

Návrh a realizace edukačního robotického pracoviště pro SPŠ Zlín

Ondřej Jakuba

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Jakuba**
Osobní číslo: **A15776**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh a realizace edukačního robotického pracoviště pro SPŠ Zlín**

Téma anglicky: **The Design and Implementation of an Educational Robotic Workplace for the Technical Secondary School in Zlín**

Zásady pro vypracování:

1. Popište kinematické a dynamické charakteristiky robotického systému typu SCARA.
2. Návrhněte vhodné pracoviště a bezpečnostní prvky pro bezpečnou práci robota typu SCARA ve výukovém prostředí střední školy.
3. Vypracujte program pro řízení pohybu při typových úlohách.
4. Zpracujte výuková skripta, kterými se budou studenti moci při výuce řídit.
5. Aplikujte výukové úlohy na reálný robotický systém.

Rozsah bakalářské práce: -
Rozsah příloh: -
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **ÚŘEDNÍČEK, Zdeněk.** Robotika. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2012. ISBN 978-80-7454-223-7. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/18589>
2. **VALÁŠEK, M.** Kinematika robotických systémů [online]. ČVUT Praha, 2011 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1102.pdf
3. **ŠOLC, F., VÁCLAVEK, P. A VAVŘÍN, P.** Řízení a regulace II. VUT Brno: Fakulta automatizace a měřicí techniky, Skripta, Leden 2011.
4. **KARNÍK, Ladislav.** Navrhování a praktické aplikace biorobotických zařízení. Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2726-1.
5. **SKAŘUPA, Jiří.** Průmyslové roboty a manipulátory. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2008. ISBN 978-802-4815-220.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Ing. Zdeněk Úředníček, CSc.**
Ústav automatizace a řídicí techniky
Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2016**

Ve Zlíně dne 19. února 2016



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

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;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati 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;
- beru na vědomí, že podle § 60 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 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- 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.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor;
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Návrh řešitelných úloh pomocí SCARA robota, včetně softwarového řešení těchto úloh. Součástí práce je návrh vhodného pracoviště a bezpečnostních prvků pro bezpečný chod robota. Dále budou součástí práce výuková skripta, kterými se budou studenti moci při výuce řídit. Cílem těchto skript tedy bude seznámit studenta s ovládáním robota a pomoci mu zvládnout zadání úlohy.

Klíčová slova: robotika, SCARA, mechanika, kinematika, edukace

ABSTRACT

Suggestion of solvable tasks using SCARA robot, including software solution of these tasks. Proposal for suitable workplace and safety features for safe running of the robot is also part of this work. Next part will be educational textbook that students might follow during classes. Main goal of this textbook will be to familiarize student with control of the robot a to help them with successful completion of given task.

Keywords: robotics, SCARA, mechanics, kinematics, education

poděkování

Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce doc. RNDr. Ing. Zdeňku Úředníčkovi, CSc. za jeho ochotu, cenné rady a připomínky, kterými mi pomohl s vypracováním této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval svému konzultantovi ing. Davidu Vajdíkovovi za veškerou pomoc a poskytnuté materiály, kterými mi přispíval ke zvládnutí především praktické části.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 KLASIFIKACE ROBOTŮ	10
1.1 ČÁSTI PRŮMYSLOVÉHO ROBOTICKÉHO SYSTÉMU	11
1.1.1 ČLÁNEK.....	11
1.1.2 KLOUB.....	11
1.1.3 ZÁPĚSTÍ.....	13
1.1.4 MANIPULÁTOR.....	14
1.1.5 EFEKTOR.....	15
1.2 MECHANIKA POHYBOVÉHO SYSTÉMU	16
1.2.1 KINEMATICKÉ ŘETĚZCE.....	16
1.2.2 PRACOVNÍ PROSTOR.....	18
1.2.3 AKČNÍ ČLENY.....	19
1.2.4 ŘÍZENÍ.....	20
1.2.5 APLIKACE.....	20
1.2.6 SCARA.....	20
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
2 NÁVRH VHODNÉHO PROSTŘEDÍ	26
2.1 VYBRANÝ ROBOT	26
2.1.1 ROZMĚRY A PRACOVNÍ PROSTOR ROBOTA.....	29
2.1.2 ŘÍDICÍ JEDNOTKA.....	31
2.2 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ	34
2.2.1 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY.....	35
2.2.2 POUŽITÝ EFEKTOR.....	36
2.2.3 PNEUMATICKÝ ROZVADĚČ.....	37
3 NÁVRH TYPOVÝCH ÚLOH A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	38
3.1 PRACOVIŠTĚ Č.1	39
3.2 PRACOVIŠTĚ Č.2	40
3.3 PRACOVIŠTĚ Č.3	41
3.4 ÚLOHA Č.4	41
3.5 VÝUKOVÁ SKRIPTA	42
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	46
SEZNAM OBRÁZKŮ	47
SEZNAM TABULEK	48
SEZNAM PŘÍLOH	49

ÚVOD

Náplní práce bylo navrhnout pracovní prostředí robota, který bude používán při vzdělávání studentů k výuce programování průmyslových zařízení. Robot, který byl vybrán je SCARA robot Epson H554BN. Jedná se o průmyslový robot využívaný k montáži, přesouvání předmětů, kompletaci a k mnoha dalším činnostem, kde je potřeba dosáhnout vysoké rychlosti a přesnosti. Ovládání robota zajišťuje řídicí jednotka EPSON SRC-310. Vzhledem k užití ve středoškolské výuce, bylo třeba zajistit patřičnou bezpečnost, a tak předcházet především zranění. Veškeré bezpečnostní prvky, včetně konstrukce stolu a oplocení zajistila firma TNS Servis. Dále zhotovila a připevnila k manipulátoru pneumatickou svorku. Škola vyžadovala takové úlohy, které zajistí dostatečné využití možností tohoto robota. Rozhodl jsem se pro vytvoření čtyř typových úloh tak, aby studenti byli schopni začít bez předešlých zkušeností s programováním takového robota, a po zvládnutí poslední úlohy by studenti byli schopni přejít k reálným úlohám, které by v praxi mohou zažít. Po navržení těchto úloh bylo potřeba vhodně rozmístit pracovní prvky a oddělit jednotlivé úlohy. Tyto úlohy musely být zkonsultovány a následně schváleny zástupcem školy. K tomu aby tyto úlohy mohli studenti zvládnout, bylo třeba vytvořit také průvodce programem, který slouží ke komunikaci a naprogramování robota. Také se nepředpokládaly žádné znalosti jazyka, kterým se daný robot programuje. Bylo třeba vytvořit skripta, kde budou detailně popsány jednotlivé funkce, které studenti mohou využít při řešení typových úloh. Typové úlohy bylo třeba také dostatečně popsat a vysvětlit studentům v zadání, čeho se má dosáhnout a předat jim informace o postupu, které využijí při zvládnutí těchto úloh.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KLASIFIKACE ROBOTŮ

Robotika je věda zabývající se roboty, jejich designem, použitím a výrobou. Robotika je moderní multidisciplinární obor zahrnující znalosti mechaniky, elektrotechniky, teorie řízení, měřicí techniky, umělé inteligence a celé řady dalších disciplín. Slovo robot poprvé použil Karel Čapek ve svém divadelním díle R.U.R., kde tímto slovem označoval biologické stroje s inteligencí sloužící k práci. V robotice se slovem robot označuje automatické programovatelné zařízení, kterým lze zcela, nebo částečně nahradit lidskou práci. Může se jednat o přemísťování předmětů, či o montážní práce. Většinou musí takový stroj získávat informace o prostředí ve kterém se pohybuje a musí být schopen toto prostředí fyzikálně, především mechanicky, ovlivňovat. [1][2]

Robotický systém uvažujeme soustavu ideálně tuhých (obecně i pružných) mechanických těles vázaných mezi sebou navzájem kinematickými dvojicemi umožňujícími jejich vzájemný přímo řízený nebo vazbami vyvolaný cílevědomý pohyb za účelem přemístění celého robota nebo jeho částí v prostoru do definovaného místa případně definovanou rychlostí nebo s definovaným zrychlením. Robotics Institute of America uvažuje 3-6 klasifikačních stupňů pro roboty a Association Francaise de Robotique kombinuje třídy 2, 3 a 4 do téhož typu a rozděluje roboty do 4 typů. Japonská Asociace průmyslových robotů rozděluje roboty do 6 tříd a to ručně ovládané zařízení (zařízení s více stupni volnosti ovládaná operátorem), roboty s pevnou sekvencí (zařízení vykonávající posloupnost etap úlohy v souladu s předem připraveným a fixním programem), roboty s proměnnou sekvencí (zařízení vykonávající posloupnost etap úlohy v souladu s předem připravenou, ale programovatelnou metodou), play-back roboty (lidský operátor provede úlohu ručně s vedením robota, který si zaznamenává pohyby pro pozdější přehrávání – playback), číslicově řízené roboty (operátor naprogramuje robota pomocí programu pohybu - ve speciálním příkazovém jazyce s příkazy pro jednotlivé pohyby. Existují také interaktivní grafické programovací prostředky, které graficky simulují na obrazovce pohyby robota, jež je možno jednoduše korigovat), inteligentní roboty (robot se schopností rozumět svému okolí a má schopnost provést úspěšně úlohu nehlédě na změny v okolním prostředí, ve kterém pracuje).

1.1 Části průmyslového robotického systému

Stejně jako je člověk souborem mnoha součástí (orgánů), tak i robot je složen z několika součástí. Věda zabývající se studiem biologických soustav a procesů, s využitím získaných vědomostí k vyřešení úloh robotiky jako hybridní směr poznávání se jmenuje biorobotika. Anatomie člověka je inspirací pro vznik široké škály biorobotických zařízení. K vytvoření pohyblivého mechanismu lze brát celou řadu pohybujících se biologických systémů, které lze napodobit. [3]

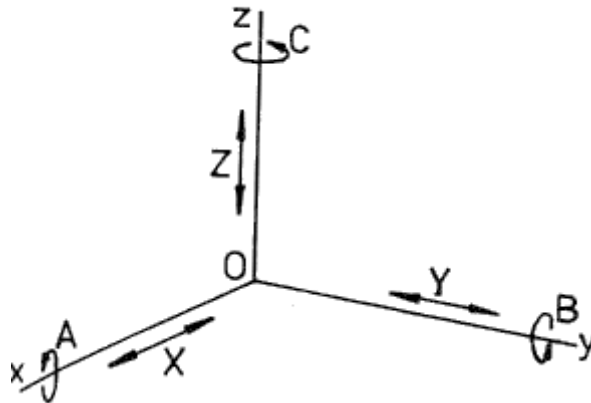
Geometrii pohybu robota a trajektoriemi, po kterých se mohou jednotlivé body mechanické soustavy robota pohybovat se zabývá kinematika. Mechanický systém robota vzniká spojením článků (ramen) několika kinematickými dvojicemi. Toto spojení se nazývá v kinematice kinematický řetězec, kde kinematickou dvojici tvoří spojení dvou pevných částí (článků) pomocí kloubu. [4]

1.1.1 Článek

Článek, v robotice nazýván i jako rameno, je samostatné tuhé těleso, které společně s klouby tvoří mechanickou část robota. Tyto články se mohou vzájemně pohybovat v kloubech. Spojené články, které se vůči sobě nemohou pohybovat, považujeme z hlediska kinematiky pouze za jeden článek. [4]

1.1.2 Kloub

Kloub umožňuje pohyblivé spojení dvou článků. Jednou z hlavních vlastností kloubu je počet poskytovaných stupňů volnosti. Počtem stupňů volnosti (DoF) se myslí počet nezávislých pohybů dvou článků vůči sobě, které kloub umožňuje. Celkem je možno dosáhnout až šesti stupňů volnosti, dle typu kloubů. Tyto klouby mohou poskytovat posuvný, a nebo rotační pohyb kolem jedné ze tří os (x,y,z), jak je znázorněno na obrázku č. 1. Zde jsou rotační pohyby označeny písmeny A, B a C. Pohyby translační pak písmeny X, Y a Z. Výsledný počet DoF je tedy závislý na součtu těchto možných pohybů. Například poskytuje-li kloub pohyb rotační kolem osy x a zároveň poskytuje pohyb translační po této ose, pak je jeho počet DoF roven 2. [8]

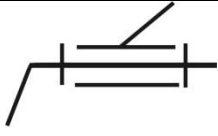
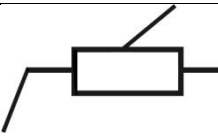
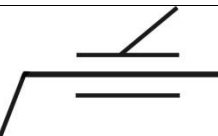
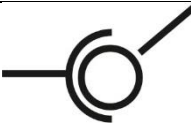




Obrázek 1: Možnost pohybu[8]

Souřadnice popisující vzájemnou polohu dvou článků spojených kloubem s jedním stupněm volnosti se nazývá kloubová souřadnice. Jde o úhel pro rotační kloub a vzdálenost pro kloub translační. Každý kloub s jedním DoF má osu, která určuje referenční soustavu v prostoru, okolo (podél) které dochází ke vzájemnému pohybu. Pro kloub rotační se články otáčí kolem osy. U kloubu translačního se články pohybují vůči sobě posuvem po ose. Tyto vzájemné pohyby lze vyjádřit jednou souřadnicí.

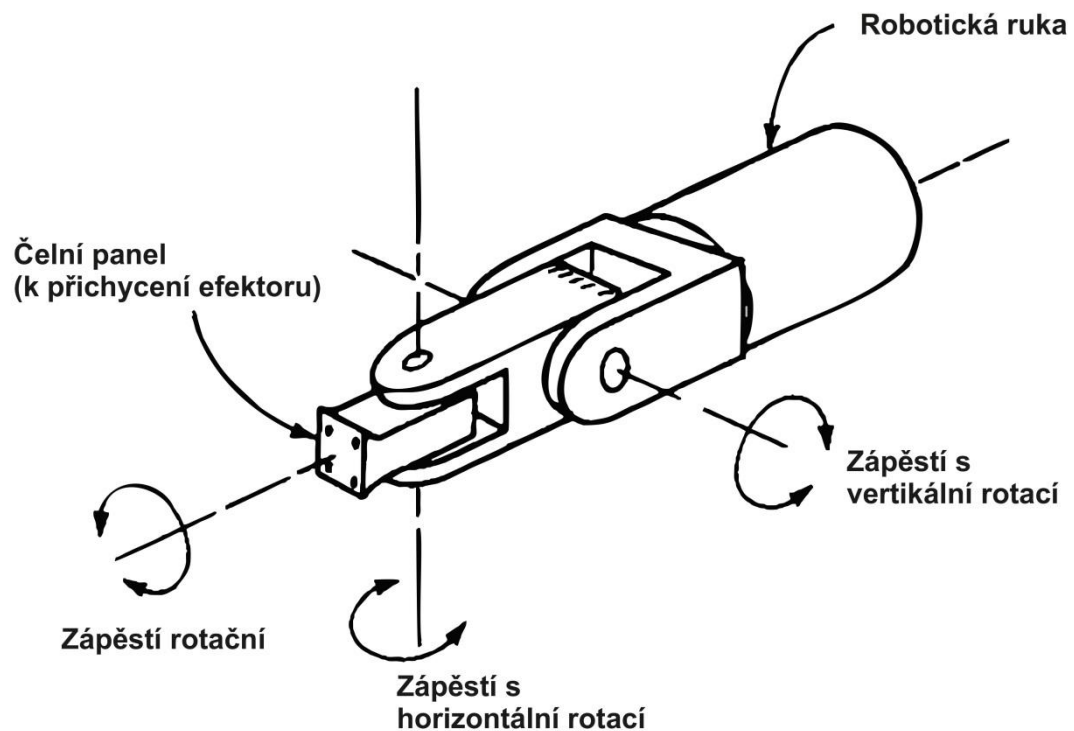
Nejběžněji použité klouby u sériových průmyslových manipulátorů jsou rotační a translační. Tyto klouby poskytují pouze jeden stupeň volnosti. Další typy kloubů jsou pouze provedení, které dosahují stejné funkce, nebo poskytují další stupně volnosti a lze je vytvořit kombinací rotačních a translačních kloubů. Několik základních kloubů je zařazeno v tabulce č. 1, kde je ke kloubům vyjádřeno počet stupňů volnosti, značka kloubu a jeho symbol.[4]

Tabulka 1: Vybrané druhy kloubů a jejich některé parametry

Název	Symbol	počet DoF	značka	příklad
Rotační	R	1		kloub prstu
Posuvný (Translační)	P	1		
Válcový	C	2		
Sférický	S	3		kyčelní a ramenní kloub
Plochý	F	3		
Libovolný	K	n		

