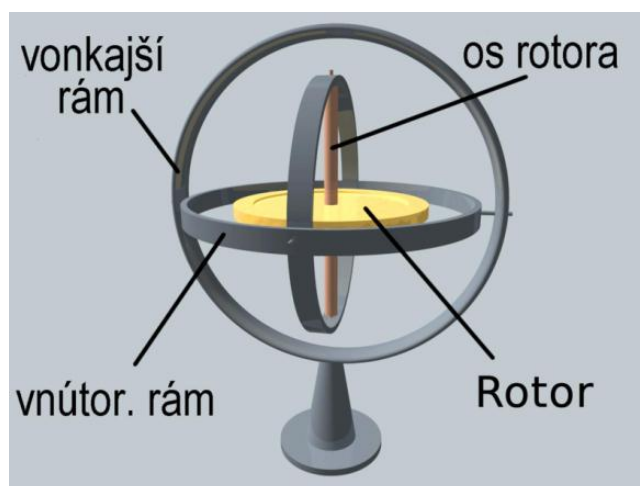


## 1. Teoretický základ

Gyroskop je zariadenie na meranie, alebo udržiavanie rovnakej orientácie, resp. rovnakého smeru. Prístroj využíva zákon zachovania momentu hybnosti.

Hlavnou súčasťou gyroskopu je zotrvačník (rotor) diskového tvaru, ktorý je upevnený na oske, a oska je zase upevnená na otočných kĺboch v ďalšom vonkajšom ráme (pozri obrázok). Teleso zotrvačníka sa môže voľne pohybovať okolo svojej osi všetkými smermi. Po roztočení zotrvačníka, dostáva zvláštnu vlastnosť, zotrvačník si udržiava stále rovnaký smer, aj keď puzdro, v ktorom je uložený zotrvačník, budeme otáčať ľubovoľným smerom. Tento jav sa volá gyroskopická zotrvačnosť alebo moment zotrvačnosti. Ak zotrvačník nerotuje veľkou rýchlosťou, uvedená vlastnosť sa neprejaví. Ak zotrvačník nastavíme do zvislej polohy (jeho os prechádza vodorovne) tak, že jeden koniec smeruje na sever a druhý na juh a následne zotrvačník roztočíme, po dlhšom čase sa nám smer zotrvačníka začne vychýľovať voči pôvodnému smeru sever - juh. V skutočnosti sa neodchýlilo smerovanie zotrvačníka ale otočenie Zeme. Ak tento pokus uskutočníme na severnom póle, odchýlka bude presne 360 stupňov za 24 hodín. Na rovníku by nebola žiadna odchýlka. Na nasledujúcom obrázku je zobrazený mechanický trojosí gyroskop:



Obrázok 1: Mechanický gyroskop

Doplnením gyroskopu o snímače uhla natočenia jednotlivých osí získame takzvaný gyroskopický senzor. Takýto senzor má v praxi všestranné uplatnenie. Napríklad:

- *Gyrokompas* – zariadenie používané pri navigácii lodí. Ide o gyroskop, ktorý je konštrukčne prispôbosený tak, aby os disku gyroskopu (zotrvačníka) bola po dosiahnutí pracovných otáčok vždy rovnobežná s poludníkom. Tým je daný skutočný sever.
- *Umelý horizont* – letecký prístroj, ktorý zobrazuje skutočnú horizontálnu rovinu bez ohľadu na dynamické sily pôsobiace na lietadlo.
- *Sklonomer* – meranie uhlov
- *Gyroskopický zameriavač* – zariadenie používané v bojových lietadlách pre ľahšie zameranie cieľa.
- Hlavný senzor pre systémy stabilizácie letu rakiet, vrtuľníkov, lietadiel
- Stabilizácia obrazu vo fotoaparátoch a kamerách

