

INTELIGENTNI SUSTAV ZA PAMETNU KUĆU

INTELLIGENT SYSTEM FOR SMART HOUSE

Ivan Šumiga, Filip Kolarek, Dunja Srpak

Stručni članak

Sažetak: U radu je opisan realizirani inteligentni sustav za pametnu kuću. Koriste se gotovi mikrokontrolerski moduli koji imaju mogućnost međusobne komunikacije. Uz odgovarajuće dodatne sklopove realizirano je upravljanje grijanjem i svjetlima i objašnjeno kako se sustav može koristiti za nadzor i upravljanje drugim procesima u kući i izvan nje. Realizirano je i upravljanje funkcijama preko daljinskog upravljača pomoću infracrvene veze, te je realiziran prikaz na LCD ekranu. Opisane su hardverske i softverske komponente te funkcionalnost cijelog sustava.

Ključne riječi: pametna kuća, mikrokontroler, serijska komunikacija, inteligentni sustav, LCD, programski kôd

Professional paper

Abstract: This paper describes implementation of smart home intelligent system based on finished microcontroller modules which have the capability to communicate with each other. Heating and lightning controls have been created with suitable extra circuits. It is also explained how the system can be used for surveillance and control of other processes in the house and outside the house. All the functions can be controlled by the remote controller, and there is an LCD screen displaying temperature and thermostat. Moreover, the paper contains the descriptions of the hardware and software components and functionality of the whole system.

Key words: smart house, microcontroller, serial communication, intelligent system, LCD, program code

1. UVOD

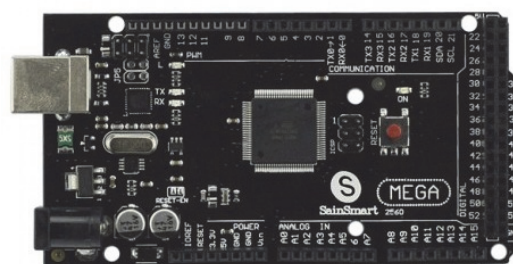
Pojam 'pametna kuća' podrazumijeva inteligentni sustav za nadzor i upravljanje različitim sustavima kojima je cilj poboljšati kvalitetu življenja u kući. Obično je to sustav sa centralnom mikrokontrolerskom jedinicom na koju se spajaju različiti podsustavi sa senzorima i aktuatorima. U ovom radu kao glavni procesi opisani su uključivanje i isključenje svjetala, te kontrola grijanja. Uz signalne LED diode i LCD ekran na samoj centralnoj jedinici, realizirano je i daljinsko upravljanje preko infracrvene veze, pa korisnik mora biti u vizualnom dometu centralnoj jedinici. Preko malog daljinskog upravljača mogu se svi signali za koje postoje tipke na centralnoj jedinici slati bežičnim putem. U radu je kao glavna centralna jedinica, odabrana 'SainSmart MEGA', a kao sporedna 'SainSmart UNO'.

2. SAINSMART MEGA I UNO

Za realizaciju pametne kuće korištene su gotove elektroničke pločice tvrtke SainSmart. Iako tvrtka ima sjedište u SAD-u i na pločicama su mikrokontroleri tvrtke Atmel, pločice se proizvode u Kini, gdje je ujedno i najveće skladište elektroničke opreme tvrtke SainSmart.

2.1. SainSmart MEGA

Na slici 1. vidi se pločica s mikrokontrolerom Atmega2560, korištena za centralnu jedinicu sustava. Pločica na sebi ima USB port za povezivanje s računalom, ali i priključak za adapter za dobivanje napajanja kad nije priključena na računalo. Također na pločici se nalazi tipka „reset“ kojom se program pokreće od početka.



