



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Odsek za elektrotehniku i računarstvo
Institut za računarstvo i automatiku
Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije

Realizacija daljinskog upravljača na bazi akcelerometra

- Bachelor rad -

Mentor:
Prof. Nikola Teslić

Kandidat:
Vladimir Jovanović 11807

Novi Sad, Jun 2008.

Bachelor rad

UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografski rad

Tip zapisa:

TZ

Štampa

Autor:

AU

Vladimir Jovanović

Mentor/Komentor

MN

prof. Nikola Teslić

Naslov rada:

NR

*Realizacija daljinskog upravljača na bazi
akcelerometra*

Jezik publikacije:

JP

srpski

Jezik izvoda:

JI

sprski

Zemlja publikovanja:

ZP

Srbija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina:

GO

2008

Izdavač:

IZ

Fakultet Tehničkih Nauka

Mesto i adresa:

MA

21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 5

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast:

NO

Elektrotehnika

Bachelor rad

Naučna disciplina: Računarska tehnika
ND

Predmetna odrednica/ključne reči: Računarstvo, elektrotehnika
PO
UDK

Čuva se: U biblioteci Fakulteta Tehničkih Nauka
ČU

Važna napomena:
VN

Izvod: Realizacija daljinskog upravljača na bazi
akcelerometra
IA

Datum prihvatanja teme
Od strane NN veća:
DP

Datum odbrane: 24.06.2008.
DO

Članovi komisije:
KO

Predsednik: prof. dr. Miroslav Popović
Član: prof. dr. Vladimir Kovačević
Član: mr. Nikola Teslić

Bachelor rad

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monographic

Type of record:

TR

Printed

Author:

AU

Vladimir Jovanović

Menthor/Comenthor

MN

prof. Nikola Teslić

Title:

TI

Realization of remote control with accelerometer

Language of text:

LT

Serbian

Language of abstract:

LA

Serbian

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2008.

Publisher:

PU

Faculty of Technical Sciences

Publication place:

PP

21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 5

Physical description:

PD

Scientific field:

SF

Electrical Engineering

Bachelor rad

Scientific discipline:

Computer engineering

SD

Subject/Key words:

Computer engineering, Electrotechnic

SKW

UC

Holding data:

the Library of the Faculty of Technical Sciencies

HD

Note:

N

Abstract:

Realization of remote control with accelerometer

A

Accepted by the Scientific Board on:

ASB

Defended on:

24.06.2008.

DE

Thesis defend board:

DB

President:

Miroslav Popović, Ph D

Member:

Vladimir Kovačević, Ph D

Member:

Nikola Teslić, M.Sc.

SKRAĆENICE

MEMS	- <i>Microelectromechanical systems</i> , Mikroelektromehanički sistemi
CPU	- <i>Central Processor Unit</i> , Centralni procesor
SPI	- <i>Serial Peripheral Interface</i>
USB	- <i>Universal Serial Bus</i>
PC	- <i>Personal Computer</i>

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Analiza.....	2
3. Koncept rešenja.....	3
3.1 Opis senzora.....	3
3.2 Opis arhitekture.....	6
3.3 Matematički model.....	7
4. Realizacija rešenja.....	8
4.1 Program za LPC mikrokontroler.....	8
4.2 Aplikacija za PC računar.....	10
5. Rezultati.....	12
6. Zaključak.....	13
7. Literatura.....	14

1.Uvod

Mikromašinski inercijalni senzori, uključujući akcelerometre i žiroskope, su jedni od najvažnijih silikonskih senzora. Mikroelektromehanički sistem (eng. Microelectromechanical systems – MEMS ^[1]) je tehnologija veoma malih sklopova čije su komponente dimenzija merenih mikrometrima. Celokupna mikrostruktura je u smeštena na jedan kristal silicijuma, što rezultuje malom masom i dobrim mehaničkim svojstvima.

Jedna od mogućnosti primene je i ovde predstavljena realizacija. Ideja je da se korišćenjem BFX100 ^[2] ploče napravi kontrola mišem na PC računaru. Realizovani program treba da očitava vrednosti senzora, i da na odgovarajući način očitavanja pretvori u pomeraj miša. Krajnja ideja je da se napravi daljinski upravljač za TV koji detektuje pomeraje u prostoru i na odgovarajući način ih pretvara u pomeranje pointera na ekranu. Time se omogućuje laka upotreba čak i složenijih aplikacija na TV-u, na primer kao platformu za pretraživanje interneta.

2. Analiza

Za realizaciju date ideje je potrebno upoznati se sa:

- načinom rada BFX100 ploče,
- upotrebom i načinom očitavanja senzora i
- razmenom podataka sa računarom.

BFX100 ploča, služi kao razvojna ploča za aplikacije na bazi senzora SMB380 [\[3\]](#). Uz pomoć ploče, treba očitavati senzor i slati podatke PC računaru. Na ploči se nalazi LPC [\[4\]](#) mikrokontroler baziran na 32/16 bit ARM7 procesoru. Širina od 128 bita memorijske magistrale i jedinstvena arhitektura omogućavaju izvršavanje 32 bitnog koda na maksimalnoj frekvenciji. LPC ima ugrađen USB 2.0 kontroler, kao i A/D konvertor i multipleksirani serijski interfejs koji uključuje dva UART-a, dve I2C magistrale, SPI i SSP.

