

REALIZACIJA SUSTAVA ZA KOMUNIKACIJU S ANALOGNIM I DIGITALNIM MJERNIM OSJETILIMA KORIŠTENJEM ARDUINO RAZVOJNE PLATFORME

IMPLEMENTATION OF A COMMUNICATION SYSTEM UTILIZING ANALOG AND DIGITAL SENSORS WITH THE ARDUINO DEVELOPMENT PLATFORM

Matija Buden, Miroslav Horvatić, Ladislav Havaš

Stručni članak

Sažetak: U ovom radu opisana je izrada upravljanja mikrokontrolerom ATmega328 preko mrežne komunikacije s web servisima. Prikazana je izrada vlastitog web poslužitelja, uređivanje web stranice, te rad s bazom podataka. Opisan je rad sa Arduino razvojnom platformom. Sustav može čitati digitalne i analogne ulaze, te upravljati digitalnim izlazima. Sustav je upravljan i nadgledan preko web poslužitelja. Za prikaz funkcioniranja digitalnih izlaza korišteni su svjetleća dioda i ventilator koji je upravljan tranzistorskom sklopkom. Upravljanje radom ventilatora je automatsko u ovisnosti o odabranim vrijednostima granica temperature koja se želi postići. Na analogni ulaz mikrokontrolera spojen je potencijometar. Napon potencijometra grafički se prikazuje na web stranici.

Ključne riječi: Mikrokontroler ATmega328, PHP, web poslužitelj

Profesional paper

Abstract: This paper demonstrates an implementation of web-based controlled and monitored ATmega328 microcontroller system. An installation of web server, web site, database, as well as short Arduino platform is first described. The system reads and controls digital and analog IOs wherein data is monitored and hosted on the web server. Demonstration of the system includes a light emitting diode, which is controlled and monitored, as well as a fan controlled via a transistor. Here, the fan speed is dependent on the temperature data. Additionally, an analog input of microcontroller is connected to a potentiometer the value of which is graphically shown on the website.

Key words: Microcontroller ATmega328, PHP, web server

1. UVOD

Osnovni element Arduino razvojne platforme je mikrokontroler ATmega328. Arduino razvojna platforma nudi brojna rješenja za čitanje analognih i digitalnih ulaznih podataka, te automatsko upravljanje jednostavnijim sustavima. Jedan primjer takvih jednostavnih sustava je osjetilo pokreta koje detektira svako kretanje, te prema tome može izvršiti određenu radnju. Drugi primjer takvih sustava je detekcija povišene razine opasnih plinova, na temelju koje je moguće poduzeti preventivne mjere kako bi se spriječio neželjeni događaj. Danas postoji velik broj različitih mjernih osjetila za detekciju, kao što su optička osjetila, osjetila kiše, osjetila vjetrova, itd. Korištenjem Arduino razvojne platforme može se realizirati komunikacija s osjetilima putem računalne mreže i pametnih telefona.

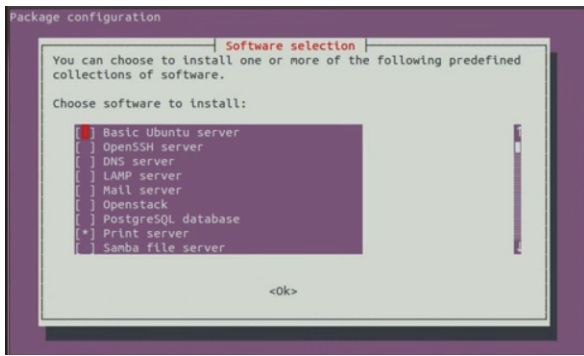
Za nadzor i upravljanje preko Internetske mreže, prikazan u ovom radu, potreban je pristup Internetu, web poslužitelj, mjerna osjetila i izvršni članovi te mikrokontroler. Mikrokontroler se na web poslužitelj spaja putem Interneta. Grafički dio Web stranice je izrađen u HTML jeziku, a upravljanje u PHP programskom jeziku. Podatke je moguće periodički spremati u bazu podataka i

kasnije dobiti uvid kako je promatrani sustav radio u određenom vremenu. Mikrokontroler čita temperaturu s osjetila temperature i šalje podatke web poslužitelju. Podaci koje šalje mikrokontroler upisuju se u bazu podataka, a nakon toga se prikazuju na web stranici.

