



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.

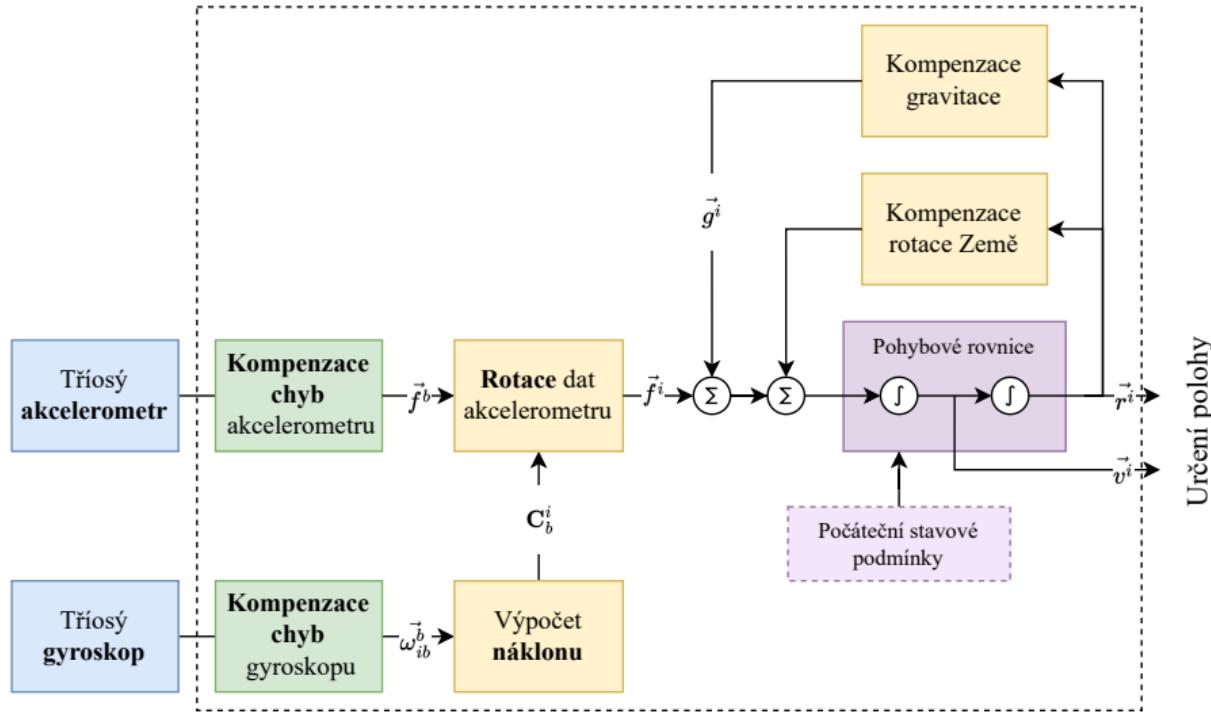
Oponent: Ing. JOSEF VYCHODIL, Ph.D.

Brno, 11. 6. 2024

Cíle práce

- Nastudovat
 - dostupné inerciální jednotky
- Hardware
 - návrh a realizace samostatné bezdrátové jednotky
 - ukládání dat do interní paměti
- 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

