

# MIKROKONTROLERSKI SISTEM ZA REGULACIJU TEMPERATURE SA GSM PODRŠKOM

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

**Sadržaj** – GSM mreža se danas masovno koristi kao najbolje sredstvo za upravljanje i komunikaciju sa udaljenim sistemima. Jedna realizacija ovog koncepta u vidu sistema za regulaciju temperature vode kontrolisanog SMS porukama je predstavljena u ovom radu.

Sistem je realizovao tim studenata Elektronskog fakulteta u nišu kao projektni zadatak na takmičenju studenata elektronike i elektrotehnike „Hard & Soft“ 2006, Banja Luka.

## 1. UVOD

Celularne telefonske mreže su postigle veliku popularnost u poslednjoj deceniji dvadesetog veka. Svaki celularni telefon predstavlja Hayes kompatibilni modem, sa standardnim skupom AT komandi, a GSM (*Groupe Spéciale Mobile*) mreže prve generacije su podržavale prenos podataka na malim brzinama, do 9600bps. Osim klasične govorne komunikacije, naročito korišćen način komunikacije preko digitalne GSM mreže je servis kratkih poruka – *Short Message Services* (SMS).

Nove generacije GSM mreža su omogućile veće brzine prenosa, a proizvođači industrijskih elektronskih sistema su ponudili namenske GSM modeme isključivo za prenos digitalnih podataka, kako putem serijske komunikacije, putem TCP/IP modela komunikacije (GPRS, EDGE, HSPDA) tako i preko pomenutog SMS servisa, za kraće upravljačke komande i manje količine podataka.

Komunikacija SMS porukama je najjednostavniji vid komunikacije, koji ne zahteva poseban vid protokola. Postoje dva formata komunikacije SMS porukama. Prvi za prenos podataka koristi tekst (*Text mode*), podrazumeva tekstualni način prezentacije podataka i predstavlja dominantni način komunikacije. Tekstualni format je pogodan za slanje tekstualnih upravljačkih naredbi određenom uređaju, kao i za dobijanje odgovarajućih odgovora – statusa. Druga pogodnost je činjenica da je za komunikaciju sa određenim uređajem dovoljan mobilni aparat sa mogućnošću slanja SMS poruka.

Drugi format slanja je PDU (*Protocol Description Unit*). Ovaj format poruka se koristi za prenos manje količine podataka kao što su manje sličice za mobilne telefone, trepući tekst i slično. Ovakav format je bolji za prenos podataka od običnog tekst formata, jer može biti primenjen binarni format za slanje podataka. Nedostatak ovog formata je činjenica da slanje i primanje poruka koje nisu tekstualne nije moguće obaviti standardnim mobilnim telefonima.

Nedostatak komunikacije SMS porukama je nefleksibilnost pri prenosu veće količine podataka. Naime, maksimalna dužina jedne SMS poruke je 160 karaktera, pa je za svaki prenos podataka većeg obima ovaj vid komunikacije previše spor i skup.

Drugi način komunikacije je direktno povezivanje dva GSM uređaja. Prvi ATD komandom poziva telefonski broj drugog. Drugi ATA komandom uspostavlja vezu, i na dalje se komunikacija između ova dva uređaja svodi na prostu serijsku komunikaciju. Protokol za komunikaciju može biti proizvoljan, u zavisnosti od konkretne aplikacije. Prednost ove vrste komunikacije su mogućnosti velike brzine prenosa i prenosa velike količine podataka. Nedostatak je potreba za GSM modemima kod udaljenih uređaja i svakog od operatera, kao i poseban softver za dekodiranje podataka dobijenih od uređaja.

Još jedan način komunikacije je putem GPRS/EDGE servisa. Uređaj mora da ima ugrađen TCP/IP *stack*. Prednost ovog metoda je ta što operater može sa bilo kog mesta, putem interneta pristupiti uređaju. Nedostatak je složeniji softver u uređaju, zato što mora omogućiti prenos podataka internet protokolom.



Sl. 1. Modem SIEMENS ES75

U ovom radu će biti opisana realizacija mikrokontrolerskog upravljačkog sistema za regulaciju temperature tečnosti, kontrolisan preko GSM mreže putem SMS servisa.

