

HEAD POSITION SENSING USING MEMS ACCELEROMETERS

Jiří Dlouhý

Magister Degree Programme (5), FEEC BUT
E-mail: xdlouh04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Rozman
E-mail: rozman@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Presented paper deals with description of a device intended for use in patients head position monitoring after vitreoretinal surgery. Keeping the head in an optimum position is crucial for the whole recovery process to proceed well. A design utilizing modern MEMS acceleration sensors and a powerful RISC microcontroller was created. Application of high-level programming language made the whole development process as effective as possible. The main effort led to a compact battery-powered device capable of warning the patient in case of wrong head position.

1. ÚVOD

Vitrektomie je lékařský chirurgický zákrok týkající se operace oka, konkrétně se jedná o protrženou (prasklou) sítnici. Zanedbání takovéto vady může zapříčinit oslepnutí na toto poškozené oko. Lékař provádí laserem bodování takto poškozeného místa na sítnici. Následně je do oka vpravena silikonová látka, případně plyn SF₆ nebo C₃F₈. Plyn, po dobu srůstání, jemně tiskne sítnici na nižší oční vrstvy (cévnatka) a tím znemožní opětovné odchlípení sítnice. Během několika týdnů je však plyn absorbován do krve a je nahrazen oční tekutinou.

Pro dobré zahojení sítnice je rozhodující držet hlavu v takové poloze, ve které plynová bublinka tlačí na takto operované místo po dobu několika týdnů.

Popisované zařízení, přikládáné na hlavu pacienta, je schopné varovat při špatné pozici hlavy.

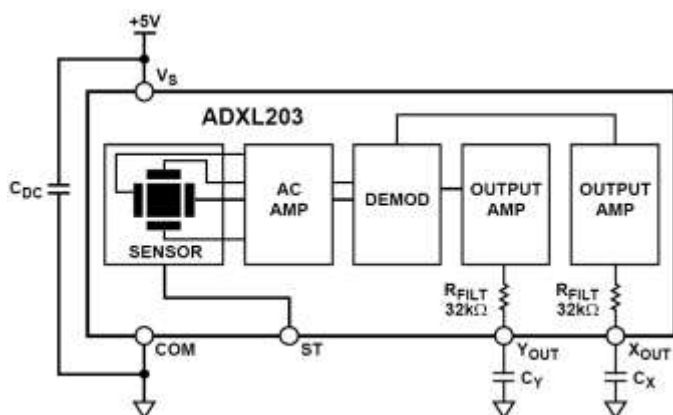
2. ROZBOR

Nejefektivnější cesta, jak vyhodnocovat polohu hlavy, je vzít za referenční bod tíhové zrychlení. Představované zařízení vyhodnocuje statické gravitační zrychlení působící v určité ose.

2.1. STATICKÝ SENZOR ZRYCHLENÍ

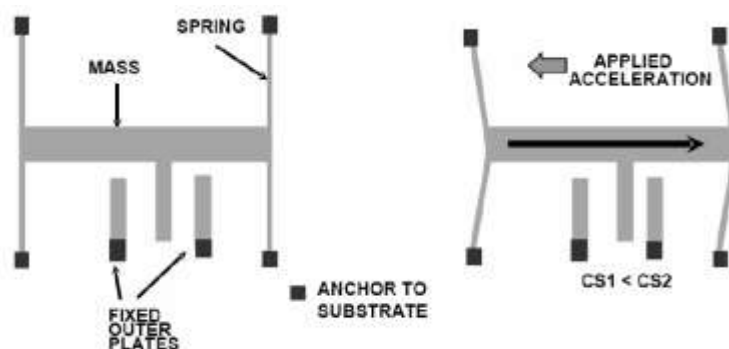
Používaný senzor ADXL203 je dvouosý statický senzor zrychlení implementovaný na jeden čip. Senzor obsahuje vlastní snímač a elektroniku pro předzpracování signálu. Výstupním signálem je analogové napětí úměrné zrychlení v dané ose. Senzor ADXL203 je

schopný měřit kladné i záporné zrychlení do hodnot ± 1.7 g. Senzor s takovýmto rozlišením umožňuje měřit stálé zrychlení, vlastní gravitační zrychlení Země. To umožňuje použít tento senzor jako snímač náklonu.



Obrázek 1: Vnitřní struktura ADXL203.

Zrychlení vyhodnocuje senzor jako změnu kapacity desek. Jedna deska je pevná a druhá je připevněna k pohybující se struktuře. Pevné desky jsou řízené obdélníkovými impulzy posunutými o 180° . Zrychlení způsobí posunutí pohybující se desky a tím změnu obdélníkových impulzů, která je úměrná zrychlení. Vnitřní fázově závislé obvody pak reagují na tyto změny a modulují signál výstupního napětí.



Obrázek 2: Princip operace MEMS senzorů.

