

# FLIGHT STATEMENTS ELECTRONIC SENSOR

**Josef Harant**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT  
E-mail: xharan00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Šebesta  
E-mail: sebestaj@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This project is focused on the design of flight statements electronic sensor. Theoretical part contains the evaluation of position, acceleration and rotation measurement. I am focusing on a complete design of device. Design of block structure and parts selecting based on requirement are discussing above all. The aim of this paper is to show a basic conception of system and description of basic functions.

## 1. ÚVOD

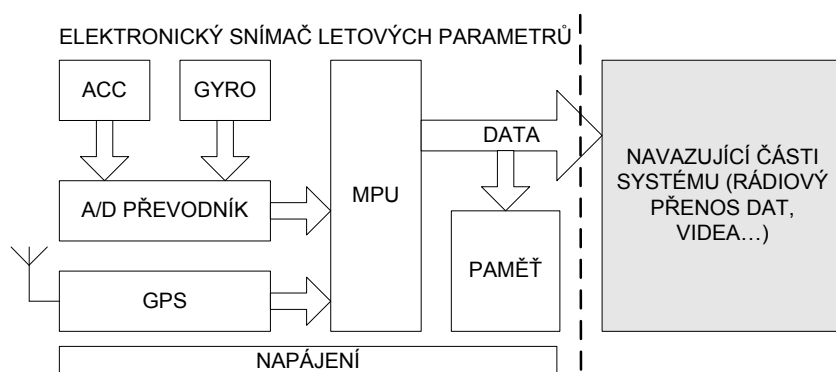
Elektronický snímač letových parametrů je dílčí součástí systému pro vyhodnocování a prezentaci letu při závodech v letecké akrobacii. Jedná se o zařízení schopné měřit telemetrická data, mezi které patří pozice letounu, rychlost letu, akcelerace a rotace ve všech třech osách.

## 2. ROZBOR

Snímač letových parametrů je tvořen GPS přijímačem a částí inerciálního navigačního systému. GPS přijímač poskytuje údaje o pozici a rychlosti letounu. Akcelerometry a gyroskopické senzory řízené mikroprocesorem poskytují zbývající údaje. K realizaci tohoto projektu je vhodné využití senzorů vyrobených MEMS technologií. Na snímač letových údajů jsou kladeny určité nároky, které musí splňovat. Mezi hlavní požadavky patří:

- Měření akcelerace ve 3D v rozsahu  $\pm 10$  g
- Měření rotace ve 3D v rozsahu  $\pm 500$  °/s
- Měření GPS pozice a rychlosti do cca 400 km/h
- Předávání dat rádiové části systému
- Ukládání dat do paměti
- Malá latence mezi měřením a odesláním dat
- Odolná konstrukce
- Malé rozměry
- Nízké konstrukční náklady

## 2.1. BLOKOVÉ SCHÉMA

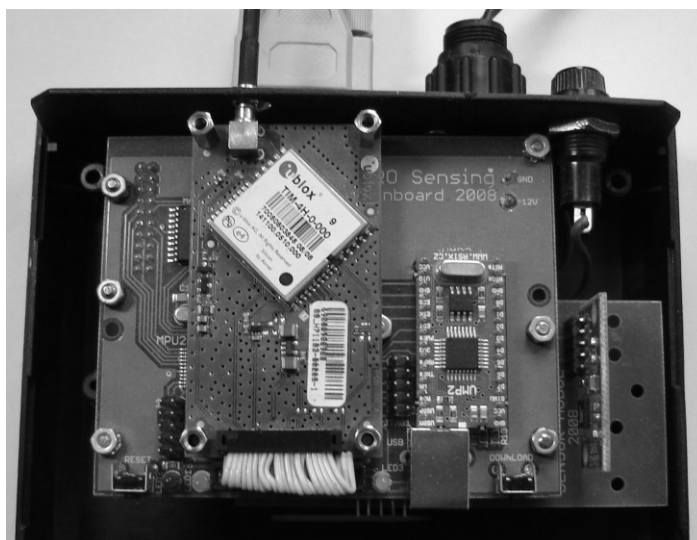


**Obrázek 1:** Zjednodušené blokové schéma snímače.

Analogový signál z akceleračního (ACC) a rotačního (GYRO) senzoru je nejprve převeden na digitální pomocí A/D převodníku. Tato data společně s daty od GPS přijímače jsou zpracována v řídicím mikroprocesoru, kde se provádí skládání rámců dle navrženého protokolu a ostatní potřebné výpočty. Naměřená data jsou ukládána do paměti a zároveň předávána dalším navazujícím částem systému. Data uložená v paměti je možné číst pomocí USB. Zařízení je napájeno stejnosměrným stabilizovaným napětím 12 V.