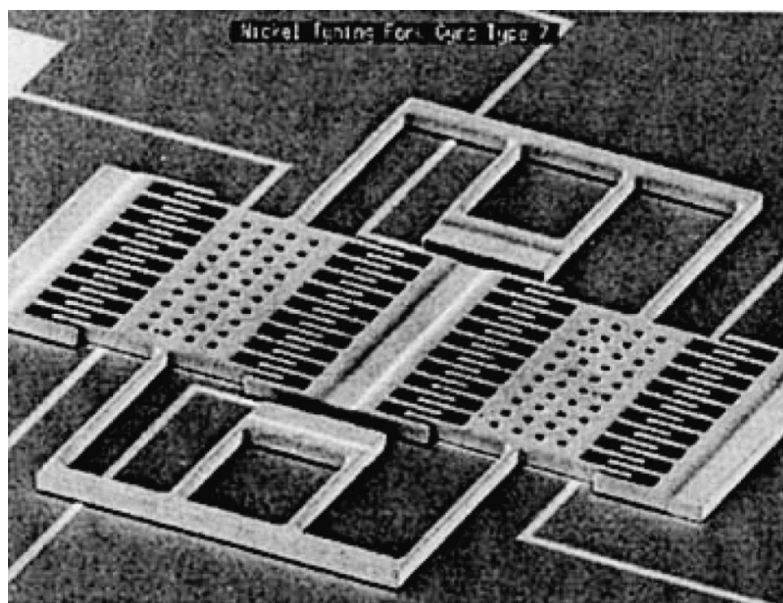
## 2. Gyroskop SI06

Základom I<sup>2</sup>C senzora SI06 je trojosí MEMS gyroskop s digitálnym výstupom L3G4200D od firmy ST Microelectronics. Tento senzor je pripojený k radiacemu mikropočítaču ATmega48PA (AVR) cez sériové rozhranie SPI.

L3G4200D posiela v pravidelných časových intervaloch radiacemu procesoru aktuálne hodnoty uhlového zrýchlenia. AVR tieto hodnoty prepočítava na uhol, o ktorý sa otočil senzor od posledného merania.

### 2.1. MEMS

Micro-Electro-Mechanical Systems, skratka MEMS, označuje mechanické a elektromechanické konštrukcie veľmi malých rozmerov (pod 1 mm), ako aj technológie používané na ich prípravu. Pre ilustráciu rozmerov typických MEMS sa často používa priemer ľudského vlasu (asi 50  $\mu\text{m}$ ). Technológia MEMS umožňuje výrobu senzorov (čipov), ako sú gyroskopy, akcelerometre a mikrofóny s veľmi malými rozmermi (rozmery čipu s MEMS sú rádovo v jednotkách milimetrov).



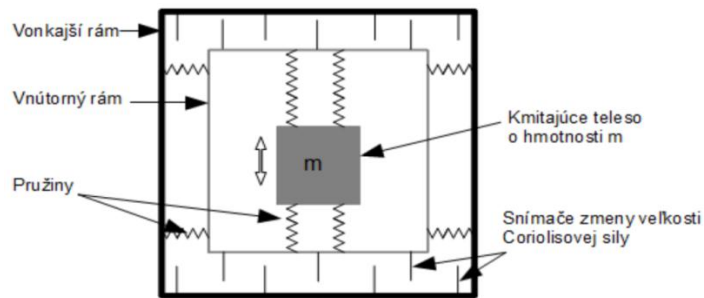
Obrázok 2: Štruktúra MEMS gyroskopu

### 2.2. L3G4200D

Integrovaný obvod L3G4200D je digitálny trojosí MEMS gyroskopický senzor v plastovom puzdre s vonkajšími rozmermi 4x4x1,1mm. Výstupom senzora je aktuálna hodnota uhlového zrýchlenia v každej z troch osí.

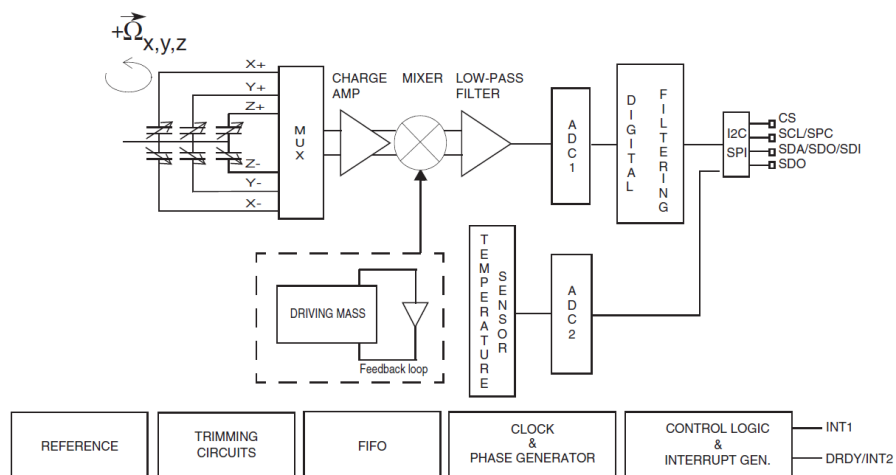
Jadrom senzora je samotná MEMS štruktúra gyroskopu. Na rozdiel od klasických mechanických gyroskopov využívajúcich rotujúci disk, využíva L3G4200D princíp takzvaného vibračného gyroskopu. Vibračný gyroskop je realizovateľný technológiou MEMS výrazne jednoduchšie a lacnejšie ako klasický gyroskop s rotujúcim diskom. Základ snímacieho elementu tvorí rezonujúce teleso upevnené v rámečku, ktoré sa vplyvom vlastnej mechanickej rezonancie, na obrázku (obrázok 3) reprezentované pomocou pružín pohybuje v uvedenom smere, ktorý je kolmý na smer otáčania. Pritom vzniká Coriolisová sila úmerná uhlovej rýchlosti otáčania, ktorá stlačí vonkajšie

