

Bezpečnost a práce s roboty

Pavel Krsek

listopad 2024

- ◆ Poučení o bezpečnosti práce v laboratoři
- ◆ Práce s roboty (zapnutí, vypnutí, ...)
- ◆ Návštěva v laboratoři (ukázka na místě)



Poučení o bezpečnosti práce

Práce v laboratoři a s robotem (manipulátorem)

Roboty jsou v „podnájmu“ v části laboratoře skupiny BDC

- ◆ Je nutné se chovat nanejvýš ohleduplně.
- ◆ Nadměrně nehlučet a nechodit mimo část laboratoře s roboty.
- ◆ Nepřemísťovat nábytek a nevyužívat pracovní místa mimo míst u robotů.

Přístup do laboratoře na kartu

- ◆ Nepouštějte do laboratoře osoby, které neznáte.
- ◆ Pokud jsou dveře přes den otevřené (zajištěné klínkem), ponechte je tak.
- ◆ Pokud odcházíte poslední zhasněte a dveře zavřete.



JP:B-415

Zásady pobytu v laboratoři

- ◆ Neběhat a nehoupat se na židlích.
- ◆ Svě věci (kabát, taška, ...) umístit tak, aby nebránili v pohybu po laboratoři.
- ◆ Zejména nesmí odložené věci bránit v opuštění laboratoře v případě nebezpečí.
- ◆ V laboratoři není dovoleno konzumovat jídlo a pití.
V zadní části laboratoře je kuchyňka. Ta není určena pro naše použití.

V laboratoři musíte být vždy minimálně ve dvou

Jde o bezpečnostní opatření, abyste nezůstali sami bez pomoci.
O víkendu můžete na záchranu čekat i několik dní.



Nebezpečí požáru a prevence

- ◆ Pracujeme s elektrickými stroji, které mohou způsobit požár, i když je nebezpečí malé.
- ◆ Baterie mohou být zdrojem požáru. Nenechávejte baterie (notebook) bez dozoru.
- ◆ Při odchodu vždy vypněte robot/y (pokud na něm nikdo nepokračuje v práci).
- ◆ V laboratoři se nesmí manipulovat s otevřený ohněm.

Protipožární výbava

- ◆ Laboratoř je vybavena systémem automatických sprinklerů.
- ◆ V laboratoři a na přilehlých chodbách jsou k dispozici přenosné hasicí přístroje.
- ◆ U vchodů jsou hlásiče požáru (tlačítko pod sklem).

Při požáru zbytečně neriskujte život.

Raději zásah přenechte profesionálům, které zavoláte.



Nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Co smím a nesmím

- ◆ Studenti nesmí zapojovat ani přepojovat žádné kabely.
- ◆ Studenti nesmí zařízení rozebírat ani ho jinak upravovat.
- ◆ Nesmí se používat poškozené kabely a zařízení.
- ◆ Studenti mohou připojit vlastní notebook (či obdobné zařízení) do elektrické sítě. Robot však ovládejte pouze z PC, které je k němu připojeno.
- ◆ Zařízení bez napětí je pouze pokud je řádně zajištěno proti náhodnému zapnutí. To splňuje vytažení přívodu ze zásuvky. Vypnutí síťového vypínače nestačí.

Jak řešit problémy

- ◆ Závady neprodleně hlásit vyučujícímu, který zjedná nápravu.
- ◆ K vypnutí elektrické sítě v laboratoři jsou určena červená tlačítka označená „Central Stop“. To je správná cesta jak osobu zasaženou elektrickým proudem „odpojit“.
- ◆ Při úrazu elektrickým proudem poskytnout odpovídající první pomoc.



