



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ

# Měření polohy uvnitř budov pomocí inerciální jednotky

## Bakalářská práce

*Autor práce:* MAREK COUFAL

*Vedoucí práce:* Ing. JAN KRÁL, Ph.D.

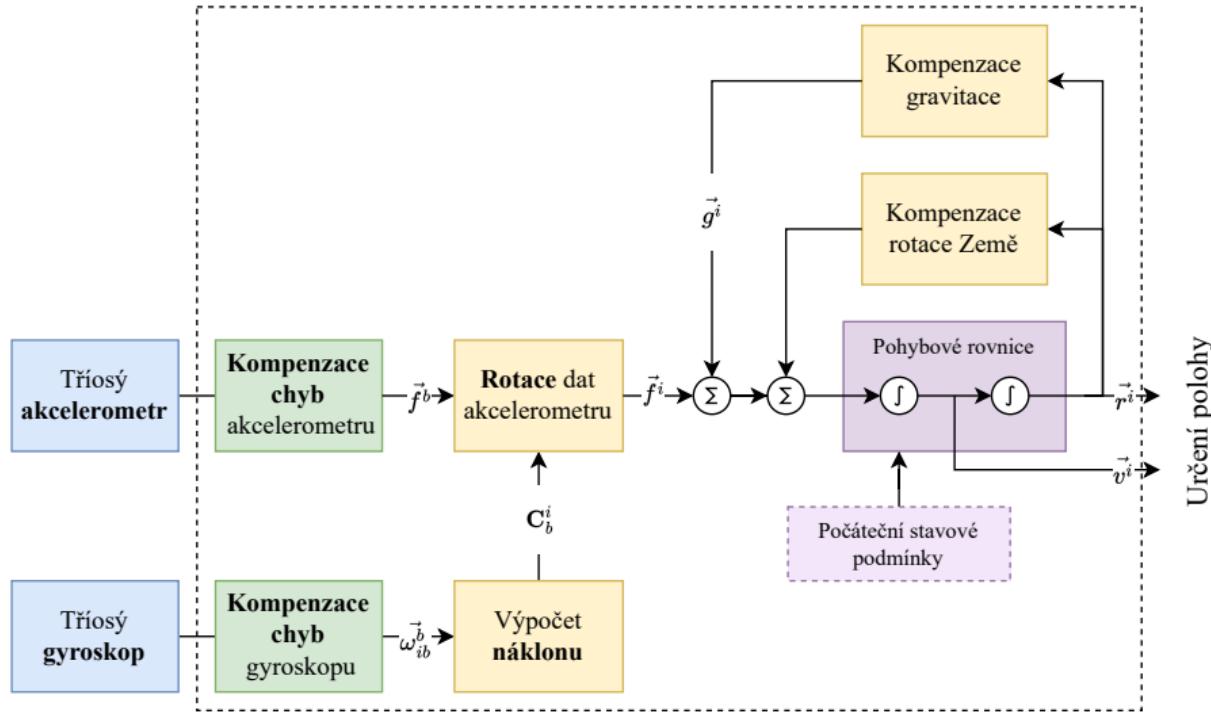
*Oponent:* Ing. JOSEF VYCHODIL, Ph.D.

Brno, 11. 6. 2024

# Cíle práce

- Nastudovat
  - dostupné inerciální jednotky
- Hardware
  - návrh a realizace samostatné bezdrátové jednotky
  - ukládání dat do interní paměti
  - výběr vhodných senzorů
- Firmware
  - souběžný záznam dat z několika senzorů
  - přenos do počítače
- Software
  - převod naměřených dat
  - zpracování dat
  - využití v rámci laboratorní úlohy MPC-RAR

# Princip fungování inerciální navigace



[1] TITTERTON, D. H. a WESTON, J. L. *Strapdown inertial navigation technology*. Second edition. Progress in astronautics and aeronautics, 207. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, c2004. ISBN 1-56347-693-2.

## Nepřesnost

S časem díky integraci roste chyba měření.