Slika 1. Pločica SainSmart MEGA [1]

U tablici 1. mogu se vidjeti neke od osnovnih karakteristika pločice SainSmart MEGA. Bazirana je na mikrokontroleru Atmega2560, američke tvrtke Atmel, 8-bitnom mikrokontroleru sa 135 instrukcija koji radi na 16 MHz. Radni napon iznosi 5V. Od svih pinova koji se koriste, njih 54 su digitalni, od kojih 15 imaju mogućnost pulsno – širinske modulacije, PWM (eng. „pulse width modulation“). PWM omogućuje da se iz digitalnog pina

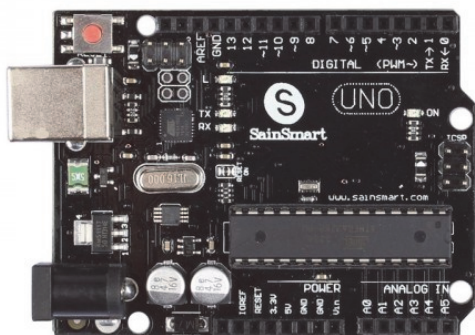
koji daje ili 0 ili 5 V može dobiti bilo koja srednja izlazna vrijednost napona između 0 i 5 V.

Tablica 1. Podaci pločice MEGA

Mikrokontroler	ATmega2560
Radni napon	5V
Ulazni napon (preporučeno)	7 – 12V
Ulazni napon (granice)	6 – 20V
Digitalni U/I pinovi	54 (od kojih je 15 PWM)
Analogni ulazni pinovi	16
DC po U/I pinu	40 mA
DC za 3.3V pin	50 mA
Memorija	256 kB
Oscilator	16 MHz

2.2. SainSmart UNO

Uz centralnu jedinicu sustava koju pokriva SainSmart MEGA, korištena je i sporedna, manja jedinica SainSmart UNO, bazirana na mikrokontroleru Atmega328p, koja se vidi na slici 2.



Slika 2. Pločica SainSmart UNO [1]

Pločica ima USB port i priključak za adapter, te mikrokontroler od 28 pinova koji se može izvaditi iz postolja i zamijeniti novim, tako da sama pločica može poslužiti i kao programator. Dimenzije ove pločice gotovo su dvostruko manje s obzirom na pločicu MEGA, što može biti vrlo praktično za korištenje.

Neke od njenih osnovnih karakteristika prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Podaci pločice UNO

Mikrokontroler	Atmega328p
Ulazni napon	7 – 12 V
Radni napon	5 V
Digitalni U/I pinovi	14 (od kojih je 6 PWM)
Analogni ulazni pinovi	8
Memorija	32 kB
Oscilator	16 MHz

Kao što se vidi iz priložene tablice, ulazni i radni napon se ne razlikuju od pločice MEGA, no razlikuju se u broju pinova te memoriji. Iako UNO ima 4 puta manje digitalnih pinova i 8 puta manje memorije od MEGA, vrlo je praktičan za neke manje procese kao sporedna jedinica, ali povezan serijskom komunikacijom s nadređenom jedinicom. Tako i u ovom radu Uno kao

sporedna jedinica rasterećuje Megu od nekih procesa. Budući da je povezan i komunicira sa glavnom jedinicom, realizirana je mogućnost upravljanja nekim procesima i preko obje jedinice.

Konkretno, u ovom sustavu Uno se nalazi izvan kuće i služi za uključivanje vanjskih svjetala. Releji za uključivanje i isključivanje svjetala su spojeni preko MOSFET-a na pinove sustava Uno, no mogu se uključiti i preko glavne jedinice daljinskim upravljačem, prosljeđivanjem signala serijskom vezom.

Od pinova na pločici Uno koriste se 3 digitalna pina te 2 pina za komunikaciju. To ostavlja još dovoljno slobodnih pinova za daljnji razvoj i dodatne senzore za sporednu jedinicu.

3. SUSTAV UPRAVLJANJA I NADZORA PAMETNE KUĆE

Kao što je napomenuto u uvodu, za ovaj sustav upravljanja odabrana su svjetla i grijanje. Te dvije stvari činile su se nekako neophodne i najvažnije za svaku kuću, pa tako i pametnu.

Bitno je napomenuti kako je ovaj sustav zamišljen da zamijeni standardne prekidače u prostorijama sa digitalnim sklopkama na centralnoj jedinici i daljinskim upravljačem. Ugradnja u gotovu kuću sa već izvedenim standardnim instalacijama bila bi pomalo nespretna, ali je izvediva.

Iznad svake tipke koja je zadužena za pojedino svjetlo nalazi se i kontrolna LED dioda za indikaciju uključenosti, tj. isključenosti. Svako svjetlo ima samo jednu tipku pomoću koje se uključuje i isključuje. Umjesto tipke za isti učinak može se pritisnuti pripadni gumb na daljinskom upravljaču.