1.1.3 Zápěstí

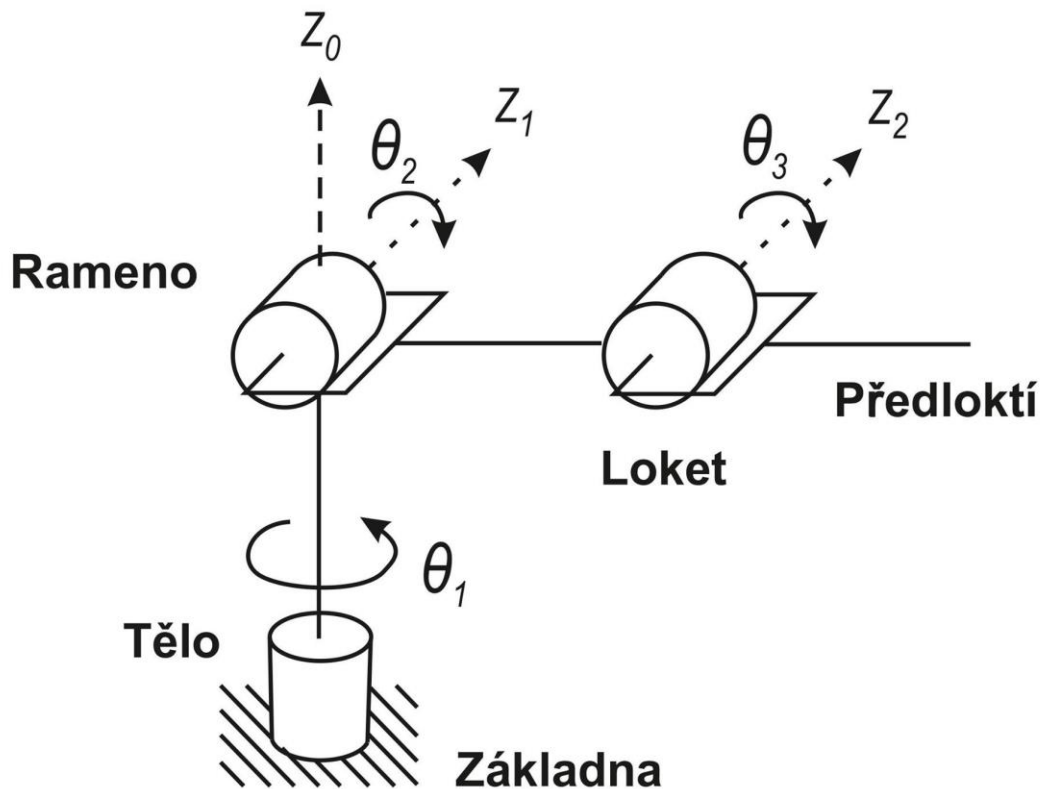
Klouby robota mezi předloktím a koncovým efektem nazýváme zápěstím. Nejčastěji jsou zápěstí navrhována jako sférické, tedy tři rotační klouby s osami, které se protínají v jednom společném bodě nazývaným bod zápěstí.[4]



Obrázek 2: Sférické zápěstí[18]

1.1.4 Manipulátor

Jde o hlavní těleso robota tvořeno spojením článků, kloubů a dalších strukturálních prvků. Robotem se manipulátor stává připojením zápěstí a úchopné hlavice a zavedením řídicího systému. Většina průmyslových robotů mají antropomorfní konstrukci (6 stupňů volnosti - 3 rotační a 3 translační). Tato konstrukce manipulátoru je zobrazena na obrázku č. 3. Část manipulátoru, která je pevně spojena se zemí se nazývá základna. První dva klouby se označují jako rameno. Kloub před předloktím se nazývá loket. K předloktí je pak připojen efektor.[4]

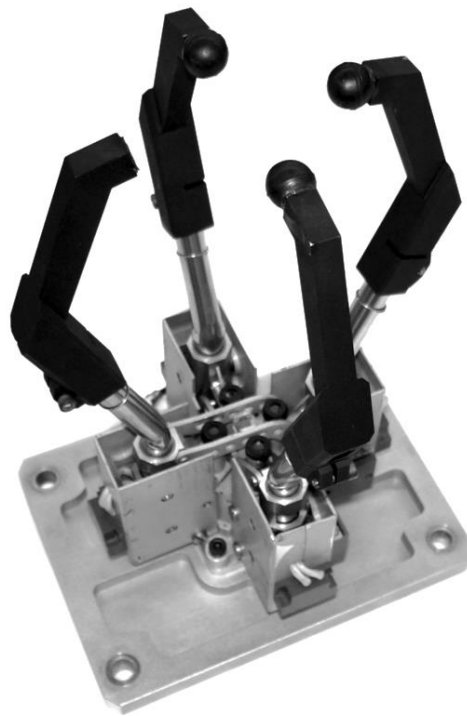


Obrázek 3: Tělo antropomorfního manipulátoru s popisnými[19]

Manipulátor má 2 a více stupňů volnosti. Celkový počet stupňů volnosti koncového efektoru je součtem stupňů volnosti všech kloubů použitých v manipulátoru.

1.1.5 Efektor

Koncový efektor je posledním prvkem kinematického řetězce. Slouží k provádění požadované činnosti robota. Části kinematického řetězce před efektozem slouží především k polohování efektoru, který pak vykonává požadovanou činnost. Na obrázku č. 4 je nejjednodušší příklad efektoru, kterým je úchopná hlavice. Ta slouží k přemístění a polohování předmětů. Existuje řada efektorů dělených dle funkce na úchopné (přísavky), technologické (svařovací nástroje), nebo kombinované (opracování předmětu za současného sevření).[4]



Obrázek 4: Příklad efektoru (úchopná hlavice)[17]

1.2 Mechanika pohybového systému

Základní pohyby používané u robotů a manipulátorů jsou přímočaré posuvné pohyby (označovány písmenem P) a pohyb rotační (označován písmenem R). Jednotlivými pohyby, nebo kombinací lze dosáhnout pohybu po určité přímce (pro jeden stupeň volnosti), křivce (pro dva, nebo více stupňů volnosti). Jeden pohyb odpovídá jednomu stupni volnosti. V případě, kdy je vyžadován pohyb v jedné rovině, je třeba dvou stupňů volnosti. Pro pohyb v prostoru, by bylo zapotřebí tří stupňů volnosti. [4]

1.2.1 Kinematické řetězce

Vzhledem k tomu, že se využívá u manipulátorů základních pohybů přímočarého posuvného a rotačního, případně jejich kombinací, jsou používány pouze jednoduché kinematické dvojice a to rotační a posuvné. Seskupení těchto dvou typů pak tvoří řetězec pro polohování i orientaci.

Polohovací ústrojí má možnosti spojení posuvných (P) a rotačních (R) dvojic následující:

Jedno posuvná dvojice P a jedno rotační dvojice R pro 1 stupeň volnosti.

PP, PR, RP a RR pro 2° volnosti ($2^2=4$ možné kombinace).

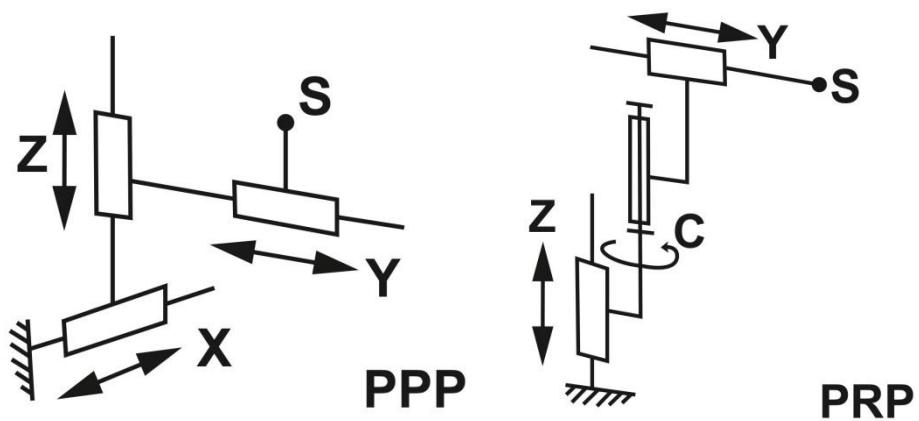
PPP, RPP, PRP, PPR, PRR, RPR, RRP, RRR pro 3° volnosti ($2^3=8$ možných kombinací).

Orientační ústrojí může nabývat pouze 3 kombinací a to R pro 1° volnosti, RR pro 2° a RRR pro 3° volnosti.

Při užití rotační dvojice dochází ke změně orientace polohovaného předmětu. Pokud má být zachována orientace polohovaných předmětů i u těchto polohovacích zařízení, musí obsahovat orientační ústrojí, tolik rotačních dvojic, kolik je v polohovacím zařízení po vyloučení paralelních dvojic. Tyto orientační rotační dvojice musí vykonávat inverzní pohyby vůči odpovídajícím pohybům polohovacích rotačních dvojic. Pokud je tedy polohování P_x , P_z , $+R_z$ je orientace $-R_z$. Dolní index značí v jaké souřadnici leží osa kloubu. Tento pohyb obstarává zápěstí.

Orientační zařízení mohou obsahovat mimo rotačních dvojic i dvojice posuvné, které pouze zvyšují rozsah zdvihů manipulátoru. Neslouží tedy ke změně orientace, nebo její původní zachování. Používány jsou pouze pro malé pomocné pohyby tak, aby nebylo třeba pohybovat celým polohovacím ústrojím, které má často značné setrvačné hmoty.

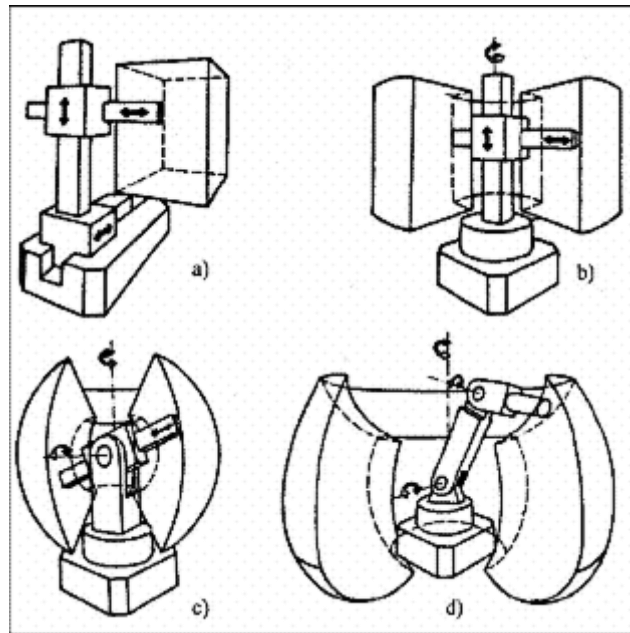
Ze všech 72 teoreticky možných manipulátorů, je důležitých následujících 5. SCARA ($R||R||P$), kloubový ($R\perp R||R$), sférický ($R\perp R\perp P$), cylindrický ($R||P\perp P$) a kartézský ($P\perp P\perp P$), kde označení $||$ značí rovnoběžnost os kloubů, mezi kterými se symbol nachází a \perp pak značí kolmost os kloubů, mezi kterými se symbol nachází.[8][4]



Obrázek 5: Příklady kinematických řetězců PPP a PRP[8]

1.2.2 Pracovní prostor

Pracovní prostor manipulátoru je celková množina bodů tvořící objem prostoru, kterého je efektor schopen dosáhnout. Tento prostor je omezen geometrií manipulátoru a mechanickým omezením kloubů. Pracovní prostor se dělí na dosažitelný (objem pracovního prostoru, kde každý bod je dosažitelný koncovým efektem alespoň při jedné jeho orientaci) a na pohotovostní (dosažitelný při všech orientacích efektoru). Na obrázku č. 6 je znázorněn pracovní prostor pro kartézský (a), cylindrický (b), sférický (c) a kloubový (d) manipulátor. [4][8]



Obrázek 6: Pracovní prostor PPP, RPP, RRP a RRR robota[8]

1.2.3 Akční členy

V řízené soustavě zastupuje akční člen úlohu, kde v závislosti na jeho vstupním signálu (akční zásah) způsobí změnu některé technologické veličiny v regulované soustavě. Regulovanými veličinami může být rychlost, poloha, teplota, tlak, a jiné. Akční členy musí být říditelné. Příkladem regulované soustavy může být chlazení motorů, kde regulovanou veličinou je teplota a akční veličinou je ochlazená chladící kapalina, která zapříčiní snížení teploty kapaliny protékající motorem. Akčním členem je v tomto případě ventil, který se vlivem teploty motoru otvírá a umožní tak proudění ochlazené kapaliny do motoru.[5]

Pro mechanický pohyb robota jsou nejčastěji užívané stejnosměrné a střídavé elektrické motory, které jsou rychlejší, přesnější a čistější než hydraulické, nebo pneumatické motory. Pro elektrické motory je třeba převodů s vysokým převodovým poměrem, jelikož jsou efektivní při vysoké rychlosti. Výhodou těchto převodů s vysokým převodovým poměrem je samosvornost a samobrzdnění při ztrátě napájení. Elektrické motory mohou být kombinovány s hydraulickými pohony, je-li požadována velká rychlost, nebo velký silový účinek.

Hydraulické akční členy se vyznačují svým velkým poměrem síly vůči hmotě, nebo výkonem vůči hmotě. Jsou tedy vhodné pro práci s těžkými břemeny. Nevýhodou

hydrauliky je hluk, velikost stroje (potřeba čerpadel a další HW), ekologická zavadnost minerálních olejů používaných v hydraulickém vedení.

Pneumatické akční členy jsou levné, jednoduché, ale nedokážou poskytnout přesně řízený pohyb. Poskytují ale stejné výhody a nevýhody jako hydraulické akční členy, ale není třeba užití olejů.[4]

1.2.4 Řízení

Roboty lze klasifikovat dle metody řízení na řízené pomocí servopohonů (uzavřená smyčka řízení) a roboty bez servopohonů (řízení v otevřené smyčce). Regulace polohy robotů se servopohony se děje pomocí řízení ve zpětnovazební smyčce polohy, kdy se žádaná poloha porovnává s aktuální polohou a výsledná odchylka je vstupní veličinou pro regulátor polohy, po kterém následuje smyčka ovlivňující časovou změnu polohy (rychlost pohybu). Pro dosažení přesně zadané trajektorii pro pohyb efektoru je zapotřebí při spojitém řízení současně řídit polohu a rychlost každé pohybové jednotky. [6]

Nejjednodušším typem pohybu robota se servopohony je robot s pohybem z bodu do bodu. Tento typ robotů může mít naučené diskrétní body, ale při pohybu mezi těmito body není žádná kontrola dráhy efektoru. Tuto kontrolu dráhy ale poskytují roboti s řízením trajektorie, které po celou dobu pohybu řídí trajektorii efektoru. Efektor tak může sledovat přímkou při pohybu z bodu do bodu, nebo sledovat křivku. U těchto robotů lze také řídit rychlost a také zrychlení efektoru.[4]

1.2.5 Aplikace

Průmysloví roboti mohou být hlavně rozděleny, bez ohledu na velikost, podle jejich aplikace na montážní a nemontážní roboty. V průmyslu jsou klasifikovány podle kategorií aplikace jako například nakladače, svařovací roboty, montážní roboty, výrobní roboty, atd.[4]

1.2.6 SCARA

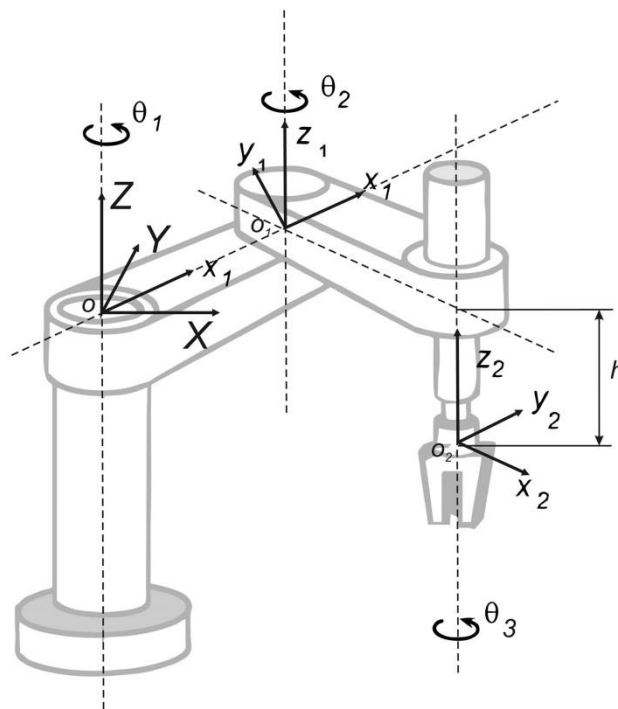
Manipulátor typu SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm = libovolně

polohovatelná robotická ramena) je vhodný pro vertikální montážní účely. Robotická ramena SCARA se pohybují v osách x , y , z a na konci osy z disponují rotační osou (θ - théta). První dva klouby využívá pro horizontální pohyb (osové souřadnice x a y), třetí translační kloub se využívá k vertikálnímu pohybu (souřadnice z) a poslední kloub umožňuje rotaci efektoru.[7]

SCARA se vyznačuje vysokou rychlostí a přesností při minimu pohybu. Další výhodou SCARA například oproti kartézským robotickým systémům má jediný podstavec, který vyžaduje jen malý prostor. Pro řízení pohybu SCARA robota se vyžaduje inverzní kinematiky. To znamená, že je třeba na základě polohy koncového efektoru vypočítat úhly natočení v jednotlivých osách. Řešení takové úlohy není jednoznačné a je třeba řešit problém vícenásobných řešení.[7]

1.1.1.1 Pracovní prostor SCARA robota

Jeho pracovní prostor je závislý na délce ramen a především na rozsahu úhlů, které klouby umožňují. Na obrázku č. 7 je model SCARA robota, kde jsou ilustrovány orientace článků a znázorněné souřadnicové systémy, které budou využity k získání vztahů pro určení pozice konce 3. článku vůči globální soustavě souřadnic (G).