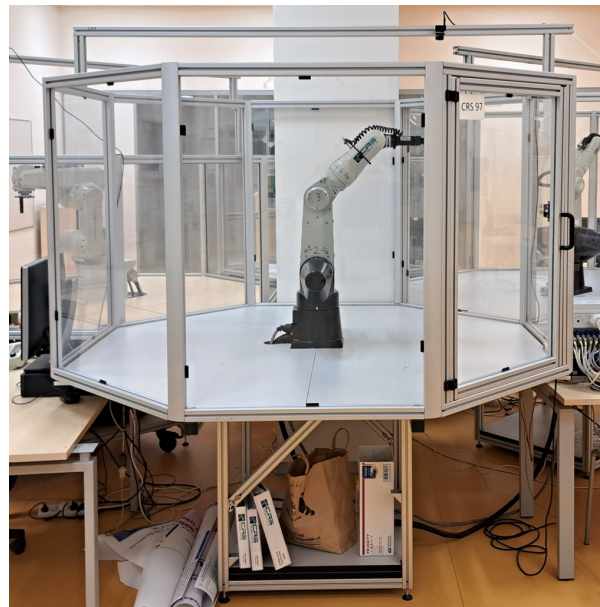
Zajištění bezpečnosti při práci s roboty

Pracovní prostor robotu (manipulátoru)

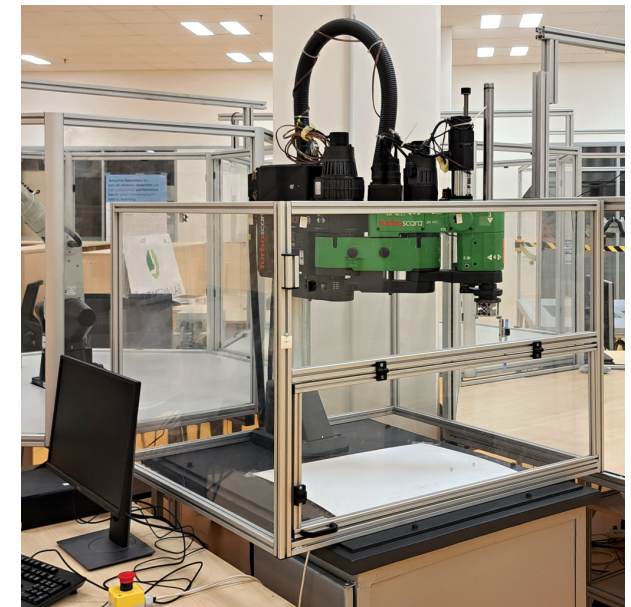
- ◆ Pracovní prostor robotu Mitsubishi RV6SDL je vymezen stolem na němž je robot umístěn.
- ◆ Ostatní roboty mají ochranný kryt z plexiskla, který vymezuje jejich pracovní prostor.
- ◆ Součástí krytu je otvírací část (dveře), která umožňuje obsluze zasahovat do pracovního prostoru robotu.
- ◆ Dveře jsou vybaveny bezpečnostním spínačem, který při otevření zastaví robot.



Mitsubishi RV6SDL



CRS A465



Bosch SR450

Bezpečnostní zastavení (emergency stop)

Bezpečnostní tlačítko a deaktivace robotu

- ◆ Každý robot má jeden, nebo více bezpečnostních spínačů (emergency stop).
- ◆ Aktivací bezpečnostního spínače se deaktivuje (zastaví) robot. To je zajištěno odpojením napájecího napětí motorů.
- ◆ S ohledem na konstrukci robotu, je třeba počítat s tím, že zastavení není okamžité. Vlivem gravitace se může i stojící rameno při deaktivaci robotu pohnout.
- ◆ Roboty mají různé typy bezpečnostních spínačů. Seznamte se se způsobem jejich aktivace i deaktivace.



Bezpečnost při programování a testování

Před aktivací robotu (zahájením pohybu)

- ◆ Do pracovního prostoru robotu nesmí nikdo vstupovat.
- ◆ Pokud je robot aktivován, není dovoleno ani sahat do jeho pracovního prostoru.
- ◆ Vyžaduje-li to řešená úloha je možné do pracovního prostoru robotu vstoupit, ale pouze po deaktivaci robotu aktivací bezpečnostního tlačítka či spínače.
- ◆ Před deaktivací bezpečnostního spínače a aktivací robotu (zapnutí napájení motorů) musí všichni opustit pracovní prostor robotu.
- ◆ Student, který robota řídí (obsluha) se musí před aktivací robotu ujistit, že v pracovním prostoru není žádná osoba ani neočekávaná překážka.

