

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 5400

**Senzori i aktuatori za
funkcionalnosti pametne kuće**

Luka Žugaj

Zagreb, lipanj 2018.

Zagreb, 9. ožujka 2018.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5400

Pristupnik: **Luka Žugaj (0036494176)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Modul: Elektroničko i računalno inženjerstvo

Zadatak: **Senzori i aktuatori za funkcionalnosti pametne kuće**

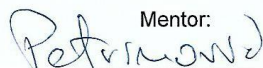
Opis zadatka:

U okviru završnog rada potrebno je istražiti raspoloživost raznovrsnih senzora za primjene u pametnim kućama i način njihovog povezivanja s ugradbenim računalom za prihvatanje mjernih veličina. To mogu biti senzori temperature, vlage i kvalitete zraka u prostoriji, detektori štetnih ili otrovnih plinova, senzori za detekciju pomaka i pokreta u prostoriji, senzori za detekciju udara (npr. potres) ili glasnih zvukova. Razmotriti mogućnosti primjene takvih senzora kod praćenja odnosno udaljenog nadzora starijih ili nemoćnih osoba, u svrhu brze dojava moguće kritičnih situacija. Također je potrebno istražiti raspoložive aktuatorne koje je moguće povezati s ugradbenim računalom radi udaljenog upravljanja s uređajima u ili oko kuće. Posebnu pažnju posvetiti niskoj cijeni sklopovskog rješenja i maloj potrošnji, te razmotriti mogućnosti autonomnog baterijski napajano rada u slučaju nestanka napajanja niskonaponske mreže. Usporediti predloženo rješenje s komercijalnim sustavima.

Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2018.

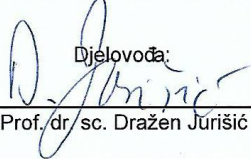
Rok za predaju rada: 15. lipnja 2018.

Mentor:



Prof. dr. sc. Davor Petrinović

Djelovođa:



Prof. dr. sc. Dražen Jurišić

Predsjednik odbora za
završni rad modula:



Prof. dr. sc. Mladen Vučić

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Wemos D1 R1 – ESP8266	2
2.1. Povijest.....	2
2.2. Hardware	3
2.3. Programiranje.....	4
3. Senzori.....	5
3.1. DHT11.....	5
3.1.1. Način rada i komunikacija	5
3.1.2. Spajanje i osnovne karakteristike	6
3.2. MQ-2	8
3.2.1. Osnovne značajke i specifikacije.....	8
3.2.2. Način rada	9
3.2.3. Spajanje na mikrokontroler (Wemos D1 R1)	10
3.3. Radiofrekvencijski primopredajni modul	11
3.3.1. RF odašiljač.....	12
3.3.2. RF prijemnik.....	13
3.4. PIR senzor pokreta.....	14
4. Sustav za praćenje parametara pametne kuće.....	16
4.1. Blynk aplikacija i ugradnja senzora.....	16

4.2.	Daljinsko upravljanje pomoću RF modula	19
4.3.	Napajanje sklopa	22
5.	Raznovrsna primjena ostalih senzora i aktuatora	23
5.1.	Mogućnost nadogradnje sustava.....	23
5.2.	Komercijalni sustavi	25
6.	Zaključak	27
	Literatura.....	28
	Sažetak	29

1. Uvod

U današnje vrijeme želje korisnika su sve veće i zahtjevnije. Posao inženjera je zadovoljiti te postavljene uvjete i naći optimalno rješenje za zadani problem. S obzirom na to da ljudi traže načine kako učiniti život lakšim, a u isto vrijeme i efikasnijim, potrebno je pronaći pravilnu ravnotežu između ljudskih mogućnosti i potreba. Težnja za digitalizacijom, automatizacijom i bežičnim razvojem se širi kroz sve dijelove svijeta što potiče razvoj brojnih tehnoloških grana i tehnologija. Područja koja zadovoljavaju navedene kriterije zasigurno su senzori i aktuatori, koja imaju ulogu u gotovo svim granama industrije.

Cilj ovog rada je pokazati i upoznati se sa raznim tehnologijama različitih senzora i aktuatora, povezivanju istih s mikrokontrolerom, koji će cijeli taj sustav povezati i stvoriti jedan funkcionalan paket prikladan za kućnu uporabu. Za ostvarivanje ove izvedbe potreban je mikrokontroler ESP8266, nekoliko senzora, utičnice na daljinsko upravljanje te odgovarajuća hardverska i softverska podrška. Namjera je pokazati kakve su sve stvari ostvarive uz uporabu ovih komponenti i ukazati na iznimno nisku potrošnju i cijenu kako bi se želje korisnika zadovoljile. Najbitnija značajka ovog sustava je zaštita objekta i ljudi koji se nalaze u njemu i olakšavanje svakodnevnih obaveza kako bi se omogućio lakši i bezbrižniji život.

2. Wemos D1 R1 – ESP8266

2.1. Povijest

Ideja o povezivanju i interakciji više uređaja istovremeno javila se s početkom razvoja bežične mreže. Takav način praćenja i pružanja raznih usluga danas se naziva Internet stvari (engl. *Internet of things*). Njegovom pojavom dogodio se procvat raznih komunikacijskih sustava koje uključuju uporabu različitih protokola. U obilju svih mogućnosti koje su nam dostupne danas u obliku integriranih sklopova, koji se svakodnevno koriste, treba izdvojiti Wemos D1 R1 mikročip temeljen na ESP8266 modulu. Ovaj modul, potpuno razvijen 2014. godine, omogućio je mikrokontrolerima povezivanje na Wi-Fi mrežu uz izuzetno nisku potrošnju energije. S vremenom su se razvile mnoge nadogradnje na takav SoC (System on a Chip) sklop pa danas postoje brojne verzije ovog proizvoda. Svojim karakteristikama najbliži je Arduinu, ali za razliku od njega višestruko je jeftinija opcija i pruža gotovo identične mogućnosti.

U svrhu boljeg povezivanja raznih modula ESP8266 razvijen je NodeMCU, firmware koji omogućava lakši razvoj programske podrške te koji je potreban za dobivanje konačnog funkcionalnog proizvoda. NodeMCU je isključivo baziran na modulu ESP8266-12E i kao takav ostvario je veliku popularnost zbog te verzije sklopa. ESP može djelovati kao samostalna jedinica čiji se programski kod pokreće iz vanjske memorije. Wi-Fi adapter ugrađen na čipu nudi umrežavanje sličnih komponenata i to jednostavnim načinom povezivanja (SPI/SDIO ili I2C/UART). Ova tehnologija pogodna je za kućnu izradu i zbog toga ima široku namjenu kao što je npr. automatizacija stambenih objekata, umrežavanje različitih sustava, korištenje pametnih utičnica na daljinsko upravljanje.



Slika 2.1.1 Wemos D1 R1

2.2. Hardware

Kako se ESP8266 razvijao, na tržište su počeli izlaziti noviji modeli. Prvi model ESP-01 imao je svega 2 GPIO pina te je stoga bio jako ograničen što se tiče komponenata koje se na njega mogu spojiti. Nadogradnjom na ESP-12 broj pinova se znatno povećao. Jedini je problem bila serijska komunikacija s računalom, ali ona se mogla ostvariti uporabom bilo kakvog FTDI *programera* koji bi se spojio na računalo, a s druge strane na pločicu.

