

Senzor za detekciju disajnih pokreta zasnovan na otporničkim mernim trakama

Ivan Babić, Platon Sovilj, Slobodan Milovančev, Ivan Župunski, Dragan Pejić

Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije

Fakultet tehničkih nauka

Novi Sad, Srbija

ivanbicba@gmail.com, platon@uns.ac.rs, batamilo@uns.ac.rs, zivan@uns.ac.rs, pejicdra@uns.ac.rs

Sadržaj— Ovaj rad prikazuje senzor za detekciju disajnih pokreta zasnovan na otporničkim mernim trakama. U prvom redu se objašnjava primena senzora u sistemu za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja. Bitni aspekti, sa stanovišta principa rada i realizacije senzora, su struktura gradivnih elemenata senzora, merne trake koje se koriste, način kretanja papučica i postolja senzora, dimenzije senzora i način povezivanja mernih traka sa električnim kolima uređaja. Senzor je ispitana kroz proces kalibriranja i testiranja sistema za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja.

Ključne reči – senzori; električna merenja; biomedicinska instrumentacija; merne trake;

I. UVOD

Najpopularniji električni elementi koji se koriste u merenju sile su otporničke merne trake, poluprovodničke merne trake i piezoelektrični pretvarači. Pomoću mernih traka sile se meri posredno, merenjem promena dimenzije kalibrisanog elementa. Pritisak može da se pretvori u silu primenom odgovarajućeg pretvarača, tako da se merne trake mogu koristiti i u metodi za merenje pritiska. Brzina protoka može se meriti korišćenjem diferencijalnog merenja pritiska, što predstavlja još jednu mernu metodu sa primenom mernih traka.[1]-[4]

Otpornička merna traka je otpornički element koji menja dužinu, a time i otpornost, srazmerno sili koja se primenjuje na osnovu na koju je merna traka pričvršćena. Otpornička merna traka predstavlja verovatno najpoznatiji pretvarač za pretvaranje sile u električnu veličinu. Nespregnute (*unbonded*) merne trake se sastoje od žice razvučene između dve tačke. Spregnute (*bonded*) merne trake se sastoje od tanke žice ili provodnog filma struktuiranog u formi planarne strukture i spregnutog sa nosećim elementom. Merna traka je obično postavljena tako da je svojom dužinom što više usmerena u smeru sile koja se meri. Provodne žice su vezane za bazni element i izvedene napolje za dalje povezivanje u električno kolo. Spregnute merne trake su mnogo praktičnije i mnogo se više koriste nego nespregnute merne trake. [1]-[4]

Veliki je broj različitih primena mernih traka: za ispitivanje naprezanja u gradevinarstvu, za ispitivanje metalnih konstrukcija i delova mašina, u elektronskim vagama, u praktično svim slučajevima u kojima je bitno merenje mehaničkih veličina kao što su pritisak, protok fluida, ubrzanje

i drugih veličina koje na pogodan način mogu izazvati deformaciju trake. [1]-[4]

