

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija
Sveučilište u Zagrebu

Pametni termostat



- △ Dio projekta „Pametna kuća“
- △ Korištenje senzora temperature
- △ Povezivanje sustava na internet pomoću ESP8266 modula
- △ Relejem upravljano grijanje

Sažetak

Pametni termostat je sustav za udaljeni nadzor temperature „pametne kuće“. Osim nadzora sustav omogućava i uključenje ili isključenje grijanja. Sustav se spaja na kućnu bežičnu mrežu te mu je moguće pristupiti putem web preglednika. Nakon autorizacije putem korisničkog imena i lozinke moguće je vidjeti trenutnu temperaturu, podesiti željenu temperaturu prostorije te uključiti ili isključiti grijajući element. Navedeni sustav zamišljen je kao osiguranje od zamrzavanja i puknuća cijevi vodovoda ili grijanja koja mogu nastati pri niskim temperaturama zimi. Prednost sustava je u tome što je kontrolnom sučelju moguće pristupiti bez obzira na operativni sustav računala ili pametnog telefona. Korist od ovog sustava imaju ljudi koji napuštaju „pametnu kuću“ tijekom duljeg razdoblja zimi, a žele biti sigurni da u njihovom odsustvu neće doći do neželjene štete.

Sadržaj

1. UVOD	3
2. OPIS SUSTAVA.....	4
2.1. ESP8266 modul	5
2.2. Mjerjenje temperature NTC termistorom.....	7
2.3. Napajanje i punjenje baterije uređaja.....	9
2.4. Upravljanje električnim grijajućim elementom.....	11
3. PROGRAMSKA POTPORA	12
3.1. Web server	12
4. ZAKLJUČAK	15
5. LITERATURA	16
6. POJMOVNIK	17

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uвijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

1. Uvod

Pametni termostat je sustav za udaljeni nadzor temperature „pametne kuće“. Osim nadzora sustav omogućava i uključenje ili isključenje grijanja. Napretkom tehnologije i modernim načinom života povećavaju se potrebe za boljom organizacijom i efikasnijim upravljanjem resursima. Automatizacijom jednostavnih radnji poput mjerjenja i regulacije temperature štedi se na vremenu te optimizira potrošnja energije u kućanstvu. Navedeni sustav zamišljen je kao osiguranje od zamrzavanja i puknuća cijevi vodovoda ili grijanja koja mogu nastati pri niskim temperaturama zimi.

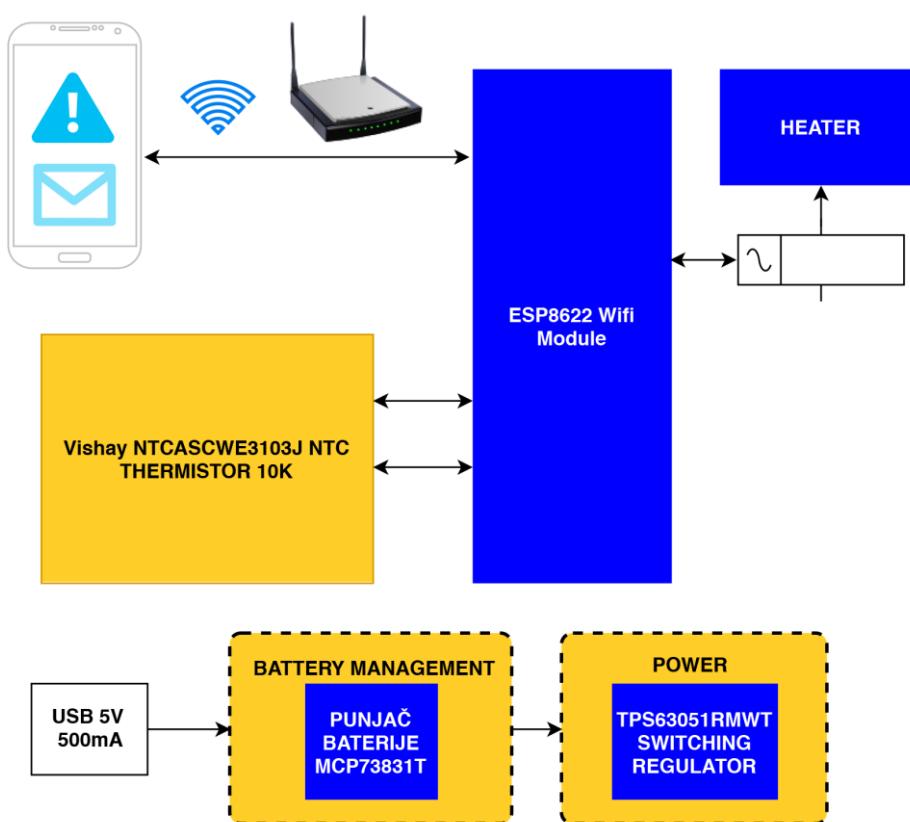
Jezgru sustava čini Wi-Fi modul ESP8266 koji sadrži sve elemente koji ga čine ugradbenim računalnim sustavom. Navedeni modul pojavio se 2014. godine na tržištu te se može smatrati prvom jeftinom i dimenzijama malom Wi-Fi rješenju. Ranije dostupni Wi-Fi moduli bili su znatno skuplji i većih dimenzija jer su zahtijevali dodatni mikrokontroler za rad i upravljanje periferijama sustava.

