

Pametna hiša

Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

4. letnik tehnik mehatronike

marec 2020

Pametna hiša

Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

Luka Šinkovec in Matic Zvržina

4. letnik tehnik mehatronike

Mentor: Oliver Milincič, dipl. inž. elektrotehnike

marec 2020

Srednja šola tehniških strok Šiška

Vsebina

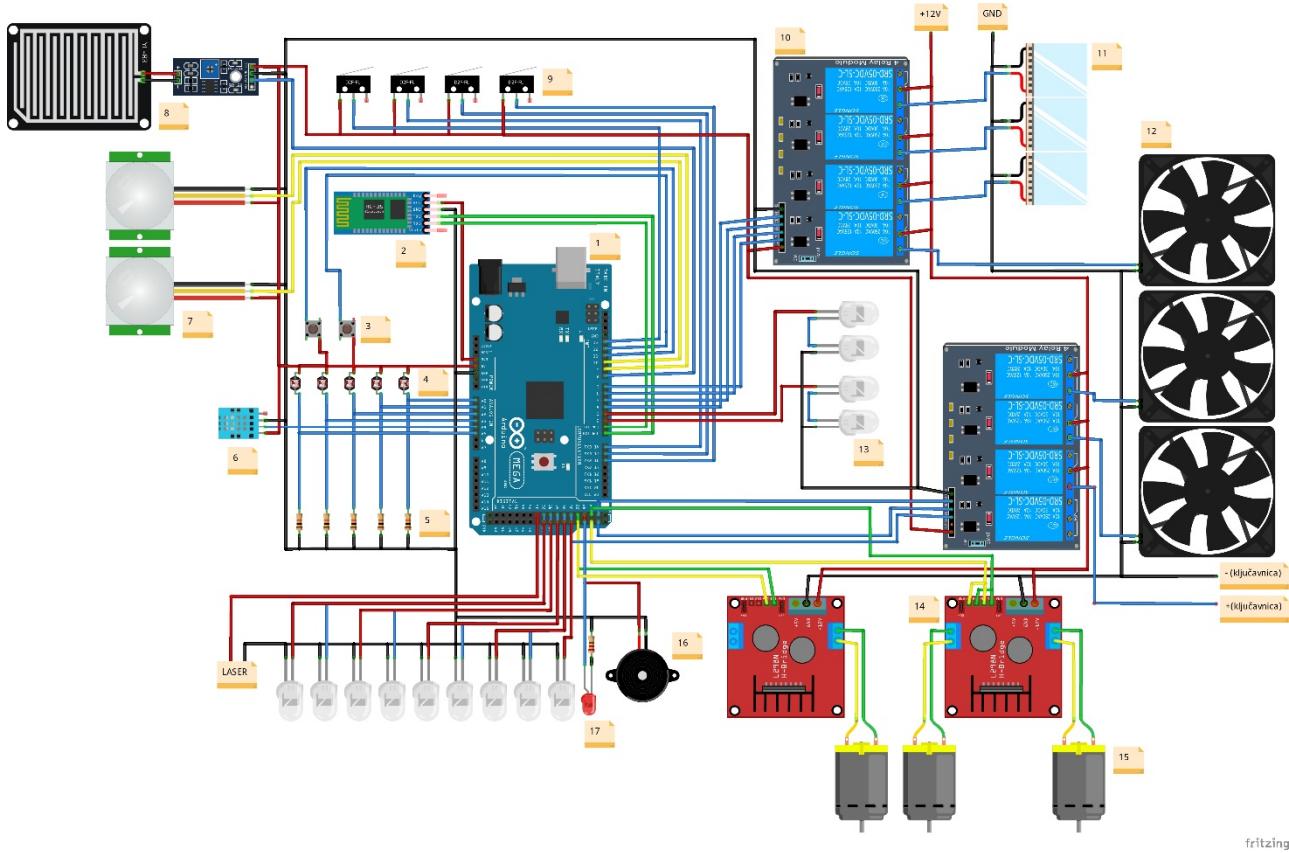
Seznam prilog	1
Podatki iz aplikacije	1
Elektro načrt	2
Povzetek.....	3
1 Uvod	4
2 Teoretični del.....	5
3 Izdelava, materiali in delovanje.....	5
3.1 Mikrokrmlnik	5
3.2 Senzorji.....	6
3.2.1 HC-06.....	6
3.2.2 DHT11	6
3.2.3 FC-37	7
3.2.4 PIR senzor.....	7
3.2.5 LDR.....	8
3.2.6 Končna stikala.....	8
3.3 Aplikacija	9
3.3.1 Opis delovanja	9
3.4 Program	13
3.4.1 Luči in zunanja osvetlitev	13
3.4.2 Alarm	13
3.4.3 Vhodna vrata.....	13
3.4.4 Ogrevanje/hlajenje	14
3.4.5 Garažna vrata	14
3.4.6 Avtomatsko strešno okno.....	14
4 Rezultati in razprava.....	15
5 Zaključek	16
6 Literatura in Viri.....	17
6.1 Viri spletni strani.....	17
6.2 Viri slik.....	17
6.3 Knjige	17