Realizovani mikrokontrolerski upravljački sistem ima mogućnosti prijema i analize upravljačke SMS poruke, upravljanja grejačem, alarmiranja i izveštavanja udaljenog terminala SMS porukom. Sistem je baziran na mikrokontroleru PIC16F877. GSM podrška bazirana je na Siemens ES75 modemu (slika 1.) [1].

Sistem ima ugrađen LCD (*Liquid Crystal Display*) formata 2x16 karaktera za prikazivanje odgovarajućeg stanja sistema, odnosno režima rada. Napajanje električnog grejača je iz električne mreže, a uključivanje grejača vrši se releom koga kontroliše mikrokontroler. Za merenje temperature u kotlu koristi se PTC senzor temperature.

Sistem prima SMS poruku kojom se zadaje temperatura vode u kotlu. Na LCD displeju se prikazuje broj mobilnog uređaja sa kojeg je stigla komanda i zahtevana temperatura. Sistem obaveštava o trenutnoj temperaturi i stanju grejača

(uključen ili isključen). Sistem zagreva vodu, meri temperaturu i na kraju šalje poruku o dostignutoj temperaturi u trenutku isključenja grejača udaljenom GSM terminalu. Održava se temperatura koja je zadata u granicama od 40°C do 80°C sa tačnošću od  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Postoji mogućnost prikazivanja i sinhronizovanja sistemskog vremena sa udaljenog terminala. Prati se vreme rada grejača u toku dana koje može da se očita SMS komandom. Ugrađena je i *fail-safe* opcija koja u slučaju nepravilnog funkcionisanja sistema isključuje grejač ukoliko se dostigne kritična temperatura vode u kotlu.

U svakom trenutku se može odgovarajućom komandom zatražiti trenutna temperatura i status grejača.

Udaljeni terminal predstavlja celularni telefon ili personalni računar sa razvijenim softverom koji vrši monitoring i upravljanje sistemom. Razvijena je i *Java* aplikacija za celularne telefone novije generacije koja olakšava manipulaciju.

## 2. UPRAVLJAČKI SISTEM SA GSM MODEMOM

Upravljački sistem je baziran na *Microchip* PIC16F877 mikrokontroleru RISC arhitekture sa internom EPROM programskom memorijom i ugrađenim serijskim *boot loader*-om [2]. Mikrokontroler ima 8 A/D ulaza koji se mogu iskoristiti za merenje napona, odnosno analognih veličina koje se mogu pretvoriti u napon. Na raspolaganju su i tri digitalna porta opšte namene.

U realizovanom sistemu koriste se jedan analogni ulaz AN0 za merenje temperature preko PTC otpornika, port RB za slanje podataka na LCD, pin RD0 za uključivanje i isključivanje relea; pinovi RD5, RD6 i RD7 za kontrolu displeja i pinovi RX i TX za asinhronu serijsku komunikaciju sa modemom. Mikrokontroler radi na frekvenciji 4MHz.

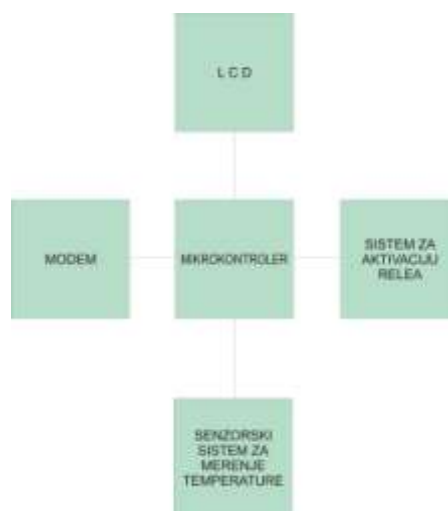
Na analogni ulaz je doveden napon sa kola za pretvaranje temperature u napon. A/D konvertor mikrokontrolera vrši *sample and hold* signala i vrši usrednjavanje na svake četiri vrednosti u cilju veće tačnosti merenja. Port RB je vezan za linije podataka LCD displeja i služi za ispisivanje sadržaja na displeju. Pin MCLR je vezan preko *pull-up* otpornika 220k $\Omega$  na napon napajanja. Tasterom se dovodi na potencijal mase, što vrši resetovanje kontrolera.

