

AKVIZICIJA PODATAKA KORIŠĆENJEM RAZVOJNE PLOČE RASPBERRY PI MODEL B DATA ACQUISITION USING SINGLE BOARD COMPUTER RASPBERRY PI MODEL B

Boško Cvetković, Mihailo Lazarević, Taško Maneski, Petar Mandić, Mašinski fakultet u Beogradu
Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Tomislav B. Šekara, Elektrotehnički fakultet u Beogradu

Sadržaj: U radu je prikazano kako se može koristiti niskobudžetna razvojna ploča, u ovom slučaju Raspberry Pi, za prikupljanje analognih i digitalnih signala u laboratoriji Mašinskog fakulteta i u realnim uslovima na konstrukcijama. Prednost korišćenja ove razvojne ploče je znatno niža cena od najjeftinijih DAQ (Data acquisition) sistema, a pri tome se dobija i znatno veća upotrebljivost koja se može meriti sa više od 20-30 puta skupljim DAQ sistemima.

Abstract: In this paper we present how a low cost, credit card – sized single board computer, in this case Raspberry Pi, can be used for data acquisition of analog and digital signals in laboratory at faculty of mechanical engineering and in real conditions on constructions. Advantage of using this board is the price that is significantly lower than cheapest DAQ (Data acquisition) systems, and we get usability that can be measured with 20-30 times more expensive DAQ systems.

1. UVOD

Akvizicija (prikupljanje) podataka je proces tokom koga se merenja fizičkih veličina prikupljaju i konvertuju u numeričke vrednosti radi analize na računaru. Sistemi za akviziciju podataka se označavaju skraćenicom DAQ ili DAS (Data Acquisition System), [1], [2] i sastoje se od senzora koji konvertuju fizičke vrednosti u električne signale i kola koja obrađuju dobijene signale u numeričke vrednosti.

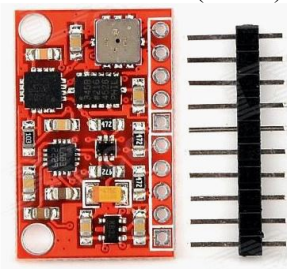
Akvizicija podataka je izuzetno bitna za inženjere i istraživače jer prikupljeni podaci omogućavaju analizu rada uređaja ili ponašanja konstrukcije ili nekog mehaničkog dela.

U ovom radu je ukratko opisano kako se Raspberry Pi sa dodatnim komponentama, koje će u nastavku biti navedene, senzorom ADXL345 i senzorima za merenje deformacija, koristi kao DAQ u laboratorijskim uslovima na Mašinskom fakultetu u Beogradu kao i realnim uslovima za testiranje uticaja spoljašnjih faktora na konstrukcije. U konkretnom slučaju, iz statičkog proračuna konstrukcije određena su kritična mesta gde su postavljeni merni senzori. Vreme akvizicije podataka je 14 dana u realnim uslovima a 2 dana u laboratorijskim uslovima sa simulacijom spoljašnjih faktora koji utiču na konstrukciju. Za testiranje u laboratorijskim uslovima frekvencija akvizicije podataka je bila podešena na 60Hz, a u realnim uslovima frekvencija je podešena na 10Hz. Program za akviziciju podataka napisan je u programskom jeziku Python, a za tabelarnu i grafičku analizu u jeziku C#.

2. HARDWARE

Najbitniji delovi opreme koja je korišćena za formiranje sistema za akviziciju podataka su Raspberry Pi [4], koji poseduje 2 USB porta koji se koriste za povezivanje eksternih hard diskova čija je namena skladištenje podataka. Poseduje

