

# 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)

# Umístění laboratoře a přístup

3/23

**Roboty jsou v „podnájmu“ v části laboratoře skupiny BDC**

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

# Obecná pravidla chování v laboratoři

4/23

## Zásady pobytu v laboratoři

- ◆ Neběhat a nehoupat se na židlích.
- ◆ Své 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.



# Požární bezpečnost

5/23

## 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 otevřeným 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

6/23

## 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

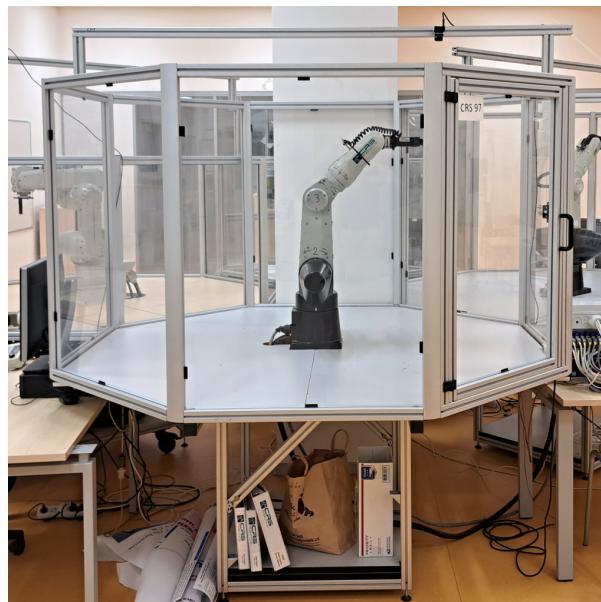
7/23

## Pracovní prostor robotu (manipulátoru)

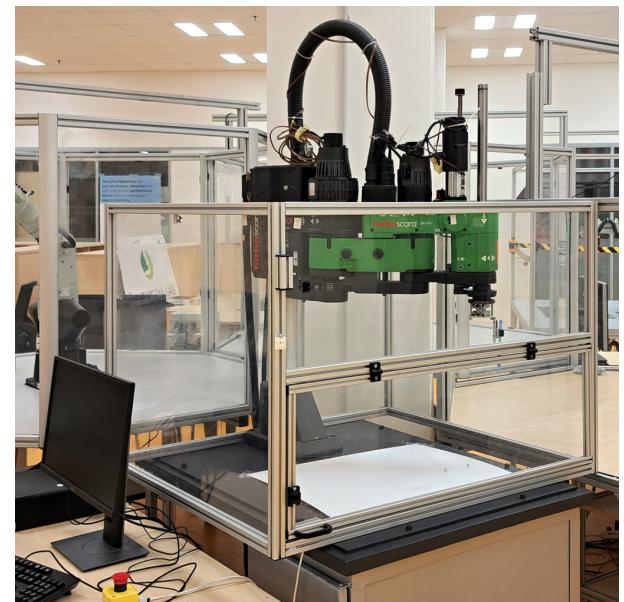
- ◆ Pracovní prostor robot Mitsubishi RV6SDL je vymezen stolem na němž je robot umístěn.
- ◆ Ostatní roboty mají ochranný kryt z plexiskla, který vymezuje jejich pracovní prostor.
- ◆ Součástí krytu je otvírací část (dveře), která umožňují obsluze zasahovat do pracovního prostoru robotu.
- ◆ Dveře jsou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



Mitsubishi RV6SDL



CRS A465



Bosch SR450

# Bezpečnostní zastavení (emergency stop)

8/23

## 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

9/23

## Před aktivací robotu (zahájením pohybu)

- ◆ Do pracovního prostoru robotu nesmí nikdo vstupovat.
- ◆ Pokud je robot aktivován, není dovolenou 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

10/23

## 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:



## 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

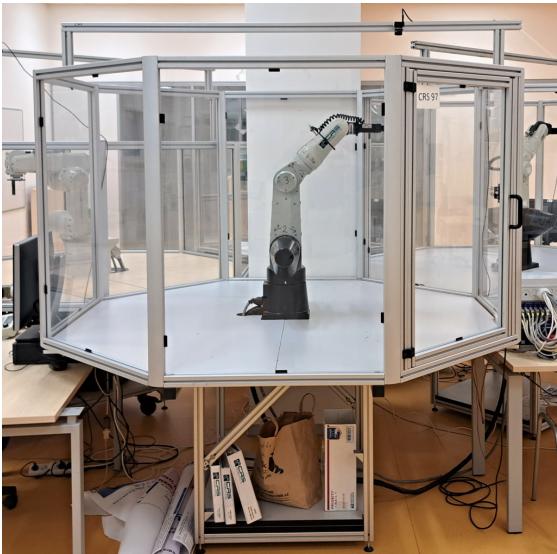
# Práce s robotem (manipulátorem)

