

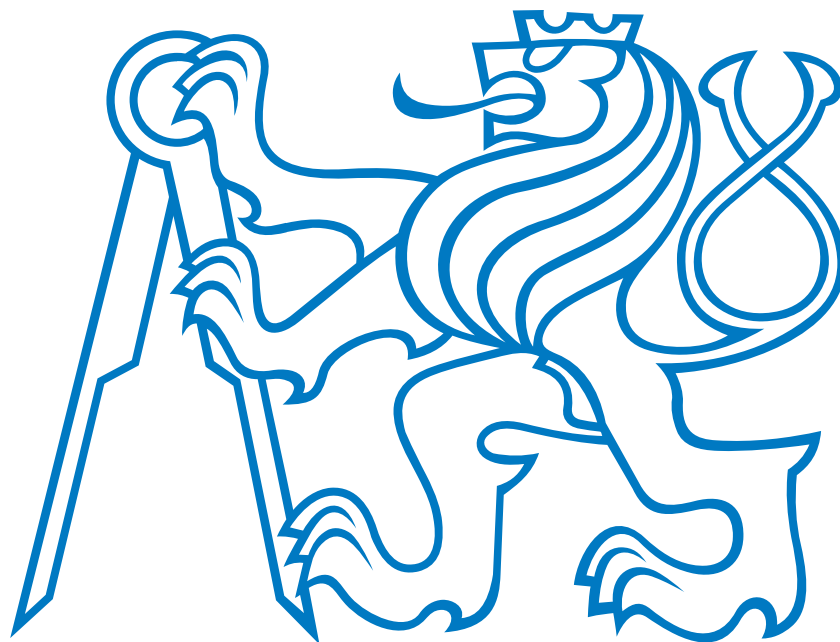
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra měření

Dokumentace

Senzor zrychlení, rotace a mag. pole MPU9250

Zpracoval David Novotný
2. dubna 2017

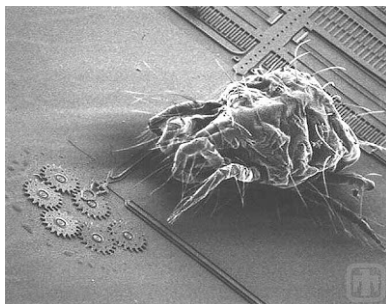


1 Základní informace

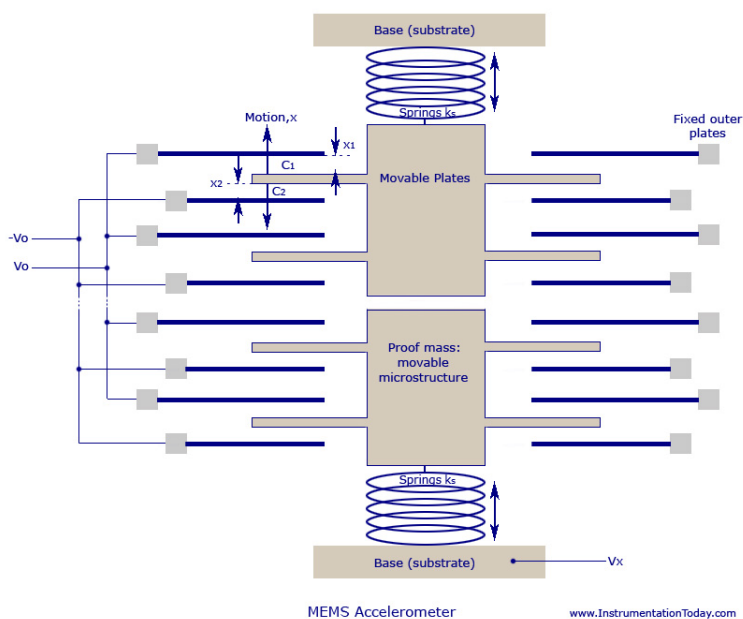
Senzor MPU9250 od firmy InvenSense v sobě integruje 3 snímače najednou. 3-osý akcelerometr, 3-osý gyroskop a 3-osý magnetometr (resp. ještě také teploměr, který je pravděpodobně myšlen pro teplotní kompenzace), data pak poskytuje souhrně přes sběrnici I2C nebo SPI (pro rychlý přenos dat je výhodnější SPI).

1.1 Akcelerometr

Nejčastější typ low-cost akcelerometru (včetně toho v MPU9250) je MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems). Jedná se tedy o miniaturní elektromechanický systém integrovaný do chipu. Pro srovnání o jak malé rozměry se jedná je obr. 1. Měření zrychlení je realizováno v podstatě z definice 2. Newtonova zákona ($F = ma$). Pohyblivá "masa" je upevněna k čipu pomocí miniaturních pružin. Když na ni působí zrychlení, působí hmota silou na pružiny, které stlačuje/napíná. Protože vzdálenost o kterou se pružina stlačí je lineárně úměrná působící síle, dostáváme tak měřením této vzdálenosti údaj přímo o zrychlení (po přepočtu přes hmotnost "masy" a konstantu pružin). Měření změny vzdálenosti je realizováno kapacitně - měří se změna kapacity mezi pevně umístěnými rameny a rameny spojenými s pohyblivou "masou". Některé akcelerometry mají analogový výstup, většinou ale digitální (integrují i AD převodník a referenci).