Wi-Fi modul konfiguriran je da radi kao web poslužitelj. Nakon povezivanja modula na kućnu bežičnu mrežu, serveru se pristupa putem web preglednika na računalu ili mobilnom telefonu. Nakon autorizacije korisničkim imenom i lozinkom korisniku je omogućen uvid u trenutnu temperaturu, postavljanje željene temperature te uključenje ili isključenje grijaćeg elementa.

2. Opis sustava

Pametni termostat je sustav za udaljeni nadzor temperature „pametne kuće“. Osim nadzora sustav omogućava i uključenje ili isključenje grijanja putem releja. Sustav se spaja na kućnu bežičnu mrežu te mu je moguće pristupiti putem web preglednika.

Pametni termostat sastoji se od ESP8622 modula, releja za upravljanje grijачem, NTC otpornika te sklopa za napajanje i punjenje baterije. Cijeli sustav prikazan je blok shemom na slici 1.

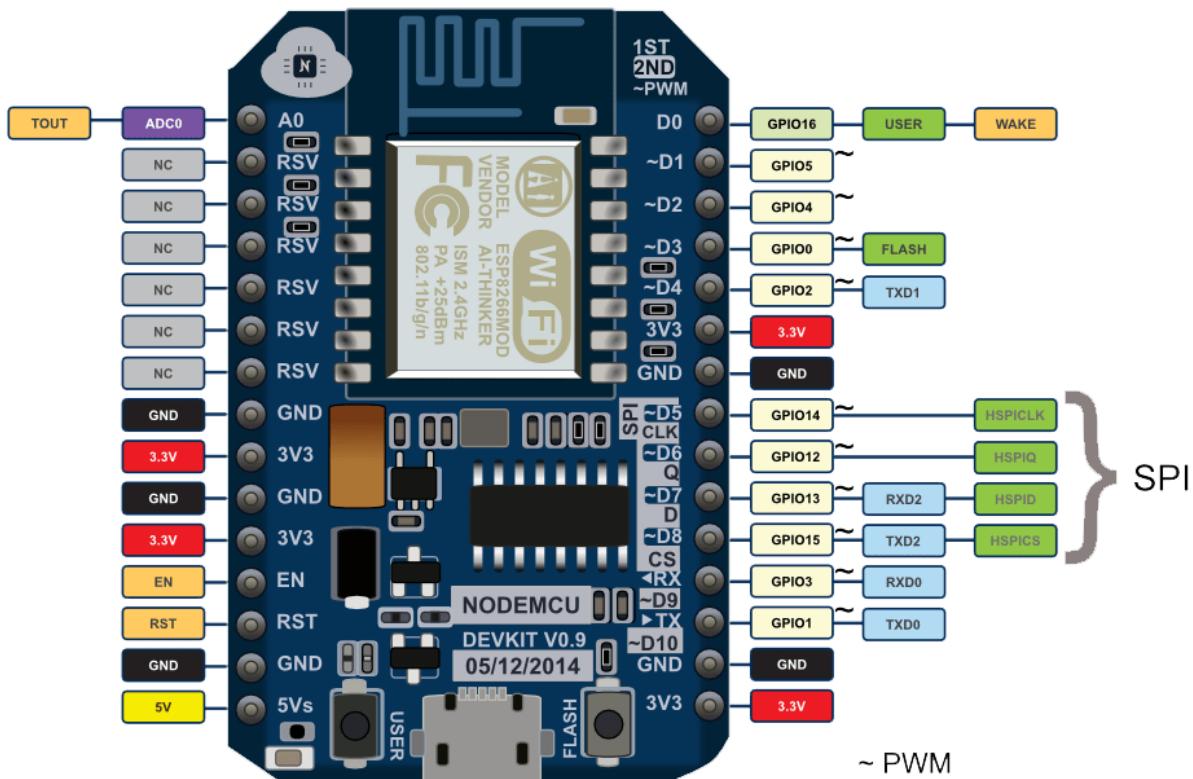


Slika 1. Blok shema pametnog termostata.

Glavno napajanje sustava izvedeno je putem USB (engl. *Universal Serial Bus*) priključka koji na svojem izlazu daje napon od 5V. Sustav posjeduje bateriju koja mu omogućava da radi u slučaju prekida u glavnom napajanju.

2.1. *ESP8266 modul*

Modul ESP8266 tvrtke *Espressif* je Wi-Fi integrirani krug s ugrađenim mikrokontrolerom. Sadrži podršku za TCP/IP protokol. Od kada se pojavio na tržištu 2014. godine proizведен je veći broj različitih razvojnih pločica koje olakšavaju njegovo korištenje. Za realizaciju ovog projekta korištena je razvojna pločica NODEMCU V3 koja na sebi sadrži regulator napajanja 3,3 V te integrirani krug za