

## PORTABILNI SISTEM ZA PRA ENJE RESPIRACIJE I PULSA

Vladimir Balovi, Stevan Marinković, Dušan Stojković, Ivan Vasić, Marko Dimitrijević, Elektronski fakultet Niš

**Sadržaj** – Portabilni sistem za pra enje respiracije i pulsa je hardversko-softverski sistem. Hardver je realizovan pomoću AVR Butterfly modula, a softverska komponenta sistema je MS Windows aplikacija. Osnovni zahtevi u realizaciji sistema su mali gabariti, portabilnost, mogućnost povezivanja sa PC računarom i velika autonomija u radu.

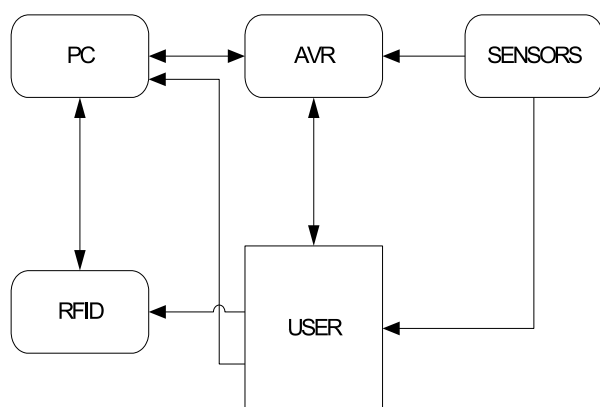
Opisani sistem je realizovao tim studenata Elektronskog fakulteta u Nišu kao projektni zadatak na takmičenju studenata elektronike i elektrotehnike „Hard & Soft“ 2006, Suceava, Rumunija.

### 1. UVOD

Intenzivni razvoj low-power integrisanih kola i wireless tehnologija omogućio je kreiranje portabilnih uređaja i nove koncepte njihovog umrežavanja. U klasičnoj terminologiji komunikacionih i računarskih mreža uvedeni su novi pojmovi za povezivanje portabilnih uređaja: PAN – Personal Area Network i BAN – Body Area Network. Prvi se odnosi na povezivanje uređaja za komunikaciju (ćelularni telefoni), daljinsko upravljanje drugim sistemima, zabavu, navigaciju u prostoru, itd.

Drugi pojam se odnosi na portabilne uređaje prvenstveno namenjene medicinskim potrebama, za pra enje bioloških parametara kao što je srani rad, respiracija, telesna temperatura, krvni pritisak, EEG, fizička aktivnost i sl. Ovi uređaji su postali popularni ne samo u kliničkim aplikacijama, već i kod šireg kruga korisnika.

Osnovni zahtevi u projektovanju ovakvih uređaja – sistema su portabilnost, mali gabariti, visoka autonomija u radu, mogućnost jednostavnog povezivanja sa drugim uređajima računarom (uglavnom bežično) i odgovarajuća softverska podrška. Sistem za pra enje respiracije i pulsa (sraniog rada) je razvijen sa nametom da se ispune prethodno definisani kriterijumi (slika 1).



Sl. 1. Blok šema sistema

Hardver sistema je baziran na modulu AVR Butterfly, koji ima funkciju akvizicije analognih signala sa dva senzora za puls i respiraciju, njihovu obradu i memorisanje. Funkcija

