

Merenje temperature i kontrola osvetljenja udaljenog objekta

Branislav Batinić, Vladimir Rajs, Nenad Petrović, Vladimir Milosavljević, Živorad Mihajlović, Nikola Laković,
Miloš Živanov

Departman za Elektroniku, Energetiku i Telekomunikacije
Fakultet Tehničkih Nauka
Novi Sad, Srbija

batinicbb@yahoo.com, rajs.vladimir@gmail.com, npsmajli@gmail.com, schutki@gmail.com, zivorad@uns.ac.rs,
lakovicn@gmail.com zivanov@uns.ac.rs

Sadržaj— U ovom radu je predstavljen uređaj za merenje temperature i kontrolu osvetljenja, kojim se upravlja sa udaljene tačke putem GPRS konekcije. Kao senzor temperature iskorišćen je digitalni DS18B20 senzor, dok je za senzor osvetljenosti upotrebljen fotootpornik VT935G. Nadoknađivanje dnevnog osvetljenja objekta vrši se veštačkim osvetljenjem koje predstavlja traka sa belim LE diodama. Uređajem upravlja mikrokontroler Atmega16, a GPRS konekciju omogućuje TELIT GL865-QUAD modem.

Ključne reči: Merenje temperature, nivo osvetljenja, daljinsko upravljanje, GPRS.

I. UVOD

Temperatura predstavlja bitan parametar u raznim granama tehnike. Postoje razne metode za merenje temperature, u zavisnosti od klase tačnosti, potrebne rezolucije merenja i složenosti mernog sistema. Senzori temperature se grubo mogu podeliti na kontaktne i beskontaktne. Kontaktne senzori su u dodiru s medijumom na kome se meri temperatura, za razliku od beskontaktnih senzora koji temperaturu mere na principu energije zračenja zagrejanog tela. Neke od metoda kontaktnih merenja su: merenje bimetalnim termometrima, merenje upotrebom termometara sa širenjem gasova i tečnosti, merenje pomoću otpornih termometara, merenje kompenzacionom metodom, savremeno merenje bazirano na poluprovodničkim senzorima sa integrisanim elektronskim kolima - analognim i digitalnim senzorima [1]. Ovakvo merenje (digitalnim ili analognim senzorima) zahteva dalju obradu izmerenih podataka na mikrokontroleru. Beskontaktna merenja obuhvataju merenje infracrvenim termometrima (za manje temperature) i pirometrima (za veće temperature) [1]. Ovakvi senzori su bazirani na merenju intenziteta zračenja ili njegove spektralne karakteristike, na osnovu kojih se određuje temperatura tela koje zrači.

Merenje bazirano na poluprovodničkim senzorima je posebno interesantno zbog malih dimenzija, lake ugradnje i održavanja, niske cene, mogućnosti integracije sa drugim poluprovodničkim komponentama, pa je u ovom uređaju upravo ovakvim senzorima data prednost u odnosu na gore pomenute tradicionalne metode.

LM35 senzor [2] je analogni precizni temperaturni senzor sa integrisanim kolom, gde je izlazni napon linearno proporcionalan promeni temperature. Stoga LM35 ima prednost nad linearnim temperaturnim senzorima kalibrisanim u °K, jer korisnik ne mora da vrši konverziju kako bi dobio vrednost u °C. Takođe, senzor ne zahteva eksternu kalibraciju ili podešavanja da bi imao tipičnu preciznost od $\pm\frac{1}{4}$ °C na sobnoj temperaturi i $\pm\frac{1}{4}$ °C na celom mernom opsegu od -55 °C do +150 °C, za koji proizvođač garantuje. Kako LM35 ima potrošnju samo 60 μ A, njegovo samozagrevanje je veoma malo i iznosi 0.1 °C u vazdušnoj okolini.

