

3D tiskárna typu SCARA

Semestrální práce

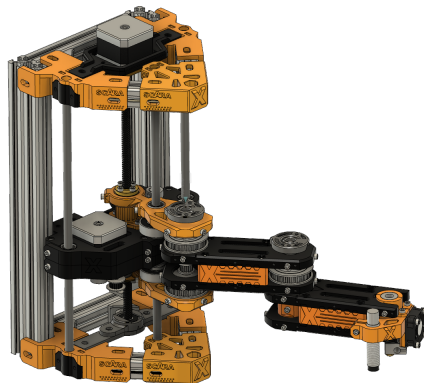
Autor práce: TOMÁŠ BATELKA

Vedoucí práce: doc. Ing. PETR VYROUBAL, Ph.D.

Brno, 2025

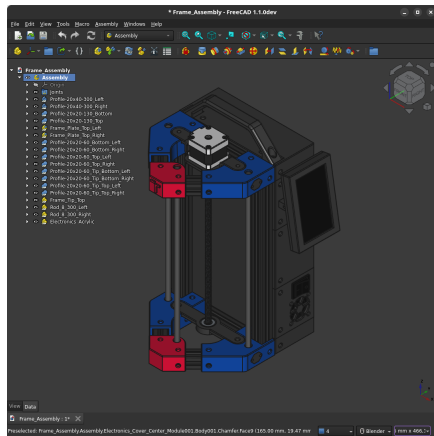
- Seznámit se s kinematikou SCARA ✓
- Provést srovnání kinematik FFF 3D tiskáren ✓
- Navrhnout konstrukční řešení SCARA 3D tiskárny ⌚
 - Základna ✓
 - Skříň se elektronikou ✓
 - Rameno
 - Toolhead
- Vybrat komponenty pro stavbu 3D tiskárny ⌚
- Implementovat kinematiku do firmwaru Klipper ⌚
- Sestavit 3D tiskárnu, zkalibrovat a otestovat ji

- V oblasti 3D tisku je SCARA kinematika málo používaná
- Chybějící implementace v Klipperu
- 3D tiskárny s kinematikou SCARA sice již existují, ale jsou nekompletní
- Můj vlastní zájem o 3D tisk a touha po kompletním návrhu vlastní tiskárny

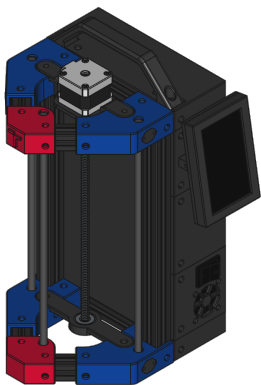


Obr. 1: 3D tiskárna x-scara

- Open-source parametrický CAD
- Umožňuje skriptování a tvorbu maker v Pythonu
- Použité pracovní plochy (workbenches)
 - Assembly
 - Part
 - Part Design
 - Sketcher