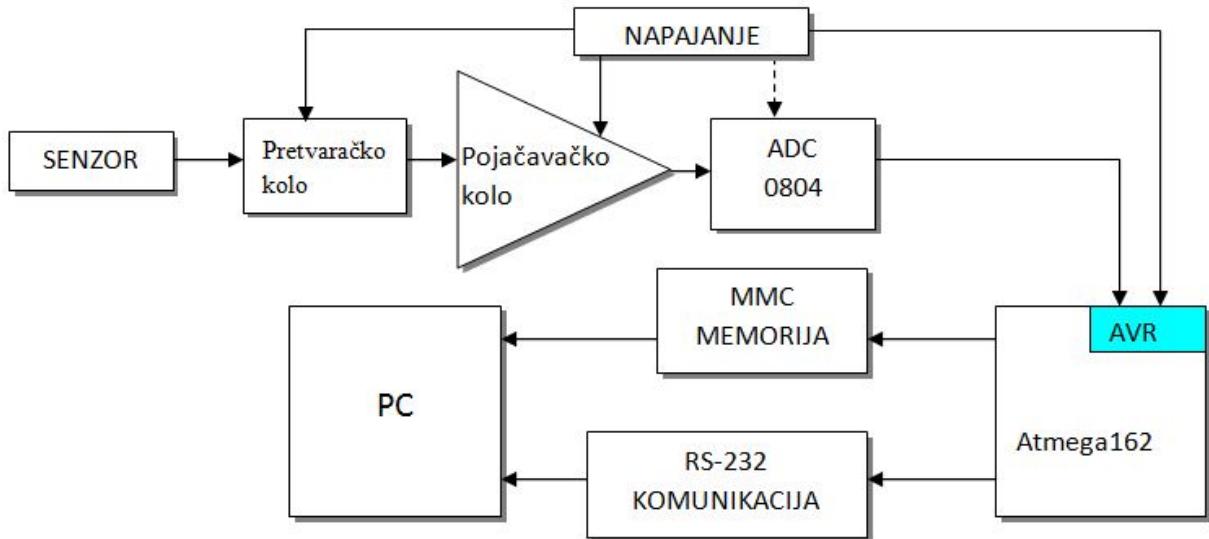
U ovom radu je prikazana još jedna primena otporničkih mernih traka, i to u biomedicinske svrhe, na primeru konstrukcije senzora za merenje disajnih pokreta čoveka.

II. PRIMENA SENZORA U SISTEMU ZA DIGITALNO MERENJE I AKVIZICIJU BROJA UDISAJA

Uređaj za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja je baterijski napajan uređaj koji radi u dva režima. Prvi režim rada je MMC mod. U ovom režimu rada podaci sa A/D konvertora tokom 24 sata smeštaju se u MMC karticu. Prebacivanjem tih podataka u PC omogućuje se njihova obrada i trajno čuvanje. Drugi režim rada uređaja je RS-232 režim. U ovom režimu rada podaci sa A/D konvertora se šalju na PC preko RS-232 interfejsa, gde se prikazuju na grafiku softverske aplikacije i trajno čuvaju u računaru. Struktura sistema prikazana je blok dijagramom na sl. 1, a pogled na unutrašnjost uređaja na sl. 2.

Senzor se sastoji se od dve otporničke merne trake koje su nalepljene na relativno čvrst materijal da bi se omogućila deformacija do 0.5%, jer je promena otpora pri takvoj deformaciji linearna. Otporničke merne trake povezane su tako što se jedna traka veže u jednu, a druga u drugu granu mernog mosta (Vitstonovog mosta). Merne trake su na senzoru pozicionirane na različite načine (o čemu će biti reči u sledećem poglavljju). Zbog uravnotežavanja mosta, u jednoj grani se nalazi promenljivi otpornik. Signal sa mernog mosta je sličan sinusoidi, odnosno signal se menja u skladu sa disanjem ispitanika. Pošto je signal sa mernog mosta reda mV on se mora dodatno pojačati, a to se postiže sa jednim instrumentacionim i dva operaciona pojačavača. Za konvertovanje ovog analognog signala u digitalni, pogodan za upis u flash memoriju, koristi se A/D konvertor ADC0804[5], čiji je opseg ulaznog napona od 0V do 5V. Programiranje mikrokontrolera za odabiranje signala, merenje vremena i upisivanje u flash memoriju ovih podataka urađeno je pomoću mikroPascal-a[6], a unošenje hex koda u mikrokontroler je urađeno pomoću Atmelovog programatora - AVR Dragon[7]. Takođe, program sadrži i kod za uštedu energije, na osnovu frekvencije odabiranja koju diktira eksterni oscilator, i tako se štedi 90% od iznosa energije koja bi se trošila pri konstantnom radu mikrokontrolera. Aplikacija koja prikazuje i obrađuje rezultate merenja razvijena je u Delphi programskom paketu.