Obrázek 7: SCARA robot a použitý souřadnicový systém[16]

Poloha každého bodu, který je robot schopný dosáhnout efektozem lze vyjádřit vztahy pro jednotlivé souřadnice bodu. Tyto vztahy je možné získat pomocí transformačních matic. Pro sestavení matic necht' v bodě, který se nachází na základním článku, se nachází počátek globální soustavy souřadnic $G(O_{XYZ})$, v bodě na konci prvního článku necht' je počátek lokálního souřadnicového systému $B_1(O_{1x_1y_1z_1})$ a v bodě na konci třetího článku necht' je počátek lokálního souřadnicového systému $B_2(O_{2x_2y_2z_2})$. Dále necht' vzdálenost prvních dvou počátků G a B_1 je délka l_1 , vzdálenost od počátku B_1 k počátku B_2 ve směru osy článku je l_2 a vzdálenost ve směru osy z je vyjádřen písmenem h . Polohu B_1 vůči G si vyjádříme pomocí maticové transformace. Ke sjednocení popisu transformací je třeba přechod do homogenních souřadnic. K tomu je třeba využít další souřadnici a to θ_1 . Transformační matice pro přepočít bodů z B_1 do G je:

$$(1) \quad {}^G T_{B_1} = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & l_1 \cdot \cos \theta_1 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & l_1 \cdot \sin \theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Transformační matice pro přepočít bodů z B_2 do B_1 je:

$$(2) {}^{B_1}T_{B_2} = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & l_2 \cdot \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & l_2 \cdot \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & -h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(3) {}^G T_{B_2} = {}^G T_{B_1} \cdot {}^{B_1} T_{B_2}$$

$$(4) {}^G T_{B_2} = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & l_1 \cdot \cos \theta_1 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & l_1 \cdot \sin \theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & l_2 \cdot \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & l_2 \cdot \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & -h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(5) {}^G T_{B_2} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\sin(\theta_1 + \theta_2) & 0 & l_2 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \cos \theta_1 \\ \sin(\theta_1 + \theta_2) & \cos(\theta_1 + \theta_2) & 0 & l_2 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \sin \theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & -h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Následně lze získat tvar pro polohu počátku s.s. B_2 v globální soustavě souřadnic G :

$$(6) {}^G \vec{r}_E = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\sin(\theta_1 + \theta_2) & 0 & l_2 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \cos \theta_1 \\ \sin(\theta_1 + \theta_2) & \cos(\theta_1 + \theta_2) & 0 & l_2 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \sin \theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & -h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$(7) {}^G \vec{r}_E = \begin{bmatrix} l_2 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \cos \theta_1 \\ l_2 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \sin \theta_1 \\ -h \\ 1 \end{bmatrix}$$

Z těchto transformací lze tedy odvodit vztahy pro bod konce třetího článku v G :

$$(8) x = l_2 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \cos \theta_1$$

$$(9) y = l_2 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_1 \cdot \sin \theta_1$$

$$(10) z = -h$$

Dále lze odvodit výsledné natočení efektoru vůči G :

$$(11) \theta = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3$$

K vyřešení inverzní úlohy lze využít kosinová věta. Tedy za předpokladu, že první dvě

ramena svírají úhel α , platí následující vztahy:

$$(12) \quad X^2 + Y^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2\cos\alpha$$

$$(13) \quad \theta_2 = \pi - \alpha$$

a pokud si označíme úhel svírající přímku, která spojuje $[X, Y, 0]$ s počátkem globální s.s., s osou Y jako úhel β a úhel, který svírají úsečku, která spojuje $[X, Y, 0]$ s počátkem globální s.s., a osu x_1 jako γ pak platí:

$$(14) \quad \cos\beta = \frac{X}{\sqrt{X^2+Y^2}}$$

$$(15) \quad l_2^2 = l_1^2 + X^2 + Y^2 - 2l_1\sqrt{X^2 + Y^2}\cos\gamma$$

$$(16) \quad \theta_1 = \beta \pm \gamma$$

Řešením inverzní úlohy pak lze získat vztahy vztahy pro θ_1 , θ_2 , θ_3 a z :

$$(17) \quad \theta_1 = \cos^{-1}\left(\frac{X}{\sqrt{X^2+Y^2}}\right) \pm \cos^{-1}\left(\frac{X^2+Y^2+l_1^2-l_2^2}{2l_2\sqrt{X^2+Y^2}}\right)$$

$$(18) \quad \theta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{X^2+Y^2-l_1^2-l_2^2}{2l_1l_2}\right)$$

$$(19) \quad z = -h$$

$$(20) \quad \theta_3 = \theta - \theta_1 - \theta_2$$

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 NÁVRH VHODNÉHO PROSTŘEDÍ

Pro použitý robot bylo třeba navržení prostředí, které by odpovídalo především potřebné bezpečnosti a také vhodné přístupnosti. Toto zabezpečení bylo zhotoveno firmou TNS servis. Dále byl firmou pro robota vytvořen a upevněn efektor, který plní funkci pneumatických svorek pro uchopení předmětu o velikosti větší než 40mm a menší než 50mm. Pro edukaci byli navrženy 4 typové úlohy, ve kterých student bude moci získat zkušenosti s prací robota a jeho programováním. Úlohy byly navrženy s vzestupnou náročností na programování a práci s robotem. Po zvládnutí čtvrté úlohy by student měl mít dostatek základních zkušeností pro práci v reálném prostředí.

První úloha je zaměřena na jednoduchou manipulaci s předmětem. Ve druhé úloze si má student odzkoušet psaní robotem na tabulku a vyzkoušet si tak další možnosti pro pohyb robota. Ve třetí úloze se studenti mohou naučit vyhnout překážce a také odkládat prvky na pomyslné paletky (dvoudimenzionální pole). Poslední úloha byla navržena jako simulace reálného prostředí. Úloha má simulovat třídičku předmětů, ve kterých je umístěn kovový předmět, od předmětů, ve kterých kov obsažen není. Podrobně jsou úlohy rozepsány v kapitole 3 – Návrh typových úloh a jejich zpracování.

2.1 Vybraný robot

Vybraný robot, který byl použit je Epson H554BN. Tento robot je typu SCARA. Význam označení H554BN je zde následující:

H - značí že jde o horizontální montáž

55 - celková délka ramen 550 mm

4 - počet os

BN – typ

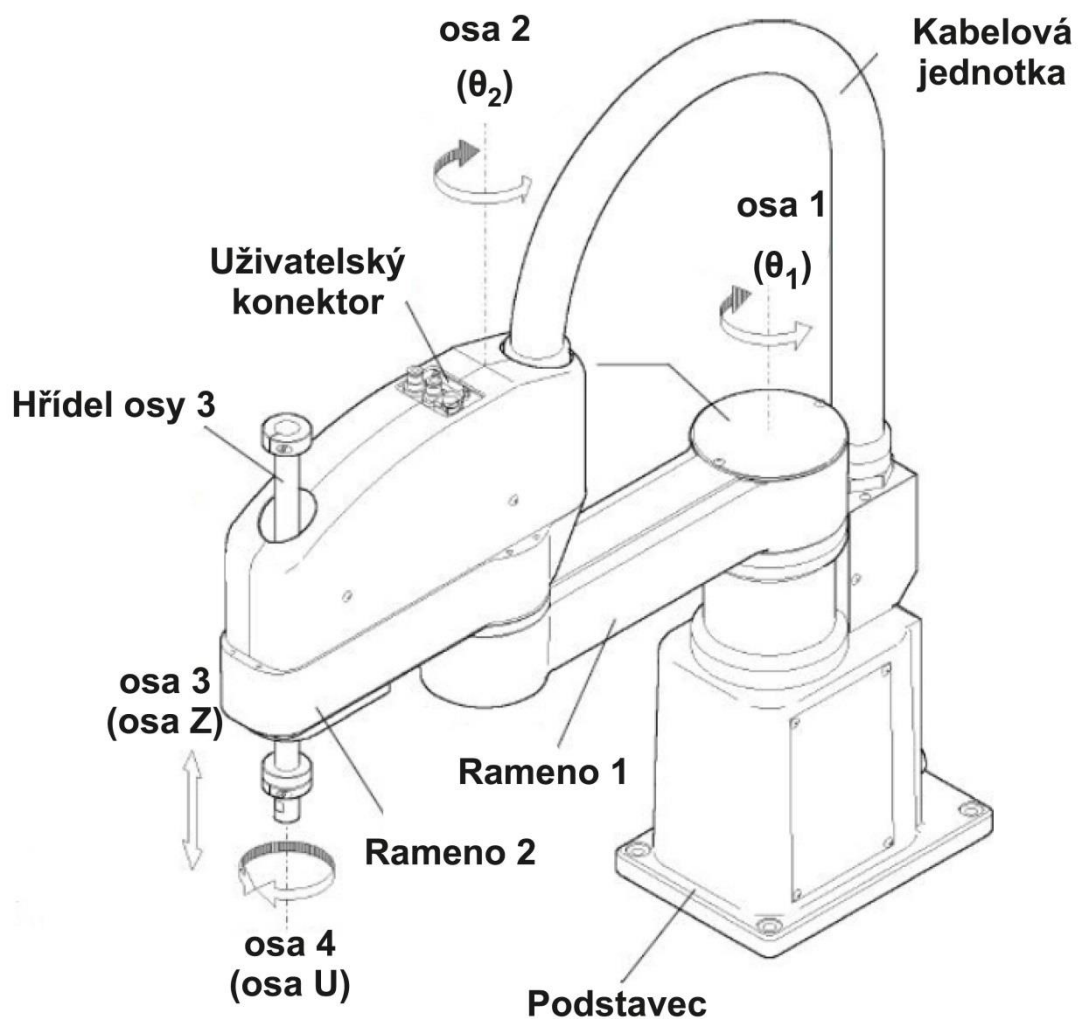
Vybrané vlastnosti tohoto robota jsou uvedeny v tabulce č. 2[9]

Tabulka 2: Vybrané parametry robota

délka ramen	1.+2. rameno	325 mm + 225 mm
váha		26 kg
pohon	všechny osy	AC servomotor
maximální rychlost pojezdu	1.+ 2. osa	4760mm/s
	3. osa	1000mm/s
	4. osa	1140°/s
opakovatelnost	1.+ 2. osa	±0,02 mm
	3. osa	±0,01 mm
	4. osa	±0,03°
maximální rozsah	1. osa	±110°
	2. osa	±140°
	3. osa	150 mm
	4. osa	±360°
maximální rozsah v krocích	1. osa	-36409~+364089
	2. osa	±159289
	3. osa	-92160~0
	4. osa	±172032
rozlišení	1. osa	0,0005493 °/p
	2. osa	0,0008789 °/p
	3. osa	0,0016276 mm/p
	4. osa	0,0020926 °/p
příkon motorů	1. osa	200 W
	2. osa	100 W
	3. osa	100 W

	4. osa	50 W
nosnost zátěže	Nominal / Max.	2 kg / 5kg

Vizualizace robota je zobrazena na obrázku č. 8, kde jsou popsány jednotlivé části robota. Lze si povšimnout, že se zde používá označení 4. osy jako osa U.



Obrázek 8: Popis robota Epson H554BN

2.1.1 Rozměry a pracovní prostor robota

Celková délka ramen, jak už bylo zmíněno je 550 mm. Z toho délka prvního ramene je 325 mm a délka druhého ramene je 225 mm. Hlavní kloub umožňuje rozsah pohybu 110° v první ose, kloub spojující ramena umožňuje rozsah pohybu 140° v druhé ose. Dále tento typ robota umožňuje rozsah třetí osy 150 mm. Ostatní rozměry jsou znázorněné na obrázku 10 a 11.

Dosazením do vztahů (8), (9) a (10) lze získat vztahy pro jednotlivé souřadnice bodu před koncovým efektem vůči bodu v 1. ose:

$$x = 225 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2) + 325 \cdot \cos \theta_1$$

$$y = 225 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) + 325 \cdot \sin \theta_1$$

$$z = -h$$

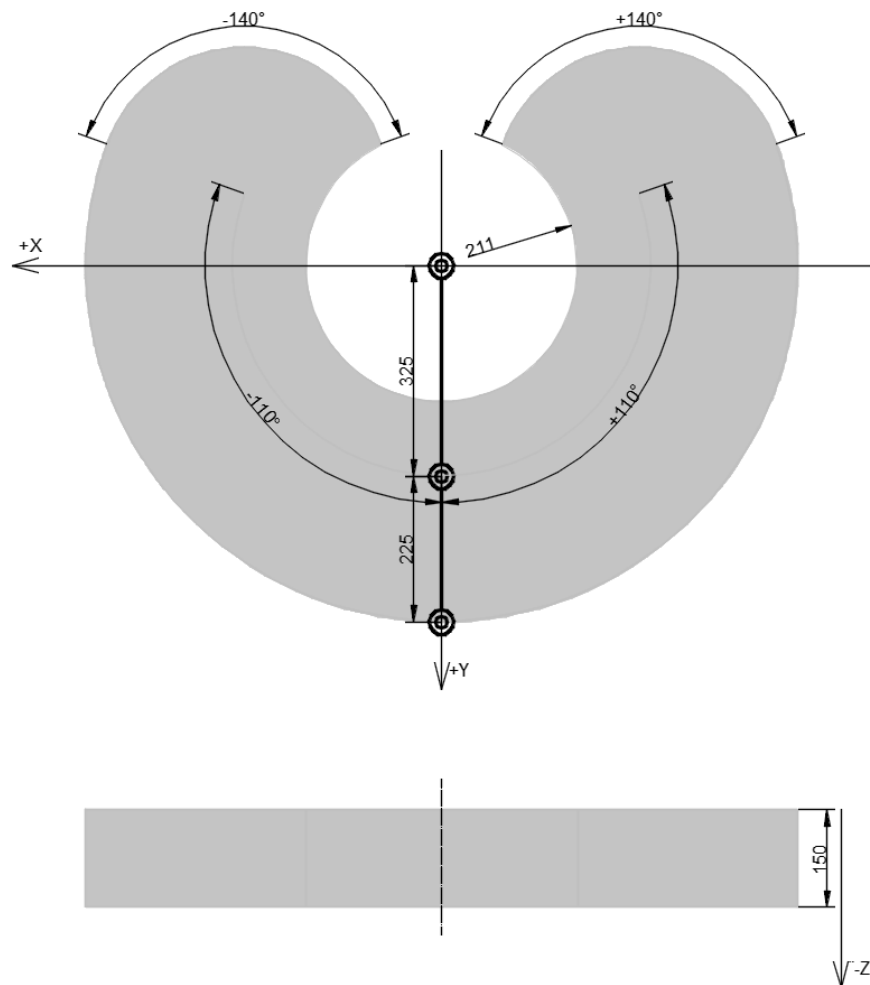
Z těchto vztahů lze získat prostor, ve kterém má robot možnost se pohybovat koncem hřídele ke které je přichycen efektor. Hodnoty θ_1 , θ_2 a $h(mm)$ jsou omezeny intervaly:

$$\theta_1 \in \langle -110^\circ; 110^\circ \rangle$$

$$\theta_2 \in \langle -140^\circ; 140^\circ \rangle$$

$$h(mm) \in \langle 0; 150 \rangle$$

Výsledné pole, po kterém se tento bod může pohybovat je zobrazen na obrázku č. 9.



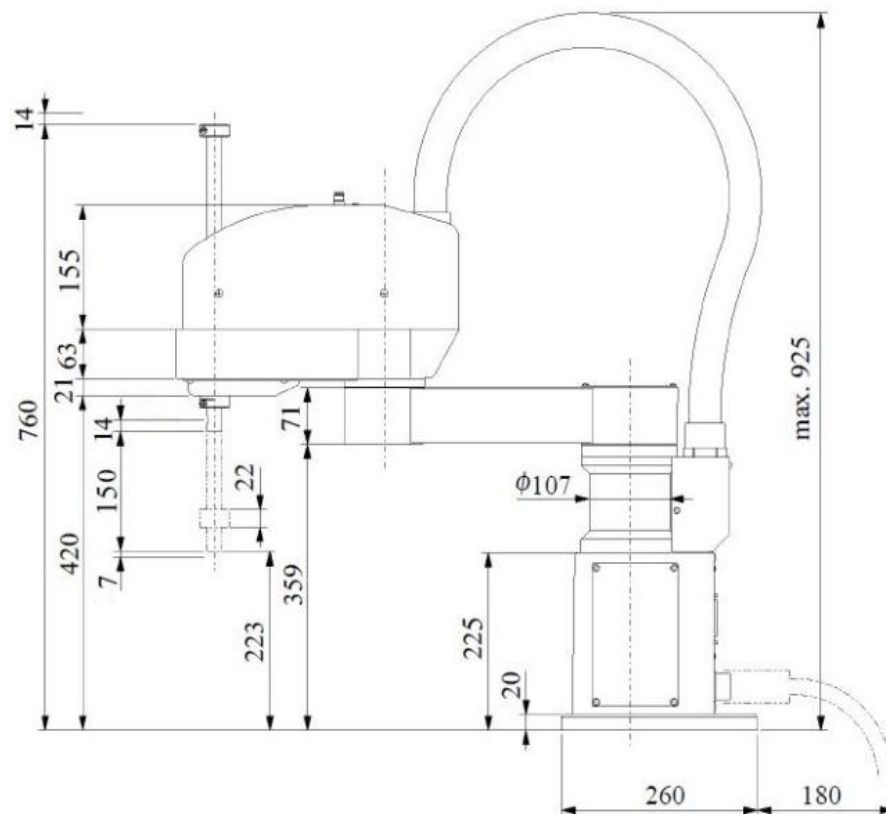
Obrázek 9: Rozsah pohybu SCARA robota Epson H554BN

Řešením inverzní úlohy pro tento model lze získat dosazením do vztahů (11), (12) a (13):

$$\theta_1 = \cos^{-1}\left(\frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}}\right) \pm \cos^{-1}\left(\frac{X^2 + Y^2 + 55000}{450\sqrt{X^2 + Y^2}}\right)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{X^2 + Y^2 - 156250}{146250}\right)$$

