

Uređaj za pravilno sedenje baziran na merno-informacionim modulima

Jovana Jović i Marjan Urekar, *Member, IEEE*

Apstrakt— U ovom radu predstavljena je ideja za prototip uređaja za pravilno sedenje, koji bi bitno uticao na smanjenje pojave bola u leđima, oboljenje koje je sve prisutnije u svim starosnim grupama. Uređaj se sastoji od *Button load cell* ćelija pomoću kojih se prati da li korisnik sedi pravilno na sedalnom delu stolice. Pored toga postoji i senzor dodira QT100 koji detektuje da li je korisnik naslonjen na naslon stolice. Podaci se UART-om šalju na *web server*, koji se dalje učitavaju na *web sajtu*. Na *web sajtu* korisnik ima uvid u svoj sedeći stav, ali i upozorenje ukoliko ne sedi pravilno. Pored crvenih grafika i iskačućeg prozora na sajtu, kao identifikaciju nepravilnog sedenja imamo i vibro motor koji stvara vibracije i tako korisniku pruža trenutnu haptičku informaciju da popravi svoj stav.

Ključne reči—Uređaj za pravilno sedenje, HX711, QT100, Vibro motor, mikrokontroler, *web sajt*;

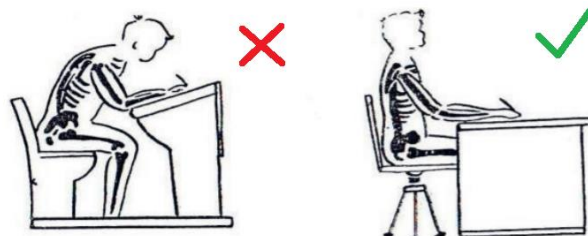
I. UVOD

Brzim razvojem nauke, matematike, fizike ali i medicine u poslednjih nekoliko decenija, postignut je veliki razvoj tehnologije koji olakšava život ljudi u svim sferama. U ovom radu opisan je uređaj za pravilno sedenje, koji je osmišljen kao odgovor na pojavu bola kako kod odraslih lica, tako sve češće i kod dece u najranijem dobu. Da bismo shvatili njegov značaj, prvo moramo uvesti osnovne medicinske pojmove vezane za bol u leđima i njegov nastanak, ali i da razumemo definiciju pravilnog sedećeg stava.

Bol u leđima (lumbago, lumbagia) predstavlja bol ili nelagodnost koju osoba oseća u području leđa, između rebranih lukova i donje glutealne brazde, sa ili bez širenja niz levu ili desnu nogu [1]. Prema definiciji, bol u leđima je simptom, ali oko 85% pacijenata nikada ne dobije tačnu dijagnozu [2]. Razlog tome je što bolovi nastaju ukrštanjem više faktora, kao što su loše držanje, dugotrajno sedenje, genetika, slabost određenih grupa mišića, emocionalni stres, promene uzrokovane starenjem mišićno-koštanog sistema (artritis, degenerativne promene diska ...).

Pored saznanja šta je bol u leđima i kako nastaje, potrebno je da razlikujemo i dobar sedeći položaj od onog koji to nije. Dobar sedeći položaj, prema definiciji, podrazumeva položaj kada je telo uspravno ili lagano nagnuto napred, glava pravilno uzdignuta, te na taj način stimuliše lagano i stalno napetost dugih mišića kičme i kratkih mišića vrata. Gornji i donji udovi su u simetričnom položaju, stopala su paralelno postavljena i

celom se površinom oslanjaju na pod. Ovakav položaj obezbeđuje najbolju udaljenost očiju od površine čitanja i manji zamor. [3]. Najčešće do pojave lošeg držanja tela dolazi usled slabosti određenih grupa mišića tonostatičke (opružaća vrata i trupa, mišića primicača lopatica, opružaća natkolenica i potkolenica i mišića stopala) muskulature. Ova pojava se može objasniti sa dva aspekta, dok nam je prvi od velikog značaja za nastanak ovog rada. Prvi aspekt: To je period kada je dete polaskom u školu, izloženo povećanom stato-dinamičkom opterećenju - dugotrajno sedenje u školskoj klupi, pisanje u povijenom položaju. [3].