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

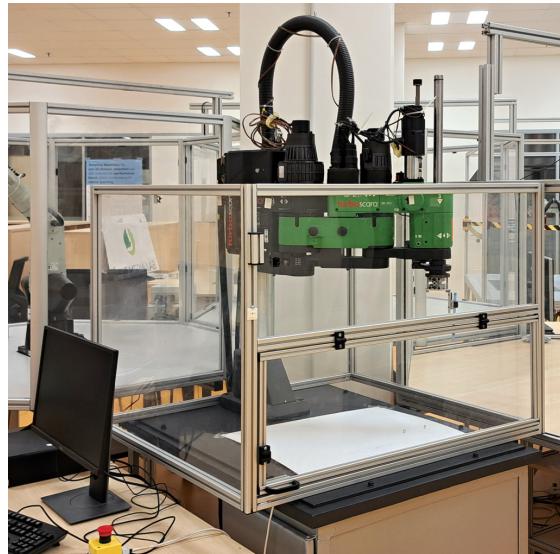
# Robotická pracoviště

12/23

Robot	Počet pracovišť	Počet os	Řídící 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

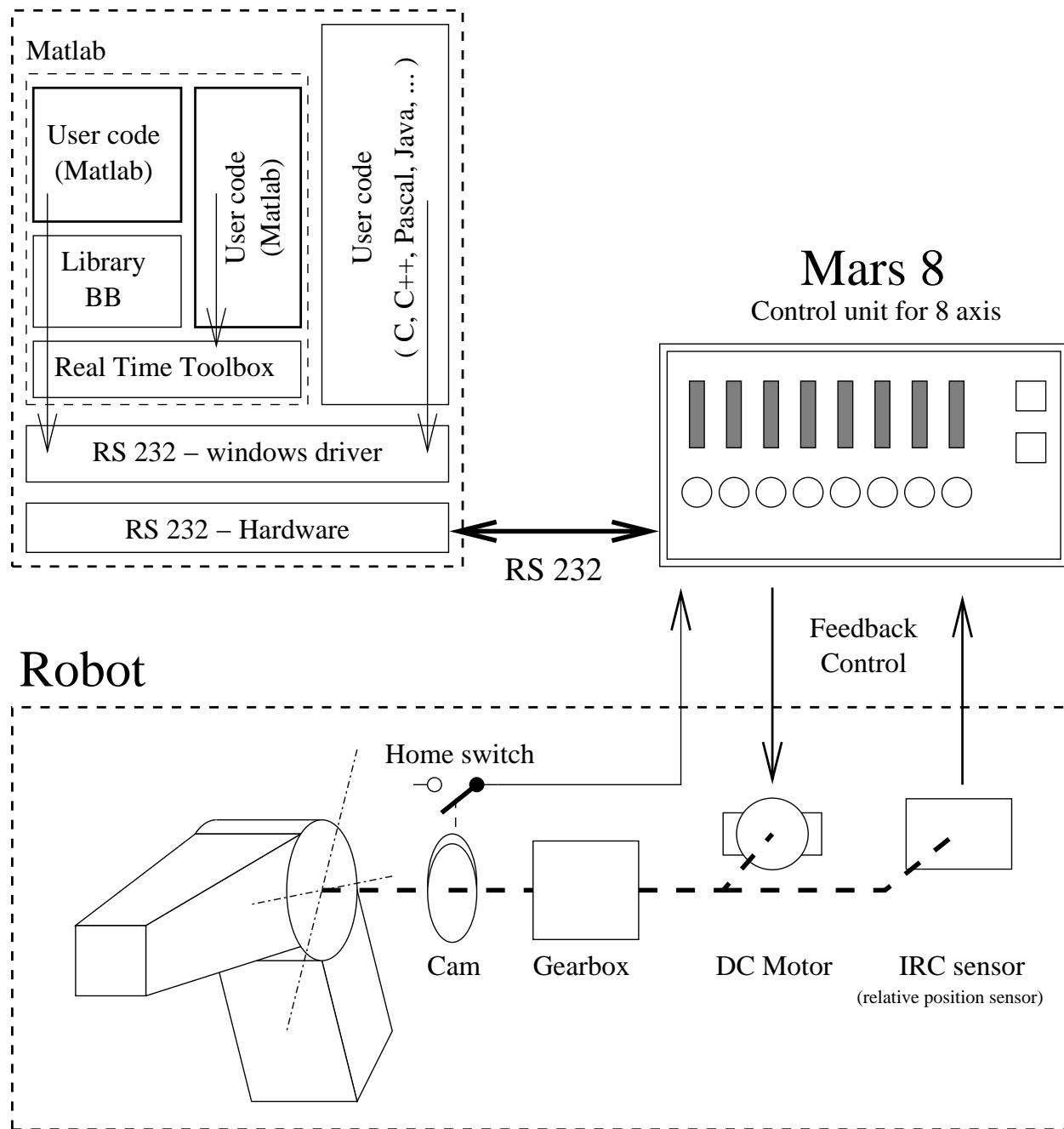


Mitsubishi RV6SDL

# Princip řízení manipulátoru

PC

13/23



# Návody k řízení robotů

14/23

**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](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](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  $1920 \times 1200$ .
- ◆ 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](https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b3b33rob1/common/camera_crs)

# Programové rozhraní pro práci s robotem

15/23

## 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

17/23

- ◆ 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 řídícího 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

18/23

## 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

19/23

## 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 uvedte 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

20/23

CRS A465

- ◆ FK i IK je k dispozici.
- ◆ "pose" je definována  $4 \times 4$  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 chlapadla (roboty CRS)

21/23

## 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 ⇒ 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

