EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

ABB ROBOT STUDIO - NÁVODY

LABORTATORNÍ CVIČENÍ V OBORU II

Jiří Šablatura

Jan Lipina

Ostrava 2011

Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: ABB Robot Studio - Návody
Autoři: Jiří Šablatura, Jan Lipina
Vydání: první, 2011
Počet stran: 89
Náklad:
Studijní materiály pro studijní obor Robotika Fakulty strojní
Jazyková korektura: nebyla provedena.

Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

Název: Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu
Číslo: CZ.1.07/2.3.00/09.0147
Realizace: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Jiří Šablatura, Jan Lipina
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN 978-80-248-2734-6

POKYNY KE STUDIU

ABB Robot Studio - návody

Pro předmět 3. semestru oboru Robotika jste obdrželi studijní balík obsahující:

Pro studium problematiky řízení průmyslových robotů jste obdrželi studijní balík obsahující:

- integrované skriptum pro distanční studium obsahující i pokyny ke studiu,
- přístup do e-learningového portálu obsahující doplňkové animacemi vybraných částí kapitol,
- CD-ROM s doplňkovými animacemi vybraných částí kapitol,

Cílem učební opory

Cílem je seznámení se základními pojmy v oblasti programování průmyslových robotů. Po prostudování modulu by měl student být schopen pracovat s programem ABB Robot Studio, vytvářet a optimalizovat virtuální pracoviště a základy práce s ABB průmyslovými roboty.

Pro koho je předmět určen

Modul je zařazen do magisterského studia oboru robotika studijního programu strojní inženýrství, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoliv jiného oboru.

Skriptum se dělí na části, kapitoly, které odpovídají logickému dělení studované látky, ale nejsou stejně obsáhlé. Předpokládaná doba ke studiu kapitoly se může výrazně lišit, proto jsou velké kapitoly děleny dále na číslované podkapitoly a těm odpovídá níže popsaná struktura.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:

Čas ke studiu: xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden čas potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.

Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Popsat …
- Definovat …
- Vyřešit …

Ihned potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.

Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.

Shrnutí pojmů

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.

Otázky

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.

Úlohy k řešení

Protože většina teoretických pojmů tohoto předmětu má bezprostřední význam a využití v praxi, jsou Vám nakonec předkládány i praktické úlohy k řešení. V nich je hlavním významem předmětu schopnost aplikovat čerstvě nabyté znalosti pro řešení reálných situací.

Klíč k řešení

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.

Úspěšné a příjemné studium s tímto učebním textem Vám přejí autoři.

Jiří Šablatura a Jan Lipina

OBSAH

1 ÚVOD DO ABB ROBOT STUDIA 7
1.1 Prostředí Robot Studia 8
2 PRACUJEME V REŽIMU OFFLINE 12
2.1 Tvorba pracoviště 13
2.1.1 Vytváření vlastní knihovny 15
2.1.2 Tvorba pracoviště 18
2.1.3 Řídicí systém pracoviště 21
2.2 Tvorba mechanismů 22
2.2.1 Vkládání a umisťování jednotlivých komponentů 23
2.2.2 Vytvoření efektoru pro manipulaci 25
2.3 Tvorba polohovadla 31
2.3.1 Složení modelu polohovadla 33
2.3.2 Modelování jednoduchých objektů 37
2.3.3 Tvorba mechanismu polohovadla 39
2.4 Tvorba trajektorie a událostí 43
2.4.1 Vytváření pracovních bodů trajektorie 46
2.4.2 Vytváření trajektorie 52
2.4.3 Tvorba nové řídící karty 56
2.4.4 Tvorba signálů 58
2.4.5 Karta událostí 60
2.4.6 Vytváření pracovních souřadných systémů 66
2.4.7 Dokončení simulace 67
3 PRÁCE V REŽIMU ONLINE 70
3.1 FlexPendant 71
3.2 Uložení programu do řídicího systému 75
3.3 Načtení programu z řídící jednotky 83
DALŠÍ ZDROJE 88
OBSAH CD-ROMU 89

1 ÚVOD DO ABB ROBOT STUDIA

Čas ke studiu: 45 minut

Cíl: Prostudování této kapitoly se seznámíte

- s prostředím programu ABB Robot Studio
- s ovládáním a příkazy programu
- s klady a zápory programu.

Výklad

V této kapitole se seznámíte nejen s prostředím samotného programu Robot Studia od společnosti ABB, ale i s jeho ovládáním a možnostmi, které nám nabízí. Program ABB Robot Studio slouží pro simulaci a offline programování jednoho nebo více robotů a jejich nejbližší periférie. Můžeme tedy dopředu nachystat program pro řídicí systém robotu nebo stávající program optimalizovat a to aniž by musela být pozastavena výroba. Samotný program nám názorně předvede skutečné dění v daném robotickém systému. U kterého můžeme demonstrovat naše myšlenky, požadavky zákazníků či pochopení technologických postupů výroby.

1.1 Prostředí Robot Studia

Čas ke studiu: 30 minut

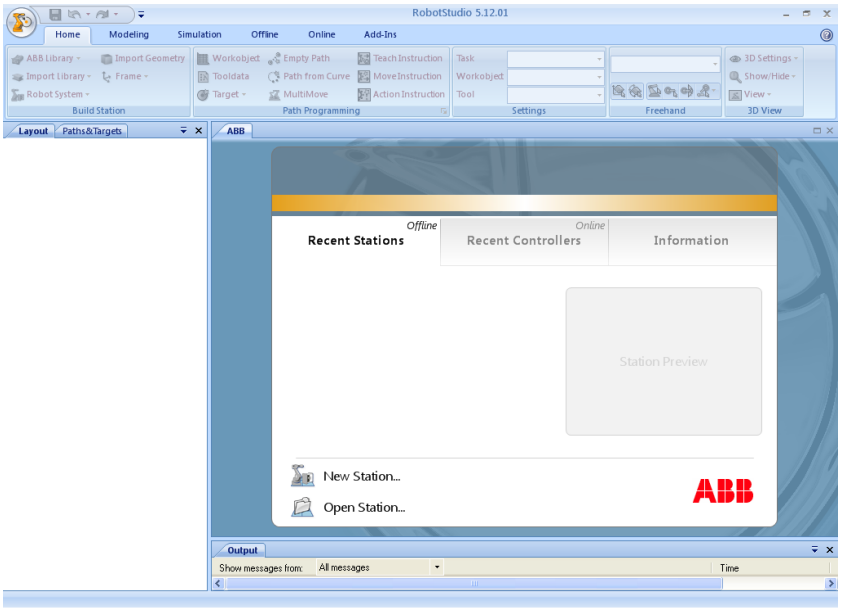
Cíl: Po prostudování této kapitoly budete umět

- uvést klady a zápory programu.
- rozdělit a popsat prostředí Robot Studia.

Výklad

Jak již bylo v úvodu kapitoly uvedeno program ABB Robot Studio (dále jen ABB-RS) slouží k přípravě programů průmyslových robotů a jejich nejbližší periférie, k jejich odladění a optimalizaci pomocí vizualizace a to aniž bychom potřebovali být fyzicky přímo na daném pracovišti. Program je založen na virtuálním řídicím systému, jenž je přesnou kopií opravdového softwaru, který řídí robot ve výrobě. Proto nám umožňuje realistické simulace s využitím reálných robotických programů a jejich konfiguračních souborů, identických s těmi, které jsou využívané na daném pracovišti.

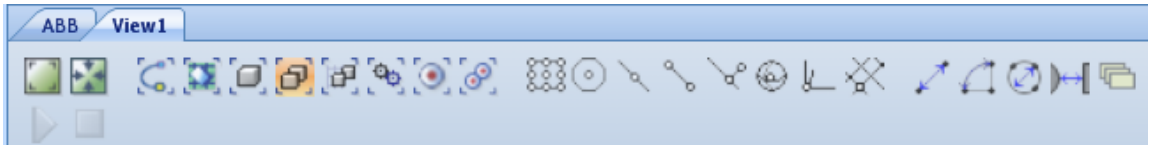
Po zapnutí programu ABB-RS se nám zobrazí úvodní okno (Obrázek 1.1). Zde získáváme první možnosti využití tohoto programu. A to možnost programování v režimu offline, který nám umožní pracovat s virtuálním robotem nebo roboty tak jako bychom měli skutečný robot přímo v počítači. Nebo máme možnost programování robota připojením na jeho řídicí systém a řídit (programovat) jej v režimu online pomocí počítače. V následujícím studijním textu se budeme věnovat převážně programování v režimu offline a programování v režimu online se budeme věnovat v samostatné kapitole v závěru tohoto studijního textu.



Obrázek 1.1 – První spuštění programu

Pracovní prostředí ABB-RS vychází s koncepce prostředí MS Office jak je patrné z obrázku (Obrázek 1.1). V levém horním rohu nalezneme tlačítko hlavní menu (**RobotStudio button**), které obsahu řadu příkazů a nastavení programu. Vedle tohoto tlačítka je umístěn panel rychlého přístupu. V horní části obrazovky se nachází také tzv. pás karet. Panely a jednotlivá tlačítka se mění dle toho, na kterou kartu zrovna přepnete. Standardně jsou k dispozici následující karty:

- **Domů (Home)** – zde naleznete příkaz pro vytváření pracoviště, vkládání prvků z knihoven, vytvářet trajektorie, upravovat nastavení. Ale nabízí i příkaz pohybování prvků po pracovišti a ovládání pohledů na pracoviště, které jsou k dispozici i na dalších kartách.
- **Modelování (Modeling)** – umožňuje nám vytvářet jednoduché modely, importovat do pracoviště nové prvky, ale také vytvářet nové mechanismy a nástroje
- **Simulace (Simulation)** – zde naleznete všechny příkaz potřebné k nastavení, vytváření simulace
- **Offline** – příkaz, který nám umožní spojení s virtuálním řídicím systémem, jeho konfigurací vytváření modulů a událostí.
- **Online** – obdobná karta příkazů jako u karty offline, ale slouží ke komunikaci s reálným řídicím systémem a jeho konfigurací.
- **Ostatní (Add-ins)** – v této kartě nalezneme různé dodatkové programy.



Obrázek 1.2 – panel příkazů v pracovním okně

S jednotlivými příkazy se seznámíme vždy v příslušné kapitole. Pod pásem karet se nachází pracovní okno pro vizualizaci pracovního prostředí robotu. V tomto oknu máme k dispozici následující příkaz (Obrázek 1.2):

1. zobrazení:
   a. Zobraz vše (View All)
   b. Vycentruj obraz (View Center)
2. výběru:
   a. křivky (Curve Selection)
   b. plochy (Surface Selection)
   c. tělesa (Body Selection)
   d. prvku (Part Selection)
   e. skupiny (Group Selection)

f. mechanismu (Mechanism Selection)

g. pracovní body (target/Frame Selection)

h. trajektorie (Path Selection)

3. pro možnost uchycení objektu v bodě:

a. na krajích a ve středech (Snap Object)

b. ve středu kružnice (Snap Center)

c. ve středu (Snap Mid)

d. na konci (Snap End)

e. na hraně (Snap Edge)

f. těžiště (Snap Gravity)

g. průsečíku (Snap Grid)

h. souřadného systému (Snap Local Origin)

4. měření velikosti:

a. vzdálenosti mezi dvěmi body (Point To Point)

b. úhlu (Angle)

c. průměru (Diameter)

d. nejkratší vzdálenosti mezi objekty (Minimum Distance)

5. možnosti přehrávání simulací:

a. začít/přehrát simulaci (Play)

b. zastavit simulaci (Stop)

Pokud klikneme pravým tlačítkem na tuto plochu a nemáme vybraný žádný objekt, objeví se nám následující nabídka (Obrázek 1.3)

Obrázek 1.3 – nabídka pracovního okna

Máme-li vybraný objekt, získáme pravým kliknutím myši (v pracovním okně nebo v levém okně seznamu) novou nabídku, která obsahuje pracovní příkaz objektu.

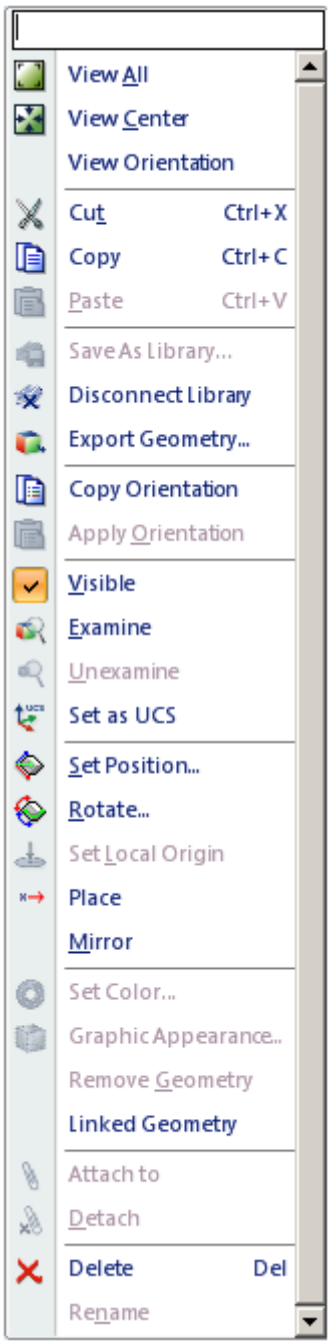
Zároveň se v tomto okně zobrazuji i karty (kromě vizualizace pracovního prostředí), které jsou vyvolány některým z příkazů z pásu karet (například nastavení události, nastavení mechanismu a jiné). V tomto oknu se můžeme pohybovat a měnit směr pohledu pomocí příkazu z pásu karet anebo následujících kombinací klávesnice a myši:

- Volný pohyb CTRL + pohyb myši
- Natáčení (rotace) pohledu SHIFT + CTRL + pohyb myši
- Přiblížení či oddálení pohledu rolovací kolečko myši

Po levé straně pracovního okna se nachází okno seznamu (strom) prvků a činností, které nám přehledně zobrazuje strukturu aktivní karty v pracovním okně. Seznam, který nám zobrazuje je většinou větven dle jednotlivých kategorií (pracovní souřadný systém, nástroj, pracovní body, dílčí trajektorie a další).

Pod těmito dvěma okny se nachází stavový řádek, který nám popisuje naši činnost, stav řídicího systému, ale i nastavení parametrů a typu trajektorie.

Posledním prvkem přístupu k příkazům, který máme k dispozici je menu vyvolané kliknutím pravého tlačítka myši.



Obrázek 1.4 – nabídka příkazí pro objekt

2 PRACUJEME V REŽIMU OFFLINE

Režim offline nám umožňuje pracovat s virtuálním řídicím systémem, který je přesnou kopií opravdového softwaru, který je instalován v řídicích jednotkách robotů. Práce nám umožní efektivně připravit pracoviště, simulovat celou činnost robotu. Zajistit kooperaci s vnějšími senzory a optimalizovat celé pracoviště ještě před tím, než jej budeme skutečně chtít aplikovat. Po nahrání do řídicího systému jsme nucení program ověřit a doladit, ale největší část práce se i tak děje práce v tomto režimu.

Čas ke studiu: 12 hodin

Cíl: Prostudováním této kapitoly se seznámíte s

- možnostmi režimu offline
- návrhem robotizovaného pracoviště
- vytvářením mechanismů
- rozpohybování pracoviště

CD-ROM

Modely jednotlivých komponentů a hotové pracoviště naleznete na CD-ROMu a nebo je může nalézt na e-learningovém portálu.

2.1 Tvorba pracoviště

Čas ke studiu: 2 hodiny

Cíl: Po prostudování této kapitoly budete umět

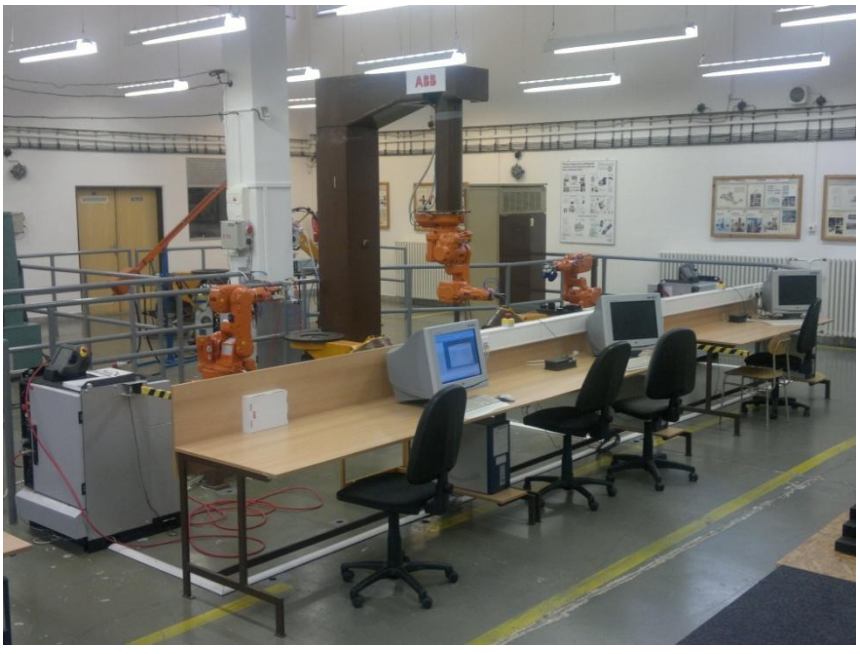
- vytvořit nový objekt knihovny
- pracovat s knihovnou komponentů a prvků
- vytvořit nové pracoviště
- vytvářet jednoduché modely

Výklad

Abychom mohli začít s vytvářením nového pracoviště, potřebujeme mít k dispozici následující informace a data:

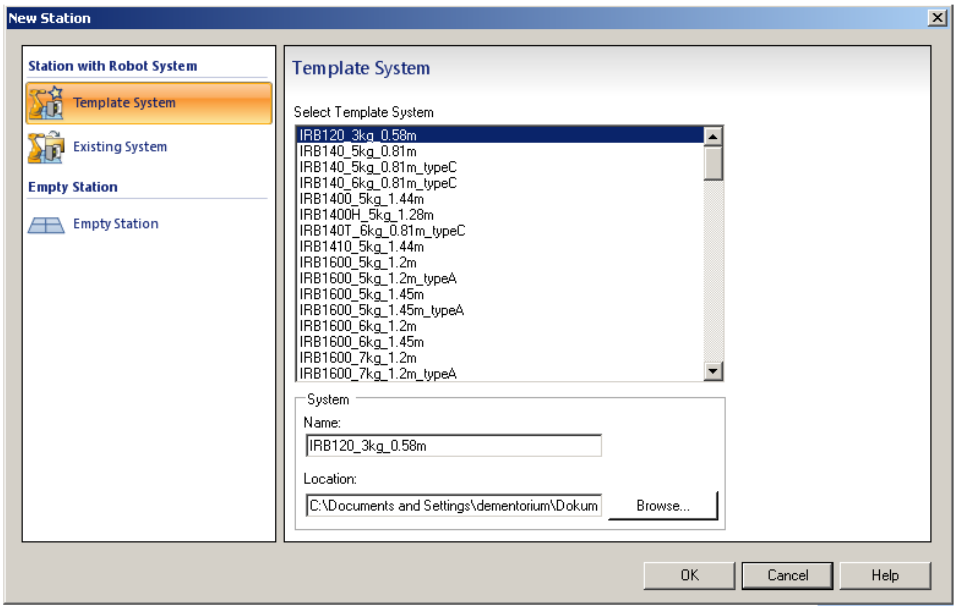
- zadání a účel pracoviště
- dispoziční výkres (návrh) pracoviště včetně rozpisky všech strojů a komponentů
- časový harmonogram
- modely komponentů (stoly, manipulátory, objekty manipulace a další)

Pro názornost si vytvoříme skutečné pracoviště tří robotů (Obrázek 2.1). Jedná se o tři roboty typu IRB 140. Dva jsou uchycené na samostatných podstavách a prostřední je zavěšen na konzole se závěsem. Pracoviště je dále vybaveno dvěma polohovadly a různými typy efektorů, které lze odložit na odkládací mechanismus (držadlo).



Obrázek 2.1 – ABB pracoviště v Centru robotiky

Pro vytvoření nového pracoviště máme následující možnosti z hlavního menu **New Station**. Tím získáváme tři možnosti vytvoření nového pracoviště a to předdefinované pracoviště (**Template Station**) dle typu robotu nebo otevření již existujícího pracoviště (**Existing Station**). Nebo výběr prázdného pracoviště (**Empty Station**) a celé pracoviště si vytvořit od základu sami (Obrázek 2.3). Tato možnost nám zároveň umožní upravit importovaný objekt a nastavit jeho parametry a následně jej uložit jako prvek knihovny.



Obrázek 2.2 – Vytváříme nové pracoviště

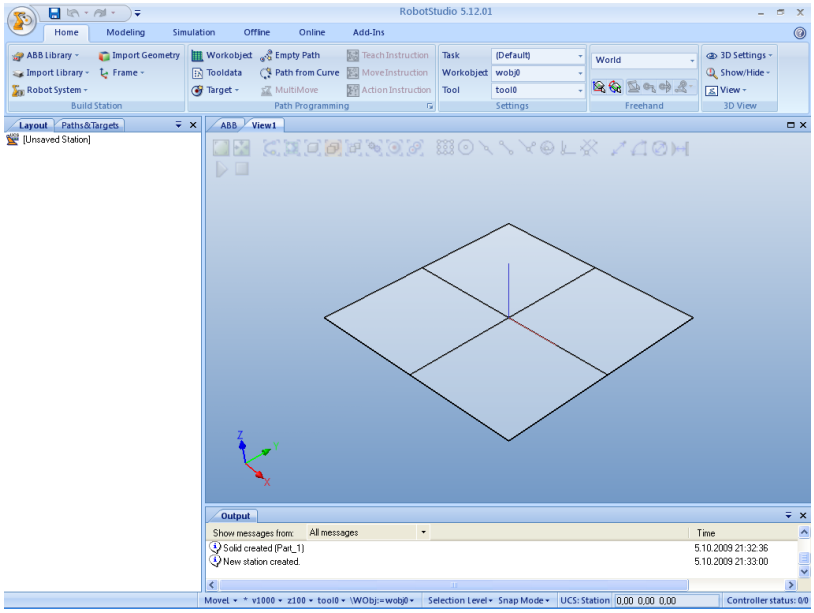
ABB-RS obsahuje pouze základní prvky, respektive sortiment firmy. Proto je nezbytné získat modely všech prvků, které budeme potřebovat. Modely je možné buď stáhnout z internetu od výrobce anebo si je zjednodušeně namodelovat. Vlastnosti modelu jako jsou momenty setrvačnosti, hmotnost, umístění těžiště se nastavuji pak samostatně přímo v prostředí ABB-RS, proto model nemusí být detailně vytvářen, pokud to není nezbytně nutné. Program nám umožní importovat pouze modely ve formátu ***.sat** a nebo musíme použít externí převaděč, jako je třeba **CAD Converted** (je součástí ABB-RS). Tyto nově importované prvky lze následně uložit do knihovny prvků. Ale pozor si musíme dát na umístění jejich souřadného systému.

Na následujících příkladech si ukážeme jak vytvořit nový prvek v knihovně a následně jak vytvořit pracoviště tří robotů s využitím modelování jednoduchých prvků. Pracoviště pak vybavíme vhodným řídicím systémem.

2.1.1 Vytváření vlastní knihovny

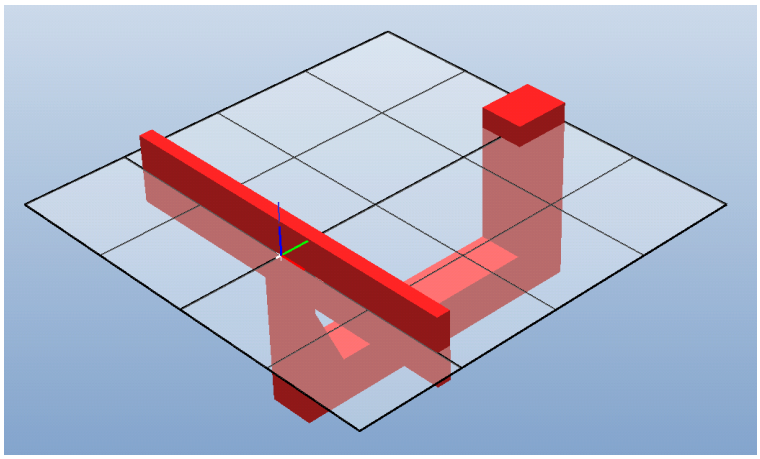
Abychom mohli vytvářet nové prvky v knihovně, budeme potřebovat jejich 3D modely, které jsou uloženy ve formátu *.sat. V tomto příkladu si ukážeme jak správně importovat nový prvek a uložit jej do knihovny. Postup je následovný:

1. Vytvoříme si prázdné pracoviště z hlavního menu:
   RobotStudio Button/New Station →Empty Station.



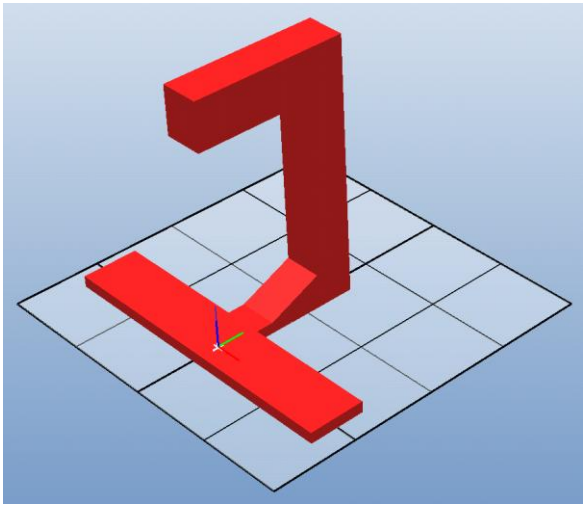
Obrázek 2.3 – Prázdné pracoviště

2. Vytvoříme si model např. v CAD systému Pro Engineer a uložíme si jej jako **konzola.sat**.
3. Načtení do pracoviště provedeme příkazem v kartě **Home/Build Station → Import Geometry**. Vyhledáme si adresář, ve kterém jsme si uložili daný model a vybereme **konzola.sat**.
4. Po vložení modelu konzoly na pracoviště se souřadný systém konzoly ztotožní se souřadným systémem pracoviště. Z obrázku (Obrázek 2.4) je patrné, že je konzola špatně umístěna vůči rovině, která reprezentuje podlahu pracoviště. Tato rovina nemusí vždy reprezentovat pouze rovinu podlahy ale i například pracovní rovinu.



Obrázek 2.4 – Poloha konzoly před úpravou parametrů

5. Opravu polohy provedeme změnou parametrů souřadného systému konzoly. Klikneme na konzolu pravým tlačítkem myši a vybereme příkaz **Set Position** pro nastavení parametrů souřadného systému. Nebo pomocí příkaz **Rotate**, která umožní pouze otáčení kolem jednotlivých os. Konzoli otočíme kolem osy x o 90° jak je patrné z následujícího obrázku (Obrázek 2.5).



Obrázek 2.5 – Poloha konzoly po úpravě parametrů

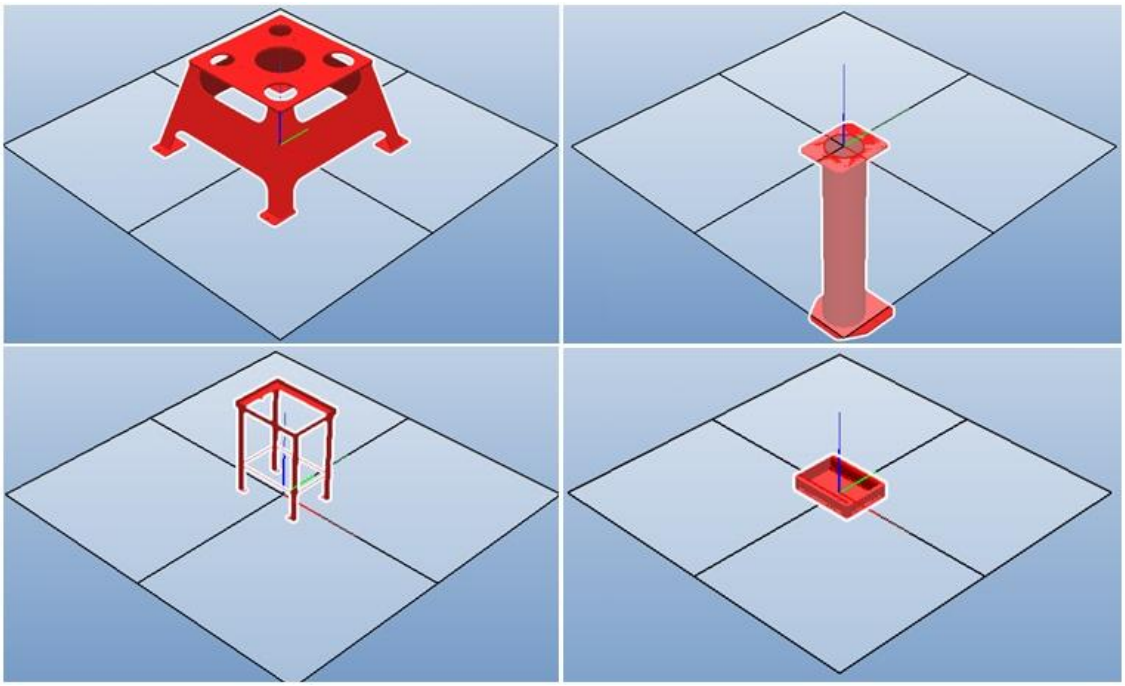
6. Nebo lze pohybovat a otáčet pomocí příkazů (Obrázek 2.6) v pásu karet **Home/Freehand** nebo **Modeling/Freehand**.

Obrázek 2.6 – Pohybování s objektem

7. Dalším krokem je natočení souřadného systému konzoli vůči souřadnému systému pracoviště a to provedeme výběrem příkaz **Set Local Origin** z téhož menu (pravé tlačítko myši) a přepíšeme všechny hodnoty na 0. Tím se ztotožní jednotlivé osy i jejich směr.
8. Jsme-li ujištění že poloha a natočení konzoly odpovídá našim představám, uložíme jej do knihovny. Opět vyvoláme menu kliknutím pravého tlačítka myši a vybereme možnost **Save As Library**.
9. Uložený komponent pak můžeme používat a vkládat pomocí **Home/Build Station → ABB Library/User Library**.
10. Pokud chceme model modifikovat je nutné po vložení do pracoviště zrušit vazbu na knihovnu. To provedeme pomocí příkaz **Disconnect Library**. Příkaz opět nalezneme po vyvolání menu kliknutím pravého tlačítka myši.

Úlohy k řešení 2.1.

1. Upravte polohu a orientaci zbylých prvků (*Zaves.sat*, *Podstava_irb_140.sat*, *Drzadlo.sat*) a vložte je do knihovny. Lokální souřadné systémy upravte dle obrázků (Obrázek 2.7).