Seznam prilog

Podatki iz aplikacije

- 101 ... luč1 ON
- 102 ... luč1 OFF
- 103 ... luč1 AUTO
- 104 ... luč2 ON
- 105 ... luč2 OFF
- 106 ... lič2 AUTO
- 107 ... zunanja osvetlitev ON
- 108 ... zunanja osvetlitev OFF
- 109 ... zunanja osvetlitev AUTO
- 110 ... vhodna vrata
- 112 ... dol (kk)
- 113 ... dol (dk)
- 114 ... gor (kk)
- 115 ... gor (dk)
- 116 ... alarm ON
- 117 ... alarm OFF
- 118 ... odpri okno
- 119 ... zapri okno
- 120 ... okno AUTO
- 210 – 230 ... temperatura

Elektro načrt



1 ... Arduino Mega 2560

2 ... bluetooth modul HC-06

3 ... stikalo

4 ... LDR (senzor svetlobe)

5 ... upor $10k\Omega$

6 ... DHT (senzor za temperaturo in vlago)

7 ... PIR (senzor gibanja)

8 ... FC-37 (senzor za dež)

9 ... končno stikalo

10 ... 4 kanalni rele

11 ... grelno telo

12 ... ventilator

13 ... LED bela

14 ... L298N (H-bridge)

15 ... enosmerni električni motor

16 ... pizo element

17 ... LED rdeča

fritzing

Povzetek

Raziskovalna naloga opisuje izdelavo makete pametne hiše, ki vsebuje pametno električno inštalacijo. Cilj naloge je krmili celotno hišo preko mikrokrmlnika Arduino mega in pametnega telefona, za katerega smo izdelali aplikacijo, ki preko bluetootha pošilja ukaze mikrokrmlniku. Ta pa jih po zapisanem algoritmu in podatkov iz senzorjev izvršuje. Preko aplikacije lahko krmilimo notranjo razsvetljavo, zunanjou razsvetljavo, vhodna in garažna vrata, notranjo temperaturo in alarm.

Ključne besede: pametna hiša, pametna električna inštalacija, mikrokrmlnik, aplikacija, algoritmom in senzorji.

Summary

The research assignment describes the design of a smart home model that contains smart electrical installation. The goal was to control the whole house via an Arduino mega and smartphone microcontroller, for which an app was built that sends commands to the microcontroller via bluetooth. This, according to the algorithm and the data from the sensors, executes them. Through the application we can control indoor lighting, outdoor lighting, entrance and garage doors, indoor temperature and alarm.

Key words: smart house, smart electrical installation, microcontroller, application, algorithm and sensors.