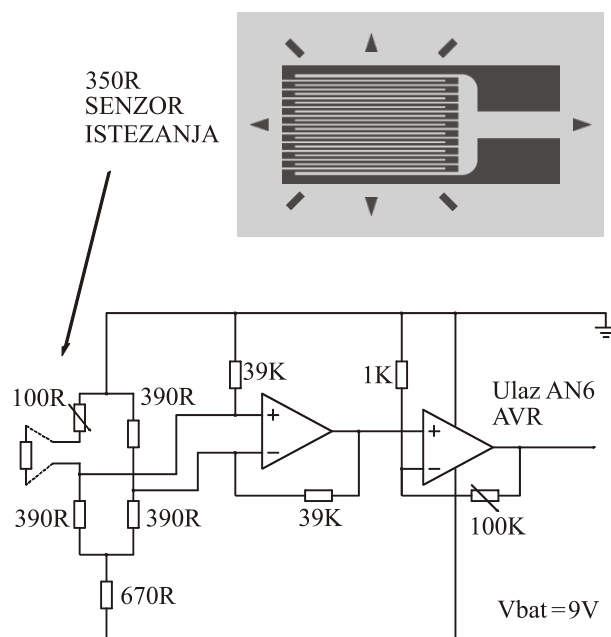
mikrokontrolera je i prezentacija podataka na ugrađenom displeju i komunikacija sa personalnim računarom.

Softverski deo sistema u Windows aplikacija i SQL baza podataka. Aplikacija služi za sinhronizaciju podataka između portabilnog uređaja i baze podataka, njihovo skladištenje, pretraživanje i prikazivanje u grafičkom obliku.

### 2. MERENJE RESPIRACIJE

Broj udisaja u minuti (respiracija) se detektuje pomoću senzora naprezanja (strain gauge sensor). Senzor je pričvršćen ahezivnim sredstvom na ploču tankog pertinaksa fiksiranu na tekstilni neelastični remen, koji se pričvršćuje oko grudnog koša. Prilikom udisanja dolazi do deformacije ploče i naprezanja senzora.

Senzor istezanja menja otpornost prilikom deformacije. U realizaciji je upotrebljen HBM senzor naprezanja nominalne otpornosti 350  $\Omega$  vezan u kolo Wheatstone mosta (slika 2). Na red sa senzorom je vezan potencijometar za uravnoteženje mosta.



Sl. 2. Senzor istezanja i šema kola za merenje respiracije

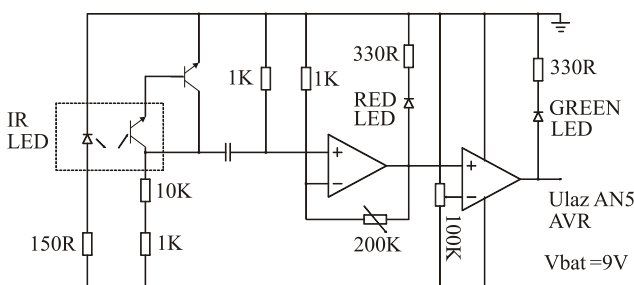
Most je doveden u stanje ravnoteže pri relaksiranom stanju senzora naprezanja. Diagonala mosta je vezana za ulaz prvog operacionog pojačavača LM258, tako da se promena otpornosti senzora detektuje kao promena jednosmernog napona na izlazu kola. Izlaznim potencijometrom je podešen jednosmerni napon na izlazu, tako da je jednak nuli pri nenapregnutom senzoru i 5V pri mehaničkom opterećenju. Udisaji se registruju kao pozitivni naponski impulsi koji se dovode na analogni ulaz AN6 AVR Butterfly modula.

Mikrokontroler registruje impulse i meri brzinu otkucaja srca.