2. INSTALACIJA WEB POSLUŽITELJA

Web poslužitelj je instaliran na operativnom sustavu Linux Ubuntu 14.04, desktop verzija. Za instalaciju web poslužitelja koristio se besplatni alat „Taskel“ koji sadrži „LAMP“ platformu. Izbornik instalacije LAMP poslužitelja prikazan je na slici 1. LAMP platformu čine Linux operativni sustav, Apache web poslužitelj, MySQL relacijska baza podataka i PHP skriptni programski jezik.

Za lakše korištenje baze podataka potrebno je instalirati phpMyAdmin, besplatan alat pisan u PHP-u. Navedeni alat koristi se za upravljanje i administraciju MySQL-a preko World Wide Web-a. Pomoću njega se mogu izvršavati mnoge SQL naredbe putem korisničkog sučelja izravno u Internet pregledniku.



Slika 1. Izbornik instalacije LAMP poslužitelja

Pristup svakom računalu određen je portovima (vratima) koji su predstavljeni brojevima. Svaki pristup web poslužitelju određen je pristupom odgovarajućem portu i njegovoj IP adresi. U slučaju korištenja porta broj 80, znamo da se radi o web poslužitelju.

3. OBLIKOVANJE BAZE PODATAKA I POVEZIVANJE MIKROKONTROLERA SA INTERNETOM

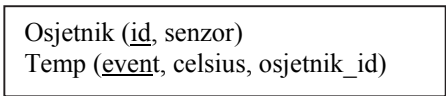
Oblikovanje kreće od specifikacije koja je dobivena utvrđivanjem i analizom zahtjeva, a zatim se odvija u tri uobičajene faze (koraka): konceptualno, logičko i fizičko oblikovanje. [1]

Utvrdivanjem i analizom zahtjeva kreiran je konceptualni ER dijagram entiteta i veza (engl. *Entity Relationship*). Dio tog dijagrama je prikazan na slici 2.

Pretvorbom ER modela u relacijski model, dobivene su relacije povezane primarnim i stranim ključevima, čija relacijska shema je prikazana na slici 3.

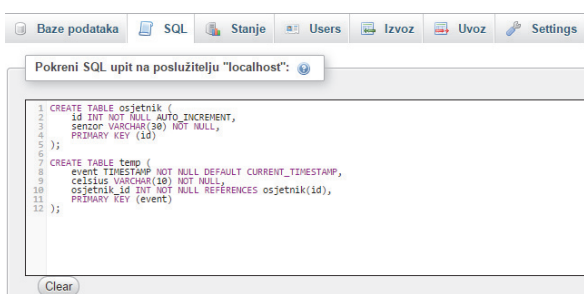


Slika 2. Dio ER dijagrama realiziranog sustava



Slika 3. Relacijske sheme osjetnika i temperature

Zadnji korak oblikovanja ove male baze podataka je fizičko oblikovanje. Relacijska shema baze podataka pretvara se u fizičku shemu, korištenjem odgovarajuće DDL SQL naredbe CREATE TABLE, što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Izrada tablice baze podataka pomoću SQL upita

Kako bi mikrokontroler slao podatke na poslužitelj i čitao ih sa poslužitelja, potrebno ga je povezati s Internetom. Za povezivanje mikrokontrolera s Internetom potrebno je prvo definirati MAC adresu ethernet shield pločice Arduino razvojnog sustava. MAC adresa na novijim ethernet shield pločicama piše na naljepnici sa suprotne strane pločice. Za mikrokontroler koji je korišten u ovom primjeru MAC adresa glasi: (0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED). MAC adresa u Arduino razvojnoj platformi definira se na početku programa, prilikom definiranja varijabli koje će se koristiti u programu. IP adresa se može definirati ručno. Ako se IP adresa ne definira ručno, odredit će ju DHCP protokol. [2]