## Možnosti snížení chyby

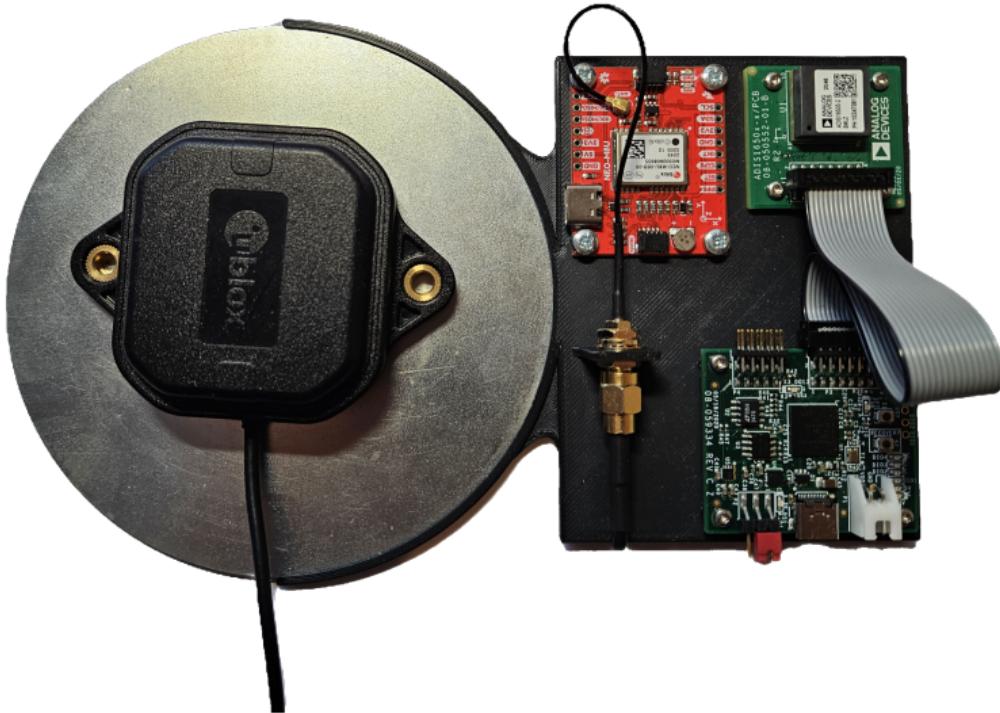
- GNSS - při částečně dostupném signálu
- Magnetometr - omezení gyro driftu v horizontální rovině

3D tištěný držák pro  
zarovnání  
geometrických os:

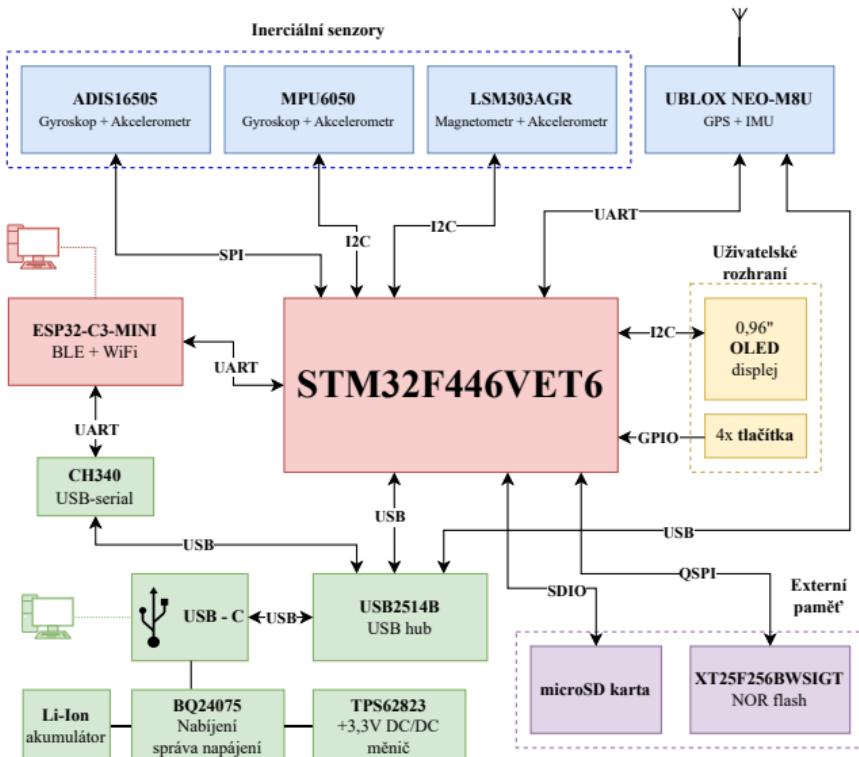
- IMU - ADIS16505
- GNSS - NEO-M8U

Zpracování dat:

- Matlab navigation toolbox - převážně pouze pro natočení, ne polohad
- Asynchronost USB komunikace