Obrázek 2.7 – Souřadné systémy komponentů

2.1.2 Tvorba pracoviště

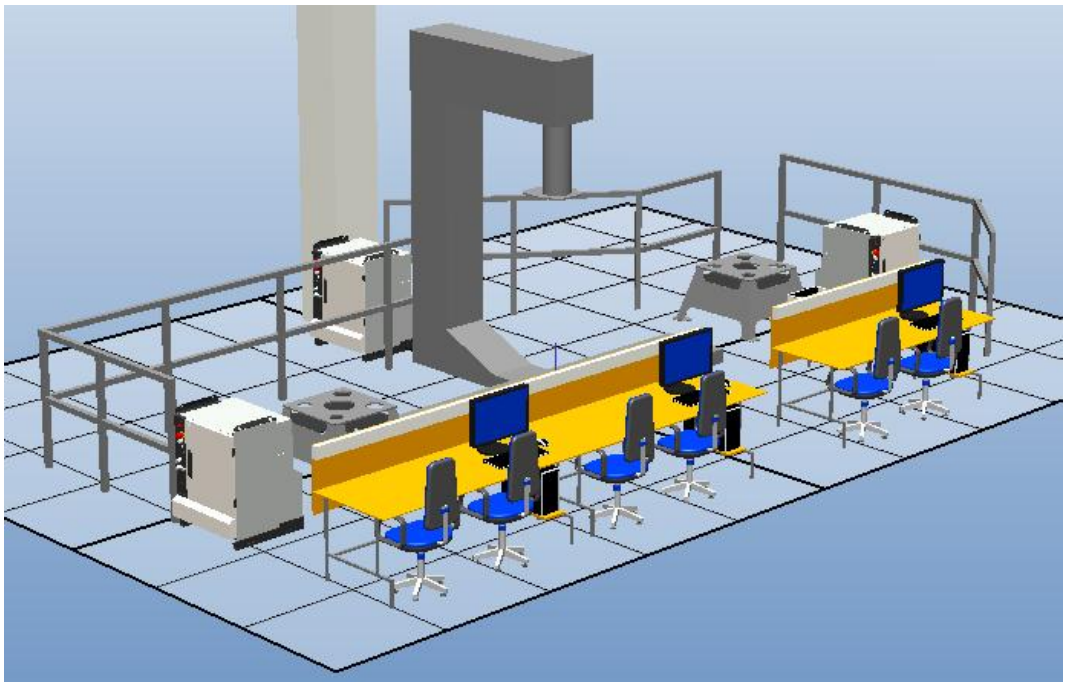
V tomto příkladu si vytvoříme pracoviště tří robotů. Jednotlivé rozmístění je přepsáno do přehledné tabulky (Tabulka 2.1), ze které vyplývá umístění a orientace jejich souřadného systému vůči souřadnému systému pracoviště (**Coordinate System World**).

Tabulka 2.1 – Umístění komponentů na pracovišti

Komponenty	Souřadnice v ose			Natočení v ose		
	x	y	z	x	y	z
Konzola	0	0	0	0	0	0
Zaves	0	0	2980	0	0	0
Podstava_irb_140	-2400	0	0	0	0	0
Podstava_irb_140_2	2400	0	0	0	0	180
IRC5_Singel-Cabinet	-4000	-500	100	90	0	-90
IRC5_Singel-Cabinet_2	-400	2200	100	90	0	-90
IRC5_Singel-Cabinet_3	3700	-500	100	90	0	0
Odkladaci_stul	2400	-800	0	0	0	0
Prepravka	2400	-800	520	0	0	0
Ucr-irb140	0	0	0	0	0	0

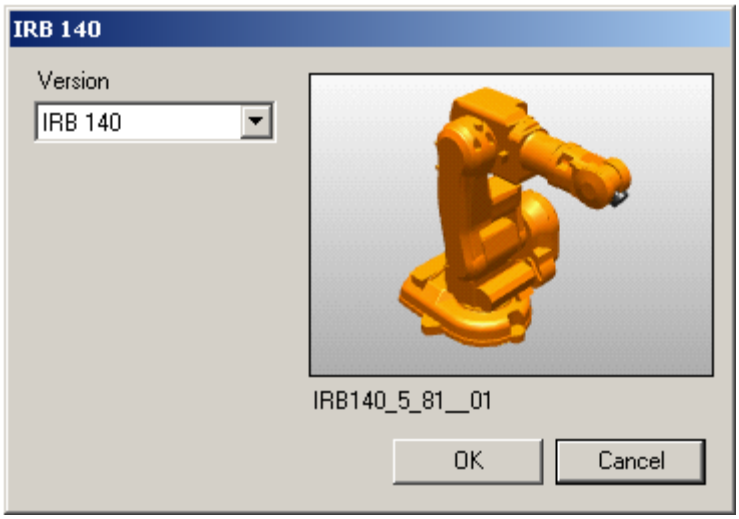
Postup tvorby pracoviště je následující:

1. Vytvoříme si prázdné pracoviště z hlavního menu:
   RobotStudio Button/New Station → Empty Station.
2. Z knihovny vloží první prvek pracoviště **Konzola.** Pokud jsme neudělali pomocí předchozího příkladu chybu, má být po vložení tento komponent správě umístěny na pracovišti. Jeho souřadný systém je totožný se souřadným systémem pracoviště. Proto není nutné jej dále upravovat a můžeme vložit další prvek pracoviště.
3. Vložíme z knihovny prvek **Zaves.** Z tabulky (Tabulka 2.1) vyplývá, že je potřeba jej přesunout.
4. Pro všechny prvky, u kterých budeme měnit polohu vůči souřadnému systému pracoviště je nutné, vyvolat menu kliknutím pravého tlačítka myši a vybrat příkaz **Set Position** a nastavit parametry dle tabulky. Pracoviště by mělo vypadat jako na obrázku (Obrázek 2.8).



Obrázek 2.8 – Téměř hotové pracoviště

5. Dalším vložením do pracoviště jsou polohovadla. V tuto chvíli je nahradíme válci, které vymodelujeme pomocí příkaz **Modeling/Create → Solid/Cylinder** o průměru 500 a výšky 800 (jednotky jsou mm).
6. Válce umístíme pomocí příkaz **Set Position** na souřadnice [x,y,z]: [1800,0,0] a [-1500,400,0].
7. V posledním kroku vložíme na pracoviště tři roboty. Vložení provedeme pomocí následující příkaz **Home/Build Station → ABB Library** a vybereme průmyslový robot typ IRB 140 (Obrázek 2.9).

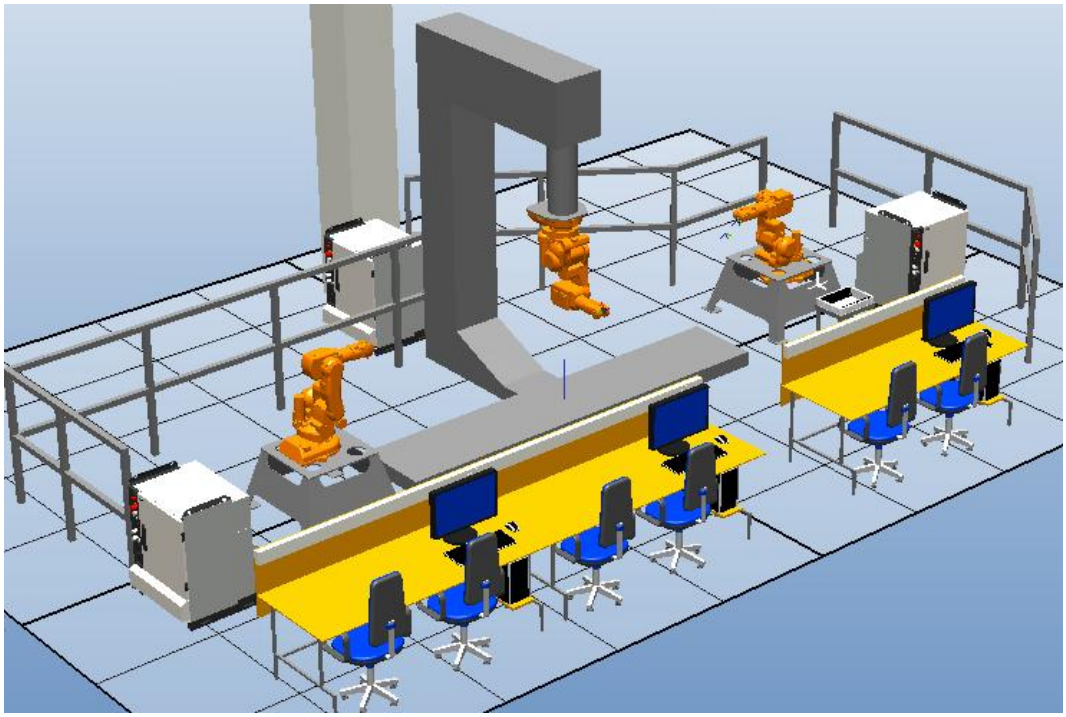


Obrázek 2.9 – Průmyslový robot IRB 140

Tabulka 2.2 – Poloha a orientace robotů na pracovišti

Robot	Souřadnice v ose			Natočení v ose		
	x	y	z	x	y	z
IRB_140_1	-2400	0	510	0	0	0
IRB_140_2	0	0	1800	180	0	-90
IRB_140_3	2400	0	510	0	0	180

8. Po vložení průmyslového robotu na pracoviště provedeme pomocí příkaz **Set Position** jeho správné umístění. Poloha a orientace jednotlivých robotů je znázorněné v přehledné tabulce (Tabulka 2.2).
9. Pracoviště by mělo vypadat jako na obrázku (Obrázek 2.10). Nyní si jej uložíme **RobotStudio Button/Save**.



Obrázek 2.10 – Pracoviště tří robotů

2.1.3 Řídicí systém pracoviště

Abychom mohli začít řídit robot je nutné každé pracoviště vybavit vhodným řídicím systémem. Jelikož jsme pracoviště vytvořili na začátku zcela prázdné (**RobotStudio Button/New Station → Empty Station**) musíme vložit do pracoviště virtuální řídicí systém. Jak již bylo uvedeno, jedná se o kopii reálného řídicího systému.

Vložení řídicího systému provedeme tak, že vybereme jednu z možností příkaz **Home/Robot Systém**. Pokud jsme pracoviště vybavili robotem, vybereme možnost **From Layout**. Pokud chceme použít předdefinovaný systém, vybereme možnost **From Template**. Chceme-li použít jiný již existující systém, vybereme možnost **Existing**. Pokud chceme rychlý výběr řídicího systému, vybereme možnost **Quick System** a vybereme příslušný typ robotu.

Pokud pokračujeme v předchozím postupu tvorby pracoviště tří robotů postup pro vložení řídicího systému, který bude ovládat všemi třemi roboty je následující:

1. Vybereme možnost vložení řídicího systému **From Layout**.
2. Objeví se průvodce vytvoření řídicího systému (**Create System From Layout**)
3. Je nutné systém pojmenovat (doporučuji ponechat název **System1**), poté kliknout na tlačítko pokračovat (**Next**). Zároveň zde lze změnit umístění uložení na disku, nebo vybírání verze RobotWare.
4. Vybrat ty mechanizmy (roboty) které budeme řídit (vybrané mají být všechny tři), poté kliknout na tlačítko pokračovat (**Next**).
5. V dalším okně se může měnit pořadí robotů pro definování toku informačních dat, ponecháme základní nastavení a pokračujeme dále (**Next**).
6. V posledním okně je možné nastavit (**Options**) např., jakým jazykem bude komunikovat řídicí systém, možnosti ovládání. Nastavení nebudeme měnit a ponecháme jej. Poté dokončíme tvorbu řídicího systému (**Finish**).
7. Po dokončení se ve stavovém řádku objeví stav řídicího systému (**Controller Status**). Z původní hodnoty 0/0 se stav změní na 1/1. Chvíli potrvá, než se řídící jednotka aktivuje a uvede v činnost. Je-li řídicí jednotka aktivní, změní se barva z červené na zelenou, přes žlutou (inicializuje) barvu.

2.2 Tvorba mechanismů

Čas ke studiu: 2 hodiny

Cíl: Po prostudování této kapitoly budete umět

- vytvořit nový mechanismus
- vytvářet pracovní polohy mechanismu.

Výklad

Důležitou části návrhu pracoviště je vložení funkčního modelu efektoru resp. mechanismu do pracoviště. Správně jej připojit k průmyslovému robotu a zajistit jeho správné ovládání. V mnoha případech jsme nuceni si celý mechanismus vytvořit v ABB RS sami a provést jeho virtuální oživení. K tomuto účelu je ABB RS vybavena nástrojem pro tvorbu mechanismů, která se nachází v **Modeling/Mechanism → Create Mechanism**. Tento nástroj nám nabízí několik možností postupů a vždy závisí, o jaký typ mechanismu se bude jednat. K dispozici jsou následující typy mechanismů:

- robot
- nástroj (Tool)
- externí osa (External Axis)
- zařízení (Device)
- dopravník (Coveyor)

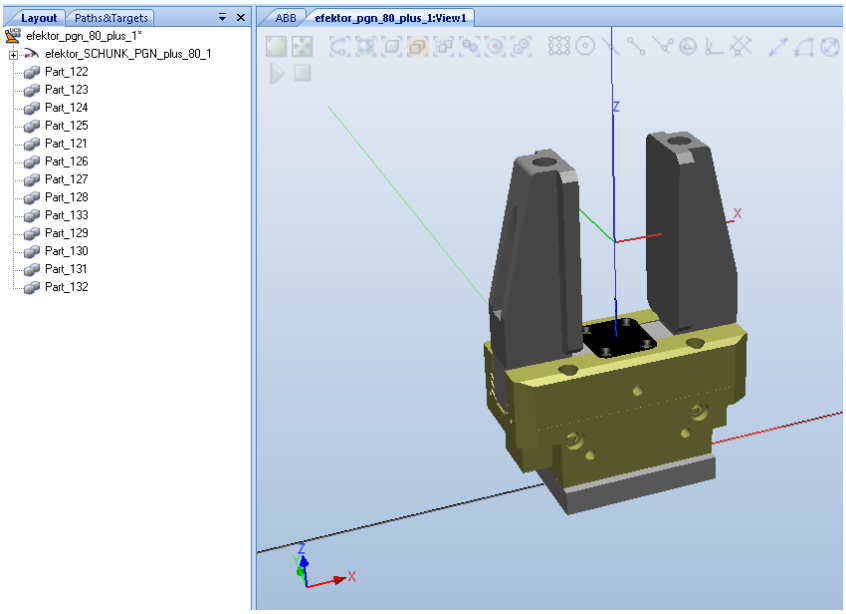
Spustíme-li průvodce vytvoření mechanismu, zobrazí se nám v levé části nové okno (**Create Mechanism**). Všechny typy mechanismu (**Mechanism Type**) mají společné skupiny parametrů (*Links, Joints, Tooldata, Calibration, Dependencies*), které jsme nuceni doplnit. Avšak každý typ mechanismu, potřebuji ke správné činnosti vyplnit jen některé parametry. Jedná se o ty parametry, u kterých je zobrazen červený symbol zákazu. Po úspěšném vyplnění požadavku se změní jeho stav na zelené kolečko, symbolizující v pořádku.

2.2.1 Vkládání a umisťování jednotlivých komponentů

Abychom mohli začít pracovat s průvodcem vytvoření mechanismu, musíme si nejprve mechanismus připravit. V tomto cvičení si připravíme model efektoru. Použijeme efektor s označením PNG plus 80-1 od firmy Schunk. Model celého efektoru, který se skládá s 11 samostatných části, si můžeme stáhnout přímo s internetových stránek výrobce. Čím se nám usnadní a hlavně zkrátí čas při vytváření mechanismu v ABB RS, resp. celého pracoviště.

Postup přípravy tvorby efektoru je následující (platí i pro umisťování jiných prvků na pracovišti):

1. Opět začneme tím, že si vytvoříme prázdné pracoviště z hlavního menu: **RobotStudio Button/New Station → Empty Station**. Doporučuji si mechanismy vytvářet v samostatných pracovištích.
2. Efektor bude složen s 11 samostatných části. Máme dvě možnosti vložení a to vybráním všech komponentů najednou anebo postupně po jednom. Vkládání provedeme pomocí příkaz vložení objektu **Home/Build Station → Import Geometry**.
3. Pokud jste vložili současně všech 11 části a umístění všech prvků vypadá tak jako na obrázku (Obrázek 2.11) můžete si pracoviště uložit (**RobotStudio Button/Save)**., máte skoro hotovo.



Obrázek 2.11 – Správně složený efektor

4. Pokud jste se rozhodli vkládat součásti postupně anebo se vám nezdařilo vložení všech části najednou, jste nuceni po vložení prvku do pracoviště provést jeho správné umístění. K tomu budeme používat příkaz **Place**, který nalezneme po označení objektu v menu vyvolaném kliknutím pravého tlačítka myši. Tato příkaz nám umožní umístit objekt za pomocí vybrání jednoho bodu (**One Point**), pomocí dvou (**Two Points**) nebo tří bodů (**Free Points**).

Poslední možností je umístit objekty ztotožněním jejich lokálních souřadných systémů (**Frame**).

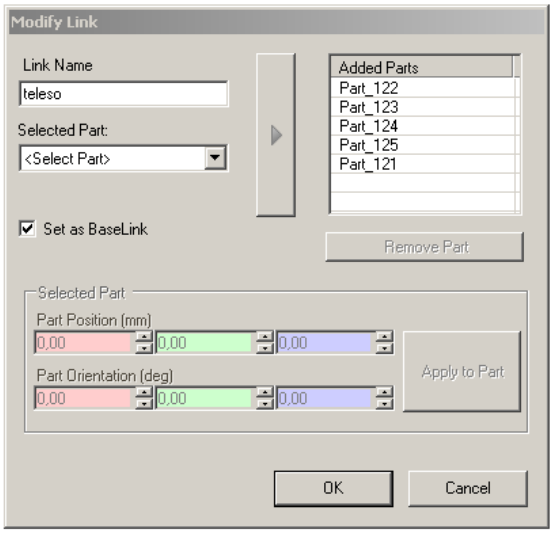
5. Pomocí příkaz **Place** umístěte všechny prvky na pracovišti tak jak je zobrazen efektor na obrázku (Obrázek 2.11). K umísťování jednotlivých částí můžete využít i příkaz k nastavení polohy (**Set Position**) nebo natočení (**Set Rotation**).
6. Jedna s posledních úkonů při umísťování je sjednocení dílčích lokálních souřadnic. To provedeme příkazem **Set Local Origin** (všechny hodnoty nastavíme na stejnou hodnotu).
7. Pokud jsme ještě neuložili, tak uložíme pracoviště (**RobotStudio Button/Save**).

2.2.2 Vytvoření efektoru pro manipulaci

Máme-li všechny komponenty efektoru správně umístěny. Můžeme spustit průvodce vytvoření mechanismu. V následujícím postupu si vytvoříme virtuální model efektoru, definujeme všechny potřebné parametry a na závěr si jej uložíme do knihovny. Tímto způsobem si jednak rozšíříme knihovnu a zároveň se nám ulehčí následující vkládání do pracoviště. Parametry efektoru, které budeme potřebovat, nalezneme v příslušném katalogovém listě. Nebo je musíme zjistit z jiných zdrojů (CAD data, výpočet, nejhorším případě nástřel a doladění při online programování).

Postup vytvoření efektoru je následující:

1. Spustíme průvodce vytvoření mechanismu (**Modeling/Mechanism → Create Mechanism**).
2. V průvodci vyplníme název (**Mechanism Model Name**): PNG_plus_80-1.
3. Vybereme typ mechanismu, který odpovídá našemu zařízení. V tomto případě vybereme typ nástroj (**Tool**). Průvodce nám okamžitě zobrazí potřebu doplnit následující požadavky a to vztahy mezi jednotlivými komponentami (**Links**), možnosti jejich pohybu (**Joints**) a velmi důležité parametry celého mechanismu (**Tooldata**).
4. Nejprve doplníme chybějící vztahy mezi jednotlivými komponenty. Pravým tlačítek myši klikneme na pozici **Links** v průvodci a vybereme možnost pro přidání nové vztahu (**Add Link**).
5. Jako první budeme vybírat ty komponenty, které se nebudou pohybovat a vytvoří tak základnu celého mechanismu.
    a. To provedeme tak, že vybereme (**Selected Part**) všechny nepohyblivé komponenty mechanismu (Part_121, Part_122, Part_123, Part_124, Part_125).
    b. Ponecháme možnost vytvoření základny (**Set as BaseLink**). Tuto možnost lze aplikovat pouze jedenkrát a všechny pohyby pak můžeme odvodit od této základny (Obrázek 2.12).
    c. Nezapomeňte vhodně pojmenovat toto spojení komponentů (**Link Name**) třeba *teleso* (*zakladna, telo*). A potvrďte tlačítkem **OK**.



Obrázek 2.12 – Vytvoření základny efektoru

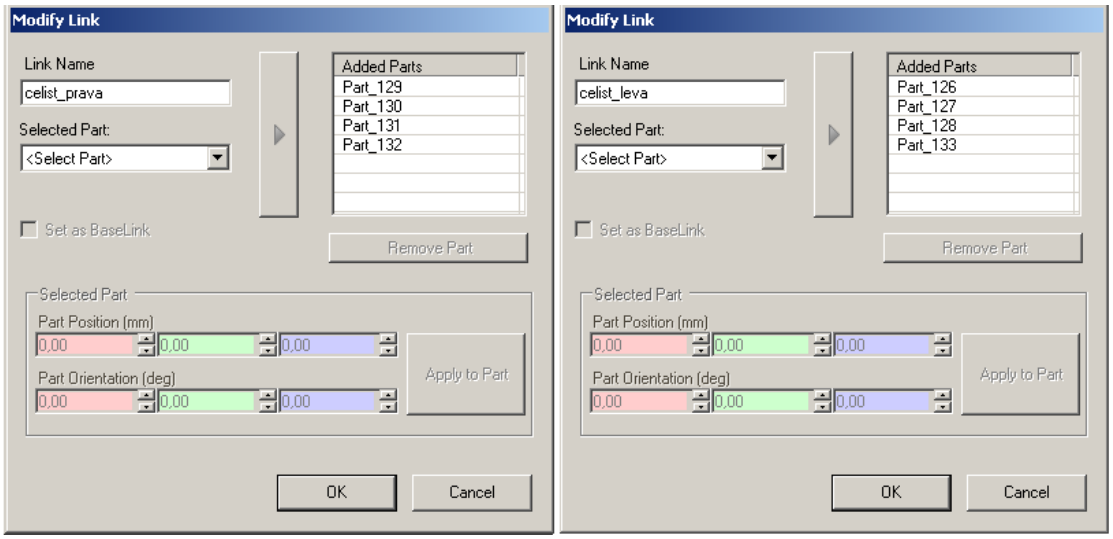
d. Stejným způsobem budeme definovat spojení komponentů pro levou a pravou čelist efektoru. Nejprve tedy budeme definovat spojení pro pravou čelist přidáním nového vztahu (**Add Link**).

e. Vybereme (**Selected Part**) všechny komponenty, které jsou součástí pravé čelisti (Part_129, Part_130, Part_131, Part_132).

f. Pojmenujeme tento vztah komponentů *celist_prava*. A potvrdíme tlačítkem **OK**. Možnost vytvoření základny (**Set as BasicLink**) již není aktivní.

g. Stejně jak jsme vytvořili vztah komponentů pravé čelisti, vytvoříme i vztah komponentů levé čelisti.

   Zkontrolovat vyplnění jednotlivých vztahu lze dle následujícího obrázku (Obrázek 2.13). U pozice **Links** se zároveň změní status na zelený stav OK. To nám říká, že jsou všechny parametry správně doplněny.



Obrázek 2.13 – Definování vztahů mezi komponenty

6. Nyní můžeme definovat parametry rozsahu a omezení pohybů jednotlivých čelistí (*celist_prava, celist_leva*). Vůči základně (*teleso*). Pravým tlačítkem myši klikneme na pozici **Joints** v průvodci a přidáme nové parametry pro připojení (**Add Joints**).

    a. Jako první budeme definovat možnosti levé čelisti. Toto připojení pojmenujeme jako *j_celist_leva*.
    Pozn.: Písmeno j reprezentuje, že se jedná o parametr v sekci joints.

    b. Vybereme, o jaký typ pohybu se bude jednat. Máme k dispozici rotační pohyb (**Rotational**) a lineární pohyb (**Prismatic**). Vyberte možnost lineárního pohybu levé čelisti.

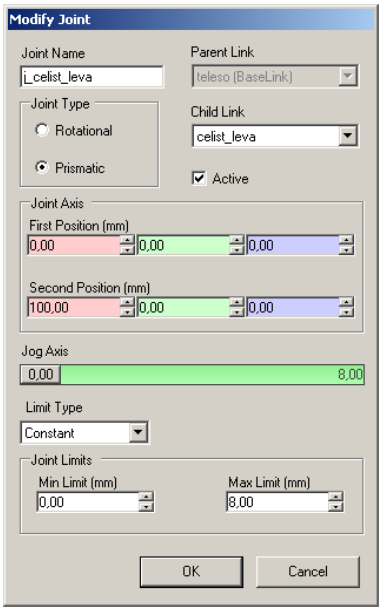
    c. Jelikož definujeme první připojení, nemáme k dispozici možnost vybrat od kterého námi definovaného spojení (**Parent Link**) se bude pohyb odvíjet. Automaticky je vybrána možnost základny (*teleso(BasedLink)*). Ale můžeme vybrat podřízené spojení (*celist_leva*).

    d. Abychom mohli definovat směr pohybu je nutné pomocí zadání souřadnic dvou bodů definovat osu pohybu. Osa nemusí být umístěná v prostoru čelisti, ale pohyb čelisti s ní bude rovnoběžný. To nám zjednoduší definování osy pohybu. První bod (**First Position**) bude v počátku souřadného systému pracoviště [0,0,0]a druhý ve směru pohybu. V našem případě se jedná o osu x, a proto druhý bod bude ležet někde na ose x téže souřadného systému [100,0,0].
    Pozn.: Souřadné systémy všech komponentů jsme si nastavili, aby byly totožné se souřadným systémem pracoviště.

    e. Ještě než budeme moct vyzkoušet správnost pohybu, je nutné definovat omezení pohybu. Z katalogového listu vyplývá, že maximální zdvih jedné čelisti je 8 mm. Proto nastavím spodní mez pohybu (**Min Limit**) na hodnotu 0 a horní mez pohybu (**Max Limit**) na hodnotu 8.
    Pozn.: Důležité při definování pohybu je stav čelistí při utváření mechanismu.

    f. Nyní můžeme vyzkoušet správný pohyb čelisti.

    g. Úplně stejně si vytvoříme pohyb druhé čelisti. Jakmile máme definované obě čelisti, změní se opět status na zelený stav OK.



Obrázek 2.14 – Definování pohybu jedné čelisti

7. Poslední požadavek pro vytvoření mechanismu je doplnění vlastností nástroje. Aby se nástroj choval co nejreálněji, je nutné doplnit veškeré hodnoty co nejpřesněji. Přidáním vlastnosti nástroje provedeme kliknutím pravého tlačítka na pozici **Tooldata** a vybráním možnosti **Add Tooldata**.

    a. Vyplníme název *t_efektor* a vybereme tu část celku (spojení) kterému chceme vlastnosti přiřadit (*teleso*).

    b. Dalším krokem je vytvoření polohy (**Position**)a orientaci (**Orientation**) pracovního souřadného systému vůči souřadnému systému pracoviště. Poloha pracovního souřadného je [0,0,98] a orientace [0,0,0].

    c. Jelikož jsme si nevytvářeli samostatně souřadný systém, který by reprezentoval pracovní souřadný systém, ponecháme tuto možnost neaktivní (**Select values from Target/Frame**).

    d. Dále je nutné doplnit údaj o hmotnosti, souřadnice těžiště a momenty setrvačnosti dle tabulky.
    Pozn.: hodnoty jsou získány pomocí CAD systémů a modelů, které jsou k dispozici.

    e. Jakmile vyplníme údaje, potvrdíme OK. Již po vyplnění vlastností, které jsme definovali pro základnu, změní se nám status na zelený stav OK. To nám umožní zjednodušit některé vlastnosti mechanismu pro simulaci. U tohoto typu efektoru si můžeme dovolit definovat vlastnosti celého efektoru do vlastností základny. Ale není tomu vždy.

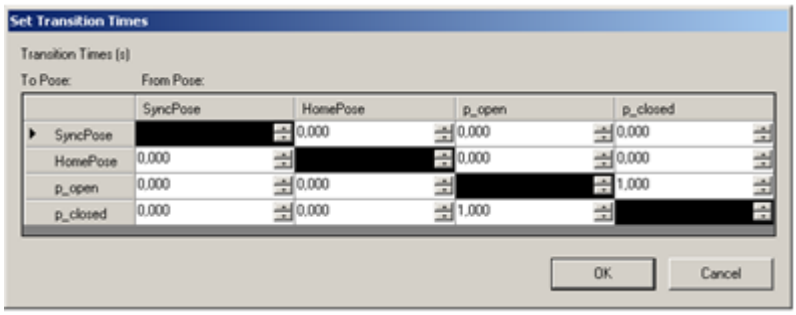
8. Máme-li u všech pozic status zeleného stavu OK, aktivuje se nám možnost složení mechanismus (**Compile Mechanism**). A tím se nám zobrazí poslední parametry mechanismu, jedná se o nastavení poloh.

a. V základním nastavení získává nástroj dvě polohy a to synchronní polohu (**SyncPose**) a základní polohu (**Home Pose**), jedná se o polohy v našem případě polohy čelistí po připojení k průmyslovému robotu. Proto si musíme poskládat efektor v základní poloze.

b. Pro práci s polohy slouží níže umístěné tlačítka. Mezi polohy si přidáme (**Add**) nové pracovní polohy a to polohy jednotlivých čelistí pro stav otevřeno a zavřeno. Nové polohy si nazveme *p_open, p_closed*.

c. Pro stav otevřeno nastavíme hodnoty na maximální rozevření a pro zavřeno jejich opak. Tím posléze docílíme, že se čelisti rozevřou a zavřou. Ale pozor čelisti se nezastaví v poloze pro uchycení objektu manipulace. Tento stav se musí taktéž vytvořit (např. Objekt manipulace bude válec o průměru 6, pak se čelist musí zastavit minimálně 3mm před úplným zavřením.

d. Následně můžeme začít definovat časovou návaznost (Obrázek 2.15) mezi jednotlivými polohami, které jsme si v minulém kroku vytvořili, tlačítkem **Set Transition Times**.



Obrázek 2.15 – Časový harmonogram pohybů

e. Pro ukončení tvorby mechanismu klikněte na tlačítko **Close**.