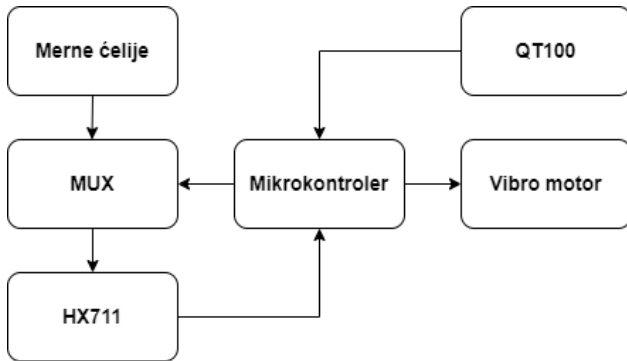


Sl. 1 - Nepravilan/pravilan sedeći stav

Kako bi se otklonio jedan od čestih razloga zbog kojeg nastaju bolovi u leđima u ovom radu je opisan uređaj za pravilno sedenje. Uređaj se sastoji od 8 mernih ćelija postavljenih na sedalni deo stolice. Pomoću njih može se utvrditi da li korisnik sedi pravilno (približno jednako je oslonjen sa obe noge na sedalni deo) ili to nije slučaj. Pored ovih senzora, na naslon stolice se postavlja elektroda senzora dodira QT100, pomoću koje se detektuje da li je korisnik sada naslonjen na naslon (sedi pravilno) ili ne. Sve ovo je spojeno sa mikrokontrolerom. Mikrokontroler obezbeđuje da kada sedenje nije pravilno (osoba vrši jači pritisak levom ili desnom nogom ili nije naslonjen na naslon stolice) korisnik dobija haptičku informaciju o tome. To je realizovano vibro motorom koji počinje sa radom baš u tom trenutku u kojem položaj tela ne odgovara pravilnom sedenju i tako opominje korisnika da popravi svoj sedeći stav. Mikrokontroler je preko UART-a povezan sa računarom i šalje podatke na internet. Na *web stranici* se u vidu grafika iscrstavaju očitavanja sa mernih ćelija. Tako korisnik ima direktan uvid u podatke o svom sedenju. Kada senzor dodira detektuje da korisnik nije naslonjen, na ekranu se pojavljuje “iskačući” prozor koji opominje korisnika na nepravilno sedenje.

II. TEHNIČKO REŠENJE SISTEMA

Blok dijagram uređaja za pravilno sedenje prikazan je na slici 2. U nastavku biće uopšteno opisano kako uređaj funkcioniše.



Sl. 2 - Blok dijagram uređaja

Kako bismo postigli neometano i normalno funkcionisanje uređaja, potrebno je obezbediti dva napona od +5 VDC i +3.3 VDC. Mrežni napon (230 VAC) se pomoću integrisanog kola LM7805 prilagođava na napon od +5 VDC, koji je neophodan za većinu elemenata u kolu. Za napajanje vibro motora potrebno je obezbediti napon od +3.3 VDC, a to je urađeno korišćenjem podesivog regulatora LM317. Kako bismo dobili željeni napon potrebno je podesiti vrednosti dva otpornika, čije vrednosti dobijamo korišćenjem jednostavne formule:

$$V_{OUT} = 1.25 \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right). \quad (1)$$

Oba regulatora su obezbeđena blok kondenzatorima koji eliminišu brze promene napona, kao i elektrolitskim kondenzatorima koji dodatno doprinose stabilizaciji napona. Pored kondenzatora, integrisana kola su obezbeđena inverzno polarisanim zaštitnim diodama koje neće provoditi sve dok u kolu ne dođe do pojave inverznog ili negativnog napona. Pomoću dve LED diode na uređaju se može pratiti prisutnost oba napona.

Uređaj za pravilno sedenje poseduje dve vrste senzora pomoću kojih detektuje da li korisnik sedi pravilno. Na sedalni deo stolice postavlja se 8 mernih mostova (*Load cell* senzori koji se nalaze u kućnim vagama). Oni se raspoređuju po celom sedalnom delu, ispod leve i desne noge. Signale sa ovih ćelija dovodimo do analognog diferencijalnog multipleksera koji dovedene signale prosleđuje A/D pretvaraču jedan po jedan. HX711 je A/D konvertor osmišljen specijalno za vage i pomoću njega signal dalje putuje do mikrokontrolera.