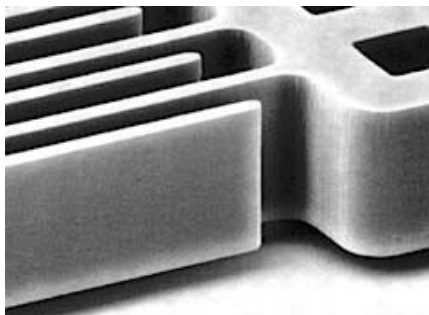
Senzor SMB380 služi za merenje ubrzanja po tri ose. To je digitalni senzor koji može da se poveže SPI ili I2C protokolom i koji može da meri ubrzanja od 2g 4g ili 8g, rezolucije 10 bita. Treba naći potrebnu zavisnost primljenih podataka i pomeraja pointera na ekranu.

Komunikacija BFX100 ploče sa računarom se obavlja preko USB porta. Kontrola očitavanja i slanja podataka se vrši uz pomoć LPC mikrokontrolera, koji se nalazi na BFX100 razvojnoj ploči. Na PC-ju se izvršava aplikacija koja prima podatke sa BFX100 ploče. Primljene podatke treba po potrebi obraditi i na osnovu njih izvršiti pomeraj pointera na ekranu.

3. Koncept rešenja

3.1 Opis senzora

Akcelerometar je senzor za merenje ubrzanja sa digitalnim izlazom i baziran je na MEMS (engl. Micro Electro Mechanical System - MEMS) tehnologiji. Posebno je pogodan za čovek-mašina sprežni sistem, detekciju slobodnog pada, kao i za mobilne uređaje i aplikacije male potrošnje. Ubrzanje se detektuje strukturom pokretnih češljeva koji se pod uticajem ubrzanja učešljavaju menjajući tako kapacitet između njih, koji je proporcionalan ubrzanju. Veličina strukture je reda veličine mikrometra.



Slika 1. Struktura akcelerometra veličine 20um

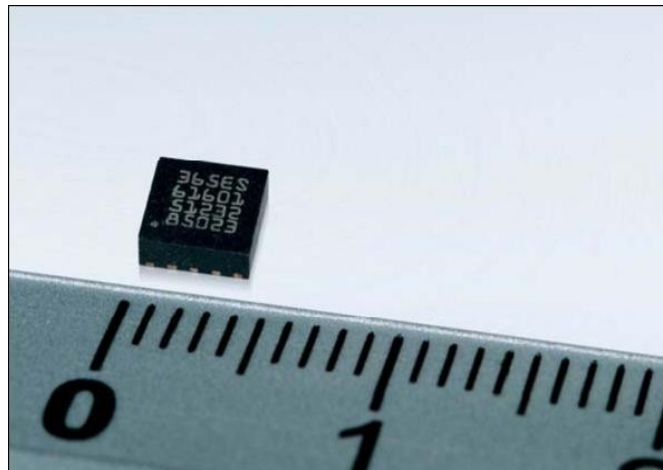
SMB380 je akcelerometar malih dimenzija (3mm x 3mm x 0.9mm), i veoma male potrošnje. Potrošnja struje je samo 200uA (1uA na čekanju) na napajanju od 2.5V. Kao dodatak postoji nekoliko implementiranih režima koji omogućavaju smanjenje potrošnje glavnog sistema. Idealan je za najmanje potrošačke uređaje kao detektor pokreta, udaraca ili slobodnog pada, a u cilju zaštite uređaja. SMB380 obezbeđuje desetobitni digitalni serijski izlaz preko SPI ili I2C protokola. Preko komandi koje mogu da se proslede putem konekcije može da se bira opseg od 2g, 4g ili 8g. Uključen je i filter drugog reda od 1500Hz, za održavanje stanja merenog signala. Maksimalna frekvencija konvertovanja je 3kHz. Moguća su i preračunavanja rezultata unutar samog senzora. Pored mogućnosti definisanja specifičnih kriterijuma, podržana je upotreba prekida, i obaveštavanje sistema od strane senzora o kršenju datih pravila, preko pina za prekid. Upotreba prekida može se upotrebiti za razne svrhe, na primer uključivanje sistema kod bilo kakve promene, signaliziranje stresova ili indikacija slobodnog pada.



Slika 2. Senzor SMB380

SMB380 senzor takođe poseduje test mod, u toku koga testira kompletan put signala, uključujući i mikro-mašinsku senzorsku strukturu.