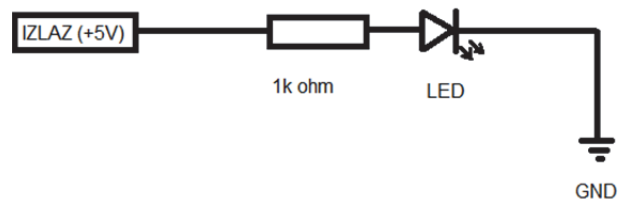
4. ČITANJE PODATAKA SA POSLUŽITELJA I UPRAVLJANJE DIGITALNIM IZLAZIMA MIKROKONTROLERA

Upravljanje digitalnim izlazima mikrokontrolera moguće je preko web stranice, što je prikazano na slici 5. Upravljanje preko web stranice je izvedeno pomoću linka na web stranici. Link na web stranici upućuje na tekstualni dokument u kojem se mijenja vrijednost pridijeljena nekom digitalnom izlaznom pinu mikrokontrolera.

LED DIODA ON / OFF (OFF)

Slika 5. Upravljanje digitalnim izlazom mikrokontrolera preko web stranice

Mikrokontroler upravlja svojim digitalnim izlazima pinovima u ovisnosti o stanju tekstualnog dokumenta. Upravljanje je omogućeno na način da mikrokontroler najprije pročita vrijednost koja se nalazi u tekstualnom dokumentu (1 ili 0). Nakon čitanja podataka iz tekstualnog dokumenta ispisuje se pomoću naredbe "echo" stanje "ON" ili "OFF" na glavnoj stranici koju korisnik vidi i na kojoj vrši upravljanje. Nakon toga se vrši usporedba pročitane vrijednosti sa vrijednošću koja se nalazi zapisana u mikrokontroleru. Ako se te dvije vrijednosti razlikuju, vrši se promjena stanja na digitalnom izlaznom pinu mikrokontrolera. Kako bi se provjerilo upravljanje digitalnim izlaznim pinovima mikrokontrolera, na njih su prema slici 6, spojene svjetleće diode koje svijetle kada je promatrani izlazni pin u stanju logičke jedinice.



Slika 6. Digitalni izlaz Arduino sustava spojen sa svjetlećom diodom

5. MJERENJE I PRIKAZ TEMPERATURE

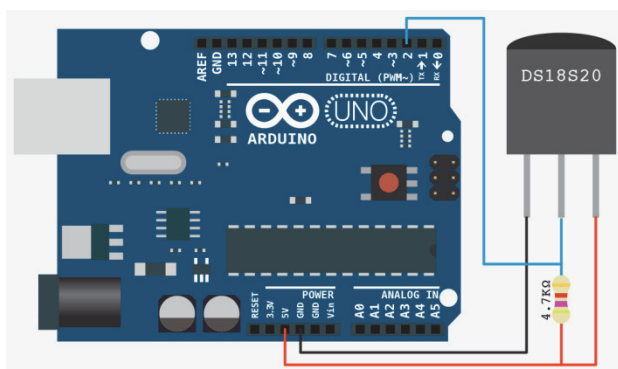
Osjetilo temperature mjeri temperaturu, a mikrokontroler na koji je osjetilo spojeno komunicira sa definiranim poslužiteljem „`arduino.buden.ddns.net`“. Poslužitelj upisuje podatke primljene sa mikrokontrolera u bazu podataka. Nakon upisa, podaci iz baze podataka se prikazuju na web stranici. Na taj način korisnik ima periodički uvid u aktualno stanje temperature.

Ispisuje se posljednjih deset mjerenja u obliku tablice prikazane na slici 7. Tablica sadrži padajući niz mjerenja temperature, od posljednjeg prema prvom mjerenju.

r.br mjerenja	Datum i vrijeme	Senzor	Temperatura
8	2014-09-04 17:49:35	SOBA	23.12
7	2014-09-04 17:49:24	SOBA	23.12
6	2014-09-04 17:47:07	SOBA	23.12
5	2014-09-04 17:38:14	SOBA	23.12
4	2014-09-04 17:36:55	SOBA	23.12
3	2014-09-04 17:36:28	SOBA	23.12
2	2014-09-04 17:36:22	SOBA	23.12
1	2014-09-04 17:36:11	SOBA	23.12