Na naslon stolice postavlja se elektroda senzora dodira QT100. Ona ima mogućnost da preko tkanine detektuje da li je korisnik naslonjen na stolicu i sedi pravilno. Takođe, ovaj senzor je spojen sa mikrokontrolerom.

Vibro motor čini poslednji segment ovog uređaja. Zadatak mu je da korisniku pruži haptičku informaciju (informacija koja se može osetiti dodirrom) onog trenutka kada korisnik ne sedi pravilno, a to se ostvaruje zahvaljujući mikrokontroleru.

Izgled stolice prikazan je na slici 3.

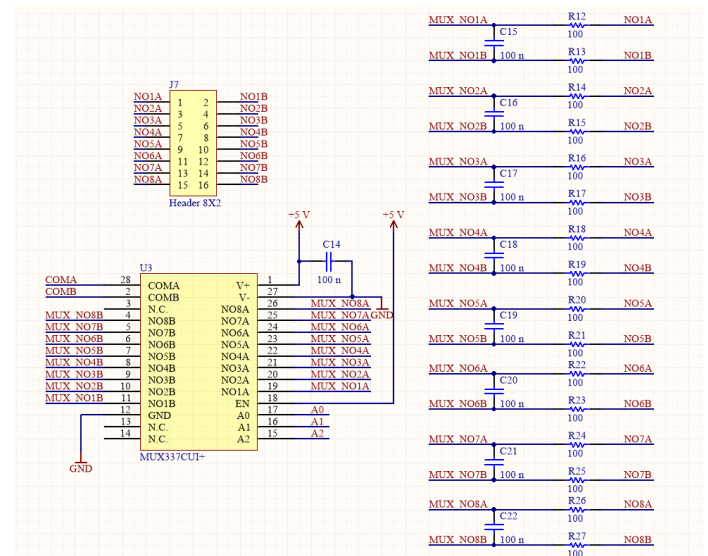


Sl. 3 - Finalni izgled stolice

III. HARDVERSKE KOMPONENTE SISTEMA

A. Analogni diferencijalni multiplekser

Kao što je već pomenuto, naš uređaj ima osam mernih mostova. Da bismo imali korisne informacije o svakom njihovom izlazu neopodno je korišćenje multipleksera. Multiplekser (MUX) je kolo koje jedan ulazni signal, koji je izabran od više ulaznih signala može da vodi ka jednom izlazu.

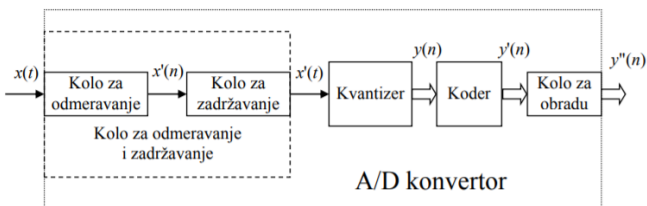


Sl. 4 - MAX337CUI+

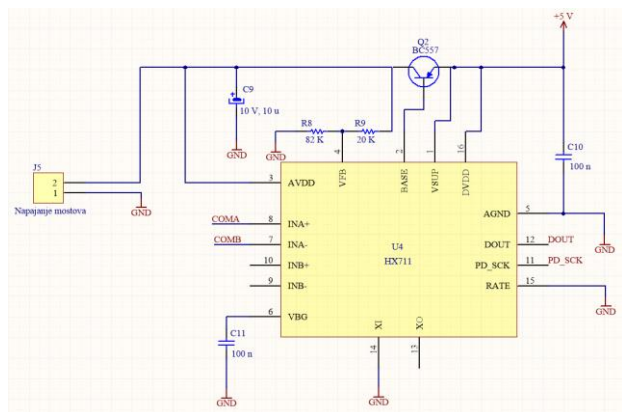
Kako imamo osam mernih ćelija koje poseduju po jedan diferencijalni izlaz, koristili smo diferencijalni multiplekser koji na izlaz dovodi i visok i nizak potencijal ulaznog signaa. Signal sa ćelija je filtriran pomoću otpornika od 100 Ω i kondenzatora od 100 nF. MAX 337 je dvostruki, 8-kanalni MUX koji je dizajniran da jedan od osam ulaza prosledi na zajednički izlaz, pomoću trobitne binarne adrese. Njega smo obezbedili *decoupling* kondenzatorom.