NodeMCU je omogućio serijsku komunikaciju koristeći svega USB port, koji se jednostavno povezao na računalo. Tada bi se, koristeći serijski terminal, iznimno lako ostvarila serijska komunikacija čipa i računala. Što se tiče samih komponenti koje Wemos D1 sadrži, one se nisu mnogo mijenjale tijekom razvoja, a vidljive su u sljedećim specifikacijama :

- 11 GPIO ulazno izlaznih pinova opće namjene
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi (20/17/14 dBm)
- operabilno napajanje 3.3 V (min 2.6 ~ max 3.6 V)
- periferne sabirnice SDIO 2.0/(H) SPI/UART/I2C/I2S/IR daljinsko upravljanje
- integriran TCP/IP protokol koji regulira rad IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP protokola
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- operabilna temperatura 40C ~ 125C
- dimenzije 68.6mm x 53.4mm
- 32-bit CPU: Tensilica Xtensa L106 80 MHz, RISC arhitektura
- operabilna struja : 80mA
- vanjska QSPI flash memorija: 512 KiB do 4 MiB
- 64 KiB RAM za instrukcije, 96 KiB RAM za podatke
- Podržava funkcije za Android i iOS uređaje
- načini rada duboki san <10uA (buđenje<2ms), mirovanje < 1.0mW

2.3. Programiranje

Za rad sa Wemos D1 pločicom baziranoj na ESP8266 tehnologiji, najjednostavnije je koristiti softver Arduino IDE [1]. To je razvojni alat koji služi kao programska podrška za razne mikrokontrolere. Komunikacija samog sustava i računala je također vidljiva preko ovog softvera. Zahvaljujući neprofitabilnim organizacijama, ESP8266 je postao kompatibilan s razvojnim okruženjem. Potrebno je samo spojiti pločicu s USB kabelom na računalo kako bi se ostvarila željena komunikacija. Na takav način doveli smo napajanje na pločicu, koje se kasnije može i dovesti preko baterije ili drugog izvora energije. Na sljedećoj slici prikazan je najjednostavniji kod za paljenje i gašenje svjetleće diode koja je ugrađena na pločicu i sučelje programa Arduino IDE :



Slika 2.3.1 Prikaz programskog sučelja

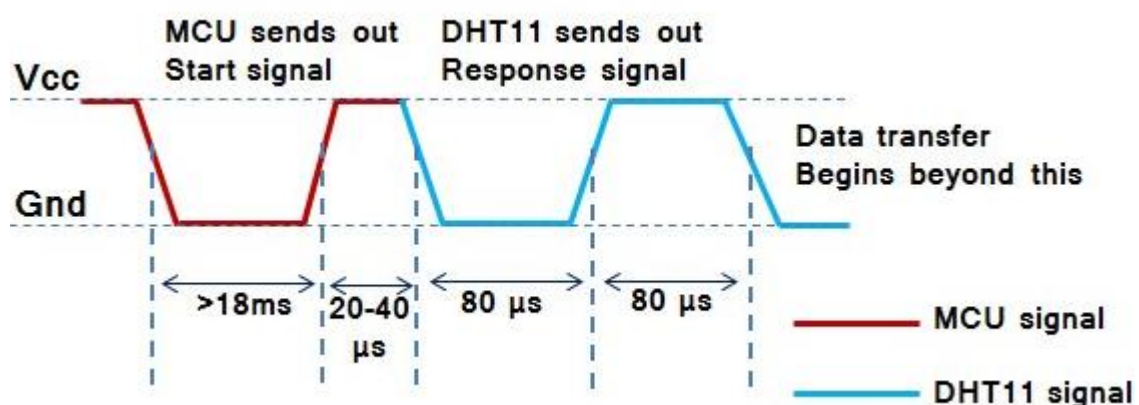
- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Kompiliranje | 8. Pomoćna oznaka za prečice |
| 2. Učitavanje koda na mikrokontroler | 9. Radna površina za pisanje koda |
| 3. Izrada nove skice | 10. Oznaka statusa |
| 4. Otvaranje skice | 11. Poruka konzole |
| 5. Spremanje skice | 12. Korišten mikrokontroler |
| 6. Otvaranje serijskog monitora | |
| 7. Ime skice | |

3. Senzori

3.1. DHT11

3.1.1. Način rada i komunikacija

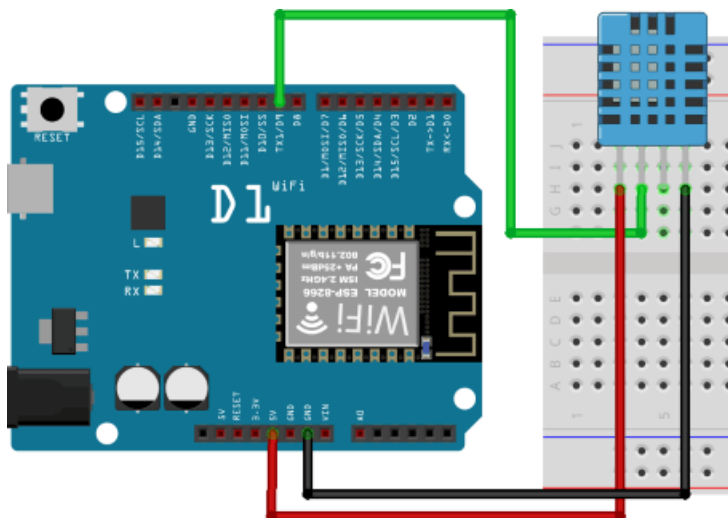
DHT11 [2] je kapacitivni senzor relativne vlažnosti zraka i temperature. Senzor se sastoji od dva dijela. Prvi dio, izveden je kao mali termistor, mjeri temperaturu tako da mu se pri promjeni stupnja zagrijanosti mijenja otpor. Drugi dio predstavlja mali senzor vlage, koji je lemljen na osnovnu pločicu. Ima otvorene bakrene vodove koji su međusobno vrlo blizu. Što je više vlage u zraku, više vlage dolazi i na same vodove te je otpor među njima manji. Senzor dakle čita dvije vrijednosti i pretvara ih u digitalni signal. Komunikacija DHT11 i mikrokontrolera odvija se preko SDA (*serial data*) pina na senzoru i I/O (*input output*) pina na mikrokontroleru. Time je ostvarena *single-bus* komunikacija. Slanje impulsa visoke razine '1' i niske '0' nisu istog trajanja. Trajanje za bit '1' iznosi 70 μs , dok '0' traje 28 μs . Prijenos signala pokreće se slanjem signala *Start*. Podatkovna linija se postavlja nisko najmanje 18ms, a potom se postavlja visoko sljedećih 20 do 40 μs , nakon čega slijedi visoka razina trajanja 80 μs . Nakon primanja *Response* signala, mikrokontroler je spreman za primanje podataka. Senzor zatim šalje 5 bajtova podataka u liniji podataka. Tijekom prijena šalje se i najznačajniji bit.



Slika 3.1.1.1 Dijagram Start i Response signala

3.1.2. Spajanje i osnovne karakteristike

DHT11 sadrži 4 pina, ali jedan od njih nema nikakvu ulogu pa se može naći i izvedba s 3 pina. Lako se spaja u krug s Wemos modulom kao što je prikazano na slici :



Slika 3.1.2.1 Spajanje senzora s Wemos D1

Ovo je prikaz spajanja DHT11 senzora na mikrokontroler. Pri spajanju izvoda treba pripaziti na sljedeće:

- (1) VCC (+) izvod senzora spaja se na 3V3 utor na pločici
- (2) GND (-) izvod senzora spaja se na GND utor na pločici
- (3) Data izvod senzora spaja se na jedan od digitalnih utora na pločici (ovdje je to utor D1)

Prije samog spajanja potrebno je proučiti specifikacije samog senzora koji se upotrebljava :

Glavne karakteristike DHT11 senzora[2]:

- Niska cijena
- Napajanje 3V –5V
- Max. struja 2.5mA
- Raspon očitavanja vlažnosti 20% –90% RH
 - Tolerancija učitane vlažnosti 2% –5%
- Raspon očitavanja temperature -40°C –+80°C
 - Tolerancija učitane temperature ± 2 °C
 - Frekvencija 0.5 Hz
- Dimenzije 12*15.5*5.5 (mm)

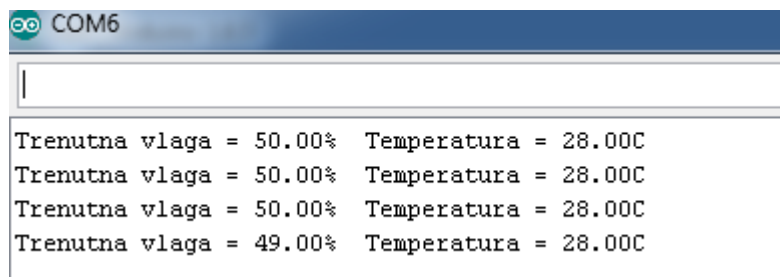
Za funkcionalan rad senzora u programu Arduino IDE potrebno je programirati kod koji će za rezultat dati valjane i ispravne rezultate.