DS18B20 senzor [3] je digitalni temperaturni senzor koji omogućava merenja temperature izražene direktno u °C. Ovaj senzor komunicira sa mikrokontrolerom preko jednožične sabirnice koja po definiciji zahteva samo jednu liniju za prenos podatak pri komunikaciji sa centralnim mikroprocesorom. Radni temperaturni opseg senzora iznosi od -55 °C do +125 °C i preciznost od 0.5 °C u opsegu od -10 °C do +85 °C. Dodatno, DS18B20 se može napajati direktno sa linije za prenos podataka ("parazitno napajanje"), eliminišući potrebu za eksternim napajanjem. Bitna karakteristika ovog senzora je ta, što svaki DS18B20 ima jedinstveni 64-bitni serijski kod, a to omogućava da više DS18B20 senzora rade na istoj, jednožičnoj sabirnici. Stoga je jednostavnije koristiti jedan mikrokontroler za očitavanje sa više senzora raspoređenih u velikoj oblasti. Upravo ova ušteda je prednost u odnosu na prethodno opisani analogni senzor LM35. Takođe, ovaj senzor ima i bolju (podesivu) rezoluciju, 9-12-bitnu, zavisno od potreba merenja. Maksimalno vreme trajanja konverzije temperature u 12-bitnu digitalnu reč (koja se šalje na mikrokontroler), a koje garantuje proizvođač iznosi 750 ms. Za merenje temperature u ovom radu, korišćen je ovaj digitalni senzor, koji je povezan sa mikrokontrolerom radi obrade podatka sa senzora, skladištenja u memoriju i prikaza podataka na displeju. Još jedna prednost digitalnog senzora u odnosu na analogni se ogleda u tome što digitalni senzor ne unosi greške u slučaju kada je on udaljen od samog uređaja.

Merenje nivoa osvetljenosti se izvodi senzorima kao što su fototranzistori, fotodiode i fotootpornici [4]. Fototranzistori su relativno brzi, i imaju visoku osjetljivost. Pod brzinom se podrazumeva odziv fotočelije na promenu od potpune

osvetljenosti do potpuog mraka. Fotodiode su čak brže od fototranzistora, a kao izuzetno brze se izdvajaju PIN fotodiode sa ugrađenim besprimenim slojem između p i n sloja. Za razliku od fototranzistora, osetljivost fotodiode je lošija. Fotootpornici su, po pitanju brzine rada, sporiji i od fotodiode i od fototranzistora, ali po pitanju osetljivosti u prednosti su nad fotodiodom, iako imaju lošiju osetljivost od fototranzistora. Međutim, fotootpornici su jeftiniji, imaju veliku promenu otpornosti na karakteristici, pa za očitavanje ne zahtevaju dodatno pojačanje signala, a samo očitavanje je jednostavno. Mana im je, pored brzine i temperaturna osetljivost. Kako u ovom uređaju nije bitna velika brzina reagovanja jer se ne očekuje nagla promena osvetljenosti (čak je poželjno da bude sporiji i sa aspekta eliminacije "lažnog" reagovanja), za prikupljanje podataka o intenzitetu svetlosti je upotrebljen fotootpornik. Tipične brzine fotootpornika su reda 5-100 ms.

Pošto je cilj da se merenja odvijaju na udaljenom objektu, u sistem je implementiran GPRS modem [5] koji omogućava slanje očitanih podataka na server.

Treba napomenuti da je ovaj uređaj realizovan kao prototip, a ispitivan je u laboratorijskim uslovima. Jedna od primena bi mogla biti u plastenicima za udaljeno praćenje parametra temperature i osvetljenja. U ovakvim primenama ima dosta složenijih uređaja koji pored ovih osnovnih parametara koriste senzore za merenje koncentracije CO₂, vlažnosti vazduha, pravca i brzine vetra, pa čak i prisustva padavina. Pored navedenih senzora, napredniji sistemi mogu da sadrže i aktuatore kao što je sistem za navodnjavanje. Ovakvi sistemi su prilično skupi, kako za ugradnju, tako i za održavanje. Prednost realizovanog uređaja u odnosu na neke postojeće sisteme mogla bi se ogledati u daljinskoj kontroli.

