

PRIMENA SENZORA UBRZANJA U ZAŠTITNIM SISTEMIMA APPLICATION OF AN ACCELERATION SENSOR IN PROTECTION SYSTEMS

Robert Kovač, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000, Novi Sad, Srbija
Stevan Stankovski, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000, Novi Sad, Srbija
Radenko Purić, Lovćen osiguranje, Slobode 13A, 81000 Podgorica, Crna Gora

Sadržaj – U poslednje vreme bezbednosni sistemi su počeli naglo da se razvijaju. Zahvaljujući tome sve više i više objekata dobija digitalnu zaštitu. Za zaštitu velikih površina najčešće se koriste obične ograde, koje su izložene opasnosti od oštećenja ili preskakanja. Zbog toga, kod teritorije kojoj je potrebna strožija zaštita, upotreba ograde zahteva dodatne bezbednosne mere. Ovaj problem se najčešće rešava video nadzorom, međutim ovo rešenje je skupo i zahteva konstantno praćenje. Alternativno rešenje za ovaj problem je inteligentna zaštita ograde. Inteligentna zaštita ograde je senzorska mreža, koja je upletena u mrežu ograde i detektuje vibracije u slučaju preskakanja ili oštećenja. Senzori ne zahtevaju održavanje, otporni su na spoljašnje vremenske uslove, i ne smeta im zelenilo koje raste na ogradi. Najbolje se može upotrebiti kod pletene ili varene žičane ograde.

Abstract – In the last years, various security technologies have been developed. As a result, more and more objects are getting a digital security system. In general, for securing large areas, simple fences are used, but these are adrift to damaging or climbing over. To avoid these problems, in securing areas that need extra security arrangements, special systems are needed. In some cases this can be provided by cameras, but this solution is expensive and needs continuous observation. An alternative solution for this problem could be the intelligent fence guard. The intelligent fence guard is framed by a sensor mesh, which is interwoven between the fence wires and can sense their vibrations, if the fence is being damaged or climbed over. This sensor mesh does not need maintenance, it is resistant to the weather conditions and is not disturbed by its environment, i.e. vegetation or animals. The best application of the intelligent fence guard is in securing woven or welded fences.

1. UVOD

U ovom radu kao zadatak je postavljen razvoj sistema za obezbeđenje ograde protiv preskakanja i oštećenja koristeći senzore pomeraja. Ovi mali senzori treba da se upletu u mrežu ograde i da detektuju njene pomeraje ili potrese. Podaci o pomeranju treba da se šalju mikrokontroleru koji će da obrađuje podatke i da šalje dalje na glavni računar preko serijske veze. Glavni računar treba da beleži sve događaje, i da aktivira alarm ako je potrebno.

Obezbeđenje ograde treba da se vrši pomoću senzora pomeraja (akcelerometara), koji detektuju pomeraje ograde u svim pravcima. Senzori treba da se postave na svakih nekoliko metara, da bi obezbedili potpunu pokrivenost. Podatke sa senzora treba prikupljati mikrokontrolerom koji vrši obradu i prosleđuje obrađene podatke na nadzorni računar. Ovaj računar treba da vrši dalju analizu, da detektuje da li treba da se aktivira alarm ili ne, i da beleži sva dešavanja na sensorima.

Sistem treba da bude male potrošnje, da bi se obezbedila mogućnost rada sa akumulatorom, a takođe treba da bude otporan na spoljašnje vremenske uslove.

Pre početka projektovanja, treba analizirati sve tehničke zahteve sistema da bi mogli da se odrede kritični delovi sistema, koje treba uzeti u obzir prilikom izbora komponenta.

Senzori ubrzanja treba da se montiraju na ogradu u većem broju, pogotovo ako treba da se osigura velika dužina ograde.

Zbog ovoga je bitno da senzori budu malih dimenzija, male potrošnje i da budu prihvatljive cene. Bitno je da povezivanje senzora bude što jednostavnije, i da zahteva što manje žičanih linija.

Zbog svega ovoga izabran je digitalni senzor proizvođača Analog Devices, sa oznakom ADXL345 [1]. Ovaj senzor ima dimenzije svega 3 x 5 x 1 mm, malu potrošnju od 40 uA i radni napon od 2,5 V do 3,6 V. Opseg merenja zadovoljava zahteve zadatka, pošto može da meri od -16 g do +16 g, što je dovoljno da izmeri i velike potrese. Rezolucija senzora je takođe dovoljno velika, maksimalno 13 bita.