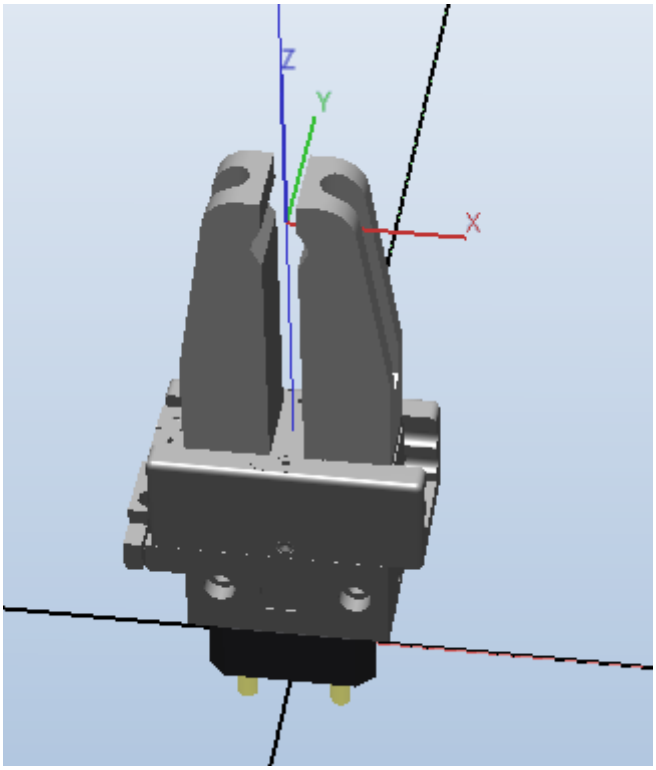
9. Nyní si můžeme ověřit funkčnost celého efektoru. To provedeme tak že si vybere některou z poloh, kterou jsme vytvořili. Polohy jsou k dispozici v pásu karet **Mechanism To/modify → Move To Pose**.

10. Pokud budeme chtít opravovat nastavení mechanismu, vybereme z menu příkaz **Modify Mechanism**.

11. Uložíme si efektor (**RobotStudio Button/Save**) a vložíme si jej zároveň do knihovny vyvoláním menu kliknutím pravého tlačítka myši vybráním možnosti **Save As Library**

Úlohy k řešení 2.2.

2. Vytvořte efektor z označením SA_PG-110. Parametry efektoru váží 1,4 kg. Časy se stavu zavřeno do sevřeno 0,04s, ze sevřeno do otevřeno 0,03s a se zavřeno do otevřeno 0,07s. Minimální vzdálenost čelistí je 10 mm a vzdálenost plně otevřených čelistí je 30 mm. Pracovní souřadný systém umístěte na souřadnice [0,0,157]. Zkontrolujte si rozvržení celého efektoru dle obrázku (Obrázek 2.16). A uložíme příkazem **Save**.



Obrázek 2.16 – Vizualizace efektoru PG-110

2.3 Tvorba polohovadla

Čas ke studiu: 2 hodiny

Cíl: Po prostudování této kapitoly budete umět

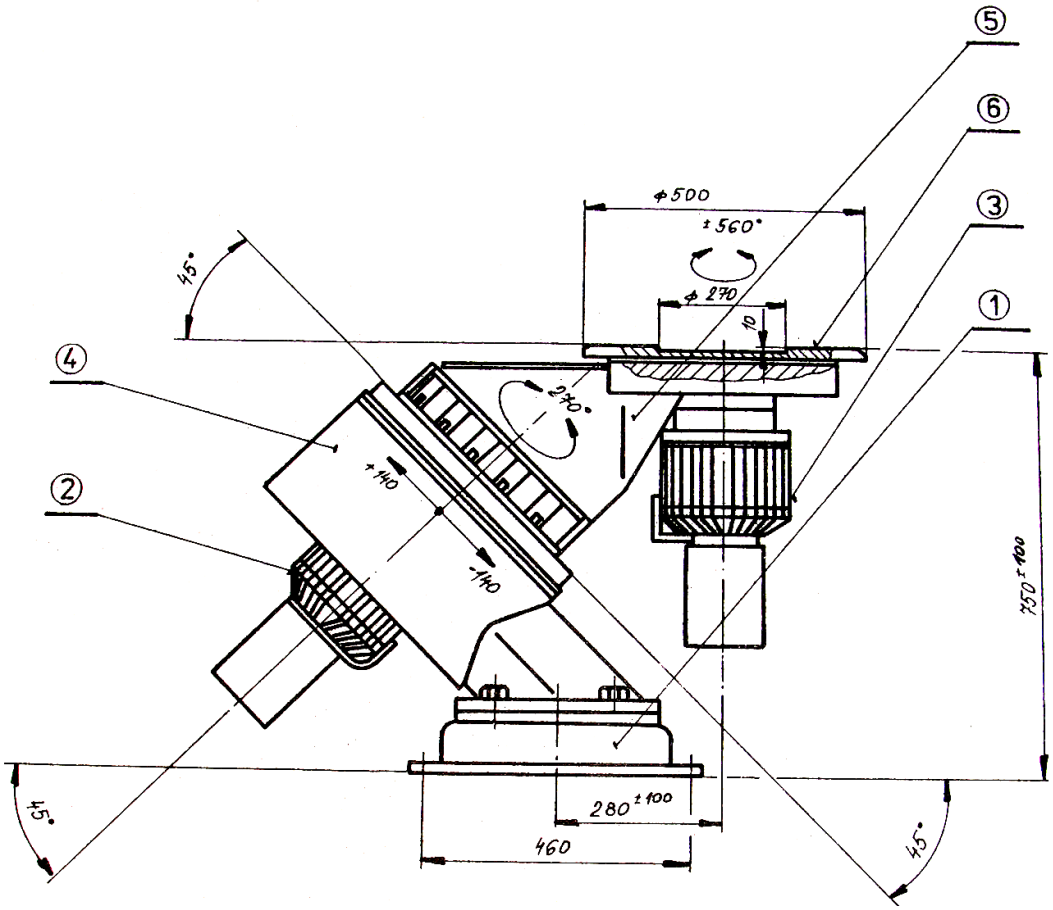
- vytvořit nový mechanismus
- vytváření pracovních poloh mechanismu.

Výklad

Tvorba polohovadla se jen nepatrně liší od tvorby předchozího mechanismu. Model polohovadla není kompletní, a proto budeme dokončit mechanismus vytvořením jednoduchých objektů, které nám nabízí ABB RS. Součástí postupu tvorby polohovadla v ABB RS není řešení jeho reálného připojení k řídící jednotce průmyslového robotu a ani nebudeme řešit potřebnou komunikaci mezi stroji. Náš vytvořený mechanismus však plně bude vyhovovat naším potřebám v simulaci. Během krátkého času si tak můžeme vytvořit libovolný mechanismus. Jenž třeba může být ještě ve fázi vývoje. My jej pak hravě na pracovišti můžeme testovat. Polohovadlo OJ-10 P (Obrázek 2.17) budeme skládat se 4 samostatných částí. A z dokumentace pak vyčteme potřebné údaje pro dokončení celého mechanismu.

Obrázek 2.17 – Polohovadlo OJ-10 P

Rozsah pohybů a zákalní rozměry jsou definované v příslušné dokumentaci polohovadla OJ-10 P výňatek na obrázku (Obrázek 2.18). Polohovadlo budeme kompletovat s předem připravených modelů (*01_stojan, 02_tocna, 03_rameno, 04_deska*). A část polohovadla domodelujeme v samotném prostředí ABB RS. Tvorba mechanismu polohovadla pak budeme řešit ve třech částech. V první si složíme polohovadlo s připravených modelů, poté domodelujeme chybějící prvky polohovadla a v poslední části budeme tvořit samotný mechanismus polohovadla.

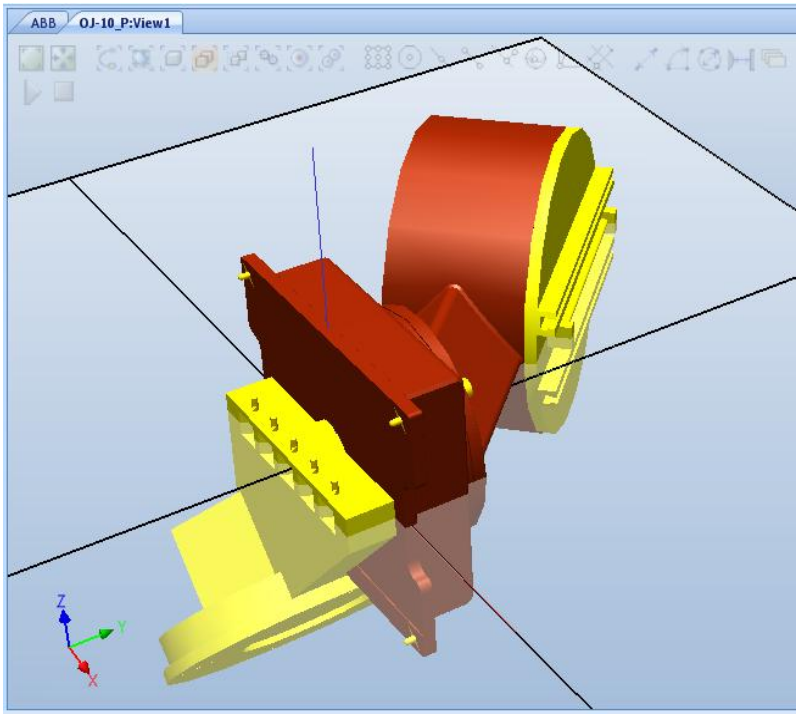


Obrázek 2.18 – Rozsah pohybů polohovadla OJ-10 P

2.3.1 Složení modelu polohovadla

Postup tvorby polohovadla je následující:

1. Vytvoříme si prázdné pracoviště (**RobotStudio Button/New Station → Empty Station**) a uložíme jej pod názvem OJ-10_P.
2. Nyní vložíme všechny 4 součásti do pracoviště (**Home/Build Station → Import Geometry**) pracoviště bude vypadat jako na obrázku (Obrázek 2.19)

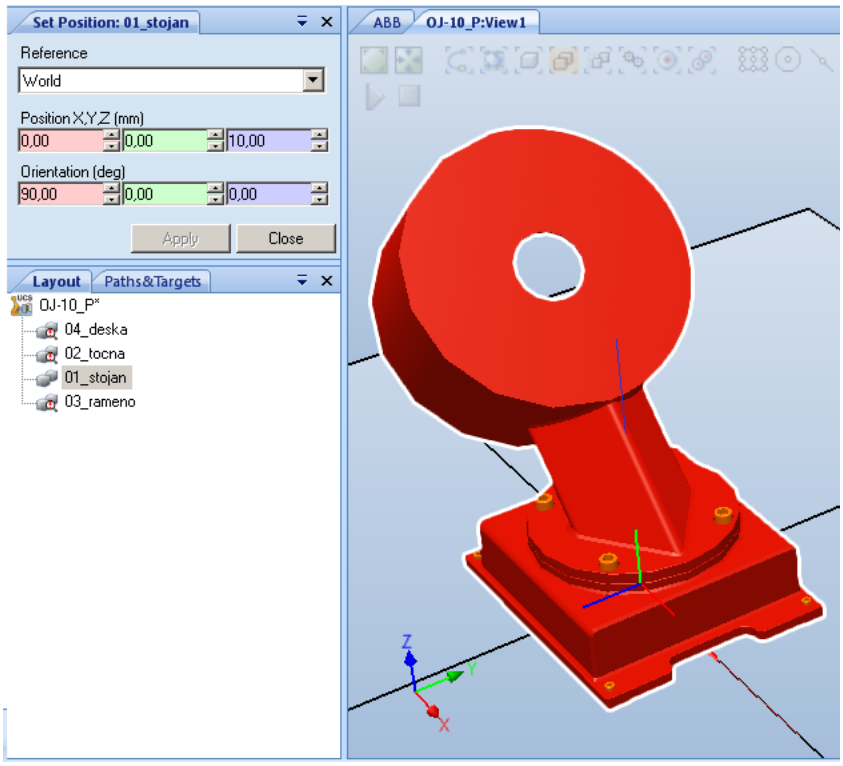


Obrázek 2.19 – Vložené části polohovadla v pracovišti

3. Je patrné, že objekty mají nevyhovující polohu a orientaci. Nyní ze seznamu (Layout) označte všechny objekty krom *01_stojan*. A skryjte objekty deaktivováním příkazu **Visible** z menu po kliknutí pravého tlačítka. Tím se nám celé pracoviště zpřehlední.
4. Označte objekt *01_stojan* a z téhož menu vyberte příkaz **Set position** a změňte souřadnice v souřadném systému pracoviště (**World**) dle tabulky (Tabulka 2.3) a kliknutím na tlačítko **Apply**, potvrdíte změnu polohy orientace a poté tlačítko **Close** dokončení a uzavření okna. Kontrolu správnosti porovnejte s obrázkem (Obrázek 2.20).

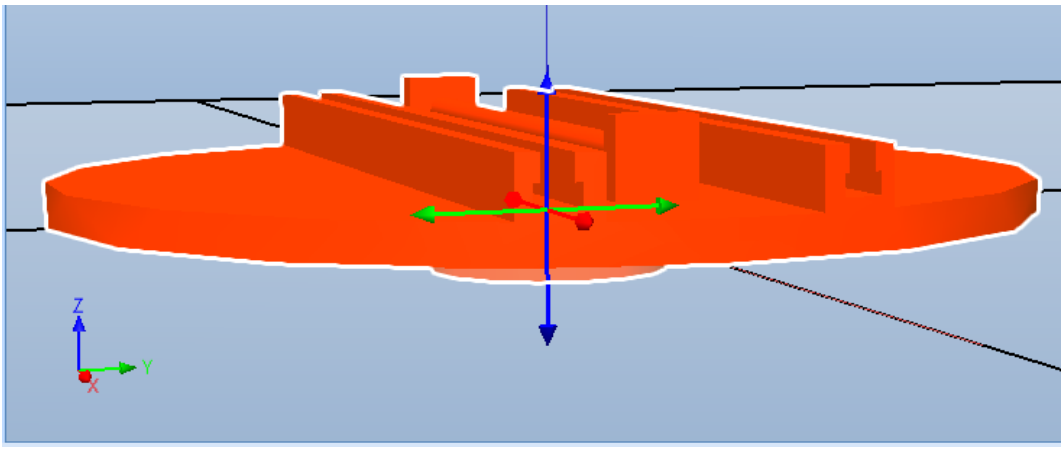
Tabulka 2.3 – Poloha a orientace jednotlivých částí polohovadla

Objekt	Souřadnice v ose			Natočení v ose		
	x	y	z	x	y	z
01_stojan	0	0	10	90	0	0
02_tocna	-217,631	-0,079	540,265	0	45	0
03_rameno	280	0	750	0	0	0
04_deska	280	0	750	0	0	0



Obrázek 2.20 – Nastavení polohy a orientace stojanu polohovadla

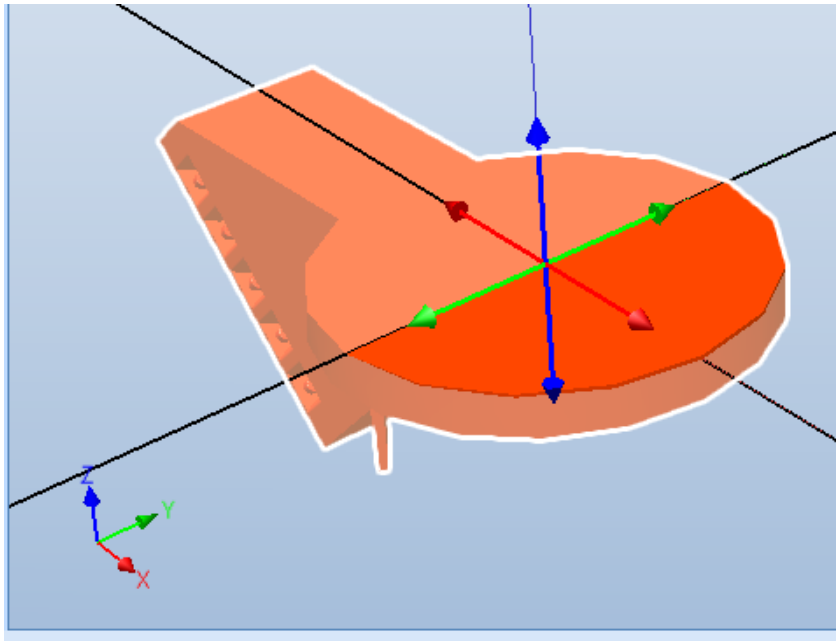
5. Ještě než budeme pokračovat s umístěním dalšího prvku, opravte polohou souřadného systému stojanu, příkazem **Set Local Origin** v téže menu.
6. Nyní si zobrazíme druhý díl *02_tocna* (stejný postup jako při skrývání) příkazem **Visible** a skryjeme první díl (*01_stojan*).
7. Nejprve si objekt *02_tocna* umístěte do středu souřadného systému pracoviště dle obrázku (Obrázek 2.21). Použijte příkazy **Set Position, Rotate, Set Local Origin** a **Place**.



Obrázek 2.21 – Umístění a orientace točny polohovadla

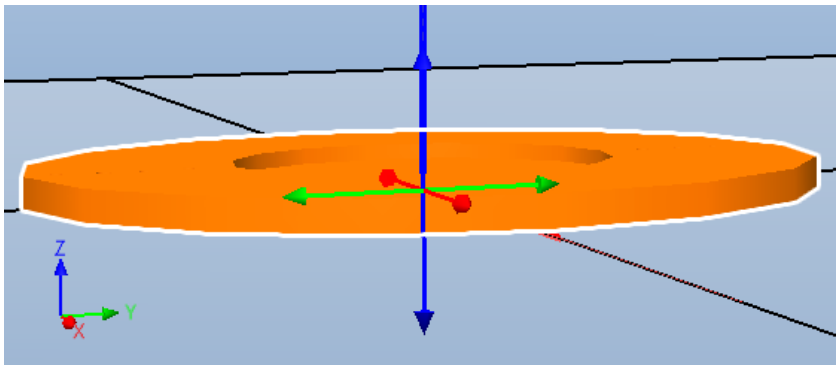
8. Pokud jste hotovi, nezapomeňte na konec ztotožnit souřadné systémy objektu a pracoviště příkazem **Set Local Origin**.

9. Nyní příkazem **Set Position** umístěte prvek dle tabulky (Tabulka 2.3).
10. U objektu **03_rameno** si nastavte polohu a orientaci podle následujícího obrázku (Obrázek 2.22). Jelikož známe přesné umístění koncového objektu (04_deska) snadno tak umístíme tento prvek. Polohu a orientaci opište s tabulky (Tabulka 2.3).



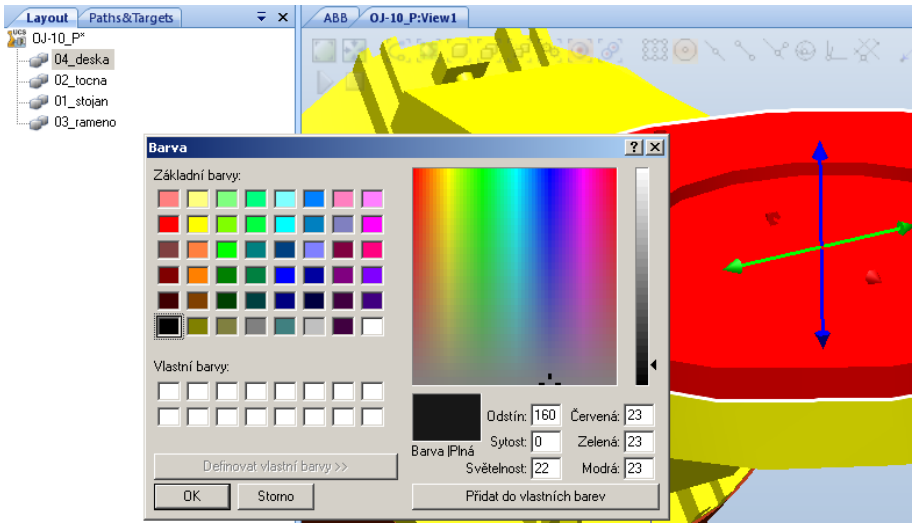
Obrázek 2.22 – Umístění a orientace ramene polohovadla

11. Poslední objekt (*04_deska*) si připravíme polohu a orientaci dle obrázku (Obrázek 2.23). A poté přesuneme na požadované místo dle tabulky (Tabulka 2.3).



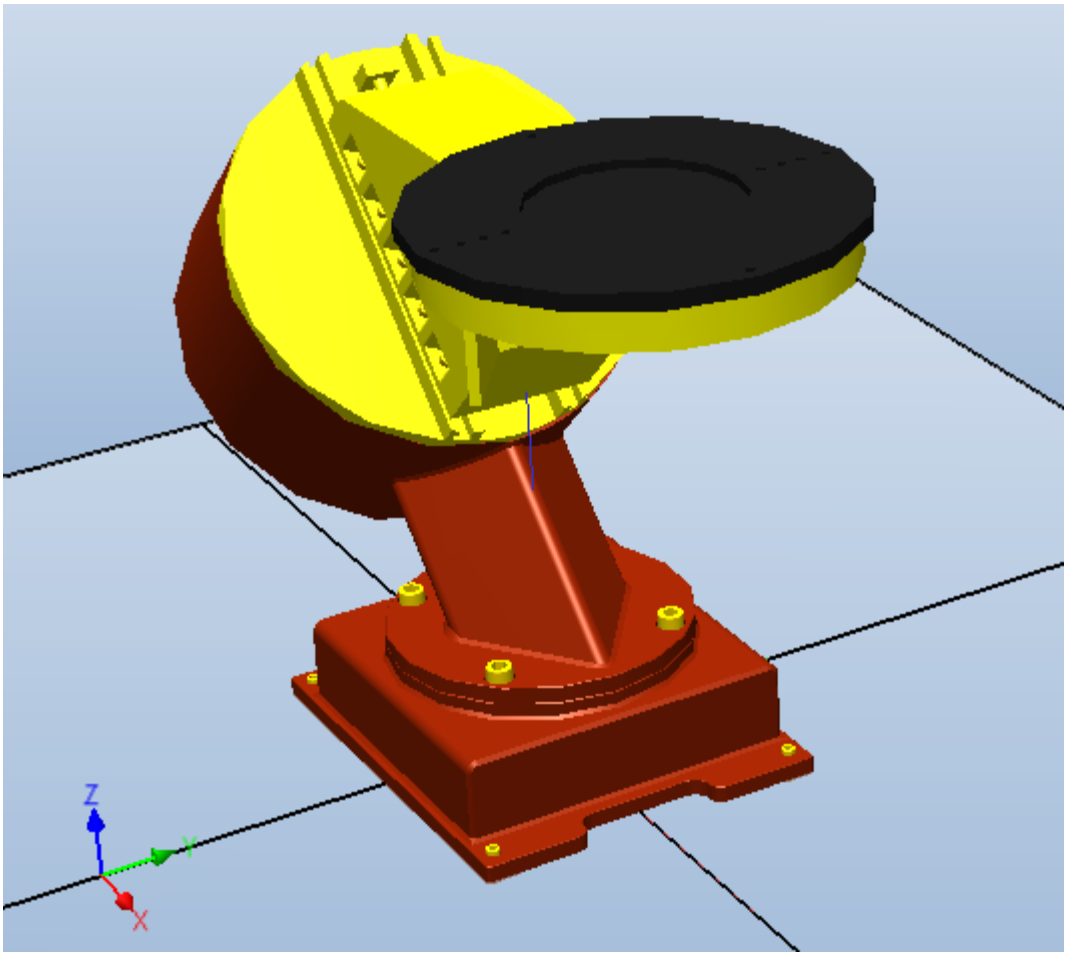
12. Obrázek 2.23 – Umístění a orientace desky polohovadla

13. Jako poslední při skládání 3D modelu polohovadla s připravených prvků v ABB RS je změna barvy objektu **04_deska** na skoro černou barvu (Obrázek 2.24) příkazem **Set Color**.



Obrázek 2.24 – Změna barvy

Nyní máme téměř složený model polohovadla (Obrázek 2.25) v ABB RS. Ještě než začneme vytvářet mechanismus. Vymodelujeme si oba chybějící modely motorů a části vodící lišty. Postup tvorby modelů bude v následující kapitole.

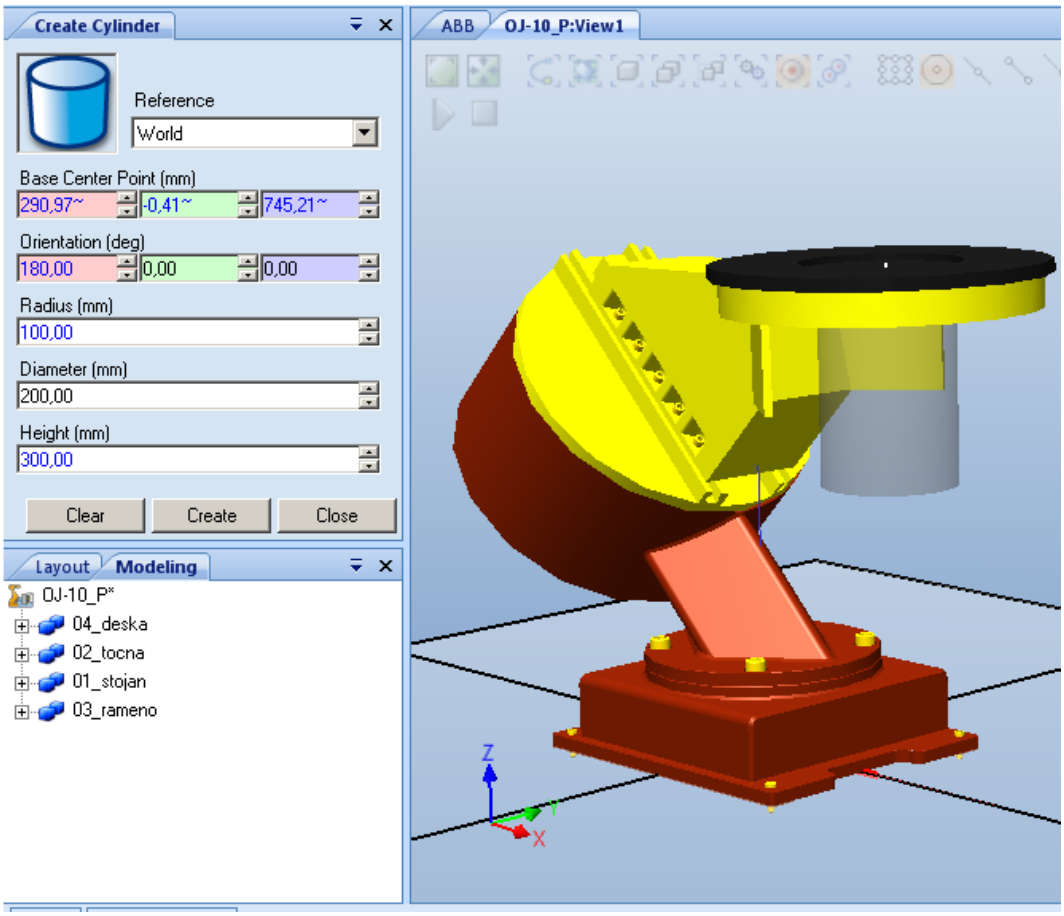


Obrázek 2.25 – Složené polohovadlo OJ-10 P

2.3.2 Modelování jednoduchých objektů

Nyní budeme modelovat jednoduché modely motorů a části vodících lišt. Panel s tvorbou modelů je v pásu karet **Modeling/Create → Solid**. Postup vytvoření a umístění jednotlivých modelů je následující:

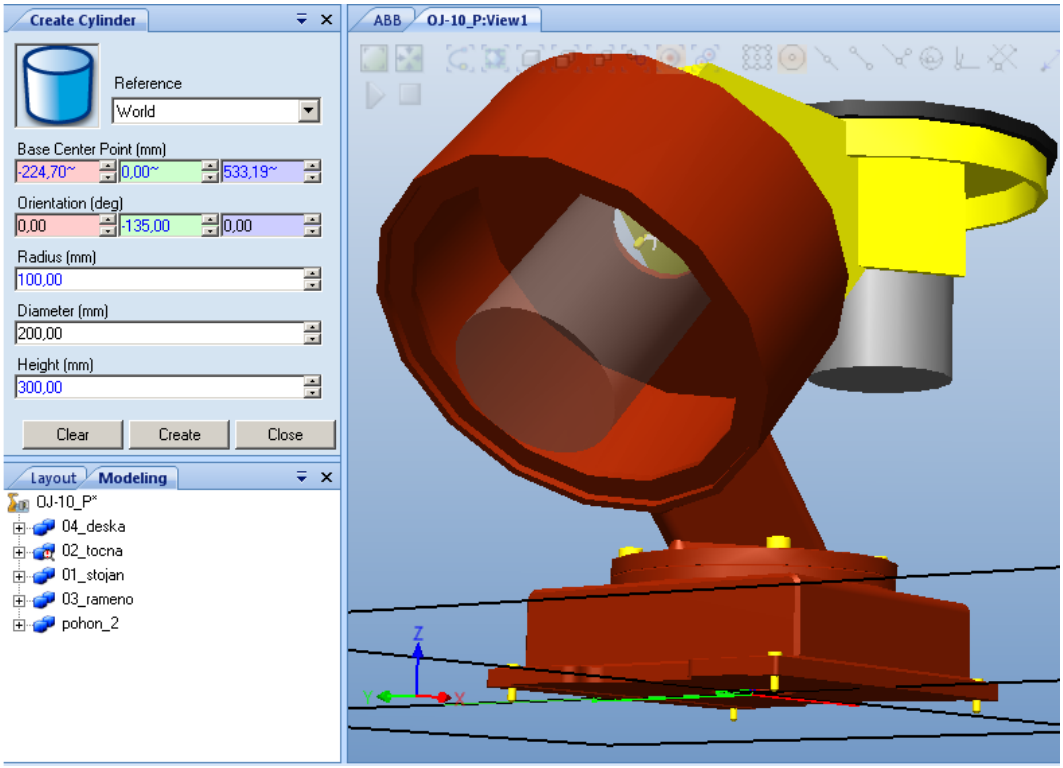
1. Vyberte příkaz pro tvorbu válce (**Cylinder**).
2. V levém okně se vám objeví průvodce vytvoření nového prvku (Obrázek 2.26) na pracovišti. Nejprve doplňte rozměr poloměru (**Radius**) 100 mm nebo průměru válce (**Diameter**) 200 mm (po doplnění jednoho z těchto rozměru se druhý automaticky dopočítá) a délku (**Height**) 300 mm.
3. Poté klikněte do políčka souřadnice **x** základny (**Base Center Point**) v tomtéž okně. Následně vyberte zespodu středový bod kruhové části ramene. Automaticky se vám doplní hodnoty souřadnic základny válce. A zobrazí se vám silueta válce.