prilagodbu naponskih razina kako bi se ESP8266 mogao povezati na računalo putem USB sučelja. Slika 2. prikazuje ulaze i izlaze (engl. *General Purpose Input/Output*, GPIO) modula i njihove dodatne funkcije. Tablica 1. pregledno prikazuje specifikacije modula.



Slika 2. NODEMCU ESP8266 modul.

Firmware je moguće programirati putem *Arduino* razvojnog okruženja (engl. *Integrated Development Environment*, IDE) pri čemu je prije u postavkama razvojnog okruženja potrebno dodati biblioteke za rad s *ESP8622* modulom. Podržane su gotovo sve poznate *Arduino* funkcije kao na primjer *digitalWrite*, *analogRead*, *millis*.

Program se nakon prevođenja prebacuje putem serijskog sučelja (engl. *Universal asynchronous receiver-transmitter*, UART). Za vrijeme prebacivanja programa potrebno je modul postaviti u način rada za prijenos

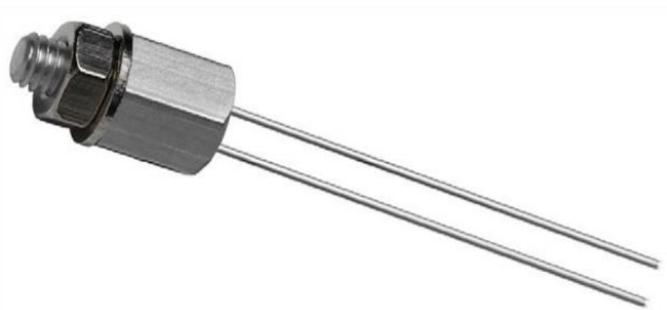
programa putem serijskog sučelja. Na *NODEMCU* razvojnoj pločici potrebno je držati pritisnutu tipku *FLASH*.

Tablica 1. Specifikacija ESP8266 modula.

CPU	Tensilica Xtenda LX106 80 MHz 32-bit RISC
RAM	96 kiB
GPIO	16 pinova
ADC	1 (10-bit)
Radni napon	3,3 V

2.2. Mjerenje temperature NTC termistorom

Mjerenje temperature provedeno je NTC (engl. *Negative Temperature Coefficient*) termistorom **NTCASCWE3103J** tvrtke **Vishay**. Navedeni termistor ima otpor $10\text{ k}\Omega$ na temperaturi $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, koeficijent $\beta=3977\text{ K}$ te toleranciju od 5 %.



Slika 3. NTC termistor NTCASCWE3103J tvrtke Vishay.