Pinovi za serijsku komunikaciju RX i TX su povezani sa MAX232 integrisanim kolom. Asinhrona serijska komunikacija je realizovana na brzini 9600bps, koja je procenjena kao najoptimalnija brzina koja omogućuje relativno brz protok podataka, a ujedno kontroleru daje dovoljno vremena da između dve reči izvrši optimalan broj instrukcija. Komunikacija sa modemom je realizovana isključivo preko funkcija sa *time-out*-om koje u slučaju prekoračenja vremena za odgovor raskida konekciju i time izbegavaju beskonačno čekanje. Ovo omogućuje *hot-swap* priključivanje i isključivanje modema, dok je sistem u funkciji, bez njegovog isključenja.

Modem je odvojeni deo hardvera sistema sa posebnim napajanjem i omnidirekcionom antenom koja je povezana preko koaksijalnog kabla.

Mikrokontroler inicijalizuje modem komandom ATE0+CMGF=1 koja isključuje nepotrebni eho i setuje format SMS poruka na tekstualni. Naredna komanda je AT+CPMS="ME" kojom se za memorisanje SMS poruka setuje memorijski prostor modema, a ne SIM kartice. Čitanje

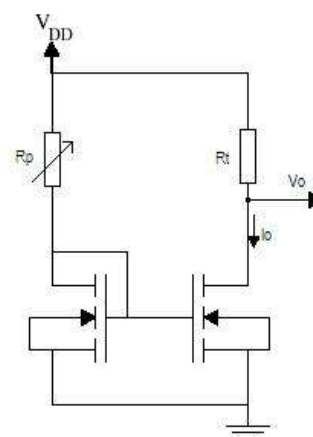
poruke se obavlja komandom AT+CMGR, dok se brisanje vrši komandom AT+CMGD, a slanje komandom AT+CMGS.



Sl. 2. Blok šema sistema

## 3. MERENJE I KONTROLA TEMPERATURE

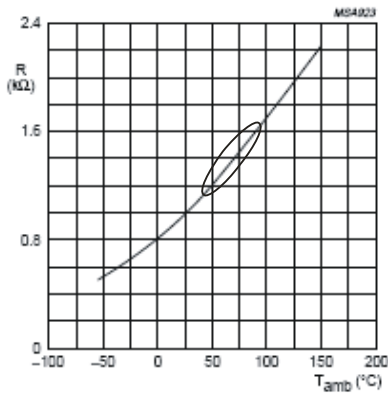
Za merenje temperature je upotrebljen PTC otpornik KTY81-120 [3] ( $R_t$ , slika 3.) koji se nalazi vezan u kolu drejna NMOS tranzistora 2N7000 koji je vezan u strujnom ogledalu i služi kao izvor konstantne struje.



Sl. 3. Električna šema senzora

Na slici 4. Je prikazana promena otpornost PTC otpornika. Strujno ogledalo obezbeđuje konstantnu struju  $I_0$  kroz otpornik  $R_t$ , pa se promena otpornosti detektuje kao promena napona  $V_0$ . Potencijometar  $R_p$  se podesi tako da struja  $I_0$  bude 1mA. Karakteristika senzora je tada linearna u zadatom opsegu temperatura (slika 4., zaokruženo), pa napon linearno opada sa porastom temperature.

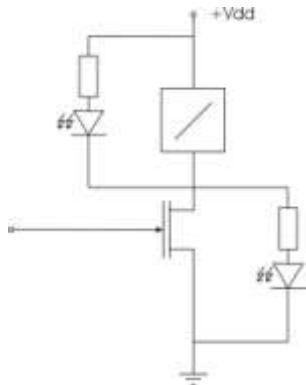
Za pobudu relea koji uključuje grejač upotrebljen je n-kanalni MOS tranzistor snage IRF630 koji u kolu drejna ima kalem relea (slika 5). Gejt tranzistora se pobuđuje direktno mikrokontrolerom. Isti tranzistor iskorišćen je i za indicaciju stanja grejača pomoću dioda.



$I_{bias} = 1 \text{ mA}$

Sl. 4.  $R=f(T)$  karakteristika PTC otpornika KTY81-120

Kalem relea je predviđen za napon 12V, prekidni napon je 250V, maksimalna struja je ograničena na 10A, pa je pogodan i za veće potrošače. Ovakvim povezivanjem je upravljačka logika galvanski odvojena od mrežnog napona.



Sl. 5. Električna šema kola za uključivanje grejača

#### 4. SOFTVER MIKROKONTROLERA – LOW LEVEL SOFTWARE

Softver za mikrokontroler je u razvijen u programskom paketu MPLAB IDE v7.31 korišćenjem C kompajlera.