Obrázek 2.26 – Tvorba válce

4. Změňte orientaci válce změnou parametru natočení v ose x o 180° a potvrďte vytvoření válce tlačítkem **Create**.
5. Vytvoří se vám nový prvek v seznamu komponentů na pracovišti (**Layout**). po kliknutí na název vytvořeného modelu lze změnit název. Změňte název modelu na *pohon_2*.

6. Stejným postupem vytvořte i druhý pohon s názvem *pohon_1*. Pro snadnost skryjte prvek *02_tocna* a tvorbu druhého válce si zkontrolujte s obrázkem (Obrázek 2.27).



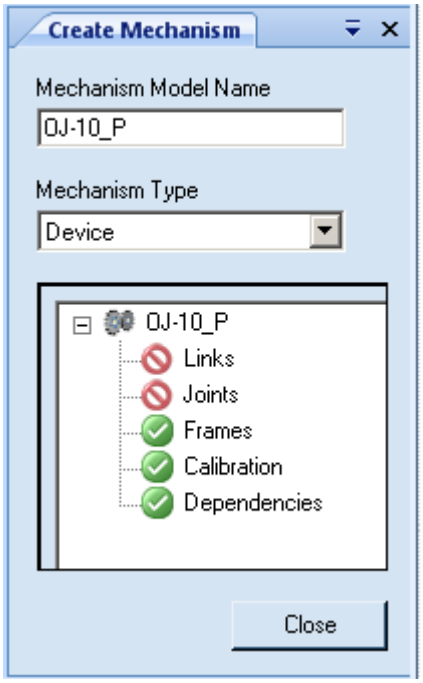
Obrázek 2.27 – Modelování druhého válce

7. Pro dokončení klikněte opět na tlačítko **Create** a následně na tlačítko **Close**.
8. Nyní máme připravené polohovadlo a můžeme použít příkaz pro tvorbu mechanismu (**Modeling/Mechanism → Create Mechanism**).

2.3.3 Tvorba mechanismu polohovadla

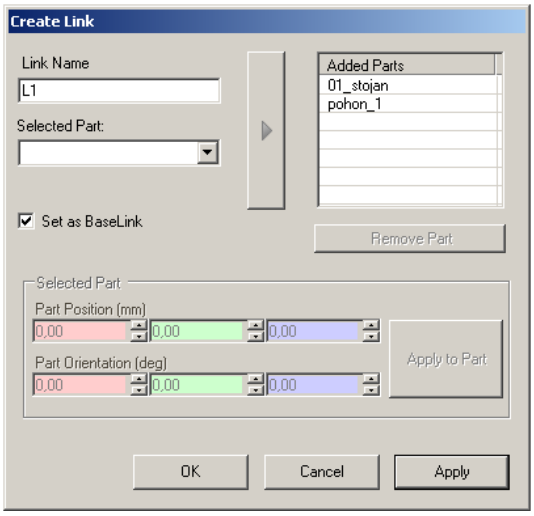
Průvodce polohovadla spustíme příkazem z pásu karet **Modeling/Mechanism → Create Mechanism**. Postup tvorby je následující:

1. Vyplníme název mechanismu (**Mechanism Model Name**) *OJ-10_P*.
2. Vybereme typ mechanismu *Device*.



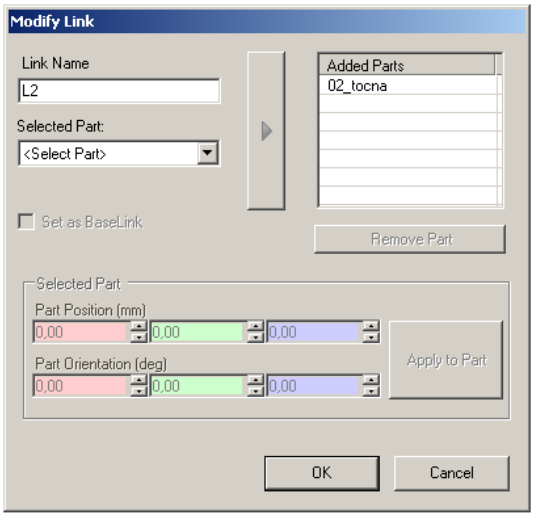
Obrázek 2.28 – Průvodce tvorby polohovadla

3. Před vytvořením je nutné doplnit chybějící parametry mechanismu (Obrázek 2.28). Začneme parametry připojení a vytvoříme celkem 4 parametry *Link*, které odpovídají struktuře polohovadla a to část základny a poté 3 pohybující se části.
   a. Parametry připojení L1 nastavte dle obrázku (Obrázek 2.29).



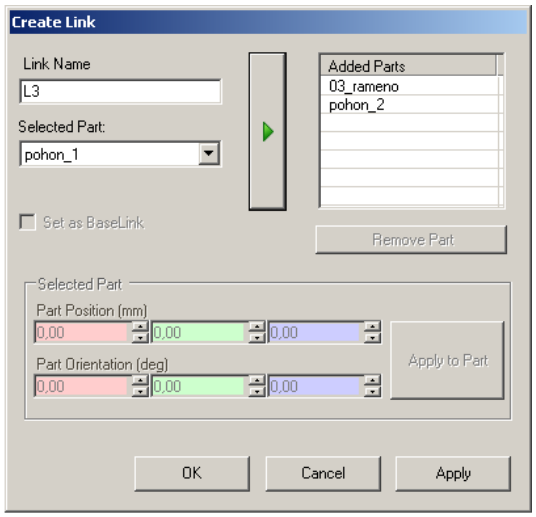
Obrázek 2.29 – Parametry připojení L1

   b. Parametry připojení L2 nastavte dle obrázku (Obrázek 2.30).



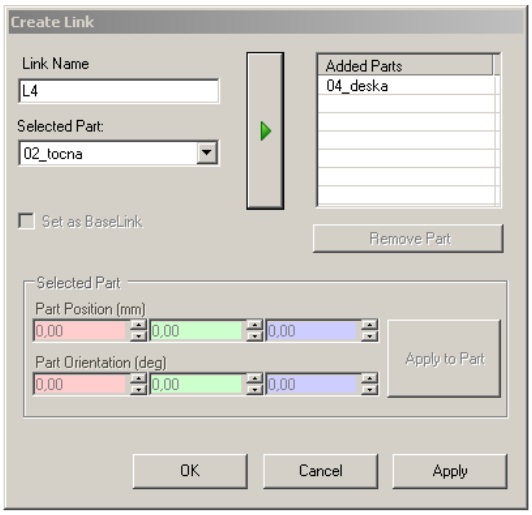
Obrázek 2.30 – Parametry připojení L2

c. Parametry připojení L3 nastavte dle obrázku (Obrázek 2.31).



Obrázek 2.31 – Parametry připojení L3

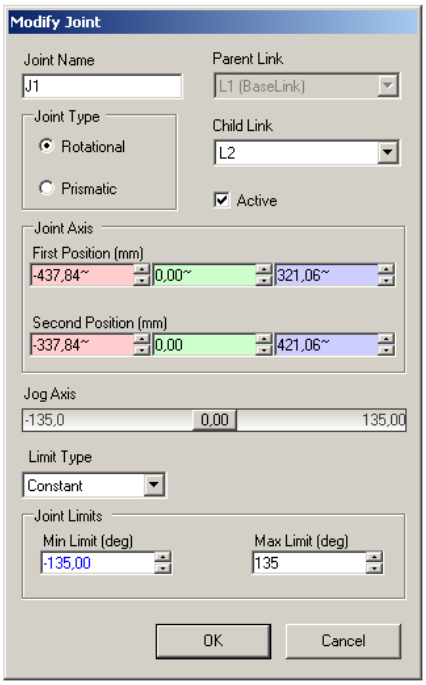
d. Parametry připojení L4 nastavte dle obrázku (Obrázek 2.32).



Obrázek 2.32 – Parametry připojení L4

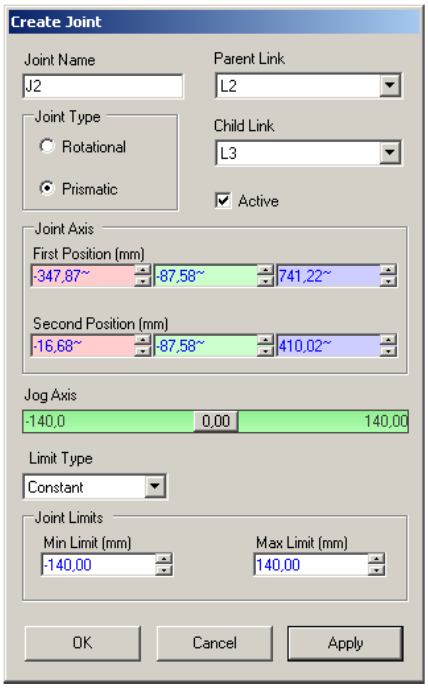
4. Takto jsme vytvořili 4 samostatné celky mechanismu L1 (základna) až L4. Nyní následují nastavení rozsahu pohybů těchto části v sekci **Joints**. Postup je opět stejný jako u tvorby mechanismu efektoru.

   a. Nastavení rozsahu a typu pohybu první řiditelné osy (části L1 a L2). Nastavte jej dle obrázku (Obrázek 2.33).



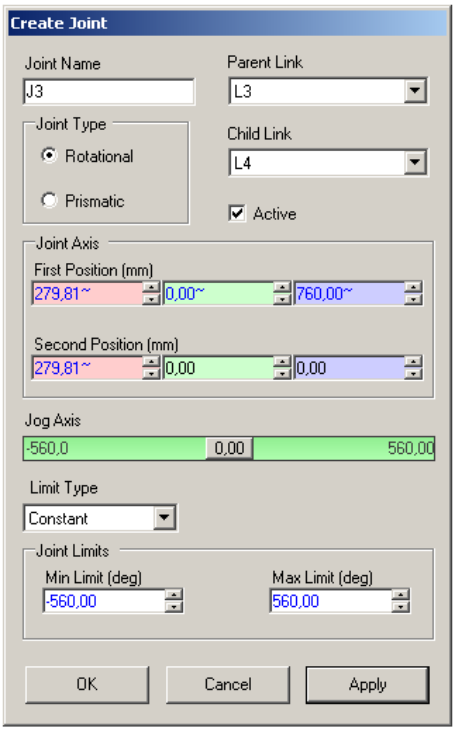
Obrázek 2.33 – Parametry první řiditelné osy

   b. Nastavení rozsahu a typu pohybu druhé řiditelné osy (části L2 a L3). Nastavte jej dle obrázku (Obrázek 2.34).



Obrázek 2.34– Parametry druhé řiditelné osy

c. Nastavení rozsahu a typu pohybu první řiditelné osy (části L3 a L4). Nastavte jej dle obrázku (Obrázek 2.35).



Obrázek 2.35– Parametry třetí řiditelné osy

5. Nyní máme definované všechny parametry pro vytvoření mechanismu polohovadla. K pokračování stiskněte tlačítko **Compile Mechanism**.
6. Jelikož nebudeme pracovat s předdefinovanými polohami jednotlivých ředitelných os. Vytvoříme si pouze výchozí polohy všech os (**HomePose**). V sekci poloh (**Pose**) přidejte novou polohu tlačítkem **Add**.
7. U této polohy nastavte u všech parametrů hodnotu 0 a vyberte možnost **Home Pose**. Potvrdíme tlačítkem OK.
8. V případě, že bychom si vytvořili více poloh polohovadla, můžeme zpravovat časy mezi přestavění z jedné polohy do druhé tlačítkem **Set Transition Times**.
9. Pro dokončení tvorby mechanismu potvrďte kliknutím na tlačítko **Close**.
10. Pracoviště si na závěr uložte (**Save**) a také vložte mechanismus do knihovny pro další rychlá vkládání příkazem **Save As Library** z menu (kliknutím pravého tlačítka myši).

2.4 Tvorba trajektorie a událostí

Čas ke studiu: 6 hodin

Cíl: Po prostudování této kapitoly budete umět

- tvořit pracovní body průmyslového robotu
- vytvořit trajektorií průmyslového robotu
- definovat Události na pracovišti
- řídit pracoviště pomocí signálů
- simulovat manipulaci

Výklad

V této kapitole budeme pokračovat na pracovišti, které jsme si vytvořili. Abychom mohli vytvořit trajektorií, musíme průmyslový robot vybavit vhodným nástrojem (efektorem) a jeho pracovní souřadný systém budeme následně používat pro vkládání a vytváření pracovních bodů a posléze i samotné trajektorie. Proto si nejprve připravíme pracoviště. Postup přípravy pracoviště pro tvorbu pracovních bodů a následně trajektorie je následující:

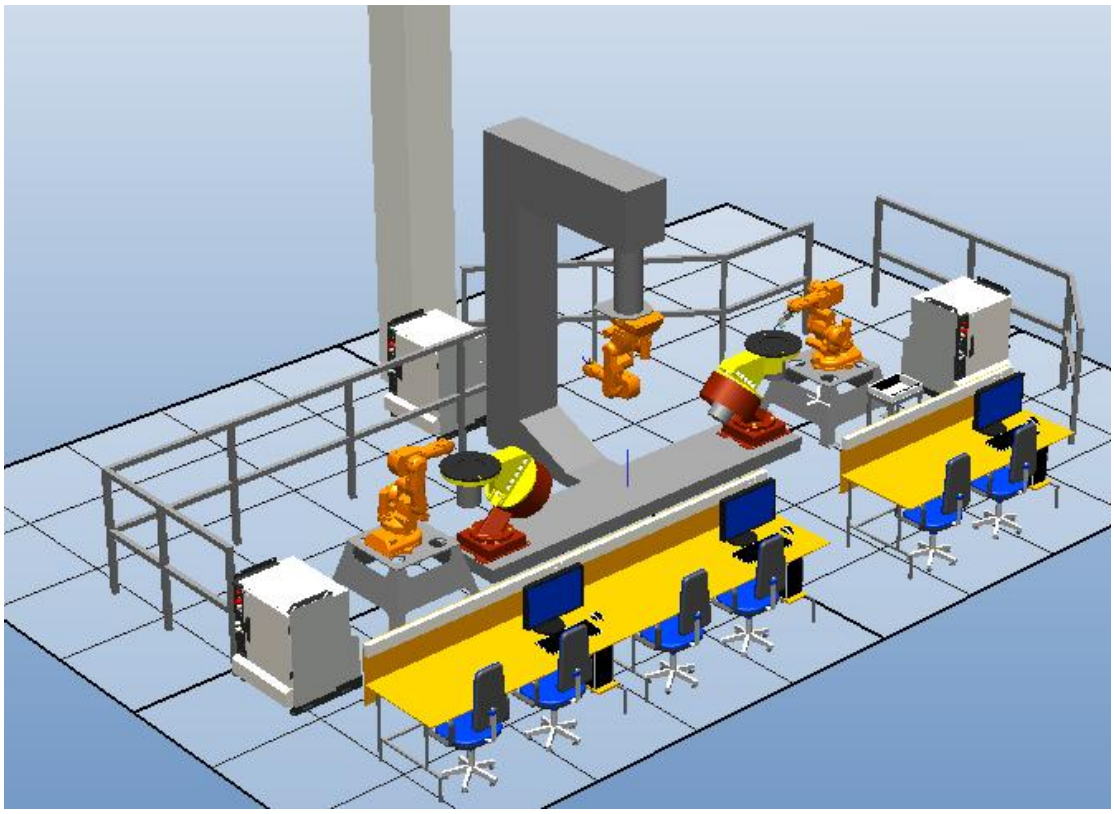
1. Otevřeme pracoviště **RobotStudio Button/Open** s názvem našeho pracoviště.
2. Jako první vložíme efektor SA_GP-110 s knihovny **Home/Build Station → ABB Library/User Library**.
3. Umístění efektoru lze provést dvěma způsoby:
   a. Připojení efektoru pomocí příkaz **Attach to** a vybráním požadovaného průmyslového robotu v pracovním okně.
   b. Druhá možnost je přetáhnout v seznamu (levé okno) **Layout** efektor na pozici průmyslového robotu.
   c. Při vkládání efektoru se objeví hlášení, zda se mají ponechat umístění souřadných systému efektoru a interfacu průmyslového robotu (*Do you want the current position of …*). Toto hlášení potvrdíme tlačítkem **NO** a tím ztotožníme souřadné systémy.
4. Zkontrolujeme správnost vloženého efektoru a následně vložíme s knihovny i obě polohovadlo dle tabulky (
5. Tabulka 2.4).

Tabulka 2.4 – Umístění polohovadel

Komponenty	Souřadnice v ose			Natočení v ose		
	x	y	z	x	y	z
Polohovadlo_oj	1490	0	130	0	0	0
Polohovadlo_oj_2	-1490	0	130	0	0	180
OM	1697	0	1029	0	0	0

6. Pracoviště si ještě vybavíme válečkem, který bude reprezentovat objekt manipulace (díle jen OM) s průměrem 20mm a délkou 180 mm se souřadným systémem v těžišti OM.
7. OM umístíme na polohovadlo. Souřadnice OM tedy budou [1697,0,1029].
8. Při manipulaci OM budou ztotožněny pracovní souřadné systémy OM a efektoru. Proto si souřadný systém OM (válečku) přemístíme do polohy těžiště.
9. Pracoviště si nyní uložíme (**RobotStudio Button/Save**).

Nyní máme pracoviště () připravené ke vkládání pracovních bodů (**Target**). Po kterých se bude pohybovat pracovní souřadný systém efektoru. Díky tomuto nemusíme definovat natočení jednotlivých kloubů průmyslového robotu. Vytvoříme si jednoduchou manipulaci, kdy najedeme průmyslovým robotem tak abychom efektorem uchopili OM a přesunuli do palety.



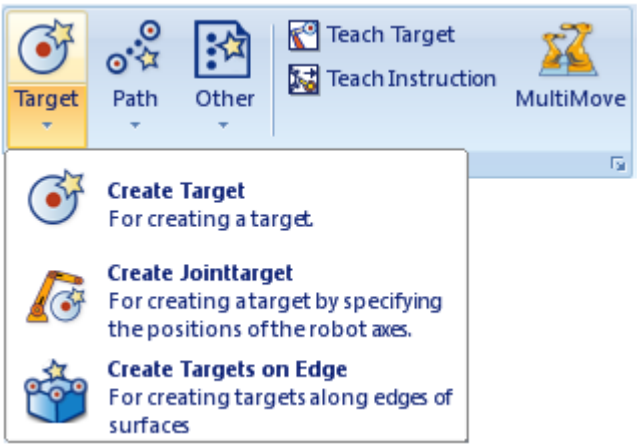
Obrázek 2.36 – Pracoviště tří robotů včetně mechanismů

Námi zamýšlená činnost na pracovišti bude najetím robotem z výchozího bodu do pozice před OM a následně najetím přímo do pozice pro uchycení OM. Po té provedeme uchopení OM a přesuneme OM tak, aby nedošlo ke kolizi s objekty na pracovišti. Přesun OM bude realizován nad místo uložení. Poté se vhodnou rychlostí přesuneme na místo uložení OM. Následuje vyjetí efektoru mimo místo úložiště a opět, aniž by došlo ke kolizi s objekty na pracovišti, se přesuneme do výchozí pozice, kde budeme čekat na příslušný signál k opakování činnosti.

2.4.1 Vytváření pracovních bodů trajektorie

Ukážeme si jak vytvářet pracovní body na pracovišti. Jak s nimi pracovat a jak je využijeme při tvorbě trajektorie. Důležité je si uvědomit při jakých rychlostech se bude průmyslový robot pohybovat na pracovišti a s jakou přesností bude najíždět do (zóny) pracovního bodu. Nejprve si vytvoříme jednoduchou trajektorie, provedeme simulaci, abychom se přesvědčili, zda se průmyslový robot a hlavně jeho nástroj (efektor) pohybuje dle našich instrukcí. Následně vložíme do trajektorie i události, které jsme si vytvořili v předchozí kapitole.

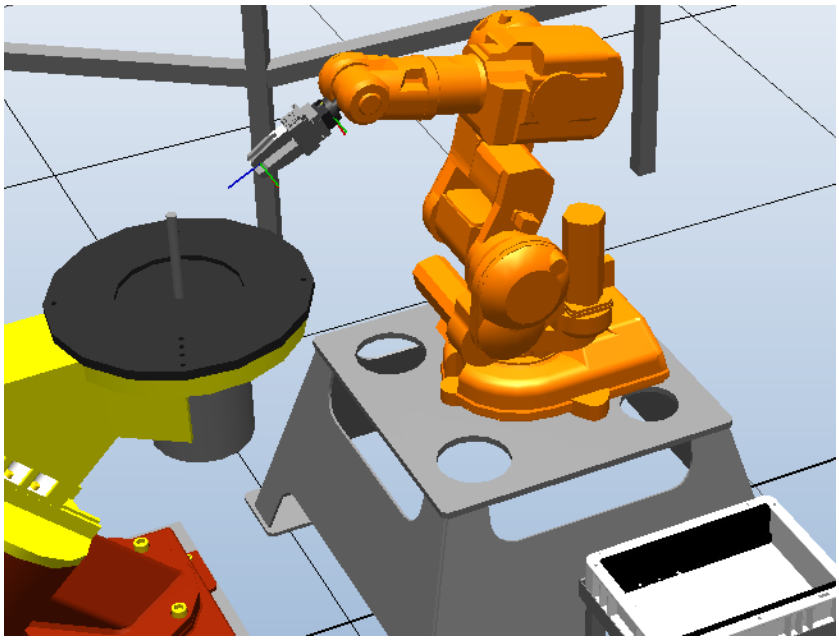
Nejprve si vytvoříme pracovní body a provedeme kalibraci průmyslového robota v daném bodě. Panel pro tvorbu pracovních bodů nalezneme v pásu karet **Home/Path Programming → Target**. K dispozici máme několik možností tvorby pracovních bodů (Obrázek 2.37).



Obrázek 2.37 – Panel tvorby pracovních bodů

Postup tvorby pracovních bodů je následující:

1. První bod (**Target_10**) je výchozí (startovací) poloha efektoru (robotu). Avšak tento bod nereprezentuje výchozí polohu (**Home position**). My si jej vytvoříme přibližným najetím pracovního souřadného systému efektoru do polohy odpovídající obrázku (Obrázek 2.38).



Obrázek 2.38 – Startovací poloha robotu

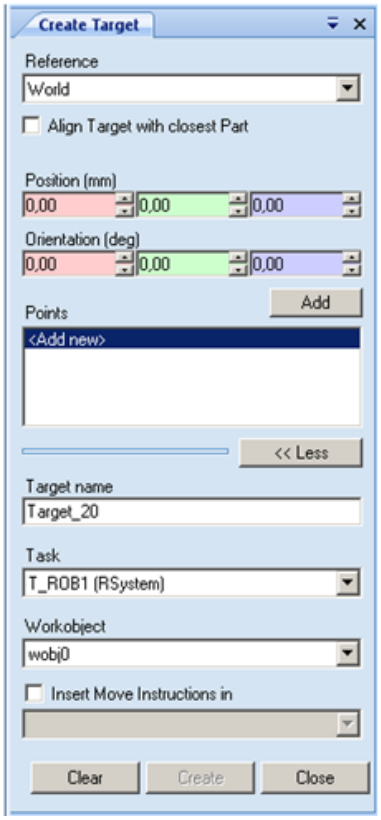
2. V levém okně klikněte na kartu **Paths&Target**. Zde se budou tvořit příslušné body a trajektorie. Pracoviště nemusí být vždy vybaveno jedním efektorem pracovat v jednom souřadném systému. Proto je nutné aktivovat náš efektor a taky požadovaný souřadný systém. Proto rozbalte složku **RSystem/T_ROB1/Tooldata** a vyberte efektor. Kliknutím pravého tlačítka myši vyberte z menu **Set as Active**.
3. Tím jsme docílí-li změny pracovního souřadného systému interfacu robotu na efektor.
4. Nyní zkontrolujeme, zda je aktivní souřadném sytém wobj0, ve kterém budeme vkládat pracovní body. Postup aktivace je stejný jako u efektoru. Vytvoříme-li pracovní bod, budou jeho souřadnice vztaženy k počátku tohoto souřadného systému.
5. K ovládání robotů použijeme již známý příkaz pro pohybování objektů, který najdeme v pásu karet **Freehand.** Tímto nástrojem lze pohybovat robotem:
    a. ovládáním jedné řiditelné osy (**Jog Joint**)
    b. lineárním pohybem pracovního souřadného systému (robotu) efektoru (**Jog Linear**)
    c. změnou orientace pracovního souřadného systému (robotu) efektoru (**Jog Reorient**)
6. Pokud máte polohu a orientaci efektoru jako na obrázku (Obrázek 2.38). Klikněte na vytvoření pracovního bodu **Home/Path Programming → Teach Target**.
7. Vytvoří se nám pracovní bod, který se objeví v záložce souřadného systému wobj0.

8. Jelikož známe polohu všech pracovních bodů, zkontrolujeme si přesnost polohy námi vytvořeného bodu a to tak, že označíme pracovní bod a z menu (klikneme pravým tlačítkem myši) vybereme možnost **Modify Target → Set Position**.
9. Přepíšeme souřadnice a orientaci pracovního bodu z tabulky (Tabulka 2.5).
    a. Index 2 v názvu pracovního bodu nám říká, kolikrát se budeme přes tento pracovní bod pohybovat v trajektorii.

Tabulka 2.5 – Poloha a orientace pracovních bodů

Pracovní body ve wobj0	**Souřadnice v ose**			**Natočení v ose**		
	x	**y**	**z**	**x**	**y**	**z**
Target_10	1894	0	1189,5	180	60	0
Target_20_2	1770	0	1029	-90	0	90
Target_30	1697	0	1029	-90	0	90
Target_40	1697	0	1080	-90	0	90
Target_50_2	1861	-452	1080	-90	0	130
Target_60_2	2400	-800	700	180	0	180
Target_70	2400	-800	550	180	0	180

10. Zbylé pracovní body vytvoříme pomocí příkazu **Create Target**.
11. V levém okně se otevře záložka pro vytváření pracovních bodů (Obrázek 2.39). Při zadávání bodu je nutné vybrat vhodný souřadný systém (**World**) a vyplnit příslušné hodnoty polohy a orientace dle tabulky (Tabulka 2.5) pro daný bod.
    a. Taktéž lze zadat vlastní název pracovního bodu (**Target Name**). Vybrat příslušného robota (**Task**) nebo souřadný systém, ve kterém se bod bude tvořit (**WorkObject**).
    b. Existuje zde možnost vložení pracovního bodu zároveň do trajektorie (**Insert Move Instruction in**), ale tuto možnost nyní nebudeme využívat.
12. Pro zadání dalšího bodu klikněte na tlačítko **Add**.

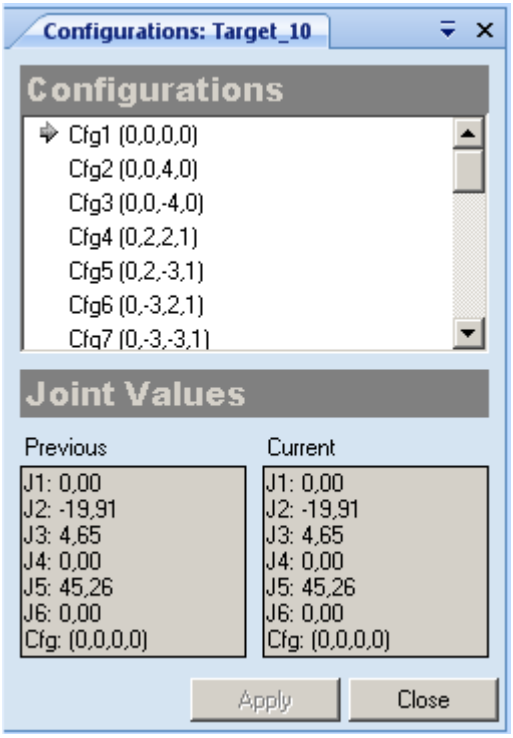


Obrázek 2.39 – Hromadná tvorba pracovních bodů

13. Jakmile budeme mít vložené všechny body, klikněte na tlačítko **Create**. Tím se vytvoří všechny zadané pracovní body.
14. U všech vytvořených pracovních bodů je symbol žlutého výstražného trojúhelníku. To nám symbolizuje, že robot není v tomto bodě nastaven. Vyberte první bod a z menu (kliknutí pravého tlačítka myši) vyberte možnost **Configuration**. Objeví se nám nové okno, ve kterém budeme konfigurovat nastavení poloh jednotlivých kloubů průmyslového robotu.
15. Vyberte možnost nastavení dle obrázku (Obrázek 2.40) a pokračujete kliknutím tlačítka **Aplly**.
16. Nyní vyberte další bod a vyberte konfiguraci dle tabulky (Tabulka 2.6).

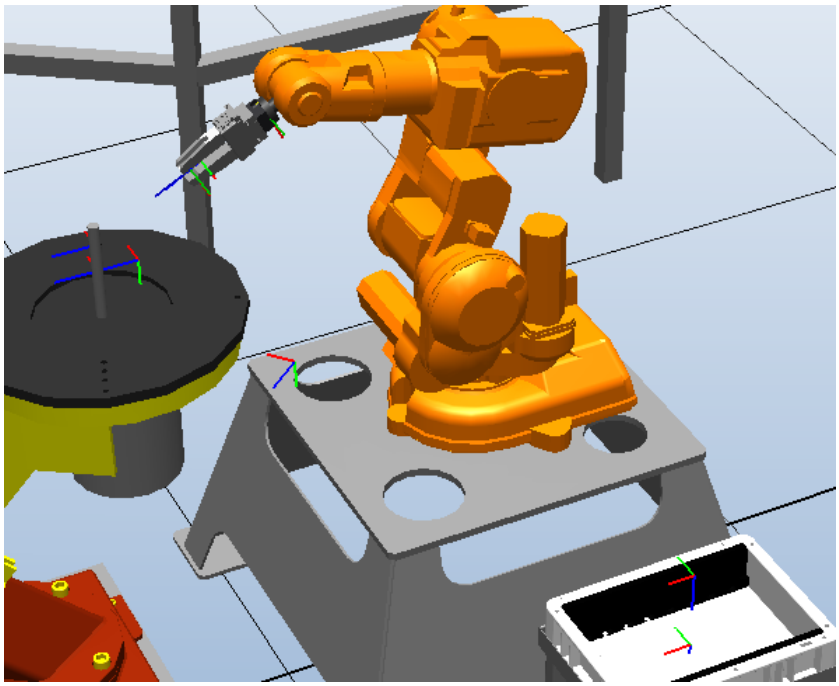
Tabulka 2.6 – Konfigurace robotu

Konfigurace robotu	**Nastavení robotu**				
Target_10	cfg1	0	0	0	0
Target_20_2	cfg1	0	0	-2	1
Target_30	cfg1	0	0	-2	1
Target_40	cfg1	0	0	-2	1
Target_50_2	cfg1	0	0	-2	1
Target_60_2	cfg1	1	0	-2	0
Target_70	cfg1	1	0	-2	0



Obrázek 2.40 – Konfigurace nastavení robotu

17. U každého bodu, kde jsme provedli konfiguraci, zmizí výstražný žlutý trojúhelník. Pokud bychom měli vytvořenou trajektorií, tak u příslušných pohybů do nekonfigurovaného bodu, bude taktéž zobrazen tentýž symbol.
18. Pracoviště by mělo vypadat stejně jako na obrázku (Obrázek 2.41).