Za navedeni kod rezultat će biti prikazan na serijskom monitoru:

```
#include "DHT.h" // uključena biblioteka za DHT11 senzor
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define dht_dpin 5 // Data pin koji se koristi
DHT dht(dht_dpin, DHTTYPE);

void setup(void)
{
  dht.begin();
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Vlaga i temperatura\n\n");
  delay(500);
}

void loop() {
  float h = dht.readHumidity(); // čitanje temperature
  float t = dht.readTemperature(); // čitanje vlage
  Serial.print("Trenutna vlaga = ");
  Serial.print(h);
  Serial.print("% ");
  Serial.print("Temperatura = ");
  Serial.print(t);
  Serial.println("C ");
  delay(2000); // čekaj 2 sekunde
}
```



```
COM6
|
Trenutna vlaga = 50.00% Temperatura = 28.00C
Trenutna vlaga = 50.00% Temperatura = 28.00C
Trenutna vlaga = 50.00% Temperatura = 28.00C
Trenutna vlaga = 49.00% Temperatura = 28.00C
```

Slika 3.1.2.2 Prikaz serijskog monitora za DHT11 senzor

3.2. MQ-2

3.2.1. Osnovne značajke i specifikacije

MQ-2 [3] je senzor za detekciju plinova. Ima sposobnost detekcije različitih plinova kao što su metan, propan, naftni plin, etanol(alkohol) i dim. Karakterizira ga velika osjetljivost i brz odziv, tako da mjerenja mogu biti izvedena u kratkom roku. Na samom senzoru postoji potenciometar koji određuje njegovu osjetljivost. Čip ima 4 pina, a sam senzor spada u analogne. Izravno ne mjeri sve plinove zasebno, nego su mjerenja određena izlazom iz pina AOUT koji predstavlja napon koji senzor šalje prema mikrokontroleru. Rastom koncentracije određenog plina, također raste izlazni napon. Iako bolje mjeri prisutnost tekućih plinova, solidno mjeri kakvoću zraka ako su prisutni plinoviti plinovi. Od izvoda kojih sadrži, dva predstavljaju izlaz, digitalni i analogni, dok ostala dva predstavljaju napon napajanja i masu. Prednost ovog senzora je ujedno i njegov nedostatak. Naime, univerzalan je jer mjeri kvalitetu zraka u odnosu na utjecaj različitih plinova, dok s druge strane ne može raspoznati zbog kojeg plina dolazi do promjene izlaznog napona. Osnovne značajke ovog senzora su sljedeće :

- Dimenzije: 32mm x 22mm x 27mm
- Napon: 5V
- Digitalni(High/Low) i analogni(0V-5V) izlaz
- Dug životni vijek i pouzdanost
- Vrlo brz odziv
- 4-pinski muški konektor



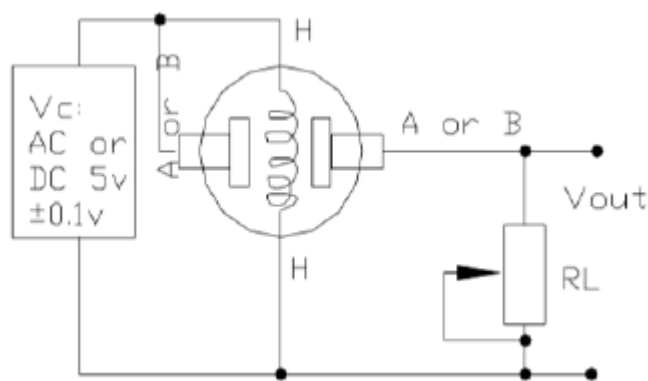
Slika 3.2.1.1 MQ-2 senzor

3.2.2. Način rada

Senzor radi na temelju naponskog djelila. Naime, plin koji dolazi iz okoline ionizira dijelove senzora, a zatim se apsorbira što utječe na promjenu potencijala unutar senzora koja predstavlja pojavu struje. Što je više plina prisutno, poteći će veća struja. Zbog ovakvih unutarnjih promjena, u senzoru se mijenja otpor koji utječe na bitnu značajku, a to je povratna informacija u vidu izlaznog napona. Dijeljenje napona određeno je izrazom :

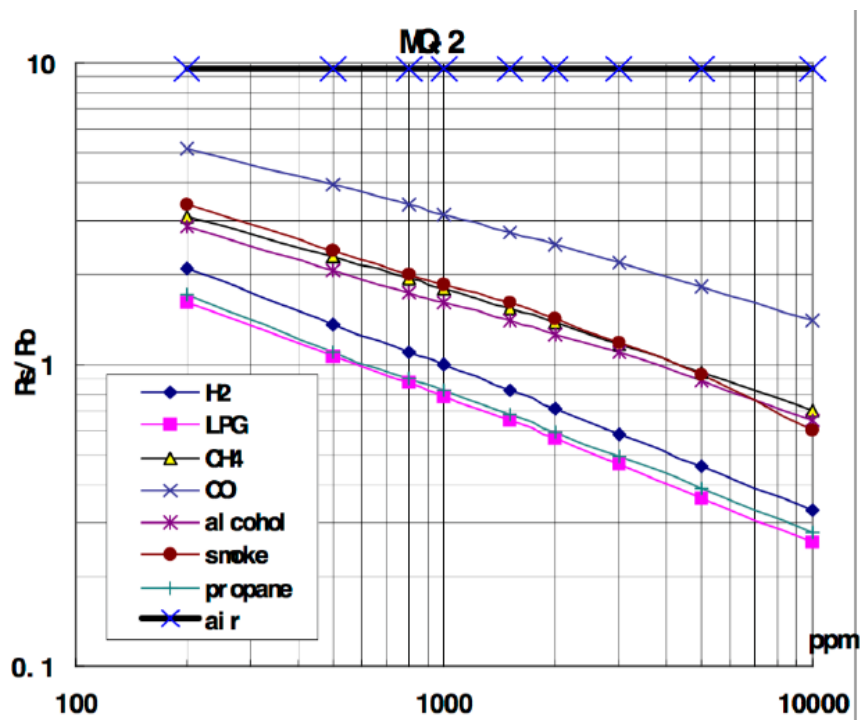
$$U_{izlazno} = U_{ulazno}[V] \times \frac{RL[\Omega]}{RL[\Omega]+RS[\Omega]} \quad (2-1)$$

Kako bi bilo jasnije, predočena je shema strujnog kruga MQ-2 senzora :



Slika 3.2.2.1 Shema MQ-2 senzora

RL predstavlja promjenjivi otpornik, a RS je otpor senzora. $U_{izlazno}$ označava napon na pinu AOUT, a U_{ulazno} je napon koji dolazi s mikrokontrolera i čini napajanje senzora. Što se tiče koncentracije plinova koju ovaj senzor mjeri, potrebno je proučiti sljedeći graf. Preko njega se pojašnjava kako zasićenost zraka nekim plinom ovisi o izlaznom naponu senzora. Graf prikazuje vrijednosti *ppm* (*parts per million*) različitih plinova pri 20 °C, relativnoj vlažnosti 65%, koncentraciji kisika 21% i vrijednosti $RL=5\text{ k}\Omega$.



Slika 3.2.2.2 Karakteristika osjetljivosti MQ-2 senzora

R_0 na Y-osi označava vrijednost otpornika kada se senzor nalazi u okolini 1000 ppm H_2 u čistom zraku. Može se iščitati da različiti plinovi djeluju na različite načine. Minimalna koncentracija koja se može mjeriti je 100 ppm a maksimalna 10000 ppm. Drugim riječima, to predstavlja koncentraciju između 0.01 % i 1 %. Nažalost je nemoguće jedinstvenom formulom obuhvatiti sve plinove i njihov utjecaj jer je svojstvo koncentracije za sve plinove zajedno izrazito nelinearno.

3.2.3. Spajanje na mikrokontroler (Wemos D1 R1)

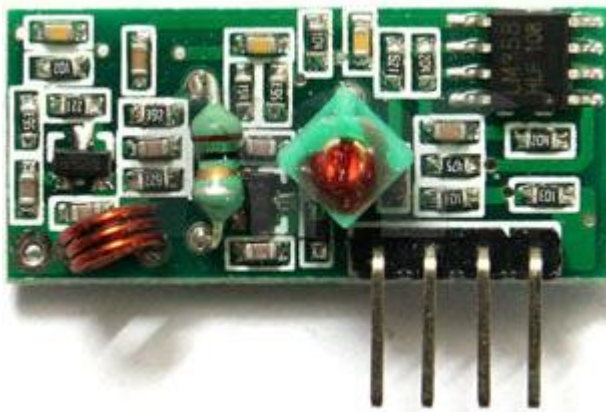
Senzor je namijenjen spajanju na Arduino pločice i njemu slične. Iako je preporučeno koristiti napajanje od 5 volti, vrlo dobro radi i sa 3.3 volta. Spajanje je omogućeno jer Wemos također sadrži analogni pin pa se jednostavno priključak senzora AOUT spoji na pin A0, dok je sa VCC i GND pinom ista stvar kao za sve ostale senzore. Prije samog spajanja nužno je izraditi kod koji će omogućiti pravilan rad senzora, također izrađen u programu Arduino IDE.

```
void loop() {  
  
    float sensor_volt;           // vrijednost izlaznog napona  
    float sensorValue;  
    for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)  
    {  
        sensorValue = sensorValue + analogRead(A0);  
    }  
    sensorValue = sensorValue/100.0;  
    sensor_volt = sensorValue/1023*5;  
}
```

Naime, vrijednost koju mikrokontroler očitava sa senzora iznosi između 0 i 5 volta te se prikazuje kao vrijednost od 0 do 1023. Broj treba podijeliti s 1023 da bi se dobila postotna vrijednost napona. Konačno, potrebno je tu vrijednost pomnožiti s 5 kako bi se dobila izlazna vrijednost napona.