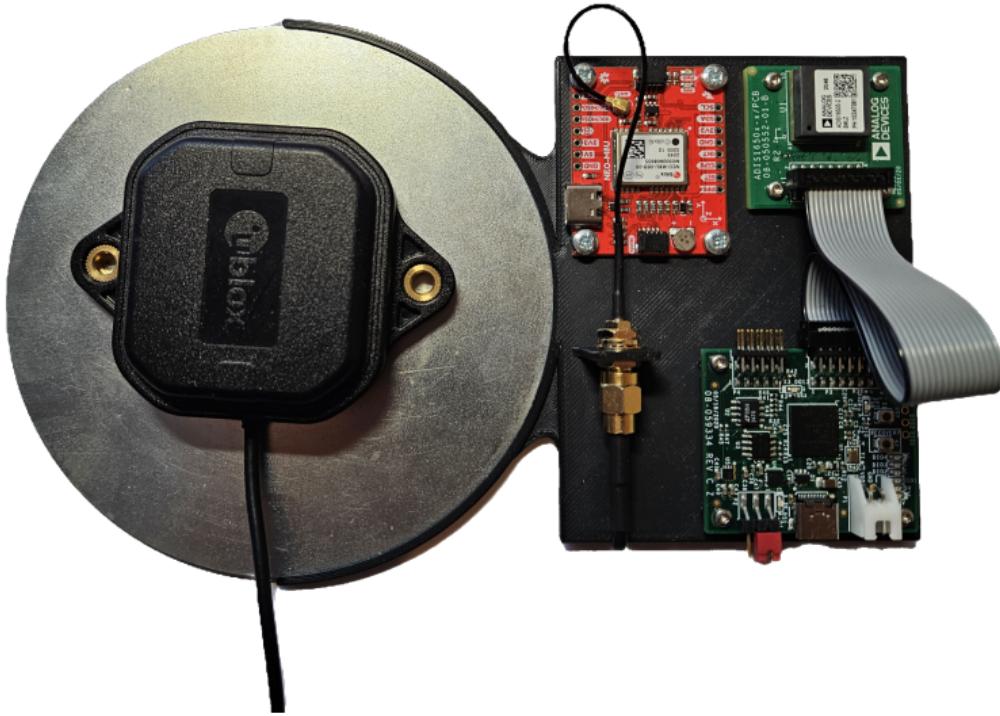
Testování vývojových kitů

3D tištěný držák pro
zarovnání
geometrických os:

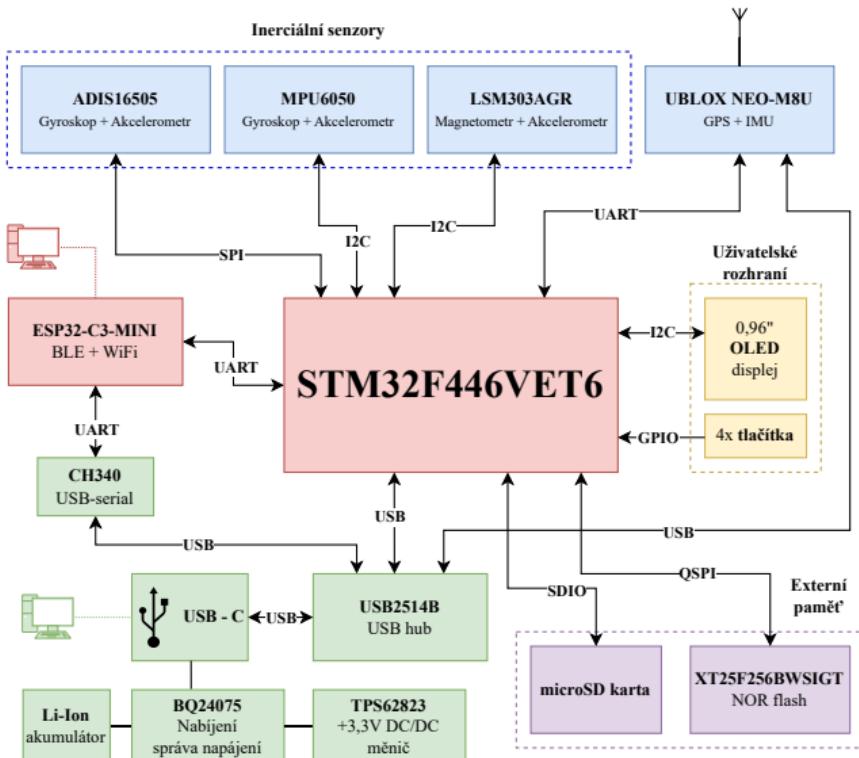
- IMU - ADIS16505
- GNSS - NEO-M8U

Zpracování dat:

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

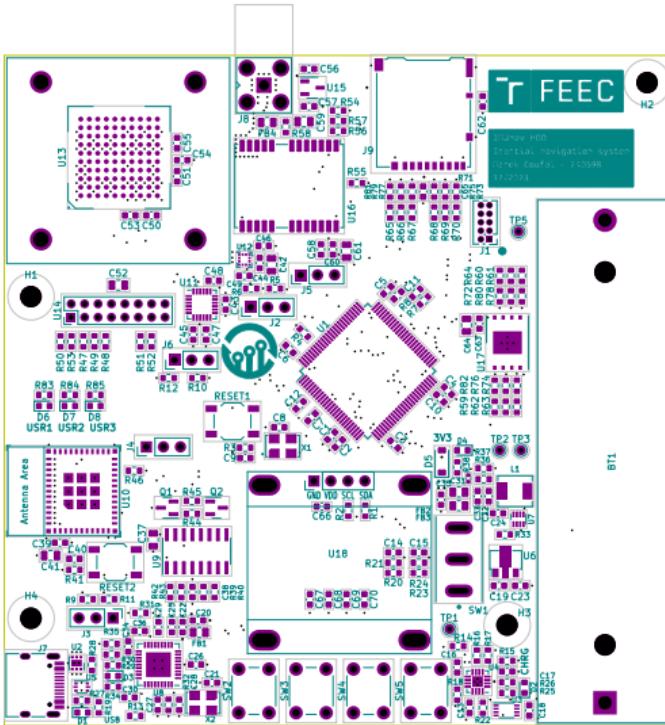


Hardware inerciální jednotky



Plošný spoj

- KiCad
 - Čtyřvrstvá deska 100 × 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

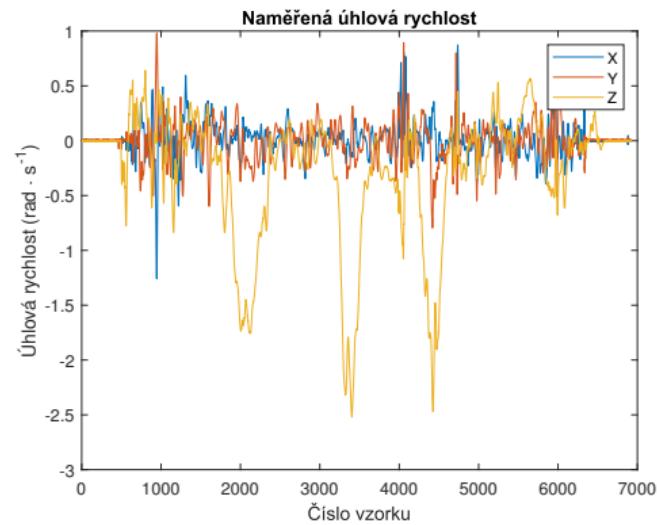
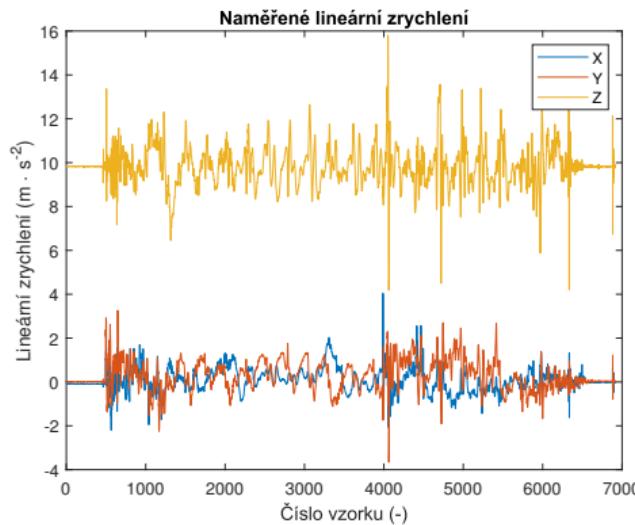
GNSS|RECD|STOP|CALB