B. A/D konvertor HX711

Za pretvaranje analognih signala u digitalne signale prilagođene računarima (mikroprocesorima ili mikrokontrolerima) koriste se analogno – digitalni konvertori. Tipično, proces A/D konverzije obuhvata odmeravanje analogne veličine u vremenu i po amplitudi. Prema tome, A/D konvertori su uređaji koji prevode signale iz domena kontinualno vreme, kontinualna amplituda u domen diskretno vreme, diskretna amplituda. Odmeravanje signala po vremenu znači da se ulazni analogni signal odmerava (eng. *sampling*), tj. da se njegove vrednosti amplitude uzimaju u određenim vremenskim intervalima, a da se između tih intervala pretpostavlja da se signal ne menja ili da se ne menja značajno. Tipična blok šema A/D konvertora prikazana je na slici 5.



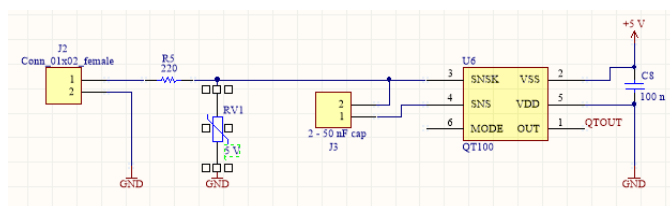
Sl. 5 - Blok šema A/D konvertora



Sl. 6 - HX711

Za potrebe ovog rada korišćeno je integrisano kolo HX711. Ono je 24-bitni A/D konvertor koji je dizajniran za kućne vage i industrijske uređaje koji su bazirani na mernim mostovima. Posедуje dva kanala, od kojih kanal A ima opciono pojačanje od 128 ili 64, dok kanal B ima fiksno pojačanje od 32. Rezultati merenja se šalju na serijski interfejs, preko kog se informacije prenose na mikrokontroler. I ovaj segment je obezbeđen *decoupling* kondenzatorima.

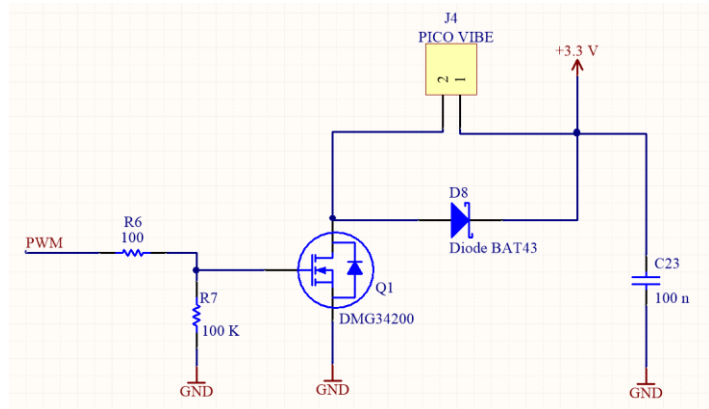
C. Senzor dodira QT100



Sl. 7 - QT100

QT100 senzor je samostalno digitalno integralno kolo, koje je sposobno da detektuje blizinu ili dodir. On stvara polje za dodir ili blizinu kroz bilo koji dielektrik, kao što su staklo, plastika, kamen, keramika, pa čak i većina drvenih površina. Takođe, može da pretvori mali metalni objekat u senzor osetljiv na dodir ili blizinu. Ova mogućnost, zajedno sa mogućnošću samokalibracije su u ovom projektu od velikog značaja. Ostavljen je priključak gde se dovodi elektroda pomoću koje se detektuje da li korisnik koristi naslon ili ne. Pored tog priključka, postoji i priključak za kondenzator. Pomoću kondenzatora (čija je vrednost između 2 nF - 50 nF) i otpornika se definiše osetljivost senzora. Vrednost kondenzatora zavisi od debljine naslona i njene dielektrične konstante. Pored kondenzatora, na osetljivost utiče i veličina i oblik electrode. QT100 je obezbeđen *decoupling* kondenzatorom, ali i varistorom koji služi za zaštitu od ESD udara.