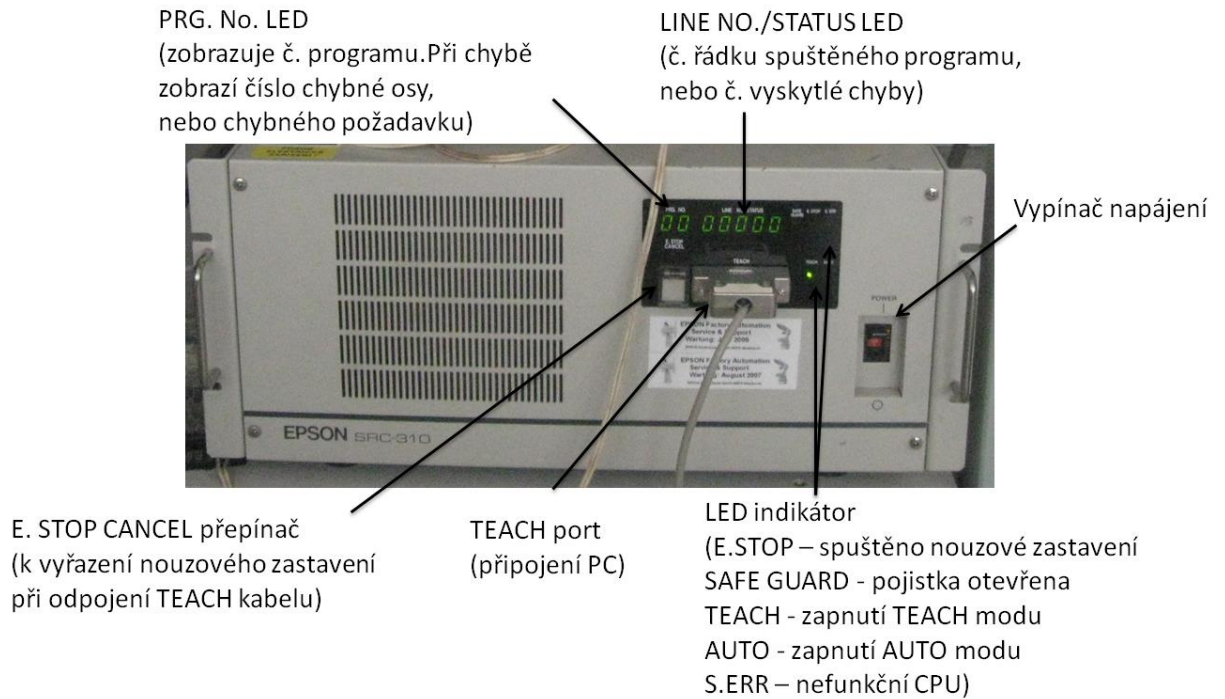
$$z = -h$$



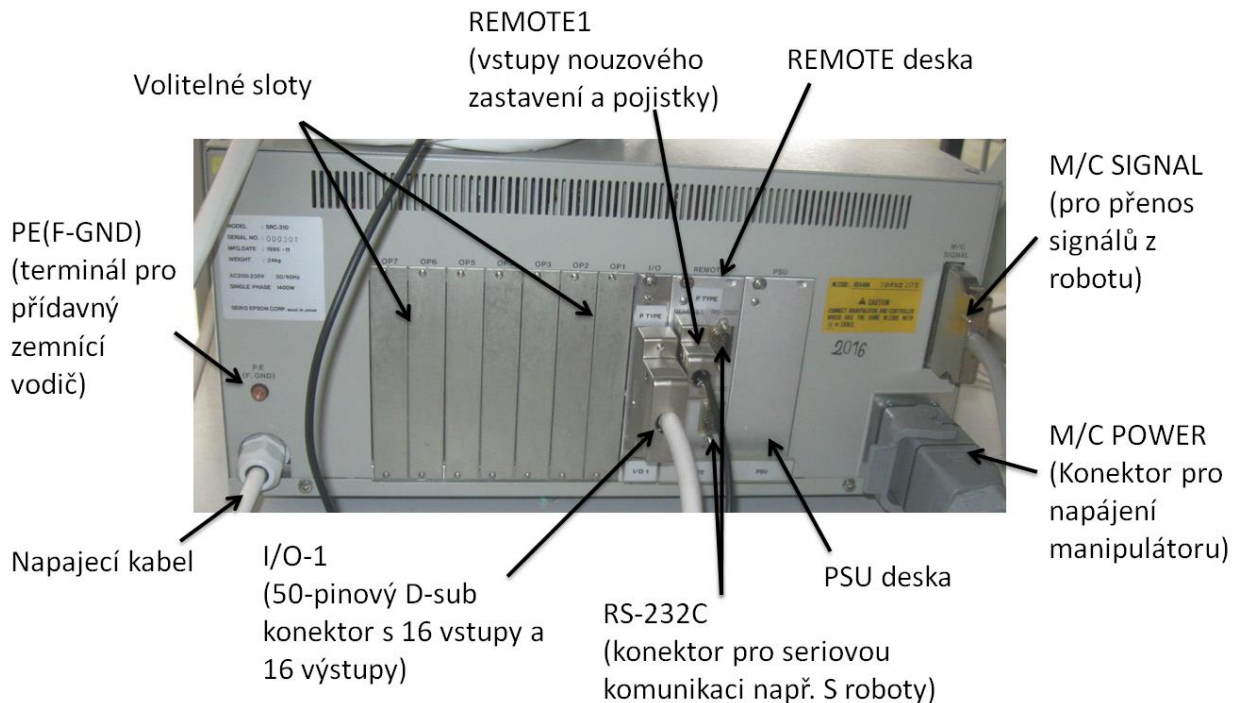
Obrázek 10: Rozměry robota Epson H554BN[14]

2.1.2 Řídicí jednotka

Robot je připojen na controller Epson SRC310. Na obrázku 12 je zobrazen jeho přední panel s popisky. Zadní panel i s popisky je zobrazen na obrázku č. 13.[13]



Obrázek 11: Přední strana controlleru



Obrázek 12: Zadní strana controlleru

1.1.1.2 Bezpečnostní opatření

Robot je vybaven několika bezpečnostními prvky. Robot je možné pustit ve dvou módech. Mód Low Power je nízkosilový mód. Rychlost pohybu robota a jeho kroutící moment jsou omezeny. Druhým módem je High Power, kde je již možné rychlost robota a kroutící sílu ovládat.

Dále je robot opatřen pojistkou. Při otevření pojistky se spustí bezpečnostní funkce, jako je přepnutí do Low Power módu. Funkce pojistky se liší v jednotlivých operačních módech.

Ke kontroléru je možné připojit okruh s nouzovým tlačítkem. Stisknutí takového tlačítka vyvolá okamžité přerušení činnosti robota pomocí dynamické brzdy a odpojení motorů od napájení.[11][12][13]

1.1.1.3 Operační módy kontroléru

Kontrolér je možné přepínat mezi dvěma módy. Teach mód slouží k učení programování a odladění robota. Jako programátor lze užít ruční programátor TP320, nebo osobní počítač. K programování pomocí PC je využíván program SPEL pro Windows. Komunikaci mezi PC a kontrolérem zajišťuje TEACH port. PC musí být nakonfigurováno na přenosovou rychlost 9600 bitů za sekundu, počet datových bitů 8, sudá parita a 2 Stop Bity.[13]

Druhým módem je AUTO mód. Tento mód je určen pro provoz například v průmyslu na výrobní lince. Spuštění a zastavení programu robota je řízeno pomocí operační jednotky přes REMOTE3 konektor a nebo RS-232C port. Při otevřené pojistce není možno s robotem operovat. Při pokusu o manipulaci s robotem (dojde k otevření bezpečnostní bariéry – dvířek) dojde okamžitě k přepnutí do stavu „pauza“ a již dál nemůže pokračovat v činnosti. Pro opětovné uvedení do činnosti musí být uzavřena bezpečnostní bariéra a vyslán signál ke startu.[13]

1.1.1.4 Vstupy a výstupy

Standardně kontrolér obsahuje jeden I/O port s binárními vstupy a výstupy, který nabízí 16 vstupů a 16 výstupů k použití. Rozšířit tento počet je možné přidáním dalších I/O slotů.

Výchozí hodnota pro výstupy je nastavena na vypnutý stav. Napětí pro vstupy a výstupy může být použito v rozmezí 12 až 24 voltů. Pro zapnutý stav je požadováno minimální

napětí 10,8 voltů a pro stav vypnuto maximálně 4 volty. [15]

2.2 Pracovní prostředí

Pracovní celek je na obrázku č. 13, na kterém lze vidět bezpečnostní oplocení robota, kontrolér a další prvky, které jsou popsány v následujících kapitolách. Robot byl umístěn na podstavec, aby jeho pracovní prostor byl nad pracovní deskou (plocha, na které jsou rozmístěny prvky v pracovním poli).



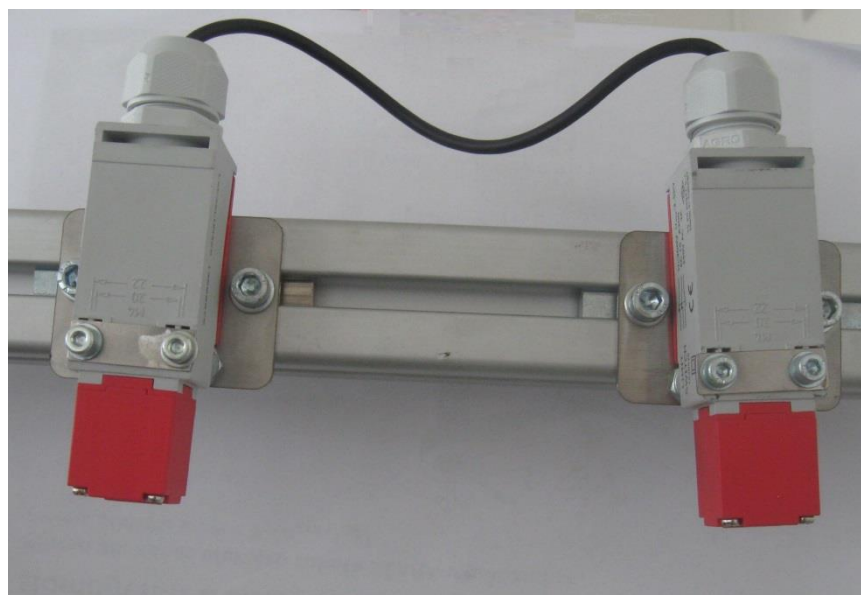
Obrázek 13: Sestava robota

2.2.1 Bezpečnostní prvky

Celý pracovní prostor robota je oplocen tak, aby byl možný případný přístup k pracovnímu prostoru. Pro zamezení případného zranění robotem byla použita otvírací dvířka, která byla opatřena bezpečnostními zámky (obrázek 15), která v případě otevření přeruší činnost robota. Dále bylo instalováno ze všech tří přístupných míst k pracovišti bezpečnostní tlačítko (obrázek 14), které zajišťuje podobnou akci, tedy přerušení činnosti robota. V případě že bylo stisknuté tlačítko, je třeba restartovat stav E. STOP, aby bylo možné uvést robota do chodu.



Obrázek 14: Bezpečnostní tlačítko



Obrázek 15: Bezpečnostní zámek dveří

K vizualizaci stavu robota slouží maják (obrázek 16), který zelenou barvou signalizuje běh robota a červenou barvou signalizuje stisknuté bezpečnostní tlačítko, nebo otevřené bezpečnostní dveře.



Obrázek 16: Maják

2.2.2 Použitý efektor

Jako koncový efektor byly použity pneumatická chapadla (obrázek 17). Tyto chapadla jsou schopné uchopit předměty o velikosti 4 až 5 cm na šířku. Svírání chapadel je ovládáno za pomoci elektroventilu, který je připojen ke kontroléru na 4. výstupu. Indikace stavu otevřených chapadel je na vstupu č. 12 a indikace zavřených chapadel je na vstupu č. 11.



Obrázek 17: Efektor

2.2.3 Pneumatický rozvaděč

Pro připojení pneumatických prvků je použita pneumatická rozdvojka, která je umístěna za přípojkou (redukční ventil a manometr).



Obrázek 18: Přípojka stlačeného vzduchu a rozdvojka

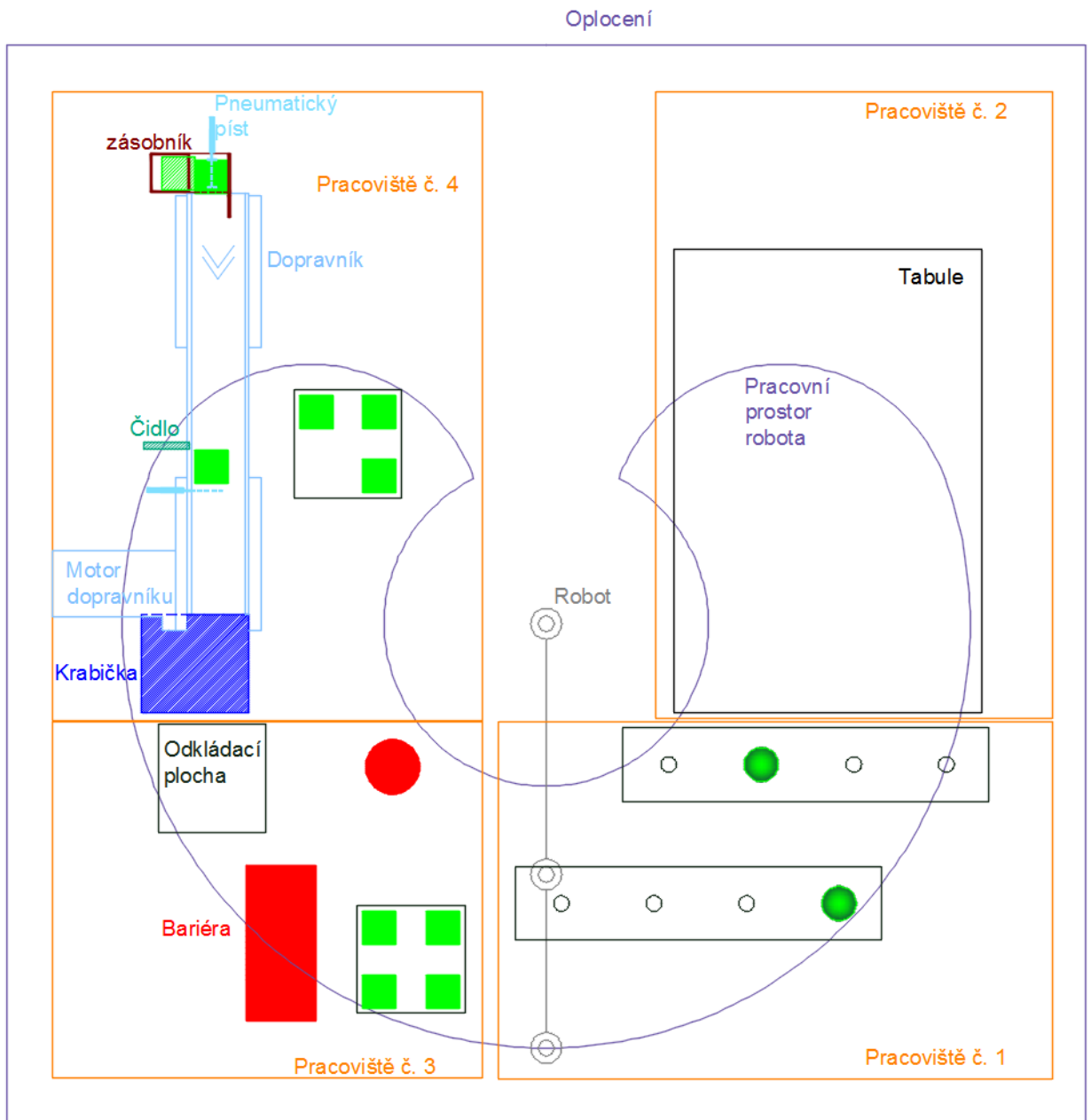
3 NÁVRH TYPOVÝCH ÚLOH A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Vzhledem k tomu, že efektor robota se přiblíží ke stolu maximálně do výšky 265 mm, bylo třeba přizpůsobit této pracovní ploše i prvky, se kterými má robot pracovat.

Úlohy byly navrženy tak, aby studenta postupně naučila novým znalostem. Úlohy pro navržené pracoviště se mohou dále obměňovat a lze využít více postupů k jejich vykonání. Student se tedy nemusí držet čistě osnovy, která byla vytvořena. Výuková skripta mají studentovi pouze pomoci se zvládnutím dané látky.

Možná řešení (zdrojový kód) jsou uvedeny v příloze. Navržené řešení je pouze ověřením, zda lze úlohu aplikovat. Program, ve kterém je možné s robotem pracovat a programovat jej se nazývá SPEL. Program SPEL obsahuje uživatelskou nápovědu, kde je možné si nastudovat další instrukce, které daný kontrolér umožňuje. Tato nápověda je psaná v angličtině. Práce s programem je popsána ve výukových skriptech.

Rozložení pracoviště je vyobrazeno na obrázku 19. Jednotlivé pracoviště jsou popsány v následujících podkapitolách.



Obrázek 19: Navržené rozmístění prvků

3.1 Pracoviště č.1

První úloha byla navržena tak, aby zvládla naučit základní příkazy i osoby bez předešlých znalostí s programováním robotů. Studentovi by mělo postačit seznámení se základními instrukcemi. S ohledem na tyto fakta bylo navrženo pracoviště, ve které je možnost přemísťovat předměty mezi různými pozicemi.

Realizace pracoviště bylo přichystáno pomocí gumových míčků a dvou různě

vysokých plošin se čtyřmi kruhovými výřezy na každé z plošin. Kruhové výřezy slouží k umístění míček tak, aby se míčky libovolně nehýbaly. Robot má pouze zadané informace o poloze, kde se má míček nacházet a nepředpokládá se, že by umístění mohlo být pozměněno během práce. Plochy pro umístění míček musí být s oblastí pracovního prostoru robota aby bylo možné míčky na tuto plochu odkládat.

Cílem této úlohy je seznámit studenty s instrukcemi JUMP, ON, OFF, WAIT a GOTO. K vytvoření programu si budou muset studenti definovat pozice, které použijí.