Termistor mijenja otpor s promjenom temperature. Kod NTC termistora otpor se smanjuje s povećanjem temperature. Promjenu otpora nije moguće mjeriti direktno pomoću AD pretvornika već je potrebno konstruirati naponsko dijelilo. Otpor NTC termistora R_{NTC} može se odrediti iz jednadžbe naponskog dijelila:

$$R_{NTC} = R1 * \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right)$$

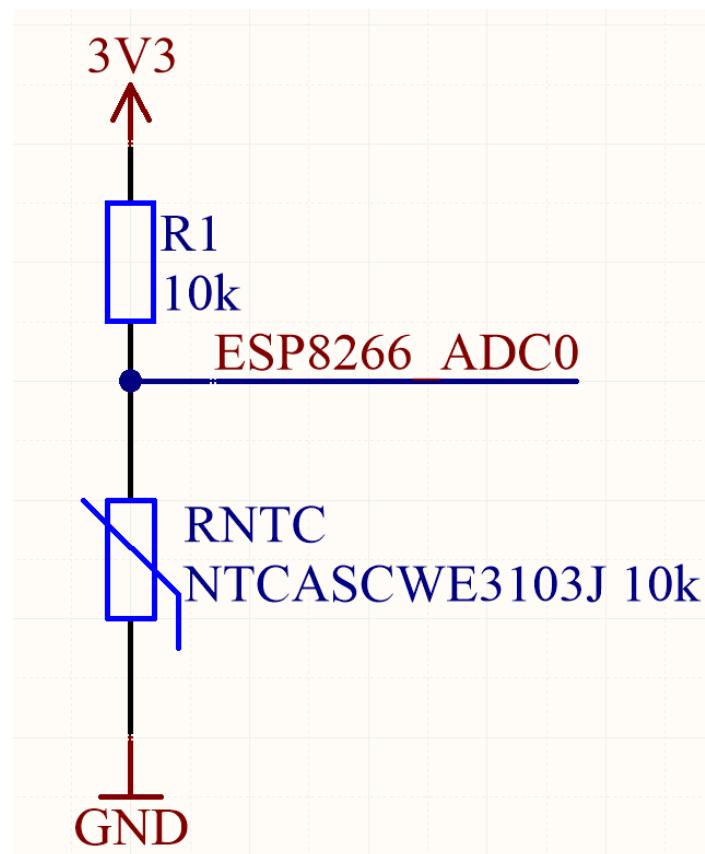
gdje je $R1$ otpor drugog otpornika u djelilu, V_{in} napon pobude na naponskom djelilu, a V_{out} napon koji se dovodi na ulaz AD pretvornika.

Vrijednost otpornika $R1$ bira se tako da bude jednaka nazivnom otporu NTC termistora. U ovom slučaju odabran je otpornik iznosa $10\text{ k}\Omega$. Temperatura prostorije određuje se prema izrazu:

$$T[K] = \frac{\beta * T_{25}}{T_{25} * \ln\left(\frac{R_{NTC}}{R_{T_{25}}}\right) + \beta}$$

gdje je T_{25} temperatura $293,15\text{ K}$, β koeficijent termistora, R_{NTC} izmjereni otpor termistora te $R_{T_{25}}$ nazivni otpor termistora. Formula kao rezultat daje vrijednost temperature u absolutnoj skali te ju je potrebno pretvoriti u Celzijevu skalu oduzimanjem $273,15$ do dobivenog rezultata.

Strujni krug prikazan je slikom 4.

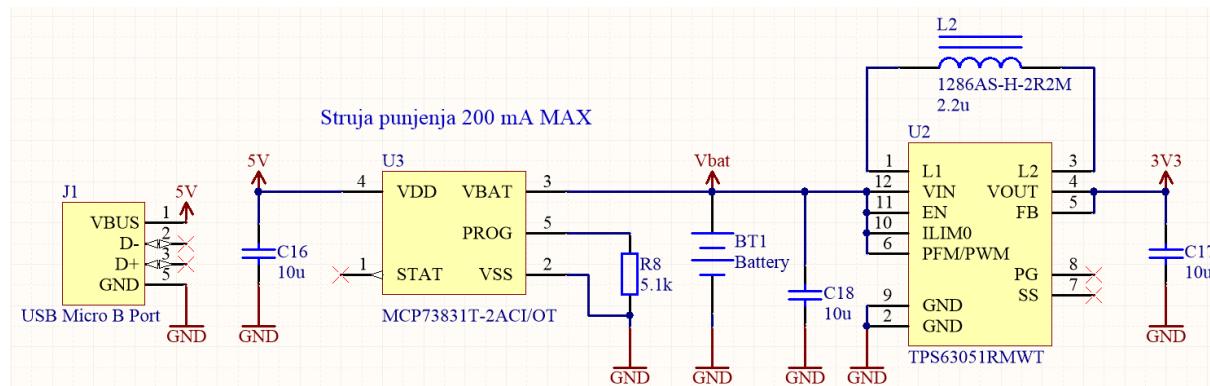


Slika 4. Strujni krug za mjerjenje temperature.