Za termostat na centralnoj jedinici postavljene su dvije tipke, plus i minus. Zadana vrijednost termostata kod uključenja sustava je 20°C, a svakim pritiskom na tipku plus ili minus, povećava se, odnosno smanjuje vrijednost za 1. Kao i za svjetla, na daljinskom upravljaču su tipke za plus i minus pa se i vrijednost termostata može mijenjati daljinski. Prikaz vrijednosti termostata je na ekranu na centralnoj jedinici, ispod prikaza izmjerene temperature. Uz to, postavljen je i prekidač za termostat iz razloga kad se termostat ne koristi (npr. ljeti), on se isključi, a umjesto njegovog prikaza na ekranu se pokazuje vrijednost vlage.

Serijska komunikacija vrlo je bitna u ovom projektu iz razloga da više mikrokontrolera (u ovom slučaju dva) mogu komunicirati međusobno i prenositi podatke iz centralne jedinice na sporedne i obrnuto.

Centralna jedinica zadužena je za unutarnja svjetla i grijanje. Senzor temperature i vlage, kao i infracrveni senzor i releji za unutarnja svjetla, te ekran nalaze se u glavnoj kutiji, tj. centralnoj jedinici zajedno sa tipkama. Sporedna jedinica ima svoje releje za vanjska svjetla, upravljive također preko tipki ili daljinskog upravljača.

Iako sporedna jedinica na sebi nema infracrveni senzor, pritiskom na pripadnu tipku na daljinskom upravljaču, uključuje se vanjsko svjetlo upravljano sporednom jedinicom i indikacijska LED dioda na

centralnoj jedinici. To omogućuje serijska komunikacije između te dvije jedinice.

Za samo programiranje mikrokontrolera korištena je Arduino razvojna okolina, nazvana „Arduino IDE“ (Integrated Development Environment). Arduino IDE omogućava jednostavnu komunikaciju mikrokontrolera i računala preko USB kabela.

Nakon što se prvi puta program unese u mikrokontroler, može se ponovo unijeti neki drugi program, pa i treći i četvrti, itd. To je vrlo praktično jer se tako može isprobati dio po dio programa i lakše utvrditi gdje je greška ako nešto ne radi kako je zamišljeno.

Kada je program dovršen i unesen, sustav je spreman za korištenje, no i dalje dostupan za nadopune, nadograđivanja i nove senzore koji se ne koriste u prvoj verziji.

4. UPRAVLJANJE GRIJANJEM

Za upravljanje grijanjem korišten je senzor DHT11, PID regulator, te ekran na kojem se vrši prikaz izmjerene temperature i vrijednost termostata.

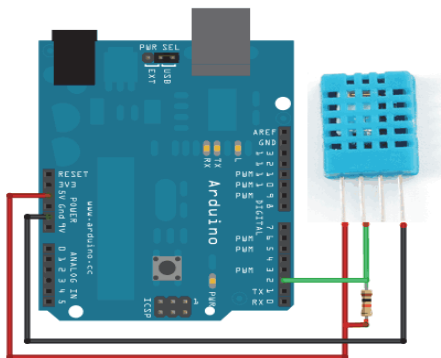
4.1. Senzor temperature i vlage DHT11

Kao što je već spomenuto, senzor temperature i vlage DHT11, nalazi se na centralnoj jedinici, te prikazuje izmjerenu vrijednost na ekranu. U tablici 3. navedene su njegove specifikacije.

Tablica 3. Specifikacije senzora DHT 11

Mjerni opseg vlage	20 – 90 %
Mjerna pogreška vlage	± 5 %
Mjerni opseg temperature	0 – 60 °C
Mjerna pogreška temperature	± 1 °C
Radni napon	5 V
Dimenzije	28 x 12 x 8 mm

Mikrokontroler očitava vrijednost izmjerene temperature preko digitalnog pina i sprema vrijednost u varijablu „Input“. Shema spajanja vidljiva je na slici 3.