Pokud je robot aktivní (při pohybu)

- ◆ Před aktivací a po celou dobu, kdy se robot pohybuje, musí mít obsluha ruku připravenou na bezpečnostním tlačítku.
- ◆ Ihned jakmile se robot nepohybuje dle očekávání (podle programu), je nutné stisknout (aktivovat) bezpečnostní tlačítko.
- ◆ Bezpečnostní tlačítko je nutné také okamžitě stisknout, pokud dojde k narušení pracovního prostoru (nějaká osoba do prostoru vstoupí či jen sáhne).

Když dojde k nehodě či požáru

1. Neprodleně vyvolat poplach (oznámit událost)

- ◆ Oznámit událost vyučujícímu, nebo jinému zaměstnanci.
- ◆ Není-li nikdo přítomen oznámit službě na vrátnici.
- ◆ Vyžaduje-li to situace volat složky IZS:

	HASIČI	 150
	ZÁCHRANNÁ SLUŽBA	 155
	POLICIE	 158
SOS	TÍSŇOVÁ LINKA	 112

2. Poskytnout pomoc dle možností

- ◆ Při poskytování pomoci se nevystavujte nadměrnému riziku.
- ◆ Zraněný či mrtvý nikomu nepomůžete.

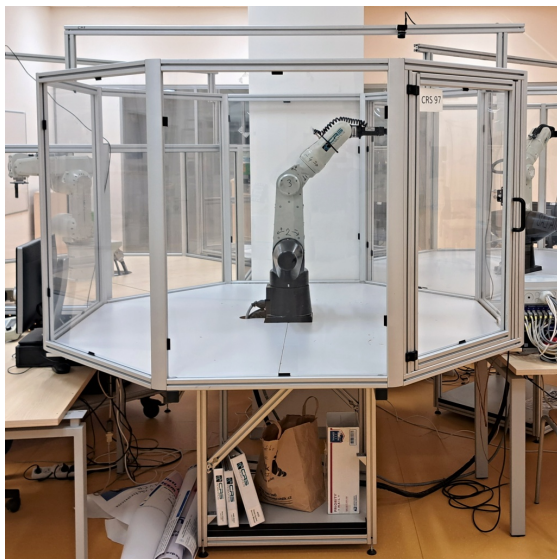
3. Řídit se instrukcemi zaměstnanců ČVUT a členů IZS

Práce s robotem (manipulátorem)

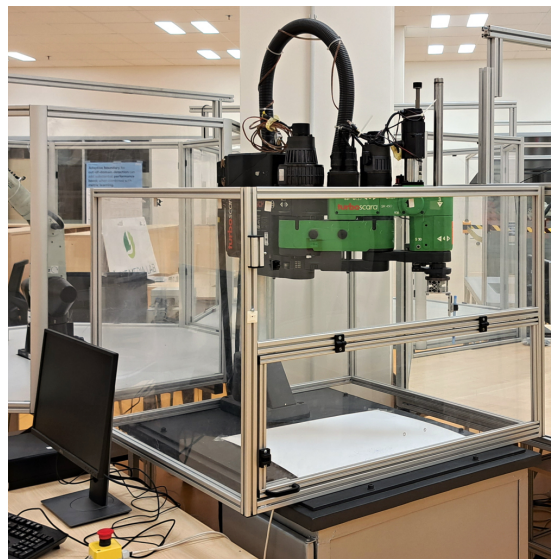
- ◆ Programové rozhraní
- ◆ Spuštění a vypnutí robotu
- ◆ Tipy k práci s robotem

Robotická pracoviště

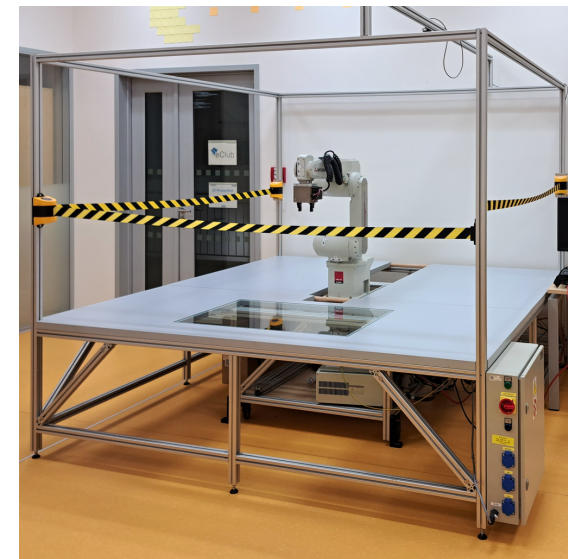
Robot	Počet pracovišť	Počet os	Řídicí jednotka	Programové rozhraní
CRS A465	2	6	Mars	Python
Bosch SR450	1	4	Mars	Python
Mitsubishi RV6SDL	1	6	Mitsubishi	Nepoužívá se