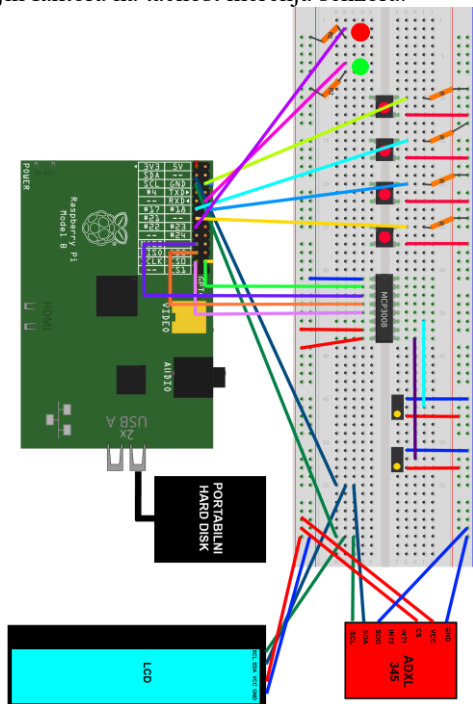
17 GPIO pinova koji se mogu podesiti kao ulazni ili izlazni pinovi i podršku za I2C i SPI bus komunikaciju. U našem projektu iskorišćeno je 12 GPIO pinova. Za operativni sistem korišćen je RASPBIAN Debian Wheezy verzija 2014-06-20. Za konverziju iz analognog u digitalne signale koristimo MCP3008 ADC koji je 10-bitni ADC (analog to digital converter) konvertor koji koristi SPI komunikacioni protokol. Poseduje 8 ulaznih kanala koji mogu biti konfigurisani za konverziju signala. Brzina mu je 200ksps (200.000 semplova u sekundi) pri naponu od 5V. Za prikaz trenutnog stanja merenja koristimo standardni HD44780 LCD. Ispis se vrši preko 16 karaktera u 2 reda. Za povezivanje sa Raspberry Pi pločom koristimo dodatni SPI adapter i programsku biblioteku i2c_lcd. Jedan od senzora koji smo koristili za naša merenja je ADXL345 akcelerometar (slika 1).



Slika 1. ADXL345 akcelerometar

Osetljivost se može birati između $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ ili $\pm 16g$. U projektu je korišćena osetljivost $\pm 16g$ zbog potrebe veće preciznosti. Brzina prenosa podataka je od 10Hz do 3200Hz. Ostale komponente korišćene u projektu su senzori za merenje deformacija, tasteri, LE diode, potencijometri, otpornici, proto ploče i jedan eksterni HDD kapaciteta 160GB kao mesto za skladištenje .log datoteka (u slučaju da nije potrebno smestiti velike količine podataka može se koristiti i micro SD kartica sa koje je pokrenut operativni sistem, a maksimalna veličina koju podržava Raspberry Pi je 128GB), [3].

Na slici 2. prikazano je kako su sve nabrojane komponente povezane u jednu funkcionalnu celinu radi akvizicije podataka. Radi zaštite uređaja i komponenti, one su smeštene u posebno napravljeno kućište, sa izlazima radi povezivanja senzora. U realnim uslovima senzori su zaštićeni od delovanja spoljašnjih faktora čime smo smanjili uticaj spoljašnjih faktora na tačnost merenja senzora.

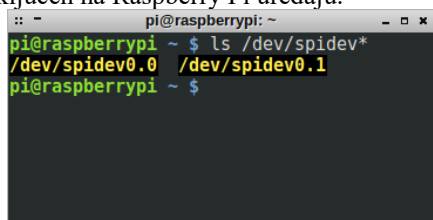


Slika 2. Prikaz povezivanja

3. OSNOVNO PODEŠAVANJA OS-A

Osnovno što je potrebno uraditi je omogućiti SPI i I2C komunikacione protokole na Raspbian operativnom sistemu čime smo omogućili rad uređaja sa velikim brojem senzora koji zahtevaju neki od ova dva protokola za slanje vrednosti merenja.