Obr. 2: Prostředí programu FreeCAD

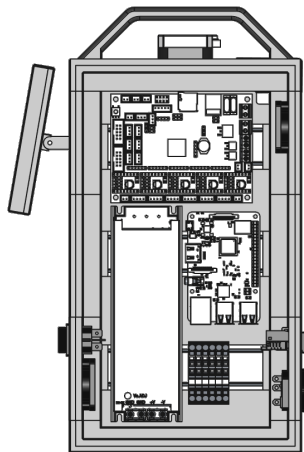


Obr. 3: Isometrický pohled



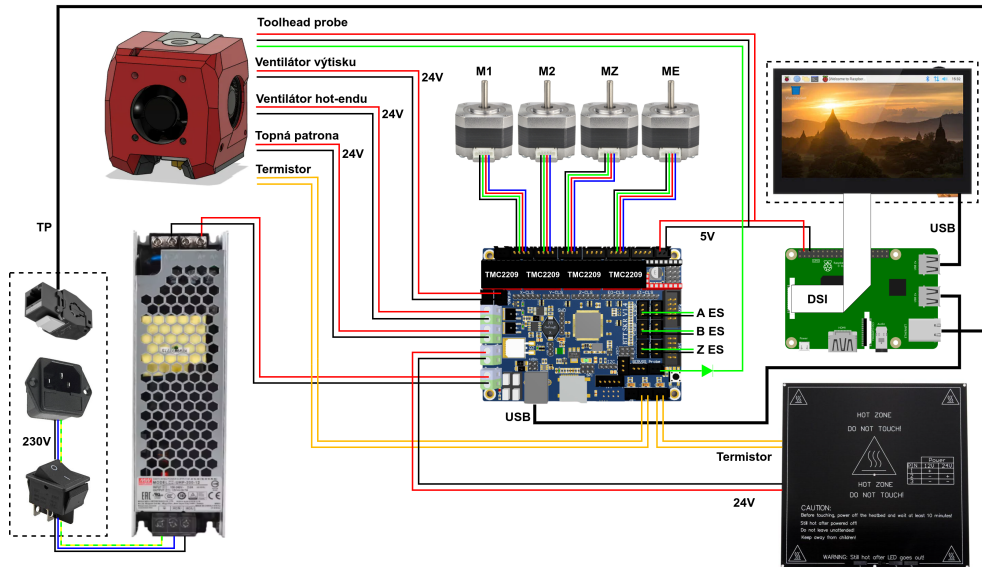
Obr. 4: Podrobný pohled displej

- Řídící deska: **BTT SKR 1.4**
- Mikropočítač: **Raspberry Pi 3b**
- Zdroj: **Mean Well UHP-200-24**
- Ventilátory: **24V 40x40mm**
- Řadové svorky: **Wago**
 - **2201-1203** (červená)
 - **2201-1205** (černá)
 - **2201-1207** (zelenožlutá)
 - **2001-402** (můstek)
- Kabeláž:
 - **UL1332 0,25mm²** (FEP)
 - **CYA 1,5mm²** (H07V-K)



Obr. 5: Pohled na skříň s elektronikou

Schéma zapojení



- Implementace kinematiky spočívá v implementaci metod v Klippy
- Klippy je implementován v jazyce Python

Přímá kinematika

$$\Phi_S = \Phi_{S_M}$$

$$\Phi_E = \Phi_{E_M} - \frac{\Phi_{S_M}}{ECR}$$

$$x = \sin(\phi_S) \cdot L_1 + \sin(\phi_S + \phi_E) \cdot L_2$$

$$y = \cos(\phi_S) \cdot L_1 + \cos(\phi_S + \phi_E) \cdot L_2$$

$$x_{raw} = -x + x_{offset}$$

$$y_{raw} = y + y_{offset}$$

Inverzní kinematika

$$x = -x_{raw} + x_{offset}$$

$$y = (y_{raw} - y_{offset})$$

$$\phi_S = \arctan2(x, y) - \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 + L_1^2 - L_2^2}{2 \cdot L_1 \cdot \sqrt{x^2 + y^2}}\right)$$

$$\phi_E = \frac{\phi_S}{ECR} + \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 + L_1^2 + L_2^2}{2 \cdot L_1 \cdot L_2}\right)$$

$ECR = \frac{n_S}{n_E}$ – Elbow Crosstalk Ratio (poměr zubů řemenic)

V rámci semestrální práce jsem:

- zpracoval teorii,
- navrhl díly pro sestavení:
 - základny,
 - skříň s elektronikou,
- a vybral vhodné elektronické komponenty.

V rámci zpracovávání bakalářské práce budu pracovat na těchto bodech:

- Pokračovat v návrhu 3D tiskárny, zejména:
 - ramene,
 - tiskové hlavy,
- sestavení finálního seznamu materiálu a nákup,
- implementace kinematiky SCARA do firmwaru Klipper,
- sestavení a konfigurace tiskárny, testování.

- Kolíbal, Z.: Roboty a robotizované výrobní technologie. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, první vydání. vydání, 2016, ISBN 978-80-214-4828-5.
- Gao, W.; Zhang, Y.; Ramanujan, D.; aj.: The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. Computer-Aided Design, ročník 69, 2015: s. 65–89, ISSN 0010-4485, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.001>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448515000469>
- Kaščák, J.; Kočiško, M.; Vodilka, A.; aj.: Adhesion Testing Device for 3D Printed Objects on Diverse Printing Bed Materials: Design and Evaluation. Applied Sciences, ročník 14, č. 2, 2024, ISSN 2076-3417, doi:10.3390/app14020945. URL <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/2/945>
- Klipper 3D: Klipper Code Overview. 2023, [cit. 2025-1-5]. URL https://www.klipper3d.org/Code_Overview.html

Děkuji za pozornost!