -196.395)
3455 MVS P3170
3460 P3180 = (295.126 , -196.395, 8)
3465 MVS P3180

3466 ' krivka 13 hotovo

3470 P3190 = (317.004 , -176.236, 8)

3475 MVS P3190
3480 P3200 = (317.004 , -176.236, -1.35)
3485 MVS P3200
3490 P3210 = (318.453 , -175.897)
3495 MVS P3210
3500 P3220 = (319.063 , -175.605)
3505 MVS P3220
3510 P3230 = (319.438 , -175.187)
3515 MVS P3230
3520 P3240 = (319.61 , -174.571)
3525 MVS P3240
3530 P3250 = (319.577 , -173.97)
3535 MVS P3250
3540 P3260 = (318.824 , -172.572)
3545 MVS P3260
3550 P3270 = (316.784 , -169.493)
3555 MVS P3270
3560 P3280 = (314.353 , -166.402)
3565 MVS P3280
3570 P3290 = (311.083 , -163.433)
3575 MVS P3290
3580 P3300 = (309.077 , -162.008)
3585 MVS P3300
3590 P3310 = (307.546 , -161.092)
3595 MVS P3310
3600 P3320 = (306.031 , -160.418)
3605 MVS P3320
3610 P3330 = (304.808 , -160.072)
3615 MVS P3330
3620 P3340 = (303.301 , -159.945)
3625 MVS P3340
3630 P3350 = (301.548 , -160.009)
3635 MVS P3350
3640 P3360 = (301.243 , -160.058)
3645 MVS P3360
3650 P3370 = (301.054 , -160.16)
3655 MVS P3370
3660 P3380 = (300.978 , -160.29)
3665 MVS P3380
3670 P3390 = (300.954 , -160.518)
3675 MVS P3390
3680 P3400 = (300.978 , -160.669)
3685 MVS P3400
3690 P3410 = (301.054 , -160.809)
3695 MVS P3410
3700 P3420 = (301.888 , -161.78)
3705 MVS P3420
3710 P3430 = (304.341 , -164.635)
3715 MVS P3430
3720 P3440 = (308.344 , -168.96)
3725 MVS P3440
3730 P3450 = (312.135 , -173.057)
3735 MVS P3450
3740 P3460 = (312.135 , -173.057, 8)
3745 MVS P3460

3750 ' krivka 14 hotovo

4390 TOOL P_NTOOL
4400 MOV P5_
4405 MOV P66
4410 MVS P68
4415 DLY 0.5
4420 HOPEN 1

4425 DLY 0.5

4430 MVS P66

4435 MOV P5

4437 ' cerny fix vraceni

4985 DLY 0.5

4990 TOOL P_NTOOL

4995 MOV P5

5000 END