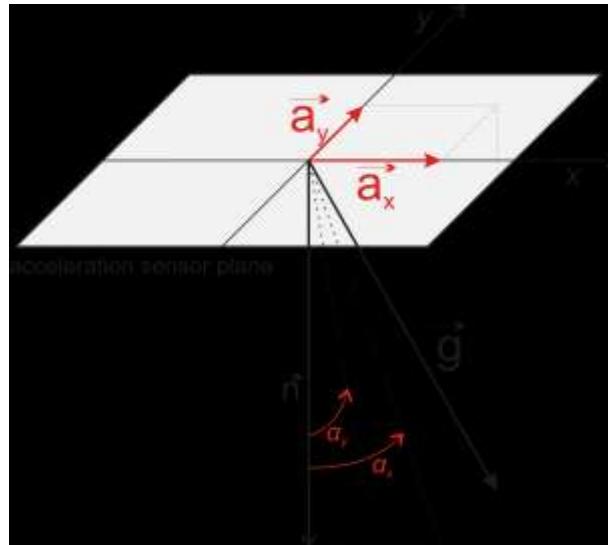
Senzor je vyráběn jako malá $5 \times 5 \times 2$ mm součástka umožňující volbu statického nebo dynamického zrychlení.

2.2. MĚŘENÍ NÁKLONU

Náklon pacientovy hlavy je dostatečně popsán pomocí náklonu ve dvou osách, jak ukazuje obrázek 3.

Působení gravitačního zrychlení do těchto os je popsáno:

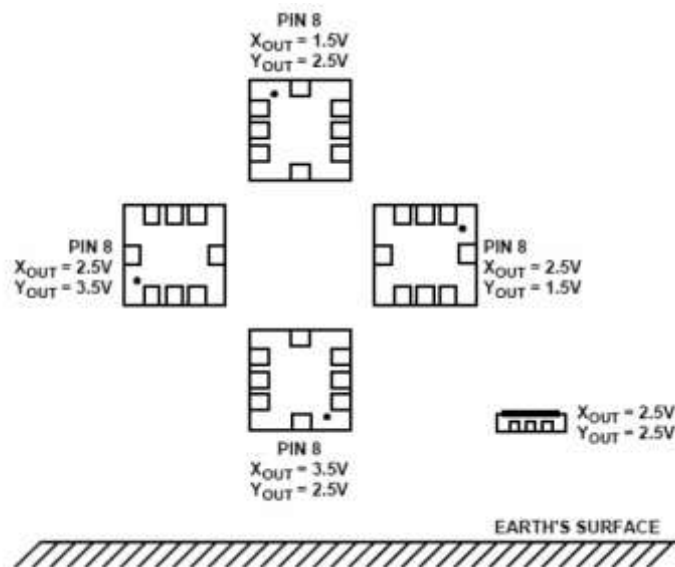
$$\begin{aligned} a_x &= g \cdot \sin \alpha_x \\ a_y &= g \cdot \sin \alpha_y \end{aligned} \quad (1)$$



Obrázek 3: Dva úhly vůči referenčnímu zrychlení.

Kde a_x a a_y značí aktuální měřené zrychlení senzorem, α_x a α_y značí úhel odklonu měřeného zrychlení v dané ose od gravitačního.

Senzory reagují na veškeré zrychlení v jejich okolí, proto je zapotřebí vložit filtr s dolní propustí. Tato propust zajistí útlum dynamického zrychlení, které by zapříčiňovalo falešné alarmy.



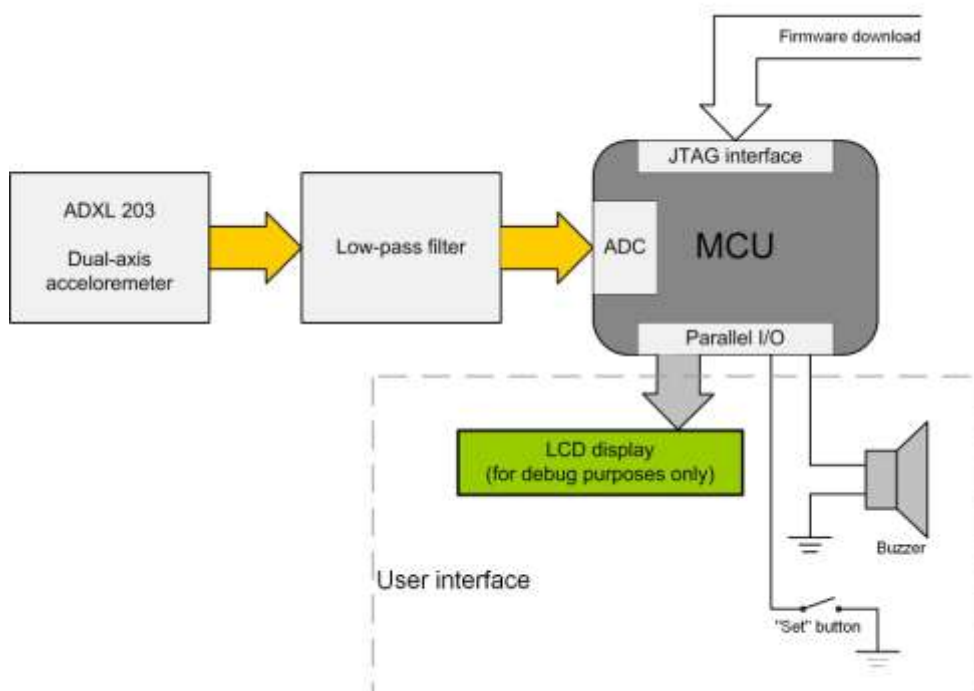
Obrázek 4: Výstupní napětí v limitních pozicích pro statické zrychlení.