[rad/s] [m/s^2]
X: -00.04 -00.02
Y: +00.00 +00.02
Z: -00.01 +10.22

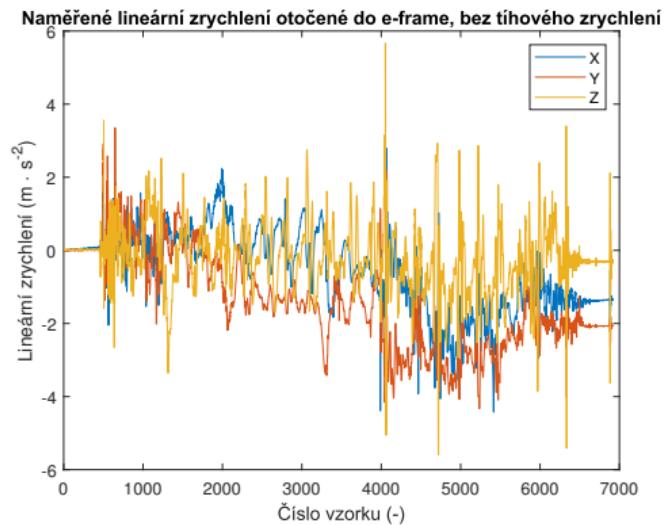
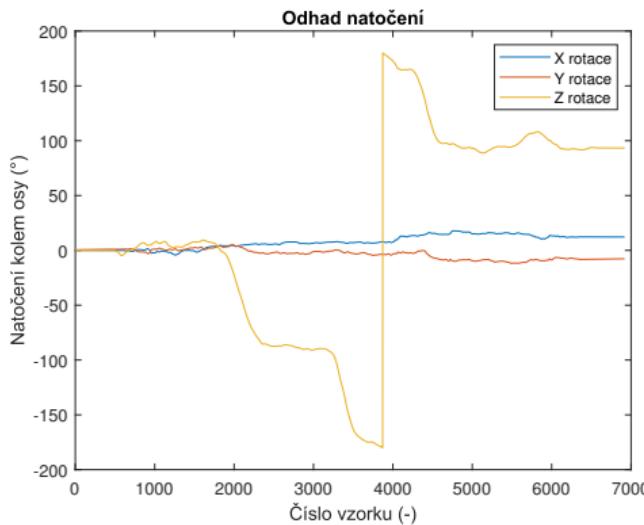
MPU|RECD|STOP|CALB