Ovaj rad je podržan od strane Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine u sklopu projekta br. 114-451-2723 i od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u sklopu projekta TR-32019.



Slika 1. Struktura sistema za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja.



Slika 2. Unutrašnjost uređaja za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja.

III. PRINCIP RADA I REALIZACIJA SENZORA

Senzor se postavlja na ispitanika kao na sl.3, i sastoji se od mernih traka i postolja napravljenog od čeličnog lima (sl. 4).

Kao što je napomenuto u uvodu, merna traka spada u vrstu senzora koji rade na bazi promene otpora. Treba istaći da je korišćena merna traka vrlo osetljiva na milimetarsko ili čak mikronsko istezanje, savijanje i uvrtanje, pri čemu daje vrlo malu promenu otpora reda milioma ($\pm 1m\Omega$).

Njen sastav čine homogeni provodni materijali koji omogućuju da se procenom promene otpornosti odredi deformacija tela na koje je pričvršćena merna traka (u ovom slučaju postolje od čeličnog lima). Izgled korišćene merne trake je prikazan na sl. 5.

Senzor se sastoji iz dve merne trake (sl. 4), sopstvene otpornosti od 350Ω : prve koja reaguje na deformisanje materijala na koji je pričvršćena (postavljena horizontalno u odnosu na osu aluminijumske pločice) i druge takozvane „mrteve trake“ koja ne reaguje na fizičke deformacije postolja (postavljena je vertikalno), već služi za kompenzovanje temperaturnih koeficijenata, kako ne bi uticali na tačnost merenja.

Na sl. 6 prikazan je princip rada senzora. Crnim isprekidanim linijama su prikazane elastične deformacije (reda milimetra, ali su na slici ta pomeranja prikazana u nešto većoj сразмерi radi boljeg uočavanja i veće jasnoće) materijala na koji je pričvršćena merna traka, a koje na nju direktno utiču.



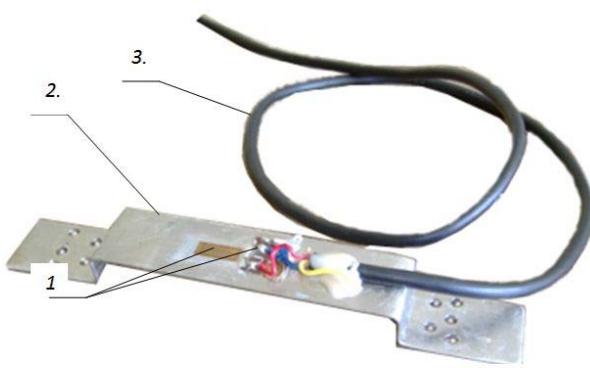
Slika 3. Postavljanje senzora na ispitaniku.

Crne isprekidane linje obeležene slovom a označavaju pravac kretanja papućica postolja senzora, koje mogu da se približavaju ili udaljavaju jedna od druge. One se pomeraju pravolinijski, ali zbog same konstrukcije metalnog postolja dolazi do blage promene ugla papućice.

Isprekidanom linijom sa oznakom b prikazana je elastična deformacija one površine senzora na kojoj se nalazi merna traka, a koja direktno utiče na promenu otpornosti merne trake (reda $m\Omega$). Ta promena može da bude sa pozitivnim i sa negativnim prirastom otpornosti, u zavisnosti da li deformacija navedene površine ima konveksan ili konkavan oblik, tj. u zavisnosti da li se papućice približavaju ili udaljavaju jedna od druge.