# Hardware inerciální jednotky



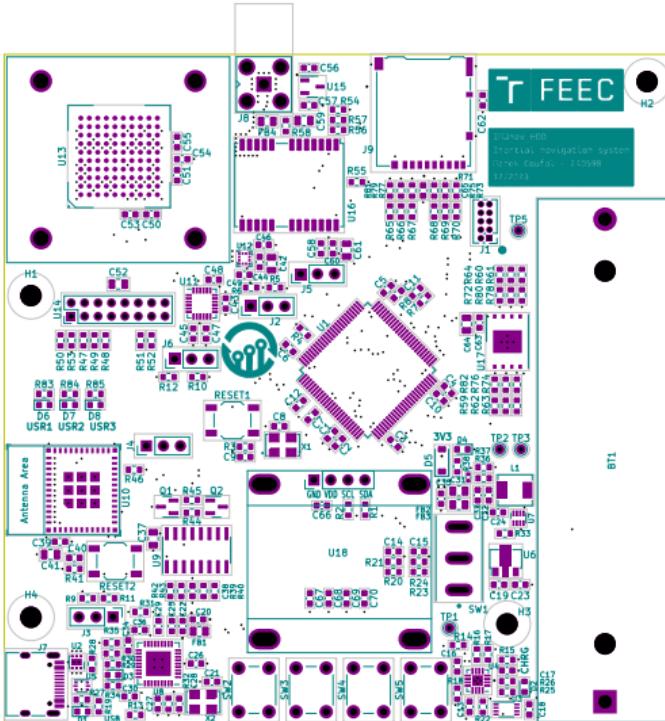
# Požadavky na paměť

| Senzor      | Odhadovaný bitrate   |
|-------------|----------------------|
| ADIS16505-2 | 375 kbit/s           |
| MPU-6050    | 422 kbit/s           |
| LSM303AGR   | 7 kbit/s             |
| NEO-M8U     | 1 kbit/s             |
| Celkem      | 805 kbit/s (0,1MB/s) |

12 MB dat při dvouminutovém záznamu.

- SD karta
- 32 MB NOR Flash

- KiCad
- Čtyřvrstvá deska  $100 \times 100$  mm
- Impedance vedení pro GNSS a USB
- hřebínky na odposlech komunikací



# 3D modely



# Sestavené zařízení



# Firmware

- STM32CubeIDE
- HAL
- FreeRTOS
- FatFS, USB Mass Storage Class
- Grafické rozhraní, tlačítka
- Zobrazení aktuálních hodnot
- Záznam dat
- Kalibrace IMU pomocí MATLAB Coder
- Převod dat z binární podoby do CSV pomocí Pythonu/

UTC: 16:16:56  
BATT: 4.05 V  
TEMP: 26.2 degC  
PSU: 3.32 V  
  
HOME|RECD|STOP|CALB

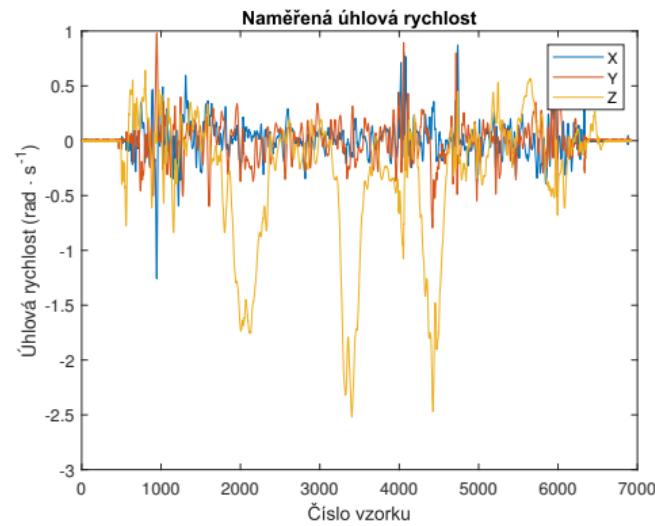
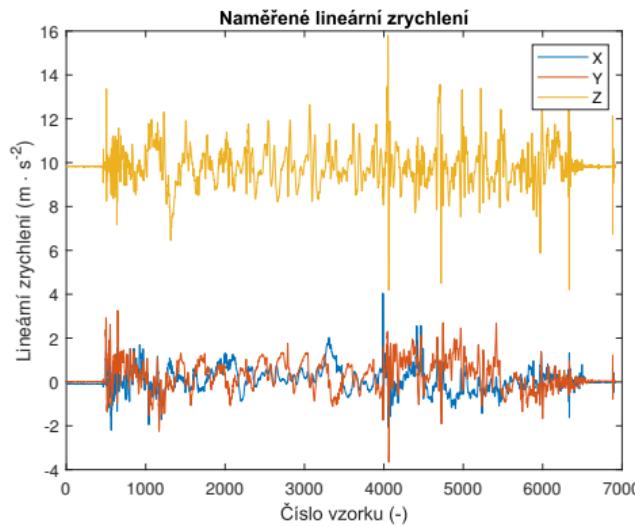
UTC: -020.68  
X: +016.50  
Y: -058.88  
  