CRS A465



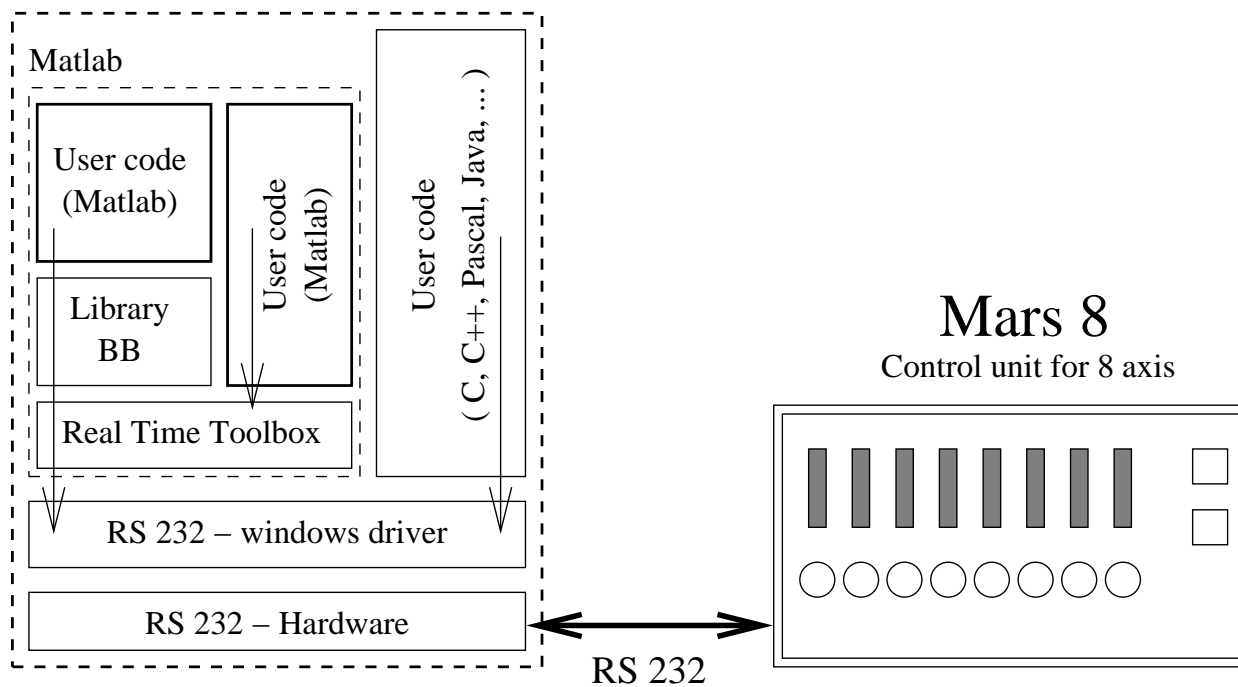
Bosch SR450



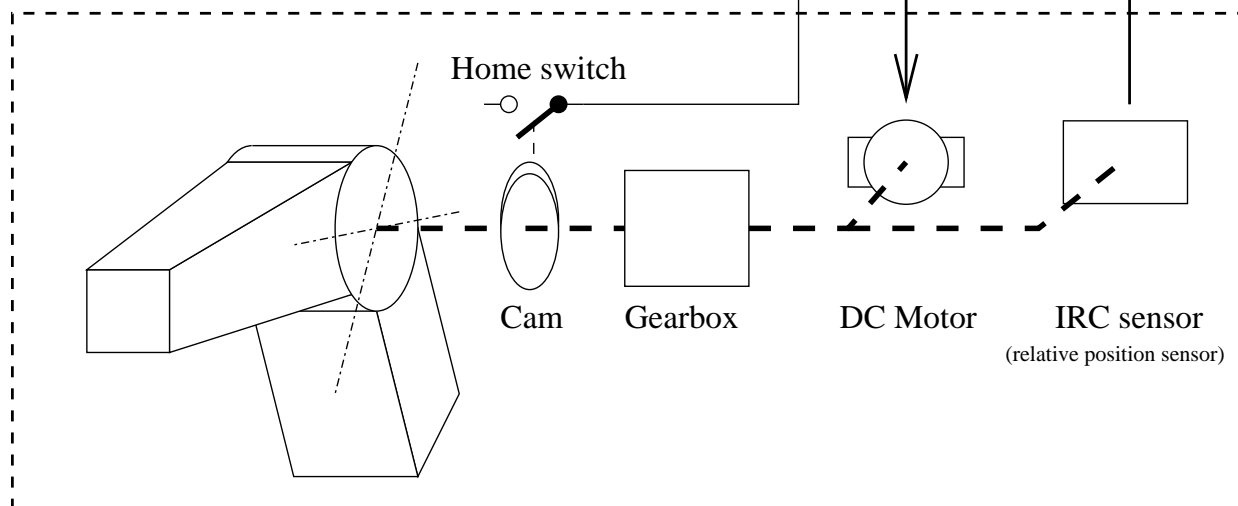
Mitsubishi RV6SDL

Princip řízení manipulátoru

PC



Robot



Čtěte pečlivě návod. Postupujte bod po bodu a nic nepřeskakujte.

CRS A465 - objektové rozhraní v jazyku Python

- ◆ Návod (případně zdrojový kód) na GitHub:

https://github.com/CTURobotics/ctu_crs

Bosch SR450 - objektové rozhraní v jazyku Python

- ◆ Návod (případně zdrojový kód) na GitHub:

https://github.com/CTURobotics/ctu_bosch_sr450

Kamera

- ◆ Pracoviště s roboty CRS A465 jsou vybaveny kamerou.
- ◆ Je to barevná kamera **Basler ace 2, a2A1920-51gcBAS** s rozlišením 1920 × 1200.
- ◆ Pro nastavení a zobrazení živého náhledu je možné použít program **pylon Viewer**.
- ◆ Návod na CourseWare:

https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b3b33rob1/common/camera_crs

Programové rozhraní pro práci s robotem

Inicializace prostředí

- ◆ K dispozici je objektové rozhraní v jazyce Python (přístupné na GitHub).
- ◆ Rozhraní je připraveno ve formě instalačních balíčků pro PIP.
Instalace `pip install ctu_crs`, nebo `pip install ctu_bosch_sr450`.
- ◆ Na počítačích u robotů je **rozhraní nainstalováno** jako součást Python.