Da bi se omogućio SPI komunikacioni protokol (SPIDEV) prvo je potrebno uključiti Raspberry Pi i ostvariti konekciju na lokalnu mrežu gde se nalazi povezan i PC. Preko PC-a ulogovati se na Raspberry Pi daljinski putem SSH protokola i izmeniti `raspi-black-list.conf` fajl koristeći komandu `sudo nano /etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf` u kome je potrebno zakomentarisati liniju `"blacklist spi-bcm2708"` koristeći hash simbol `"#"` na početku. Nakon toga restartovati Raspberry Pi komandom `sudo reboot`, ponovo uspostaviti SSH konekciju i otkucati `ls /dev/spidev*`. Ukoliko se kao odgovor dobije isto što i na slici 3, SPI drajver (spidev) je uspešno uključen na Raspberry Pi uređaju.



Slika 3. Potvrda omogućenog SPI protokola

Za omogućavanje I2C komunikacionog protokola potrebno je uključiti Raspberry Pi, ući u LX Terminal i otkucati komande `sudo apt-get install python-smbus` i `sudo apt-get install i2c-tools`. Nakon toga editujemo fajl modules komandom `sudo nano /etc/modules` i dodajemo unutar fajla liniju `i2c-bcm2708` i `i2c-dev`. Nakon toga restartovati Raspberry Pi komandom `sudo reboot`, pokrenuti ponovo LX terminal i otkucati liniju `sudo i2cdetect -y 1`. U prozoru se vide svi uređaji koji su povezani sa Raspberry Pi putem I2C interfejsa (slika 4).



Slika 4. Potvrda omogućenog I2C protokola

4. AKVIZICIJA PODATAKA - OBJAŠNENJE PROCESA

Pre početka akvizicije neophodno je podesiti konfiguracioni fajl (settings.cfg) koji se nalazi na memorijskoj kartici i smešten je u isti folder gde se nalazi i sama aplikacija za akviziciju.

Izgled fajla sa početnim podešavanjima za akviziciju podataka koja je korišćena za projekat u laboratorijskim uslovima je:

```

ANALOGINPUTS 1:2:3:4:5:6:7:8
BINARYINPUTS 1:2:3:4
SAMPLERATE 10
RECORDTIME 60
RECORDCYCLES i
RECORDAVERAGE 10
    
```

"ANALOGINPUTS" - Svi analogni ulazi čije vrednosti korisnik želi da snimi u fajl. Izgled parametra za npr. Analogne ulaze 1, 2 i 3 se piše u obliku "1:2:3". Moguće je snimati kanale od 1-8. Ako ne želimo da snimamo analogne kanale onda se postavlja vrednost "0". Osnovna vrednost je "1:2:3:4:5:6:7:8".

"BINARYINPUTS" - Svi digitalni kanali čije vrednosti korisnik želi da snimi u fajl. Izgled parametra za npr. Analogne ulaze 1, 2 i 3 se piše u obliku "1:2:3". Moguće je snimati kanale od 1-4. Ako ne želimo da snimamo digitalne kanale onda se postavlja "0". Osnovna vrednost je "1:2:3:4".

"SAMPLERATE" - Učestalost akvizicije podataka u Hz. Osnovna vrednost je "60".

"RECORDTIME" - Vreme snimanja po fajlu u sekundama. Osnovna vrednost je "60".

"RECORDCYCLES" - Broj ciklusa snimanja - "i": snimanje se vrši sve dok se ne pritisne taster.

"START/STOP", "broj": u zavisnosti od željenog broja ciklusa. Osnovna vrednost je "i".

"RECORDAVERAGE" - Srednja vrednost (ukrupnjavanje) podataka. Ako se unese broj 10, onda će srednja vrednost tih 10 semplova biti snimljena u fajl kao jedan podatak. Osnovna vrednost je "10".

Jednom kada smo na računaru podesili konfiguracioni fajl, potrebno pripremiti sam uređaj za početak akvizicije podataka. To je urađeno tako što smo u micro SD slot stavili memorijsku karticu sa operativnim sistemom i programom a na USB port priključili eksterni HDD, a potom priključili napajanje na Raspberry Pi ploču. Akvizicija i kontrola podataka se obavlja uz pomoć 4 tastera koji se nalaze na razvojnoj ploči.