3.2 Pracoviště č.2

K realizaci druhého pracoviště byla použita psací tabule o rozměru 600 x 400 mm umístěna vodorovně do výšky 14 cm. Dále bylo zapotřebí zhotovit přípravek (obrázek 20), do kterého bude možné připevnit psací nástroj (barevný fix). Tento přípravek byl navržen tak, aby byla zajištěna tlaková vůle mezi psacím nástrojem a tabulí. Přípravek byl tedy navržen ze dvou částí tak, aby byl umožněn jeden stupeň volnosti (byl pohyblivý v jedné ose – osa Z). Pokud by přípravek neodpovídal takovému požadavku, mohlo by dojít vlivem silného tlaku robota k poškození z některé z částí (např. psacího nástroje), neboť robot nedisponuje žádným tlakovým snímačem, který by tomuto mohl předcházet. Tento přípravek se pro použití připevní do chapadel. Při kreslení na psací tabuli není možné poškodit tlakem na tabuli žádnou ze součástí, neboť přípravek poskytuje dostatečnou vůli.



Obrázek 20: Přípravek pro uchycení psacího nástroje

Cílem této úlohy je seznámit studenty s instrukcemi GO a pohybem do bodů zadanými relativně. Studenti dostanou za úkol napsat zadaný text, případně obrázek. K tomu aby jej nakreslili si nadefinují jen minimum bodů na tabuli, ze kterých budou vycházet.

3.3 Pracoviště č.3

Cílem bylo připravit pracoviště, kde bude možný nácvik pohybu s vyhnutím se překážce a použití paletky (odkládací plocha o 2×2 prvcích). Na toto pracoviště byly tedy umístěny 2 překážky dle schéma na obrázku 19.

Student se na tomto pracovišti bude moci seznámit s instrukcemi PASS, PALET, parametr CP, cykly (FOR) a podmínkou (IF).

Úkolem studenta je přemístit 4 kostky z jedné paletky na druhou a zpět s využitím definice palet. Během přemísťování robot nesmí zasáhnout žádnou z uměle vytvořených překážek.

3.4 Úloha č.4

Pracoviště č. 4 mělo simulovat reálné prostředí robota. Bylo tedy navrženo pracoviště pro třídění materiálu. Ke třídění byly zvoleny dřevěné kostky, kde jen část kostek bude mít v

sobě kovový předmět. Tyto kostky budou ze zásobníku dopravovány dopravníkovým pásem do bedýnky, ve které skončí kostky, které v sobě neskrývají kov. V blízkosti pásu bude umístěno indukční čidlo, které dokáže zjistit přítomnost kovu. Pokud bude takový kov rozpoznán, bude vysunut pneumatický píst, který kostku zastaví na určitém místě bez nutnosti zastavení dopravníku. Následně tato kostka s kovem bude přemístěna na odkládací prostor (paletku).

Zásobník byl umístěn do míst, kde bude snadno přístupný pro jeho případné doplňování. Zároveň bude umístěn tak, aby nezasahoval do pracovního prostoru robota, čímž se zamezí případnému poškození při nedbalém použití robota. Z tohoto bezpečnostního důvodu bude umístěn dopravník do výšky 24 cm od pracovní desky (tedy o 1,5 cm níž, než pracovní prostor robota). Kostky určené k manipulaci budou mít rozměry 43 mm (tedy 28 mm budou zasahovat do pracovního prostoru robota).

3.5 Výuková skripta

Součástí práce jsou výuková skripta, která byla vytvořena formou prezentace. Cílem těchto skript bylo seznámit studenta s pracovištěm, programem SPEL a předat základní informace o vybraných instrukcích, které může využít ke zvládnutí vybraných úloh. Ke každému pracovišti jsou po probrání vybraných instrukcí vypsány úkoly k procvičení probraných instrukcí.

ZÁVĚR

Práce se zabývá využitím SCARA robota pro edukaci. Nutnou podmínkou pro popsání pohybů, které mohou roboti vykonávat bylo seznámení se s tím, co je to manipulátor a z čeho se skládá. Popis polohy koncového bodu robota byl získán pomocí transformačních matic. Pro určení hodnoty úhlů natočení u jednotlivých kloubů bylo použito řešení inverzní úlohy pro zadané souřadnice koncového bodu robota. Tyto výpočty zajišťuje kontrolér, kterým je robot ovládán. Z rovnic pro popis polohy bylo možné si zobrazit graficky prostor, ve kterém se koncový bod robota může pohybovat. Po navržení typových úloh, které odpovídaly požadavkům zástupce školy, byly vhodně rozmístěny do pracovního prostoru robota. Pro ověření vhodnosti typových úloh a rozmístění prvků byl vytvořen názorný program. Tyto typové úlohy byly zástupcem školy schváleny a s rozmístěním prvků souhlasí. V časovém horizontu se nepodařilo zrealizovat pracoviště č. 4. Dalším úkolem bylo vytvoření zadání úkolů, které budou studenti muset splnit. Vzhledem k možnostem robota, tyto úlohy mohou být v budoucnu upravovány dle potřeb školy. Také mohou být obměněny použité přípravky, nebo lze pracovní prostor obohatit o další prvky, se kterými budou studenti moci pracovat. K samostatné práci studenta při výuce na tomto pracovišti byla vytvořena skripta, která studenta provedou procesem práce s robotem. V těchto skriptech je popsáno pracovní prostředí, program, ve kterém budou studenti pracovat a přehledně vysvětleny vybrané instrukce i s grafickou vizualizací. Pro přehlednost a uživatelskou přívětivost byly tato skripta vytvořena stylem prezentace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Robotika - Terminologie* [online]. In: [Http://home.spsostrov.cz](http://home.spsostrov.cz) [online]. [cit. 2016-05-23].
Dostupné z:
http://home.spsostrov.cz/~frieda2/archiv/5_robotika/Robotika_podklady.pdf
- [2] CHURÝ, Lukáš. Robotika - úvod. In: [Http://programujte.com](http://programujte.com) [online]. 2005 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://programujte.com/clanek/2005121101-robotika-uvod/>
- [3] KÁRNÍK, Ladislav. *Navrhování a praktické aplikace biorobotických zařízení: studijní opora*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2726-1.
- [4] ÚŘEDNÍČEK, Zdeněk. *Robotika*. Zlín: Univerzita T. Bati ve Zlíně, 2012. ISBN 978-80-7454-223-7.
- [5] *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*. Praha: Jednota českých matematiků a fyziků. ISSN 0032-2423.
- [6] Skařupa J., Mostýn V.: *Teorie průmyslových robotů*, VIENALA Košuce, 2001, ISBN 80-88922-35-6
- [7] Rozdíly mezi kartežskými, šestiosými a SCARA roboty. In: [Http://e-konstrukter.cz](http://e-konstrukter.cz) [online]. 2014 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/novinka/rozdily-mezi-kartezs-kymi-sestiosymi-a-scara-roboty>
- [8] BOŽEK, Pavol, Oto BARBORÁK, Ľubomír NAŠČÁK a Vladimír ŠTOLLMANN. *Špecializované robotické systémy* [online]. 2. vyd. Ostrava: Ámos, 2011 [cit. 2016-05-23]. ISBN 978-80-904766-3-9. Dostupné z:
<http://www.uiam.mtf.stuba.sk/predmety/srs/1-Uceb-nica>
- [9] SEIKO EPSON CORPORATION. *Scara Roboter Typ BN* [online]. Rev. 5 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/files/697/30282991.pdf#cite.rozmer>
- [10] SEIKO EPSON CORPORATION. *Robotersteuerung SRC - 320* [online]. Rev. 2 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z:
<http://content.epson.de/fileadmin/content/files/Robots/PDF/Handbooks/Steuerungen>

/SRC320/Steuerung/SRC-320_rev2_deutsch.pdf

- [11]SEIKO EPSON CORPORATION. *Robotersteuerung SRC – 300/320* [online]. Rev. 2 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z:
http://content.epson.de/fileadmin/content/files/Robots/PDF/Handbooks/Steuerungen/SRC320/Steuerung/SRC-300_320_deutsch.pdf
- [12]SEIKO EPSON CORPORATION. *SPEL III Ver. 6.2: Reference Manual for SRC-3*** Rev.4
- [13]SEIKO EPSON CORPORATION. *EPSON ROBOT: User's manual for SRC-300/320*. Rev. 2.
- [14]SEIKO EPSON CORPORATION. External Dimensions. *BN TYPE: SCARA robot*. Rev.5
- [15]SEIKO EPSON CORPORATION. *ROBOT CONTROLLER: SRC-320* [online]. Rev.7. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z:
http://www.dgrobot.com/products/EPSON%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%99%A8%E8%AF%B4%E6%98%8ESRC320_Controller_Manual%28R7%29.pdf
- [16]Design and implementation of industrial robot controllers. *Open-robotics.com* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://open-robotics.com/tag/kinematics/>
- [17]Robot end effector. *Wikiwand* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z:
http://www.wikiwand.com/en/Robot_end_effector
- [18]Definition of an Industrial Robot: Degrees of Freedom Associated with the Wrist. *PetraChristianUniversity* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z:
<http://faculty.petra.ac.id/dwahjudi/private/robot1.htm>
- [19]PEZESHKI, Saeed, Sajad BADALKHANI a Ali JAVADI. Performance Analysis of a Neuro-PID Controller Applied to a Robot Manipulator. *International Journal of Advanced Robotic Systems* [online]. , 1- [cit. 2016-05-25]. DOI: 10.5772/51280. ISSN 1729-8806. Dostupné z:
http://www.intechopen.com/journals/international_journal_of_advanced_robotic_systems/performance-analysis-of-a-neuro-pid-controller-applied-to-a-robot-manipulator

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HW	Hardware.
R	Označení pro rotační kloub.
P	Označení pro translační kloub.
DoF	Počet stupňů volnosti (Degree of freedom).
s.s.	Soustava souřadnic
SCARA	Selective Compliance Articulated Robot Arm (libovolně polohovatelná robotická ramena)
X, Y, Z	Souřadnice globálního souřadnicového systému
x, y, z	Souřadnice lokálního souřadnicového systému
I/O	Input / Output (vstup/výstup)
G(O _{XYZ})	Globální soustava souřadnic
B(o _{xyz})	Lokální soustava souřadnic

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Možnost pohybu[8]	12
Obrázek 2: Sférické zápěstí[18].....	14
Obrázek 3: Tělo antropomorfního manipulátoru s popisky[19]	15
Obrázek 4: Příklad efektoru (úchopná hlavice)[17]	16
Obrázek 5: Příklady kinematických řetězců PPP a PRP[8]	18
Obrázek 6: Pracovní prostor PPP, RPP, RRP a RRR robota[8]	19
Obrázek 7: SCARA robot a použitý souřadnicový systém[16]	22
Obrázek 8: Popis robota Epson H554BN	28
Obrázek 9: Rozsah pohybu SCARA robota Epson H554BN	30
Obrázek 10: Rozměry robota Epson H554BN[14].....	31
Obrázek 11: Přední strana controlleru	32
Obrázek 12: Zadní strana controlleru	32
Obrázek 13: Sestava robota	34
Obrázek 14: Bezpečnostní tlačítko	35
Obrázek 15: Bezpečnostní zámek dveří.....	35
Obrázek 16: Maják.....	36
Obrázek 17: Efektor.....	37
Obrázek 18: Přípojka stlačeného vzduchu a rozdvojka	37
Obrázek 19: Navržené rozmístění prvků	39
Obrázek 20: Přípravek pro uchycení psacího nástroje.....	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vybrané druhy kloubů a jejich některé parametry	13
Tabulka 2: Vybrané parametry robota	27

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P 1: Zdrojový kód k úloze č.1.	50
PŘÍLOHA P 2: Zdrojový kód k úloze č.2.	51
PŘÍLOHA P 3: Zdrojový kód k úloze č.3.	52
PŘÍLOHA P 4: výkres návrhu pro přípravek na psaní hřidel1	53
PŘÍLOHA P 5: výkres návrhu pro přípravek na psaní hřidel2.....	54
PŘÍLOHA P 6: výkres návrhu pro přípravek na psaní sestava.....	55
PŘÍLOHA P 7: výkres podstava pod robota.....	56
PŘÍLOHA P 8: výkres pro pásový dopravník	57
PŘÍLOHA P 9: Výkres stolu pro robota 1	58
PŘÍLOHA P 10: Výkres stolu pro robota 2.....	59
PŘÍLOHA P 11: Výkres stolu pro robota 3	60
PŘÍLOHA P 12: Výkres pro sestavu chapadla	61
PŘÍLOHA P 13: Výuková skripta	62

PŘÍLOHA P 1: ZDROJOVÝ KÓD K ÚLOZE Č.1.

FUNCTION Main

MOTOR ON
SPEED 50
ACCEL 50, 50
SPEEDS 200
ACCELS 3000
WEIGHT 2.5

Start:

Jump P2 C1
On 4
Wait 0.5
Off 4
Jump P1 C1
On 4
Wait 0.5
Off 4

Jump P3 C1
On 4
Wait 0.5
Off 4
Jump P2 C1
On 4
Wait 0.5
Off 4

Jump P1 C1
On 4
Wait 0.5
Off 4
Jump P3 C1
On 4
Wait 0.5
Off 4

GOTO Start

PŘÍLOHA P 2: ZDROJOVÝ KÓD K ÚLOZE Č.2.

FUNCTION Main

MOTOR ON
SPEED 50
ACCEL 50, 50
SPEEDS 200
ACCELS 3000
WEIGHT 2.5

'S

JUMP B1 +X50
GO B1
GO B1 -Y50
GO B1 -Y50 +X50
GO B1 -Y100 +X50
GO B1 -Y100

'P

JUMP B1 +X70 -Y100
GO B1 +X70
GO B1 +X120
GO B1 +X120 -Y50
GO B1 +X70 -Y50

'SH

JUMP B1 +X190
GO B1 +X140
GO B1 +X140 -Y50
GO B1 +X190 -Y50
GO B1 +X190 -Y100
GO B1 +X140 -Y100

JUMP B1 +X150 +Y50
GO B1 +X165 +Y10
GO B1 +X180 +Y50

FEND

PŘÍLOHA P 3: ZDROJOVÝ KÓD K ÚLOZE Č.3.

FUNCTION Main

MOTOR ON

SPEED 50

ACCEL 50, 50

SPEEDS 200

ACCELS 3000

WEIGHT 2.5

PALET1 P131, P132, P133, 2, 2 '10

PALLET2 P135, P134, P136, 2, 2

INTEGER num

ON4

WAIT 5

FOR num = 1 TO 4

 JUMP PALLET1 (num)

 OFF4

 WAIT 0.5

 GO PALLET1 (num) +Z50

 PASS P137

 PASS P138

 JUMP PALLET2 (num)'20

 ON4

 WAIT 0.5

 GO PALLET2 (num) +Z50

 IF num <= 3 THEN PASS P138; PASS P137

NEXT num

FOR num = 4 TO 1 STEP -1

 JUMP PALLET2 (num)

 OFF4

 WAIT 0.5

 GO PALLET2 (num) +Z50

 PASS P138

 PASS P137

 JUMP PALLET1 (num)

 ON4

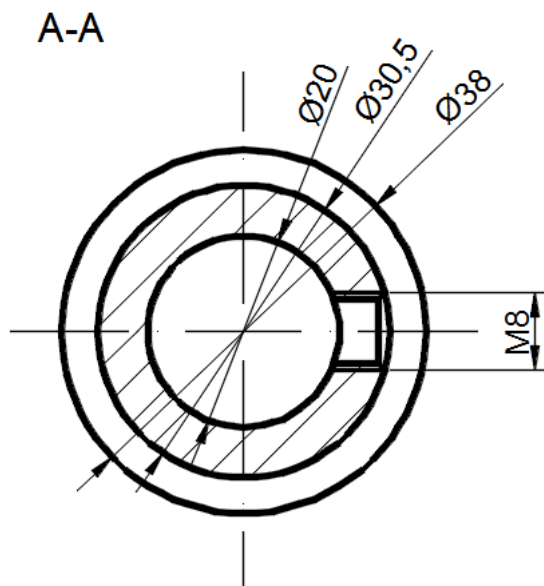
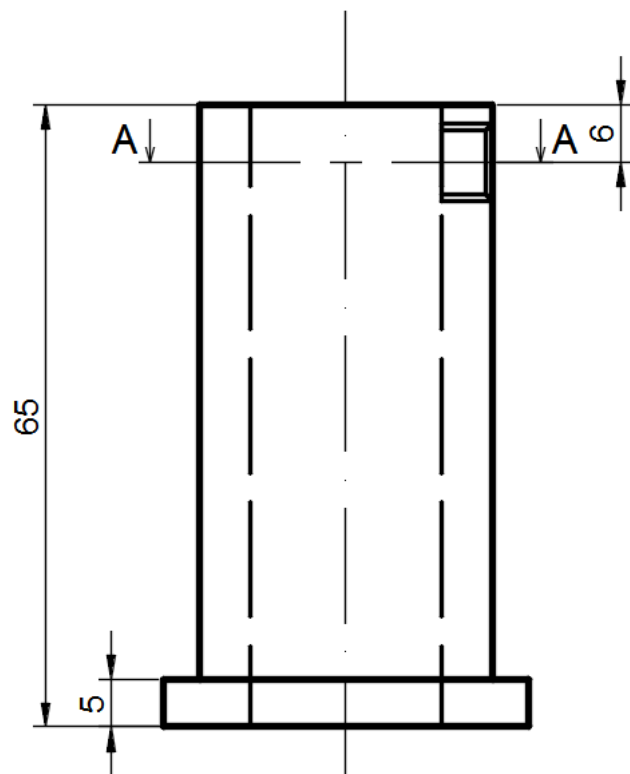
 WAIT 0.5