- ◆ Importovat je potřeba pouze rozhraní robotu, který používáte.

```
import numpy as np

from ctu_crs import CRS93
from ctu_crs import CRS97
from ctu_bosch_sr450 import RobotBosch
```

Zapnutí robotů CRS

- ◆ Před navázáním spojení je nutné **zapnout řídicí jednotku**.
- ◆ Inicializace programového rozhraní (dle robotu s nímž pracujete):

```
robot = CRS93(tty_dev="/dev/mars")  
robot = CRS97(tty_dev="/dev/mars")
```

- ◆ **Kontrola, že v pracovním prostoru nikdo není.**
- ◆ Před inicializací robotu je nutno **zapnout motory** (žluté tlačítko).
- ◆ Inicializace robotu (probíhá „Hard Home“ pokud nezadáme jinak):

```
robot.initialize()  
robot.initialize(home=False)
```

- ◆ **VIDEO**

Zapnutí robotů Bosch

- ◆ Inicializace programového rozhraní a komunikace je stejná jako v případě robotu CRS:

```
robot = RobotBosch(tty_dev="/dev/mars")
```

- ◆ **Kontrola, že v pracovním prostoru nikdo není.**
- ◆ Motory lze zapnout až po potvrzení od řídicího programu.
- ◆ Nejdříve se spustí inicializace robotu:

```
robot.initialize()
```

- ◆ Po chvíli program vypíše požadavek na zapnutí motorů.
- ◆ Nyní je možné **zapnout motory** (žluté tlačítko).
- ◆ Následuje inicializace robotu (probíhá „Hard Home“).
- ◆ **VIDEO**