Za rad ovog senzora potrebno je nekoliko perifernih elemenata, kao što su kondenzatori za stabilizaciju napona, baferi za obezbeđenje adekvatnih naponskih nivoa za komunikaciju na veće daljine i zaštitne Šotki diode. Za integrisanje svega ovoga potrebno je bilo isprojektovati štampanu ploču, koja čini osnovu senzorskog modula.

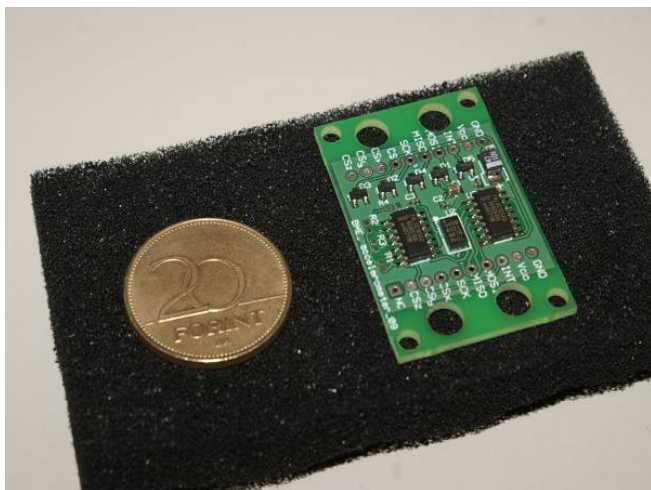
Kao osnova centralne mikrokontrolerske jedinice izabran je mikrokontroler marke Atmel, tipa ATmega162. Ovaj mikrokontroler poseduje sve potrebne komunikacione platforme i ima dovoljno veliku programsku memoriju za čuvanje podataka.

Komunikacija između senzora ADXL345 i mikrokontrolera se vrši SPI protokolom. Za ovu komunikaciju su potrebne četiri komunikacione linije, dve za podatke, jedna za takt i jedna za selekciju određenog senzora.

Krajnju obradu podataka obavlja računar. Veza mikrokontrolera sa računarom je izvedena pomoću RS232 serijske komunikacije. Zbog različitih naponskih nivoa računara i mikrokontrolera potrebno je bilo ugraditi jedno integrisano kolo za pretvaranje naponskih nivoa. Za ovu svrhu je izabran MAX3232 koji radi na 3,3 V i može da obezbedi brzinu prenosa podataka 115000 bit/sec [5].

2. SENZORSKI MODUL

Hardver sistema za obezbeđenje ograde može da se podeli na dva dela. Jedan deo čine senzorski moduli a drugi deo je glavna mikrokontrolerska jedinica [2, 3, 4, 6]. Senzorski modul (slika 1) se sastoji od jedne štampane ploče malih dimenzija 30 x 40 mm, koja integriše senzor ADXL345 i njegove periferijske komponente.



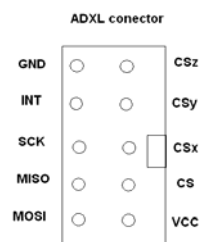
Slika 1. Slika senzorskog modula.

Na modulu se nalaze sledeći priključci:

- GND (masa, ground)
- VCC (napajanje, od +2,7 V do 3,5 V)
- INT (signal prekida koji senzor generiše u slučaju aktivacije, nizak nivo je aktivan)
- MOSI (Master Out Slave In – ulazna linija za podatke)
- MISO (Master In Slave Out – izlazna linija za podatke)
- SCK (takt signal za komunikaciju)
- CS (Chip Select – signal za izbor odgovarajućeg modula, nizak nivo je aktivan)
- CSx (Chip Select – signal za izbor odgovarajućeg modula, nizak nivo je aktivan)
- CSy (Chip Select – signal za izbor odgovarajućeg modula, nizak nivo je aktivan)
- CSz (Chip Select – signal za izbor odgovarajućeg modula, nizak nivo je aktivan)
- NC (Not Connected)

Senzorski modul je tako projektovan da mogu redno da se povežu četiri modula jednim kablom od 10 žica. Signali MISO, MOSI, SCK i INT su zajednički za sve senzore, dok signali CS, CSx, CSy i CSz služe za izbor trenutno aktivnog modula.