3.3. Radiofrekvencijski primopredajni modul

RF modul [4] sastoji se od jednostavnog prijemnika i odašiljača. Njima se omogućuje jednostrana komunikacija najčešće na frekvencijama od 315, 330 ili 434 MHz. Ovi jednostavni moduli nalaze primjenu u kućnoj automatizaciji, kao što je npr. otvaranje garažnih vrata, daljinsko upravljanje bez potrebe za ključevima, upravljanje igračkama. Čipovi dolaze u vrlo malim dimenzijama, što modul čini prihvatljivim za raznovrsnu uporabu i moguću ugradnju u mnoge sustave.



Slika 3.3.1 RF prijemnik



Slika 3.3.2 RF odašiljač

3.3.1. RF odašiljač

Izveden pomoću SAW (*Surface acoustic wave*) rezonatora koji je konfiguriran kao oscilator, sklop radi na napajanju od 3V do 12V. Karakterizira ga niska potrošnja, odnosno niska snaga i struja u režimu aktivnog rada. Približne vrijednosti struja kreću se od 9mA na 3 volta, do 40mA na 12 volta. U radu s nekim plivajućem spojem, npr. baterijom, niskom potrošnjom sklopa osigurat će se njena dugotrajnost. Najveća izlazna snaga iznosi svega 10mW. Moguća je ugradnja nekoliko odašiljača u istom malom prostoru, a njihovo će međudjelovanje biti moguće zbog kratkoće i niske stope ponavljanja prijenosa. Prenosi se najmanja moguća informacija ključna za funkcionalan rad. Sastoji se 8 bitova koji identificiraju podatak i još 4 dodatna bita za kontrolu varijabli ili identifikaciju. Niska brzina prijenosa podataka omogućava identifikaciju i kontrolu i prihvatljiva je za 4-bajtni prijem. Protokol koji se koristi je jednostavno objasniti, prvi signal koji dođe će biti prvi obrađen i kao takav neće ostati zanemaren. Tipične karakteristike ovakvog modula su sljedeće :

- Dimenzije: 19 x 19 x 7.6mm (bez igle) (neki su i manji)
- Frekvencija: 315, 330 ili 433MHz
- Točnost frekvencije: $\pm 150\text{KHz}$
- Napon napajanja: 3 do 12V
- Maksimalna ulazna snaga: 480mW (na 12V)
- Maksimalna brzina prijenosa podataka: 8000 bita / sekundi
- Modulacijska tehnika: ASK

3.3.2. RF prijemnik

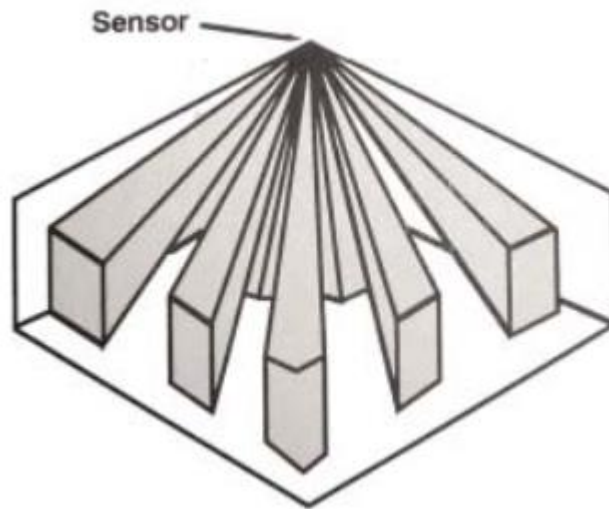
Prijemnici se mogu svrstati u dvije kategorije, a to su izravni i superheterodinski. Superheterodinski smanjuje šum, ima veću osjetljivost i bolje odvaja susjedne kanale, gotovo je dvostruko skuplji i dostupan samo kod nekih proizvođača. Stoga, više se koristi izravni. Dolazi u dva oblika, na slici 3.3.1 prikazan je oblik s 4 pina (postoji i s 2x4 pina). Signal kojeg prima svojom amplitudom raste sve do točke oscilacije, zatim se u tom trenutku oscilator "ugasi" na neko vrijeme tako da nema oscilacija. Nakon proteklog vremena proces se ponavlja ako se pojavio željeni signal zadovoljavajuće frekvencije. U trenutku kada oscilator prestane oscilirati, izlaz sklopa mijenja stanje. Prihvat signala i njegova obrada temelje se na ASK (*Amplitude-shift keying*) modulaciji [5]. Ovaj modul koristi najjednostavniji oblik takve modulacije nazvan OOK (*On-off keying*). Bitna informacija sadržana je u tzv. nosivom valu koji je moduliran s ulaznim signalom. Prisutnost tog vala simbolizira visoku razinu "1", a odsutnost "0". Karakteristike ovog modulja su sljedeće :

- Dimenzije: 30,5 x 14 x 9mm (kraća verzija, bez igle)
- Sučelje: 4-pinsko
- Frekvencija: 315, 330 ili 433MHz
- Propusnost: 2MHz
- Napon napajanja: 3.3 do 6V
- Antena: Duljina: 10 do 20cm
- Osjetljivost: -104dbm
- Maksimalna brzina prijenosa podataka: 4800 bita / sekundi
- Modulacijska tehnika: ASK/OOK
- Domet :do 150m (ovisno o okolini)
do 10m bez antene;

Iz karakteristika se može vidjeti da je jedna od opcija za bolji domet prihvaćanja signala postavljanje antene, čija je optimalna duljina oko 17 cm. Antena može biti napravljena od spiralne bakrene žice što omogućuje laku dostupnost potrebnog materijala.

3.4. PIR senzor pokreta

Pasivni infracrveni detektori pripadaju skupini detektora unutarnjeg gibanja. Najvažniji dio cijelog sklopa čini okruglo metalno kućište s pravokutnim kristalom smještenim unutra. Senzor detektira toplinsko zračenje u štíćenom prostoru te također prati kretanje izvora toplinskog zračenja kroz zone detekcije prikazane na slici [6] :



Slika 3.4.1 Zone detekcije

Senzor je u detektoru pokreta podijeljen u dva dijela. Razlog tome je što sklop reagira na pokret, odnosno promjenu, a ne računa neke prosječne vrijednosti. Dva dijela su spojena tako da poništavaju jedan drugog. Ako jedna polovica pokazuje više ili manje infracrvenog zračenja od druge, to će uzrokovati promjenu izlaza iz visoke u nisku razinu ili obrnuto.

U stanju mirovanja, oba dijela senzora očitavaju jednaku količinu infracrvenog zračenja, dakle ne dolazi do promjene. U slučaju prolaska osobe ili životinje kroz prostor vidljiv detektoru dolazi do pozitivne diferencijalne promjene unutar jednog dijela senzora. Na isti način se odvija i negativna promjena, koja se događa u trenutku kada osoba napusti određen prostor. Metalno kućište u kojem se nalazi senzor je hermetički zatvoreno kako bi se smanjio utjecaj temperature, vlage i time uklonio dio šuma.

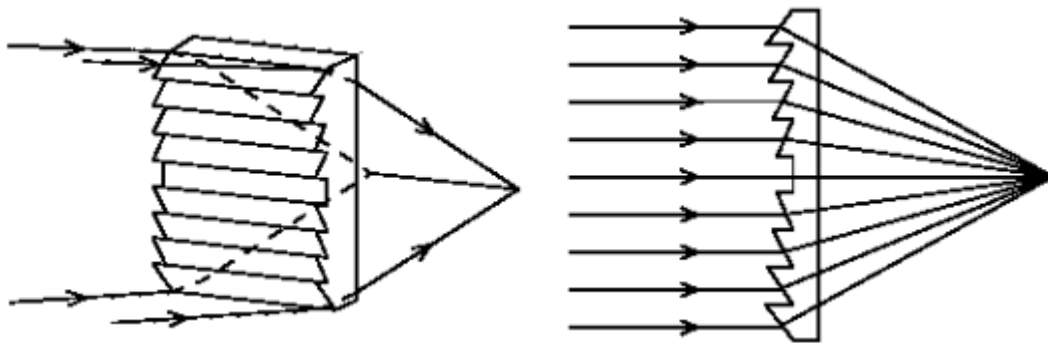


Slika 3.4.2 PIR senzor



Slika 3.4.3 Leća senzora

Na gore prikazanim slikama, vidljiv je PIR senzor, koji promatramo u izradi ovog projekta te leća koja utječe na osjetljivost sklopa. Njena izrada je vrlo jednostavna, izrađena je od plastike, a cijena joj je zanemariva. Loša strane ove leće je njen domet koji može opaziti. Bolje rješenje bi bilo korištenje leća korištenih u kamerama, ali to je skuplja opcija. Problem dometa djelomično je riješen uporabom Fresnelovih leća. Njihov dizajn se može vidjeti na slici 3.4.1.4.