 GO PALLET1 (num) +Z50

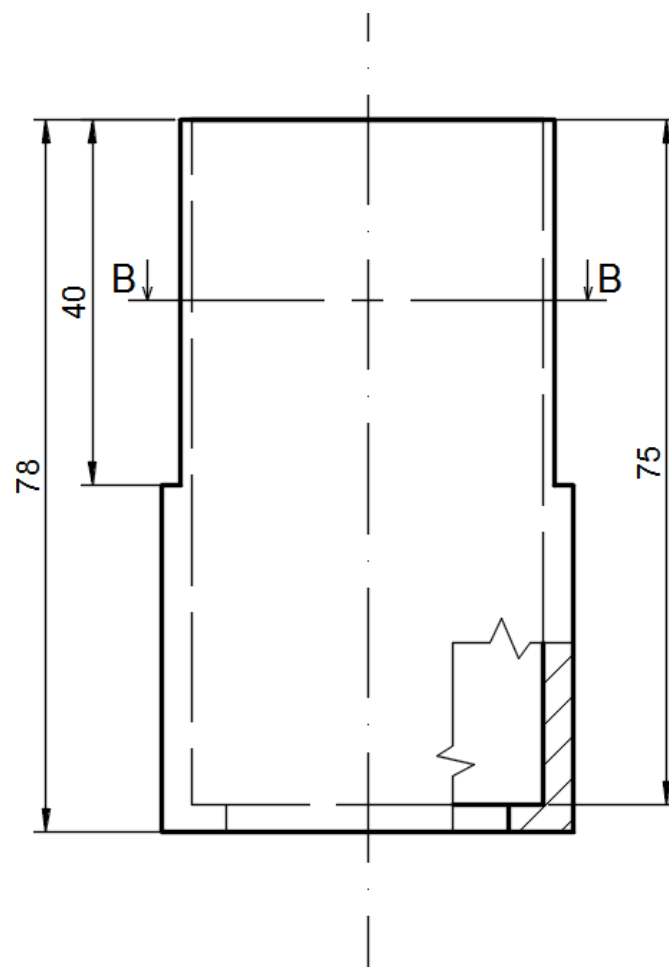
 IF num >= 1 THEN PASS P137; PASS P138

NEXT num

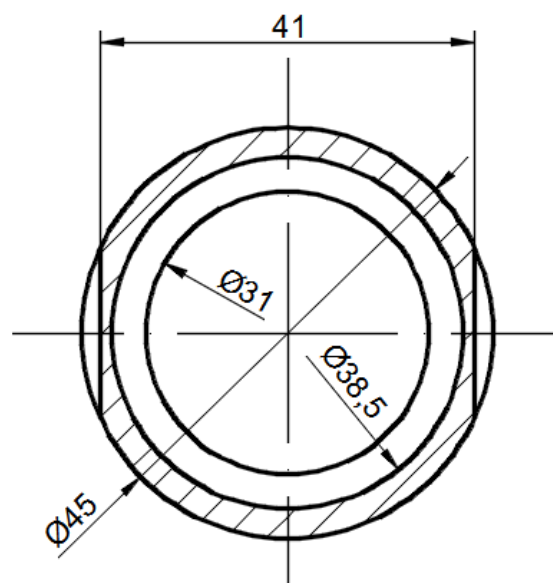
**PŘÍLOHA P 4: VÝKRES NÁVRHU PRO PŘÍPRAVEK NA PSANÍ
HŘIDEL1**



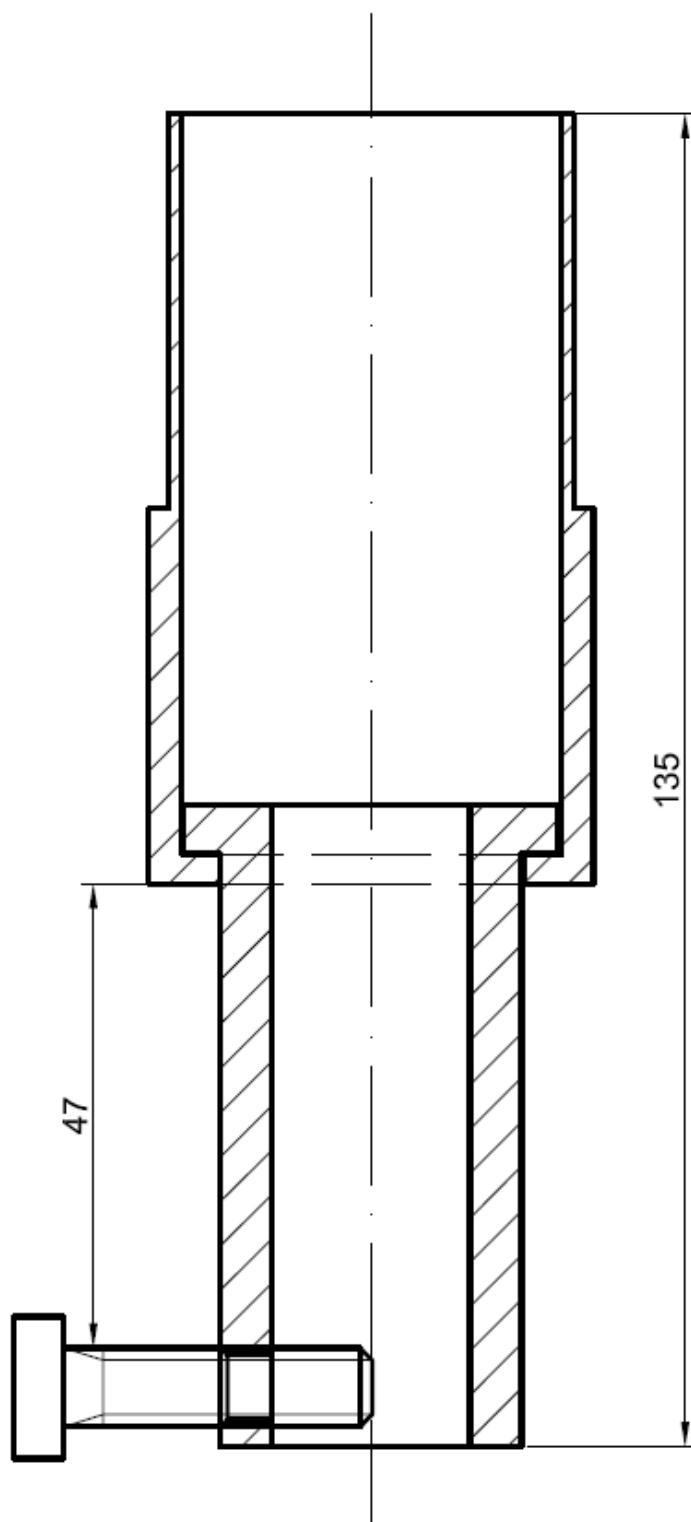
**PŘÍLOHA P 5: VÝKRES NÁVRHU PRO PŘÍPRAVEK NA PSANÍ
HŘIDEL2**



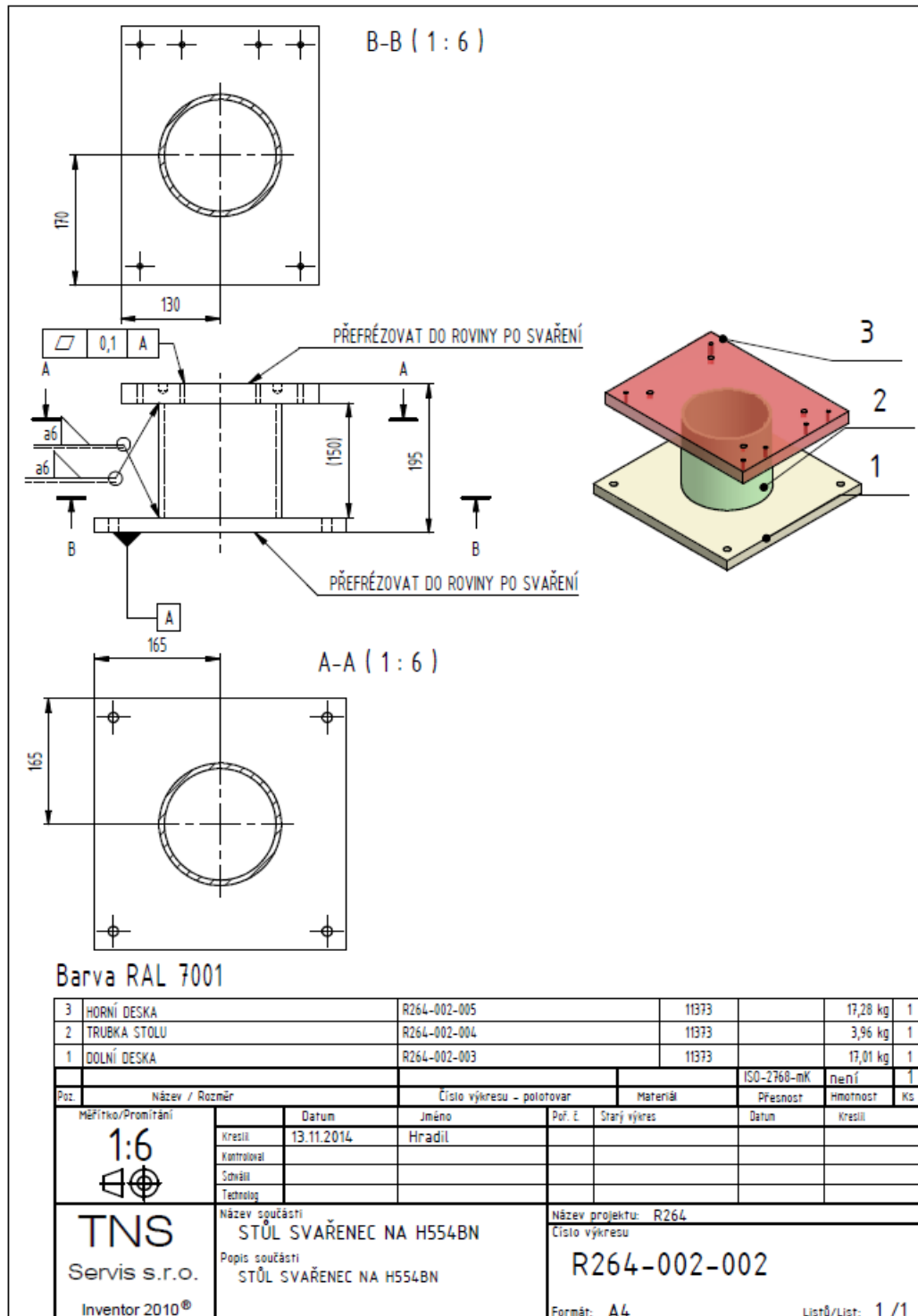
B-B



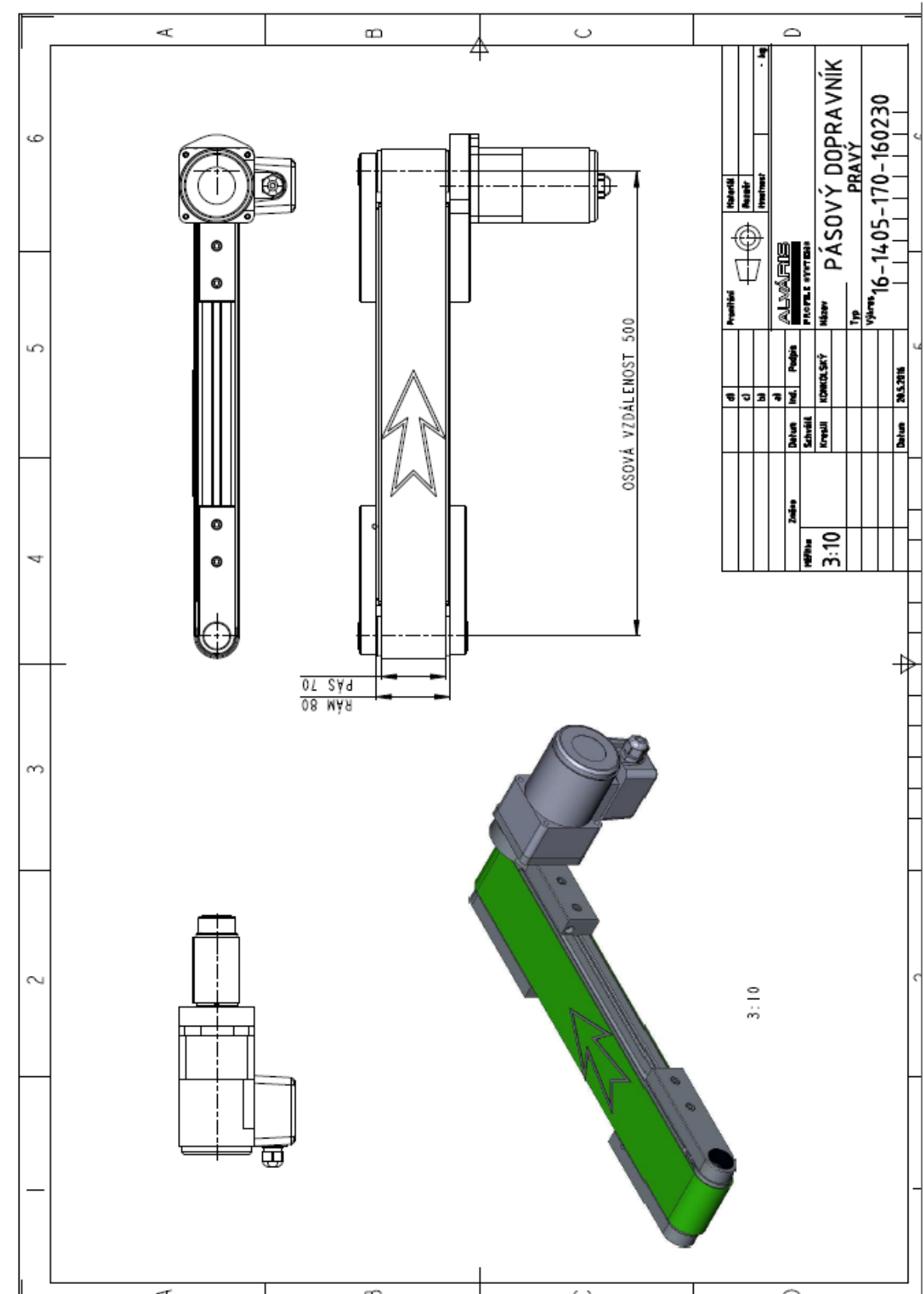
**PŘÍLOHA P 6: VÝKRES NÁVRHU PRO PŘÍPRAVEK NA PSANÍ
SESTAVA**



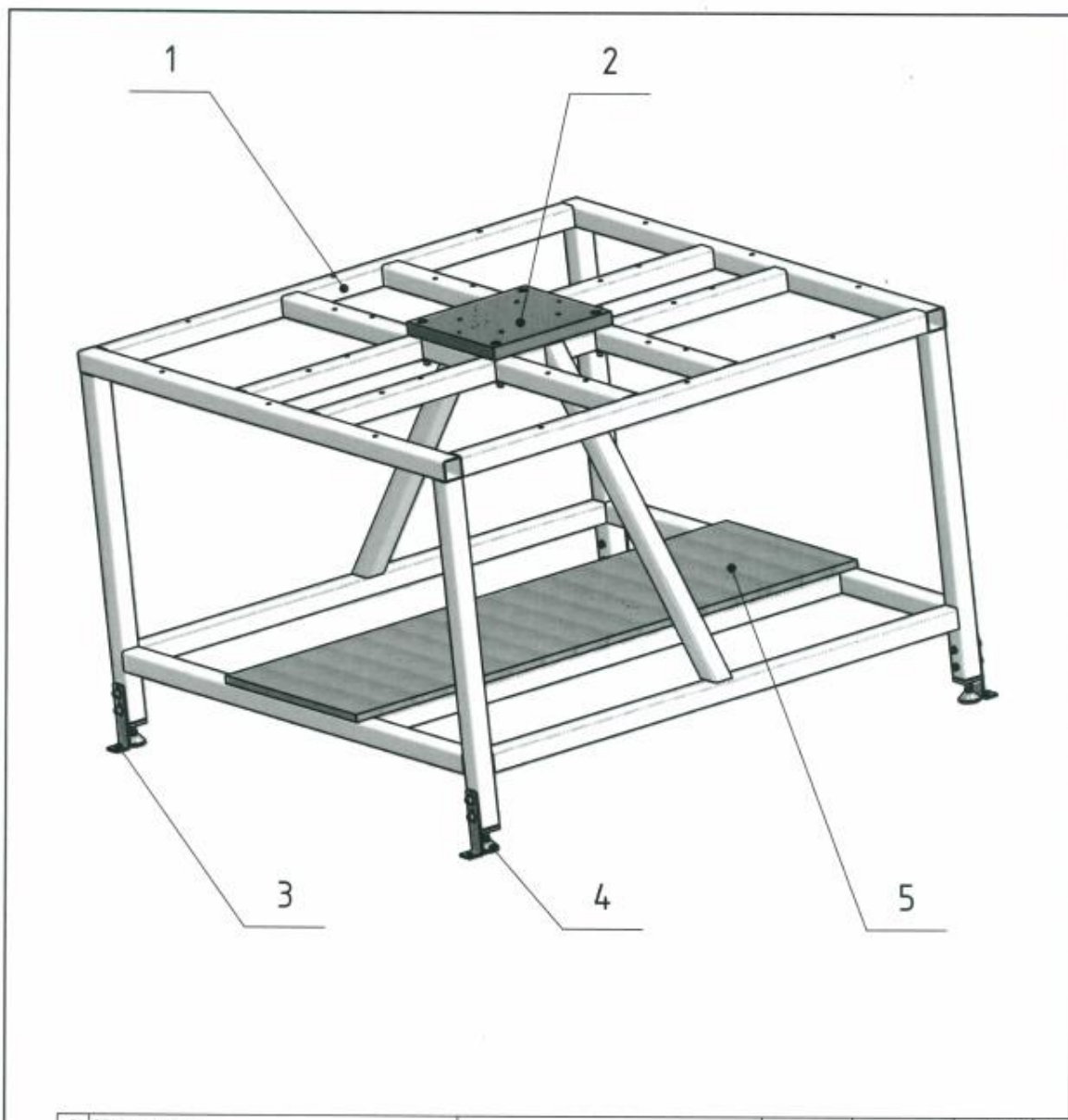
PŘÍLOHA P 7: VÝKRES PODSTAVA POD ROBOTA



PŘÍLOHA P 8: VÝKRES PRO PÁSOVÝ DOPRAVNÍK

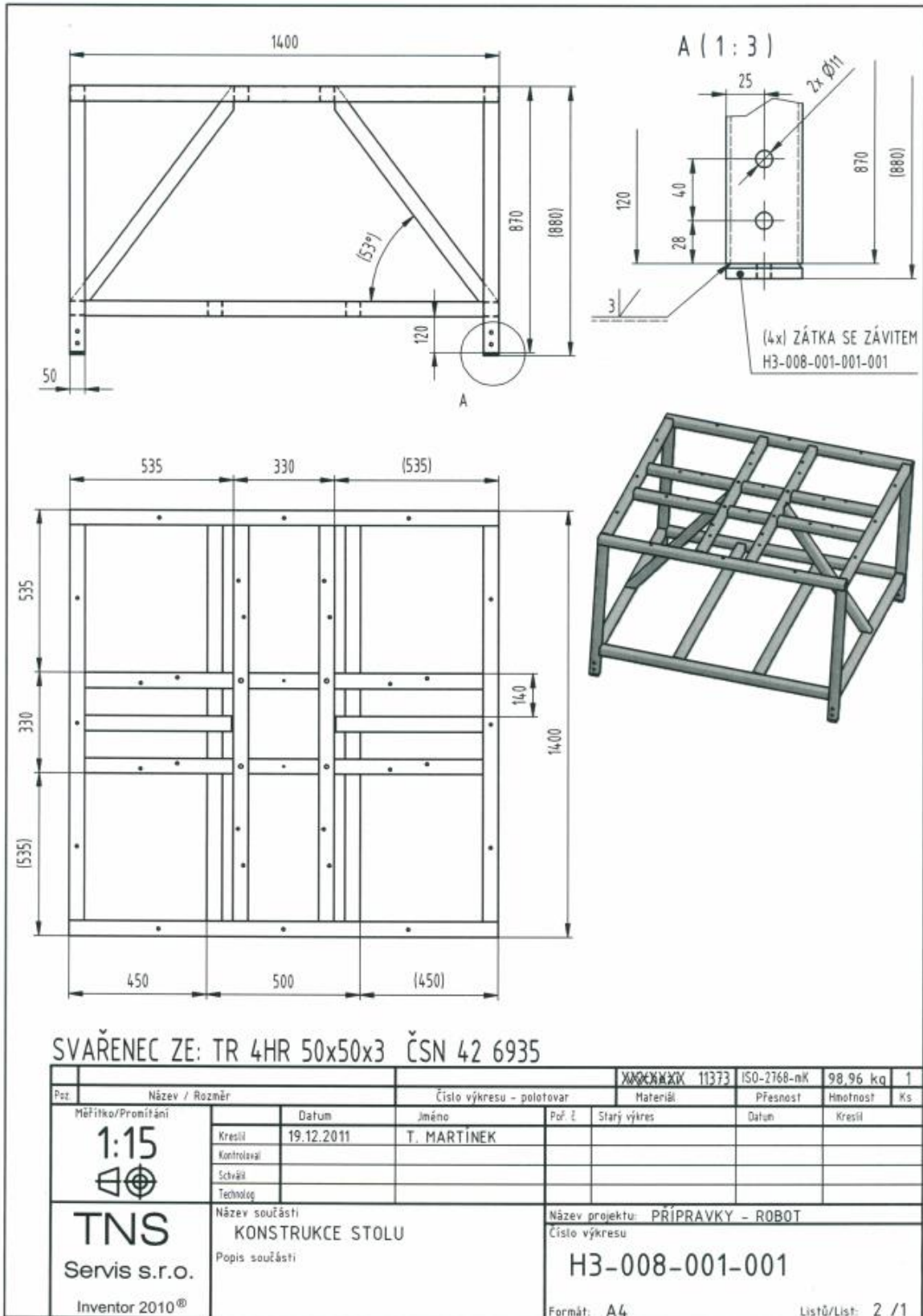


PŘÍLOHA P 9: VÝKRES STOLU PRO ROBOTA 1

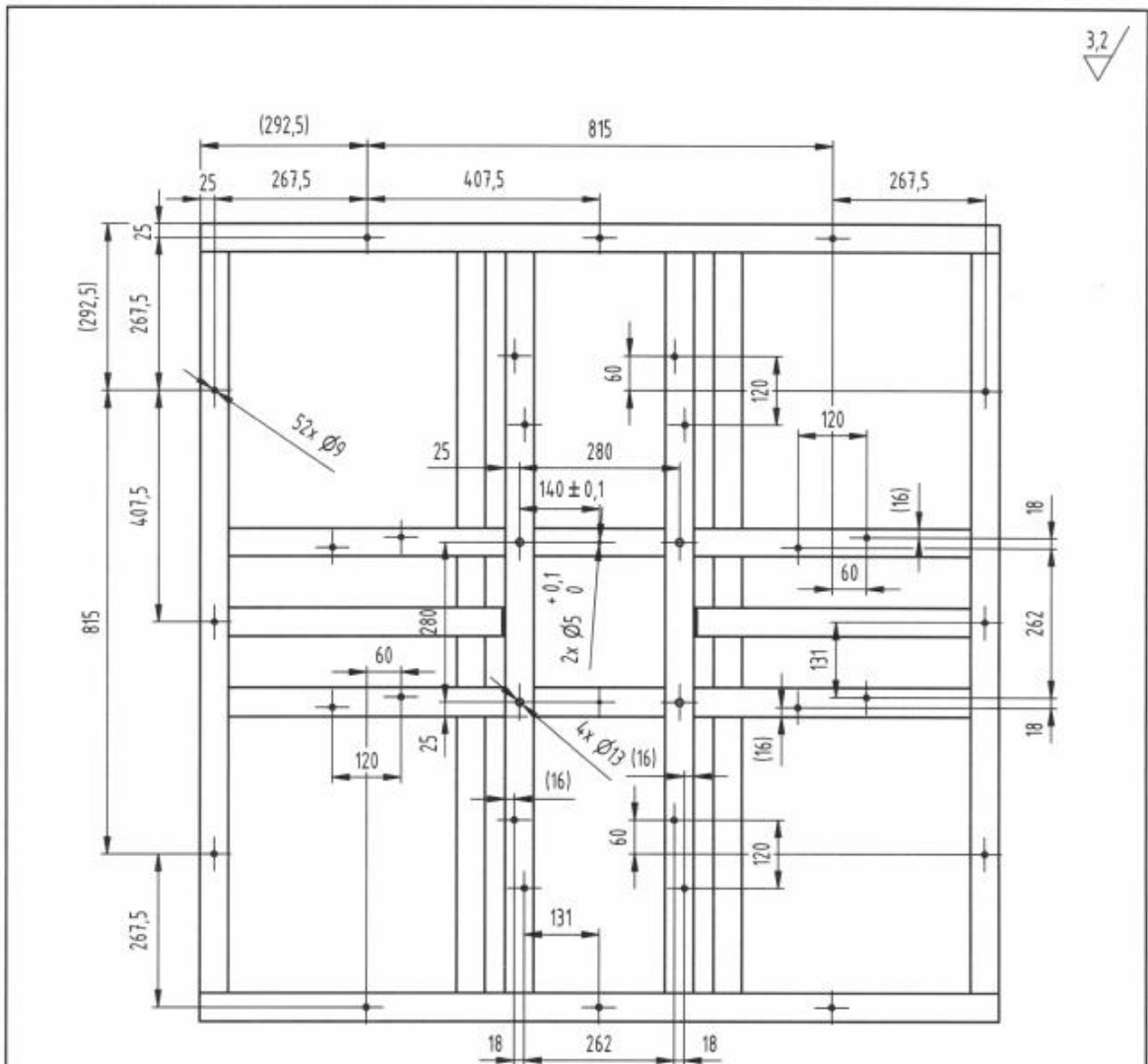


5	DESKA NA ZDROJ							12,6 kg	1
4	STAVĚCÍ PATKA ALUTEC K&K	405010						0,03 kg	4
3	ÚHELNÍK STOLU	H3-008-001-003		11109				0,19 kg	4
2	ZÁKLADNA ROBOTA	H3-008-001-002		11373				25,39 kg	1
1	KONSTRUKCE STOLU	H3-008-001-001		11373				98,96 kg	1
						ISO-2760-mK		138,80 kg	1
Poz.	Název / Rozměr	Číslo výkresu - polotovár			Materiál	Přesnost	Hmotnost *	Ks	
Měřítko/Promítání	Datum	Jméno	Pol. č.	Starší výkres	Datum	Kreslí			
1:12	2.1.2012	T. MARTINEK							
	Kreslí								
	Kontroloval								
	Schválil								
	Technolog								
TNS Servis s.r.o. Inventor 2010®	Název součásti	STŮL NA ROBOTA			Název projektu: PŘÍPRAVKY - ROBOT				
	Popis součásti:				Číslo výkresu H3-008-001				
					Formát: A4		Listů/List: 1 / 1		

PŘÍLOHA P 10: VÝKRES STOLU PRO ROBOTA 2



PŘÍLOHA P 11: VÝKRES STOLU PRO ROBOTA 3



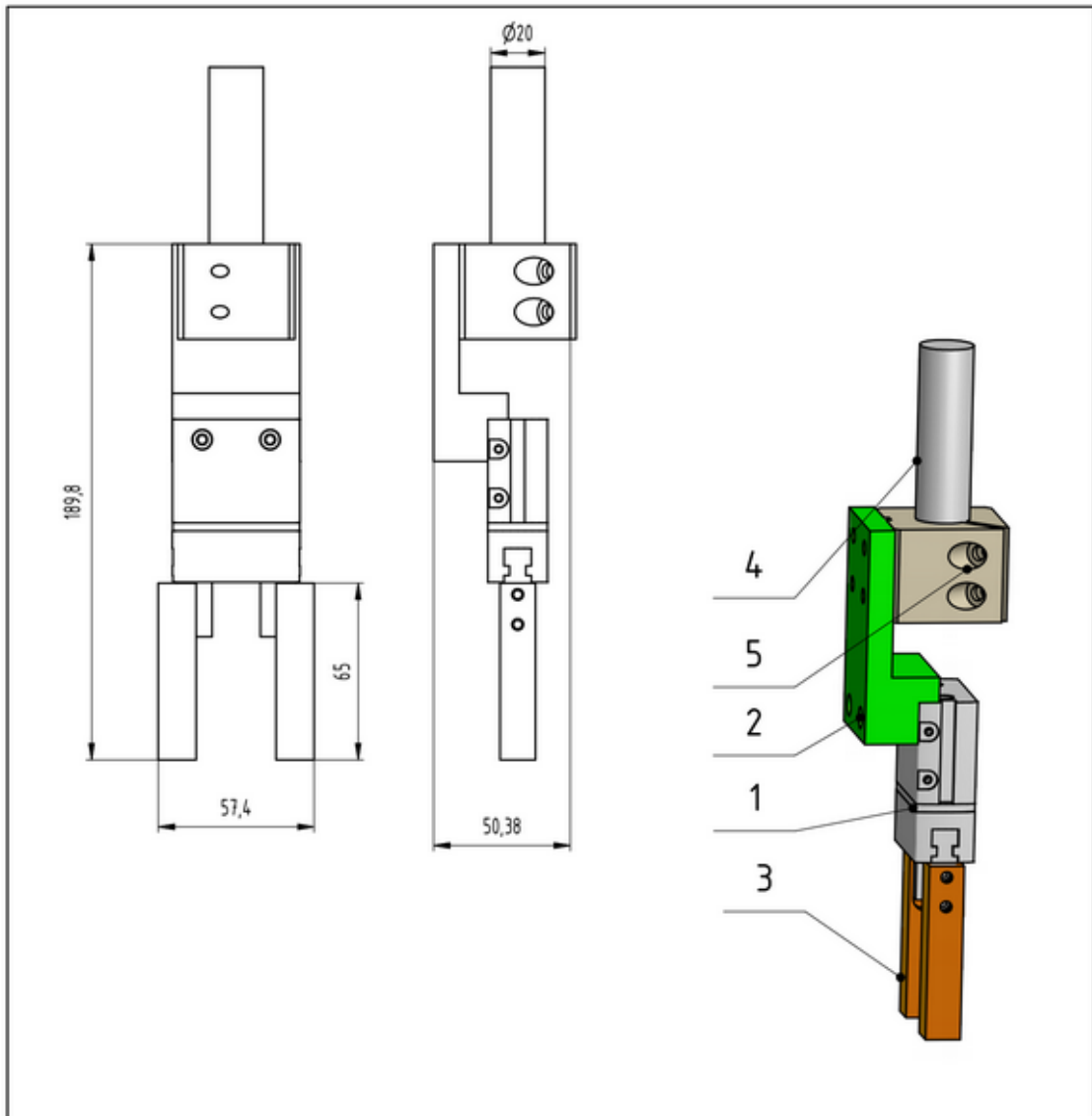
VŠECHNY DÉLKOVÉ ROZMĚRY TOLEROVAT ± 0,2

VŠECHNY OTVORY SKRZ JEKL

OTVORY 2x Ø5 SLOUŽÍ PRO SKOLÍKOVÁNÍ S H3-008-001-002 - SVRTAT SPOLU

				XXXXXX	11373	ISO-2768-mK	98,96 kg	1
Poz	Název / Rozměr	Číslo výkresu - polotovar		Materiál	Přesnost	Hmotnost	Ks	
Měřítko/Promítání	Datum	Jméno	Poř. č.	Starý výkres	Datum	Kreslí		
1:10 	Kreslí	19.12.2011	T. MARTINEK					
	Kontroloval							
	Schválil							
	Technolog							
TNS Servis s.r.o. Inventor 2010®	Název součásti KONSTRUKCE STOLU Popis součásti			Název projektu: PŘÍPRAVKY - ROBOT Číslo výkresu H3-008-001-001				