Slika 7. Izgled tablice nakon pročitane temperature iz baze podataka

Za mjerenje temperature korišten je termometar DS18B20 [3]. Mjerno područje ovog termometra je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$, a točnosti $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, pri temperaturama od -10°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Kod ovog osjetila temperature samo jedna žica je spojena kao informacijska i daje digitalnu informaciju o iznosu temperature. Preostale dvije žice služe za napajanje, te se spajaju na $+5\text{V}$, odnosno na GND istosmjernog naponskog izvora. Svaki termometar DS18B20 ima jedinstveni 64 bitni kod, te je ovakvim kodiranjem omogućeno spajanje više termometara na jednu žicu. Spajanje Arduino sustava sa termometrom prikazano je na slici 8. Vrijeme potrebno za mjerenje temperature manje je od 750ms. Termometar DS18B20 se nalazi u vodootpornom kućištu, pa se može koristiti i u vlažnoj okolini.



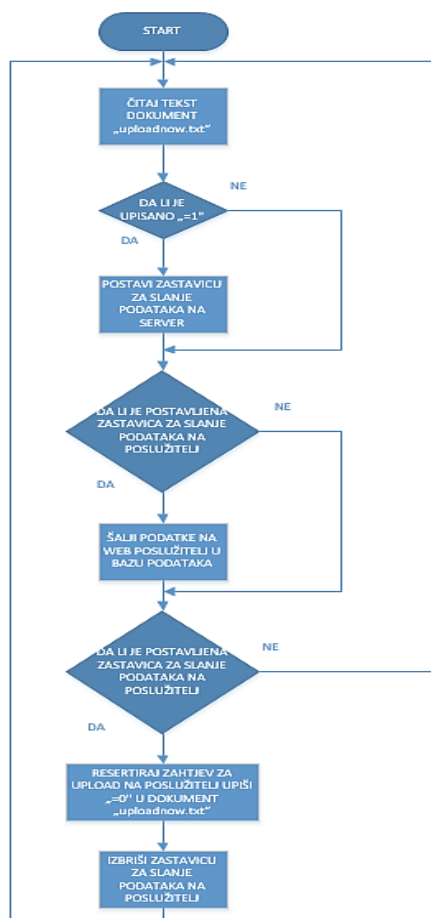
Slika 8. Spajanje Arduino sustava sa termometrom DS18B20 [4]

Za osvježavanje sadržaja web stranice izrađena je tipka „Refresh“. Tipka „Upload“ prikazana na slici 9, koristi se ako je potrebno saznati koliko iznosi trenutna temperatura termometra. Vrijeme intervala za upisivanje

sljedećeg podataka u bazu podataka ostaje nepromijenjeno i neovisno je o pritisku tipke „Upload“.



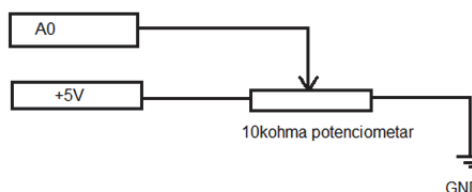
Slika 9. Tipka za trenutno čitanje temperature



Slika 10. Dijagram toka programa mikrokontrolera nakon zahtjeva za slanje podataka u bazu podataka

6. ČITANJE ANALOGNIH I DIGITALNIH ULAZA MIKROKONTROLERA

Analogni napon se na Arduino razvojnu platformu može spojiti na jedan od raspoloživih analognih ulaznih pinova mikrokontrolera. Jednostavan primjer analognog ulaza je potenciometar prikazan na slici 11. Arduino čita analognu vrijednost pomoću naredbe `analogRead(A0)`. Ta vrijednost se u mikrokontroleru zapisuje brojem u rasponu od 0 do 1023, ovisno o iznosu ulaznog napona, koji može biti u rasponu od 0 do 5V. [5]



Slika 11. Spajanje analognog ulaza

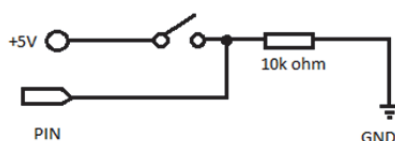
Stanje analognog ulaza mikrokontrolera vidljivo je na web stranici, u obliku prikazanom na slici 12.