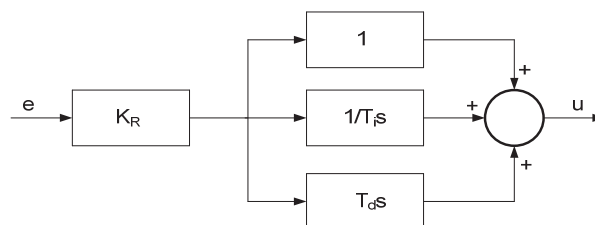
Slika 3. Shema spajanja senzora DHT11 [7]

Iz slike je vidljivo da je prvi pin spojen na 5 V, zadnji na GND, dok je drugi spojen na digitalni ulaz ali sa „pull-up“ otpornikom od 10 kΩ. Izmjerena vrijednost

temperature ispisuje se u prvom redu ekrana i izražena je u stupnjevima celzijusa.

4.2. PID regulator

Za regulaciju temperature koristi se PID (proporcionalno – integracijsko – derivacijski) regulator. Na slici 4. prikazana je blok struktura PID regulatora.



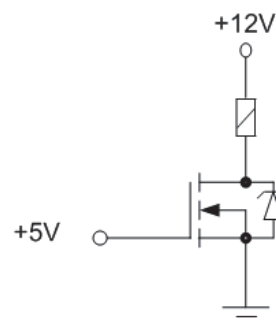
Slika 4. Blok shema PID regulatora

Podešavanje PID regulatora vrši se na način da se upisuju tri međusobno ovisne konstante. Kao i za sve senzore i dodatne sklopove, tako i za PID regulator Arduino razvojna okolina koristi gotov „library“. Korisnik samo treba definirati varijable (Setpoint, Input, Output), te upisati vrijednosti za K_R , T_i i T_d , a program izračunava vrijednosti signala razlike e i upravljačku vrijednost u .

Na centralnoj jedinici nalaze se dvije tipke, + i - koje povećavaju ili smanjuju brojčanu vrijednost termostata za 1 svakim pritiskom. Također i na daljinskom upravljaču se nalaze tipke + i - koje imaju isti učinak. Iznad tipki + i - nalazi se kontrolna LED dioda koja govori kad je termostat uključen, a to je kad je Setpoint (vrijednost termostata) > Output-a (vrijednost regulatora).

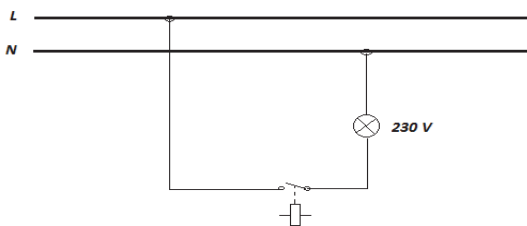
5. UPRAVLJANJE SVJETLIMA

Visoka naponska razina digitalnih pinova na pločici iznosi 5 V. To nije dovoljno za uključivanje releja koji radi na 12 V, pa je između pločice i releja postavljen MOSFET RFP50N06. Kad ga „okine“ visoka razina s mikrokontrolera, on propušta struju na relej koji onda uključi svjetlo. Shemu spajanja MOSFET-a i releja prikazuje slika 5.



Slika 5. Shema spajanja MOSFET-a i releja

Na slici 6. vidi se drugi dio spoja za upravljanje svjetlima, tj. radni kontakt releja koji prekida fazu za žarulja ne svijetli tako dugo dok na MOSFET ne dođe visoka naponska razina s mikrokontrolera, tj. na zavojnicu releja potrebnih 12 V.



Slika 6. Shema spajanja žarulje na radni kontakt releja

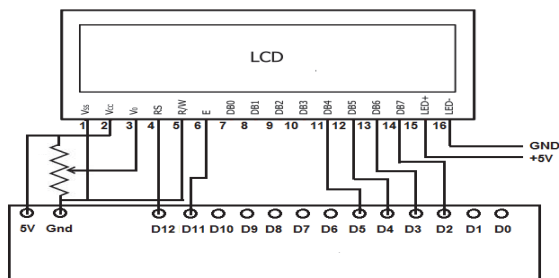
Što se tiče softverskog djela upravljanja svjetlima u programu su definirane tipke kojima se uključuje i isključuje svjetlo, a to se može učiniti i preko daljinskog upravljača.