pružiny rámčeka a spôsobí vzájomný posun snímacích prvkov fungujúcich ako elektródy vzduchových kondenzátorov. Výstupom je zmena kapacity úmerná veľkosti uhlovej rýchlosti.



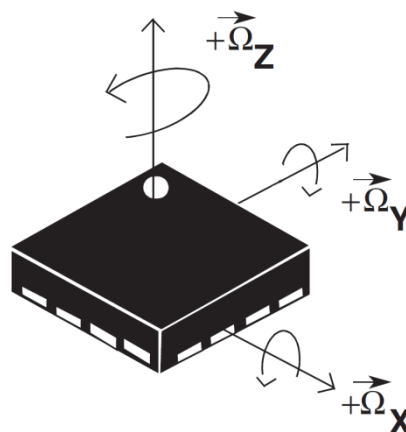
Obrázok 3: Princíp vibračného gyroskopu

K MEMS štruktúre, ktorej výstupnou veličinou je kapacita, je pripojená vyhodnocovacia elektronika, ktorá po odfiltrovaní nepotrebných frekvencií prevedie nameranú kapacitu na aktuálnu hodnotu uhlového zrýchlenia. Na nasledujúcom obrázku je bloková schéma L3G4200D:



Obrázok 4: Bloková schéma L3G4200D

Poloha osí, v ktorých je merané uhlové zrýchlenie vzhľadom na puzdro senzora je na nasledujúcom obrázku:



Obrázok 5: poloha osí vzhľadom na puzdro

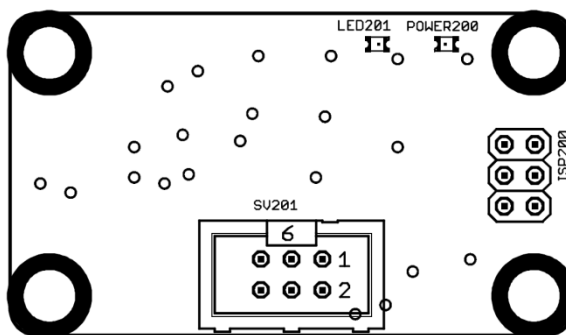
### 2.3. Popis SI06

Základné parametre senzora SI06 sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

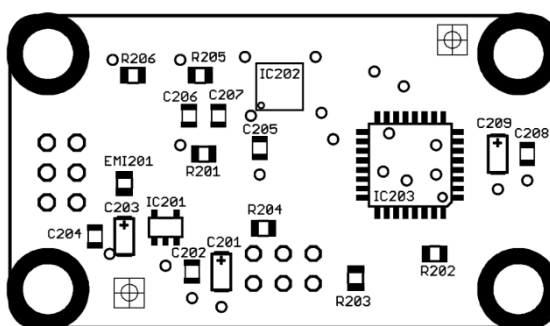
Parameter	Hodnota	Jednotka
Napájacie napätie	5	V
Odber	< 20	mA
Merací rozsah	+/-180	°
Pracovná teplota	-40 do 80	°C

Senzor SI06 má na vrchnej strane DPS dve indikačné LED. Oranžová LED (POWER200) svieti, ak je senzor napájaný. Modrá LED (LED201) bliká ak senzor komunikuje cez I<sup>2</sup>C.