Taster 2 je TEST MODE taster. Pritiskom na taster 2 započinje proces prikupljanja podataka u tzv. TEST modu. Pali se LCD na kome se ispisuje poruka da je sistem u test modu i da za 5 sekundi počinje proces. Proces akvizicije podataka se vrši sa unapred predefinisanim parametrima koje korisnik ne može da podešava. Po završetku procesa na ekranu se ispisuje da je TEST mod uspešno završen, da su podaci snijeni, što označava da je sistem ponovo spreman za rad i za novu komandu. Svrha test moda je da se vidi ispravnost podešavanja uređaja i postavljenih senzora pre puštanja sistema u rad, što smo mi uradili i u laboratorijskim i u realnim uslovima da bi videli da li su svi senzori dobro povezani i daju merenja. Nakon što smo ustanovili da je sve ispravno podešeno, pritiskom na taster 1 koji je START/STOP taster započinje proces prikupljanja željenih vrednosti. Ponovnim pritiskom na taster 1 po završetku ciklusa prekida se proces akvizicije podataka i sistem je ponovo spreman za rad i novu komandu. Pritiskom na taster 3 u toku procesa akvizicije podataka uključujemo ili isključujemo ekran radi vizuelne kontrole podataka koji se prikupljaju i ispravnosti rada našeg sistema za akviziciju. Osvežavanje ekrana se vrši na 5 sekundi a u TEST modu ekran je stalno uključen. Pritiskom na taster 4 menjamo stranicu sa podacima koji se prikazuju na LCD ekranu. Stranica 1 daje prikaz analognih ulaza 1-4, stranica 2 analognih ulaza 5-8, stranice 3-6 prikazuju očitavanja sa digitalnih ulaza.

5. KOD ZA AKVIZICIJU SIGNALA

Kao što je dobro poznato senzori za merenje deformacija pretvaraju merenu veličinu u električni signal. Taj signal dovodimo na ADC koji ga pretvara u digitalni signal. Pri tome, ovde je potrebno proći kroz petlju i isčitati svaki od analognih ulaza koji su podešeni u konfiguracionom fajlu. Svaka vrednost se smešta u niz tempadpdata radi ukupnjavanja. Izgled dela koda za akviziciju analognih signala je oblika:

```
for adcInput in range(0, len(ai_acq)):
    s2 = adc0.analogRead(int(ai_acq[adcInput]) - 1)
    tempadpdata[adcInput] = s2
```

Korišćenjem biblioteke i2c_adxl345 za rad sa ADXL345 senzorom, sa senzora se očitavaju vrednosti za svaku od osa. Deo koda za akviziciju digitalnih signala sa ADXL345 senzora putem I2C protokola je:

```
x, y, z = adxl345.getAxes()
tempbidata[0] = "%.3f" % x
tempbidata[1] = "%.3f" % y
```

$tempbidata[2] = "%.3f" % z$

6. PREGLED PRIKUPLJENIH PODATAKA

Jedna od bitnih faza u procesu i za kasniju upotrebu i analizu istih jeste i sam prikaz, odnosno pregled prikupljenih podataka. Za pregled prikupljenih podataka u tabelarnom i grafičkom prikazu (slike 6 i 7) koristimo program za analizu prikupljenih podataka (Data Logger Visualiser) (slika 5). Program je napisan u programskom jeziku C# i pored pregleda podataka u tabelarnom i grafičkom obliku sa proizvoljnim zumiranjem radi detaljne analize, omogućen je i export podataka u .csv fajl. Time smo omogućili učitavanje takvog fajla u Microsoft Excel radi pravljenja složenijih 2D ili 3D dijagrama.