				Formát: A4	Listů/List: 2 / 2			

PŘÍLOHA P 12: VÝKRES PRO SESTAVU CHAPADLA



4	Model Osy Z	osa robta	Výchozí		0,03 kg	1
1	Festo DHPS 16	1254043_DHPS-16-A_2_14a			0,06 kg	1
3	Čelist na DHPS16	R264-001-003	Dural		0,03 kg	2
2	Boční držák	R264-001-002	Dural		0,13 kg	1
5	Držák k ose	R264-001-001	1109		0,38 kg	1

					ISO-2768-mK	není	1
--	--	--	--	--	-------------	------	---

Poz.	Název / Rozměr	Číslo výkresu - polotovar	Materiál	Přesnost	Hmotnost	Ks
Měřítko/Promítání						
	1:2					
Kreslil	21.1.2015	vajdik				
Kontroloval						
Schwäb						
Technolog						

TNS Servis s.r.o. Inventor 2010®	Název součásti	Název projektu: R264
	Sestava chapadla SPS	Číslo výkresu
	Popis součásti	R264-001
	Sestava	
	Formát: A4	Listů/List: 1 / 1

PŘÍLOHA P 13: VÝUKOVÁ SKRIPTA

Na následujících stránkách jsou zmenšené stránky prezentace vytvořené pro potřeby výuky.

SCARA ROBOT

Vyuková skripta

Výukové pracoviště



Kontroler SRC-310

PRG. No. LED
(zobrazuje č. programu. Při chybě
zobrazí číslo chybné osy,
nebo chybného požadavku)

LINE NO./STATUS LED
(č. řádku spuštěného programu,
nebo č. vyskytlé chyby)

E. STOP CANCEL přepínač
(k vyřazení nouzového zastavení
při odpojení TEACH kabelu)

Vypínač napájení



TEACH port
(připojení PC)

LED indikátor
(E.STOP - spuštěno nouzové zastavení
SAFE GUARD - pojistka otevřena
TEACH - zapnutí TEACH modu
AUTO - zapnutí AUTO modu
S.ERR - nefunkční CPU)

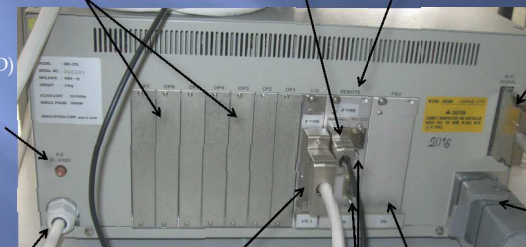
Kontroler SRC-310

Volitelné sloty
REMOTE1
(vstupy nouzového
zastavení a pojistky)
REMOTE deska

PE(F-GND)
(terminál
pro
přídavný
zemnicí
vodič)

M/C POWER
(Konektor pro
napájení
manipulátoru)

M/C SIGNAL
(pro přenos
signálů z
robotu)



Napajecí kabel

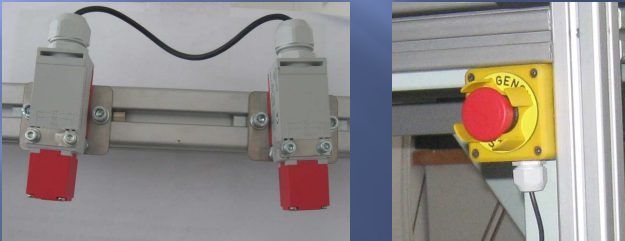
I/O-1
(50-pinový D-sub
konektor s 16 vstupy
a 16 výstupy)

RS-232C
(konektor pro seriovou
komunikaci např. S robotu)

PSU deska

Bezpečnostní prvky

- ▣ V případě otevření bezpečnostních dveří (bezpečnostní zámky), nebo při stisku bezpečnostního tlačítka dojde k přerušení činnosti robota

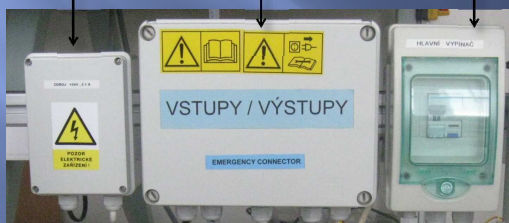


Maják

- ▣ Funkce
 - Zelená
 - Robot v běhu
 - Červená
 - Aktivovaný CENTRAL STOP
 - Otevřené bezpečnostní dveře