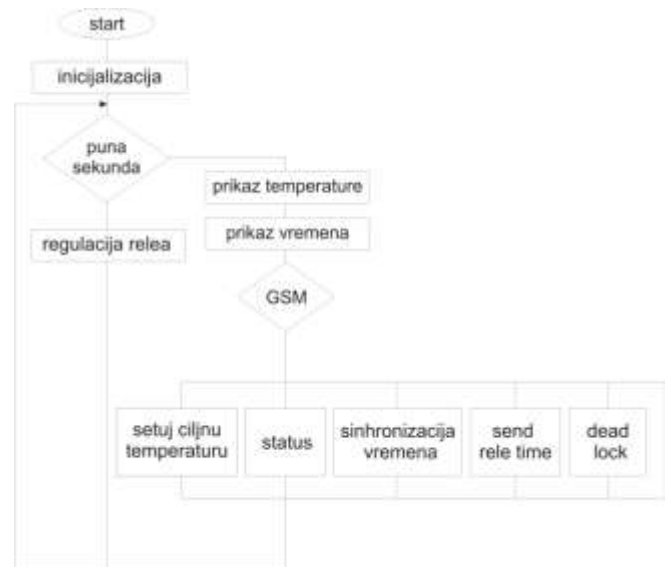
Program iz stanja reseta, posle inicijalizacije ulazi u glavnu petlju (slika 6). U njoj se čeka indikacija da li je prošla sekunda, nakon čega se izvršavaju procesi koji su zadati u to vreme. Zatim se vrši regulacija (uključivanje ili isključivanje grejača) u zavisnosti od poslednje izmerene temperature i trenutnog stanja grejača.

Indikacija, da li je sekunda prošla se dobija iz interapta. Glavna petlja se grana na promenu karaktera za vreme na displeju i ispituje da li je stigla nova poruka (AT+CMGR=1). Ukoliko je odgovor negativan, program se vraća u glavnu petlju. Ukoliko je stigla nova poruka, program čita poruku, izvlači iz nje potrebne informacije, menja globalne parametre (željenu temperaturu, trenutno vreme), briše tu poruku (AT+CMGD=1) i ukoliko je potrebno, šalje SMS izveštaj.

Interapt rutina (slika 7), koja se javlja na svakih 50ms dekrementuje brojač, koji se kada dođe do nule resetuje (vraća na 20), a ujedno setuje flag koji pokazuje programu da je prošla sekunda. Nakon toga uveća trenutno vreme sata, a zatim, u zavisnosti od potrebe, ukoliko je temperatura veća

od 90°C isključuje rele. Ovo je jedna vrsta *fail-safe* funkcije, koja, ukoliko se desio problem sa uključenim grejačem, ne dozvoljava dalje zagrevanje i moguće uništenje.

Komunikacija sa modemom je realizovana funkcijama sa *time-out*-om. Kontroler čeka određeno vreme odgovor na zadatu komandu, a ako ga ne dobije, postavlja status kao da nema novih poruka. Ovim je izbegnuto beskonačno čekanje modema da odgovori, a takođe je moguća i promena modema u toku rada sistema.



Sl 6. Uprošćeni algoritam glavne petlje



Sl 7. Uprošćeni algoritam interrupt rutine

Sistem je osmišljen kao *real-time* sistem, koji u unapred zadatom vremenu, daje odgovor i podešava stanje sistema, bez obzira na trenutno stanje. Regulacija temperature je nezavisna od SMS komandi, pa je moguće da se dobije trenutni status, da se setuje vreme, da se dobije vreme rada relea, ili da se zada nova temperatura, i sve to dok sistem reguliše temperaturu. Primenom vremenskog interapta je postignuta jedna vrsta *time-sharing* sistema, koji prividno paralelno čita trenutnu temperaturu, reguliše uključivanje i isključivanje grejača, izvršava pristigle SMS komande i šalje

odgovore na brojeve pošiljaoca, reguliše sat realnog vremena i vrši osvežavanje informacija na displeju.