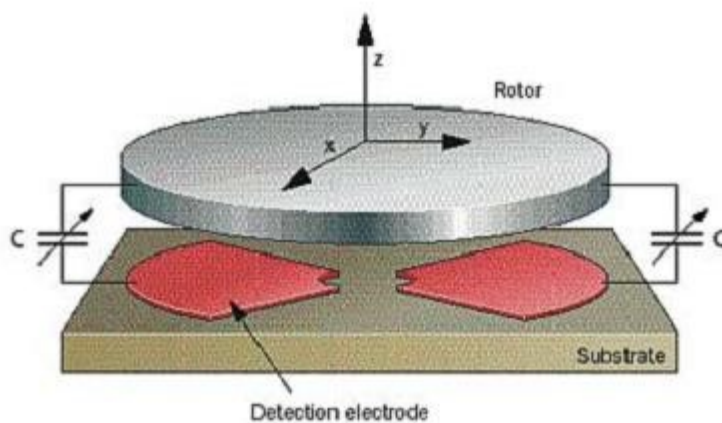
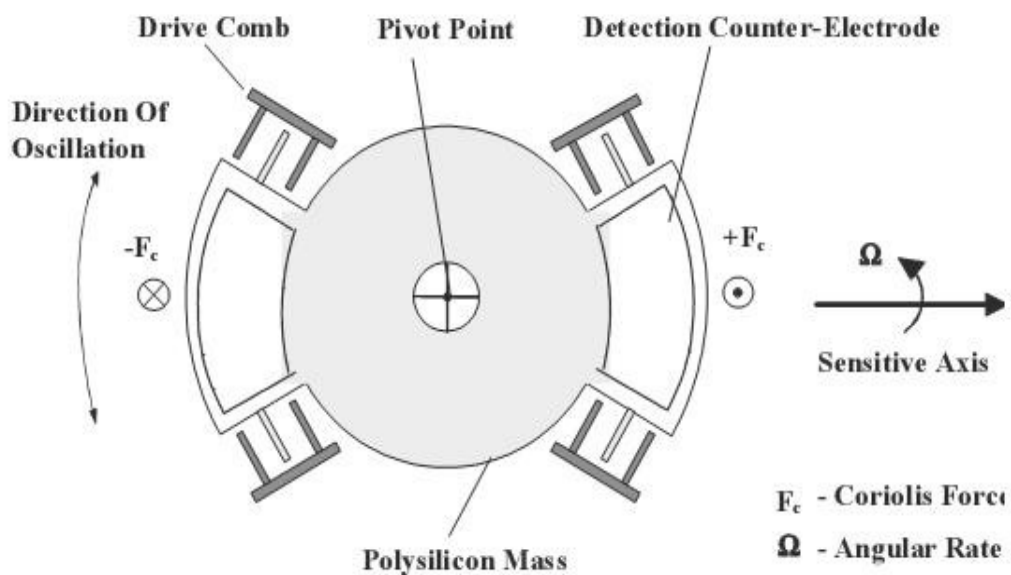
Žiroskopi u narednim godinama postaju često korišćeni element u aplikacijama MEMS industrije. Senzorski element je polisilikonska masa smeštena u vakuumu sa osetljivim osama smeštenih u ravni čipa. Veliki broj aplikacija je već razvijen za potrošačko i industrijsko tržište. Neki od njih su stabilizacija vozila, navigacija, detekcija okretanja koje su korišćene u automobilima najnovije generacije gde cena nije glavni faktor. Primeri potrošačkih aplikacija su ulazni 3D uređaji, roboti, stabilizacija platforme, stabilizacija kamere, virtualna realnost i drugo.



Slika 3. Senzor SMG300

SMG300 je digitalni žiroskop koji detektuje pokret u dve ose. Takođe može da meri temperaturu. Izlazne vrednosti su desetobitne, a komunikacija može da se obavlja SPI ili I2C serijskom komunikacijom. Senzor je potpuno konfigurabilan, i postoji mogućnost korišćenja prekida.

Senzorski elemenat unutar žiroskopa je simetričnog oblika sa jednim vešanjem u središnjoj tački. Primenom elektrostatičke sile na struktura ona je primorana da rotira oko osovine odnosno centra mase. Ovo oscilovanje oko ose, odnosno rotacija je stabilisana elektronskom kontrolnom petljom. Zbog održavanja ugaonog momenta, ugaoni pomeraj oko ose u ravni čipa prouzrokuje promerljivo kretanje mase u odnosu na pravac ravni. Elektrode u podlozi ispod mase senzorskog elementa omogućuju kapacitivnu detekciju tog kretanja.