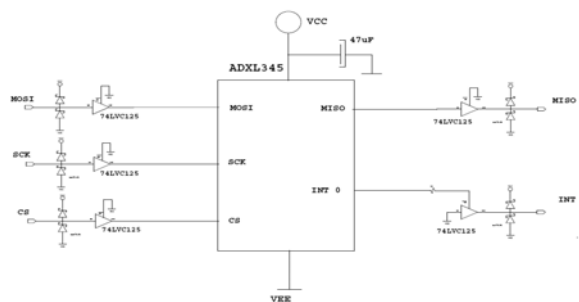
Raspored pinova konektora senzorskog modula je dat na slici 2.



Slika 2. Raspored pinova konektora senzora

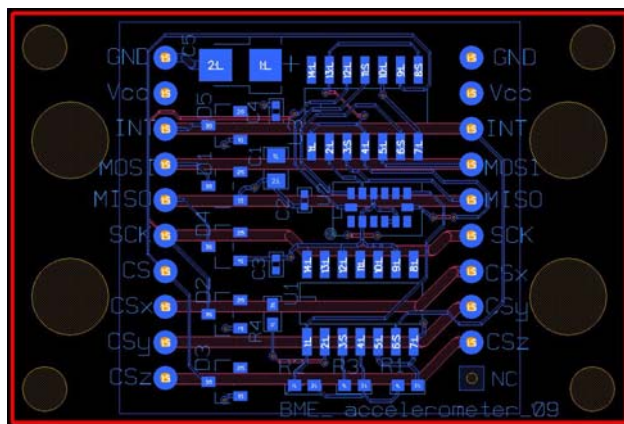
Ulazni napon na senzorskom modulu se filtrira jednim većim tantalskim kondenzatorom od 47 uF, a pored svake komponente su postavljeni dodatni kondenzatori od 100 nF za eliminisanje visokofrekventnih smetnji. Zbog većeg rastojanja između senzora i mikrokontrolera (u eksperimentalnom okruženju senzori su na razmacima od 5 metara), potrebno je bilo sve signale baferovati da bi se održali naponski nivoi u određenim granicama. Protiv nadnapona, zbog eventualne magnetne indukcije u vodovima, postavljena je zaštita sa šotki diodama.

Na slici 3 ja dat šematski prikaz električne šeme senzorskog modula.



Slika 3. Šematski prikaz električne šeme senzorskog modula ADXL345

Štampana ploča (slika 4) za senzorski modul je isprojektovana u softverskom okruženju Mentor Graphics 2009. Celokupan projekat i generisani gerber fajlovi su priloženi u dodatku projekta.



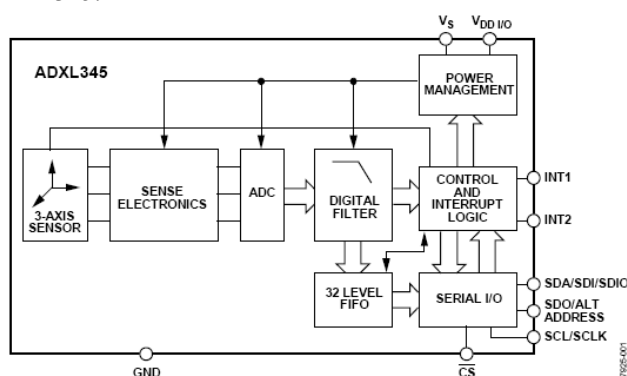
Slika 4. Izgled štampane ploče senzorskog modula

Senzor ADXL345 meri ubrzanja u sve tri ose, a čitanje podataka sa njega je moguće digitalno putem SPI ili I2C

komunikacije. Male je potrošnje (oko 40 uA) i malih dimenzija (3 x 5 x 1 mm). Maksimalna rezolucija senzora je 13 bita, a maksimalan opseg merenja je ± 16 g.