Slika 3.4.4 Fresnelova leća

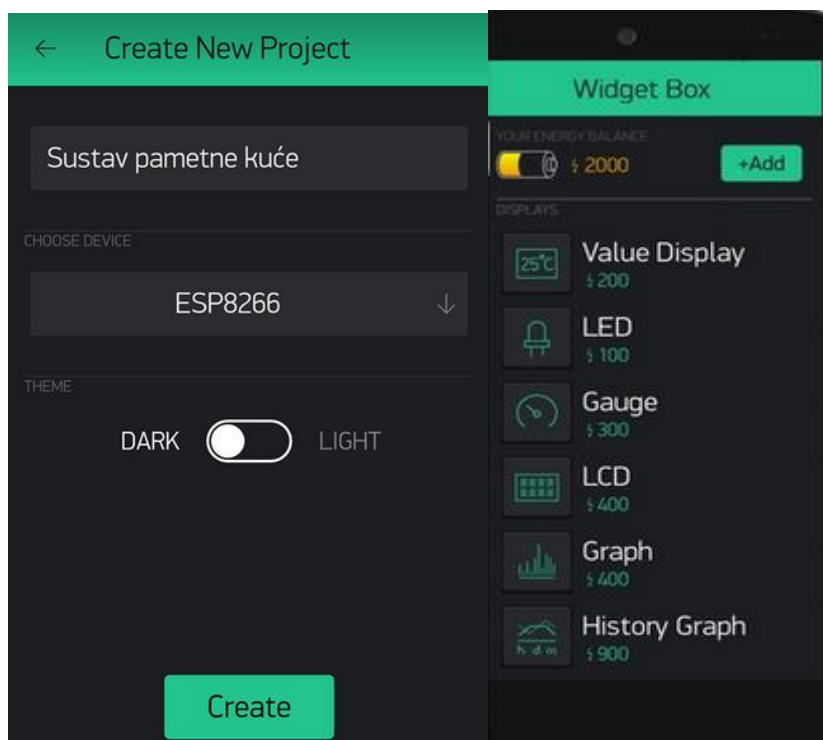
Takva izrada leća smanjuje utjecaj svjetla i tako pruža veći raspon zračenja senzora. Za izradu projekta kućne automatizacije bitna je niska cijena sklopovlja što ovaj sklop zadovoljava. Senzor sadrži tri pina, od kojeg dva predstavljaju masu i napajanje, dok je treći pin TTL izlaz od 3.3 volta. Sklop također sadrži još tri bočna pina, koji označuju režim rada u kojem senzor radi. Takozvani H režim će davati visoku razinu na izlazu sve dok je prisutan pokret u prostoriji. Za razliku od njega, L pin će uzrokovati visoku razinu određenog trajanja, a nakon toga nisku. Ako je pokret i dalje prisutan, opet će se pojaviti visoka te niska razina. Spajanjem napajanja na jedan od ta dva pina omogućava preskakanje regulatora 5-voltnog napajanja i tako omogućuje rad sa 3.3 volti, ali za potrebe projekta bit će spojen na 5 volti.

4. Sustav za praćenje parametara pametne kuće

U svrhu izrade ovog rada, napravljen je sustav ostvaren pomoću mikrokontrolera Wemos D1 R1 i njemu spojenih senzora. Senzori koji se koriste navedeni su u prethodnom poglavlju, a to su: senzor pokreta, senzor za vlagu i temperaturu, radiofrekvencijski predajnik i prijamnik, senzor za mjerenje plinova te dodatan alarm koji služi za ostvarenje uzbune unutar pametne kuće. Kako bi se očitavanja senzora što više pojednostavila i maksimalno prilagodila korisniku, sustav će biti povezan preko aplikacije Blynk, koja svojim sučeljem pruža sučelje jednostavno za korištenje.

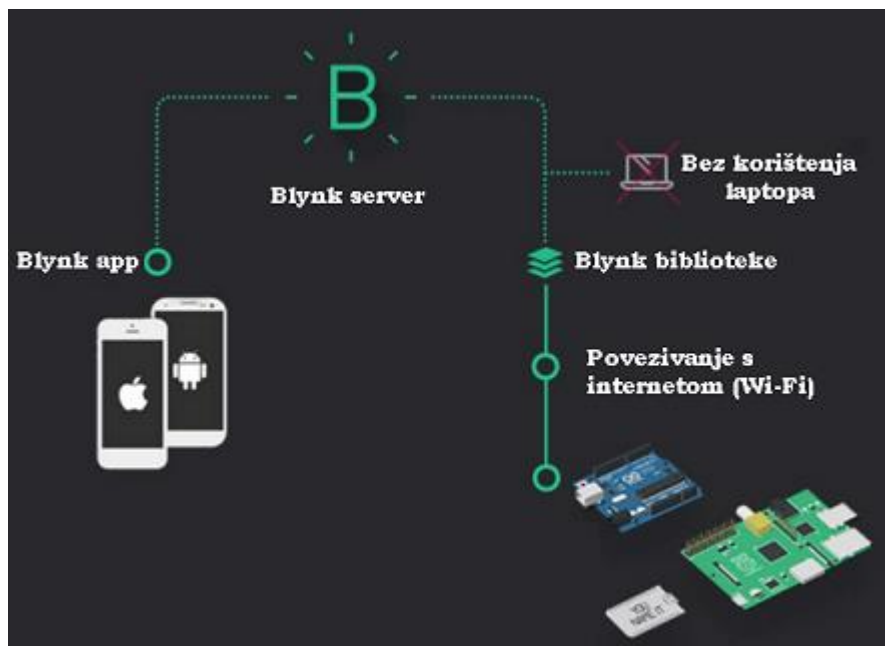
4.1. Blynk aplikacija i ugradnja senzora

Blynk [7] je platforma napravljena za iOS i Android aplikacije za kontrolu hardvera. Tipičan primjer su Arduino, Raspberry Pi i ESP8266. Glavna namjena je jednostavno upravljanje widgetima koji mogu predstavljati senzore ili nekakve druge bitne informacije. Za projekt treba instalirati aplikaciju i dobiti jedinstveni kod za autorizaciju.



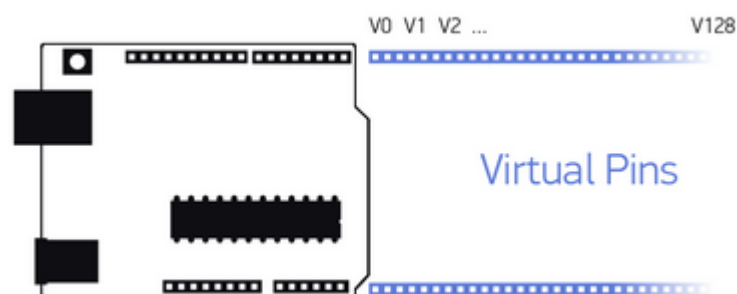
Slika 4.1.1 Blynk aplikacija

Za implementaciju ove aplikacije nužno je povezati sve korištene senzore preko Wi-Fi veze. Programski kod ostvaren je u programu Arduino IDE. Blynk koristi svoje naredbe i funkcije pa je prije samog pisanja koda potrebno preuzeti biblioteku. Moguće ju je naći na službenim stranicama aplikacije. Sljedeća slika prikazuje shemu koja opisuje rad i interakciju aplikacije i hardverskog sklopa.



Slika 4.1.2 Shema Blynk-a i mikrokontrolera

Jedna od glavnih uloga servera je stalna razmjena podataka između mikrokontrolera i aplikacije. To je izvedeno virtualnim pinovima. Koncept virtualnih pinova prikazan je slikom.