II. MERENJE NIVOA OSVETLJENOSTI FOTOOTPORNIKOM

U ovom uređaju za merenje nivoa osvetljenosti korišćen je fotootpornik VT935G [7]. Kako bismo ispitali promenu otpornosti fotootpornika u zavisnosti od osvetljenosti, povežemo električno kolo kao na Sl. 1. Jedan kraj fotootpornika je povezan na izvor 5 V, a drugi kraj na analogni ulazni pin mikrokontrolera. Između tačke A i mase povezan je pull-down otpornik vrednosti 10 kΩ, čime je formiran naponski razdelnik. Kako el. otpornost fotootpornika opada sa porastom intenziteta svetlosti, mereni napon na pinu mikrokontrolera raste. Izraz (1) prikazuje zavisnost nagiba krive između otpornosti korišćenog senzora i intenziteta svetlosti:

$$k = \frac{\log \frac{R_a}{R_b}}{\log \frac{E_b}{E_a}} = \frac{\log R_a - \log R_b}{\log E_b - \log E_a} \quad (1)$$

Nagib k za odabrani senzor prema podacima proizvođača iznosi 0.9. Takođe, imamo poznatu vrednost otpornosti u tački R_A , koja iznosi 18.5 kΩ, pri intenzitetu svetlosti E_A od 10 lx (zadaje proizvođač). Kada je otpornost R_B izmerena, možemo da izračunamo intenzitet svetlosti koja pada na senzor, što govori izraz (2)

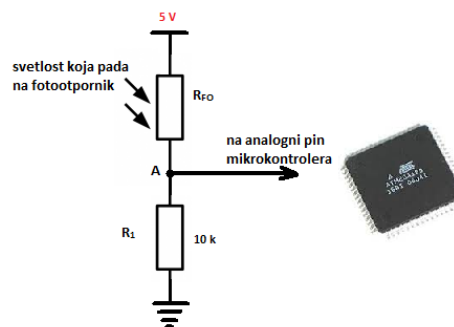
$$\log(E_B) = \log(R_A/R_B) / k + \log(E_A) \quad (2)$$

odakle dalje sledi:

$$E_B = 10^{\log(R_A/R_B) / k + \log(E_A)} \quad (3)$$

Izraz (3) predstavlja formulu za izračunavanje intenziteta svetlosti pošto su R_A i E_A unapred poznati.

Pošto otpornost nije moguće direktno meriti mikrokontrolerom, potrebno je najpre izračunati napon u tački A naponskog razdelnika (Sl. 1), pri čemu se moraju uzeti u obzir i referentni napon AD konvertora mikrokontrolera (napon izvora, 5 V), kao i bitnost AD konverzije (korišćen je 10-bitni konvertor, pa ADC u izrazu (4) deli vrednost 1024).



Slika 1

$$U_A = U_{REF} \cdot \left(\frac{ADC}{1024} \right) \quad (4)$$

Pošto sada znamo napon u tački A, iz izraza za naponski razdelnik možemo odrediti otpornost fotootpornika:

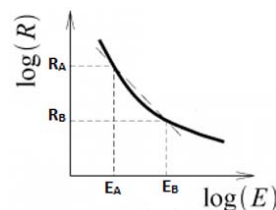
$$R_{FO} = \frac{R_1 \cdot U_{izvora}}{U_A} - R_1 \quad (5)$$

Kada je otpornost poznata, uvrštavanjem $R_{FO}=R_B$ u izraz (3), dobijamo vrednost nivoa osvetljenosti izraženu u lx.

Sređivanjem izraza (3), za konkretnu primenu u ovom uređaju uzimajući vrednosti $R_A=18.5$ kΩ, $E_A=10$ lx, dolazimo do izraza (6):

$$E = 255.84 \cdot R_{FO}^{-\frac{10}{9}} \quad (6)$$

Pomoću izraza (6) mikrokontroler izračunava vrednost koja



Slika 2

se uzima kao koristan signal dobijen sa senzora osvetljenosti tj. fotootpornika.