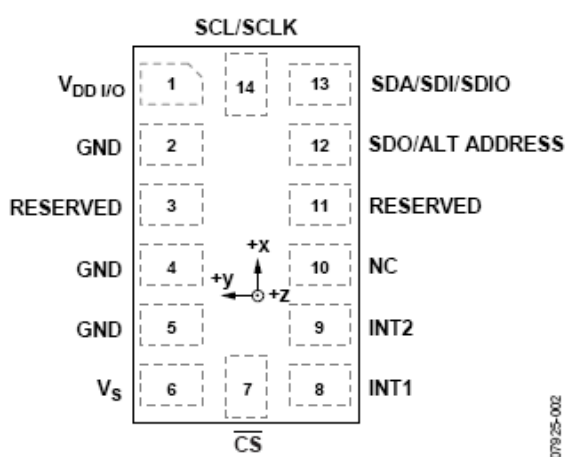
Rad senzora je baziran na MEMS tehnologiji (Micro-Electro-Mechanical System), koja omogućava integraciju mehaničkih komponenti u električne čipove. Merenje ubrzanja se vrši merenjem inercijalne sile male pokretljive mase koja se nalazi unutar čipa. Senzor može da meri statičko i dinamičko ubrzanje. (Statičko ubrzanje se javlja kod promene ugla, a dinamičko kod promene položaja.) Pri najvećoj rezoluciji ADXL345 može da izmeri promenu ugla predmeta u odnosu na pravac zemljine gravitacije sa preciznošću od 1.0° .

Slika 5 prikazuje funkcionalni blok dijagram senzora ADXL345.



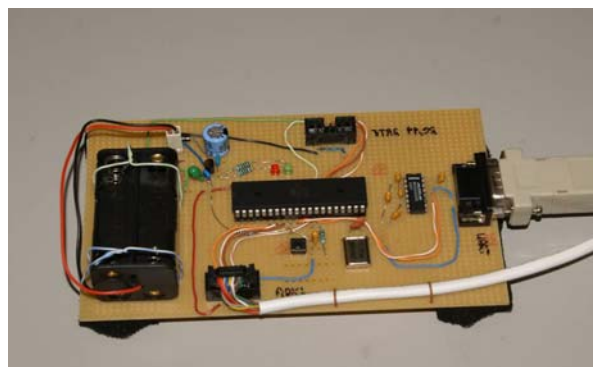
Slika 5. Funkcionalni blok dijagram senzora ADXL345

Ovaj senzor ima više ugrađenih funkcija: može da javlja signalom prekida kada je vrednost ubrzanja iznad ili ispod podešenog praga (activity and inactivity sensing), može da detektuje jednostruki ili dvostruki dodir (tap and double tap sensing), kao i da detektuje slobodan pad (free fall detection). Svi ovi događaji mogu da aktiviraju jedan od dva pina za signal prekida senzora (INT1 i INT2). Slika 6 prikazuje kućište senzora sa rasporedom pinova.



Slika 6. Kućište i raspored pinova senzora ADXL345

Centralna jedinica (slika 7) obavlja zadatak razmene podataka između senzorskog modula i računara. Ovaj modul se sastoji od mikrokontrolera Atmega162 i njegovih periferija.

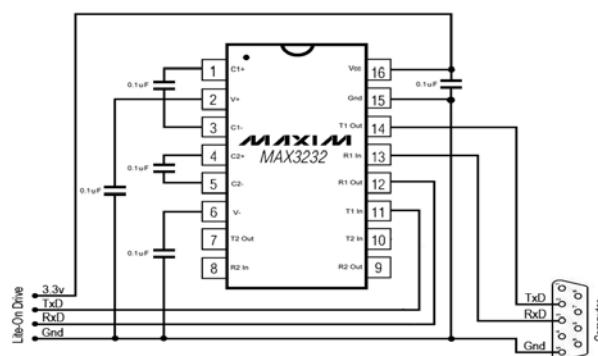


Slika 7. Centralna jedinica sastavljena na protobordu

Komunikacija sa senzorskim modulima se vrši pomoću SPI-4 protokola. Za ovo je iskorišćen hardverski SPI port mikrokontrolera, koji je jednostavan za programiranje i pouzdan.

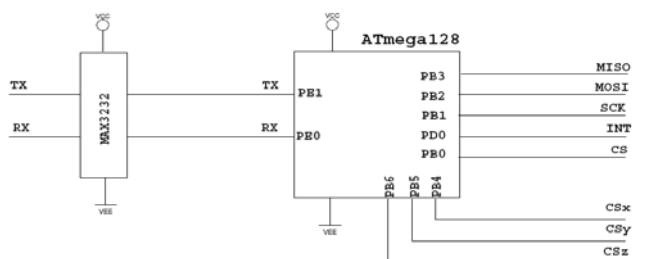
Veza sa računarom je realizovana preko RS232 serijske veze. Mikrokontroler Atmega162 ima ugrađenu serijsku podršku, ali zbog usklađivanja naponskih nivoa mikrokontrolera i računara bilo je potrebno koristiti dodatno integralno kolo MAX3232. Ovo kolo pretvara naponske nivoe signala mikrokontrolera (0 - 3,3 V) u naponske nivoe potrebne za računare od ± 12 V.