### 3. PRAENJE SRANOGRADA

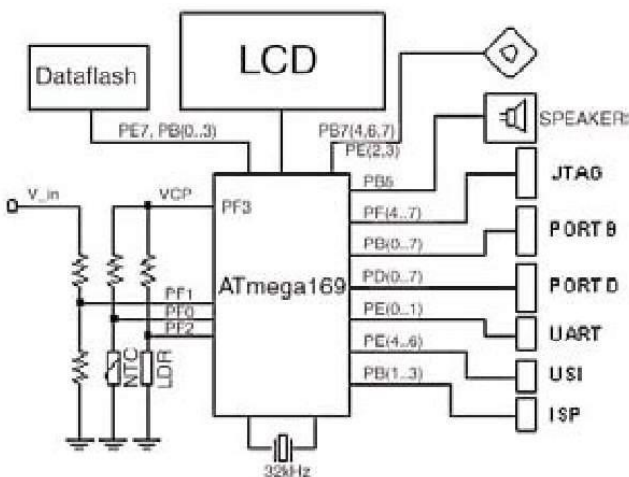
Merenje pulsa je realizovano pomoću infracrvene LED diode i fototranzistora. Princip rada je zasnovan na inženjerskoj da koža reflektuje infracrvenu svetlost. Intenzitet reflektovane infracrvene svetlosti zavisi od količine krvi koja se nalazi u njoj, samim tim od krvnog pritiska i srčanog rada. Prilikom svakog otkucaja srca dolazi do promene intenziteta reflektovane svetlosti.

Intenzitet reflektovane svetlosti se detektuje fototranzistorom vezanim u Darlingtonov par sa NPN tranzistorom (slika 3). Dobijen električni signal se dovodi na ulaz operacionog pojačavača LM258. Kondenzator za spregu ima funkciju filtriranja jednosmerne komponente.



Sl. 3. Električna šema kola za merenje pulsa

Rad srca se može vizuelno pratiti pomoću dve LED diode, koje su vezane za izlaze operacionih pojačavača. Crvena LED dioda je vezana za izlaz prvog stepena i njena svetlost označava sistolni impuls. Zelena dioda je vezana na izlaz drugog operacionog pojačavača i njena svetlost označava diastolni impuls. Izlaz drugog pojačavača je vezan za analogni ulaz AN5 AVR Butterfly modula. Mikrokontroler registruje impulse i meri brzinu otkucaja srca.

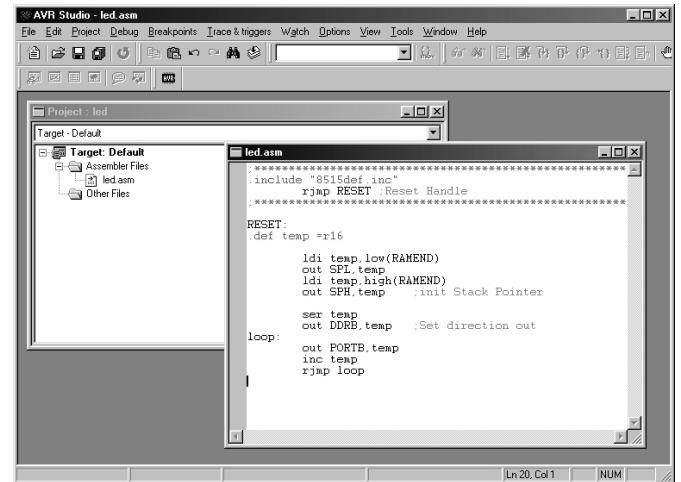


Sl. 4. AVR Butterfly modul

### 4. AKVIZICIJA I OBRADA PODATAKA

Akvizicija podataka se vrši pomoću AVR Butterfly modula. AVR Butterfly je baziran na 8-bitnom low-power

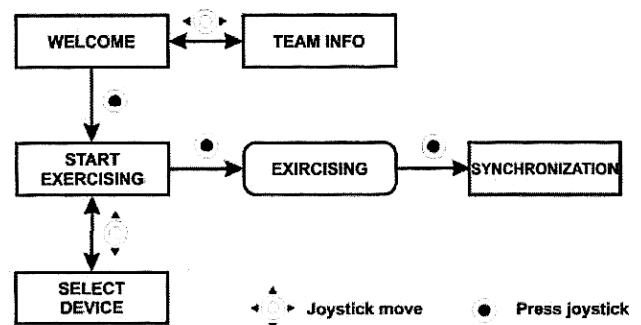
Atmega169 procesoru. Modul ima 100-segmentni LCD displej, 4Mbit flash memorije, 32kHz oscilator za sat realnog vremena, džojstik sa četiri pravaca za manipulaciju ureajem, senzor za svetlost, NTC senzor za temperaturu, zvučnik, RS232 i JTAG interfejs za povezivanje i dva kanala za merenje napona (slika 4).