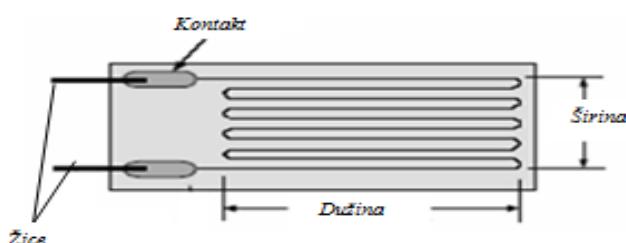
Merna traka se postavlja na sredinu limenog postolja, jer je pri vrlo malom pomeranju papućica po horizontali tu uvijanje najveće, i dovoljno da merna traka odreaguje. Međutim, za namenu ovog senzora to nije uslov, jer je pomeranje papućica nešto veće, a samim tim i uvijanje kompletног postolja koje je sasvim dovoljno da merna traka ima kakvu promenu otpornosti i ako se ne nalazi na sredini. Za ovaj senzor korišćen je čelični lim debljine 1 mm, zbog svoje velike čvrstine, i potrebe da se pri deformisanju i savijanju blažeg tipa uvek враћa u približan početni položaj.

Radi veće deformacije, koja nam je potrebna pri manjoj sili istezanja lim je prilagođen posebnom obliku i dimenzijama prikazanim na sl. 7.

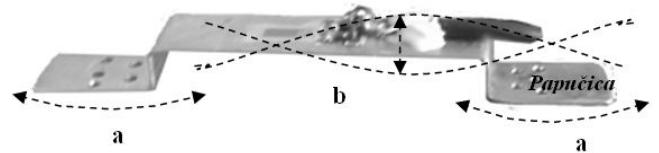


1. merne trake(2 komada)
2. postolje
3. četverožilni kabel sa masom

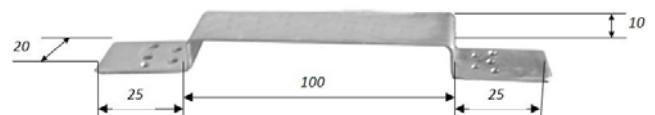
Slika 4. Izgled senzora.



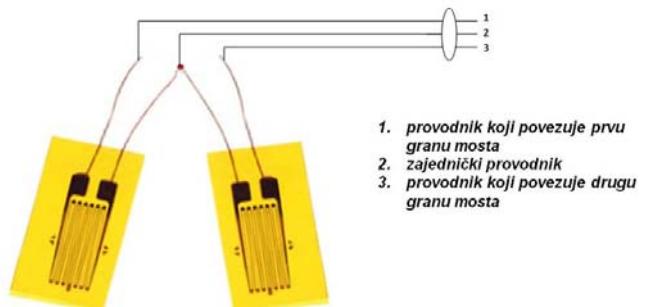
Slika 5. Izgled merne trake koja se koristi u senzoru.



Slika 6. Princip rada senzora.



Slika 7. Dimenzije senzora.



Slika 8. Povezivanje mernih traka u senzoru.

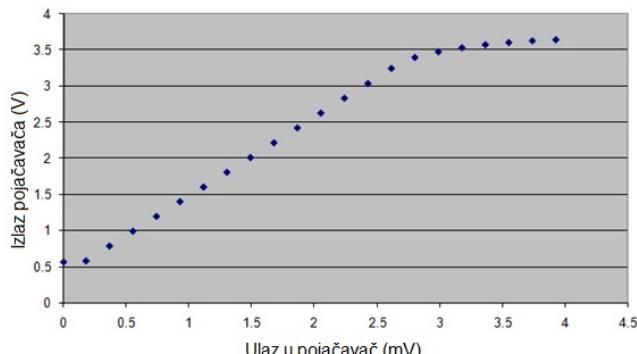
Za realizaciju ovog senzora korišćene su dve merne trake, kao što je napomenuto u ranijem tekstu. Te merne trake su zbog daljnog povezivanja u merni most spojene kao deo dve zasebne grane istog mernog mosta (sl. 8).