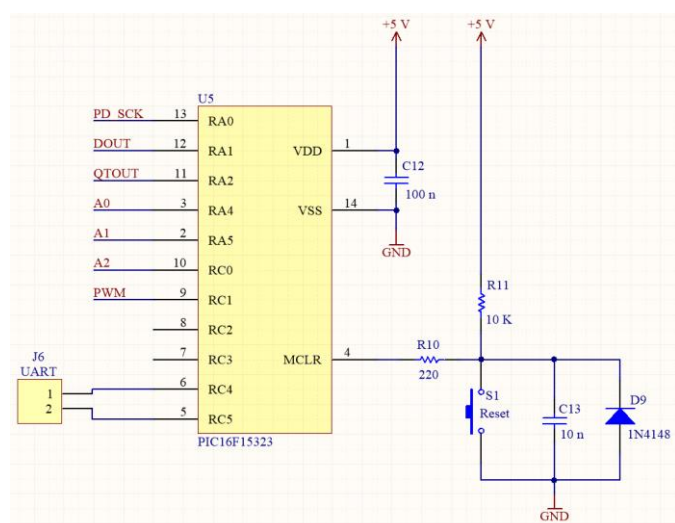
D. Vibro motor



Sl. 8 - Vibro motor

Vibro motor služi kao direktan podsetnik korisniku da ne sedi pravilno. On se uključuje ili kada se ne vrši podjednak pritisak sa obe noge ili kada korisnik ne koristi naslon stolice. Za potrebe ovog projekta koristi se ERM motor sa oznakom C102B002F. Poseduje malu ekscentričnu težinu na svom rotoru koja prilikom rotiranja stvara vibracije. Za pokretanje motora neophodno je koristiti i MOSFET, jer sam mikrokontroler ne može da pruži dovoljnu snagu. PWM signal pokreće motor, tačnije uključuje se gejt MOSFET-a sa impulsima određene širine. Zbog toga struja kroz motor varira u zavisnosti od širine impulse PWM signala, što direktno utiče na brzinu motora i tako određuje jačinu vibracija. Motor predstavlja induktivno opterećenje i njegovim isključenjem može doći do pojave inverznog napona što može oštetiti tranzistor, zbog toga koristimo zaštitnu diodu.

E. Mikrokontroler



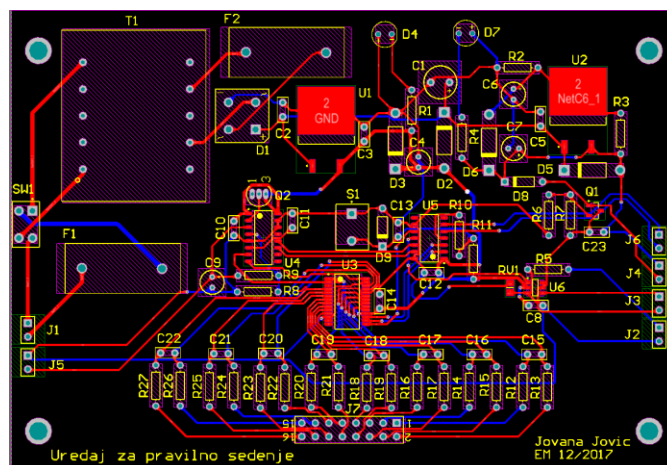
Sl. 9 - PIC16F5323

U ovom projektu korišćen je PIC16F5323 mikrokontroler. PIC16F5323 je 8-bitni mikrokontroler, serije PIC16F, sa brzinom od 32MHz. Malih je dimenzija, poseduje 14 pinova što su bili zahtevi uređaja za pravilno sedenje.