2.3. Napajanje i punjenje baterije uređaja

Predviđeno je da se uređaj napaja iz jedne punjive litij-polimer baterije tipa 18650 kapaciteta 2400 mAh nominalnog napona 3,7 V.

Kako bi pametni termostat mogao raditi u slučaju da dođe do kvara glavnog napajanja ugrađeno je punjenje baterija temeljno na integriranom krugu *MCP73831T*. Ovaj integrirani krug može puniti litij-polimer baterije maksimalnom strujom od 0,5 A pri čemu ne zahtijeva dodatak vanjskih tranzistora. *MCP73831T* ima ugrađenu opciju koja omogućava da se baterije koje su ispraznjene ispod dopuštene razine počnu puniti strujom jakosti svega 10% od nominalne struje punjenja kako bi se izbjegla oštećenja koja se događaju kod punjenja većim strujama. *MCP73831T* zahtijeva jedan otpornik za podešavanje struje punjenja. U našem slučaju struja punjenja podešena je na 200 mA što odgovara vremenu punjenja nešto duljem od deset sati. Integrirani krug dolazi u SOT-23-5 pakiranju što ga čini idealnim za ugradnju u male uređaje.



Slika 5. Sklop za napajanje i punjenje baterije.

U našem se slučaju baterija puni preko *micro USB* sučelja jer se tako puni većina današnjih smartphone uređaja što eliminira potrebu za kupovinom dodatnog punjača ili kabela.

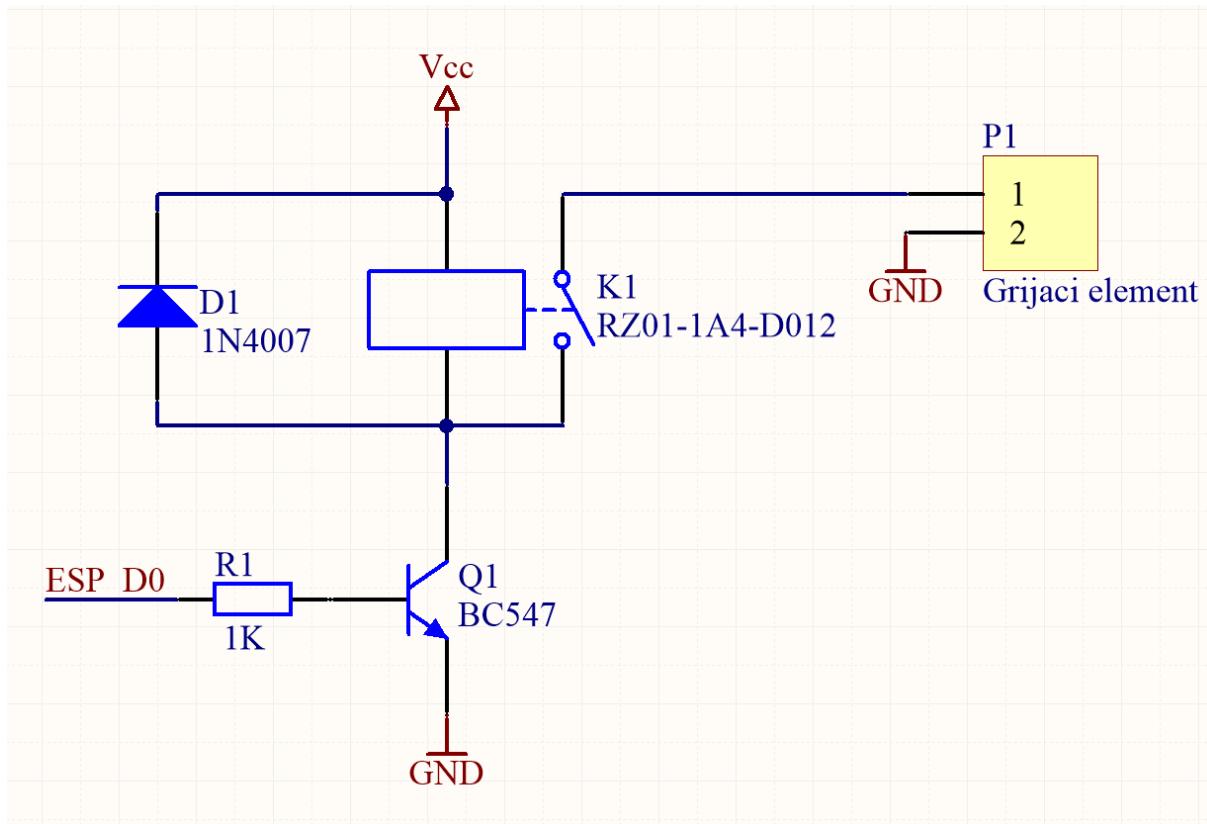
Kako se radi o baterijski napajanom uređaju kao izvor stabilnog napona odabran je *TPS63051 buck-boost switch mode* regulator koji na svojem izlazu daje 3,3 V. Ovaj regulator odlikuje se efikasnošću većom od 90 % što znatno produljuje autonomiju baterije u usporedbi s *LDO* regulatorima.