Slika 4.1.3 Virtualni pinovi

Ovo nam omogućava velik broj mogućnosti i nadogradnje sustava. Pinovi dozvoljavaju komunikaciju s bilo kojom bibliotekom, senzorom ili aktuatorom. Najlakše ih je opisati kao jednu kutiju mogućnosti koju mogu otvoriti samo oni koji

imaju pristup. Programski, razmjena podataka izgleda vrlo jednostavno. Potrebno je samo pridijeliti virtualnom pinu njegov broj i zatim mu odrediti koju će vrijednost uzimati i to prezentirati putem *widgeta*. Primjerice, za ovaj projekt koristi se DHT senzor temperature i vlage pa nadopuna kodom potrebnim za prijenos podataka u aplikaciju izgleda :

```
float h = dht.readHumidity();  
float t = dht.readTemperature();  
Blynk.virtualWrite(V5, h);  
Blynk.virtualWrite(V6, t);  
delay(2000);
```

Blynk server će prepoznati varijable „h“ i „t“ i kao takve preuzeti njihove brožane vrijednosti i prenijeti ih u aplikaciju u vidljivom obliku. Nakon što se to napravi za ovaj senzor, potrebno je isto napraviti i za senzor dima.

Odabirom *widgeta* može se slikovito prikazati vrijednost senzora.



Slika 4.1.4 Prikaz temperature i vlage u aplikaciji

Uz ova dva pokazivača, dodan je prikaznik mjerenja kvalitete zraka koji je opisan u poglavlju 3.2. Najbolje ga je prikazati pomoću lcd prikaznika .



Slika 4.1.5 Prikaz senzora za dim

U sljedećim poglavljima objašnjena je primjena i implementacija ostalih senzora u ovoj aplikaciji, primjerice aktuatora, koji će biti ostvaren pomoću virtualnih tipaka koje će omogućavati paljenje i gašenje utičnica daljinskim upravljanjem.

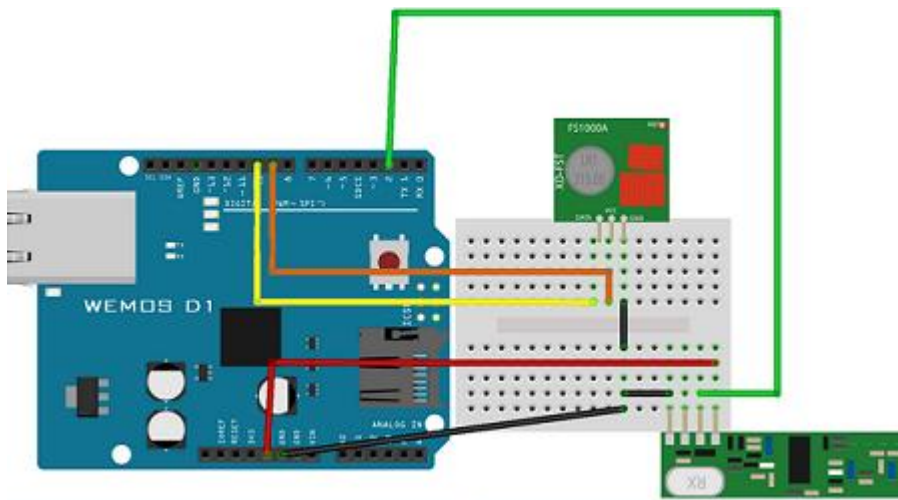
4.2. Daljinsko upravljanje pomoću RF modula

U sklopu rada korištena je oprema sa što moguće manjom cijenom kako bi se pokazala mogućnost jednostavne automatizacije koja je ostvariva u svakom objektu. Za upravljanje su bile potrebne utičnice na daljinsko upravljanje kao na slici :



Slika 4.2.1 Set za daljinsko upravljanje

S obzirom na to da je svrha projekta automatizacija, daljinski će se koristiti samo za čitanje signala koji je generiran pritiskom na različite tipke. Način rada RF modula objašnjen je ranije, a za očitavanje binarnog koda koji proizvodi tipka pri stiskanju koriste se određene biblioteke i izrađuje odgovarajući programski kod.



Slika 4.2.2 Spajanje RF modula na WEMOS D1 pločicu

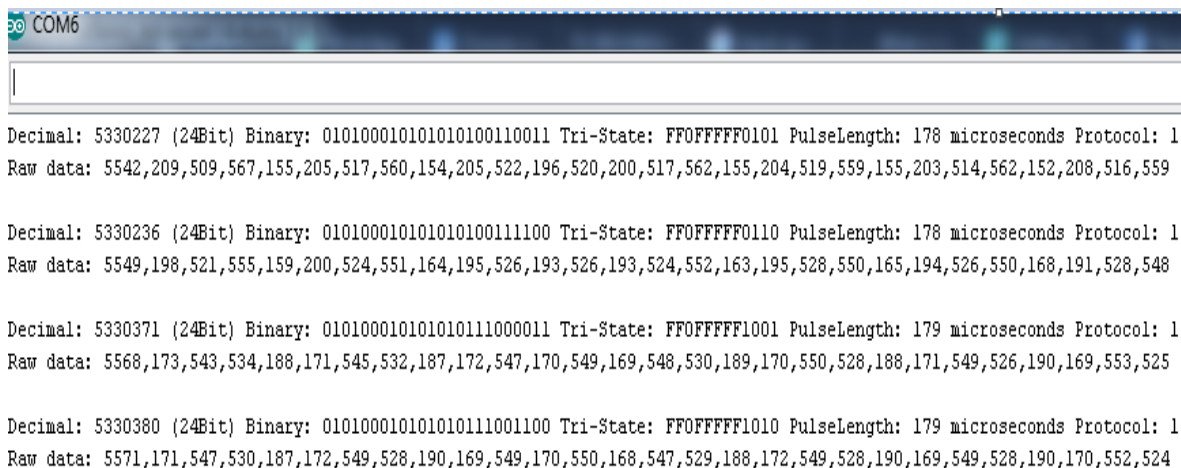
Sljedećim programskim kodom postiže se kontrola uređaja pod nazivom radio uređaji. Biblioteka „RCSwitch.h“ sadrži potrebne funkcije koje nastoje dekodirati signal odaslan od strane daljinskog upravljača. U odsustvu signala, prijemnik konstantno pokušava pronaći signal frekvencije 433 MHz, no sve što nalazi je šum. Nakon što se pojavi koristan signal, treba svega nekoliko milisekundi da bi se otkrila 24-bitna adresa koju predstavlja određena tipka.

```
#include <RCSwitch.h>
RCSwitch mySwitch = RCSwitch();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  mySwitch.enableReceive(0); // Prijamnik je na pinu GPIO0
}

void loop() {
  if (mySwitch.available()) { // Kada se pojavi koristan signal
    output(mySwitch.getReceivedValue(),
    mySwitch.getReceivedBitlength(), mySwitch.getReceivedDelay(),
    mySwitch.getReceivedRawdata(),mySwitch.getReceivedProtocol());
    mySwitch.resetAvailable();
  }
}
```

Nakon prenošenja koda na mikrokontroler, pritiskom na tipku daljinskog upravljača uz otvoreni serijski monitor u programu Arduino IDE, trebali bi se pojaviti vrijednosti koje karakteriziraju tipku. Ovaj kod odgovara korištenju prijarnika, dok će se odašiljač koristiti u završnoj verziji gdje više nije potreban prijarnik. Svaka tipka predstavlja jedinstveni kod jer bi u protivnom došlo do preklapanja adresa više tipki i sustav ne bi prepoznao što treba izvršiti. Osim 24-bitne adrese, bitni su podaci o protokolu koji se koristi i trajanju impulsa signala. Vrijednosti treba sačuvati jer su potrebne za ispravan rad cijelog sklopa bez daljinskog. U završnom programskom kodu te će se vrijednosti umetnuti u programski blok koji odrađuje izvedbu odašiljača. Koristit će se dvije utičnice, jedna koja će služiti isključivo za paljenje i gašenje putem aplikacije, a druga će biti povezana sa senzorom pokreta koja će se paliti i gasiti ovisno o aktivaciji senzora.



```
COM6
Decimal: 5330227 (24Bit) Binary: 010100010101010100110011 Tri-State: FFOFFFFFF0101 PulseLength: 178 microseconds Protocol: 1
Raw data: 5542,209,509,567,155,205,517,560,154,205,522,196,520,200,517,562,155,204,519,559,155,203,514,562,152,208,516,559

Decimal: 5330236 (24Bit) Binary: 010100010101010100111100 Tri-State: FFOFFFFFF0110 PulseLength: 178 microseconds Protocol: 1
Raw data: 5549,198,521,555,159,200,524,551,164,195,526,193,526,193,524,552,163,195,528,550,165,194,526,550,168,191,528,548

Decimal: 5330371 (24Bit) Binary: 010100010101010111000011 Tri-State: FFOFFFFFF1001 PulseLength: 179 microseconds Protocol: 1
Raw data: 5568,173,543,534,188,171,545,532,187,172,547,170,549,169,548,530,189,170,550,528,188,171,549,526,190,169,553,525

Decimal: 5330380 (24Bit) Binary: 010100010101010111001100 Tri-State: FFOFFFFFF1010 PulseLength: 179 microseconds Protocol: 1
Raw data: 5571,171,547,530,187,172,549,528,190,169,549,170,550,168,547,529,188,172,549,528,190,169,549,528,190,170,552,524
```