III. BLOK ŠEMA I ALGORITAM RADA UREĐAJA

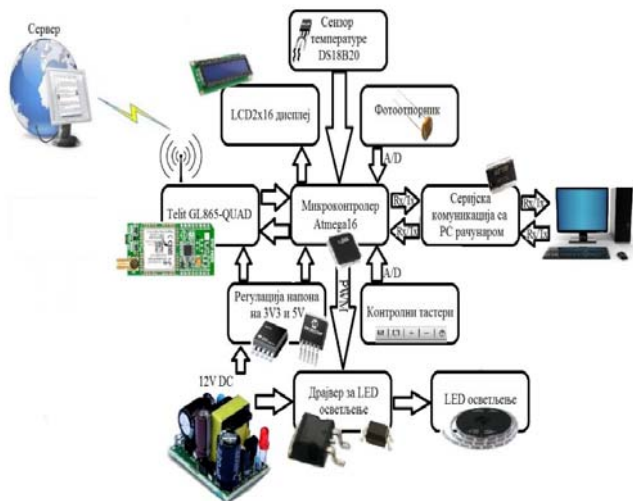
U ovom uređaju celokupnu kontrolu senzora, prikupljanje i slanje podataka na server, kao i logiku upravljanja rasvetom i aktiviranje alarma vrši sistem zasnovan na mikrokontroleru Atmega16 [6] i GPRS/GSM modemu Telit GL865-QUAD [8].

Mikrokontroler Atmega16 ima osmorbitnu harvard arhitekturu. Radni napon je 5 V, a kontroler poseduje RAM memoriju veličine 1 kB, i EEPROM memoriju veličine 512 B. Telit GL865-QUAD je modem namenjen za korišćenje u bežičnim industrijskim aplikacijama za praćenje stanja senzora i kontrolu sistema. Malih je dimenzija i lak je za integraciju. Kvalitetnog je i robustnog dizajna, širokog opsega radne temperature. Radni napon modema je 3.22 V do 5 V. Potrošnja struje u isključenom modu je približno 5 μ A, a u aktivnom modu pri prenosu GPRS podataka do 360 mA. Radni opseg temperatura kreće se od -40 $^{\circ}$ C do +85 $^{\circ}$ C što važi i za temperaturu skladištenja.

Kao veštačko osvetljenje koje nadoknađuje odsustvo dnevne svetlosti upotrebljena je traka sa belim LE diodama. Kompletna blok šema uređaja data je na Sl. 3.

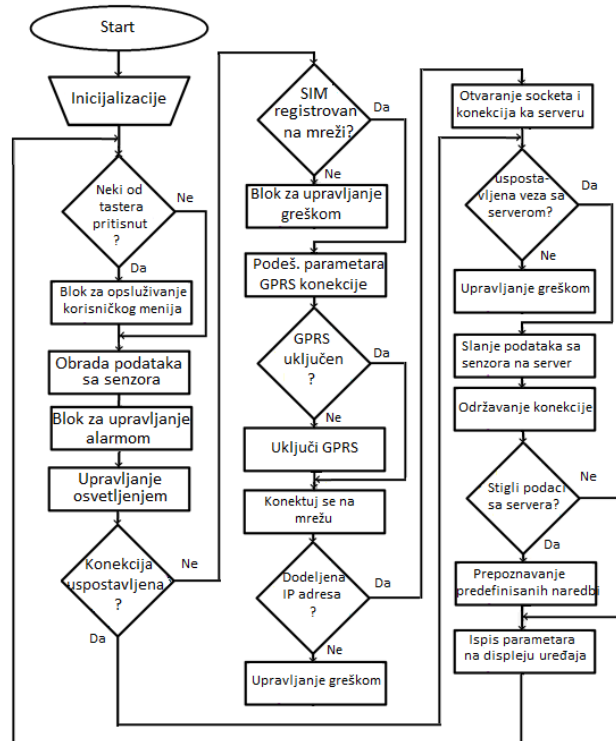
Napajanje mikrokontrolera, modema i senzora obezbeđuje prekidačko step-down napajanje (buck convertor). Upravljanje intezitetom svetla LED trake vrši se pomoću PWM signala koji zadaje mikrokontroler u zavisnosti od iščitavanja senzora osvetljenosti, ali radi postizanja većih struja za napajanje rasvete koristimo mosfet kao prekidač. Za zaštitu mikrokontrolera od kvarova u rasveti, a ujedno i zbog promene nivoa napona za upravljanje mosfetom koristišćen je optokapler.