MCLR pin pruža dve posebne funkcije, a to su resetovanje uređaja i programiranje uređaja i otklanjanje grešaka. Ukoliko programiranje i otklanjanje grešaka nisu potrebni u nekom projektu, na MCLR pin dovoljno je samo dovesti +5 V. Dodavanjem komponenti povećava se otpornost uređaja na lažna resetovanja (na primer zbog pada napona). *Pull-up* otpornik na MCLR ulazu drži +5 V sve dok taster nije pritisnut. Taster služi upravo za resetovanje mikrokontrolera. Zaštita je obezbeđena *decoupling* kondenzatorom i signalnom diodom.

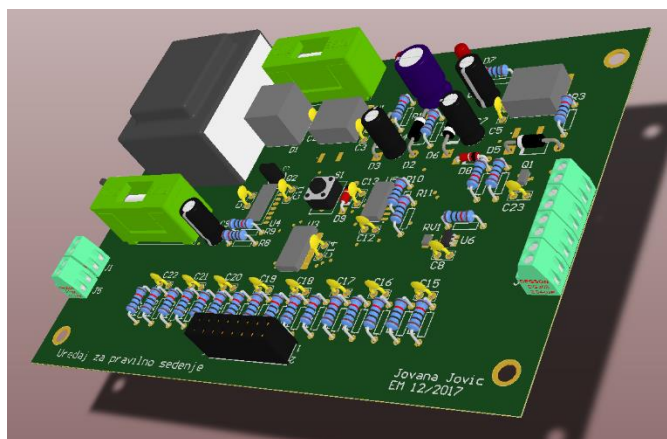
IV. PCB I 3D MODEL UREĐAJA

PCB uređaja za pravilno sedenje je napravljen u programskom paketu Altium Designer. Dizajniran je u dva sloja, jer uređaj poseduje i SMD i THT komponente. Dimenzije PCB ploče su 195 mm x 86 mm. Sve komponente uređaja, ali i designatori i naziv uređaja smeštene su na prednjoj strani. Debljine trekova variraju od 15 mil do 30 mil na ulazu kod napajanja. Korišćena je opcija Polygon Pours-a koja sve komponente koje koriste masu spaja slojem bakra. Na slici 10. prikazan je izgled PCB-a.



Sl. 10 - PCB uređaja za pravilno sedenje

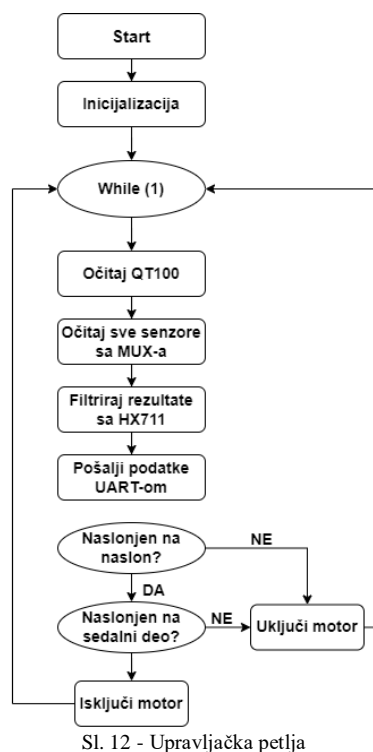
Pored PCB-a u Altium Designer program postoji mogućnost i za dizajniranje 3D modela. Ta opcija je veoma korisna, jer se i pre same izrade može videti izgled ploče i tako uticati na poboljšanje dizajna. Na slici 11. dat je izgled 3D modela.



Sl. 11 - 3D model uređaja za pravilno sedenje

V. FIRMVER I SOFTVER UREĐAJA

Pri pokretanju mikrokontrolera prvi korak predstavlja inicijalizaciju svih potrebnih modula i promenljivih unutar mikrokontrolera. Nakon toga se ulazi u glavnu programsku petlju. Glavna programska petlja je beskonačna petlja koja se izvršava sve dok mikrokontroler radi. U njoj je prvo potrebno očitati podatke sa senzora QT100, kako bi mikrokontroler imao uvid da li je korisnik naslonjen na naslon stolice. Nakon toga sledi očitavanje svih senzora koji se nalaze na sedalnom delu. Mikrokontroler pomoću multipleksera i AD konvertora HX711 pristupa svakom senzoru pojedinačno i očitava ih. Pošto su rezultati sa senzora zašumljeni, njih je potrebno filtrirati i softverski. Svi rezultati se preko UART-a dalje šalju na *Web* server. Kada su prikupljeni podaci sa svih senzora mase i sa senzora dodira, potrebno je odrediti da li korisnik pravilno sedi. Ako to nije slučaj, treba pokrenuti vibro motor. Na slici. 12 prikazan je izgled upravljačke petlje.