Obrázek 2.41 – Vizualizace pracovních bodů na pracovišti

Abychom se přesvědčili, že vytvořené pracovní body jsou v pracovním prostoru robotu. Aktivujeme si náhled požadovaného nástroje (**View Tool at Target**) a robotu (**View Robot at Target**). Tyto možnosti vybereme z menu (kliknutí pravého tlačítka) po vybrání libovolného pracovního bodu). Díky tomuto můžeme po vybrání libovolného pracovního bodu vidět polohu a orientaci efektoru (i robotu) v daném souřadném systému. Pokud vizualizace neodpovídá našim představám, lze upravit orientaci pracovního bodu **Modify Target → Set a position** (z téhož menu).

2.4.2 Vytváření trajektorie

V této kapitole si vytvoříme trajektorii, po které se bude pohybovat pracovní souřadný systém efektoru. Musíme definovat správné natočení jednotlivých os robota (konfigurace) s zvolit vhodnou rychlost pro přesouvání z bodu do bodu. K tomu nám poslouží následující tabulka (Tabulka 2.7) pro určení příslušné rychlosti. Parametry jsou voleny pro toto pracoviště. Ve skutečnosti se mohou lišit.

Tabulka 2.7 – Rychlosti pohybů na pracovišti

Rychlost	Popis
v3000	přejezd na delší vzdálenost bez uchopeného materiálu
v1500	přejezd na delší vzdálenost s uchopeným materiálem
v200	odjezd od uložení obrobku a pohyb v blízkosti zařízení
v50	příjezd a odjezd v okolí OM

Postup tvorby trajektorie je následující:

1. Vytvoření nové trajektorie (**Path**) provedeme tak, že v levém okně vybereme záložku **Path&Target** a v seznamu **Rsystem/T_ROB1** vybereme složku **Path**.
2. Pravým kliknutím myši pak z menu vybereme možnost přidání nové trajektorie (**Create Path**).
3. Název můžeme ponechat (**Path_10**).
4. Pokud do této trajektorie zkopírujete jakýkoli bod. Po spuštění simulace do něj robot najede a poté bude pokračovat v další instrukci (najetí k dalšímu pracovnímu bodu, změna nebo čekání na signál či jiná instrukce).
5. Ve stavovém řádku máme k dispozici základní (rychlé) nastavení pro pohyb.

Obrázek 2.42 – Rychlé nastavení pohybů

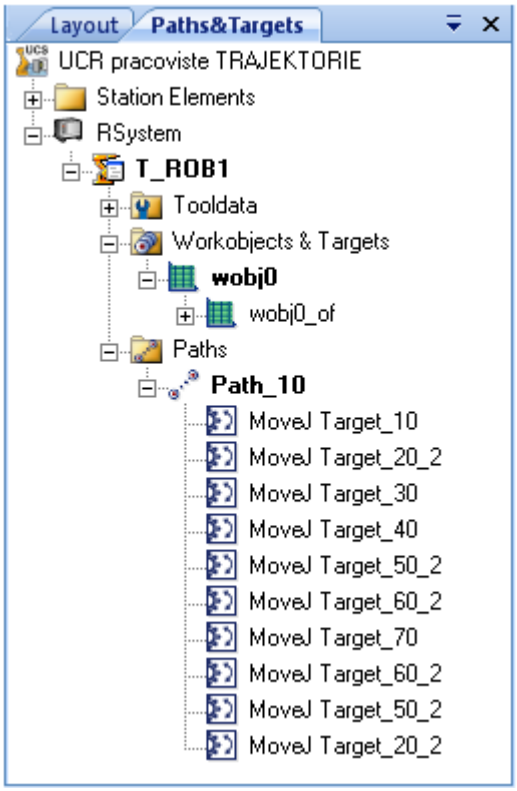
   a. Máme k dispozici pohyb lineární (**MoveL**) při kterém se vytvoří spojnice mezi předchozím bodem a vloženým bodem. Pracovní souřadný systém efektoru pak bude přesně kopírovat tuto cestu.
   b. Druhým pohybem je pohyb (**MoveJ**) při kterém se robot co nejefektivněji dostane z jednoho bodu do druhého a to při použití minimálního počtu natočení jednotlivých os.
   c. Třetím pohybem, který ovšem není k dispozici v tomto menu je pohyb po kružnici (**MoveC**). Tento pohyb vzniká sloučením dvou lineárních pohybů. Vzniklá trajektorie je pak část kružnice, která prochází těmito třemi body.
   d. Dále můžeme nastavit různé rychlosti (v10,v100,v600,v3000 a jiné).
   e. A poté velmi důležité nastavení s jakou přesností má pracovní souřadný systém ztotožnit se souřadným systémem bodu. Při zadání tohoto

parametru si musíme představit kouli o průměru parametru a ve chvíli kdy se souřadný systém efektoru dostane do této zóny (koule) bude pokračovat na další instrukci (Souřadné systémy se neztotožní avšak instrukce

je splněna). Neplatí to pro parametr **fine**, kdy se musí souřadné systémy ztotožnit.

f. Jelikož budeme jednotlivé instrukce následně modifikovat, ponecháme základní nastavení.

6. Nyní vytvoříme základní strukturu trajektorie přesunutím jednotlivých pracovních bodu (z **wobj0_of**) do trajektorie (**Path_10**). A poskládáme je dle obrázku (Obrázek 2.43).

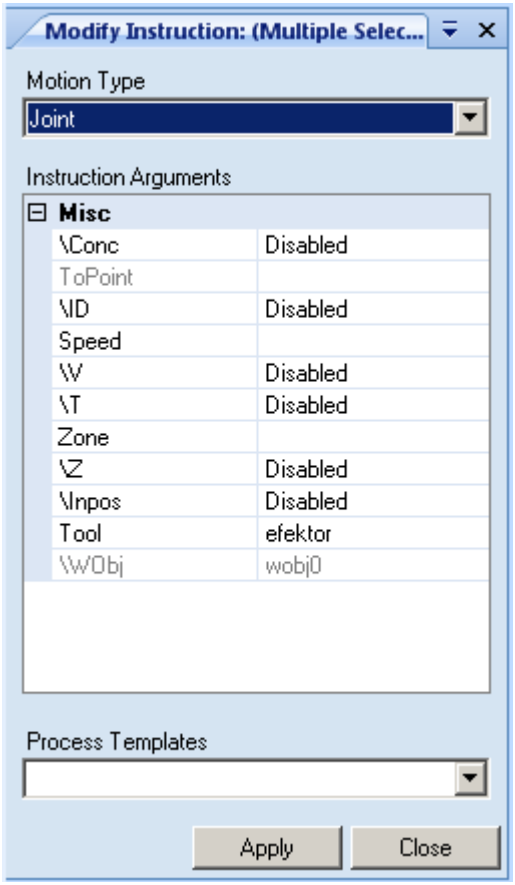


Obrázek 2.43 – Struktura trajektorie

7. V trajektorii (**Path_10**) označte všechny vytvořené pohyby k úpravě a vyberte z menu (kliknutí pravého tlačítka myši) možnost **Modify Instruction**.

a. Objeví se okno pro editace instrukcí (pohybů)

b. U vybraných (u všech) změníme pohyb z **MoveL** na **MoveJ**, tak že vybereme typ pohybu **Joint** (Obrázek 2.44) a potvrdíme tlačítkem **Apply**.



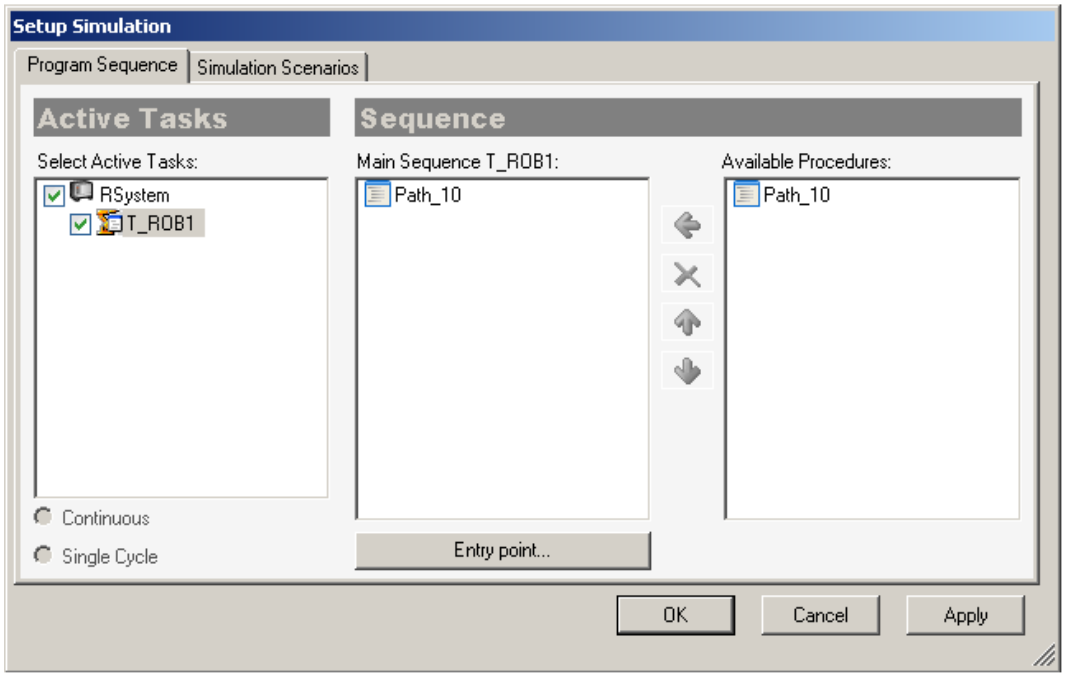
Obrázek 2.44 – Okno s parametry pohybu

c. U jednotlivých pohybů postupně změňte parametry rychlosti a zóny pro najetí do příslušných pracovních bodů dle tabulky (Tabulka 2.8).

Tabulka 2.8 – Parametry pohybů

Konfigurace robotu	Rychlost	Zóna
MoveJ Target_10	v50	fine
MoveJ Target_20_2	v200	fine
MoveJ Target_30	v50	fine
MoveJ Target_40	v50	fine
MoveJ Target_50_2	v1500	z100
MoveJ Target_60_2	v1500	fine
MoveJ Target_70	v50	fine
MoveJ Target_60_2	v200	fine
MoveJ Target_50_2	v3000	z150
MoveJ Target_20_2	v3000	fine

8. Nyní máme připravenou trajektorií. Abychom si jí mohli přehrát v simulaci, musíme trajektorií (**Path_10**) nahrát do virtuální řídicí jednotky (**Virtual Controller**) To provedeme tak, že spustíme nastavení simulace (**Simulation Setup**). Nalezneme jej v pásu karet **Simulation/Configure → Simulation Setup**.
9. Objeví se nám nastavení simulace (Obrázek 2.45).



Obrázek 2.45 – Nastavení simulace

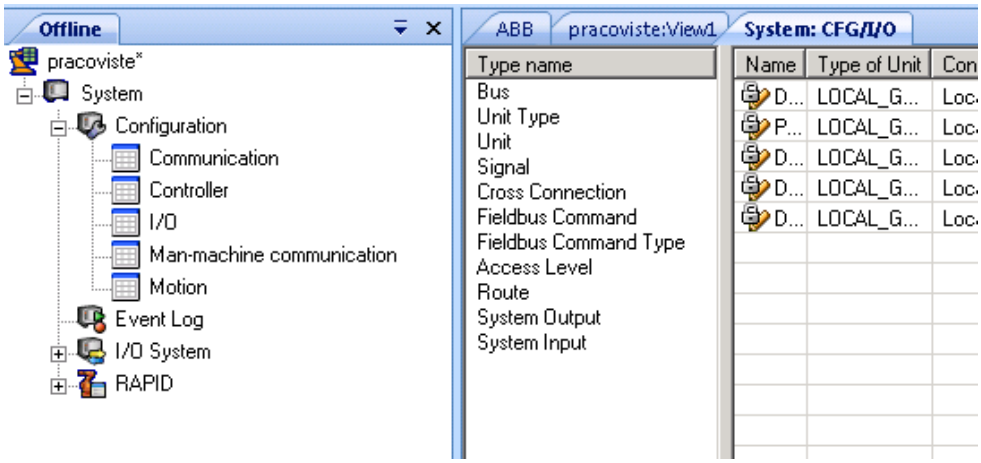
10. Zde máme k dispozici naší trajektorií (**Available Procedure**), kterou označíme a tlačítkem se šipkou ji přesuneme do činností robotu (**Main Sequence T_ROB1**)
11. Potvrdíme tlačítkem **OK** popřípadě **Apply** v případě další činnosti.
12. Nyní následuje krok, který v případě jakékoli změny v instrukci pohybu či činností robotu musí být aplikován, aby se nám změny projevili ve vizualizaci. Jedná se o příkaz synchronizace s Virtuální řídicí kartou (**Synchronize to VC**). Příkaz je dostupný z menu po kliknutí pravého tlačítka myši na složky např. **RSystem**, **Path** v záložce **Path&Target** nebo v pásu karet **Offline/Synchronize**.
    a. Opačným procesem je nahrání dat z virtuální řídicí jednotky **Synchronize to Station**.
13. Nyní můžeme provést simulaci v pásu karet nebo **Simulation/Simulation Control → Play**. Nebo použít tlačítka v pracovním okně ve vizualizaci pracoviště.

V tuto chvíli můžeme sledovat pohyb robotu na pracovišti, ale chybí nám přidat instrukce na rozevření a sevření OM a následně jeho přesun. Postup tvorby událostí a dokončení celé simulace je v následujících kapitolách.

2.4.3 Tvorba nové řídící karty

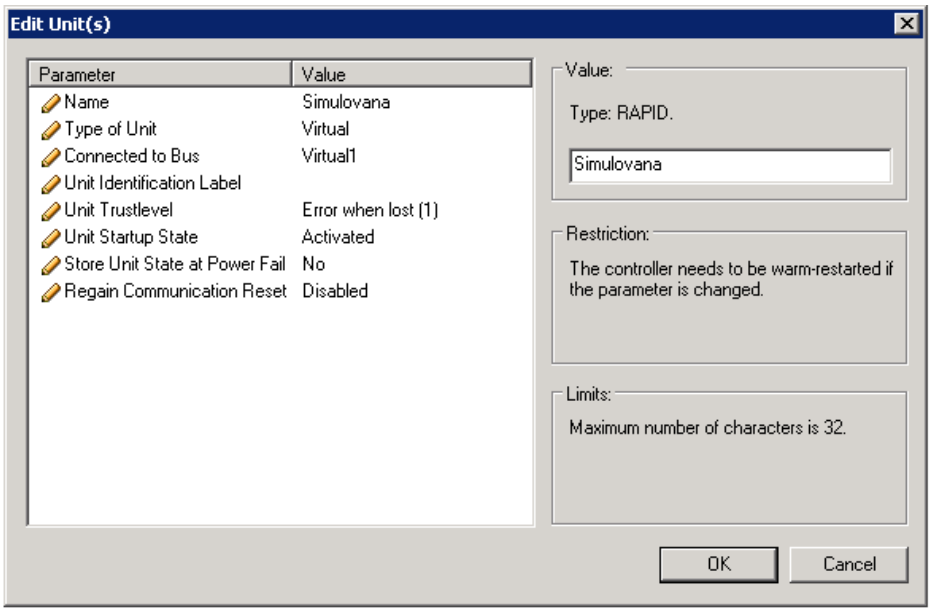
Samotná trajektorie, kterou po této kapitole budeme tvořit, nestačí k určení činností robotu, efektoru nebo periférií robotu. K tomuto účelu je nutné tvořit události (**Events**), které po vyvolání (změně hodnoty signálu 1,0) provedou požadovanou činnost (rozevření, sevření čelistí efektoru, uchopení OM a jiné). Protože v ABB RS používáme virtuální řídicí systém, jenž je přesnou kopií opravdového softwaru. Je nutné nejprve vytvořit vhodnou simulaci, kterou budeme realizovat na virtuální ovládací kartě průmyslového robota. Budeme všechny činnosti simulovat. Nejprve je ale nutné vytvořit si virtuální řídicí kartu pro simulace, které chceme provádět, dále signály, které se budou reprezentovat danou činnost a jako poslední vytvoření událostí, které budeme používat při tvorbě simulace (manipulace). Postup přidání nové řídicí karty je následující:

1. Vytvoření nové ovládací karty pro vytváření simulace najdeme v pásu karet **Offline/Configuration**.
2. Tímto příkazem se nám objeví nová karta (**Offline**) v levém okně, ve které nalezneme všechna nastavení řídicího systému. Klikněte pravým tlačítkem na složku I/O v konfiguraci (**RSystem/Configuration**) a vyberte možnost z menu (pravé kliknutí myši) konfigurační editor (**Configuration Editor**).



Obrázek 2.46 – Karta řídicího systému

3. V pracovním okně se objeví karta s názvem **System:CFG/I/O** (Obrázek 2.46). V ní si nejprve vytvoříme novou kartu (**Unit**) pro vytváření a optimalizaci všech činností na pracovišti. Novou kartu vytvoříme (**Unit → Add Unit**) a nazveme ji „*Simulovana*“ a nastavení zkontrolujeme s obrázkem (Obrázek 2.47).



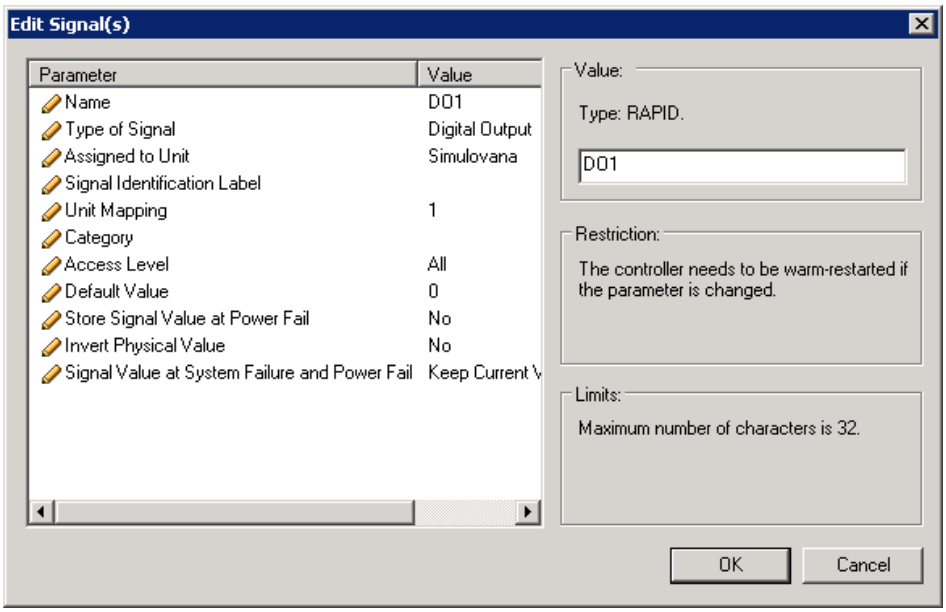
Obrázek 2.47 – Parametry nové řídicí karty

4. Po kontrole potvrdíme a provede se restart (**Warmstart**) řídící jednotky (nutno potvrdit YES). Tento užitečný příkaz nalezneme i v pásu karet **Offline/Controller Tools→ Restart/Warmstart**.
5. Nyní máme vytvořenou řídící kartu pro simulování činností na pracovišti.

2.4.4 Tvorba signálů

Každá činnost na pracovišti bude vyvolána změnou signálu, resp. hodnoty signálu 1 nebo 0. Je nutné si promyslet, zda v případě poruchy (nastane hodnota 0) potřebujeme zabezpečit chod na pracovišti a to ať poruchou dílčí součástky nebo výpadkem elektřiny nebo přeseknutí kabelu. Tak jak jsme přidávali ovládací kartu, budeme přidávat jednotlivé signály, které potřebujeme k uřízení celého pracoviště. Postup přidání signálu je následující:

1. Klikněte pravým tlačítkem na složku I/O v konfiguraci (**RSystem/Configuration**) a vyberte možnost z menu (pravé kliknutí myši) konfigurační editor (**Configuration Editor**).
2. V pracovním okně vyberte kartu karta s názvem **System:CFG/I/O**.
3. Přidání nového signálu provedete tak, že kliknete na typ Signal a v pravém seznamu libovolně klikneme pravým tlačítkem a vybereme možnost **Add Signal**.
4. Objeví se nám okno pro přidání nového signálu (Obrázek 2.48).



Obrázek 2.48 – Přidání nového signálu

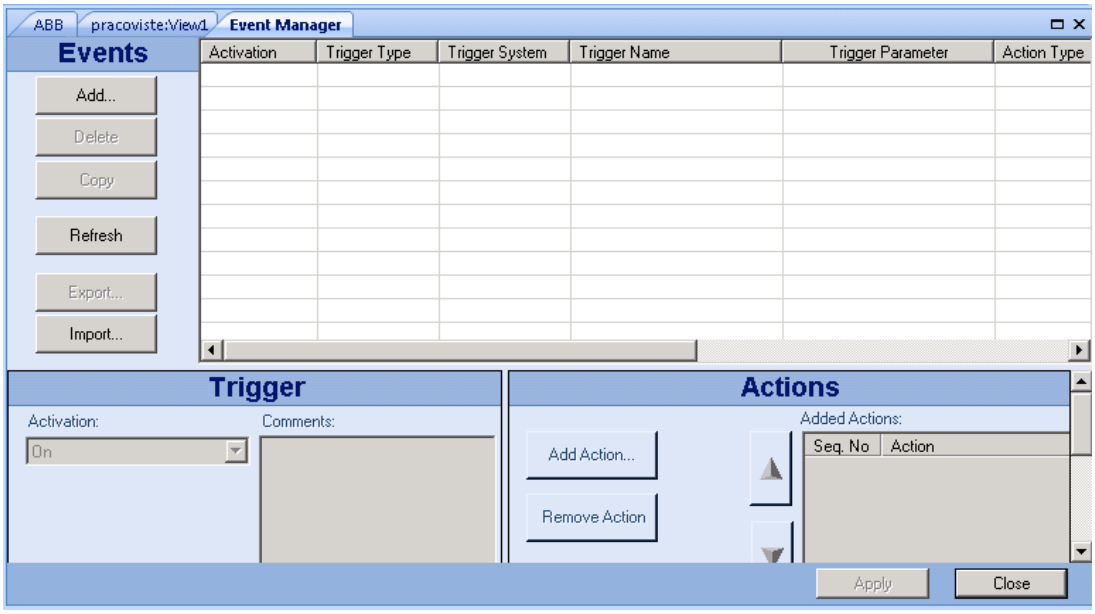
5. Signál je nutné pojmenovat tak abychom se v případě většího počtu dobře orientovali nebo podle požadavků na pracoviště. Název tohoto signálu napíšeme DO1.
6. Typ signálu vybereme **Digital Output**, tím budeme mít signál, který bude do řídicího systému vcházet s periférie, tedy z efektoru.
7. Důležité je přiřazení tohoto signálu na naši simulovanou kartu (**Assigned to Unit**)
8. Pořadí tohoto signálu (**Unit Mapping**) ponecháme na hodnotě 1.
9. Abychom mohli signál využívat na všech úrovních řízení, vybereme možnost **All** (**Access Level**).
10. Pro dokončení klikněte na tlačítko OK.

11. Úplně stejně vytvořte i signál s názvem DO2. U tohoto signálu musíte mít jiné pořadové číslo, zadejte hodnotu 2.
12. A proveďte restartování celého řídicího systému (**Offline/Controller Tools → Restart/Warmstart**).

2.4.5 Karta událostí

Máme-li vytvořené všechny potřebné signály, můžeme začít tvořit události pracoviště. Které následně budeme vkládat mezi jednotlivé kroky trajektorie. K vytvoření manipulace budeme potřebovat, aby signál DO1 reprezentoval nejen stav uchopení či položení OM, ale zároveň i příkaz „spoj“ s a „odpoj od“ OM s efektorem. To nám vytvoří simulaci, kdy uvidíme, že efektor uchopí OM a přenese jej na jiné místo a položí na určené místo. Signálem DO1 pak budeme pouze uvádět pracoviště do původního stavu. Tento signál se na reálném pracovišti nevyskytuje. Postup tvorby události je následující:

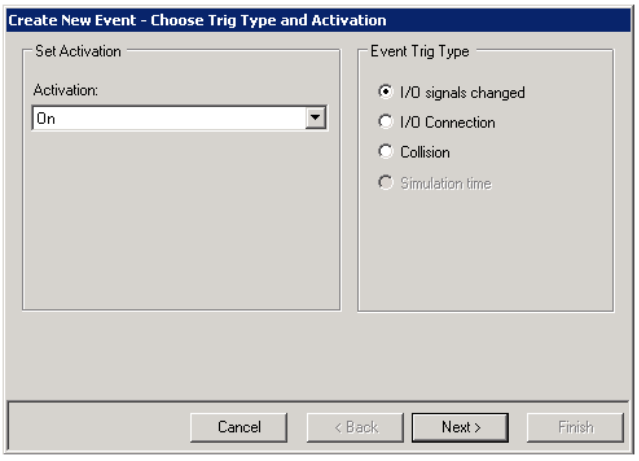
1. Okno události najdeme v pásu karet **Simulation/Configure → Event Manager** a zároveň se v pracovním okně zobrazí nová karta s názvem **Event Manager** (Obrázek 2.49).



2. *Obrázek 2.49 – Karta události*

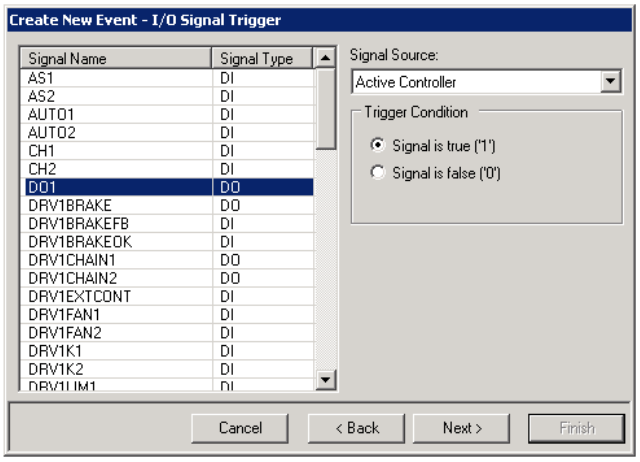
3. Klikněte na vytvoření nové události (**Add …**).

4. Objeví se průvodce vložení nové události (Obrázek 2.50). Nastavení ponecháme a klikneme na tlačítko **Next**.



Obrázek 2.50 – Tvorba nové události (začátek)

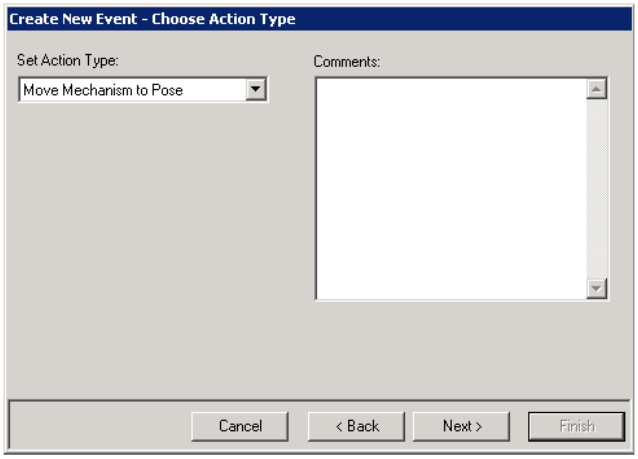
5. Dále jsme vyzváni vybrat signál a přiřadit mu logickou hodnotu. Vyberte signál DO1 a přiřaďte jí hodnotu logické 1 (Obrázek 2.51).



Obrázek 2.51 – Logická hodnota signálu

6. Pokračujte kliknutím na tlačítko **Next**.

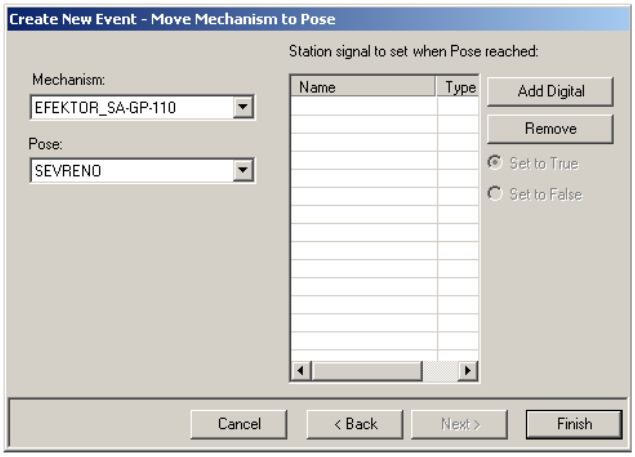
7. V tomto okně si můžeme vybrat řadu činností, které se budou aktivovat, když signál bude mít požadovanou hodnotu (1 nebo 0). Vyberte činnost pohyb mechanismu do polohy (**Move Mechanism to Pose**) dle obrázku (Obrázek 2.52).



Obrázek 2.52 – Výběr činnosti pro danou hodnotu signálu

8. Pokračujte kliknutím na tlačítko **Next**.

9. Vyberte požadovaný mechanismus (Efektor_SA-GP-110) a zároveň v jaké poloze se má mechanismus nacházet. Vyberte pozici SEVRENO dle obrázku (Obrázek 2.53).