ANALOGNI ULAZ = 54.25%



Slika 12. Prikaz stanja analognog ulaza mikrokontrolera

Digitalni ulaz mikrokontrolera spaja se putem sklopke na napon +5V istosmjernog izvora, kao što je prikazano na slici 13. Kada je sklopka otvorena digitalni ulaz mikrokontrolera je otpornikom od 10 kΩ spojen sa 0V. Kada je sklopka zatvorena na digitalni ulazu mikrokontrolera je spojen napon +5V, što označava logičku jedinicu.



Slika 13. Digitalni ulaz mikrokontrolera

Kako bi na web stranici bilo vidljivo stanje digitalnog ulaza, potrebno je to stanje spremi u varijablu koja se upisuje u tekstualni dokument na web poslužitelju. Web poslužitelj čita vrijednost koja se nalazi u navedenom tekstualnom dokumentu, te tu vrijednost prikazuje na web stranici, u obliku prikaza na slici 14.

DIGITALNI ULAZ == OFF

Slika 14. Prikaz stanja digitalnog ulaza mikrokontrolera

7. UPRAVLJANJE VENTILATOROM SPOJENIM NA DIGITALNI IZLAZ MIKROKONTROLERA

Regulacija temperature ventilatorom realizirana je na način da mikrokontroler mjeri temperaturu termometrom DS18B20, te sa web poslužitelja čita odabranu gornju i donju granicu temperature koju korisnik zadaje. Kada temperatura poprimi iznos jednak ili veći gornjoj granici, ventilator se automatski uključuje, a kada temperatura padne ispod donje granice, ventilator se automatski isključuje. Digitalni izlaz mikrokontrolera nije u stanju dati dovoljno veliku struju za pokretanje ventilatora, pa je na njega spojena tranzistorska sklopka [6]. Tranzistorska sklopka koristi tranzistor (TIP122) koji može napajati ventilator maksimalnom strujom iznosa 5A.

Stanje uključenosti, odnosno isključenosti ventilatora, vidljivo je na web stranici pored natpisa „VENTILATOR“, kako je prikazano na slici 15. Ispod navedenog natpisa moguće je birati temperaturu kod koje se uključuje i isključuje ventilator.

Kako bi se na web stranici moglo ispisati da li je ventilator uključen ili isključen, najprije je potrebno poslati vrijednost stanja mikrokontrolera upisati u tekstualni dokument „stanje_ventilatora.txt“. Ovaj upis radi se pomoću PHP dokumenta „salji_podatke.php“.

VENTILATOR == ISKLJUCENO
Isključivanje kod (=25) stupnjeva celzijusa
[25](#) / [35](#) / [45](#) / [55](#) / [65](#) / [75](#) / [85](#)

Uključivanje kod (=30) stupnjeva celzijusa
[30](#) / [40](#) / [50](#) / [60](#) / [70](#) / [80](#) / [90](#)

Slika 15. Stanje ventilatora i odabir temperature

Pomoću digitalnih izlaza mikrokontrolera moguće je upravljati jednostavnim digitalnim trošilima. Kao primjer jednostavnog digitalnog trošila uzeta je svjetleća dioda. Trenutno stanje uključenosti ili isključenosti svjetleće diode može se mijenjati na web stranici za nadzor i upravljanje prikazanoj na slici 16. Refresh tipka za osvježavanje web stranice i UPLOAD tipka za upisivanje podataka nalaze se iznad grafa koji prikazuje broj pridijeljen naponu analognog ulaza. Broj koji označava napon analognog ulaza prikazuje se brojčano u postocima i kao horizontalna plava linija odgovarajuće duljine. Prilikom ovog prikaza 0% odgovara naponu 0V na analognom ulazu, a 100% označava napon analognog ulaza 5V. Vrijeme upisivanja temperature u tablicu prikazuje se ispod grafa koji prikazuje napon analognog ulaza mikrokontrolera. Na dnu web stranice se nalazi tablica sa podacima o stanju izmjerene temperature, vremenu izmjerene temperature i smještaju osjetila temperature.