LSM|RECD|STOP|CALB

[rad/s] [m/s^2]  
X: -00.00 +00.02  
Y: +00.01 -00.03  
Z: -00.00 +09.83  
dataCNT: 57990  
  
ADIS|RECD|STOP|CALB

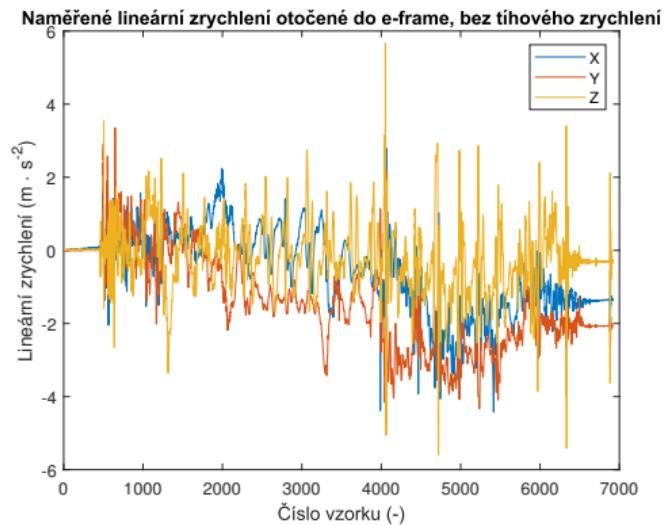
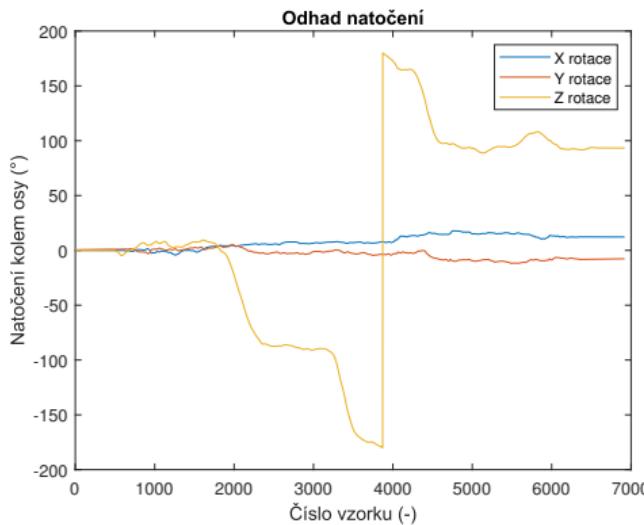
GPS: 3D-Fix  
LAT: +49.223918915  
LON: +16.588369370  
  
GNSS|RECD|STOP|CALB

[rad/s] [m/s^2]  
X: -00.04 -00.02  
Y: +00.00 +00.02  
Z: -00.01 +10.22  
  
MPU|RECD|STOP|CALB

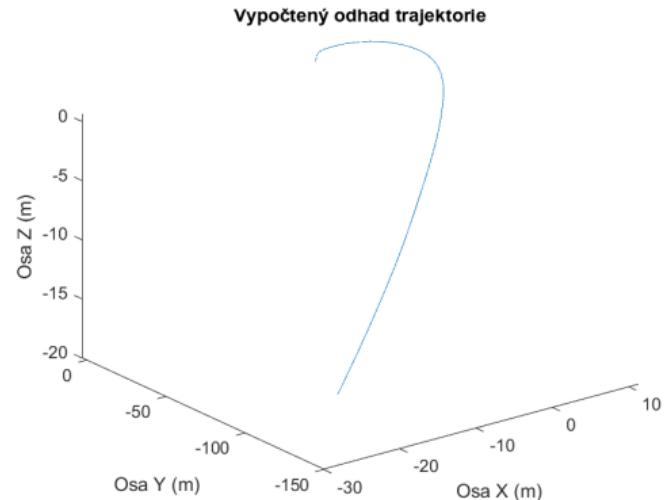
Recording in 2 s  
  
HOME|RECD|STOP|CALB



# Software - čistě inerciální navigace - integrace



- Velká chyba



Děkuji za pozornost!