Napájecí zdroj +24V Rozvaděč I/O a emergency Hlavní vypínač (jistič)



Přípojka (redukční ventil a manometr) a rozdvojka stlačeného vzduchu

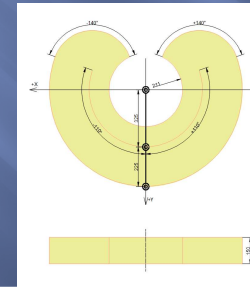


Robotický manipulátor Epson H554BN

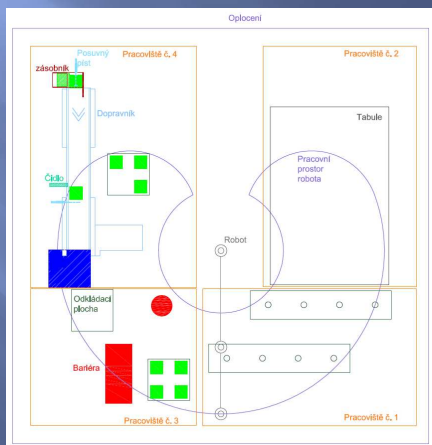


Epson H554BN

- Jde o robota typu SCARA s celkovou délkou ramen 550 mm (první rameno o délce 325 mm a druhé rameno o délce 225 mm)
- Jeho pracovní prostor je zobrazen na obrázku:



Rozmístění pracovišť

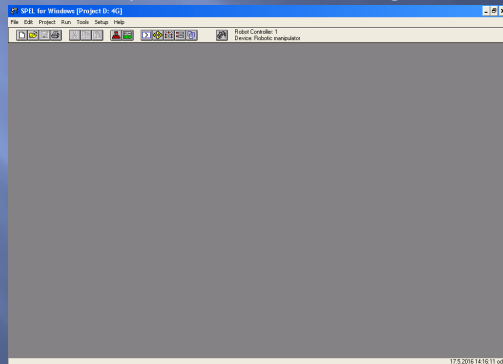


SCARA robot Epson H554BN

- Pracovní prostor lze odvodit od soustavy následujících rovnic:
 - $x = 325 \sin(a) + 225 \sin(a + \beta)$
 - $y = 325 \cos(a) + 225 \cos(a + \beta)$
 - $z = h$
- Inverzní úloha (výpočet úhlů a výšky pro požadovaný bod zadaný souřadnicemi x, y, z):
 - $a = \cos^{-1}(x / (x^2 + y^2)^{0.5}) - \cos^{-1}((x^2 + y^2 + 55000) / (650(x^2 + y^2)^{0.5}))$
 - $\beta = \pi - \cos^{-1}((156250 \cdot x^2 - y^2) / 146250)$
 - $h = z$
- Platí, že a je v rozsahu -110° až $+110^\circ$ a β je v rozsahu -140° až $+140^\circ$. Hodnoty h mohou nabývat 0 až 150 mm (viz tab. 1). Na obrázku 10 je znázorněn pracovní prostor i s hodnotami.

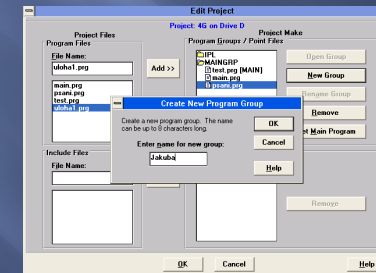
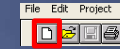
SPEL

- Program, který umožňuje komunikaci s robotem, a jeho ovládání a programování



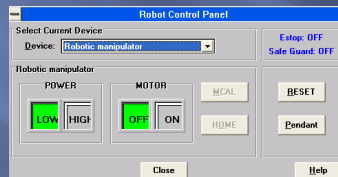
Vytvoření nového programu

- Klikněte na ikonku „nový“
- Zobrazí se následující okno, kde vytvoříte novou skupinu, kterou pojmenujte svým příjmením
- Do vytvořené skupiny přidejte nový soubor „uloha1.prg“



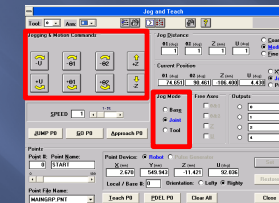
Pohyb robota

- Pokud chcete manipulátorem pohybovat ručně, je třeba vypnout motory robota, což se provete následovně:
 - Vyberte následující ikonku:
 - Stiskněte tlačítko OFF v sekci MOTOR



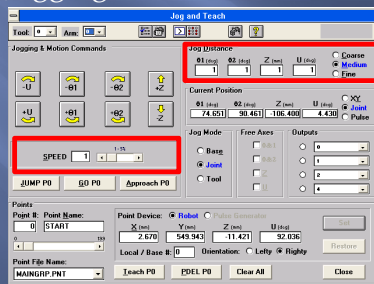
Pohyb robota

- V případě že máte motory zapnuty, lze pohybovat robotem pomocí nástroje „Jog and Teach“
 - V panelu „Jogging & Motion Commands“ lze ovládat robota pomocí tlačítek pro jednotlivé pohyby. V panelu se tyto tlačítka mění tak, aby odpovídala vybranému pohybovému módu (Jog Mode)



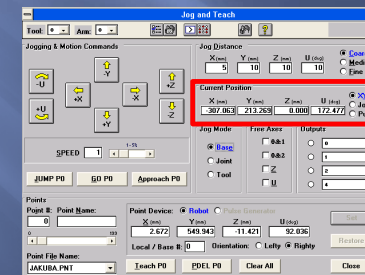
Pohyb robota

- Velikost kroku lze změnit v panelu „Jog Distance“
- Rychlost přesunu je možno nastavit na 1-5% v panelu „Jogging & Motion Commands“



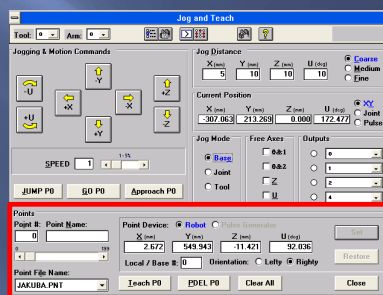
Pohyb robota

- Aktuální pozice robota se zobrazuje v panelu „Current Position“



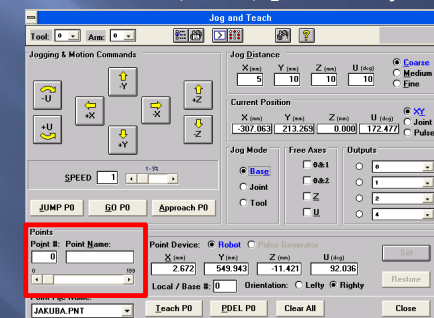
Učení pozic

- Panel „Points“ slouží k definici nových pozic
- Než začnete definovat nové pozice, zvolte soubor se svým příjmením v ComboBoxu „Point File Name“
- Výběrem tlačítka „Teach P_“ uložíte aktuální pozici jako P_
- Případně je možné zadat přímo souřadnice do textových polí „X,Y,Z,U“ a potvrdit tlačítkem „Set“




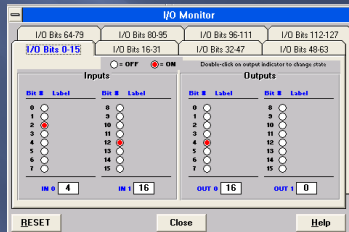
Učení pozic

- Číslo definované pozice lze měnit v poli „Point #“, případně posuvníkem
- Pozic je možné definovat 200 (0-199) pro každý soubor pozic




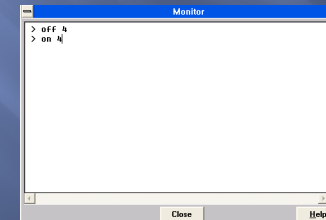
I/O Monitor

- Lze otevřít použitím ikonky 
- I/O Monitor udává představu o stavu vstupů a výstupů
- Např.: Výstup č. 4 je nyní ve stavu ON, což znamená, že chapadla jsou rozevřena.
- Vstup 11 – chapadla ve stavu sevřena
- Vstup 12 - chapadla ve stavu rozevřena



Monitor


- Lze otevřít použitím ikonky 
- Slouží k přímému zpracování zadaných instrukcí
- Použitím příkazu „on 4“ lze rozevřít chapadla, příkazem „off 4“ dojde k jejich sevření

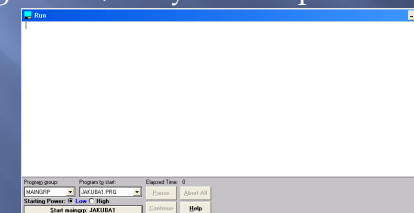


ON, OFF, WAIT

- Příkaz ON nastaví logickou hodnotu 1 na dané adrese. Příkaz OFF na této adrese nastaví logickou hodnotu 0. Např.: ON (1) - nastaví na adrese 1 hodnotu TRUE. Tyto příkazy lze také doplnit o časové konstanty, po jakou dobu by daný výstup měl být změněn na zapnutý či vypnutý. Dále lze ještě doplnit, zda má být zpracován příkaz paralelně nebo sekvencně (výchozí hodnota).
 - Příklad: *On 2, 0.5, 0*
 - Takto napsaný příkaz zapne výstup 2 na 0,5 sekundy s paralelním zpracováním (0).
- Příkaz WAIT přeruší činnost robota na požadovanou dobu.
 - Např.: *WAIT 3* přeruší činnost na 3 sekundy.
 - *WAIT SW(1) =1* přeruší činnost robota do doby, dokud na vstupu č. 11 nenastane stav ON.

Build a spuštění programu

- Ikonkou vlevo lze provést build programu 
 - Je-li program v pořádku, vypíše se nám hláška „Build complete, no errors“
- Po kliknutí na ikonku „RUN“ se otevře okno, kde je třeba zvolit Vaši skupinu a soubor s programem, který chcete spustit



Upozornění

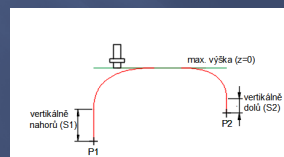
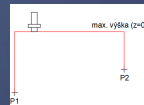
- Pro test programu používejte režim „Low“
- Při spuštění programu dbejte vysoké opatrnosti a v případě jakékoliv pochybnosti, či nebezpečí zranění a zničení pracoviště využijte bezpečnostní tlačítko, případně použijte pauzu přímo v okně „Run“

Cvičení

- Vytvořte program v souboru „uloha1.prg“, ve vaší skupině, kde rozevřete kleště na 2 sekundy a následně po sekundě je opět rozevřete.
- Udělejte build programu a ověřte spuštěním

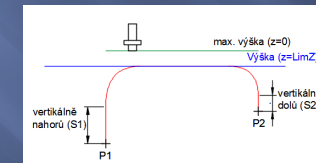
JUMP

- Příkaz JUMP nařizuje přesun robota z pozice P1 do P2 po křivce ve tvaru brány
 - Formát zápisu:
 - JUMP [ps] [|/R| nebo |/L|] {C[číslo arch]} [LIMZ[hodnota souřadnice Z]]
 - ps=cílová pozice
 - číslo arch: číslo od 0 do 7
 - Hodnoty ve složených závorkách jsou nepovinné
 - /R a /L = režim ramene (R-pravá paže = výchozí, L-levá paže)
- Parametr ARCH
 - Upravuje trajektorii JUMP na oblouk
 - K definici slouží příkaz „Arch num, S1, S2“ (např.: Arch 3, 40, 20)
 - Využití parametru pro příkaz Jump
 - Jump P2 C3



JUMP

- Parametr LIMZ
 - Upravuje maximální výšku trajektorie ($z=LimZ$)
 - Pokud není zadána, výchozí hodnota je $z=0$ (nejvyšší pozice)
 - Využití parametru pro příkaz Jump
 - Jump P2 C3 LIMZ -10

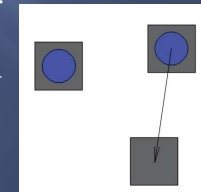


GOTO

- ▣ Jednosměrný přenos kontroly na daný řádek
 - GOTO [číslo řádku] nebo GOTO [název návěští]
 - Např:
 1. NAVESTI:
 2. Jump P1
 3. Jump P2
 4. GOTO NAVESTI '(lze užít i GOTO 2)

Cvičení

- ▣ Vytvořte si 3 libovolné body na pracovišti č.1 pro umístění míčků
- ▣ Do 2 definovaných pozic umístěte míčky
- ▣ Naprogramujte SCARA robota tak, aby cyklicky přemisťoval míček na volnou pozici ve směru hodinových ručiček.
- ▣ Využijte soubor „uloha1.prg“
- ▣ !TIP: při definici pozic mějte v kleštích sevřený míček – předejdete tak nepřesnosti



Body

- ▣ Možnost určení bodů:
 - $P1 = X, Y, Z, U / 0$
 - $P2 = P1 + X10$ (P2 bude vůči P1 posunut na ose x o 10)
 - $P3 = P1 : Z0$ (P3 bude vůči P1 posunuta na ose z do 0)

GO

- ▣ Příkaz GO je určen k přesunu do požadované pozice s co nejpřímější trajektorií (ideálně přímka).
- ▣ Např.:
 - GO P2 'přesun do pozice P2
 - GO P3 +Y40 :Z20



Cvičení

- Využijte pracoviště č. 2
- Vytvořte program, kde výstupem robota bude, že na tabuli napíše text, nebo jednoduchý obrázek, který vám přidělí vyučující
- Postup:
 1. Vytvořte si soubor „uloha2.prg“
 2. Chapadlo robota přesuňte do prostoru pracoviště č. 2
 3. Do efektoru umístěte přípravek pro upevnění psacího nástroje
 4. Nadefinujte si potřebné body
 5. Vytvořte program
 6. Po skončení práce přípravek opatrně vyjměte

Cykly – příklady použití

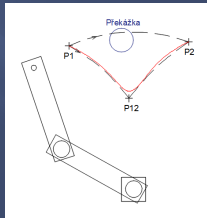
- For...Next
 - ...For i=1 to 7
 - 'tělo cyklu
 - Next i...

 - ...For i=1 to 9 Step 3
 - 'tělo cyklu
 - Next i...
- While
 - ...i=0
 - While i<5
 - i=i+3
 - Wend..

PASS

- Příkaz *PASS* lze využít pokud je vyžadován přesun, kde mezi aktuální a požadovanou pozicí existuje nějaká překážka, či prostor, kterému je potřeba se vyhnout. Pro toto vyhnutí je využito pomocné pozice (může být i více), kterou následuje dráha robotické ruky k dosažení žádané pozice. Tato pozice vzhledem ke konstrukci robota by měla být blíže ke středu (základně robota), aby došlo k požadovanému vyhnutí před překážkou, která může výškově přesahovat robota.

- Př.1:
 - *PASS P12, P2*
 - *GO P2*
- Př.2:
 - *PASS P(8:12), P2*
 - *GO P2*



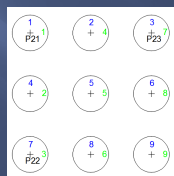
CP

- Parametr *CP* slouží k řešení obdobné situace, jako příkaz *PASS*, tedy k plynulému přesunu pomocí dalšího bodu bez zastavení. Aby se robot v tomto bodě nezastavil, Z-souřadnice tohoto bodu musí být stejná, jako hodnota *Limz*.
- Např.:
 - *JUMP P10 C0 Limz -20 CP*
 - *JUMP P2 C0 Limz -20*
- U složitějších případů lze užít takzvaného zapnutí parametru dle potřeby
- Např.:
 - *CP ON*
 - *JUMP P2*
 - *JUMP P3*
 - *JUMP P4*
 - *CP OFF*
 - *JUMP P5*
- Kde pro mezibody P2, P3 a P4 je užít parametr *CP* (za předpokladu, že body mají stejnou z- souřadnici).



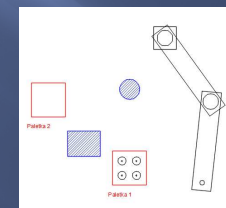
PALLET

- Příkaz pro definování pole pozic
- Definice:
 - Pallet [index], Pozice1, Pozice2, Pozice3, [počet pozic mezi pozicí 1 a 2], [počet pozic mezi pozicí 2 a 3]
- Příklad:
 - Pallet 1, P21, P22, P23, 3, 3
 - Pallet 1, P21, P23, P22, 3, 3
 - Pallet 2, P41, P42, P42, 4, 1



Cvičení

- Využijte pracoviště č.3
- Na pracovní ploše mezi paletkami pro umístění předmětů jsou překážky, kterým je potřeba se vyhnout. Paletky pro umístění 4 prvků jsou 2 dimenzionální (2x2).



Podmínky

- If...Then...Else...Edif
 - IF podmínka THEN tělo pro splněnou podmínku
 - ELSE tělo pro nesplněnou podmínku
 - ENDIF
- Například:
If SW(1)=1 Then Jump P1
Else Jump P2
Endif

Struktury

- Select...Case...Default...Send
 - SELECT hodnota ke srovnání
 - CASE hodnota1
 - řetězec instrukcí pro case
 - DEFAULT
 - Defaultní instrukce
 - SEND
- Například:
Integer x
...
Select x
Case 1
ON4;Jump P1
Case 2
OFF4;Jump P2
Default
Jump P0
SEND
...

Cvičení

- ▣ Využijte pracoviště č.4
- ▣ Na pracovní ploše se nachází Pásový dopravník, na který pomocí pneumatického pístu budete ze zásobníku posouvat kostky. Pokud kostka bude obsahovat kovový předmět, přemístěte ji na paletku. Ostatní kostky nechte dopravníkem dopravit do krabičky umístěné na konci dopravníku.

Děkuji za Vaši pozornost