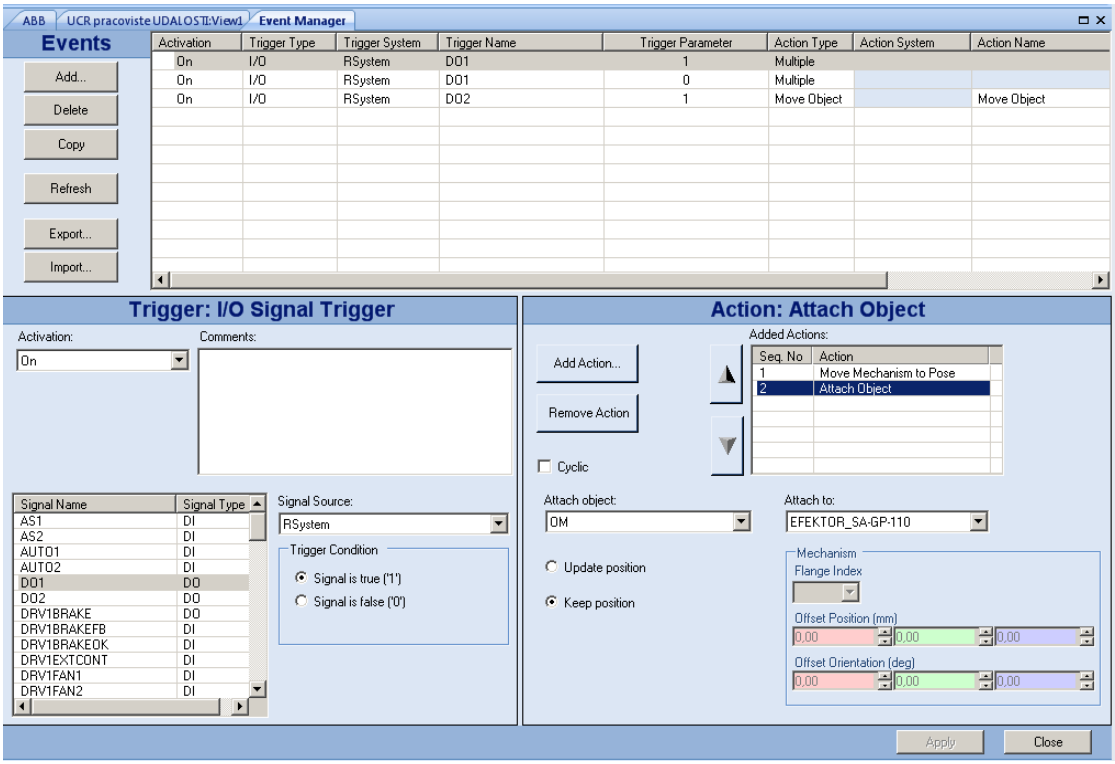
Obrázek 2.53 – Činnost mechanismu

10. Nyní klikněte na tlačítko **Finish.**

11. Vytvořili jsme událost, při které když nastane hodnota signálu DO1 1 dojde k sevření čelistí efektoru. Stejným postupem vytvořte událost, při které bude hodnota signálu DO1 0 a dojde k otevření čelistí.

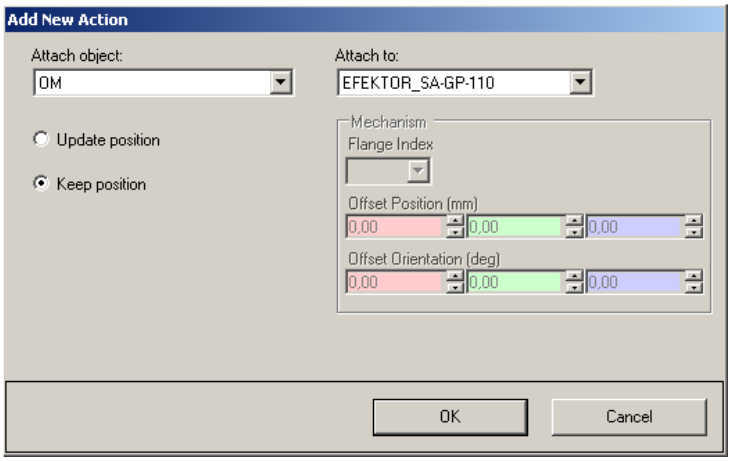
Nyní přidáme k těmto dvou vytvořeným událostem ještě jednu činnost. A to činnost při, které v simulaci uvidíme, že efektor přenáší v čelistech OM. Tato událost bude v na reálném pracovišti nepotřebná, ale k vizualizaci simulace jí potřebujeme. Můžeme postupovat stejně jak u předchozích událostí. Ale u složitějších simulací, kde budeme potřebovat o hodně více signálů, a událostí by se dosavadním postupem jen znepřehlednil přehled všech událostí. Proto pokud již existuje v událostech takový signál, který potřebujeme k dané činnosti, využijeme jej a doplníme k němu i následující události. Postup je následující:

1. V editoru události klikněte na událost pro signál DO1 s logickou hodnotou 1. Ve spodní části editoru se vám okamžitě zobrazí dané nastavení (Obrázek 2.54).



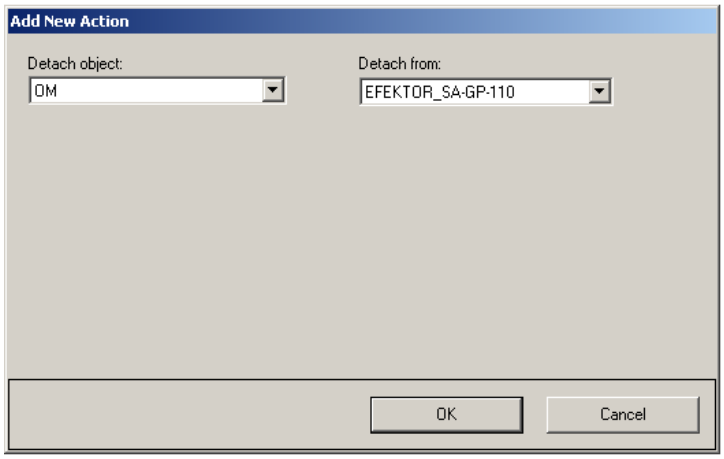
Obrázek 2.54 – Editor událostí pracoviště

2. V části činnost (**Action**) klikněte na tlačítko k přidání další činnosti (**Add Action…**).
3. Vyberte novou činnost pro připojení (**Attach To**).
4. Objeví se průvodce (Obrázek 2.55). Vybereme objekt, který chceme připojit (**Attach object**) OM a zároveň ke kterému má být připojen (**Attach To**) Efektor_SA-GP-110.
5. Jelikož polohu uchopení si budeme definovat samostatně, vybereme možnost ponechat polohu a orientaci OM vůči efektoru (**Keep position**).
6. Potvrdíme tlačítkem **OK**.



Obrázek 2.55 – Nastavení uchopení OM

7. Obdobně je nutné vytvořit, aby při rozevření čelistí došlo k rozpojení vazby mezi OM a efektorem. Proto pro signál DO1 s logickou hodnotou 0 vložíme další činnost (**Detach To**) s parametry dle obrázku (Obrázek 2.56).

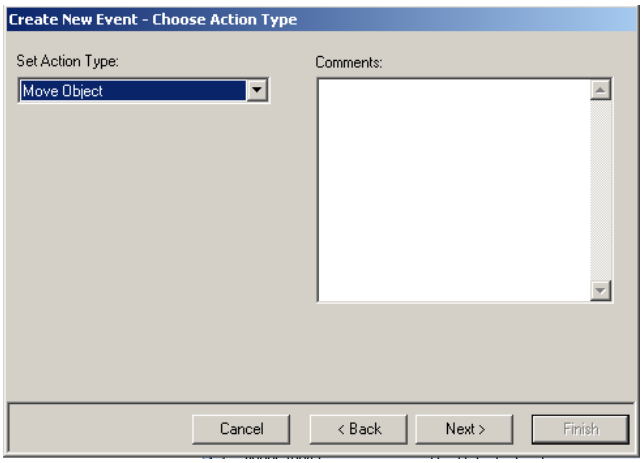


Obrázek 2.56 – Rozpojení vazeb mezi OM a efektorem

8. Potvrdíme tlačítkem OK.

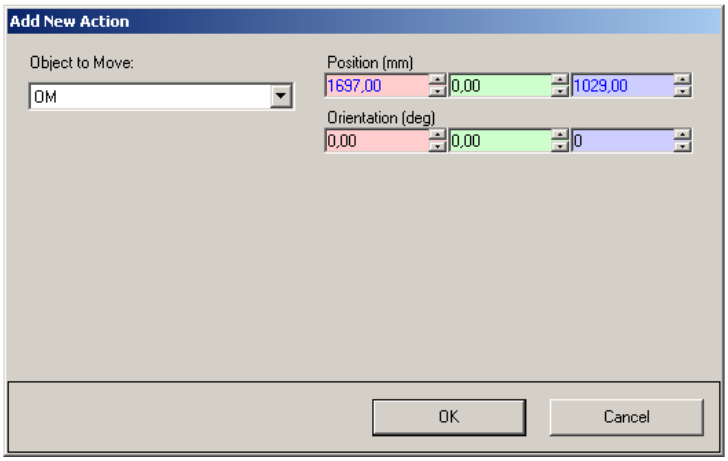
Nyní máme k dispozici činnost, při které rozevřeme a sevřeme čelisti efektoru a zároveň se při této činnosti uchopí nebo položí OM. Pokud bychom spustili simulaci tak v místě kde jsme OM ponechali tam i při začátku následující simulace zůstane. Celá simulace by pak pokračovala jako by OM byl na původním místě a opět by jej přesunula o ty samé souřadnice dále. Abychom, ale pracoviště v simulaci uvedli do původního stavu, použijeme druhý signál v události, při kterém přesuneme OM na původní souřadnice. Postup je následující:

1. Posledním krokem je vložení nové událostí (postup jako u první událostí), ale vybereme signál DO2 a ponecháme jeho logickou hodnotu 1.
2. Tentokrát vyberte typ činnosti přesun objektu (**Move Object**) dle obrázku (Obrázek 2.57).



Obrázek 2.57 – Přesun objektu v události

3. Pokračujte kliknutím na tlačítko **Next**.
4. Vybereme, kterým objektem chceme pohybovat (**Object to Move**) a zadáme jeho novou polohu a orientaci dle obrázku (Obrázek 2.58)



Obrázek 2.58 – Nová poloha a orientace objektu

5. Potvrdíme tlačítkem **OK**.

Na závěr této kapitoly jsou vypsány možnosti všech činnosti při tvorbě události:

- změna I/O signálu (**Change I/O**)
- připojit objekt (**Attach Object**) a odpojit objekt (**Detach Object**)
- spustit/vypnout TCP trasování (**Turn On/Off TCP Trace**)
- spustit/vypnout časovač (**Turn On/Off Timer**)
- nastavit mechanismus do polohy (**Move Mechanism to Pose**)
- přesunutí objektu (**Move Object**)
- ukaž/skryj objekt (**Show/Hide Object**)
- volat VSTA makro (**Call VSTA Macro**)
- přesuň se do zorného úhlu (**Move to Viewpoint**)

2.4.6 Vytváření pracovních souřadných systémů

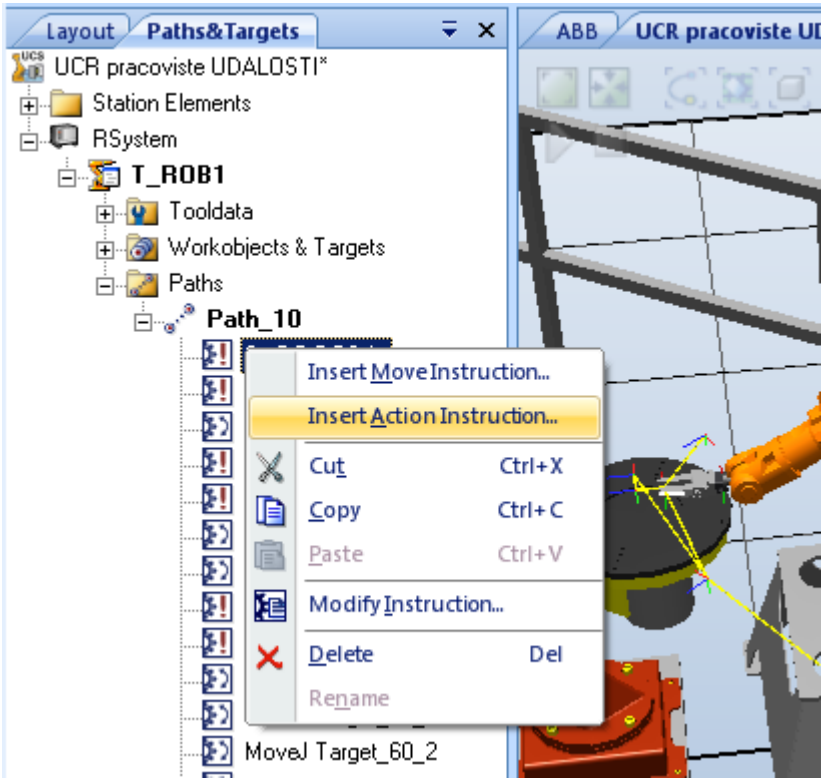
Pokud chceme vytvořit na pracovišti referenční bod, resp. Pracovní lokální souřadný systém, ve kterém známe všechny pracovní body trajektorie (nechceme je přepočítávat na souřadný systém pracoviště) slouží k tomuto účely tvorba **WorkObjekt**. Postup je následující:

1. Aktivujeme požadovaného robota T_ROB1 a vybereme z menu (pravé tlačítko myši) příkaz **Set as Active**.
2. V pásu karet klikneme na vytvoření nového souřadného systému **Home/Path Programming → Other/Workobjekt**.
3. Ten nazveme PSS_1 (pracovní souřadný systém 1 robotu)
4. U parametru Object Frame pak můžeme nastavit souřadnice tohoto pracovního souřadného systému. Souřadnice jsou vztaženy k interface nebo je můžeme zadat pomocí tří bodů:
    a. První bod reprezentuje střed souřadného systému
    b. Druhý bod reprezentuje směr osy X
    c. Třetí bod reprezentuje rovinu XY
5. Po umístění potvrdíme tlačítkem **Create**.
6. Pokud chceme tento souřadný systém upravit tak vybereme příslušný souřadný systém a z menu (kliknutím pravého tlačítka myši) použijeme příkaz **Modify Workobject**.
7. Vždy když chceme pracovat v daném souřadném systému, musíme jej aktivovat **Set Active**.

2.4.7 Dokončení simulace

Následuje postup zadávání instrukcí pro požadovanou činnost na pracovišti. Události jsou vázány na příslušnou hodnotu signálu, které musíme vkládat na požadované místo ve vytvořeném plánu práce (trajektorie) průmyslového robotu. Postup dokončení simulace manipulace je následující:

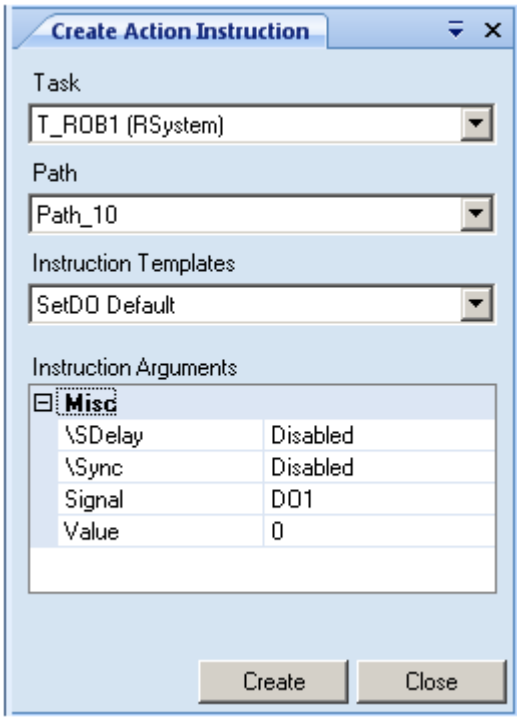
1. V levém okně vyberte příslušnou trajektorií (Path_10) v záložce **Path&Target** a v místě kde chceme přidat první instrukci (na začátku), vyvolejte nabídku kliknutím pravého tlačítka myši (Obrázek 2.59).



Obrázek 2.59 – Nabídka pro vkládání instrukcí

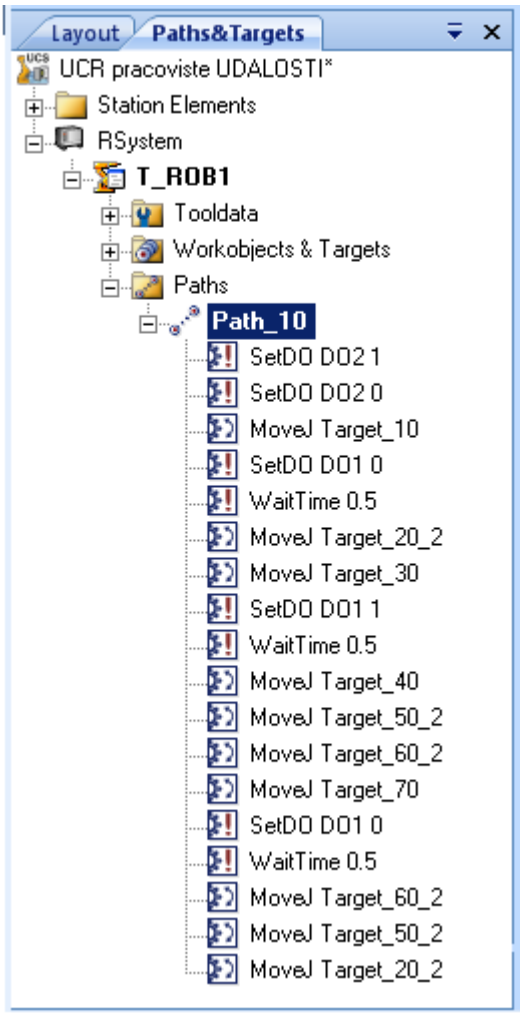
2. Vyberte příkaz **Insert Action Instruction …** a objeví se nové okno pro specifikaci instrukce.

3. Vytvoříme signál pro umístění OM na počátek simulace nastavením hodnoty signálu DO2 na hodnotu 1 dle obrázku (Obrázek 2.60).



Obrázek 2.60 – Nastavení instrukce

4. Pokračujte stisknutím tlačítka **Create**. Průvodce zůstane otevřený pro novou instrukci. Pro uzavření okna stiskněte tlačítko **Cancel**.
5. Tímto způsobem vložíme instrukci pro změnu hodnoty signálu. Pokud potřebujeme získat potřebný čas pro sevření a rozevření čelistí musíme vložit instrukci „čekej“ **WaitTime**. Abychom mohli zadat potřebnou délku čekání (v sekundách) musíme, přepsat na požadovanou hodnotu parametr **Time**. Označte hodnotu parametru **Time: END_OF_LIST** a přepište ji na 0.5.
6. Pokračujte vkládáním všech ostatních instrukcí dle následujícího obrázku (Obrázek 2.61). Opět využívejte možnosti konfigurace zkopírované existující instrukce (**Copy, Paste, Modify Instruction**).
7. Pro odzkoušení instrukcí používejte vždy následující sekvenci příkazů **Synchronize to VC…** a **Play**, **Stop**, **Reset**, které jsou v pásu karet **Simulation/Simuling Control**.



Obrázek 2.61 – Kompletní struktura činnosti na pracovišti

8. Instrukce **SetDO DO2 0** může být zařazena až na konec celé sekvence. Signál může být posléze nahrazen skutečným např. s induktivního snímače.
9. Pracoviště uložíme (**Save**)
10. V případě, že si chcete celé pracoviště přesunout na jiný počítač. Musíte si jej uložit příkazem **RobotStudio Button/Collaborate → Pack and Go …** . Tím se vytvoří balíček, který bude obsahovat všechny nové prvky, které nemusí být na druhém počítači (kromě prvků standardní knihovny ABB RS).
11. V průvodci ponecháme jeho nastavení a potvrdíme OK
12. Zkopírujeme na přenosný disk popř. jinou externí paměťovou jednotku a můžeme vyrazit na pracoviště.

3 PRÁCE V REŽIMU ONLINE

Čas ke studiu: 2 hodiny

Cíl: Po prostudování této kapitoly budete umět

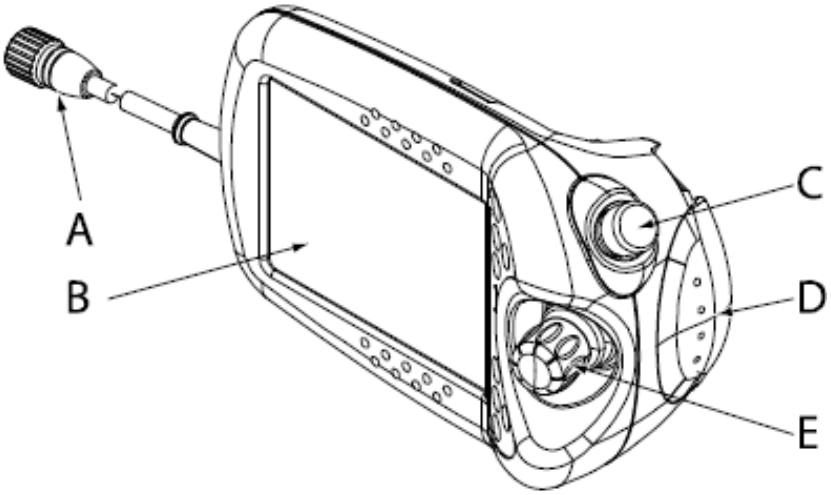
- nahrát vytvořený program do řídícího systému průmyslového robotu
- nahrát program z řídícího systému průmyslového robotu do ABB Robot Studia
- editovat program v režimu on-line
- ovládat průmyslového robota pomocí Flexpendantu

Výklad

V následujících kapitolách si ukážeme, jak lze nahrát připravený program z ABB RS do řídícího systému průmyslového robotu a následně zpět do ABB RS. Editace programu je možná přímo prostřednictví FlexPendantu a nebo ve známém prostředí ABB RS. Obě možnosti jsou popsány v následujících kapitolách. Při práci s průmyslovým robotem dbejte na pracovišti zvýšené opatrnosti. Nejprve si však popíšeme možnost ovládání průmyslového robotu pomocí FlexPendantu (řídicí panel).

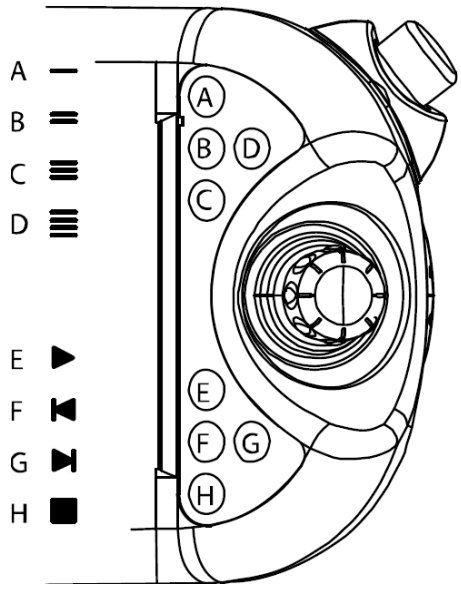
3.1 FlexPendant

FlexPendat slouží k přímému ovládání robotu z řídicího systému. Jedná se o řídicí panel (Obrázek 3.1), který je složen s konektoru (A) pro připojení k řídicímu systému. Hlavní část FlexPendantu tvoří dotyková obrazovka (B). Ergonomický tvar pak umožňuje držení a stlačení aktivačního tlačítka (D) levou rukou a zároveň můžeme používat pákový ovladač (E) popř. využít tlačítka nouzového zastavení (C). FlexPendat slouží k přímému ovládání robotu z řídicího systému.



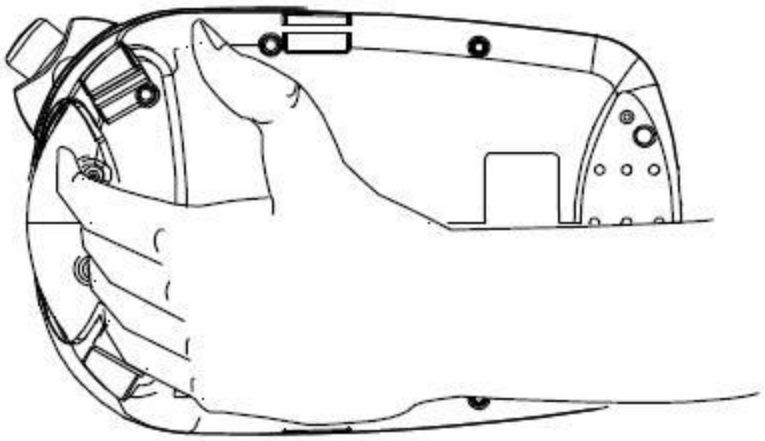
Obrázek 3.1 – Zobrazení Flexpendantu

Součást Flexpendantu jsou i přídavná tlačítka jak je patrné z detailu Flexpendantu (Obrázek 3.2). Tlačítka A až D jsou přídavná tlačítka. Další již předdefinována tlačítka jsou příkazy pro spustit (E), zpět (F), dopředu (G) a stop (H).



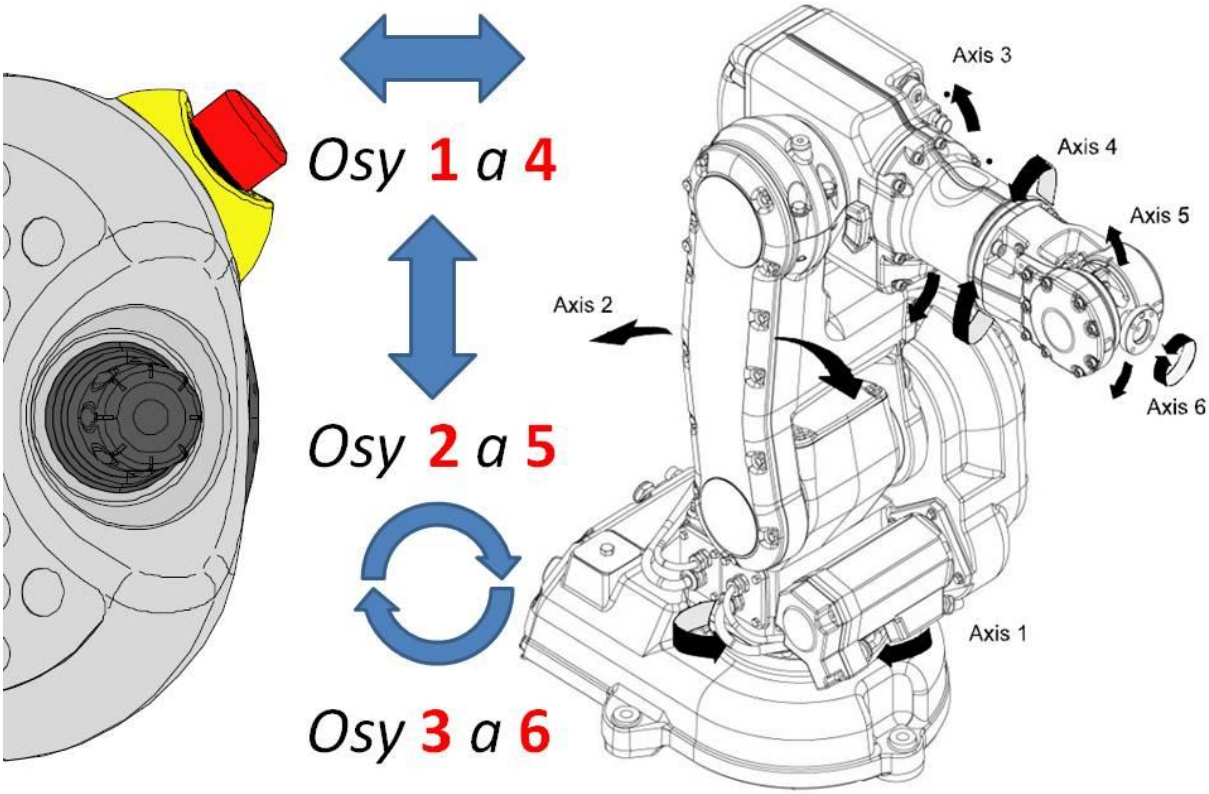
Obrázek 3.2 – Přídavná tlačítka na FlexPendantu

FlexPendant uchopíme levou rukou (Obrázek 3.3) tak abychom konečky prstů zmáčkli bezpečnostní tlačítko na spodní části FlexPendantu do střední polohy. (Přílišné stisknutí bezpečnostního tlačítka nebo naopak jeho nestisknutí má za následek nespuštění robotu.)



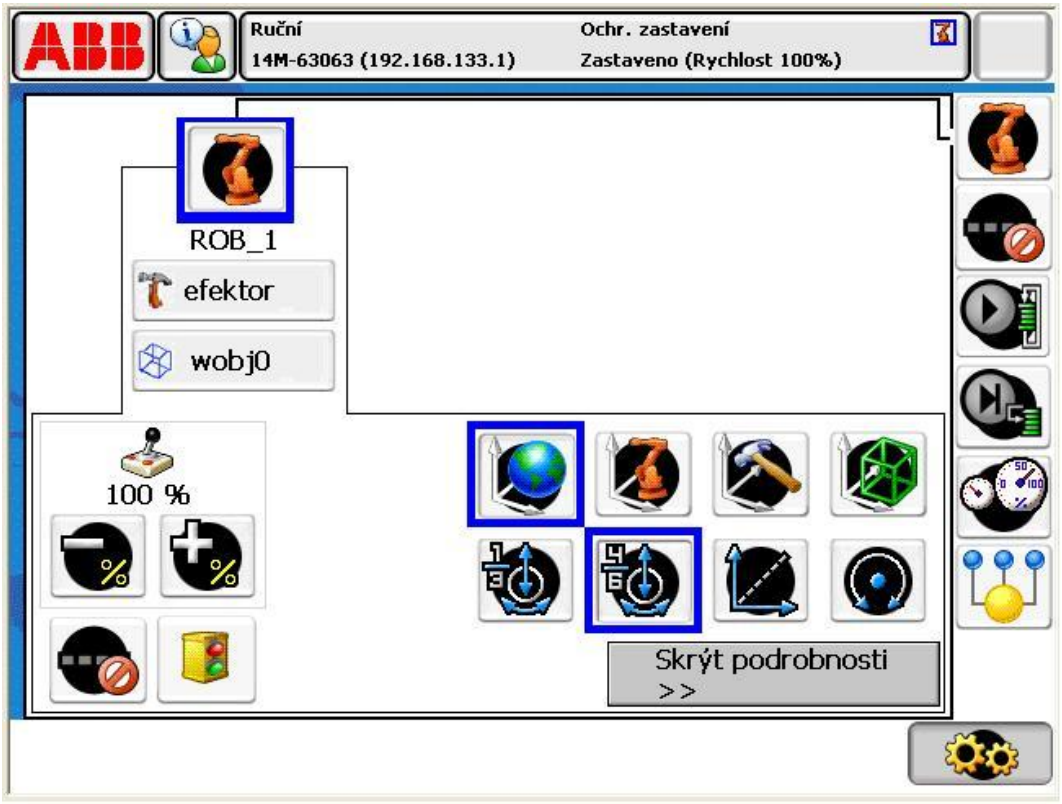
Obrázek 3.3 – Uchopení Flexpendantu

Ovládání jednotlivých řiditelných os průmyslového robotu jsou zobrazeny na následujícím obrázku. Pomocí pákového ovladače jsou ovládaný jednotlivé řiditelné osy průmyslového robotu.