Mano switch mode napajanja u odnosu na *LDO* povećani je šum kao rezultat frekvencije prekidanja unutar regulatora.

Još jedan izvor smetnji čini zavojnica koja je potrebna za rad switch mode regulatora. Odabrana je tvornički oklopljena zavojnica kako bi se smetnje dodatno smanjile.

2.4. Upravljanje električnim grijaćim elementom

Upravljanje električnim grijaćim elementom vrši se putem releja. Dodatne komponente potrebne za ispravno funkcioniranje sklopa su zaštitna dioda koja štiti sklop od naponskih šiljaka koji nastaju prilikom uključenja i isključenja releja. Tranzistor je povezan preko otpornika na digitalni izvod ESP8266 modula. Digitalni izvodi mogu na svojem izlazu dati ograničenu struju koja nije dovoljna za upravljanje uključenjem i isključenjem releja tj. grijaćeg elementa.



Slika 6. Shema povezivanja releja.

3. Programska potpora

3.1. Web server

Web server podiže se na ESP8266 modulu. Za podizanje servera potrebno je uključiti biblioteke za Web server i komunikaciju putem bežične mreže. Web stranica napravljena je pomoću HTML jezika. Serveru je prilikom spajanja dodijeljena IP adresa koju je moguće pročitati putem serijskog terminala. Web stranici moguće je pristupiti putem web browsera unosom IP adrese u adresnu traku. Kod za inicijalizaciju web servera i serijskog sučelja:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WiFiMulti.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
#include <ESP8266WebServer.h>

ESP8266WiFiMulti wifiMulti;
ESP8266WebServer server(80);
const int led = 2;
char action_page=1;

void handleRoot();
void handleLogin();
void handleNotFound();
void setup(void){
    Serial.begin(115200);
    delay(10);
    Serial.println('\n');
    pinMode(led, OUTPUT);

    wifiMulti.addAP("Tech_D0056737", "sifra");
    Serial.println("Connecting ...");
    int i = 0;
    while (wifiMulti.run() != WL_CONNECTED) {
        delay(250);
        Serial.print('.');
    }

    Serial.println('\n');
    Serial.print("Connected to ");
    Serial.println(WiFi.SSID());
    Serial.print("IP address:\t");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    if (MDNS.begin("esp8266")) {
```

```
Serial.println("mDNS responder started");
} else {
    Serial.println("Error setting up MDNS responder!");
}
```