Sl. 5. AVR Studio razvojno okruženje

Firmver mikrokontrolera je razvijen u AVRStudio razvojnom okruženju, koje omogućava programiranje mikrokontrolera u assembleru ili C programskom jeziku (slika 5). Njegova funkcija je kontrola akvizicije, interakcija sa korisnikom pomoću džojstika i displeja i komunikacija sa PC računom.

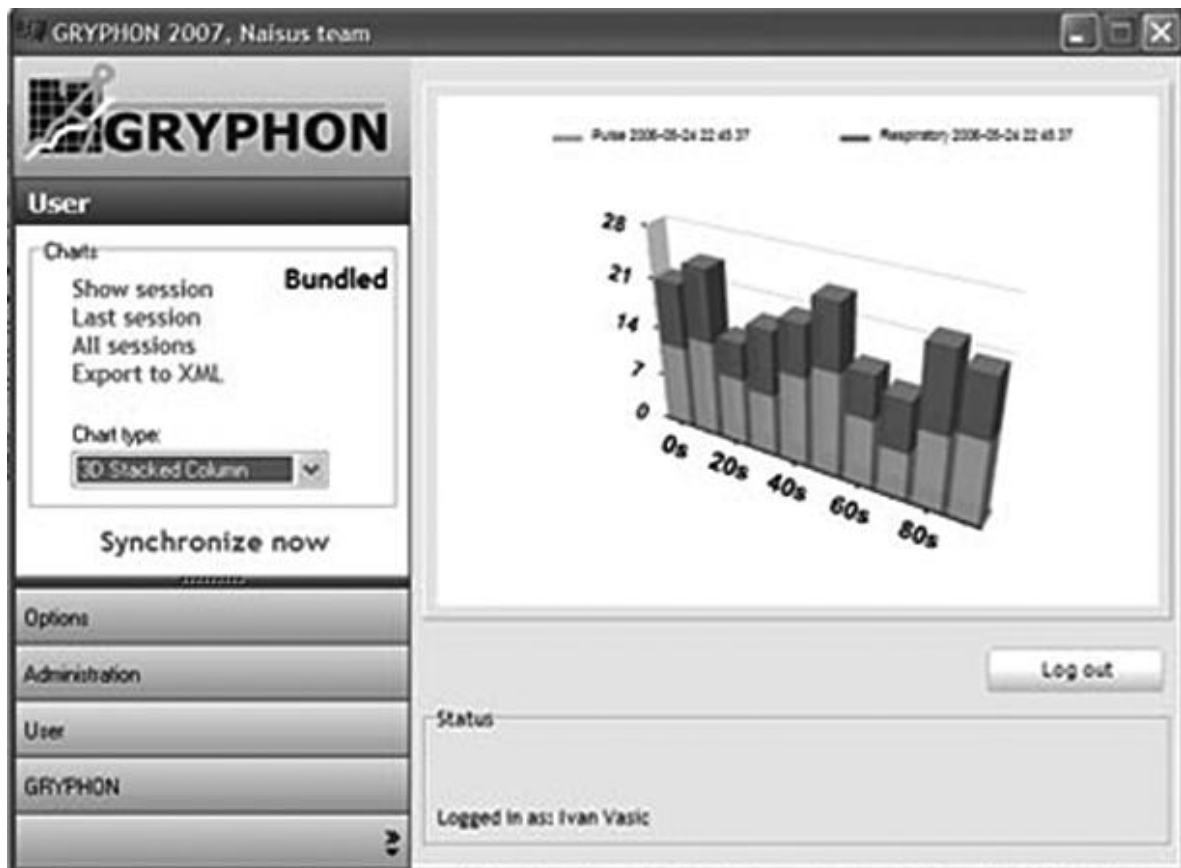
Signali sa senzora se dovode do kanala za merenje napona, gde se registruju kao otkucaji srca i udisaji. Merenja se vrše u intervalima od deset sekundi i vrši se ekstrapolacija vrednosti na jedan minut. Osim ovih parametara, prati se i ambijentalna temperatura pomoću ugrađenog NTC senzora.