Sl. 12 - Upravljačka petlja

Internet of Things je koncept koji se sastoji iz mreže uređaja koji međusobno razmenjuju podatke. To su *embedded* sistemi koji imaju jedan ili više senzora. IoT ima sve širu primenu u svim sferama života, kako u *smart home* aplikacijama, tako i u medicini. Zbog tolike primene, IoT se može naći i u ovom radu.

Podaci sa *web* servera se učitavaju na *web* sajt, koji služi kao grafički interfejs za korisnika. Na slici 13. je prikazana naslovna strana sajta.



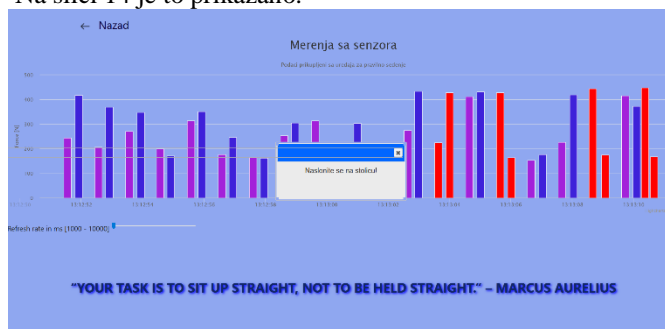
Good posture and an attitude let you get away with anything.
— Lorna Landvik



Sl. 13 - Naslovna strana

Na tom *web* sajtu korisnik može pratiti rezultate svog dosadašnjeg sedenja, kao i da bude upozoren ako njegovo sedenje u datom trenutku nije pravilno. Na grafiku se to identifikuje crvenom bojom kada korisnik ne vrši približno jednak pritisak sa obe noge ili iskaučim prozorom ako nije naslonjen na naslon. *Web* aplikacija bi takođe mogla da pruža i dodatne mogućnosti, kao što su arhiviranje rezultata sedenja, praćenje napredovanja ili ipak nazadovanja u veštini pravilnog sedenja. To bi od velikog značaja bilo roditeljima i vaspitačima koji bi imali uvid o napredovanju deteta pri stvaranju dobrih navika tokom sedenja. Uvid u rezultate sedenja bi mogao poslužiti u i medicinske svrhe, kako bi lekari imali jedinstven pristup za svakog pacijenta, kao i jedinstvenu dijagnozu.

Na slici 14 je to prikazano.

Sl. 14 - Grafik i "iskaučić" prozor na *web* sajtu

VI. DISKUSIJA

Uređaj za pravilno sedenje je osmišljen kako bi se otklonila određena grupa medicinskih problema koja se sve češće javlja i kod dece u najranijem dobu (dece školskog uzrasta). Korišćenjem dostupne tehnologije napravljen je prototip uređaja i predložena primena istog kako bi se smanjila pojava bola u leđima. Dalja istraživanja bi mogla dovesti do unapređenja uređaja i učinila da se on komercijalizuje i bude dostupan svima.

Na tržištu se mogu pronaći različiti uređaji u različitom cenovnom rangu. Lumo Lift je uređaj koji se pomoću magneta kači na odeću i koncentrisan je na gornji deo leđa, cena mu je oko 80 € [10]. UpRight je uređaj koji se lepi na gornji deo leđa (može se iskoristiti jednom za period od 15 min do 60 min). Njegova cena je oko 130 € [11]. Prana je još jedan uređaj koji je dostupan na tržištu. To je prenosivi uređaj koji se zakači u predelu struka i pomoću dijafragmalnog disanja i obrazaca disanja prati povijenost u lumbalnom delu. Cena je 100 € [12]. Svaki od njih je fokusiran samo na određeni deo leđa, torakali (gornji) ili lumbalni (donji). Uređaj koji je opisan u ovom radu predstavlja celinu jer prati položaj celog tela u sedećem stavu. To je njegova najveća prednost. Takođe, uređaj se postavlja na samu stolicu, tako da korisniku ne predstavlja nikakvu smetnju prilikom korišćenja.