Arduino završni rad

LED DIODA **ON** / OFF (OFF)

DIGITALNI ULAZ == OFF

VENTILATOR == ISKLJUCENO
Isključivanje kod (=25) stupnjeva celzijusa
[25](#) / [35](#) / [45](#) / [55](#) / [65](#) / [75](#) / [85](#)

Uključivanje kod (=30) stupnjeva celzijusa
[30](#) / [40](#) / [50](#) / [60](#) / [70](#) / [80](#) / [90](#)

ANALOGNI ULAZ = 54.25%

Vrijeme upisivanja u tablicu = 15 min
5 min / 15 min / 30 min / 60 min

r.br mjerenja	Datum i vrijeme	Senzor	Temperatura
14	2014-09-13 17:37:15	SOBA	23.31
13	2014-09-13 17:22:10	SOBA	23.19
12	2014-09-13 17:07:02	SOBA	23.19
11	2014-09-13 16:51:58	SOBA	23.25
10	2014-09-13 16:46:57	SOBA	23.25
9	2014-09-13 16:41:49	SOBA	23.31
8	2014-09-13 16:36:44	SOBA	23.37
7	2014-09-13 16:31:36	SOBA	23.56
6	2014-09-13 16:26:30	SOBA	24.00
5	2014-09-13 16:26:00	SOBA	24.06

Slika 16. Izgled web stranice za nadzor i upravljanje

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu realiziran je sustav za komunikaciju s analognim i digitalnim mjernim osjetilima korištenjem Arduino razvojne platforme. Realizirano je upravljanje digitalnim izlazima mikrokontrolera ATmega328 te prikupljanje i prikaz vrijednosti analognih i digitalnih signala sa ulaznih pinova mikrokontrolera ATmega328 putem web servisa. Kao primjeri digitalnih mjernih osjetila koja se mogu spojiti na ovaj sustav korišteni su termometar DS18B20 i sklopke spojene na ulazne pinove mikrokontrolera ATmega328. Temperatura izmjerena

termometrom prikazuje se na web stranici. Kao primjer analognog mjernog osjetila koje se može spojiti na ovaj sustav korišten je promjenjivi otpornik koji na svojem izlazu daje napon u rasponu od 0V do 5V.

Prednosti prikazanog upravljanja i prikupljanja podataka s mjernih osjetila je mogućnost pristupa osjetilima korištenjem računala s udaljenog mjesta, putem web servisa.

Mikrokontroler ATmega328 ima raspoloživu RAM memoriju iznosa 2Kb i Flash memoriju iznosa 32Kb. Navedena količina memorije dovoljna je za realizaciju relativno jednostavnih sustava upravljanja i relativno jednostavno prikupljanje manje količine podataka. Konkretno upravljanje mikrokontrolerom opisano u ovom radu zauzima oko 22Kb memorije. Modifikacijom programskog koda i sklopovlja opisani sustav se može prilagoditi za prikupljanje podataka sa različitih mjernih osjetila i upravljanje različitim izvršnim elementima, što mu otvara široku mogućnost primjene.

9. LITERATURA

- [1] Skočir, Z.; Matasić, I.; Vrdoljak., B.:“Organizacija obrade podataka“, MERKUR A.B.D., 2007.
- [2] Margolis, M.: Arduino Cookbook 2. izdanje, O'Reilly, Sebastopol, 2011.
- [3] <http://www.fasttech.com/product/1310406-water-proof-ds18b20-temperature-probe>, (Dostupno: rujan 2014.)
- [4] <http://bildr.org/blog/wpcontent/uploads/2011/06/DS8S20-hookup.png>, (Dostupno: rujan 2014.)
- [5] Margolis, M. : Arduino Cookbook 2. izdanje, O'Reilly, Sebastopol, 2011.
- [6] <http://joey89924.blogspot.com/2013/01/high-current-dc-devices-tip122.html>, (Dostupno: rujan 2014.)

Kontakt autora:

Matija Buden, student
Sveučilište Sjever
mabuden@unin.hr

Miroslav Horvatić, dipl. ing.
Sveučilište Sjever
miroslav.horvatic@unin.hr

dr. sc. Ladislav Havaš, dipl. ing.
Sveučilište Sjever
ladislav.havas@unin.hr