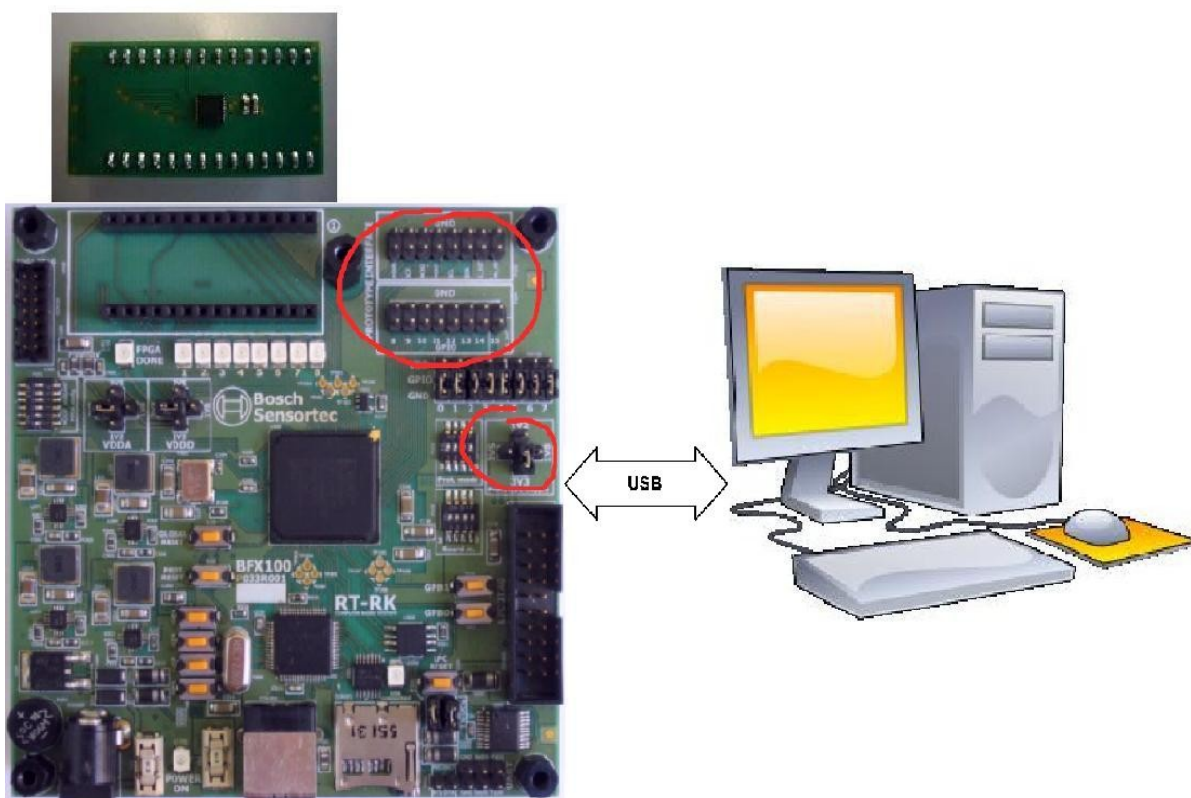
Slika 4. Princip rada žiroskopa

Mehanički oscilator simbolizuje senzorsku masu i njeno kretanju u ravni. Ubrzanje obuhvata odstupanje dva kondenzatora formirana senzorskim elementom i elektrodama u podlozi. Signal na tim elektrodama je moduliran u frekvenciju oscilovanja mase. Posle pojačanja i oduzimanja odvaja se signal proporcionalan ugaonom pomeraju.

3.2 Opis arhitekture

Sistem koji se koristi za zadatak se sastoji od

- BFX100 ploče
- senzora (akcelerometar, žiroskop)
- PC računar sa USB utičnicom

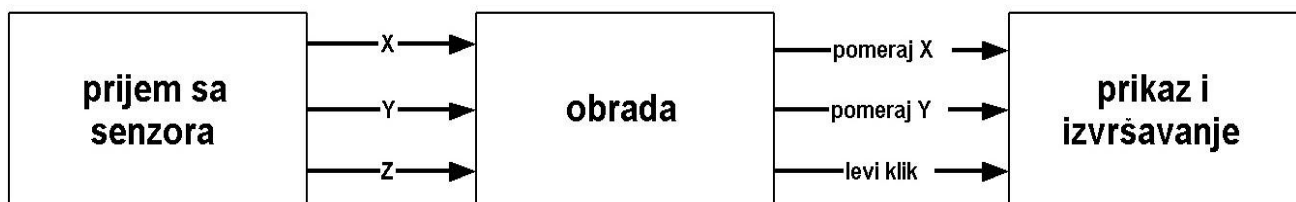


Slika 5. Sistem korišćen za realizaciju

Na BFX100 ploči se, od bitnih komponenti za zadatak, nalazi utičnica za senzor, LPC mikrokontroler i USB konektor. LPC izvršava program koji na jednoj strani komunicira sa senzorom, a na drugoj sa PC računaru, i praktično predstavlja vezu između senzora i aplikacije na PC računaru.

Aplikacija koja se izvršava na PC računaru je *Board Configuration*, koja uspostavlja vezu sa pločom preko USB veze. Postoje podešavanja za režima rada ploče, razne načine očitavanja senzora, i prikazivanje primljenih podataka. Aplikacija je pisana u paketu Visual Studio 6.0 [\[5\]](#), uz upotrebu MFC biblioteke za grafičku korisničku spregu.

Podatke koji stižu sa ploče treba obraditi, odnosno treba da se na osnovu njih odredi pomeraj i to proslediti grafičkoj korisničkoj sprezi za prikaz rezultata i izvršavanje.