Sl. 6. Sistem menija na displeju u ureaja

Portabilni ureaj funkcioniše kao konačni automat. Interakcija sa korisnikom je moguća preko ugrađenog displeja i džojstika, kao i piezo zvučnika preko koga se signaliziraju određena stanja ureaja (slika 6). Najznačajniji su modovi EXERCISING, u kom se vrši akvizicija podataka i mod SYNCHRONIZATION, za sinhronizaciju sa PC računom. Podaci dobijeni u prvom modu se memoriraju u internoj memoriji modula.

AVR Butterfly modul ima ugrađen RS232 interfejs za komunikaciju. Veliki broj savremenih PC računara nema ovaj



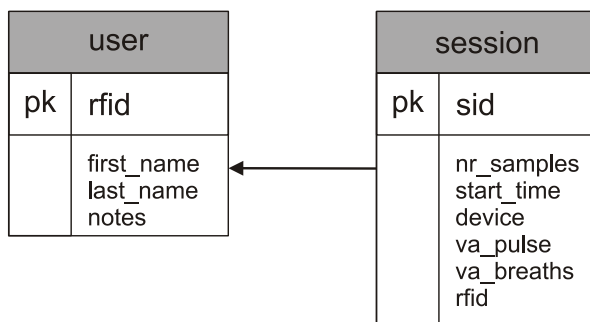
Sl. 7. Softver sistema

interfejs, tako da je u ure aj ugr a eno FT232 integrisano kolo, om ogu ivši jednostavnu USB komunikaciju. USB interfejs ima zna ajne prednosti, kao što je mogu nost bezbednog *hot-plug* povezivanja bez isklju ivanja ure aja i ra unara. Osim USB povezivanja, ure aj se m ože povezati preko bež i nog infracrvenog primopredajnika. Sistem se m ože jednostavno nadograditi i standardnim bež i nim interfejsim a kao što su IrD A ili *Bluetooth*.

## 5. SOFTVER SISTEMA

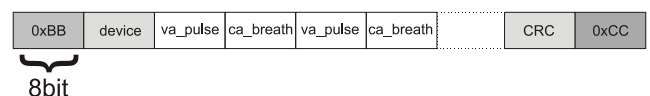
Softverska komponenta sistema je *Microsoft Windows* aplikacija (slika 6) realizovana u *Borland C++ Builder 2006* okruženju, povezana sa SQL bazom podataka. Baza sadži podatke o korisnicima sistema i dobijene vrednosti (slika 8).

Funkcija aplikacije je identifikacija korisnika, preuzim anje podataka sa portabilnog ure aja, sinhronizacija baze podataka i grafi ko prikazivanje podataka.



Sl. 8. Struktura baze podataka

Identifikacija korisnika se vrši na dva na ina: prijav ljuvanjem u aplikaciji pom o u korisni kog im ena i lozinke ili pom o u RFID kartice i ita a povezanog na ra unara na kom e se aplikacija izvršava. Aplikacija ima dva radna režim a: adm inistratorski i korisni ki. Adm inistratorski režim služi za servisiranje baze podataka, dodavanje/brisanje korisnika i ostalih podataka. Korisni ki režim om ogu ava u itavanje podataka sa portabilnog ure aja i njihovo sm eštanje u bazu podataka, kao i pregled prethodnih sesija, odnosno iscrtavanje karak teristi nih grafika.