3. NÁVRH HARDWARE

Navržené zařízení bylo realizováno s procesorem ATmega16 od firmy Atmel. Blokové schéma je naznačeno na obrázku 5.

Výstupní signál ze senzoru je přiveden na filtr dolní propusti s mezním kmitočtem 7Hz. Další dolní propust může být realizována digitálně v procesoru.

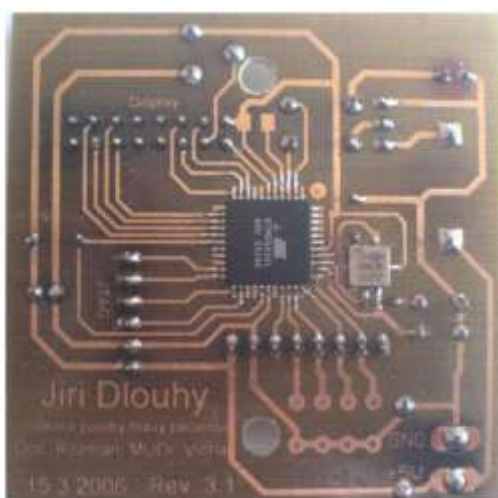
Uživatelské rozhraní se skládá především z ovládacích tlačítek, zobrazovacího LCD displeje a bzučáku indikujícího alarmy. V případě „decentního“ alarmu je aplikován vibrační motorek z mobilního telefonu.



Obrázek 5: Blokový schéma navrženého hardwaru.

Z ohledem na napájení z baterií, je kladen důraz na odběr proudu. Využívá se úsporných módů procesoru. Data ze senzorů jsou vzorkována s periodou 5 s, ve zbytku času je procesor v úsporném režimu. V tomto režimu se dosahuje proudového odběru okolo 0,4 mA.

První prototyp tohoto zařízení ukazuje obrázek 6. Aktuální zařízení, které bude používáno v klinické praxi, bude navrženo na dvouvrstvé desce s minimálními rozměry.



Obrázek 6: Deska s plošným spojem prototypu zařízení.

Po celou dobu funkce je zařízení připevněno na pacientovu hlavu. Nastavení počátečních parametrů, jako je číslo pacienta a povolený úhel odklonu, se provádí pomocí externího ovládání. Toto nastavení se provede při prvním startu zařízení. Po nastavení všech potřebných dat a odpojení externího ovládání jednotka kontroluje polohu hlavy a je-li potřeba, vyvolává alarmy.

V případě že hlava přesáhne limitní pozice, je aktivován alarm – pípnutí, případně vibracemi zařízení. Veškeré důležité nastavení je uloženo ve vnitřní EEPROM paměti procesoru, proto výměna baterií, popřípadě reset zařízení, nebude mít vliv na nastavení parametrů.

Do vnitřní paměti se také ukládají průběžně měřená významná data. Tato data jsou potom pomocí externího ovládání vyhodnocována. Jsou důležité pro analýzu a konfrontaci aktuální terapie.

Programové vybavení procesoru bylo napsáno v programu CodeVisionAVR. Použití vysokourovňového programovacího jazyka spolu s JTAG rozhraním dává možnost velmi efektivního programování.

4. ZÁVĚR

MEMS technologie se ukázala jako velmi vhodná pro aplikace měření polohy hlavy pacienta. Testování ukázalo, že dvouosé senzory jsou dostačující pro takovéto aplikace. Celé zařízení bylo zkonstruováno a otestováno.

Zařízení pomáhá udržovat pacientovu hlavu v povolené pozici po lékařském zákroku zvaném vitrektomie. Tím zabraňuje možnosti oslepnutí pacienta na operované oko.

Pro budoucí vývoj zařízení se počítá s aplikací i jiných procesorů a testování jiných senzorů zrychlení.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru FEKT VUT MSM 0021630513.

LITERATURA

- [1] Analog Devices, Inc. *ADXL103/ADXL203 Datasheet*. Norwood, USA, 2006. Dostupné z WWW <http://www.analog.com>
- [2] Atmel Corporation. *ATmega16 Datasheet*. 2006. Dostupné z WWW <http://www.atmel.com>
- [3] VÁŇA V.: *Mikrokontroléry Atmel AVR*, Praha, BEN 2003, ISBN 80-7300-102-0