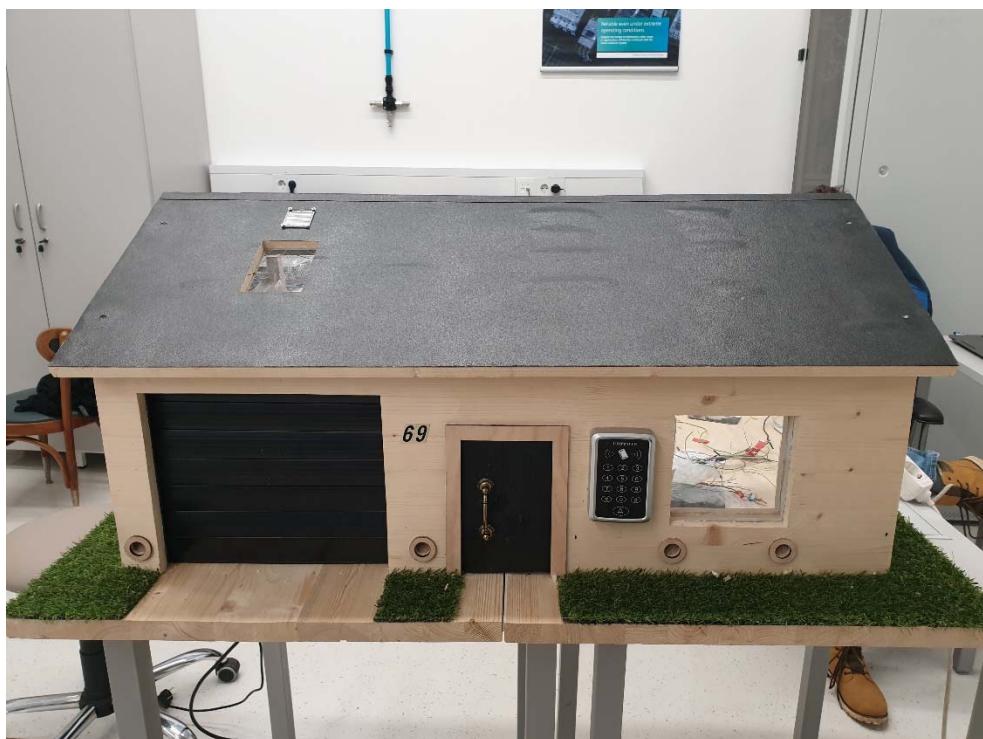
1 Uvod

Glavna ideja naloge je ali je mogoče pri pametnih hišah uporabiti manjši mikrokrmlnik in ne standardni krmilnik kot so npr. HomeSeer krmilnik, ki stane 1200 evrov. Za ta primer je v nalogi uporabljen mikrokrmlnik Arduino mega.

Hipoteze za raziskavo so:

- Nadzor osnovne aplikacije pametne hiše preko Arduino mikrokrmlnika.
- Nadzor mikrokrmlnika z aplikacijo na telefonu.
- Z aplikacijo je možno predvajati glasbo in video posnetke na našem modelu.

Naloga se je začela z osvetljavo, za katero smo uporabili dvoje stikal na notranji steni makete. Nato smo dodali še hlajenje in gretje s pomočjo senzorja za vlago in temperaturo ter grelnih teles in ventilatorjev. Po tem smo začeli razmišljati o možnosti nadzora hiše preko telefona, uporabili smo bluetooth vmesnik in doma narejena aplikacija za telefon. Po zaključitvi in uresničitvi nadzora osvetljave ter temperature preko aplikacije, smo dodali še nadzor nad vhodnimi vrati, oknom in garažnimi vrati. S tem se maketa približala delovanju dejanske pametne hiše z dragim profesionalnim krmilnikom. Na koncu smo dodali še alarmni sistem, ki deluje na podlagi zaznavanja toplih teles in njihovega premikanja. Na žalost v trenutnem stanju model še ne more predvajati glasbe ali video posnetkov, ker je še v fazi izdelave.