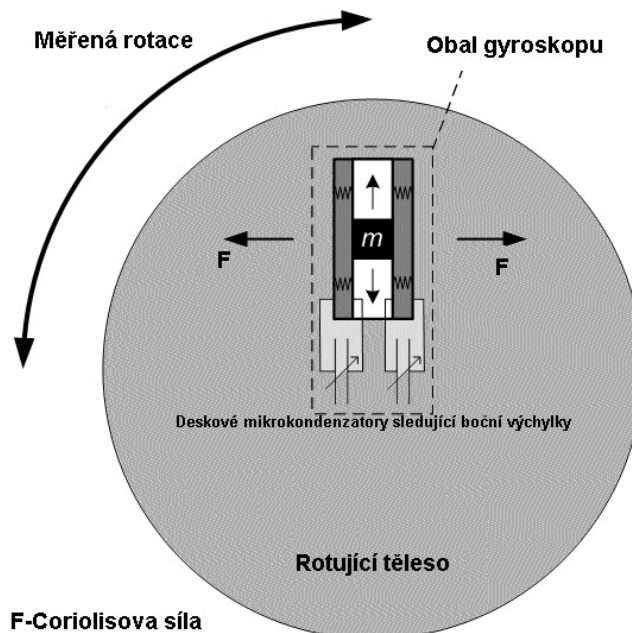
Obrázek 1: Srovnání rozměrů MEMS (Zdroj obrázku: sandiamemsproject.blogspot.cz)



Obrázek 2: Principiální schéma akcelerometru (Zdroj obrázku: instrumentationtoday.com)

1.2 Gyroskop

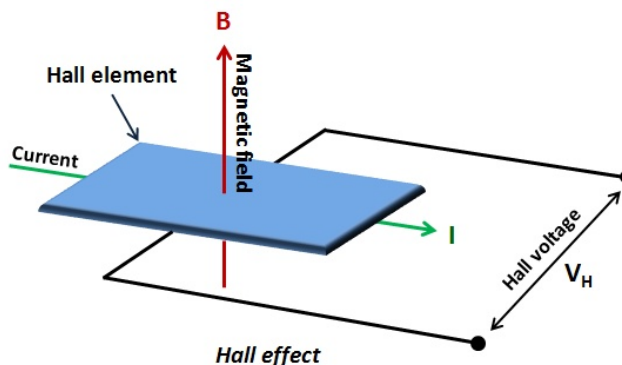
Gyroskop je stejně jako akcelerometr vyrobený technologií MEMS (také existuje více typů, ale low-cost jsou většinou typu MEMS). Zde se k měření rotace využívá Coriolisova síla. "Masa" je tentokrát rozkmitávána a rotace gyroskopem způsobuje její vychylování, které je opět kapacitně měřeno a převáděno na napětí. Následuje AD převodník, který napětí převádí na dig. slovo. Viz obr. 3



Obrázek 3: Princip gyroskopu (Zdroj obrázku: cs.wikipedia.org)