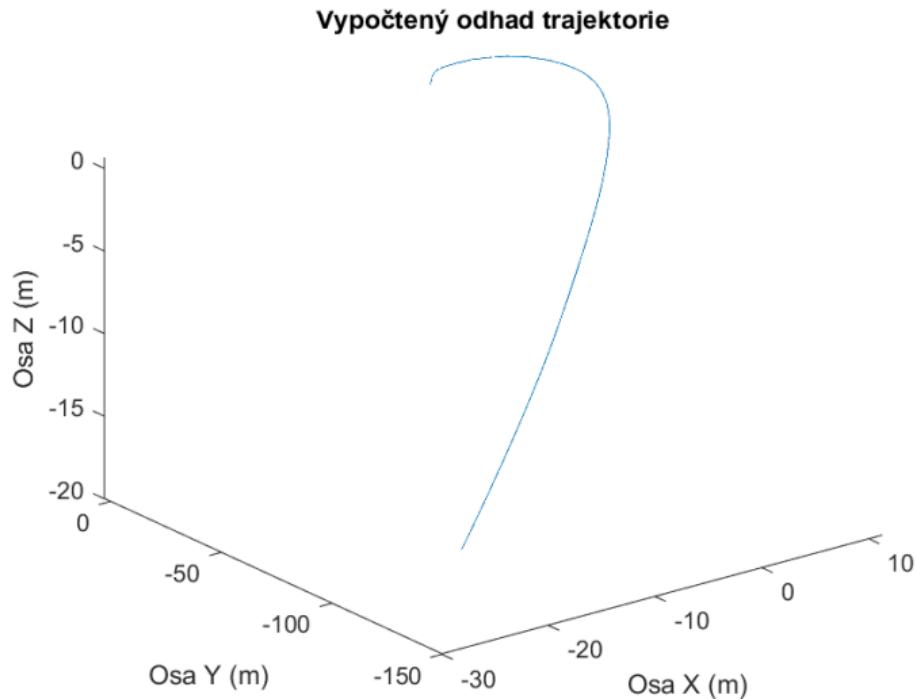
Recording in 2 s

HOME|RECD|STOP|CALB



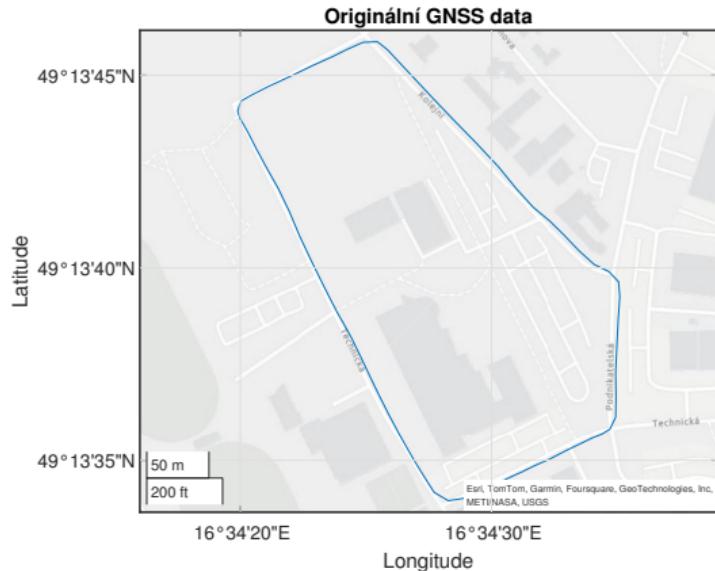
Software - čistě inerciální navigace - integrace



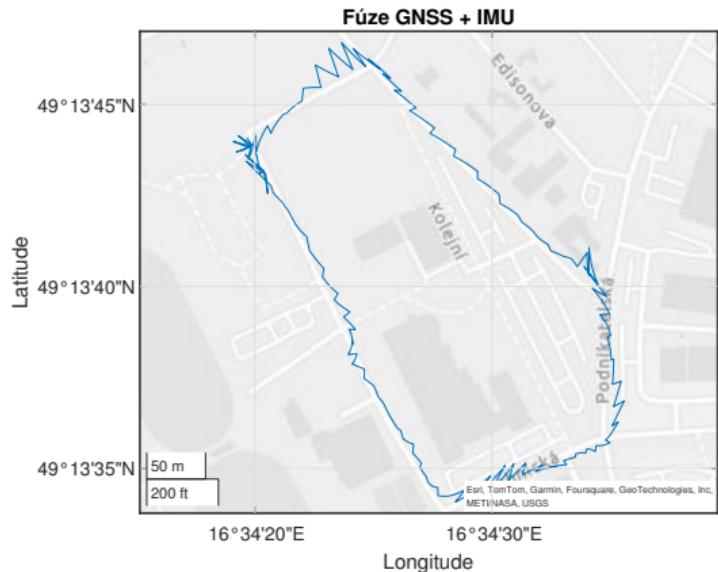
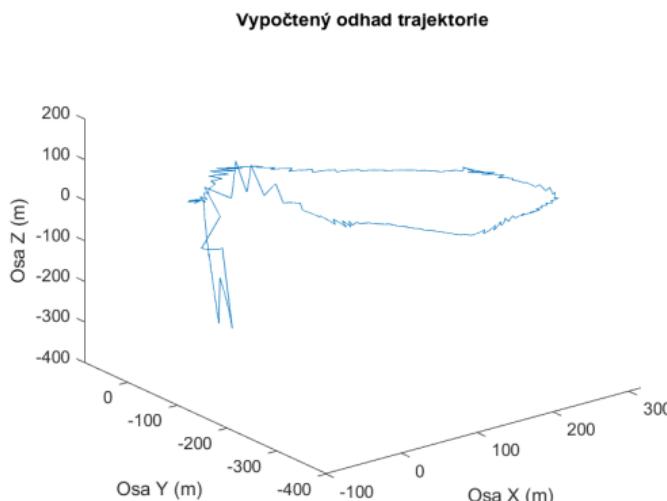