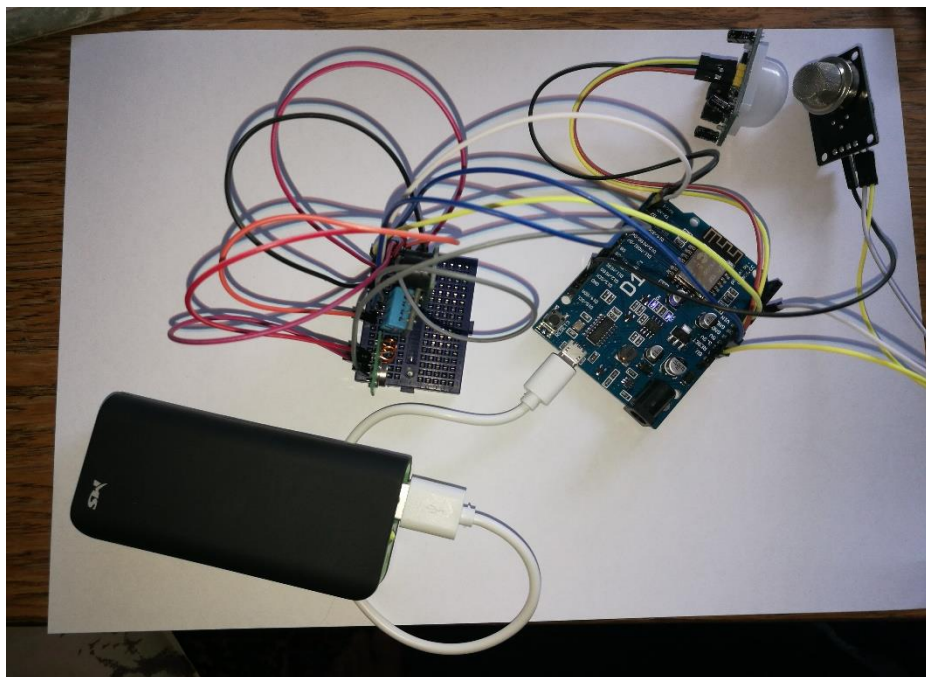
Slika 4.2.3 Prikaz adresa i trajanja impulsa pritiskom na tipku

Na slici su prikazane tri vrijednosti, decimalna, binarna, i tzv. *tri-state*. Svaka od njih se može upotrijebiti za kasnije slanje te adrese mikrokontroleru. Što se tiče samih utičnica, imaju ograničenje snage od 2300W. Što znači da su idealne za različite primjene, kao npr. paljenje i gašenje lampi, kontrola jednostavnijih sklopova niske potrošnje. Preko daljinskog upravljanja radi do 25 metara udaljenosti, što za ovaj projekt znači da se sustav mora nalaziti unutar tog okvira. Pozitivna strana je rad kroz zidove i stropove.

Daljinsko upravljanje olakšava svakodnevni život i može se promatrati kroz više aspekata. Omogućen je udaljeni nadzor pa se mora napomenuti da ovakva implementacija sklopa u jednu pametnu kuću ima višestruku korist. Također, ovo se može primjenjivati kao jedna vrsta sigurnosnog sustava u određenim ustanovama. Prilagođeno je ljudima svim uzrastima. Starijim i nemoćnim ljudima osobito pomaže u svrhu dojava mogućih kritičnih situacija. Od ovog projekta mogu se razraditi mnogi drugi prilagođeni specifičnim zahtjevima ako je to potrebno. Nemoćne osobe bi mogle u svakom trenutku upravljati određenim stvarima u kojim možda bez ovog sustava to ne bi bilo moguće. Kao na primjer, moguće bi bilo razraditi opciju niske potrošnje objekta tako da se u slučaju druženja u dvorištu ili vrtu ugase svi nepotrebni izvori potrošnje unutar kuće. To bi uštedjelo novce, a sama ugradnja, kako je vidljivo u ovom radu, ne mora biti skupa i komplicirana. Ovim sustavom se može upravljati jako velikim brojem utičnica, tako da se primjena može proširiti kroz cijeli stambeni prostor ili drugi objekt.

4.3. Napajanje sklopa

Cijeli sustav je potrebno napajati koje je moguće izvesti na više načina. Za vrijeme programiranja čipa, dovoljan je USB kabel koji daje 5 volti napona na izlazu i dovoljan je za napajanje čipa. Čip je relativno niske potrošnje što mu omogućava napajanjem baterijom. Osim preko USB kabela, mikrokontroler također sadrži ulaz za napajanje 9-24 volta koji se zatim sklopovski konvertira i prilagodi uvjetima potrebnim za normalan rad. Namjena cijelog sustava je niska potrošnja, što se odabirom korištenih senzora zadovoljava. Zbog toga, moguća je i jednostavna izvedba s prenosivom baterijom, koja bi se ugradila uz sam sustav i tako napajala sklop. Prednost je svakako jednostavno korištenje, a nedostatak je punjenje koje je potrebno nakon desetak dana. Moguće je uzeti bateriju s većim kapacitetom pa će punjenje biti potrebno tek nakon što prođe dulji period.



Slika 4.3.1 Sklop napajan prenosivom baterijom

Bolje rješenje, ali ipak malo kompliciranije, primjena je AC/DC pretvornika. Cijena je prihvatljiva i iznosi 30 kuna. Jednostavno se na ulaz pretvornika dovede izmjenični napon raspona 85 do 265 volti koji na svom izlazu daje istosmjerni napon potreban za rad mikrokontrolera. Napon od 230 volti efektivne vrijednosti moguće je dovesti iz utičnice, a pin VIN na pločici treba spojiti na izlaz iz

konvertera i tako se dobije konstantan izvor napajanja. Maksimalna izlazna struja od 700mA bit će sasvim dovoljna za održavanje svih senzora u normalnom režimu rada.



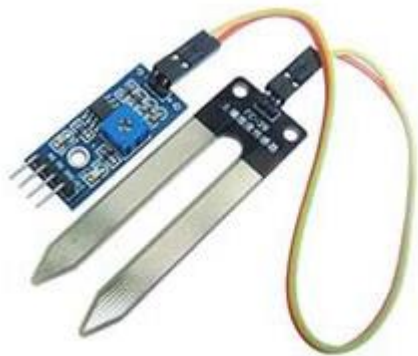
Slika 4.3.2 AC/DC pretvarač

5. Raznovrsna primjena ostalih senzora i aktuatora

5.1. Mogućnost nadogradnje sustava

Poznato je da se u današnje vrijeme ubrzano razvijaju mnoge tehnologije i proizvode mnoge komponente. Time su obuhvaćeni i senzori koji se koriste u svakodnevnom životu i prisutni su u gotovo svim granama industrije. Za potrebe ovog rada, obratit ćemo pozornost na grupu senzora korisne za funkcionalnost pametne kuće i olakšavanje svakodnevnih zadataka vezanih za održavanje stambenog prostora. Jedan od takvih primjera je senzor higrometar kojemu je glavna namjena mjerenje vlažnosti tla. Ovim je moguće postići automatizirano održavanje svih biljaka u kući tako da se mjerenjem vlažnosti ustanovi je li potrebno dodavanje vode ili nije.

Sljedeći vrlo koristan senzor mogao bi biti mikروفon. Danas postoje mnoge izvedbe u vidu dječjih mikrofona koji su korisni za roditelje u slučaju kada nisu blizu djece, a željeli bi znati što se događa, odnosno barem čuti što se događa. Poznato je da potrepštine za djecu imaju visoku cijenu, a kupnjom senzora na slici bi se uštedjela solidna količina novca. Moguće je implementirati da pri određenom intenzitetu zvuka (npr. dječji plač) mikروفon signalizira roditelju što se događa i dojavu porukom.