Slika 1: Model pametne hiše

2 Teoretični del

Cene drugih krmilnikov so preverjene na spletni strani *Home Controls*. Na tej spletni strani se najdejo vsi potrebni deli za izdelavo pametne hiše od več različnih proizvajalcev. To vključuje tudi tehnično dokumentacijo in ceno izdelkov, katere naloga primerja z uporabljenimi materiali.

House Controls, 3.3.2020; <https://www.homecontrols.com/home-automation/home-automation-controllers/pro-grade-home-automation-controllers>

3 Izdelava, materiali in delovanje

3.1 Mikrokrmlnik

Za krmiljenje pametne hiše smo uporabili mikrokrmlnik Arduino Mega 2560, kateri ima 54 digitalnih vhodov/izhodov (definira se v programu), od katerih jih lahko 14 izvaja pulzno širinsko modulacijo (PWM). Poleg digitalnih vhodov ali izhodov ima mikrokrmlnik tudi 16 analognih vhodov. Mikrokrmlnik ima 256 KB bliskovitega pomnilnika (flash memory). Delovna napetost Arduina Mega je 5 V. Priporočljiva napajalna napetost je 7 – 12 V. Arduino Mega se programira preko Arduino Software (IDE), kateri je zasnovan na osnovi programskega jezika C. [1]



Slika 2: mikrokrmlnik Arduino Mega 2560

3.2 Senzorji

3.2.1 HC-06

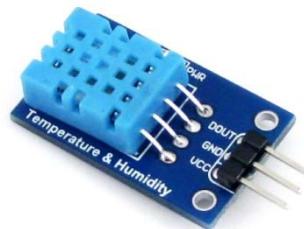
To je bluetooth vmesnik preko katerega lahko Arduinu pošiljamo podatke. HC-06 in deluje pri ultra visokih frekvencah (UHF) in sicer med 2.402 GHZ in 2.480 GHZ. Podatki pa se lahko pošiljajo s hitrostjo 25 Mb/s. Vmesnik pa uporablja FHSS (frequency hopping spread spectrum) tehniko, ki preprečuje interference oziroma motnje v signalu. Napajalna napetost HC – 06 modula pa je 3.3V. Modul pa vsebuje še dva pina in sicer eden za TX in drugi za RX. [2]



Slika 3: HC-06

3.2.2 DHT11

DHT11 je senzor za vlago in temperaturo. Merilno območje za meritve vlage ima od 20% do 90%. Katero pa meri z natančnostjo $\pm 5\%$. Temperaturo pa lahko meri od 0°C do 50°C z natančnostjo $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Podatke pa zajema vsakih 6 sekund in ima 8 bitno ločljivost. Njegova napajalna napetost je 3–5 V. Senzor ima analogni izhod, zaradi katerega se uporabi posebna podatkovna knjižnica, da se na mikrokontrolniku lahko berejo realni podatki za temperaturo v stopinjah cezijih in za vlago v procentih. [3]



Slika 4: DHT11

3.2.3 FC-37

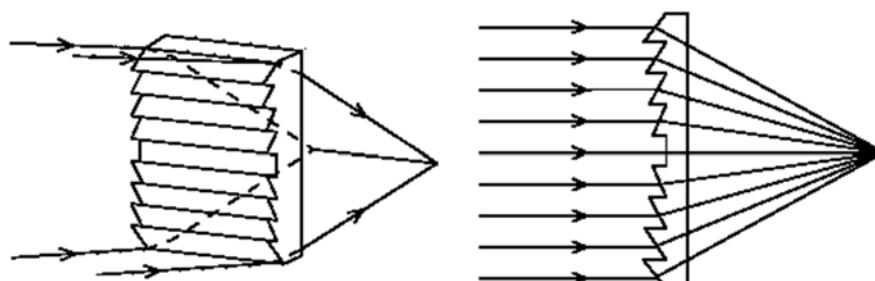
FC-37 je senzor za dež. S pomočjo samega senzorja se zaznava ali je na senzorju kapljevina, katera povzroči, da upornost naraste in napetost pada. Ko na senzorju ni nobene kapljivine, je napetost višja in upornost nižja. Senzor sestavlja tudi manjše vezje na katerem je potenciometer, s katerim se nastavlja občutljivost senzorja. Napajalna napetost senzorja je 5V. Ta senzor pa ima možnost, da izbiramo med analognim ali digitalnim izhodom. Za nalogo smo izbrali digitalni izhod, saj bo potrebno napisati manj kode in s tem bo program bolj razumljiv in enostaven. [4]