Software - fúze dat

- Matlab Navigation Toolbox
- insFilterMARG
- EKF s 22 stavovým vektorem
- Problém s nastavením kovariační matice stavového vektoru a parametrů jednotlivých senzorů



Software - čistě inerciální navigace - integrace

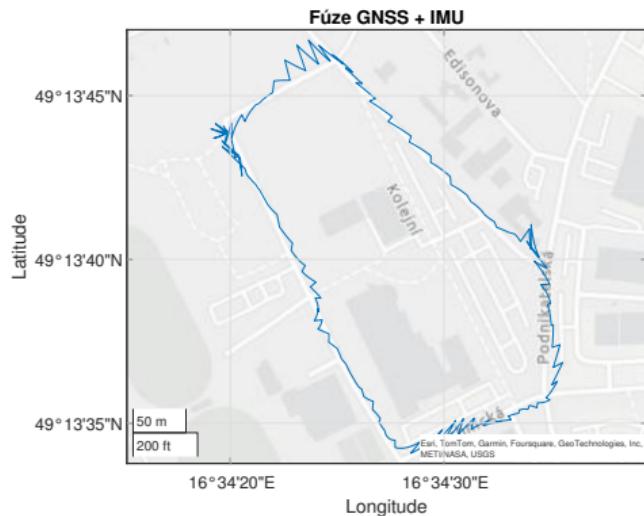


Děkuji za pozornost!

1. otázka

Čím je způsobena chyba a skokové změny v průběhu v grafu 6.6 (b) na straně 52?

- V místech skokových změn dochází k fúzi s GNSS
- Chyba gyroskopu a akcelerometru
- Špatné nastavení kovariační matice EKF
- Špatné nastavení konstant modelů v insFilterMARG



2. otázka

Jsou k dispozici komerční MEMS, případně i součástky vyráběné jinou technologií, které by dosahovaly větší přesnosti?



HG4930

[2] Honeywell. Online. HG4930 MEMS INERTIAL MEASUREMENT UNIT. Dostupné z:

<https://aerospace.honeywell.com/content/dam/aerobt/en/documents/learn/products/sensors/brochures/N61-1523-000-010-HG4930-MEMS-Inertial-Measurement-Unit-bro.pdf?download=true>. [cit. 2024-06-06].



ADIS16490

[3] Direct Industry, Inertial measurement unit ADIS16490. Online. Analog Devices. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/analog-devices/product-22009-1962702.html>. [cit. 2024-06-06].

2. otázka

Jsou k dispozici komerční MEMS, případně i součástky vyráběné jinou technologií, které by dosahovaly větší přesnosti?



FOG120H

[4] SkyMEMS. FOG120H Fiber Gyroscope. Online. Professional Inertial Navigation Products Manufacturer-SkyMEMS. Dostupné z: <https://www.skymems.com/products/fog120h-fiber-gyroscope/>. [cit. 2024-06-06].