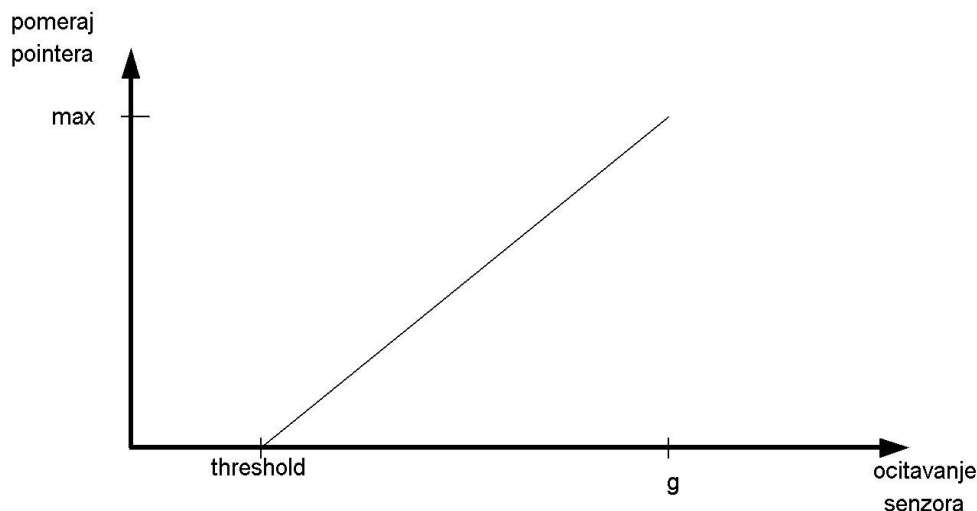


Slika 6. Dijagram toka podataka

3.3 Matematički model

Pošto je akcelerator veoma osetljiv, mora da postoji opseg nagiba senzora, posle kojeg se detektuje pomeraj pointera, i u tom slučaju se primenjuje naredna formula. Maksimalni pomeraj pointera je kad je najveće ubrzanje, odnosno kad se osa senzora poklopi sa gravitacionim ubrzanjem. Kod linearne zavisnosti formula za pomeraj je oblika:

$$\text{pomeraj} = \text{max} * (1 - \text{ugao senzora}) - \text{threshold}$$



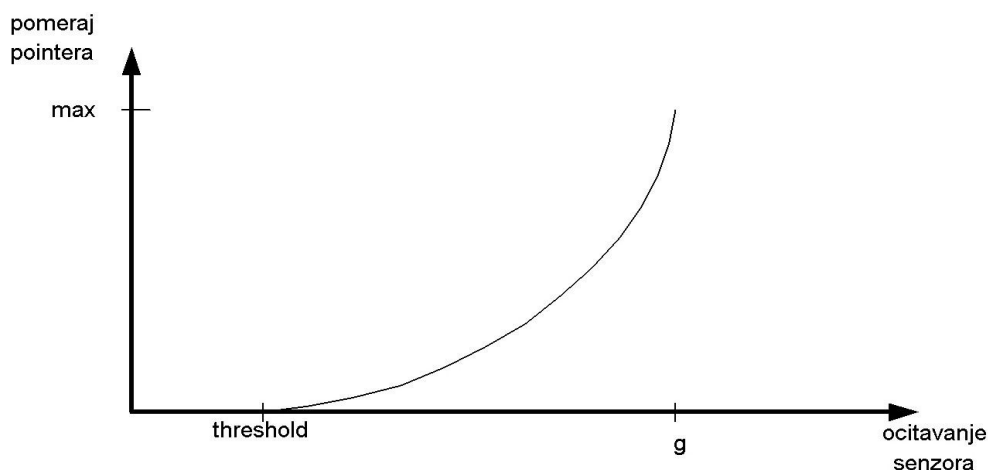
Slika 7. Grafik linearne zavisnosti pomeraja i očitavanja

Gde „ugao senzora“ predstavlja ugao senzora u odnosu na pravac gravitacionog ubrzanja i on može da se odredi formulom:

$$\text{ugao senzora} = \arccos(\text{očitano ubrzanje} / (\text{gravitaciono ubrzanje}))$$

Da bi koristili eksponencijalnu zavisnost a da pomeraj bude što manji koristi se osnova 2, i formula ima oblik:

$$\text{pomeraj} = \text{max} * 2^{(1 - \text{ugao senzora})} - \text{threshold}$$



Slika 8. Grafik eksponencijalne zavisnosti pomeraja i očitavanja

Kod žiroskopa se svaki novi pomeraj dodaje na trenutnu poziciju pointera, treba samo odrediti odnos (parametar k), da pomeraj pointera u normalnom radu bude adekvatan pomeraju senzora. Zbog osetljivosti i nestabilnosti senzora, potrebno je koristiti filter. Parametar p određuje osetljivost:

$$\text{jedinični pomeraj} = p * (\text{pomeraj senzora}) + (1-p) * (\text{prethodni jedinični pomeraj})$$

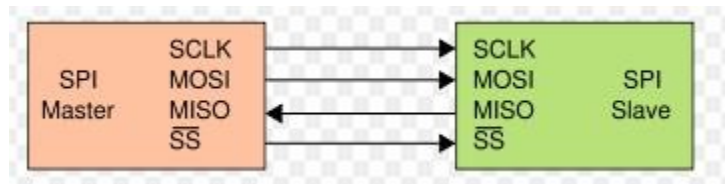
$$\text{ukupni pomeraj} = (\text{ukupni pomeraj}) + k * (\text{jedinični pomeraj})$$

4. Realizacija rešenja

Rešenje je bazirano na gotovim aplikacijama za PC i LPC koje služe za testiranje senzora SMB380.