Slika 2: FC-37

3.2.4 PIR senzor

PIR senzor zaznava prisotnost toplih teles, torej senzor zaznava infrardeče sevanje. Pokrit je s frasnel lečo, katera sevanje usmeri v eno točko, ki leži na sredini senzorja.



Slika 6: frasnel leča

Ker je to digitalni senzor, bo na izhodu logična ena, ko bo senzor zaznal toplo telo in ko ne bo zaznaval spremembe infrardečega sevanja, bo na izhodu logična ničla. Napajalna napetost senzorja je 5V. Senzorju lahko nastavimo tudi občutljivost in hitrost zajemanja podatkov. [5]



Slika 7: PIR senzor

3.2.5 LDR

LDR je senzor, ki zaznava jakost svetlobe. Senzor pretvarja jakost oziroma energijo svetlobe v električni signal, ki ga dobimo na izhodu. Izhod senzorja je analogni, kar pomeni, da se na izhodu pojavijo različne vrednosti. Za pravilno uporabo senzorja je potrebno najprej testirati, kakšne vrednosti prihajajo ob različnih jakostih svetlobe. Senzor ima napajalno napetost 5V. Poleg senzorja pa potrebujemo tudi upor vrednosti $10\text{ k}\Omega$. [6]



Slika 8: LDR

3.2.6 Končna stikala

S pomočjo končnih stikal se zaznava, kdaj neki premikajoči del pride v končno pozicijo in sklene stikalo. Končna stikala so lahko NO (normali open) ali NC (normali closed). Ko NO stikalo pride v končni položaj, bo na izhodu stikala logična ena. Končna stikala pa obstajajo tudi v različnih izvedbah. V tem primeru smo uporabili končna stikala s povoznim koleškom.



Slika 9: končno stikalo

3.3 Aplikacija

Aplikacijo se je izdelala v programu MIT App inventor 2. Izdelana je s pomočjo znanja iz HTML-ja in CSS-ja, ker je programiranje aplikacije podobno programiraju spletnih strani.

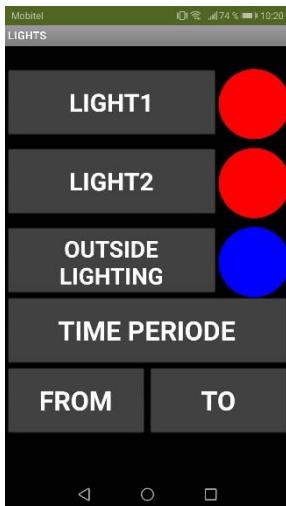
3.3.1 Opis delovanja

Aplikacija se mora najprej povezati na določen bluetooth sprejemnik, da bo lahko aplikacija kasneje pošljala podatke pravemu naslovniku. Z aplikacijo se pošljajo podatki v obliki številk od 100 naprej. S tem odstranimo napake ob izgubi povezave, saj ob izgubi povezave bluetooth sprejemnik sprejema naključne številke od 0 do 100. Obstaja pa tudi možnost, da se določi IP naslov bluetooth sprejemnika in si s tem prihranimo nekaj časa pri uporabi aplikacije. Aplikacija vsebuje 6 »screenov« (pričakov). Prvi »screen« (pričak) je domača stran na kateri se izbira katere elemente želimo upravljati. Ob pritisku na tipko za določen element se odpre nov »screen« (pričak). Če na kateremkoli drugem »screenu« kakor na prvem (home »screen«) uporabimo »back press« se aplikacija vrne na začetni »screen«.