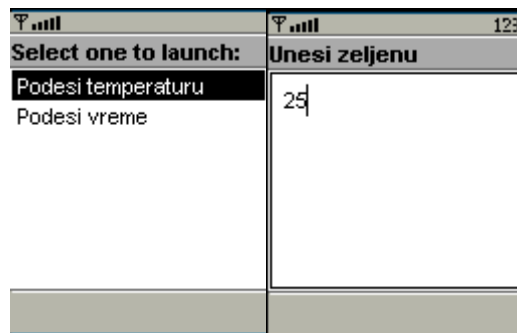
Postoje dve vrste komandi. Jedne su korisničke (za zadanje željene temperature, podešavanje vremena). Druge su systemske (slanje trenutne temperature i slanje vremena rada grejača). Ove komande terminal može uzastopno da šalje kako bi određeni softver zadužen za obradu pristiglih podataka iscrtavao grafike temperature u funkciji vremena. Vreme rada grejača se može iskoristiti kako bi se izračunala utrošena snaga u poslednja 24 časa funkcionisanja uređaja.

## 5. SOFTVER ZA CELULARNI TELEFON – HIGH LEVEL SOFTWARE

Za olakšan rad udaljenog operatera, projektovan je korisnički softver za celularni telefon. Softver predstavlja jedna Java aplikacija koja se može startovati na svim novijim telefonima. Ona korisniku nudi dve opcije. Prva je mogućnost podešavanja željene temperature rada kontrolera kroz prost sistem menija, a druga je mogućnost slanje komande za sinhronizaciju udaljenog kontrolera. Ovo korisniku znatno olakšava upravljanje, jer on ne mora pamtit sintaksu SMS poruka koje treba da šalje, čime ceo proces upravljanja čini efikasnijim.

```
String address = destinationAddress + ":" +
smsPort;
MessageConnection smsconn = null;
try {
    smsconn =
(MessageConnection)Connector.open(address);
    TextMessage txtmessage =
(TextMessage) smsconn.newMessage(MessageConnect
ion.TEXT_MESSAGE);
    txtmessage.setAddress(address);
    txtmessage.setPayloadText(message);
    smsconn.send(txtmessage);
}
catch (Throwable t) {
    System.out.println("Send caught: ");
    t.printStackTrace();
}
if (smsconn != null) {
    try {
        smsconn.close();
    }
    catch (IOException ioe) {
        System.out.println("Zatvorena konekcija: ");
        ioe.printStackTrace();
    }
}
```

Sl 8. Deo koda koji služi za slanje SMS poruka



Sl 9. Izgled aplikacije

Korisnička aplikacija je programirana u Java J2ME, posebnoj redukovanoj ediciji ovog jezika za potrebe mobilnih uređaja. Aplikacija je kompatibilna MIDP 2.0 specifikaciji i koristi WMA2.0 programski aplikacioni interfejs koji je namenjen sa slanje i prijem poruka (kako tekstualnih, tako i MMS i CBS poruka). Za razvoj aplikacije je korišćeno razvojno okruženje Eclipse i Java J2MEE Wireless Toolkit [4, 5, 6].

## 6. ZAKLJUČAK

Opisani koncept mikrokontrolerskog upravljačkog sistema se može primeniti pri realizaciji velikog broja različitih aplikacija za kontrolu i upravljanje u sredinama pokrivenim GSM mrežom. Opisani sistem ne zahteva prenos velike količine podataka, te je komunikacija putem SMS servisa dovoljna. U slučaju aplikacija koje zahtevaju prenos većih količina podataka i brzine prenosa, pogodno je koristiti GPRS/EDGE/HSDPA servise i standardni TCP/IP model komunikacije.

## 7. LITERATURA

- [1] Siemens GMBH, <http://www.siemens.de>
- [2] PIC 16F87X Data Sheet, Microchip Technology Inc. 2001.
- [3] KTY81-1 Series Product Specification, Philips Semiconductors
- [4] Java Micro Edition homepage, <http://java.sun.com/javame>
- [5] Eclipse home page, <http://www.eclipse.org/>
- [6] Java J2MEE Wireless Toolkit home page <http://java.sun.com/products/sjwtoolkit/>

**Abstract** – GSM network is one of the most utilized resources for the remote system control and communication. SMS controlled system for water temperature regulation, one example of this concept, is presented in this paper.

The system described is implemented by student team of Faculty of Electronic Engineering Nis, as a project task in "Hard & Soft 2006" contest in Banja Luka.

## MICROCONTROLLER SYSTEM FOR TEMPERATURE REGULATION WITH GSM SUPPORT

Stevan Marinković, Vladimir Balović, Dušan Stojković, Ivan Vasić, Marko Dimitrijević