Pored toga, ne postoji ograničenje u starosnom dobu osobe koja koristi uređaj, mogu ga koristiti i odrasli i deca. Takođe, zbog osam mernih ćelija masa koju uređaj može da podnese je 400 kg, pa ni u tom pogledu ne postoje ograničenja.

Najveća mana ovog uređaja je što se za pokrivanje sedalnog dela koriste *button load cell* ćelije koje imaju visoku cenu. Jedna ćelija se na tržištu može naći za 35 €, a nama je potrebno osam takvih. Taj problem je u budućnosti moguće rešiti tako što se umesto *button load cell* ćelija, mogu koristiti obične *load cell* ćelije koje se mogu naći u kućnim vagama. Njihova cena je oko 3 € i dostupne su svuda.

Uređaj trenutno ne poseduje baterijsko napajanje, već ga moramo postaviti blizu utičnice kako bi radio. To je još jedan način kako bismo unapredili uređaj. Mogu se dodati tri litijumske baterije od 3.7 V, koje bi malo povećale dimenzije uređaja, ali bi obezbedile da uređaj neko vreme radi i ako nije priključen na mrežno napajanje.

Uređaj se može koristiti u učionicama, ali bi za te svrhe bilo

potrebno razviti aplikaciju pomoću koje bi učitelj mogao da prati sedeći stav svakog deteta. Tako bi se uticalo na stvaranje dobrih navika, ali i na prevenciji bola u najranijem periodu. Pored učitelja, pristup aplikaciji može se dati roditeljima, koji bi u kućnim uslovima mogli da utiču na pravilno sedenje svog deteta.

ZAKLJUČAK

Ovaj rad nudi rešenje kako smanjiti pojavu bola u leđima i kako podstaći dete u stvaranju dobrih navika. Primenom dostupnih senzora ali i IoT-a kao deo Industrije 4.0 nudi se mogućnost za realizaciju kompletnog uređaja za pravilno sedenje.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru projekta MPNTR 200156: „Inovativna naučna i umetnička ispitivanja iz domena delatnosti FTN-a“. Takođe, zahvaljujem se na velikoj pomoći i podršci pri izradi ovog rada celoj Katedri za električna merenja na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

LITERATURA

- [1] Rannou F, Poiraudou S, Henrotin Y. Low back pain including sciatica and DISH. U: Bijlsma JWJ, Burmester GR, Da Silva JAP, Faarvang KL, Hachulla E, Mariette X. EULAR Compendium on Rheumatic Diseases. 2009:477-479.
- [2] Barr KP, Harrast MA. Low back pain. U: Braddom RL. Physical Medicine and Rehabilitation. Philadelphia: Elsevier. 2007:883-927

- [3] Kosinac, Z. (1998). Nepravilno sedenje i tjelesno držanje, Školski vjesnik.
- [4] <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm317-d.pdf>
- [5] <https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/105810/0/0/1/qt100.html>
- [6] <https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/1836471/0/0/1/hx711.html>
- [7] <https://www.mikroe.com/vibro-motor-click>
- [8] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX336-MAX337.pdf>
- [9] https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PIC16_L_F1531_3_23_Data_Sheet_4_0001897C.pdf
- [10] <https://feelpeak.com/>
- [11] <https://www.uprightpose.com/>
- [12] <http://prana.co/>

ABSTRACT

In this paper the prototype for a proper sitting posture device is presented, which would lead to decrease in back pain. Back pain is a recurring problem in all age groups nowadays. The device consists of Button load cells that detect if a user is sitting properly or not on the seating part of the chair. Apart from them, there is a touch sensor QT100, which detects if the user is set against the backrest of the chair. The acquired data is sent through UART to a web server, and is showed on a web site. On the web site the user has an insight in his sitting posture, but there are also warnings if his sitting posture is incorrect. Besides a red graphic and pop-up window on the site, there is a vibration motor which warns the user about his bad sitting posture by a haptic feedback.

Device for proper sitting posture based on measurement-information modules

Jovana Jović, Marjan Urekar