Sl. 9. Komunikacioni protokol

Komunikacija je realizovana komunikacionim proto ko lom prikazan im na slici 9. Proto ko l je paketni, po inje sa 0xBB bajtom , zatim sledi identifikacija ure aja, vrednosti respiracije i pulsa koje se naizmen i no menjaju, kod za proveru greške (CRC) i završni bajt 0xCC. CRC kod je izra unat na osnovu svih bajtova izuzev prvog i poslednjeg. Sva polja su osm obitna. Komunikacija po inje pokretanjem opcije u aplikaciji, im e se ona postavlja u stanje ekanja i pokretanjem SYNCHRONIZATION moda na portabilnom ure aju. Po obavljenoj kom unikaciji, aplikacija šalje jedan potvrdni bajt oblika 0xDD portabilnom ure aju, im e signalizira uspešan transfer podataka.

```

<chart>
  <chart_type>Bar</chart_type>
  <chart_data>
    <row>
      <null/>
      <string>10sec</string>
      <string>20sec</string>
      <string>30sec</string>
    </row>
    <row>
      <chart_type>Pulse</chart_type>
      <string>10sec</string>
      <string>20sec</string>
      <string>30sec</string>
    </row>
  </chart_data>
</chart>

```

Sl. 10. Podaci u XML formatu

Prezentacija grafičkih podataka u aplikaciji je u XML formatu (slika 10). Aplikacija poseduje sopstveni XML parser. Podaci se mogu eksportovati u ovom formatu, ili prikazati u samoj aplikaciji. Kompleksni trodimenzionalni grafici su realizovani u *Macromedia Flash* tehnologiji, i mogu se koristiti nezavisno od glavne aplikacije, kao \*.svf fajlovi.

## 6. ZAKLJUČAK

Portabilni sistem je realizovan kao projektni zadatak na takmičenju studenata elektronike i elektrotehnike „*Hard & Soft*“ 2006, u Suceavi, Rumunija. Ispunjeni su osnovni ciljevi – realizacija složenog hardversko-sofverskog sistema koji će omogućiti praćenje pulsa i respiracije u realnom vremenu pomoću portabilnog uređaja. Podrazumevana je velika autonomija u radu uređaja, jednostavna komunikacija sa PC-jem, atraktivno grafičko predstavljanje podataka, *multiuser* okruženje, upotreba robustne baze podataka i mogućnost jednostavnog eksportovanja podataka.

Zadatak je zahtevao poznavanje kako principa rada senzora i hardvera, tako i realizaciju složenog softvera. Softver je realizovan na niskom nivou kao firmver mikrokontrolera i na visokom nivou kao PC aplikacija.

## 7. LITERATURA

- [1] AVR Butterfly Quick Start User Guide, <http://www.atmel.com>
- [2] AVR Studio User Guide, <http://www.atmel.com>
- [3] HBM Strain Gauge sensors, <http://www.hbm.com>
- [4] FT232 USB Interface Datasheet, [www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Strain\\_gauge](http://en.wikipedia.org/wiki/Strain_gauge)
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Wheatstone\\_bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Wheatstone_bridge)
- [7] SVF/XML Charts, [http://www.maani.us/xml\\_charts/index.php](http://www.maani.us/xml_charts/index.php)

**Abstract** – Portable system for heartbeat and respiration measurement consists of hardware and software part. Hardware component is based on AVR *Butterfly* module, and software component is Microsoft Windows application. Basic demands in system implementation are small dimensions, portability, possibility for connection with PC and significant work autonomy.

System described below is implemented by student team of Faculty of Electronic Engineering Nis, as a project task in “*Hard & Soft 2006*” contest in *Suceava, Rumunija*.

## PORTABLE SYSTEM FOR HEARTBEAT AND RESPIRATION MEASUREMENT

Vladimir Balovi, Stevan Marinkovi, Dušan Stojkovi, Ivan Vasi, Marko Dimitrijevi