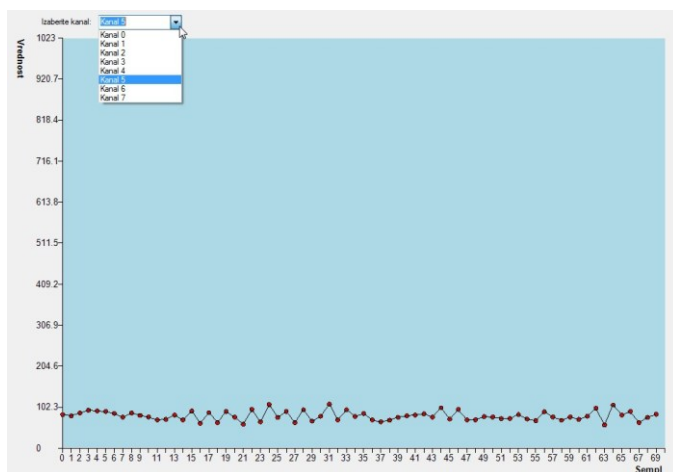
O. No.	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4	Channel 5	Channel 6	Channel 7	Channel 8
1	587	75	0	77	78	84	75	81
2	587	59	0	72	94	81	66	88
3	587	64	0	67	91	88	72	75
4	587	72	0	65	79	95	77	71
5	587	91	0	62	75	93	88	76
6	587	87	0	60	78	92	83	78
7	587	83	0	68	81	87	83	84
8	587	81	0	81	71	78	88	95
9	587	84	0	68	78	88	82	83
10	587	76	0	84	81	82	78	90
11	587	71	0	73	90	78	71	94
12	587	75	0	71	80	71	84	104
13	587	93	0	91	61	72	98	97
14	587	65	0	73	78	83	71	84
15	587	75	0	76	74	71	82	104
16	587	98	0	77	63	93	94	86
17	587	60	0	96	79	62	78	121
18	587	83	0	65	93	89	72	80
19	587	63	0	80	78	64	84	107
20	587	94	0	76	69	92	97	81
21	587	76	0	82	78	78	82	102
22	587	67	0	95	76	60	79	116
23	587	86	0	68	80	87	83	77

Slika 5. Glavni radni ekran programa DLV

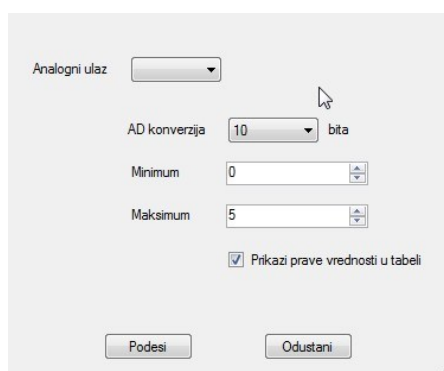
Na radnom delu u tabelarnom prikazu je prikazano:

- Broj semplova
- Analogni ulazi koji su snimani
- Digitalni ulazi koji su snimani
- Početno vreme kada je započeta akvizicija podataka
- Vreme koliko je trajala akvizicija
- Učestanost semplovanja
- Broj ciklusa
- Ukupnjavanje

Moguće je birati između prikaza analognih i digitalnih signala. Vizuelni prikaz prikupljenih podataka je po kanalu a korisnik bira koji kanal želi da vidi (slika 6). Analogne vrednosti koje su snimljene u fajl dobijene su konverzijom putem AD konvertora. Pošto je korišćen 10-bitni ADC vrednosti idu od 0-1023. Putem podešavanja (slika 7) dobijamo realne analogne vrednosti unosom minimalne i maksimalne vrednosti ulaza po kanalu.