Doporučení pro práci s roboty

Vypnutí motorů

- ◆ Pokud chcete vstoupit do pracovního prostoru deaktivujte předem motory. Tím se vyhnete případnému přechodu do chybového stavu.
- ◆ Po deaktivaci bezpečnostního vypínače lze motory opět zapnout.
- ◆ Vypnutí motorů se provede příkazem:

```
robot.release()
```

◆ VIDEO

Chyba motorů a její nulování

- ◆ Chyba motoru je vyvolána při neočekávaném pohybu motoru.
- ◆ Chyba je indikována blikáním červené kontrolky a zelené kontrolky příslušného motoru.
- ◆ Chyby všech motorů lze nulovat příkazem:

```
robot.reset_motors()
```

Pohyb robotu a ukončení práce

Příklad kódu pro pohyb robotu

```
q_deg = np.array([0, -45, -45, 0, 0, 0])
q_rad = np.deg2rad(q_deg)
robot.move_to_q(q_rad)
robot.wait_for_motion_stop()
print(robot.in_motion())

q_rad = robot.get_q()
q_deg = np.rad2deg(q_rad)
print("Position [deg]: ", q_deg)
```

Ukončení práce s robotem

```
robot.soft_home()
robot.close()
```

- ◆ **Před vypnutím uveďte robot vždy do „rozumné“ polohy (home).**
- ◆ Po skončení práce vypněte řídicí jednotku robotu.
- ◆ Doporučuji ještě aktivovat bezpečnostní tlačítko.
To zabrání náhodnému spuštění po startu řídicí jednotky.

Přímá a inverzní kinematika

CRS A465

- ◆ FK i IK je k dispozici.
- ◆ “pose” je definována 4x4 transformační maticí v homogenní soustavě souřadnic (SE3). Transformaci ze souřadnicové soustavy (SS) chapadla do SS základny.
- ◆ Nezapomeňte, že IK má více řešení jejichž pořadí není dáno.

```
pose = robot.fk([0, 0, 0, 0, 0, 0])  
qs = robot.ik(pose)
```

Bosch SR450

- ◆ FK i IK je k dispozici.
- ◆ Pořadí souřadnic kartézské souřadné soustavy $[x, y, z, \varphi]$.
- ◆ Nezapomeňte, že IK má více řešení jejichž pořadí není dáno.
- ◆ Pokud budete používat 3 rotační kloub pro rozšíření pracovního prostoru, bude doplnění částí vlastního řešení IKT pravděpodobně nutné.

```
x, y, z, phi = robot.fk([0, 0, 0, 0])  
qs = robot.ik([x, y, z, phi])
```

Ovládání chapadla (roboty CRS)

Absolutní polohování

- ◆ Řízení na sílu je pouze simulováno.
- ◆ Řídí se na polohu s nastaveným maximálním I do motoru.
- ◆ Čím větší je odchylka od polohy tím větší je síla až do limitu.
- ◆ Při překročení bezpečnostních mezí regulátoru je vyhlášena chyba.
- ◆ Poloha snímána potenciometrem \Rightarrow nespolehlivé, nestálé.
- ◆ Zvyšování hodnoty odpovídá otvírání.

```
robot.gripper.control_position(1000)  
robot.gripper.control_position(0)  
robot.gripper.control_position(-1000)
```

Alternativní relativní polohování

```
robot.gripper.control_position_relative(0.0)  
robot.gripper.control_position_relative(1.0)
```

Počítače u robotů

- ◆ Jsou připojeny do lokální sítě.
- ◆ Přihlašovací údaje má každý student vlastní (heslo v BRUTE).
- ◆ Nejsou připojeny domovské adresáře FEL.
- ◆ Doporučujeme použít GIT, nebo podobné nástroje.

Organizace práce u robotů

- ◆ Práce formou volné laboratoře (7:00 - 19:00).
- ◆ Rezervační systém pro roboty (Součást odevzdávacího systému BRUTE).
- ◆ Rezervace není nutná, ale studenti s rezervací mají přednost.
- ◆ Počet rezervací na studenta omezen na 4 časová okna.
Rezervace zaniká při uplynutí, nebo zrušením.

Návštěva laboratoře