IV. REZULTATI KALIBRISANJA I TESTIRANJA

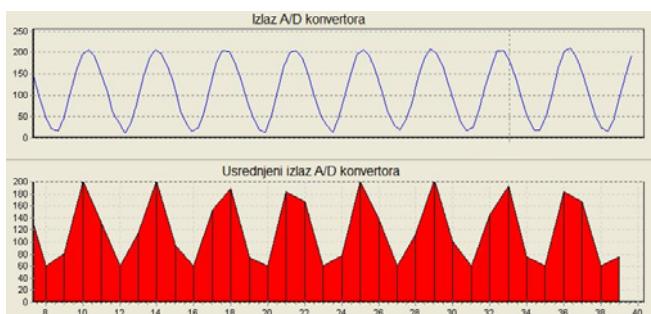
Kalibriranje i testiranje prikazanog sistema izvršeno je u Laboratoriji za metrologiju i Laboratoriji za biomedicinsku instrumentaciju i merenje Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Prvo je vršeno kalibriranje pojачavača tako što se umesto senzora na ulaz pojачavača dovodio signal u rasponu od 0mV do 4mV u koracima od po 0.2mV. Prikaz rezultata merenja prikazan je na grafiku na sl. 9, i ovaj grafik predstavlja prenosnu karakteristiku pojачavača. Na horizontalnoj osi grafika su vrednosti napona dovođenog sa izvora na ulaz pojачavača, a na vertikalnoj osi grafika je napon na izlazu pojачavača.

Na prenosnoj karakteristici pojачavača se jasno vidi da pojачavač u opsegu od 0.7mV do 2.7mV ulaznog napona radi u linearnom režimu. Razlog zašto je linearni režim prisutan tek od 0.7mV na ulazu je taj, što prilikom izrade pojачavača, nije vođeno računa o offset-u pojачavača. Posle 2.7mV pojачavač odlazi u zasićenje.

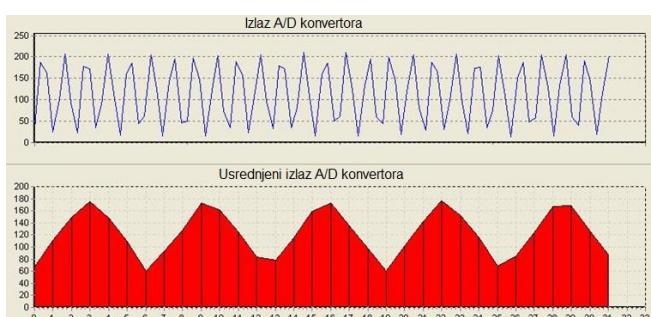
Testiranje sistema izvršeno je u dve etape. U prvoj etapi je dovođen sinusni signal na ulaz pojačavača amplitude u granicama od 0V do 3mV, sa generatora funkcija, sa frekvencijom od 2Hz, 1Hz, 0.5Hz i 0.1Hz. Na sl. 10 i sl. 11 su prikazani rezultati za 0.5Hz i 2Hz respektivno (izlaz A/D konvertora i usrednjeni izlaz A/D konvertora). Druga etapa testiranja je realno merenje sa senzorom postavljenim na ispitniku, i povezanim sa uređajem. Postignuti rezultati testiranja su prikazani na sl. 12. Prilikom ovog testiranja senzora u sistemu za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja, ustanovljeno je da se broj udisaja najtačnije prikazuje prilikom praćenja usrednjene vrednosti tri uzastopna odbirka sa A/D konvertora.



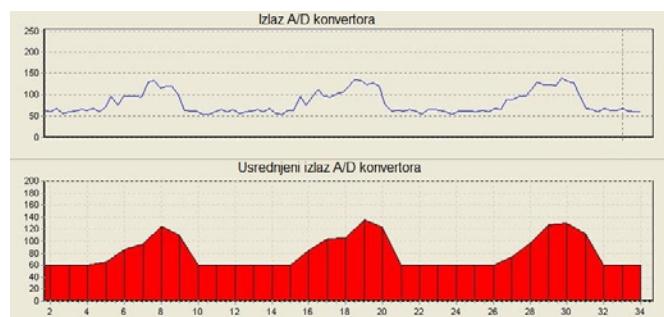
Slika 9. Rezultat kalibrisanja sistema.