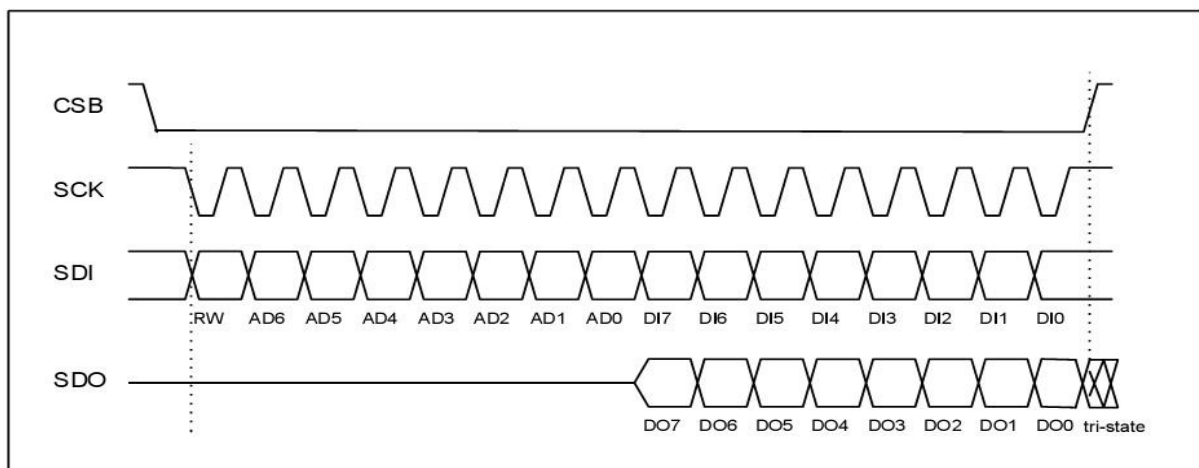
4.1 Program za LPC mikrokontroler

Senzor je povezan na ploču BFX100, na kojoj se nalazi LPC mikrokontroler koji izvršava aplikaciju za očitavanje senzora i slanje preko USB konekcije. Kod je pisan u programskom paketu uVision ^[6] firme Keil. Konekcija sa senzorom je ostvarena preko SPI (Serial Peripheral Interface) protokola, koji je realizovan preko četiri veze, takt (SCLK), selekcija modula (SS), izlaz (MOSI) ulaz (MISO).



Slika 9. Način povezivanja uređaja SPI protokolom

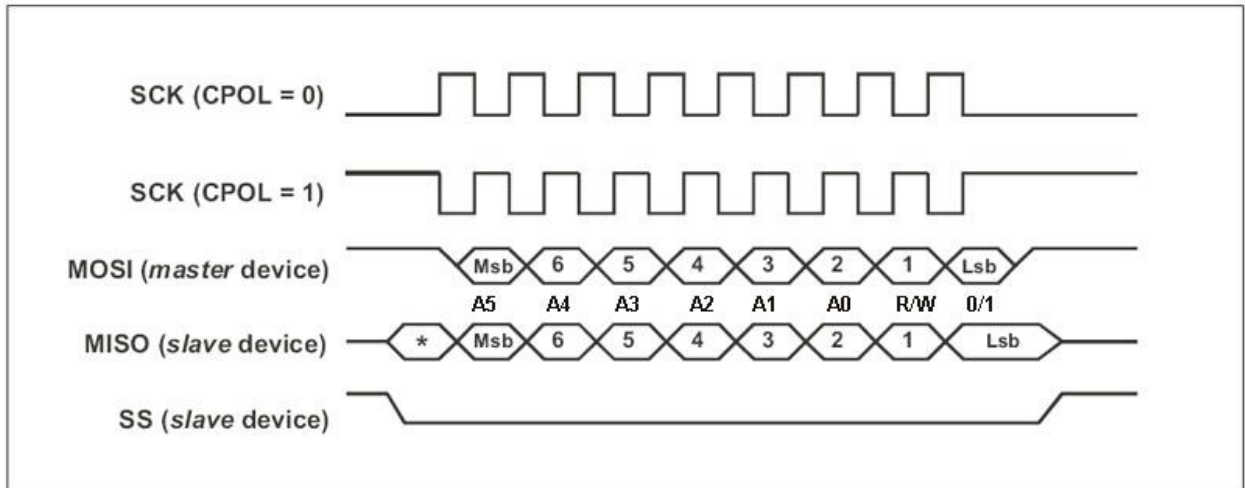
Senzoru SMB380 se pritupa preko sedmobitne adrese a bit najveće težine (MSB) određuje da li se očitava ili upisuje u memoriju (0-R, 1-W). Posle toga se šalje sedmobitna adresa, nakon čega slede podaci, koje šalje LPC ako se upisuje, ili šalje senzor ako se čita sa poslate adrese. Podaci koji se isčitavaju iz senzora su ubrzanje za sve 3 ose (x, y, z). Posle očitavanja senzora podaci se šalju preko USB konekcije ka PC računaru.