```
Connecting ...
.....
Connected to Tech_D0056737
IP address: 192.168.0.15
mDNS responder started
HTTP server started
```

Autoscroll Both NL & CR 115200 baud Clear output

Slika 7. Ispis statusa u prozoru serijskog sučelja.



Pametni termostat

Unesite korisnicko ime i lozinku

Username
Password

Filip Sklebar, SPVP 2018.

Slika 8. Sučelje za autorizaciju korisnika.

Pametni termostat

Temperatura u prostoriji iznosi: 27,4 °C

Zeljena temperatura:

Trenutno odabrana temperatura: 28 °C

Filip Sklebar, SPVP 2018.

Slika 9. Upravljačka ploča Pametnog termostata.

4. Zaključak

Sustav pametnog termostata ostvaren je Wi-Fi modulom, sklopom za uključivanje grijajućeg elementa, senzorom temperature te sklopom za redundantno napajanje. Sustav omogućava nadzor temperature prostorije. Osim nadzora, sustav omogućava i uključenje ili isključenje grijajućeg elementa. Sustav se spaja na kućnu bežičnu mrežu te mu je moguće pristupiti putem web preglednika. Prednost ovakvog pristupa je što ne ovisi o platformi ili operacijskom sustavu uređaja s kojim se želi pristupiti sustavu.

Navedeni sustav zamišljen je kao osiguranje od zamrzavanja i puknuća cijevi vodovoda ili grijanja koja mogu nastati pri niskim temperaturama zimi. Korist od ovog sustava imaju ljudi koji napuštaju „pametnu kuću“ tijekom duljeg razdoblja zimi, a žele biti sigurni da u njihovom odsustvu neće doći do neželjene štete. Osim što štiti od štete sustav omogućava uštedu energije.

Sustav bi se mogao nadograditi dodatnim senzorima kao na primjer senzorima vlage i tlaka zraka. Uz nadogradnju programske podrške sustav bi mogao bilježiti i prikazivati trend promjene temperature u dužem vremenskom razdoblju. Dodatno, sustav bi se mogao prilagoditi za povezivanje s drugim podsustavima „pametne kuće“.

5. Literatura

- [1] ESP8266 modul, <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266>, pristupano 12.6.2018.
- [2] W3 Schools HTML, <https://www.w3schools.com/html/>, pristupano 12.6.2018.
- [3] GitHub ESP8266 Module, <https://github.com/adafruit/ESP8266-Arduino>, pristupano 12.6.2018.
- [4] Arduino IDE, <https://www.arduino.cc/en/Main/Software?>, pristupano 12.6.2018.
- [5] RZ01-1A4-D012 Schrack General Purpose Relays datasheet,
http://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7FRZ%7F0516%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_RZ_0516.pdf%7F1-1415899-0, pristupano 12.6.2018.
- [6] TPS6305x Single Inductor Buck-Boost datasheet,
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps63050.pdf>, pristupano 12.6.2018.
- [7] MCP73831/2 Miniature Single-Cell Battery charger datasheet,
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Prototyping/Batteries/MCP73831T.pdf>, pristupano 12.6.2018.
- [8] ESP8266 Web Server, <https://tttapa.github.io/ESP8266/Chap10%20-%20Simple%20Web%20Server.html>, pristupano 12.6.2018.
- [9] IOT based home automation project, <https://circuits4you.com/2016/05/19/iot-based-home-automation-project/>, pristupano 12.6.2018.
- [10] NTC termistor datasheet, <https://hr.mouser.com/datasheet/2/427/ntcascw-222761.pdf>, pristupano 12.6.2018.
- [11] Arduino temperature sensor tutorial, <http://www.circuitbasics.com/arduino-thermistor-temperature-sensor-tutorial/>, pristupano 12.6.2018.

6. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
Wi-Fi modul ESP8266	SoC s integriranim TCP/IP protokolom	https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266
NTC Termistor	Osjetilo koje mijenja svoj otpor s promjenom temperature	https://en.wikipedia.org/wiki/Termistor
Web server	Računalo na kojem se nalazi pohranjena web stranica	https://en.wikipedia.org/wiki/Web_server
AD pretvornik	Integrirani krug koji uzrokuje analogni signal te ga pretvara u digitalni zapis	https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter
GPIO	Univerzalni digitalni ulazi/izlazi	https://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output
UART	Protokol za komunikaciju između uređaja.	https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter
Arduino IDE	Razvojno okruženje za programiranje ESP8266 modula	https://www.arduino.cc/en/Main/Software?
Naponski regulator	Integrirani krug koji na svojem izlazu daje stabilan izvor određenog napona	https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_regulator
Relej	Naponski upravljana sklopka	https://en.wikipedia.org/wiki/Relay
Bipolarni tranzistor	Visokoomski NPN tranzistor	https://en.wikipedia.org/wiki/Bipolar_junction_transistor
USB	Univerzalna serijska sabirница	https://en.wikipedia.org/wiki/USB