Obrázek 3.4 – Ovládání pákovým ovladačem

Pro možnost rychlého ovládání robotu stiskneme tlačítko „volby“ (tlačítko s ozubenými koly) v pravém dolním rohu (Obrázek 3.5), která nám rozevře nabídku pro rychlé ovládání robotu. V horní části displeje se zobrazují aktuální nastavení, jedná se o typ pracovního režimu, název souboru, se kterým pracujeme, stav řadiče (motorů) a programu a zvolené mechanické jednotky.



Obrázek 3.5 – Otevření nabídky pro rychlé ovládání robotu pomocí pákového ovladače

V otevřené nabídce zvolíme symbol oranžového robotu „Tlačítko nabídky mechanické jednotky“ vpravo nahoře. Pak zvolíme volbu „Zobrazit podrobnosti“ v pravém dolním rohu. Zobrazí se nám možnosti práce (Obrázek 3.6) v souřadných systémech světa, základny, nástroje nebo pracovní (souřadnicový systém pracovního objektu).

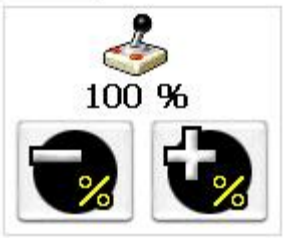
Obrázek 3.6 – Souřadné systémy

Pro nouzové vyjetí robotu z kolizního stavu stačí pracovat v režimu „Svět“ nebo „Základna“.

Následující řada tlačítek (Obrázek 3.7) reprezentuje ovládání robotu a to osy 1 až3 nebo 4 až 6. Taktéž můžeme volit mezi lineárním pohybem interface nebo kolem bodu v prostoru.

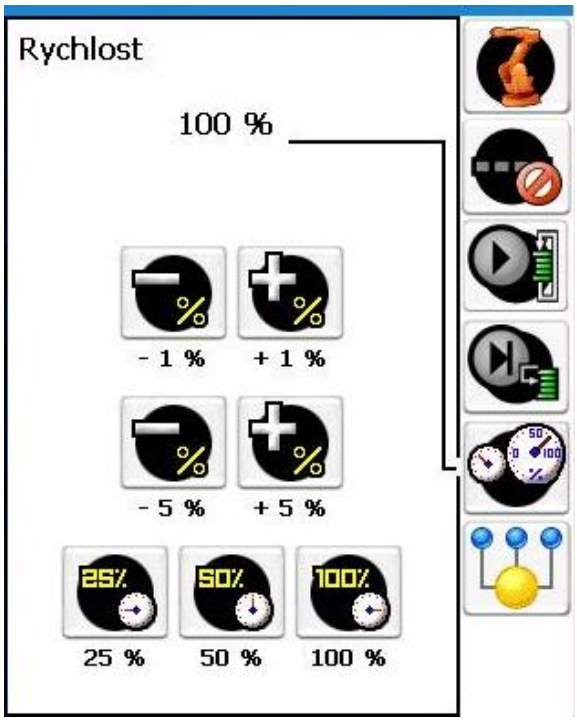
Obrázek 3.7 – Možnosti pohybů průmyslového robotu

V levé části máme možnost modifikovat nastavení rychlosti ručního ovládáni robotu (Obrázek 3.8), v hodnotách 10% (Aktuální hodnota 100%).



Obrázek 3.8 – Nastavení rychlosti ručního ovládání

Nebo si aktivovat rozšířené přestavení (Obrázek 3.9) nastavení rychlosti ručního ovládáni robotu (Aktuální hodnota 100%).



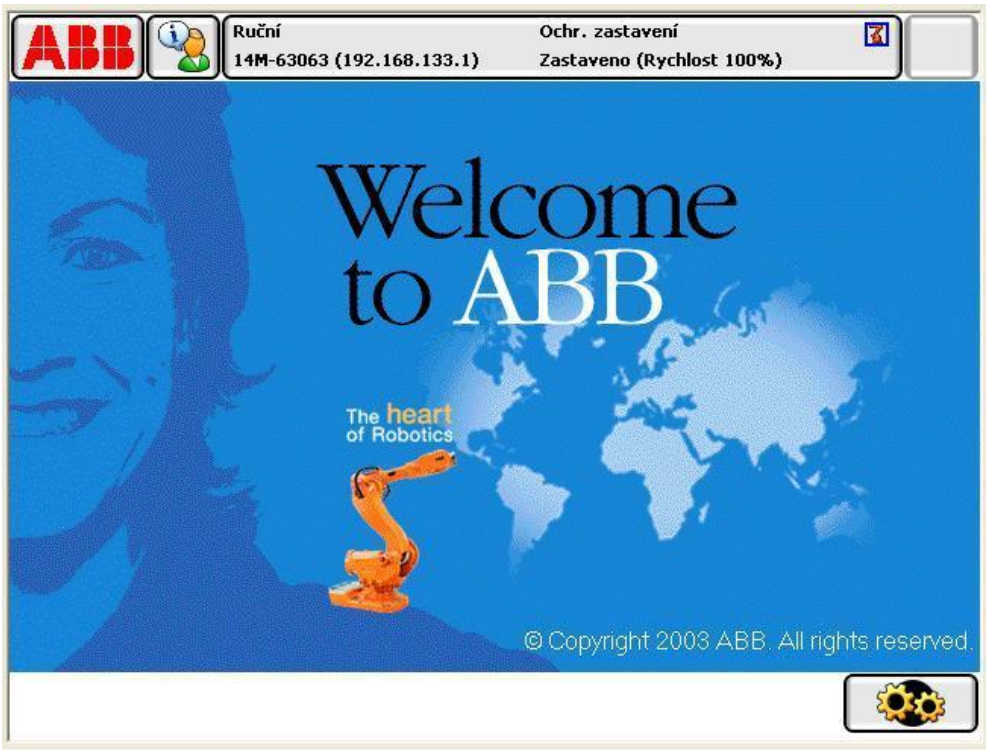
Obrázek 3.9 – Rozšířené nastavení rychlostí ručního ovládání

3.2 Uložení programu do řídicího systému

Nejprve si ukážeme jak nahrát námi vytvořený program do řídicí jednotky průmyslového robotu na pracovišti a posléze načtení zpět do ABB RS. Po spuštění Řídicího systému robotu (otočením hlavního vypínače na panelu IRC5 z polohy OFF do polohy ON) otočíme klíčkem do polohy pro ruční ovládaní (Poloha je označena symbolem ruky) dle obrázku (Obrázek 3.10).

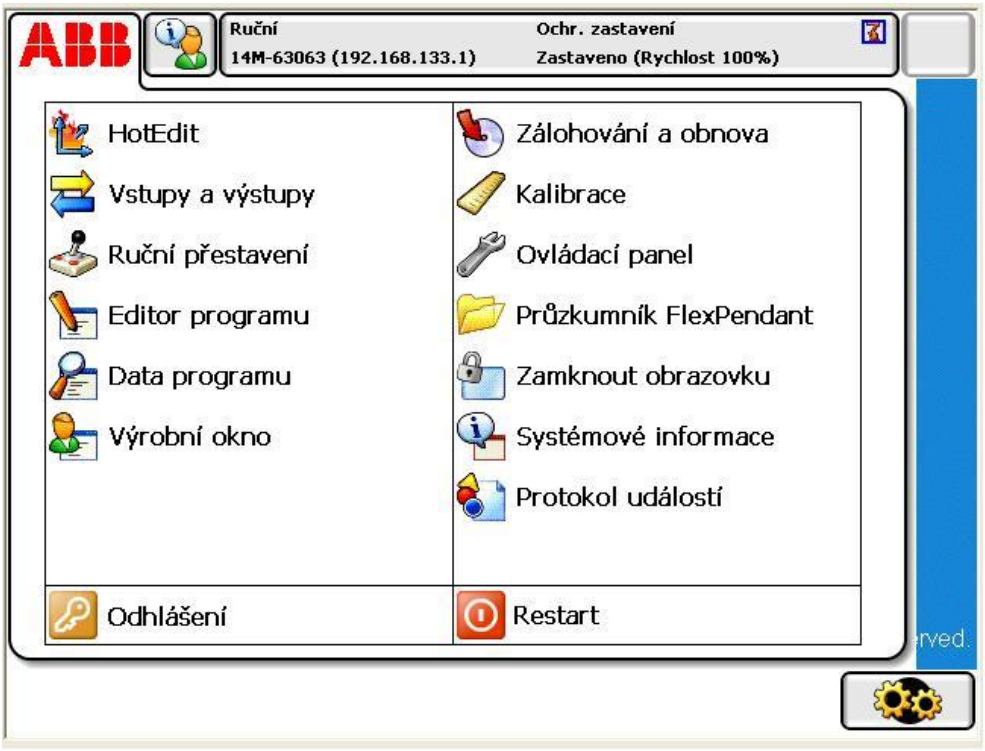
Obrázek 3.10 – Hlavní vypínač na řídicí jednotce IRC5

Na FlexPendantu klikneme na panel „**ABB**“ v levém horním rohu obrazovky (Obrázek 3.11).



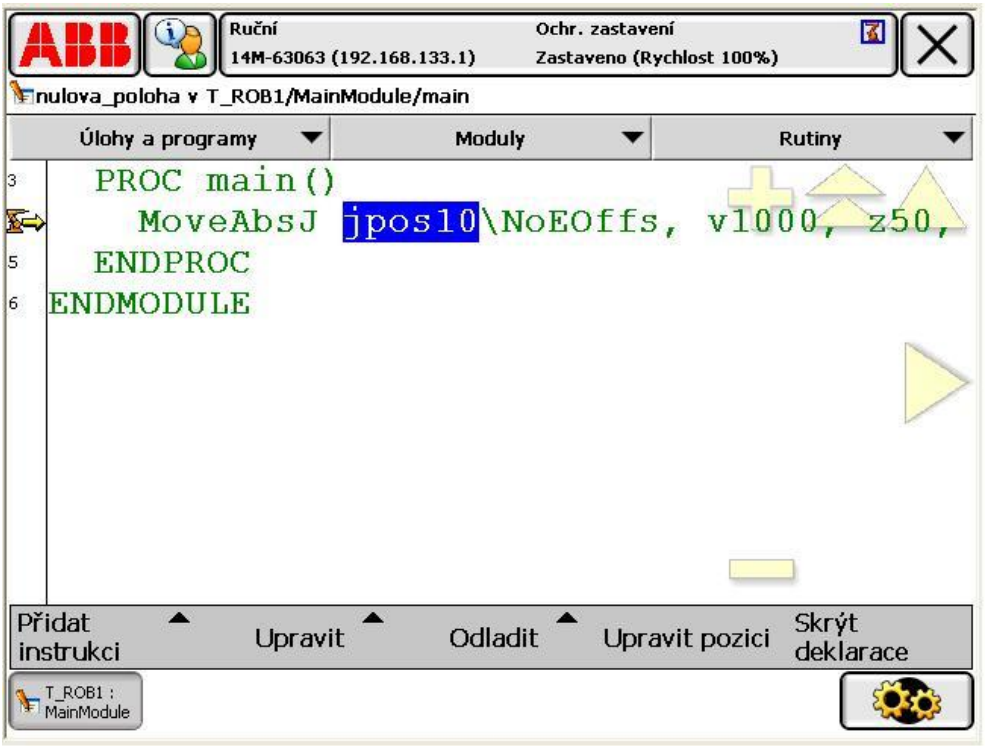
Obrázek 3.11 – *Úvodní obrazovka FlexPendant*

V novém okně zvolíme záložku „**Editor programu**“ v levém sloupci (Obrázek 3.12)



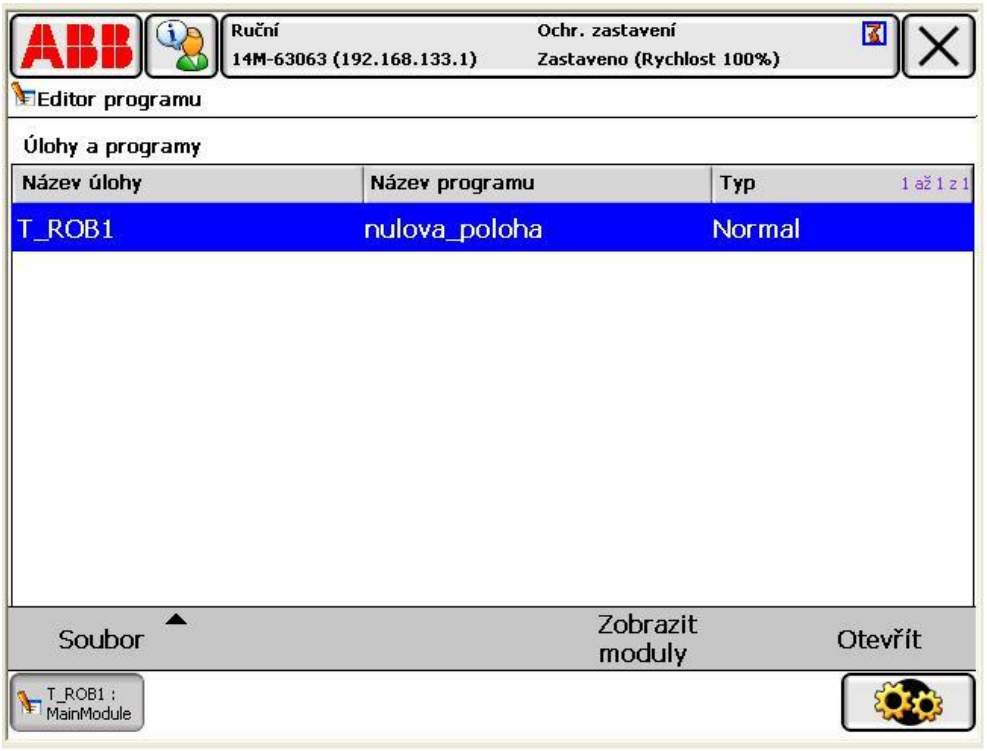
Obrázek 3.12 – Editor programu

V následujícím okně zvolíme možnost „**Úlohy a programy**“ umístěné na liště v levém horním rohu (Obrázek 3.13).



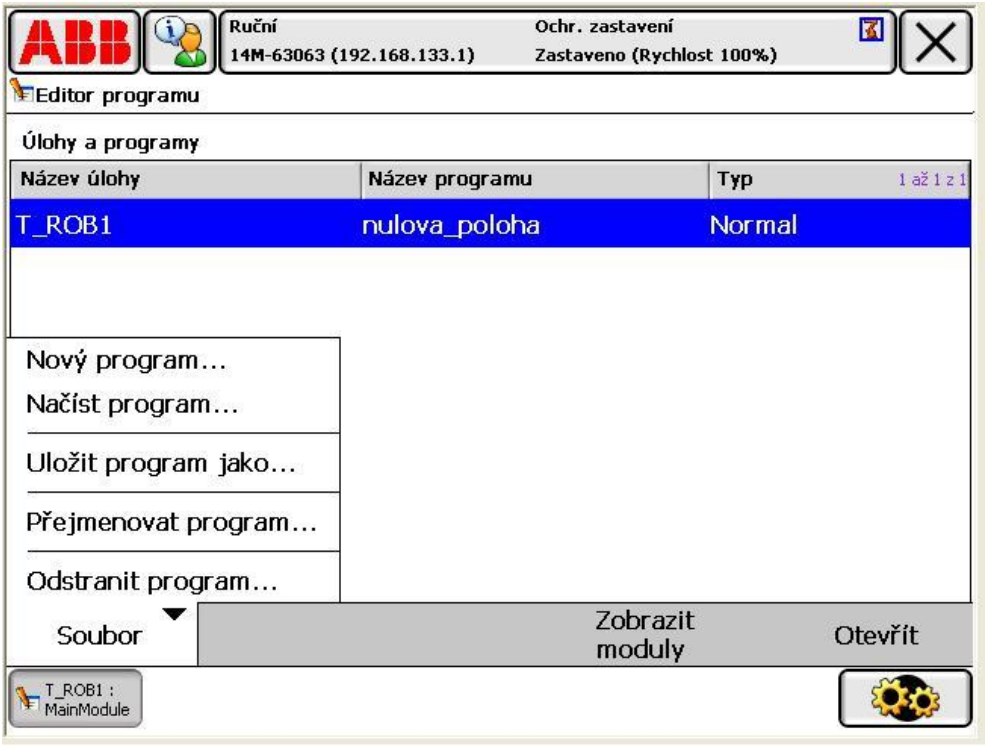
Obrázek 3.13 – Úlohy a programy

V dalším okně rozbalíme možnost „**Soubor**“ v levém dolním rohu (Obrázek 3.14).



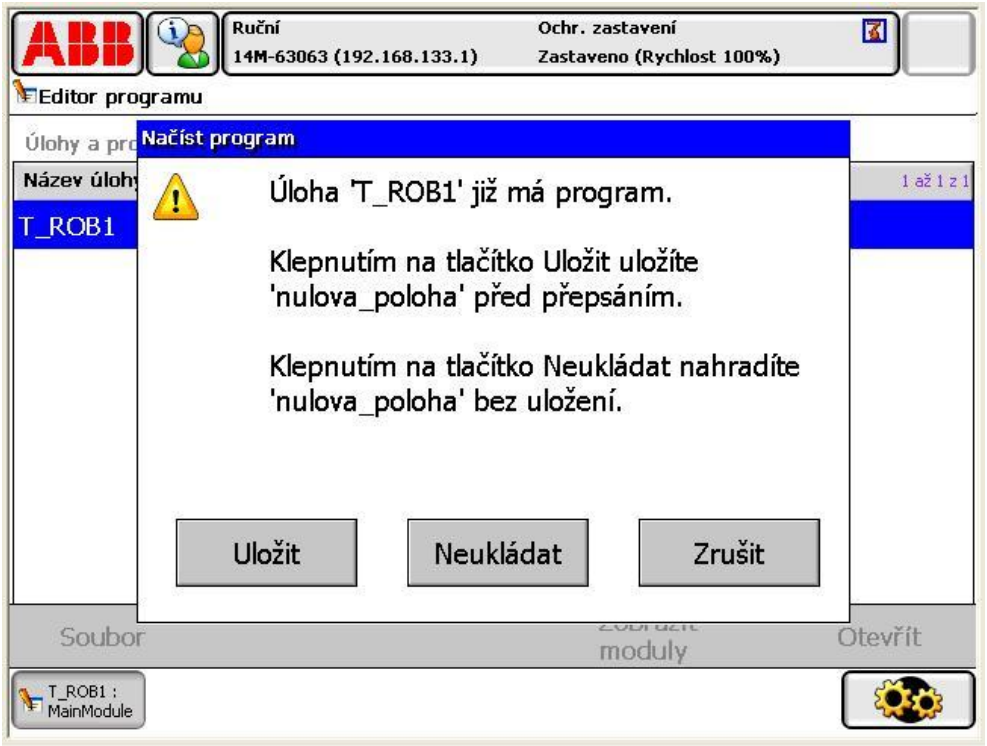
Obrázek 3.14 – Soubor

Na rozbalené roletě zvolíme možnost „**Načíst program…**“ (Obrázek 3.15).



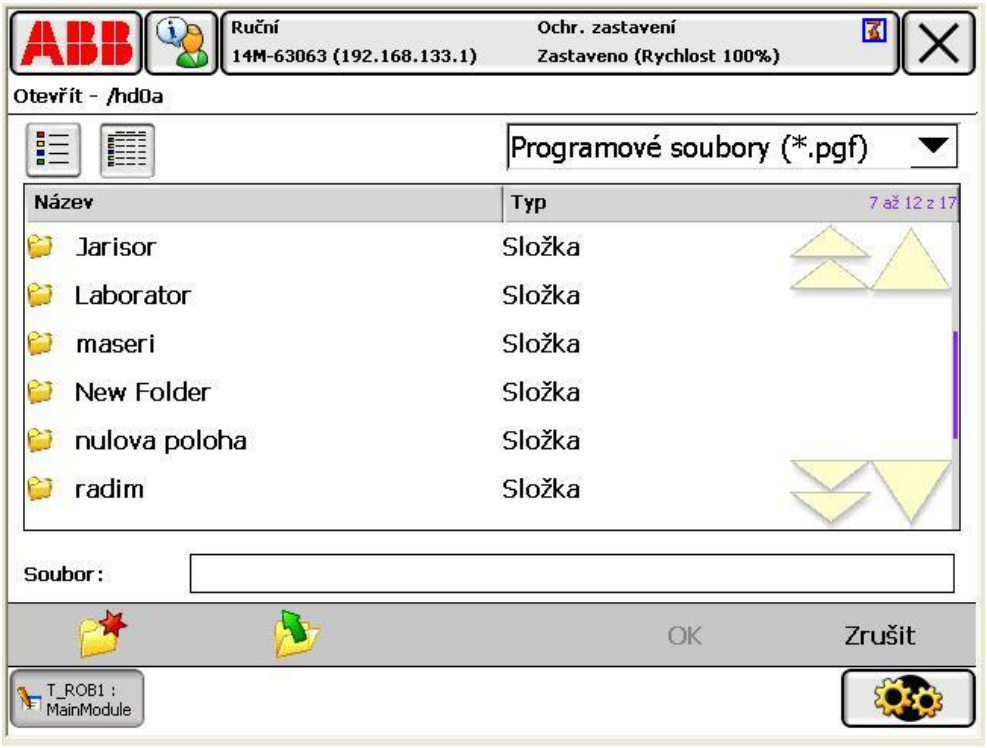
Obrázek 3.15 – Načíst program …

V následujícím okně zvolíme zda-li chceme předchozí program uložit nebo ne (Obrázek 3.16).



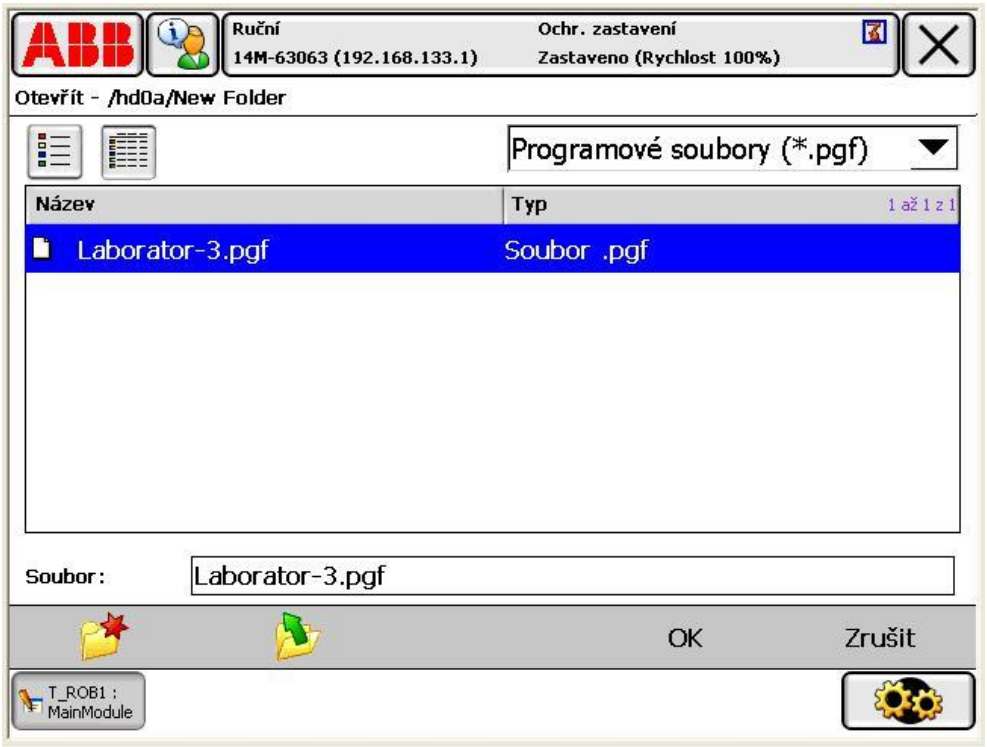
Obrázek 3.16 – Nabídka pro uložení programu

V případě zvolení možnosti „**Neukládat**“ otevřeme složku s obsahem vytvořeného programu, v našem případě má složka název „**New Folder**“ V seznamu složek se pohybujeme šipkami umístěnými v pravé části dotykového monitoru (Obrázek 3.17).



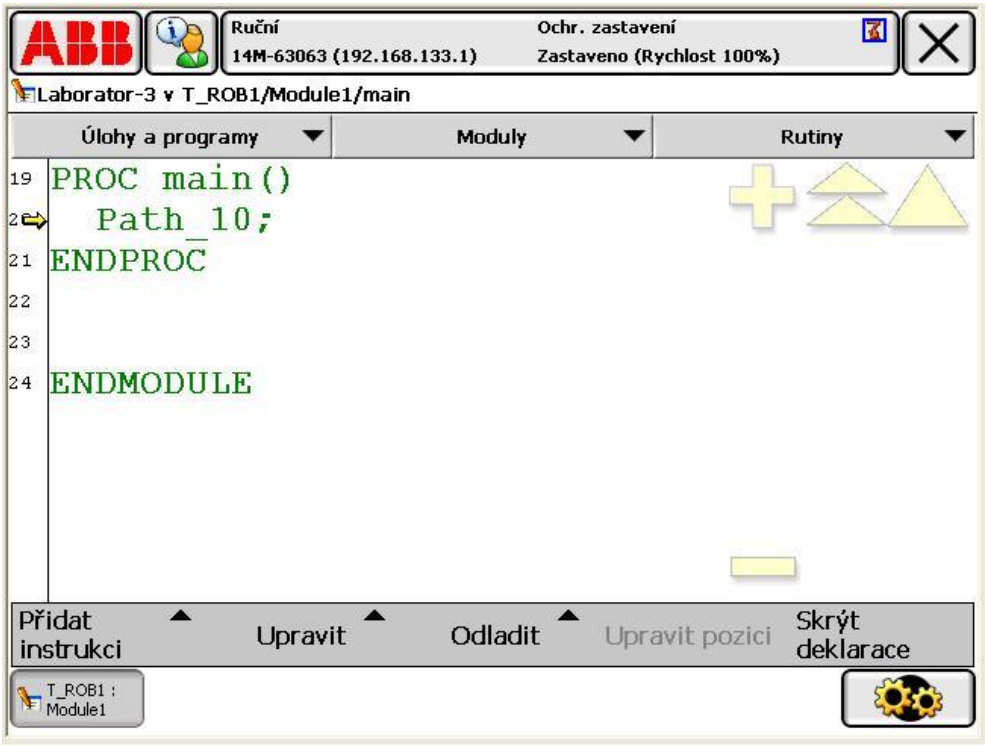
Obrázek 3.17 – Adresář s vytvořenými programy

Vybereme název našeho programu v našem případě „**Laborator-3**“ pro případ, že je ve složce uloženo více programu a zvolíme „**OK**“ v dolním pravém rohu (Obrázek 3.18).



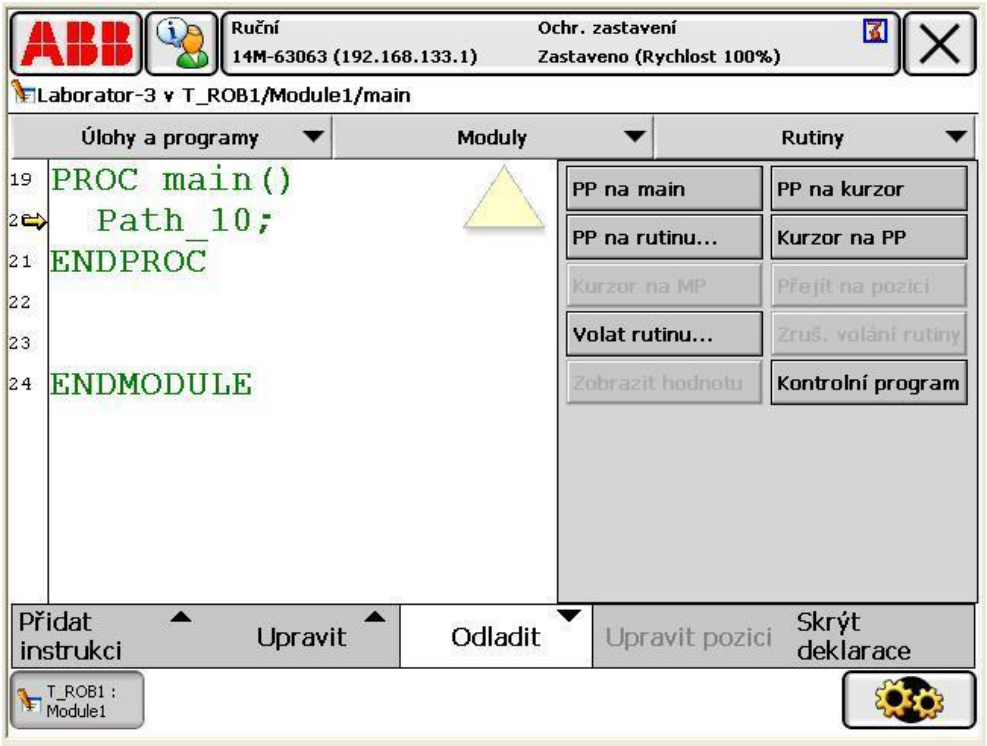
Obrázek 3.18 – Výběr programu

Program se musí nejprve odladit otevřením rolety „**Odladit**“ v dolní části obrazovky (Obrázek 3.19).



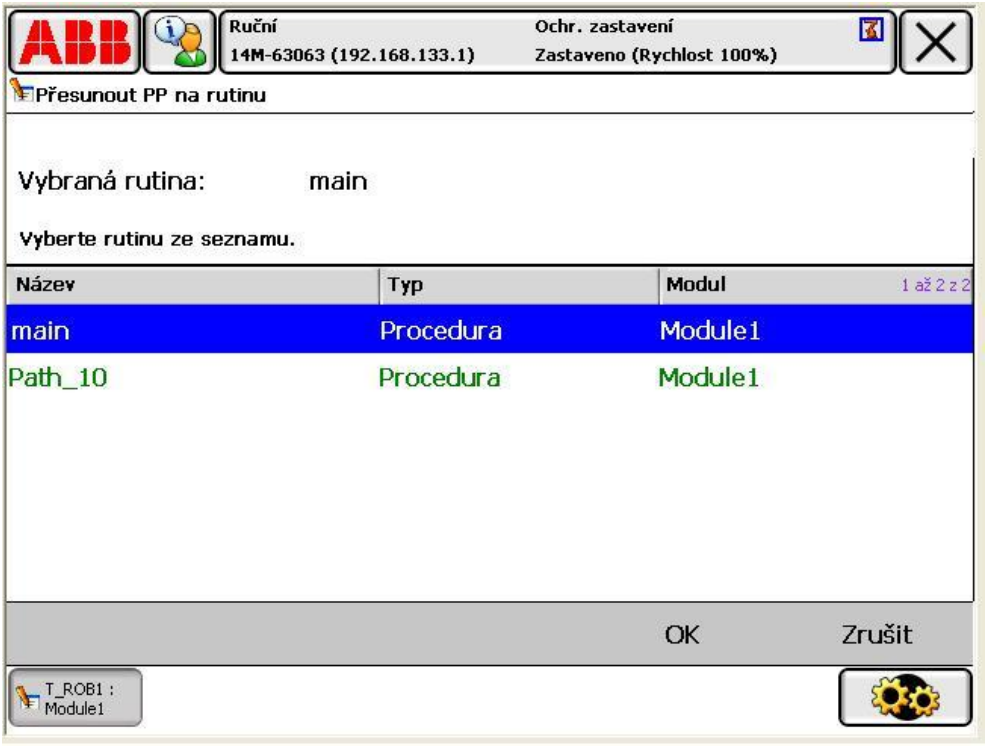
Obrázek 3.19 – Odladění

Zvolíme možnost „**PP na rutinu…**“ (Obrázek 3.20).