Nakon što se u prvom djelu programa definira koji pin će biti zadužen za određenu tipku, u drugom djelu programa mora se definirati taj digitalni pin kao ulazni. U trećem djelu programa, tj. u petlji, radi se dvostruka „if petlja“ koja provjerava je li tipka pritisnuta i je li razina tog izlaza koji se želi promijeniti visoka ili niska. Ukoliko je tipka pritisnuta, a izlaz koji želimo promijeniti ima nisku razinu, u tom slučaju taj izlaz prelazi na visoku razinu, tj. 5 V. Ukoliko je tipka sad ponovo pritisnuta, pošto izlaz ima visoku razinu, ona se mijenja na nisku i na izlazu je 0 V. Svakoj tipki pridružena je i odgovarajuća tipka na daljinskom upravljaču.

Iznad svake tipke na centralnoj jedinici nalazi se i kontrolna LED dioda koja je upaljena ako je upaljeno pridruženo joj svjetlo.

6. PRIKAZ NA EKRANU

Neke procese kao što je upravljanje svjetlima može se pratiti preko indikacijskih LED dioda, neke ipak ne. Za ostale prikaze koristi se mali LCD ekran HD44780. Konkretno, ekran služi za očitavanje izmjerene temperature, prikaza vrijednosti termostata ili prikaza izmjerene vlažnosti zraka. Ukoliko je termostat uključen prikazuje se njegova vrijednost u 2. redu ekrana, a ukoliko je isključen u 2. redu se ispisuje vrijednost vlage.



Slika 7. Shema spajanja ekrana

Kao i svi kompatibilni senzori i dodaci, tako i LCD ekran HD44780 koristi parametre iz već gotove „Arduino Library“ pa nije bilo problema kod spajanja ekrana na mikrokontroler. Sve što treba učiniti je definiranje digitalnih pinova na koje je ekran spojen, uključivanje ekrana u „Setup-u“, te nakon toga ispis željene poruke na ekranu.

7. DALJINSKO UPRAVLJANJE

Kada se govori o upravljanju, u zadnje vrijeme sve više se podrazumijeva i bežično upravljanje na određenu daljinu. Često, pa tako i ovom sustavu, bežično upravljanje uvelike olakšava komunikaciju s korisnikom.

Budući da se tipke nalaze na centralnoj jedinici koja je fiksno smještena na određenom mjestu, bilo bi nepraktično svaki puta za svako željeno svjetlo ili neki drugi proces odlaziti do kutije kako bi se pritisnula tipka. Iz tog razloga realizirano je i daljinsko upravljanje.

Svi procesi koji su dostupni na centralnoj i sporednoj jedinici, dostupni su i preko daljinskog upravljača. Budući da se bežična komunikacija odvija preko infracrvene veze (IC), na centralnoj jedinici se nalazi i IC senzor za prihvatanje podataka od daljinskog upravljača.

Nedostatak upravljanja preko IC veze je taj što korisnik mora biti u vizualnom dometu s daljinskim upravljačem i najviše do oko 8 metara udaljen. Kako se sustav ne koristi na otvorenom i na velike udaljenosti, za sada je to dovoljno.

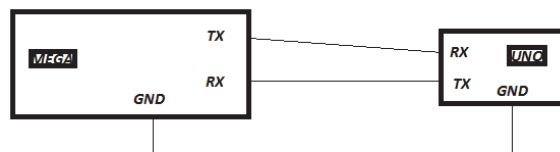


Slika 8. Komponente korištene za daljinsko upravljanje

Svaka tipka na daljinskom upravljaču ima svoj 8-znamenasti kôd koji je potrebno memorirati prije aktiviranja programa daljinskog upravljanja.

8. SERIJSKA KOMUNIKACIJA

Dva korištena mikrokontrolera komuniciraju međusobno serijskom vezom. Vrlo je važno za napomenuti da mase dviju pločica obavezno moraju biti zajedničke, jer bez toga serijska komunikacija ne funkcionira. Kod obje pločice, i MEGA i UNO, koriste se pinovi „RX“ i „TX“, s time da RX na jednoj pločici mora biti spojen sa TX na drugoj pločici (slika 9).