Slika 6. Grafička analiza promene merenih vrednosti



Slika 7. Konverzija u realne vrednosti

Program za prikupljanje podataka omogućava da se podaci čuvaju u više fajlova tokom jednog procesa. To je urađeno radi sigurnosti u slučaju prestanka rada napajanja. Zato program za pregled vrednosti omogućava spajanje više fajlova u jedan. Nakon izbora svih fajlova koji će se spojiti program će ponuditi korisniku da unese ime za finalni spojeni fajl i to će rezultovati novim fajlom sa svim podacima prikupljanja. Nakon toga je potrebno učitati taj fajl. Primer .log fajla sa samo nekoliko analognih vrednosti:

```
1023,18,0,11,1023,0,662,864,
1023,0,0,0,1022,4,662,864,
1023,25,0,26,1023,24,662,864,
1023,32,0,30,1023,26,662,864,
1023,11,0,7,1023,3,662,864,
1023,0,0,0,1023,0,662,863,
```

7. ZAKLJUČAK

Kao što se može videti iz prethodnog, korišćenjem Raspberry Pi razvojne ploče sa jednom varijantom Linux operativnog sistema, navedenog dodatnog hardvera u vidu AD konvertera i senzora, programa pisanog u Python

programskom jeziku na samoj razvojnoj ploči i PC programa za analizu, može se napraviti veoma povoljno fleksibilan DAQ sistem sa odličnim performansama.

Velika fleksibilnost se ogleda u tome što se putem dodatnih ploča lako se proširuje funkcionalnost. Na primer ako nam je potrebna veća preciznost pri AD konverziji, može se koristiti ADC Pi ili ADC Differential Pi ploča, koja omogućava 18-bitnu preciznost i 8 ulaza. Ako nam je potrebno da dobijamo izveštaje putem interneta ili preko SMS poruka, koristi se modul 3G shield. Ili, ako je lokacija gde je postavljen Raspberry Pi pokrivena internetom, koristimo Wireless modul. Ovo su samo neke od dodatnih ploča koje povećavaju funkcionalnost.

Postoji i veliki broj senzora koji su razvijeni za Raspberry Pi kao što su senzor vibracija, senzor vlažnosti/temperature, protokomer, senzor zvuka, senzor brzine, ... Za sve ove dodatne ploče i senzore postoje razvijeni drajveri i način implementacije u Python, C ili drugim programskim jezicima, što omogućava brzu integraciju za akviziciju novih podataka.

Promenom razvojne ploče za novi model veoma jednostavno se ubrzava i kompletan DAQ sistem u zavisnosti od povećanja brzine procesora i ostalih komponenti na novoj razvojnoj ploči. Najnoviji model Raspberry Pi, [3] ploče poseduje četvororojezgarni procesor ARM Cortex-A7 CPU na 900MHz, 1GB RAM-a, 40 GPIO pinova i čak 4 USB porta. Inicijalni testovi pokazuju da je moguće obraditi više nego 3 puta više podataka od starijeg modela pri akviziciji. Kompletan softver se može preneti na novu razvojnu ploču i najčešće sa minimalnim izmenama novi sistem je spreman za rad, što je pored cene ogromna prednost.

ZAHVALNICA

Autori Autori Mihailo Lazarević, Tomislav Šekara, Petar Mandić, se zahvaljuju za podršku Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije projekti TR35006, III41006(M.P.L), TR33020 (T.B.Š) i TR33047 (P.D.M).

LITERATURA

- [1] M. Vadursi, *Data Acquisition*, India, Sciyo, 2010.
- [2] M. Di P. Emilio, *Embedded Systems Design for High-Speed Data Acquisition and Control*, Switzerland, Springer, 2015.
- [3] Raspberry PI Rev2 – P1 Connector, Available: [http://www.combinatorialdesign.com/boards/Raspberry-Pi/P1, \[1.12.2013\]](http://www.combinatorialdesign.com/boards/Raspberry-Pi/P1, [1.12.2013])
- [4] B. Horan, *Practical Raspberry Pi*, Apres, USA, 2013.
- [5] J.M. Hughes, *Real World Instrumentation with Python*, USA, O'Reilly Media, 2010.

ISBN 978-86-85775-18-5



9 788685 775185 >