

## Inteligentní snímače MEMS použitelné v mobilní robotice

*Bc. Pavel Dvorský, Ing. Miroslav Holada, Ph.D.*

### Abstrakt

Tato zpráva pojednává o práci s MEMS senzory, jejich nastavení, použití v mobilních robotech a problémech, které mohou při práci s nimi nastat. Jsou zde porovnány moduly 2127 a 2470 od společnosti Pololu a také jsou uvedeny příklady výstupních hodnot z magnetometru těchto modulů a jejich využití pro spočítání skutečného úhlu otočení.

### Úvod

Cílem tohoto projektu je seznámit se s moduly 2127 (magnetometr a akcelerometr) a 2470 (magnetometr, akcelerometr, gyroskop, barometr) společnosti Pololu, otestovat jejich funkčnost a určit, zdali jsou tyto senzory vhodné pro použití v mobilních robotech.

Problémy této úlohy vznikají u správného nastavení samotných senzorů a také u použití mikrokontroléru, který zvládne všechny potřebné matematické operace. V tomto projektu byl použit koncept řídicí jednotky pro řízení servopohonů Dynamixel, navržen v rámci bakalářské práce autorem tohoto projektu.

### Experiment a metody

Pro testování modulů byl zvolen koncept řídicí jednotky pro servopohony Dynamixel z důvodu snadné implementace nových zařízení. Toho bylo dosaženo díky realizaci na nepájivém poli.

Komunikace mezi řídicí jednotkou a moduly probíhá po I<sup>2</sup>C sběrnici. Jako master byl zvolen mikrokontrolér řídicí jednotky Picaxe 18M2 a všechny senzory byly nastaveny do režimu slave.

Rychlost komunikace s moduly byla zvolena 100 Kbps (normal mode).

Jelikož jsou senzory defaultně vypnuty, je nutné nastavit registry CTRL1, CTRL5 a CTRL7 dle tabulky 1.

**Tabulka 1.** Nastavení senzorů

Registr	Defaultní hodnota	Nastavená hodnota	Poznámka
CTRL1	00000111	00110111	Spuštění a nastavení akcelerometru
CTRL5	00011000	00001000	Nastavení magnetosenzoru
CTRL7	00000010	00000000	Spuštění magnetosenzoru

Samotný program počítá úhel natočení od severního pólu z naměřených hodnot. Použitý mikrokontrolér ale neumí nezbytnou matematickou operaci pro výpočet úhlu a tak posílá naměřenou hodnotu osy X a Y po sériové lince do počítače. Zde se získané bezznaménkové 16bitové hodnoty v dvojkovém doplňku převedou na znaménkové a dosadí se do vzorečku pro výpočet úhlu natočení

$$Angle = \frac{180 \cdot \arctan\left(\frac{d_y}{d_x}\right)}{\pi}, \quad (1)$$

Rozšířený Abstrakt

kde  $\text{Angle}$  je úhel natočení,  $d_x$  jsou naměřená data osy X a  $d_y$  jsou naměřená data osy Y.

### Výsledky a diskuze

V tabulce 2 je uvedeno několik příkladů z naměřených hodnot magnetometru a následného výpočtu úhlu natočení od severního pólu. Tyto výsledky ale platí pouze pro měření na rovné ploše bez náklonu senzoru. Důvodem je nutnost použít hodnoty naměřené akcelerometrem pro výpočet náklonu a v případě použitého mikrokontroléru Picaxe 18M2 byl problém s uložením a odesláním všech naměřených hodnot z magnetometru i akcelerometru.

**Tabulka 2.** Převod naměřených hodnot a výsledný úhel

Naměřená osa X	Převedená osa X	Naměřená osa Y	Převedená osa Y	Výsledný úhel
64 394	-1 142	65 280	-256	167°
52 169	-13 367	8 829	8 829	213°
5 621	5 621	60 563	-4 973	42°

Během testování se také ukázalo, že senzory při měření nejsou přesné. Jedná se o rušení, které je ale vlastností takovýchto senzorů. Pokud bude senzor v konstantní poloze, uvidíme na výstupu odchyl řádově v desítkách, což ve výsledku může znamenat několikastupňový odchyl.

### Závěr

Použitý mikrokontrolér se ukázal jako špatný příklad pro ovládání takovýchto senzorů kvůli absenci potřebných matematických operací a malé pracovní paměti. Novější verze nebo použití různých vývojových desek tento vzniklý problém odstraní.

Výsledné hodnoty z měření odpovídají skutečným hodnotám s drobnými odchylkami, které vznikly kvůli náklonu desky při měření, který nebyl ošetřen (absence hodnot z akcelerometru), a vlivem rušivého magnetického pole z okolí. Moduly se ale prokázaly jako možnost při autonomním řízení mobilních robotů na základě zjištění aktuální polohy.

Modul 2127 lze použít jako spolehlivý elektronický kompas a akcelerometr lze nadále využít pro zjištění vzdálenosti, o kterou se deska posunula za daný čas.

Modul 2470 je oproti svému předchůdci rozšířen o gyroskop a barometr. Díky těmto senzorům umožňuje širší možnosti využití. V rámci zachování kompaktnosti ale oproti modulu 2127 postrádá možnost komunikace přes SPI sběrnici a programovatelné přerušení.

### Poděkování

Děkuji panu M. Holadovi za poskytnutí potřebných prostředků pro práci na tomto projektu, jeho rady a pomoc při směřování projektu.

### Reference

- [1] STMICROELECTRONICS. *LSM303D: 3D accelerometer and 3D magnetometer module* [online]. 2012 [cit. 2015]. Dostupné také z: <https://www.pololu.com/file/0J703/LSM303D.pdf>
- [2] Create a Digital Compass with the Raspberry Pi – Part 1 – “The Basics”. In: *Create a Digital Compass with the Raspberry Pi* [online]. 2014 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://ozzmaker.com/2014/12/01/compass1/>
- [3] DVORSKÝ, Pavel. *Řídící jednotka pro servopohony Dynamixel AX-12A*. Liberec, 2014. Bakalářská práce.