Slika 9. Serijska komunikacija između dviju pločica

9. PROGRAMSKI KÔD

Za ovaj sustav korištene su dvije programske cjeline. Jedna za centralnu, a druga za sporednu jedinicu sustava, tj. jedna za SainSmart MEGA, a druga za SainSmart UNO. Općenito se može reći da se programski kôd u Arduino razvojnoj okolini sastoji od tri dijela. Prvi dio bio bi uključivanje gotovih parametara za senzore iz „Library-a“, te definiranje varijabli i konstanti potrebnih u programu. Također u prvom djelu se definira koji pinovi će biti zaduženi za ekran.

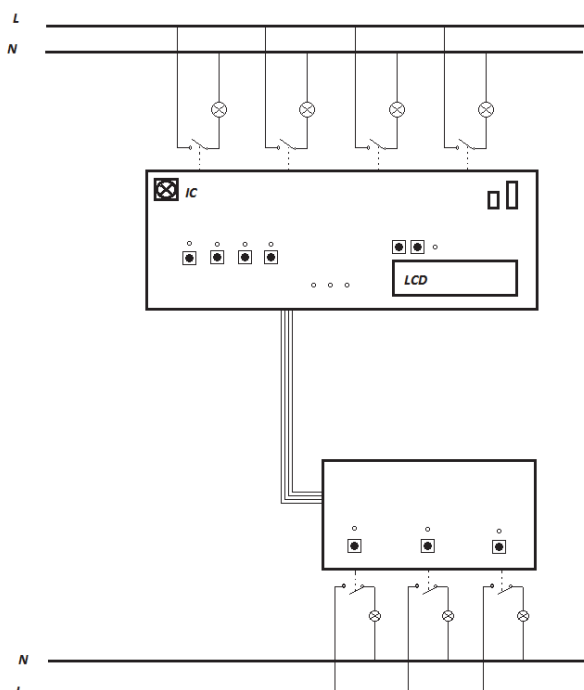
Drugi dio ili „void setup“ sastoji se od definiranja pinova, tj. određivanja hoće li biti ulazni ili izlazni. Pozivaju se imena pinova koja su dodijeljena u prvom dijelu programskog kôda i definiraju se kao „input“ ili „output“. Uz to uključuje se i serijska komunikacija te senzori i dodatni hardverski sklopovi, ako se koriste.

Treći i najvažniji dio programa je „void loop“. To je petlja koja se počinje vrtjeti od trenutka kada se na pločicu dovede napon. Petlja prolazi kroz naredbe i kašnjenja (ako postoje). Kad dođe do kraja, vraća se na početak i tako iznova.

10. SHEMA SUSTAVA

Na slici 10. može se vidjeti blokovski prikaz sustava. Centralna i sporedna jedinica razlikuju se po veličini. Na centralnoj se uz IC senzor i senzor temperature nalazi i ekran za prikaz. Iznad tipki su kontrolne LED diode. Iznad centralne te ispod sporedne jedinice prikazano je spajanje žarulja na radni kontakt releja, koji se nalaze u samim kutijama.

Jedinice su međusobno spojene kao na slici 10, sa četiri žice, od kojih su dvije za komunikaciju i dvije za napajanje. Napajanje od 12 volti dolazi s transformatora u centralnoj jedinici.



Slika 10. Blokovski prikaz sustava

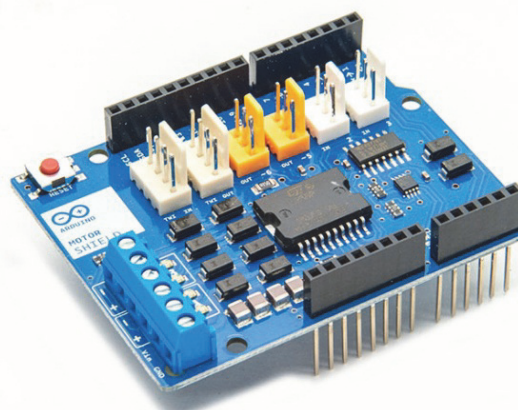
11. DODATNE MOGUĆNOSTI SUSTAVA

Različiti senzori i aktuatori mogu znatno proširiti mogućnosti opisanog sustava. Jednostavan i jeftin senzor pokreta kompatibilan s Arduino IDE, može se iskoristiti za dvije namjene. Prva je uključivanje svjetla pri ulasku u kuću. Ako centralna jedinica nije neposredno pored ulaznih vrata, vrlo je praktično da se ulaskom u praznu kuću samim svojim pokretom automatski uključi glavno svjetlo radi lakšeg snalaženja i dolaska do same jedinice za upravljanje. Druga namjena je alarm. Senzor pokreta kod aktivacije prebacuje izlaz na visoku razinu za određeno zadano vrijeme ili do gašenja. Elektronički sklop za alarm vrlo bi se jednostavno aktivirao preko tog zadanog izlaza na mikrokontroleru. Na slici 11. prikazan je jedan PIR (passive infrared) senzor koji se može iskoristiti za opisane namjene.