Uređaj poseduje i modul sa LCD displejom i korisničkim tasterima, pomoću kojih korisnik u određenom modu rada može očitati podatke sa senzora ili zadavati parametre uređaju.



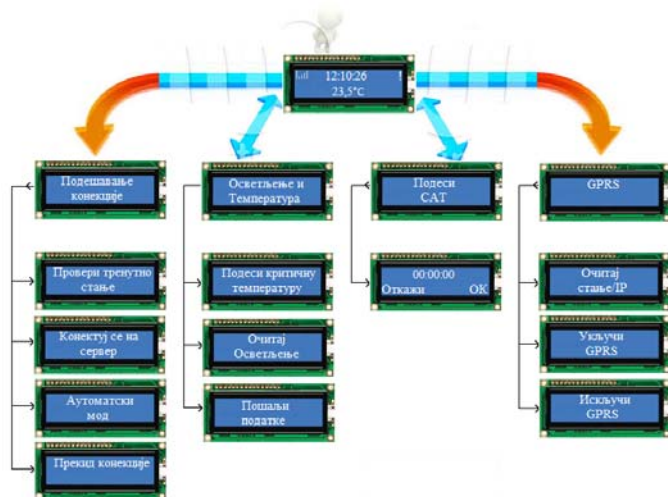
Slika 1 Blok šema uređaja

Sledi kratak opis algoritma rada uređaja koji je prikazan na Sl. 4. Prilikom uključivanja uređaja izvrše se sve potrebne inicijalizacije, a zatim se proverava da li je neki od upravljačkih tastera pritisnut, i ukoliko jeste, poziva se blok za upravljanje stejt mašinom korisničkog menija. Generalno, ovaj blok se izvršava na zahtev korisnika, ali u određenom modu rada (pod uslovom da nije u toku razmena podataka sa serverom, i pod uslovom da je mod dozvoljen). Ovaj blok je realizovan tako da omogućava korisniku podešavanje parametara uređaja, kao što su postavka sata, zadavanje kritične temperature za aktiviranje alarma, očitavanja trenutnih vrednosti nivoa osvetljenosti, provera da li je uređaj uspešno prijavljen na mrežu, ručno slanje podataka ka serveru itd. Izgled korisničkog menija sa funkcijama koje su realizovane u ovom bloku prikazan je na Sl. 5. Nakon bloka za opsluživanje korisničkog menija, prikupljaju se podaci sa senzora temperature i fotootpornika. Nakon potrebnih konverzija, računa se nivo osvetljenosti i upravlja se aktuatorom za osvetljenje. Zatim se proverava da li je konekcija uspostavljena. Uspostava konekcije se vrši posle registrovanja SIM kartice na mreži i podešavanja parametara potrebnih za GPRS. U ove parametre spadaju korisničko ime, lozinka i APN (*Access Point Name*), - gateway između GPRS-a i interneta. Kada stigne odgovor od modema da je IP adresa konekcije uspešno dodeljena, otvara se socket ka serveru. Nakon što se uređaj poveže na server, periodično se šalju korisni podaci sa senzora u predefinisanoj formi. Takođe, uređaj može primati unapred definisane naredbe sa servera, i na ovaj način se, osim nadgledanja uređaja vrši i daljinska kontrola. Pored upravljanja kritičnim parametrima, serverska strana može potpuno da blokira/odblokira korisniku interakciju sa uređajem (kako kontrolu, tako i iščitavanja), što u nekim slučajevima može biti korisno.