Šema povezivanja MAX3232 je prikazana na slici 8.



Slika 8. Šema povezivanja MAX3232 IC-ja

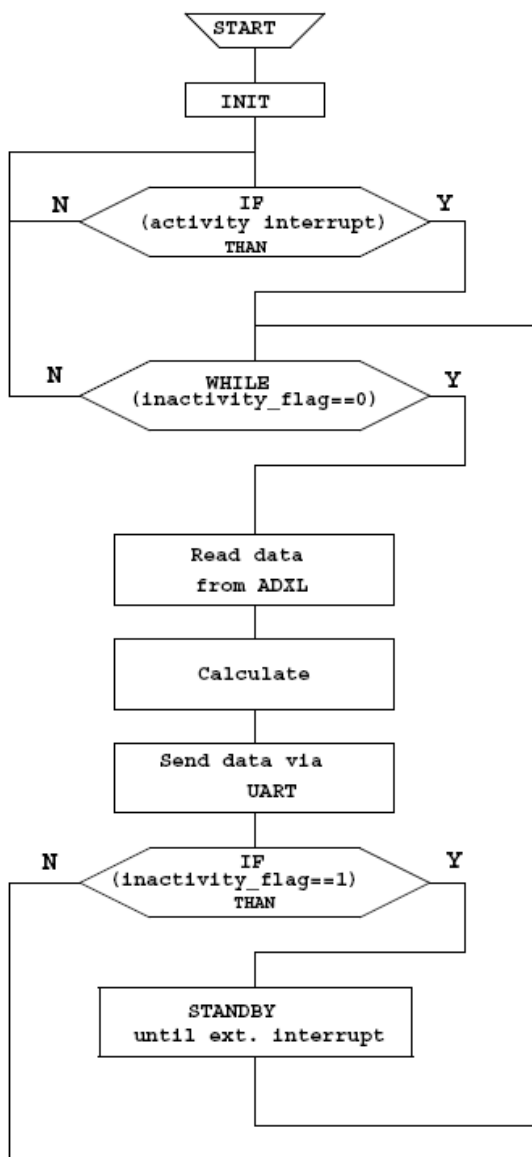
Prikaz blok šeme centralne jedinice je dat na slici 9.



Slika 9. Blok šema centralne jedinice

3. SOFTVER ZA MIKROKONTROLER

Zadatak softvera za mikrokontroler je podešavanje svih parametara rada senzora ADXL345 (inicijalizacija), čitanje podataka sa senzora, obrada tih podataka i slanje podataka računaru. Softver je pisan u softverskom okruženju AVRStudio. Algoritam softvera za mikrokontroler je dat na slici 10.



Slika 10. Algoritam softvera za mikrokontroler

Prvi deo softvera je inicijalizacija senzora. Tu se zadaje u kakvom formatu treba da budu podaci, koja preciznost je potrebna, koji prekidi se koriste, kolika je brzina komunikacije, itd. Podešavanje se vrši postavljanjem vrednosti određenih bitova registara u senzoru pomoću *ADXL_init()* funkcije. Opis ovih registara je dat u specifikaciji senzora.

SPI komunikacija se obavlja pomoću sledeće dve funkcije:

- *spiInit()* – inicijalizacija komunikacije
- *spiTransferByte(data)* – za slanje i primanje podataka

Funkcija *spiInit()* inicijalizuje komunikaciju. Tu je potrebno zadati sledeće parametre u SPCR registru:

- MSTR bit za master ili slave mod
- SPR1 i SPRO0 bitovi za podešavanje brzine komunikacije (115200 bit/sec)
- CPOL bit određuje polaritet takt signala
- CPHA bit određuje da li se vrši čitanje na rastućoj ili opadajućoj ivici
- DORD određuje redosled slanja bitova (MSB first, LSB first)

Komunikacija sa senzorom se odvija slanjem dva bajta. Prvi bajt pokazuje adresu registra kojem treba da se pristupi, a drugi bajt je namenjen za prenos podataka.

Prenos podataka sa mikrokontrolera na računar se vrši pomoću UART komunikacije, preko RS232 porta. Za ovo su iskorišćene funkcije iz biblioteke AVR.lib.