Slika 11. Senzor pokreta [4]

Sljedeća praktična mogućnost je upravljanje malim DC motorima. Uz odgovarajući dodatak, „Arduino Motor Shield“ prikazan na slici 12. može se upravljati malim DC motorima za npr. otvaranja i zatvaranja roleta na prozorima, žaluzina te raznih tendi.



Slika 12. Arduino motor shield [4]

S obzirom da gotovi mikrokontrolerski moduli mogu međusobno komunicirati kao što je objašnjeno u radu, sustav se jednostavno može proširivati. Kao što relej upravljan mikrokontrolerom uključi svjetlo, tako može biti zadužen i za uključivanje neke pumpe ili ventila. To se može iskoristiti za npr. navodnjavanje dvorišta ili vrta.

Dodatna mogućnost sustava je povezivanje s internetom koji je danas nezaobilazan pa to vrijedi i za ovaj konkretni inteligentni sustav.

Obzirom da je internet danas dostupan ne samo u kućanstvima, već i na poslu, u kafićima, pa čak i nekim ulicama i trgovima, a za pristup je dovoljan samo mobitel, povezivanje sustava na internet prikladnom

aplikacijom bilo bi vrlo korisno. Npr. kolika je temperatura u kući, koje svjetlo radi i je li uključen koji alarm, sve su to informacije koje bi se mogle provjeravati kada nema nikoga kod kuće. Realizacija toga moguća je uz jedan web server povezan s mikrokontrolerom preko „ETHERNET shielda“.



Slika 13. Ethernet shield [4]

I ne samo da bi se neki od procesa mogli vidjeti preko interneta, već bi se nekima moglo upravljati. Jedna od korisnih stvari za upravljanje preko interneta bilo bi grijanje. Ako je korisnik izvan kuće (npr. na poslu) i za kojih sat vremena kreće prema kući gdje nema nikoga, server može pokazati kolika je trenutna vrijednost temperature u kući. Ukoliko je temperatura npr. 10°C, korisnik postavi vrijednost termostata na 20°C te za nekoliko sati kada stigne u kuću ima željenu temperaturu i ne mora tek onda namještati i uključivati grijanje.

12. ZAKLJUČAK

Pametne kuće i inteligentni sustavi sve su više predmet interesa, naročito kod izgradnja novih kuća. Mlađi ljudi otvoreniji su prema novostima i novim tehnologijama, pa je za pretpostaviti da će sljedeće desetljeće ili dva biti znatan porast implementacije takvih sustava upravljanja različitim razina složenosti.

Zadaća inženjera je realizacija što više korisnih funkcija u sustav uz mogućnost nadogradnje. Naročito važno je ostvariti što jednostavnije sučelje prema korisniku. U ovom radu je pokazano kako se od lako dostupnih i jeftinih hardverskih i softverskih komponenti može vrlo jednostavno izgraditi sustav za nadzor i upravljanje različitim procesima u kući.

13. LITERATURA

- [1] <http://www.sainsmart.com>, rujan,1014.
- [2] forum.arduino.cc, rujan,1014.
- [3] <http://www.atmel.com>, rujan,1014.
- [4] <http://arduino.cc>, rujan,1014.
- [5] Božičević, J.: Temelji automatike, Školska knjiga, Zagreb, 1987.
- [6] laris.fesb.hr/digitalno_vodjenje
- [7] <http://learning.grobotronics.com/2013/07/measuring-humidity-with-dht11-sensor/>, rujan,1014.

Kontakt autora:

mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.el.

Sveučilište Sjever
104. brigade 3
42000 Varaždin

Dunja Srpak dipl.ing.el.

Sveučilište Sjever
104. brigade 3
42000 Varaždin
dunja.srpak@unin.hr