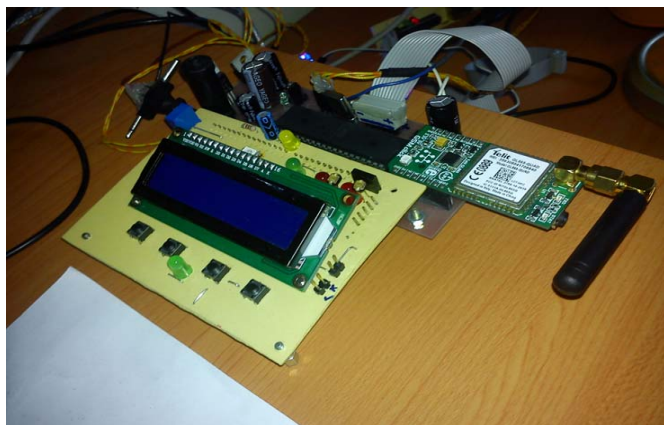


Slika 4 Algoritam rada uređaja

Korisnik ovakvu blokadu pristupa ne može da eliminiše resetovanjem uređaja, jer se podešavanja čuvaju u EEPROM memoriji mikrokontrolera.



Slika 5 Izgled korisničkog menija sa implementovanim funkcijama



Slika 6 Izgled uređaja u krajnjem stadijumu izrade

Uređaj u krajnjem stadijumu izrade je prikazan na Sl. 6.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisana funkcionalnost, arhitektura i način na koji je uređaj za merenje temperature i kontrole osvetljenja udaljenog objekta realizovan. Najpre je osmišljen i realizovan hardver uređaja, a zatim je softverskom kontrolom realizovana logika upravljanja, nakon čega je utvrđena funkcionalnost uređaja. Uređaj je testiran u laboratorijskim uslovima. Rezultati testiranja su pokazali da uređaj radi na predviđen način bez

sistemskih gresaka. Kao nadogradnja uređaja u budućnosti bi se mogla uvesti merenja i kontrola novih parametara primenom odgovarajućih senzora i aktuatora.

ZAHVALNICA

Ovaj rad finansijski je podržan od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije u okviru projekata pod brojem III 43008 i III 45003.

LITERATURA

- [1] Mladen Popović, "Senzori i merenja", Srpsko Sarajevo, 2004.
- [2] Internet sajt, datasheet analognog temperaturnog senzora: <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/5/LM35.pdf>
- [3] Internet sajt, datasheet digitalnog temperaturnog senzora: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [4] Mladen Popović, "Senzori u robotici", Beograd, 1996.
- [5] M. Leitão, "Mobile Communication Systems: GSM Global System for Mobile Communication", Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, FEUP.
- [6] Internet sajt, datasheet mikrokontrolera Atmega16: <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>
- [7] Internet sajt, datasheet VT935G fotooptornika: <http://www.farnell.com/datasheets/1511557.pdf>
- [8] Internet sajt, datasheet GSM/GPRS modema, sa opisanim AT komandama: http://www.janus-rc.com/Documentation/Telit_GE865-Q_AT_Commands_Reference_Guide_r9.pdf

ABSTRACT

This paper presents a device for temperature and illumination measurement, which can be controlled remotely via GPRS connection. As the temperature sensor is used a digital sensor DS18B20, while as illumination sensor is used photoresistor VT935G. Compensating daylight of observed object is performed artificial lighting which represents strip with white LEDs. Device is controlled by a microcontroller ATmega16, while a GPRS connection enables Telit GL865-QUAD modem.

MEASURING THE TEMPERATURE AND ILLUMINATION CONTROL TO REMOTE OBJECT

Branislav Batinić, Vladimir Rajs, Nenad Petrović,
Vladimir Milosavljević, Živorad Mihajlović,
Nikola Laković, Miloš Živanov