Slika 5.1.1 Higrometar



Slika 5.1.2 Mikrofon

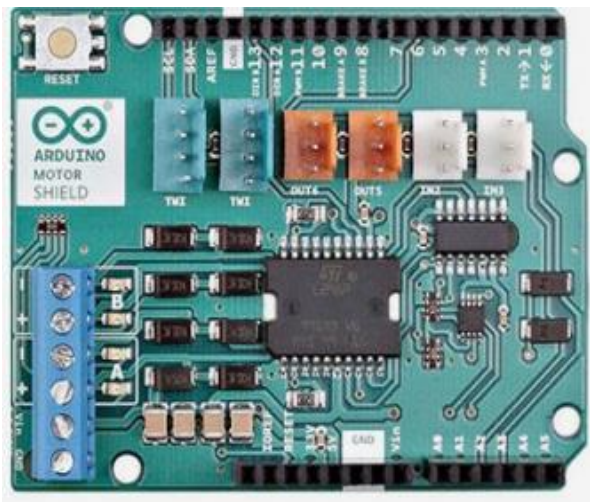
Još postoje mnogi drugi senzori tipa akcelerometri, barometri, fotootpornici itd. Valjalo bi izdvojiti senzor vibracije koji radi na principu velike osjetljivosti. Mjeri vibracije i ako dođe do visokih vrijednosti, njegov digitalni izlaz predaje visoku razinu mikrokontroleru i javlja da se nešto događa. Njegova primjena je u slučaju potresa da brzo dojavu svim ukućanima da je potreban veliki oprez. Nadalje, moguće ga je ugraditi u sustave za protuprovalu. Ako bi kojim slučajem provalnik počeo intenzivno dodirima izazivati vibracije, ovo bi bio dobar način da ga se zaustavi u njegovom naumu.



Slika 5.1.3 Senzor vibracija

Osim senzora, moguće je povećati broj funkcija sustava koristeći aktuator. Oni su važni u mnogim proizvodima za korisničku i industrijsku primjenu. Razlika njih i senzora je u tome što senzori sakupljaju podatke iz okoline i obrađuju ih, dok se korištenjem aktuatora donose odluke temeljene na tim podacima. Za proširenje ovog sustava moguće je iskoristiti *Arduino Relay Shield* ili *Motor Shield*. Prvo navedeni, imao bi istu namjenu kao i utičnice na daljinsko upravljanje s radiofrekvencijskim modulom. Služio bi kao jedna vrsta kontrolne sklopke za

upravljanje. Releji može biti zadužen za kontrolu pumpi i ventila. Za nadogradnju ovog projekta najbolji izbor bila bi mogućnost navodnjavanja dvorišta ili vrta. *Motor Shield* može upravljati malim DC motorima za otvaranje i zatvaranje roleta na prozorima, navlačenje zavjesa i slično. Takav inteligentni sustav bio bi povezan internetom i pružao korisniku mnoštvo izbora pri optimizaciji potrošnje energije vlastitog doma.



Slika 5.1.4 Arduino Motor Shield



Slika 5.1.5 Arduino Relay Shield



Slika 5.1.6 Aktuator 12V kontroler linearnog pokreta

5.2. Komercijalni sustavi

Danas postoje brojni gotovi sustavi koji koriste najmodernije tehnologije izrade. Pametne kuće postaju sve popularnije i sve više ljudi se odlučuje za njih. Pogodnosti koje pružaju su mnoge kao npr. ušteda vremena za obavljanje jednostavnih zadataka koje se mogu automatizirano izvršavati, ušteda energije i smanjenje ukupne potrošnje. Komercijalni sustavi koji se koriste mogu iznositi od 10000 do 100000\$. Postoji puno funkcija takvih sustava kao što su kontrola rasvjete, kontrola ventilacije, otvaranje ili zatvaranje garažnih vrata, kontrola

grijanja ili hlađenja, video nadzor. Glavna komponenta cijelog modela pametne kuće je centralni upravljački sustav. Služi za optimizaciju potrošnje energije u kući. Uvijek postoji razvijena aplikacija za takav sustav koju koristi korisnik i preko nje može regulirati temperaturu prema vašim uputama, kontrolirati rasvjetu, uključiti i isključiti električne potrošače, poput perilice rublja tijekom razdoblja jeftine struje, sustav ventilacije, rolete te upravljati protupožarnim sustavom. Jedan takav upravljački sustav prikazan je na slici [8] :



Slika 5.2.1 Upravljački sustav – Samsung

Ovakav sustav povezuje ostale senzore preko aplikacije izrađene specifično za ovaj primjerak na slici. Senzori izgledaju jako moderno kao npr. senzor plinova, koji za razliku od MQ-2 senzora ne mjeri samo napon nego i točnu koncentraciju plina i na temelju toga prosljeđuje podatke upravljačkom sustavu.



Slika 5.2.2 Senzor plinova

Gotovo je za svaku funkciju koja je smisljena moguća automatizacija. U tome je velika prednost pametnih kuća i njen porast i popularnost mogu samo rasti. S raznim tehnologijama i konkurencijom, cijena će postati pristupačnija svima.

6. Zaključak

U današnjem svijetu sve je veća potražnja za jednostavnijim, ali i efikasnijim sustavima koji će uštedjeti vrijeme i prostor. Tu skupinu čine senzori i različiti aktuatori koji olakšavaju svakodnevni život čineći inteligentni sustav pametne kuće. Za potrebe kućne automatizacije ne treba izdvojiti mnogo novca, što ovaj projekt pokazuje. Primjenom raznovrsnih senzora niske cijene moguće je ostvariti pouzdan sklop koji služi za upravljanje i zaštitu stambenog objekta. Koristeći mikrokontroler Wemos D1 R1 omogućena je dostupnost mnogih softverskih i hardverskih rješenja. Iako se komercijalnim sustavima češće dobije moderniji i vrlo pouzdan sklop, ovako implementiran sustav također unosi velike prednosti kao što su niska potrošnja i relativno velika brzina rada. Promatrajući ovu granu industrije, zasigurno se u narednim godinama mogu očekivati veliki napredci i razvoj mnogih tehnologija uz moguć pad cijena u komercijalnim rješenjima.

Literatura

- [1] Arduino I/O software, <https://www.arduino.cc/en/main/software>, pristup: svibanj 2018.
- [2] DHT11 Sensor Overview, <https://learn.adafruit.com/dht/overview>, pristup : svibanj 2018.
- [3] Grove - Gas Sensor(MQ2), http://wiki.seeedstudio.com/Grove-Gas_Sensor-MQ2/ , pristup : svibanj 2018.
- [4] 433 MHz RF Receiver Module, <https://components101.com/433-mhz-rf-receiver-module>, pristup : svibanj 2018.
- [5] G.Šišul, Odabrana poglavlja elektroničkih komunikacija-fizički sloj, Sveučilište u Zagrebu, 2017.
- [6] Ž.Ban, Prezentacije iz kolegija Alarmi i sustavi : Protuprovalni unutarnji senzori, Sveučilište u Zagrebu, 2009.
- [7] Blynk application, <https://www.blynk.cc/> , pristup: lipanj 2018.
- [8] Smart home systems for a connected domicile, <https://www.techhive.com/article/3206310/connected-home/best-smart-home-system.html>, pristup: lipanj 2018.

Sažetak

Senzori i aktuatori za funkcionalnosti pametne kuće

U ovom radu opisuje se korištenje različitih senzora i aktuatora u svrhu izgradnje sustava pametne kuće. Sustav je ostvaren uporabom mikrokontrolera Wemos D1 R1 i aplikacije Blynk koja povezuje korištene senzore i omogućava pristup korisniku. Javno dostupnim alatima implementirano je rješenje koje predstavlja prototip inteligentnog sustava upravljanja kuće. Posebna je pažnja posvećena niskoj cijeni sklopovske izvedbe i maloj potrošnji. Analizom su utvrđene razlike s komercijalnim sustavima i različite mogućnosti ugradnje i načina napajanja sklopa radi što veće efikasnosti.

Ključne riječi: Wemos D1 R1, Blynk, IoT, pametne kuće, senzori, aktuatori

Summary

Sensors and Actuators for the Functionality of a Smart Home

This paper examines the use of various sensors and actuators in intent to build smart home system. The system is executed by microcontroller called Wemos D1 R1 and Blynk application that connects sensors together and allows customers to access the system. Using publicly available tools a solution was implemented which represents a prototype of an intelligent house control system. Special attention is paid to low cost of hardware and low power consumption. The analysis determined the differences with commercial systems and the numerous options for installation and assembly mode for greater efficiency.

Key words: Wemos D1 R1, Blynk, IoT, smart houses, sensors, actuators