Slika 10. SPI komunikacija sa akcelerometrom

Bachelor rad

Za pristup senzoru SMG300, program za LPC je modifikovan jer se format SPI komunikacije digitalnih senzora akcelerometra i žiroskopa razlikuje. Za pristup memoriji SMG300 senzora koriste se šestobitne adrese. Pri SPI komunikaciji, prvo se šalje šestobitna adresa, onda R/W bit koji određuje da li se radi o čitanju ili upisu. Poslednji bit (LSB) je nebitan i može da bude 0 ili 1. Posle toga se šalju podaci ka senzoru ako se upisuje, ili senzor šalje podatke ako se radi o čitanju.

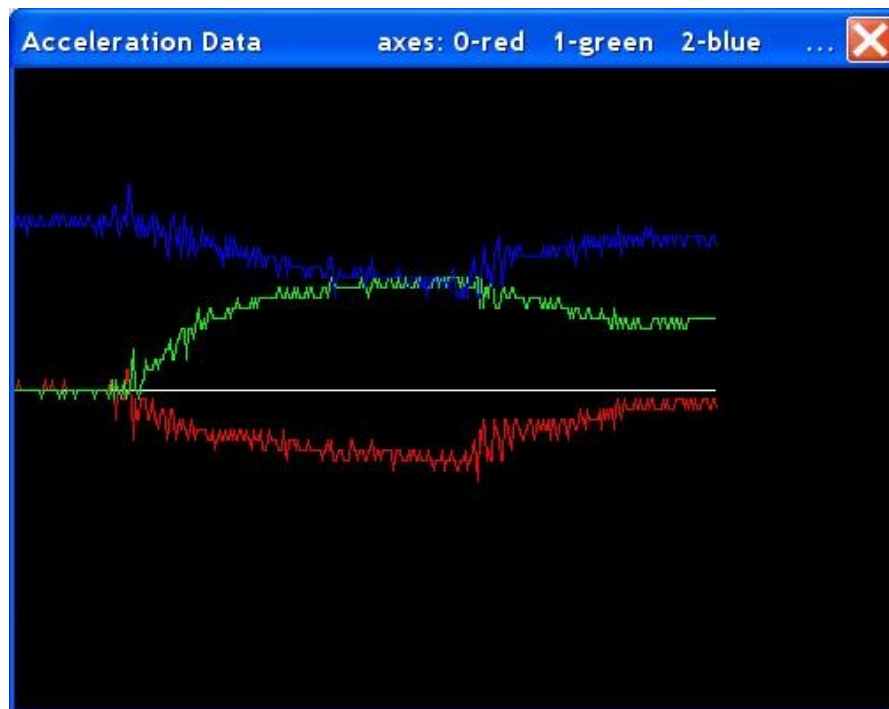


Slika 11. SPI komunikacija sa žiroskopom

Pošto žiroskop detektuje pomeraj po dve ose, podaci koji se očitavaju iz senzora su ta dva podatka (x, y). Program u LPC-u takođe proverava stanje GPIO pina, sa kojim je povezan taster, koji će poslužiti kao levi klik, i zajedno sa prethodna dva podatka se šalje PC aplikaciji.

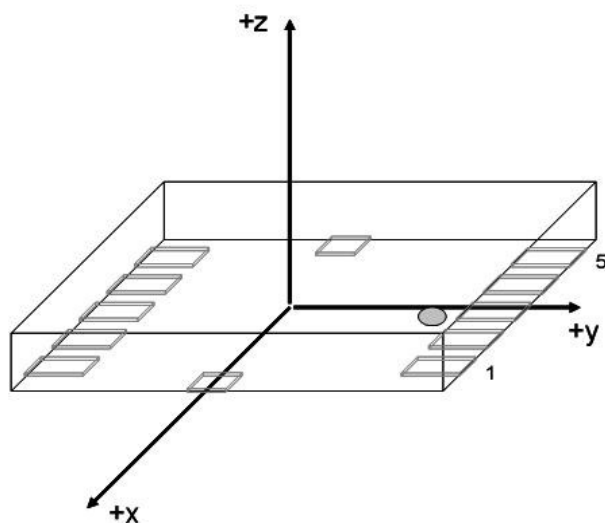
4.2 Aplikacija za PC računar

Aplikacija koja se izvršava na računaru uspostavlja USB konekciju sa pločom i preuzima podatke. Vrednosti koje pristižu sa senzora se iscrtavaju u posebnom prozoru. Tri linije predstavljaju vrednosti za svaku osu.



Slika 12. Grafik očitavanja akcelerometra

U slučaju akcelerometra podaci koji se dobijaju su vrednosti ubrzanja po sve tri ose (x, y, z) od čega se vrednosti po dve horizontalne ose koriste za pomeraj pointera. Kod žiroskopa se dobijaju podaci po dve ose (x, y) i vrednost GPIO pina LPC mikrokontrolera na koji je povezan taster.