Slika 10. Rezultat testiranja sistema sa sinusnim signalom frekvencije 0.5Hz na ulazu u pojačavač.



Slika 11. Rezultat testiranja sistema sa sinusoidom frekvencije 2Hz na ulazu u pojačavač.



Slika 12. Rezultati testiranja senzora i uređaja.

Uzvišeni delovi usrednjene signala na sl.12 predstavljaju udisaje ispitnika. Pošto je učestanost odabiranja 7 Hz a usrednjena vrednost iznosi trećinu zbiru tri odbirka, najveća frekvencija udisaja, pri kojoj se udisaji mogu detektovati, je 2 Hz.

V. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan senzor za detekciju disajnih pokreta, zasnovan na otporničkim mernim trakama, koji se koristi u sistemu za merenje i akviziciju broja udisaja. Senzor je baziran na otporničkim mernim trakama, postavljenim na konstrukciji od čeličnog lima, koja se fiksira pomoću elastične trake na ispitniku. Prilikom ispitivanja rada senzora u sistemu za digitalno merenje i akviziciju broja udisaja, ustanovljeno je da se broj udisaja može meriti putem praćenja usrednjene vrednosti sa A/D konvertora. Očigledan je prostor da se dimenzije uređaja dalje fizički minimizuju, čime se senzor i uređaj mogu koristiti kao prenosivi sistem za kontinualno snimanje disajnih procesa ispitnika. Trenutno ograničenje sistema je najveća frekvencija udisaja, pri kojoj se udisaji mogu detektovati, iznosi 2Hz. Međutim, ovo ograničenje ne potiče od senzora. Da bi se detekovali udisaji, i pri većoj frekvenciji udisaja, potrebno je samo povećati frekvenciju odabiranja A/D konvertora. To bi mogla biti prva smernica daljeg razvijanja kompletног sistema, sa ciljem da se iskoriste sve mogućnosti realizovanog senzora. Druga smernica bi bila projektovanje proširene jedinstvene štampane ploče, koja će na sebi imati ležište za MMC karticu i konektor za RS-232 komunikaciju. Treća smernica bi bilo da se prilikom rada u MMC režimu omogući da pored svakog odbirka stoji tačno vreme odabiranja pomoću RTC (real time clock) integriranog kola.

LITERATURA

- [1] Analog Devices, Practical design techniques for sensor signal conditioning, USA, 1999
- [2] J. S. Wilson, Sensor Technology Handbook, Newnes, 2004
- [3] S. Milovančev, Zbirka zadataka iz električnih merenja nelinearnih veličina, FTN, Novi Sad, 2001
- [4] K. Hoffmann, An Introduction to Measurements using Strain Gages, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Druckerei Drach, Alsbach, 1989
- [5] <http://www.ti.com/product/adc0804>
- [6] <http://www.mikroe.com/mikropascal/avr/>
- [7] <http://www.atmel.com/tools/avrdragon.aspx>

ABSTRACT

This paper presents a sensor for the detection of respiratory motions based on resistive strain gauges. In the first place, application of the sensor in the system for digital measurement and acquisition of number of breaths is described. Important aspects, from the standpoint of principle and realization of the sensor, are the structure of building blocks of the sensor, strain gauges used, method of moving the pedals and the base of the sensor, the sensor dimensions and connections between strain

gauges with electronic circuits of the device. The sensor has been tested through a process of calibration and testing of system for digital measurement and acquisition of number of breaths.

SENSOR FOR DETECTION OF RESPIRATORY MOTION BASED ON RESISTIVE STRAIN GAUGES

Ivan Babić, Platon Sovilj, Slobodan Milovančev, Ivan Župunski, Dragan Pejić