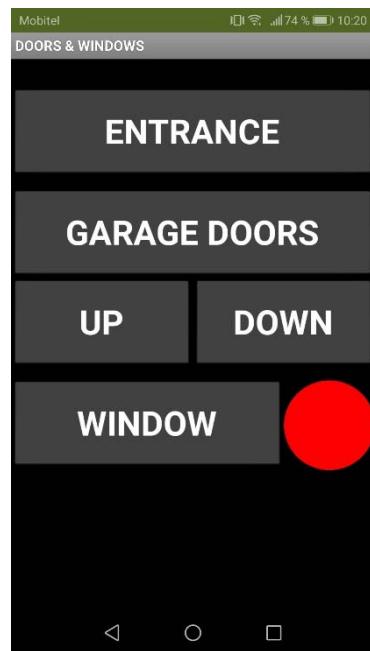
Slika 30: home ("screen")

Ob pritisku na tipko LIGHTS se odpre »screen2«, kjer se lahko izbira pri vsaki luči ali zunanjim osvetlitvam ali je luč prižgana ali ugasnjena. Tipke delujejo po principu toggle. Z dolgim pritiskom na katerokoli tipko pa izberemo avtomatski način delovanja luči oziroma zunanje osvetlitve. Pri avtomatskem načinu delovanja zunanje osvetlitve imamo možnost tudi izbirati časovno obdobje delovanja. Pri avtomatskem načinu notranjih luči pa se bodo luči prižgale ko bo dovolj temno in ko bo senzor gibanja zaznal gibanje. Za vrnitev v ročni način delovanja se mora ponovno uporabiti dolgi pritisk. »Screen2« pa tudi vsebuje simbolne luči, ki ob rdeči barvi pomenijo, da je luč ugasnjena; zelena luč pomeni, da je luč prižgana in modra barva pomeni, da luč deluje v avtomatskem načinu delovanja.



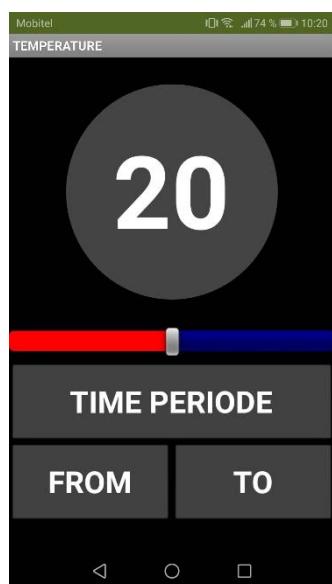
Slika 11: lights("screen")

Ob pritisku na tipko DOORS & WINDOWS se odpre »screen3«. Na tem »screen« pa se lahko odklenejo vhodna vrata oziroma vklopimo električno ključavnico s pritiskom na tipko ENTRANCE. Ob pritisku na tipko GARAGE DOORS se pojavit tipki UP in DOWN. Z dolgim klikom na tipko UP odpremo garažna vrata in z dolgim klikom na tipko DOWN se garažna vrata zaprejo. S kratkimi kliki na tipki UP in DOWN pa lahko postopoma dvigujemo in spuščamo garažna vrata. Okno pa krmilimo s tipko WINDOW ki deluje na enak način kot prej omenjene tipke za notranje luči.



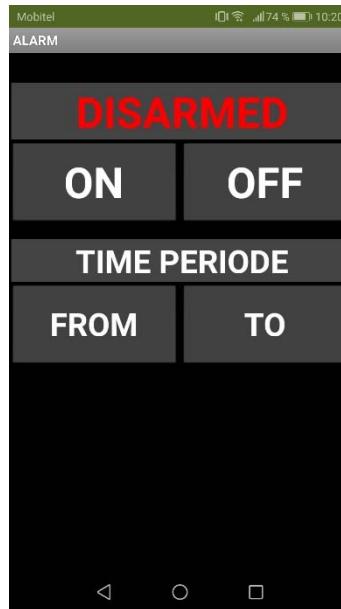
Slika 12: doors & windows ("screen")

Ob pritisku na tipko TEMPERATURE se odpre »screen4«, kjer se lahko določa željeno notranjo temperaturo s pomočjo uporabe drsnika. Položaj drsnika pa se izpisuje v zgornjem okvirju. Številke v okvirju predstavljajo izbrano temperaturo. Podana je tudi možnost izbire obdobja delovanja reguliranja željene temperature.