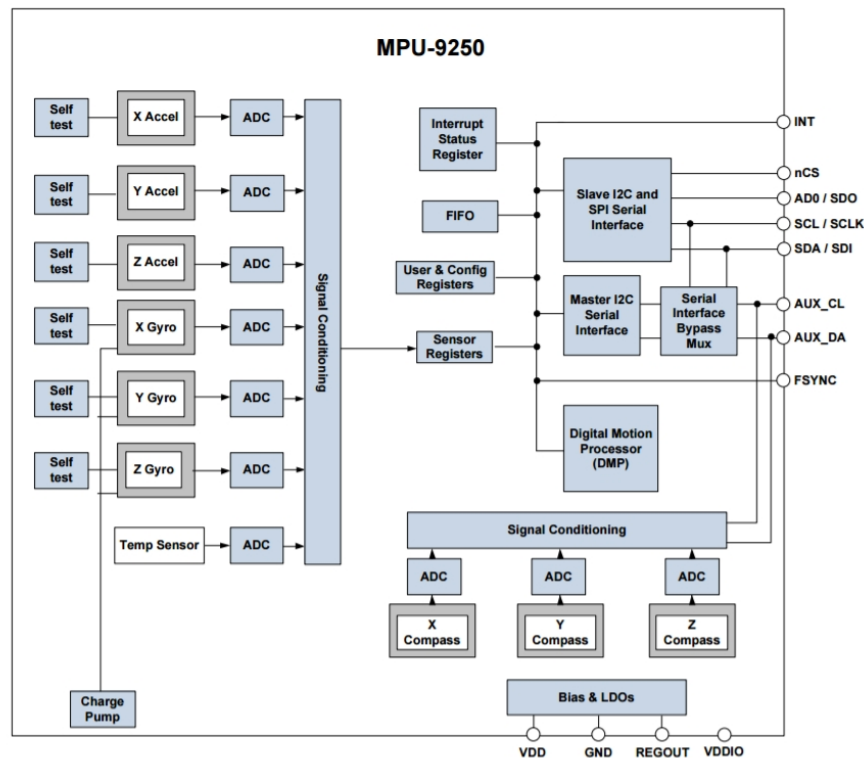
1.3 Magnetometr

V tomto čipu je (oproti předchozímu MPU6500) integrovaný navíc magnetometr využívající Hallovy sondy s koncentrátorem mag. pole. Princip Hallova efektu je na obr.4 Polovodivou destičkou prochází dodaný proud, který v nulovém mag. poli prochází rovně z elektrody do elektrody. Působením mag. pole dochází k vychylování průchodu el. proudu a vzniku rozdílu el. potenciálu na kolmých elektrodách. Toto vzniklé napětí je pak přímo úměrné velikosti mag. pole. Výhoda Hallových sond je nízká cena, nevýhodou je malá citlivost a tím malé rozlišení při měření slabého mag. pole Země (0.15 uT/LSB, mag pole v ČR je cca 49 uT). I přes tento fakt je senzor relativně použitelný jako dig. kompas (dosažitelné rozlišení je cca 1-2°, přesnost cca 5-10x horší).



Obrázek 4: Princip gyroskopu (Zdroj obrázku: embedded-lab.com)

1.4 Základní parametry



Obrázek 5: Vnitřní blok. schéma MPU9250 (Obrázek převzat z datasheetu)

MPU9250 umožňuje nastavit rozsah měření (zvýšit/snížit citlivost podle potřeby). Všechny senzory jsou digitalizovány 16 bit ADC. Pro náročnější aplikace (umělý horizont, ...) implementuje MPU fúzi dat hardwareově na čipu a výsledkem jsou vyfiltrovaná data (quaternions), dodaná knihovna však tuto funkcionalitu nepodporuje (zájemci si mohou doprogramovat).

Tabulka 1: Základní parametry

Rozsah gyro.	$\pm 250, 500, 1000$ a 2000	$^{\circ}/s$
Rozsah acc.	$\pm 2, 4, 8$ a 16	g
Rozsah mag.	± 4800	μT
Napáj. napětí	$2.4 - 3.6$	V

2 Připojení senzoru k Nucleo kitu

Senzor se připojí pomocí SPI sběrnice 4-mi vodiči + 2 napájecími. Napájení senzoru může být (vzhledem k LDO regulátoru na desce) 3.3 až 6V. SPI sběrnice má 3 vodiče: MOSI (Master-Out-Slave-In), MISO (Master-In-Slave-Out), SCK (Serial-Clock). 4. vodič - CS (Chip-Select) slouží k přepínání mezi slave zařízeními na sběrnici. V případě 1 zařízení by standardně mohl být nevyužitý (master) a CS zařízení na GND. Někdy je však používán k řízení SPI toku dat a je tak dobré ho raději zapojit vždy. Nucleo kit má několik SPI portů, je tak možné senzor připojit na libovolný z nich a při inicializaci zadat čísla pinů (musí se jednat opravdu o piny kde je SPI zavedená). CS může být na libovolném IO pinu (zadáva se opět při inicializaci).

3 Popis knihovny pro čtení ze senzoru

Použití knihovny je intuitivní, senzor je nejprve potřeba nainicializovat po zapnutí (ideálně po zapnutí ještě cca 1s počkat na ustálení nap. napětí, hodin, ...). Nastaví se rozsahy senzorů (u gyra ještě low-pass filtr, který souží k filtrování dat - čím menší frekvence tím menší šum, ale zase menší dynamika a větší zpoždění dat a naopak...). Ze senzoru pak lze číst data buď individuálně pomocí funkcí: `read_temp()`, `read_acc()`, `read_rot()`, `AK8963_read_Magnetometer()`, nebo souhrnně pomocí funkce: `read_all()`. Ve všech případech jsou data uložena v proměnných třídy `mpu9250_spi`: `float Temperature`, `accelerometer_data[3]`, `gyroscope_data[3]`, `Magnetometer[3]`.

4 Jednoduchá ukázka - výpis dat na UART

Příklad použití knihovny `MPU9250.h` je obsažen v souboru `demo.cpp`. Jedná se o velmi jednoduchý program obsahující inicializaci senzoru a kontinuální čtení aktuálních hodnot a jejich posílání přes UART.