Inicijalizacija se vrši pomoću sledeće tri funkcije:

- *uartInit()*; - inicijalizacija UART porta
 - *uartSetBaudRate(115200)*; - podešavanje brzine
 - *rprintfInit(uartSendByte)*; - podešavanje *rprintf* funkcije za korišćenje serijskog porta za slanje podataka
- Slanje podataka je moguće sledećim funkcijama

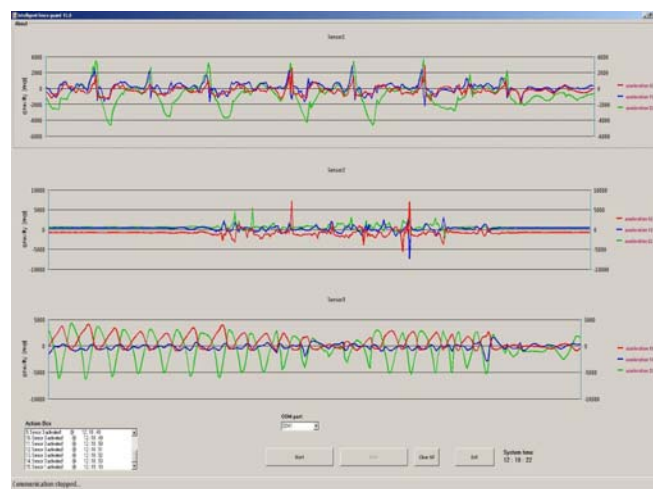
- *rprintf("text")* – slanje podataka (ascii)
- *rprintfNum (base, numDigits, isSigned, padchar, number)* – slanje brojeva

4. PROGRAM ZA PC

Za praćenje svih dešavanja na senzorima napisan je grafički softver za računar. Ovaj program iscrtava vrednosti ubrzanja svakog senzora (namenjen je za tri) na posebne grafike i beleži datum i vreme aktivacije nekog senzora. U daljem razvoju programa je moguće dodati funkcije za čuvanje svih podataka u jedan fajl, za aktivaciju alarma prilikom aktiviranja senzora, itd.

Program je napisan u programskom okruženju *Visual Studio 2008*. Za iscrtavanje grafika u realnom vremenu korišćen je *Microsoft Office Mschart* grafički modul.

Korišćenje programa (slika 11) je vrlo jednostavno, samo treba podesiti na koji COM port je priključena mikrokontrolerska jedinica i pritisnuti *Start* dugme za početak primanja informacija. Čim se detektuje pomeranje nekog senzora, pojavljuju se podaci na grafiku i beleži se aktivnost senzora u polju *Action Box*. Komandom *Clear All* je moguće obrisati sve postojeće podatke sa grafika i iz *Action Box-a*. *Exit* komandom se zatvara komunikacioni port i izlazi se iz programa



Slika 11. Program za prikaz podataka sa senzora na računaru u toku rada

6. ZAKLJUČAK

Korišćenje senzora ubrzanja ADXL345 predstavlja onovu za projektovanje i izradu inteligentnih zaštitnih sistema ograda. Pri prvim testovima se pokazalo vrlo dobro. Najbolje osobine ovog senzora su preciznost i puno modova rada. Digitalni interfejs ovog senzora značajno olakšava rad u odnosu na analogne senzore, gde je potrebno vršiti konverziju merenja A/D konvertorom.

U ovom radu su predstavljanja trenutno postignuta rešenja i rezultati. Za potpunu komercijalizaciju predloženog rešenja su potrebna još dodatna testiranja. Ova testiranja su veoma važna, budući da u zavisnosti od kvaliteta uređaja, i cena osiguranja objekata koje ih koriste sigurno može da se smanji. Jedan od daljih koraka je upravo postizanje i ovog cilja.

REFERENCE

[1] ADXL345 datasheet
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL345.pdf,
Pristupljeno: 10.11.2009

[2] Atmega128 datasheet
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467s.pdf

[3] AVR 8-Bit RISC
<http://www.atmel.com/products/avr/default.asp>

[4] Evaluation Board User Guide ADXL345
http://www.analog.com/static/imported-files/user_guides/UG-015.pdf

[5] MAX3232 datasheet
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX3222-MAX3241.pdf>

[6] Using SPI on AVR microcontrollers
<http://www.rocketnumbermine.com/2009/04/26/using-spi-on-an-avr-1/>