Obrázek 3.20 – PP na rutinu …

V následujícím okně zvolíme v našem případě možnost „**main**“ pokud máme vytvořeno více cest a chceme je spustit všechny. Pokud chceme spustit jednu z více vytvořených cest, pak jí zvolíme a zmáčkneme „**OK**“ v pravém dolním rohu (Obrázek 3.21).



Obrázek 3.21 – Výběr trajektorie (cesty)

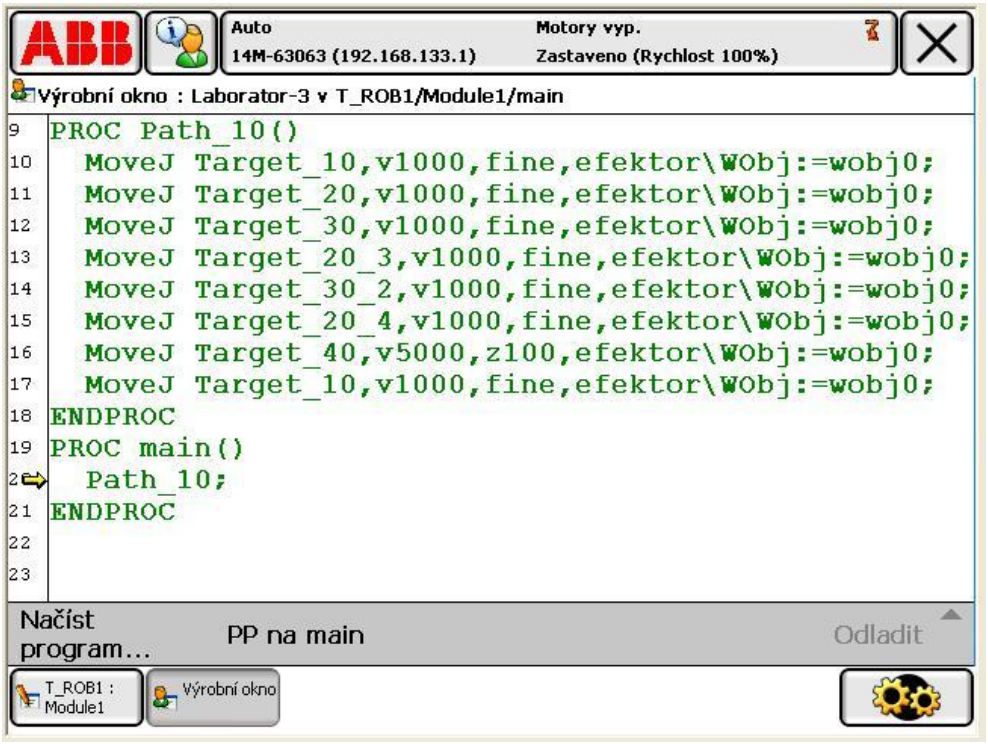
Spuštění robotu po námi vytvořené trajektorii provedeme tak, že levou rukou uchopíme FlexPendant tak, abychom dlaní zmáčkli bezpečnostní tlačítko na spodní části flexpendantu do střední polohy.

Pozn.: Přílišné stisknutí bezpečnostního tlačítka nebo naopak jeho nestisknutí má za následek nespuštění robotu.

Pravou rukou pak krokujeme námi vytvořenou trajektorii od bodu k bodu stiskem tlačítka „**Do předu**“ v pravém dolním rohu FlexPendantu.

Pokud se v průběhu krokování trajektorie nevyskytly žádné kolize, můžeme stisknout tlačítko „**play**“ v pravém dolním rohu FlexPendantu. Robot projede trajektorii samostatně při nízké rychlosti.

Pokud jsme spokojeni a nehrozí žádná kolize, můžeme klíček na hlavním panelu přepnout do automatického módu. Ten je signalizován upozorněním na displeji FlexPendantu, které potvrdíme a na hlavním panelu stiskneme bíle blikající tlačítko, které stisknutím uvede pohony robotu do chodu. FlexPendant opět uchopíme jako v předchozím postupu, ale tlačítko „**play**“ stiskneme pouze, krátce. V opačném případě se robot po chvíli zastaví. V automatickém módu robot projede trajektorii předepsanými rychlostmi, které odpovídají rychlostem, které jsme navolili v ABB RS mezi jednotlivými body (Obrázek 3.22).

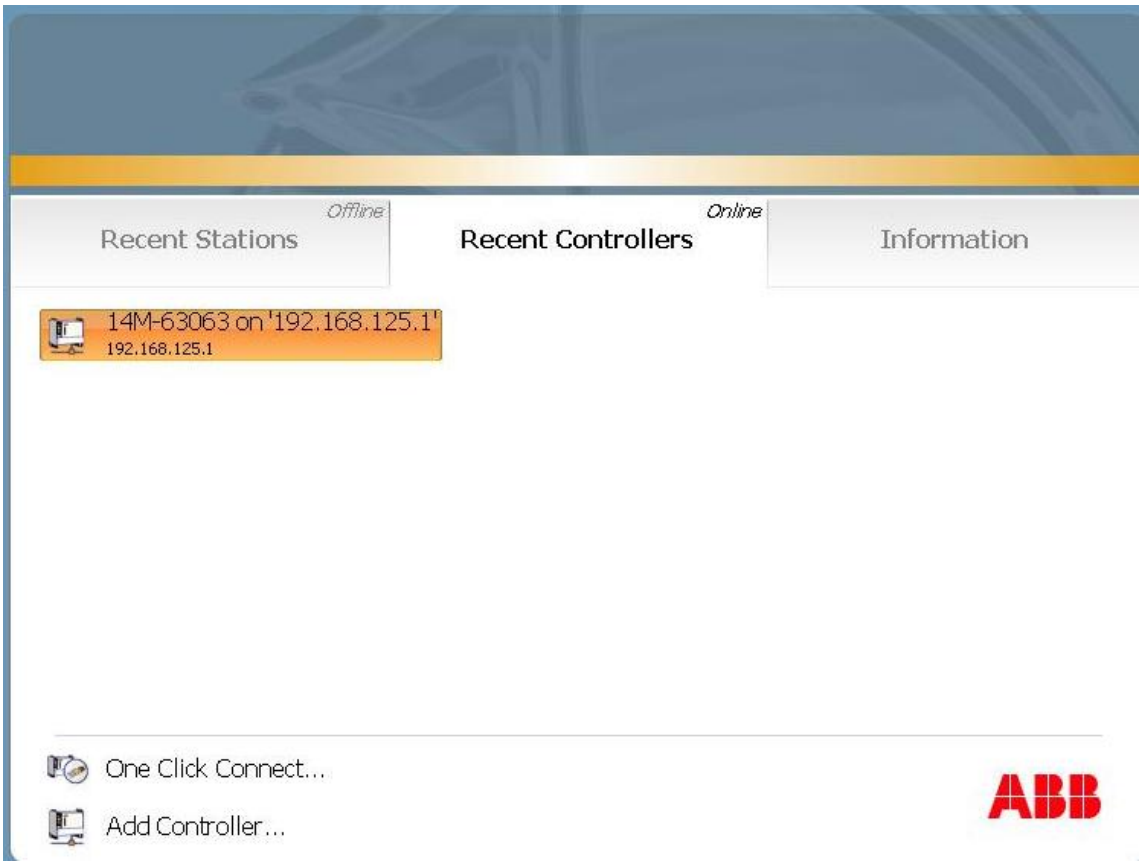


Obrázek 3.22 – Vizualizace načteného programu ve FlexPendantu

3.3 Načtení programu z řídící jednotky

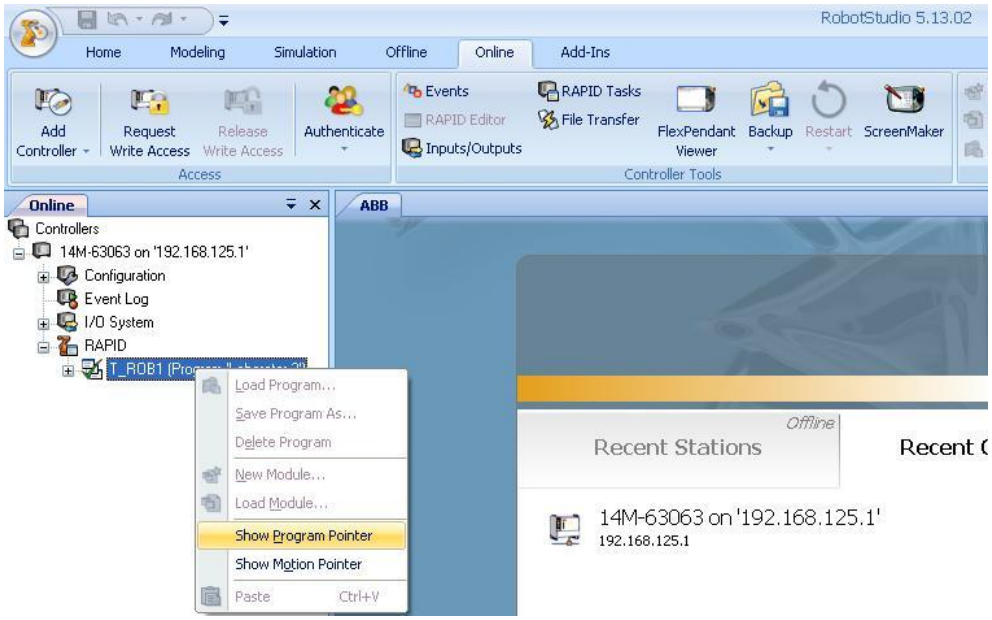
Programy, které jsou nahrány v řídicím systému robotu (vytvořené v ABB RS nebo pomocí FlexPendantu) lze zpravovat nejen pomocí FlexPendantu (řídicí panel), ale i přímo v ABB RS. Pro správu je doporučujeme uvést robot na hlavním ovládacím panelu do módu „**Automatické řízení**“.

V ABB RS se na úvodní stránce přepneme na kartu „***On-line***“. Počítač je připojen k řídící jednotce pomocí síťového kabelu, proto se nám v této kartě již zobrazuje možnost se k němu připojit (Obrázek 3.23).



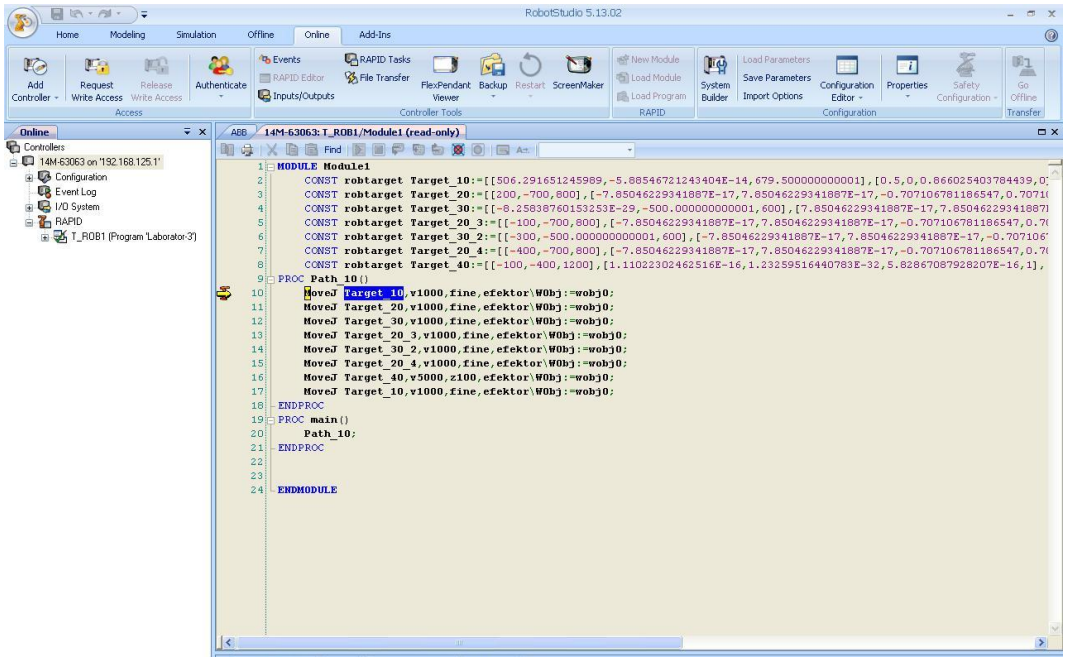
Obrázek 3.23 – Úvodní stránka ABB RS v kartě Online

V horní záložce menu ABB RS zvolíme záložku „**Online**“ a na levé straně ve stromu záložky Online otevřeme „**Controller**“ a v něm rozbalíme záložku „**Rapid**“, ve kterém se zobrazí aktuální program řídící jednotky. Kliknutím pravého tlačítka na myši zvolím možnost „**Show Program Pointer**“ dle obrázku (Obrázek 3.24).



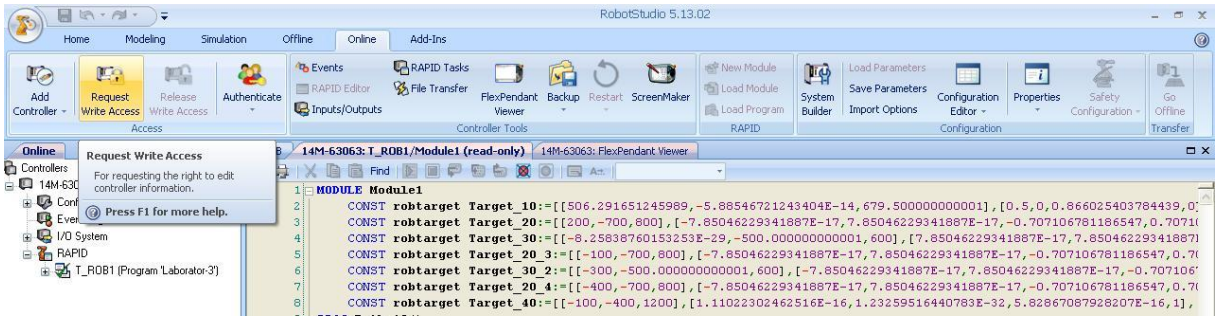
Obrázek 3.24 – Nabídka pro zobrazení programu

Po té se zobrazí program. Pozice, na které se momentálně robot nachází, je v programu označena symbolem robota se šipkou (pokud je program spuštěný), symbol se po řádcích posouvá směrem dolů dle posloupností instrukcí (Obrázek 3.25).



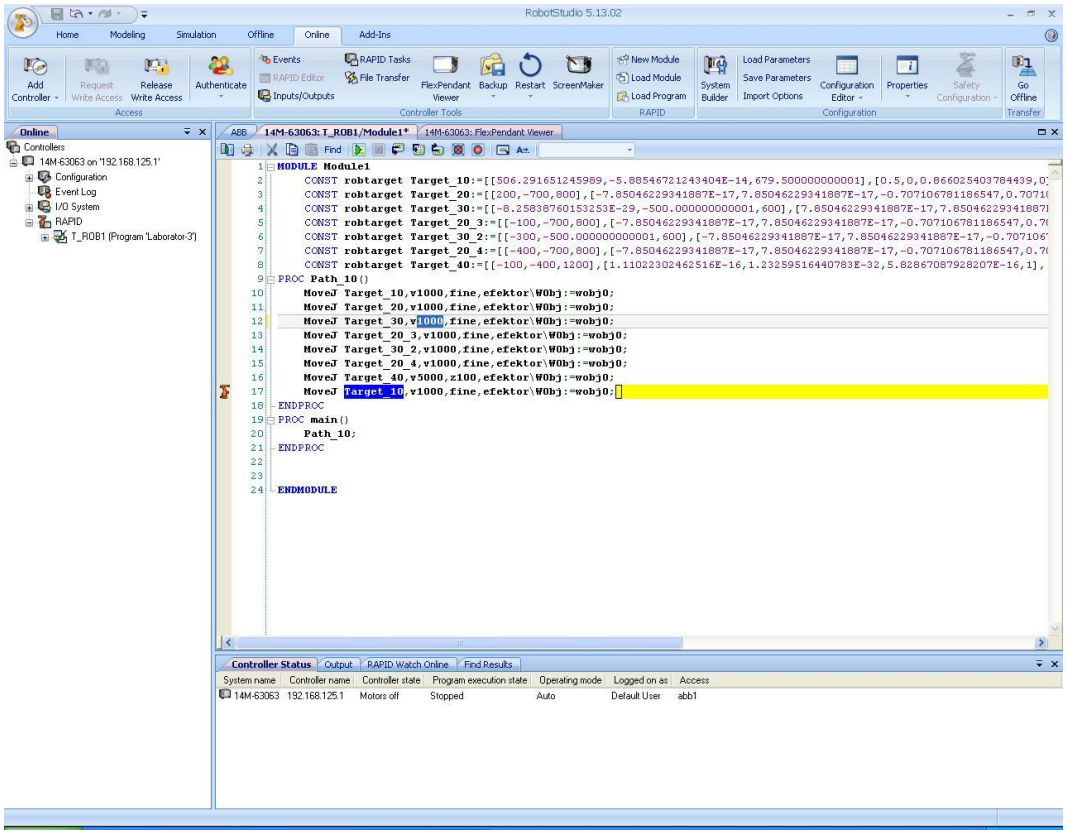
Obrázek 3.25 – Vizualizace programu v ABB RS

Spravovat program lze zvolením možnosti „**Request Write Access**“ což je znázorněno přepnutím pozadí programu z šedé barvy na bílou (Obrázek 3.26).



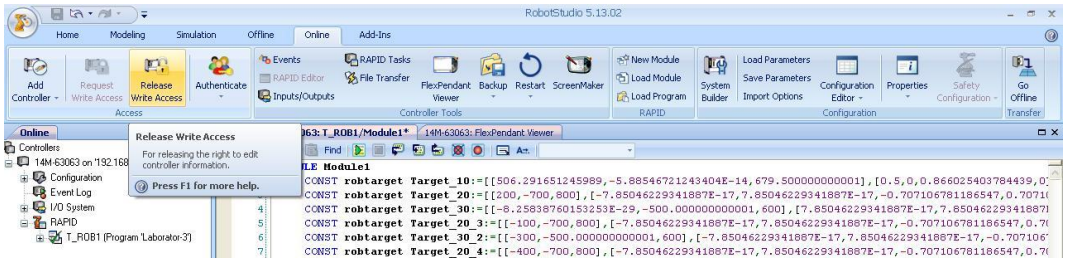
Obrázek 3.26 – Upravování programu v ABB RS

Nyní je možno pohybem kurzoru v řádcích programu upravovat data. V našem případě si zvýšíme rychlost **v** pro **Target_30** na 12 řádku programu z původní rychlosti 1000 na 5000 (Obrázek 3.27).



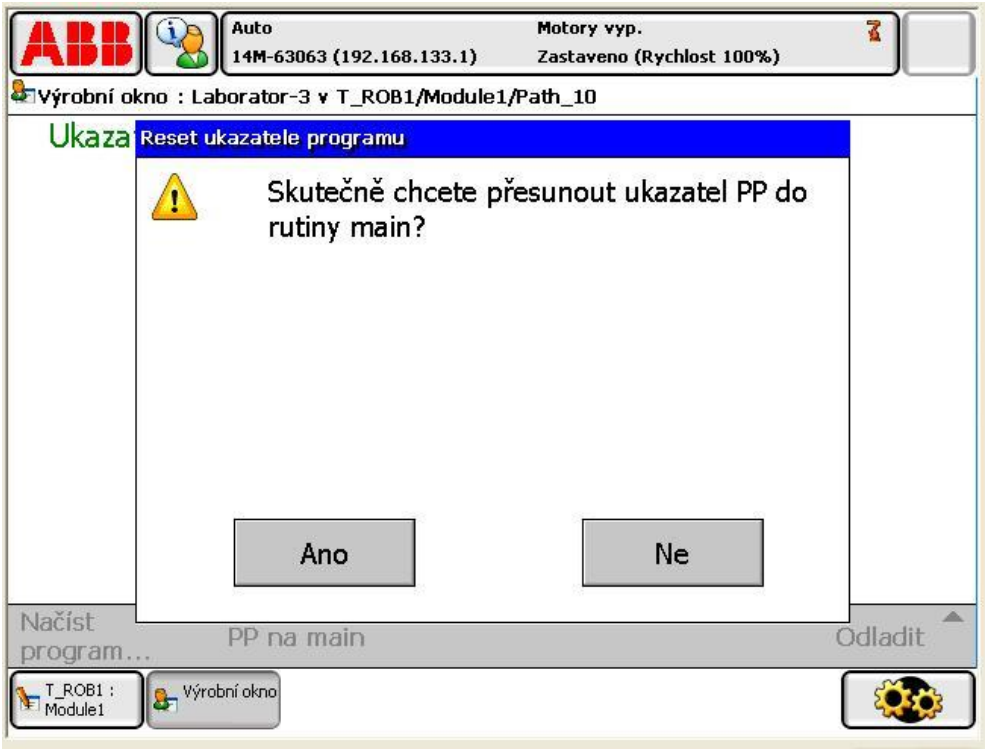
Obrázek 3.27 – Úprava dat v programu

Pro načtení upravených dat programu z ABB RS do řídicího systému robotu zvolíme příkaz „**Release Write Access**“ (Obrázek 3.28).



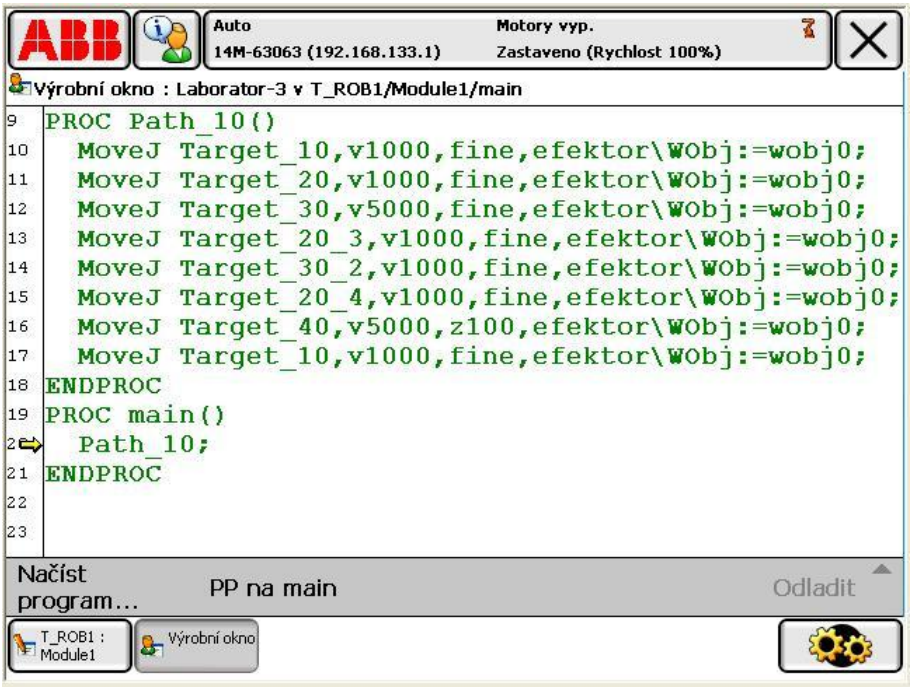
Obrázek 3.28 – Uložení programu do řídicího systému

Na FlexPendantu se poté objeví v důsledku změn v datech programu upozornění „**Ukazatel programu není k dispozici**“. Abychom se dostali k aktualizovaným datum programu je nutné na dolní liště FlexPendantu zvolit možnost „**PP na main**“. Objeví se varovaní (Obrázek 3.29), kterou potvrdíme volbou „**Ano**“ a tím potvrdíme změnu původního programu.



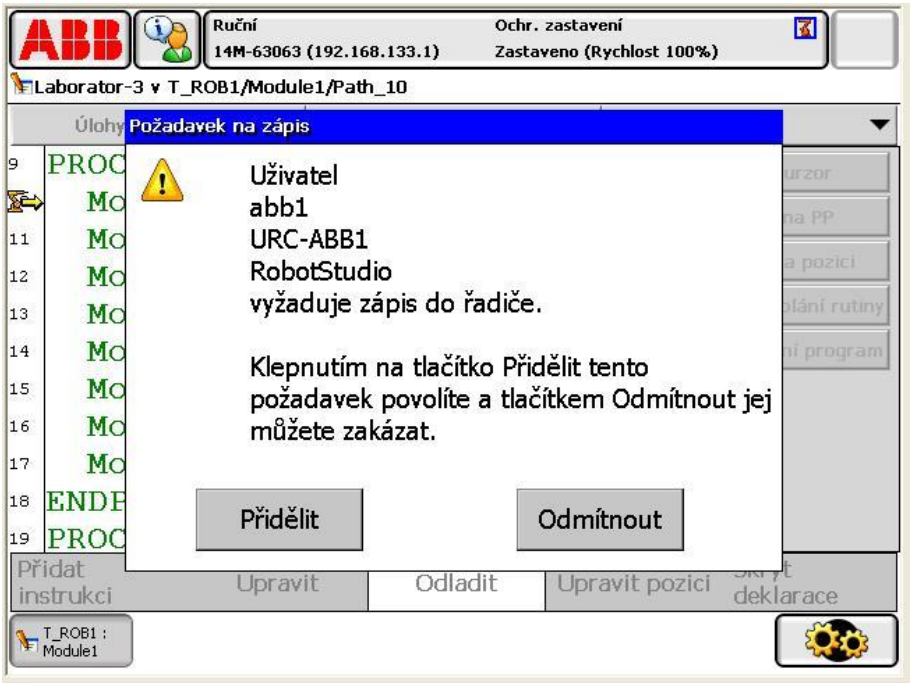
Obrázek 3.29 – Vizualizace varování

Po potvrzení se na FlexPendantu objeví aktualizovanými program (Obrázek 3.30).



Obrázek 3.30 – Aktualizovaný program zobrazený na FlexPendantu

Pro opětovné spuštění je zapotřebí nově upravený program nejprve spustit v režimu ručního řízení a zjistit zda-li úpravy dat nezpůsobí kolize. A po odkrokování programu můžeme teprve přepnout řídicí systém robotu do automatického módu. V případě, že chceme provézt změny v programu volbou „**Request Write Access**“ a robot je spuštěn v ručním řízení, musí operátor na FlexPendantu „**Přidělit**“ povolení ke změně dat v programu (Obrázek 3.31).



Obrázek 3.31 – Požadavek k zápisu

DALŠÍ ZDROJE

SKAŘUPA, Jiří., MOSTÝN, Vladimír. *Teorie průmyslových robotů*. 1. vyd. Košice: Edícia vedeckej a odbornej literatúry - Strojnícka fakulta TU v Košiciach, VIENALA Košice, 2001. 150 s. ISBN 80-88922-35-6.

SZCZEPONIEC, Jiří. *Návrh a realizace výukového RTP pro PR ABB IRB 140 na UCR*. Ostrava, 2010. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robototechniky. Vedoucí práce Ing. Ladislav Kárník, CSc.

LIPINA, Jan. *Návrh RTP s roboty ABB s využitím SW Robot Studio*. Ostrava, 2010. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robototechniky. Vedoucí práce Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

BURKOVIČ, Jan. *Navrhování výrobních systému s PR*. In *Sborník konference Setkání ústavů a kateder oboru výrobní stroje a robotika, Liberec, 12. - 13. 9. 2005*. 2005. s. 25. 1-25. 5. ISBN 80-7083-970-8.

ABB ROBOTICS. *Operating manual : RobotStudio 5.14*. Revision: E. Sweden : 2011. 506 s. Dostupné z WWW: <http://www05.abb.com/global/scot/scot352.nsf/veritydisplay/b89f55fae160601cc125786b00510703/$file/3HAC032104-001_revE_en.pdf>. Document ID: 3HAC032104-001.

Station Signals and Event Manager | RobotStudio.

Dostupné z WWW: <http://www.youtube.com/watch?v=1GM60H4_GaE>

Setup and Program a Station with Conveyor Tracking | RobotStudio.

Dostupné z WWW: <http://www.youtube.com/watch?v=WkiTUwQFixo>

Edit and Debug | RobotStudio.

Dostupné z WWW: < http://www.youtube.com/ watch?v=I04Gx8qIP8M >

Create Path from Curve | RobotStudio.

Dostupné z WWW: < http://www.youtube.com/watch?v=ezRYlpYxfqk>

Collision Controll | RobotStudio.

Dostupné z WWW: < http://www.youtube.com/ watch?v=P6zxso_xpeY>

OBSAH CD-ROMU

ABB Robot Studio – Návody (.pdf)

Seznam animací dostupných na přiloženém CD-ROM

1. Efektor (.avi)
2. Modelování (.avi)
3. Off-line_On-line (.avi)
4. On-LINE (.avi)
5. ON-LINE-UCR (.avi)
6. Polohovadlo (.avi)
7. Rychlá tvorba trajektorie (.avi)
8. Systém (.avi)
9. Provoz *(Vzorové video)* (.avi)
10. Simulace krizových stavů *(Vzorové video)* (.avi)

Seznam programů dostupných na přiloženém CD-ROM

1. OJ-10_P (.rspag)
2. RS_RTP_Provoz (.rspag)
3. UCR pracoviste s roboty komplet (.rspag)
4. UCR pracoviste TRAJEKTORIE (.rspag)
5. UCR pracoviste UDALOSTI (.rspag)

Seznam komponentů dostupných na přiloženém CD-ROM

1.	Čelist	Celist	(.sat)
		Efektor	(.sat)
2.	Knihovna prvků	EFEKTOR_SA-GP-110	(.rslib)
		Konzola	(.rslib)
		odkladaci_stul	(.rslib)
		PGN_plus_80_1	(.rslib)
		podstava_irb_140	(.rslib)
		prepravka	(.rslib)
		SA_GP-110	(.rslib)
		ucr-irb140	(.rslib)
		zaves	(.rslib)
3.	Polohovadlo	DRZAKY	(.sat)
		SLOUP	(.sat)
		STUL	(.sat)
4.	Polohovadlo UCR	01_stojan	(.sat)
		02_tocna	(.sat)
		03_rameno	(.sat)
		04_deska	(.sat)