Slika 13. Orijehtacija osa u čipu SMB380

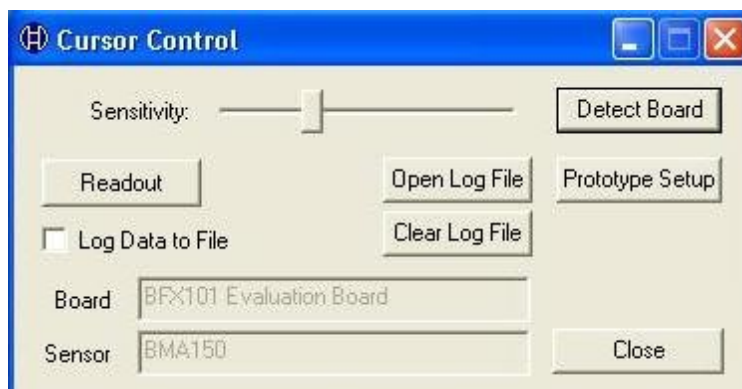
Bachelor rad

Pošto u svakom trenutku deluje gravitaciono ubrzanje, kad se nalazi u stanju mirovanja, senzor SMG380 detektuje vrednosti različite od nule, za svaku osu koja sa pravcem gravitacionog ubrzanja, sklapa ugao različit od pravog ugla. Ova pojava omogućava da odredimo pod kojim se uglom nalazi senzor za dve horizontalne ose. Na osnovu toga se određuje brzina i smer kontinualnog kretanja pointera na ekranu. To je jedan način korišćenja akcelerometra za pomeranje pointera po ekranu.

Posle preuzimanja podatka, izračunava se pomeraj pointera, u datoteci *mouse.cpp*. Pomeraj može da bude linearno ili eksponencijalno zavistan od položaja senzora. Za pomeraj se koriste vrednosti po dve horizontalne ose, a ubrzanje po vertikalnoj osi je upotrebljeno za levi klik.

Da bi postigli da se pointer pomera direktno zavisno od pomeraja ploče, odnosno da pointer prati pomeraj ploče mora se koristiti drugi senzor odnosno žiroskop.

SMG300 je digitalni žiroskop napravljen MEMS tehnologijom, koji detektuje pokret po dve ose (ne vezano za gravitaciono ubrzanje), a postoji i mogućnost merenja temperature. Može biti povezan SPI ili I2C protokolom, i ima desetobitni digitalni izlaz. Kod realizacije sa žiroskopom za levi klik se koristi taster na BFX100 ploči. Zbog preciznosti žiroskopa i nestabilnog stanja koji se javlja kod pointera, koristi se filter čija jačina može da se podešava u aplikaciji, odnosno kojim se reguliše osetljivost. Kad se detektuje pokret njegova vrednost se dodaje na trenutnu poziciju pointera, što rezultuje pomeranjem pointera u istom smeru kao i senzor.



Slika 14. Izgled aplikacije

5.Rezultati

Poređenje rešenja zasnovanog na akcelerometru i žiroskopu.

Testiranje rešenja obavljeno kretanjem s kraja na kraj ekrana, korišćenjem aplikacija *Calculator* i *Paint*. Uspešno startovanje aplikacije iz *Start* menija uz pomoć oba senzora.

Testiran su klik i dupli klik startovanjem programa preko ikona na desktopu.

Tabela poređenja rešenja:

	Akcelerometar	Žiroskop
Vertikalno pomeranje	+	++
Horizontalno pomeranje	+	++
Levi klik	--	+
Kontrola	-	+
Brzina	+	++
Preciznost	+	-

Zaključak je da je žiroskop bolji od akcelerometra za ovakav način upravljanja jer je intuitivan, odnosno pointer prati kretanje senzora. Takođe brže je kretanje, zahtevani pokreti su lakši i prirodniji.

6.Zaključak

Produkti MEMS tehnologije postaju široko upotrebljivi u industriji i potrošačkim proizvodima. Kako se povećava proizvodnja i pada cena, ovi uređaji nalaze nove primene i zamenjuju staru tehnologiju. Predviđa se da će MEMS tehnologija imati uticaj na razvoj i život ljudi kao što je to slučaj sa računarima.

Zbog male fizičke veličine i mogućnost korišćenja standardnih protokola (SPI ,I2C), ovi senzori su privlačni za upotrebu u raznim mobilnim uređajima. Tu su još veoma mala potrošnja i mala cena.

Upravljanje računarom uz pomoć akcelerometra i/ili žiroskopom može da bude upotrebljivo u igrama, naročito pošto je zavisnost analogna, ali i u kontroli multimedijalnih programa ili prezentacija. Pokazano je da ovakvo upravljanje može da bude upotrebljivo, jer može da bude precizno, komforno za upotrebu, i lako za korišćenje. Pogotovu sa daljim poboljšanjem algoritma (korišćenje parametra kao što su veličina ekrana, rezolucija, udaljenost) kojim bi upravljanje bilo ugodnije i preciznije. Eventualno dodavanje efekata inercije, ili zavisnost pomeraja od brzine promene položaja senzora. Mogućnost da ovakav uređaj bude bežičan bi dodatno povećalo upotrebljivost i uticalo na udobnost korišćenja.

7.Literatura

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/MEMS>
- [2] <http://www.bosch-sensortec.com>
- [3] SensorsBinder_Accelerometer_1_Bosch.pdf
- [4] user.manual.lpc2141.lpc2142.lpc2144.lpc2146.lpc2148.pdf
- [5] <http://support.microsoft.com/?scid=ph;en-us;3042>
- [6] <http://www.keil.com/uvision/>