## 2.2. KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ

Kompletní zařízení je složeno z celkem tří modulů – GPS přijímač, hlavní řídicí jednotka a měřicí jednotka. Je navrženo na celkem čtyřech DPS, které jsou přišroubovány v jeden celek, což zajišťuje dostatečnou tuhost a odolnost zařízení.

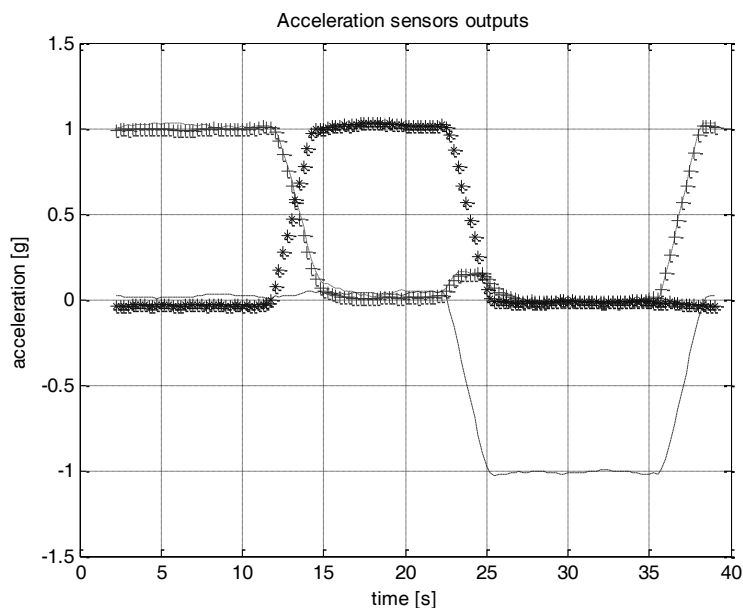


**Obrázek 2:** Prototyp snímače letových parametrů.

## 2.3. VYHODNOCOVÁNÍ DAT

Naměřená data jsou uspořádána do rámců. Při měření polohy pomocí GPS 4x za sekundu a veličin z inerciálních senzorů 10x za sekundu je celkový datový tok 568 B/s. Vyhodnocování probíhá pomocí PC v pozemní části systému. Ze získaných dat je možné sledovat trajektorii letounu, jeho rychlost a síly působící na pilota. Chybějící údaje při výpadku GPS mohou být dopočítány pomocí dat ze senzorů. Pro testovací účely byl vyvinut jednoduchý

program v MATLABu. Na obrázku jsou zobrazeny výstupy akceleračních senzorů při otáčení zařízení. Při tomto měření působí na zařízení pouze gravitační zrychlení, a proto se hodnoty pohybují od -1 g do 1 g.



**Obrázek 3:** Ukázka výstupních dat akcelerometrů.

### 3. ZÁVĚR

V této práci je proveden kompletní návrh zařízení včetně všech předloh potřebných pro jeho výrobu. Dále byl vytvořen obslužný program mikroprocesorů. Sestavené zařízení by mělo pomoci při vyhodnocování soutěžních letů – dodržování povoleného letového prostoru. Dalším přínosem je zatraktivnění tohoto sportu, kdy jsou naměřená data spolu s přenosem videa předávány TV společností a uplatní se při přímém přenosu. Zařízení může sloužit také pro tréninkové účely pilotů. Při možnosti rozboru jednotlivých fází letu se stává trénink efektivnější. Obdobné zařízení v této cenové relaci zatím není dostupné na trhu.

### LITERATURA

- [1] Atmel Corporation: *ATMEGA324P 8-bit AVR<sup>®</sup> microcontroller datasheet*. [online], Atmel Corp. 2008, [cit. 2008-05-01]  
Dostupný z WWW:< [http://atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8011.pdf](http://atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8011.pdf)>
- [2] GREWAL, S., WEILL, R., ANDREWS, P. *Global Positioning System, Inertial Navigation, and Integration*. 2nd edition. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons Inc., 2007. 525 s. ISBN 978-0-470-04190-1.
- [3] U-Blox: *RCB-4H ANTARIS<sup>®</sup> 4 Programmable GPS Receiver Board with SuperSense<sup>®</sup> datasheet*. [online], U-Blox. 2007, [cit. 2008-05-01] Dostupný z WWW:< [http://www.u-blox.com/products/Data\\_Sheets/RCB-4H\\_Data\\_Sheet\(GPS.G4-MS4-06034\).pdf](http://www.u-blox.com/products/Data_Sheets/RCB-4H_Data_Sheet(GPS.G4-MS4-06034).pdf)>