Rozmery plošného spoja SI06 sú 46,5mm x 26,5mm. Montážne otvory s priemerom 4,2mm sú rozmiestnené v rasti 10mm (podľa kovového konštrukčného systému Eitech). Pohľady na obe strany plošného spoja senzora SI06 sú na nasledujúcich obrázkoch:



Obrázok 6: SI06 - Pohľad zhora

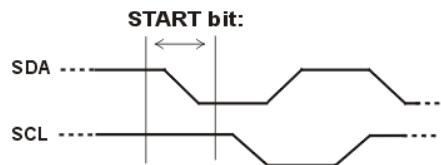


Obrázok 7: SI06 - Pohľad zdola

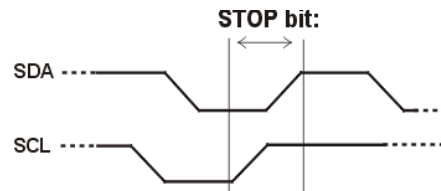
## 2.4. Komunikačné rozhranie SI06

Na komunikáciu so senzorom SI06 sa používa sériová zbernica I<sup>2</sup>C. Komunikácia prebieha medzi nadradeným zariadením (master) a podriadeným zariadením (slave). Komunikáciu riadi master počas odosielania (operácia zápisu) aj počas prijímania (operácia čítania) dát. Master je zodpovedný za generovanie hodinového pulzu (clock) na pine SCL. Pin SDA je ovládaný oboma zariadeniami podľa potreby.

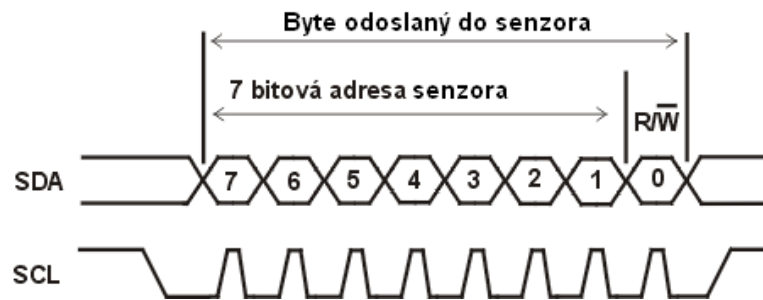
### 2.4.1. Základné operácie na zbernici



Vysielanie štartovacieho bitu



Vysielanie ukončovacieho bitu



Vysielanie adresy

#### Operácia zápisu:



Komunikácia sa začína štartovacím bitom START. Nasleduje 7-bitová adresa ADR spolu s bitom  $\overline{W}$  ktorý nastavuje smer toku dát smerom do senzora (zápis). Ak adresa korešponduje s adresou senzora, senzor odpovedá ACK bitom. Následne master zariadenie odošle 8-bitové slovo DATA, ktoré je po úspešnom prijatí potvrdené ACK bitom. Takým spôsobom môže byť odoslaný ľubovoľný počet dát. Operácia je ukončená odoslaním ukončovacieho bitu STOP.

**Operácia čítania:**

Komunikácia sa začína štartovacím bitom START. Nasleduje 7-bitová adresa ADDR spolu s bitom R ktorý nastavuje smer toku dát smerom zo senzora (čítanie). Ak adresa korešponduje s adresou senzora, senzor odpovedá ACK bitom. Následne slave zariadenie odošle 8-bitové slovo DATA, ktoré je po úspešnom prijatí potvrdené ACK bitom. Takým spôsobom môže byť prijatý ľubovoľný počet dát. Operácia je ukončená odoslaním zamietnutia NACK a ukončovacieho bitu STOP.

**Operácia čítania s adresou interného registra:**

Komunikácia sa začína rovnako ako zápis, kde ako dáta je odoslaná adresa interného registra REG potvrdená senzorom. Následne master odošle opakovaný štart RS (repeated start) a komunikácia pokračuje rovnako ako počas čítania.

**2.4.2. Adresa senzora a popis registrov**

Senzor má prednastavenú adresu C2h

Názov registra	Adresa	Prístup	Popis
AXIS_X_LO	00h	R	Spodný byte aktuálneho uhla na osi X
AXIS_X_HI	01h	R	Horný byte aktuálneho uhla na osi X
AXIS_Y_LO	02h	R	Spodný byte aktuálneho uhla na osi Y
AXIS_Y_HI	03h	R	Horný byte aktuálneho uhla na osi Y
AXIS_Z_LO	04h	R	Spodný byte aktuálneho uhla na osi Z
AXIS_Z_HI	05h	R	Horný byte aktuálneho uhla na osi Z
RST_X	C1h	W	Vynulovanie uhla na osi X
RST_Y	C2h	W	Vynulovanie uhla na osi Y
RST_Z	C4h	W	Vynulovanie uhla na osi Z
RST_ALL	C7h	W	Vynulovanie uhla na všetkých osiach
ADR	AAh	W	Nastavenie novej I <sup>2</sup> C adresy
ADR_RST	CBh	W	Reset I <sup>2</sup> C adresy na prednastavenú

Spojenie horného bajtu a spodného bajtu do 16-bitovej hodnoty:

```
int axis = AXIS_LO | (AXIS_HI << 8) & 0xFF00;
```