Slika 13: temperature ("screen")

Ob pritisku na tipko ALARM aplikacija preklopi na »screen5«, kjer se lahko s tipkama ON in OFF vklopi in izklopi alarm. Ko se alarm vklopi se na vrhu »screena« izpiše ARMED in če se izklopi se izpiše DISARMED. Ponovno je podana možnost izbere obdobja delovanja.

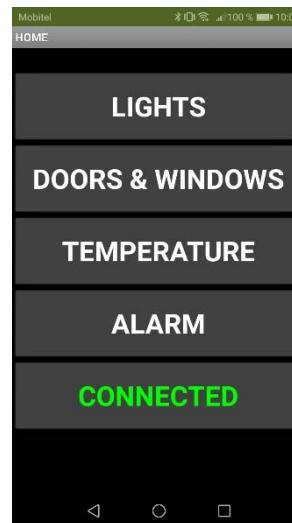


Slika 14: alarm ("screen")

Ob pritisku na tipko BLUETOOTH se v aplikaciji odpre »screen6«, kjer izberemo bluetooth napravo in se povežemo na pametni telefon. Ko je povezava uspešno vzpostavljena se izpiše CONNECTED. V primeru, da se izgubi povezava pa nam izpiše DISCONNECTED.



Slika 15: dosegljive bluetooth naprave



Slika 14: connected ("screen")



Slika 15: disconnected ("screen")

3.4 Program

Program je napisan za mikrokrmilnik Arduino mega, katerega smo napisali v C programskej jeziku. V programu smo določili vse vhode (inputi), izhode (outputi) in vse spremenljivke. Prav tako smo definirali ali so ti vhodi digitalni ali analogni. Potrebno pa je bilo tudi poznavanje oziroma znanje o senzorjih in aktuatorjih, saj je bilo potrebno vedeti, kakšen izhod ali vhod imajo. Sledil je še zapis algoritma, po katerem bo mikrokrmilnik deloval na podlagi podatkov iz senzorjev, kjer smo morali uporabiti znanje iz digitalne tehnike.

3.4.1 Luči in zunanja osvetlitev

Za krmiljenje luči smo uporabili dva senzorja, in sicer senzor svetlobe (LDR) ter senzor gibanja (PIR senzor). Za luči smo uporabili bele LED diode.

Algoritem deluje tako, da v aplikaciji pritisnemo tipko LIGHT1 se luči prižgejo. Ko ponovno pritisnemo tipko, se luči ugasnejo. Z dolgim pritiskom tipke pa vklopimo avtomatski način, v katerem luči začnejo delovati, samo v primeru, ko senzor gibanja zazna gibanje v prostoru in ko je dovolj temno. Obe notranji luči LUČ 1 in LUČ 2 delujeta na enak način oziroma po enakem algoritmu. Obe luči pa lahko vklopimo fizično s stikaloma, ki sta nameščena v notranjosti modela. Ob pritisku tipke za zunanjega osvetlitev se ta prižge in ob ponovnem kliku se ugasne. Ponovno pa je na voljo možnost avtomatskega načina delovanja, katerega se vklopi z dolgim klikom. Ko je zunanjega osvetlitev v avtomatskem načinu delovanja, se osvetlitev prižge šele ko je dovolj temno. Na voljo pa je tudi možnost izbire časovnega obdobja delovanja.

3.4.2 Alarm

Za alarm smo ponovno uporabili senzor gibanja (PIR senzor). Za aktuatorje alarma smo uporabili rdečo LED diodo in Piezo piskač.

Alarm se vklopi v aplikaciji s pritiskom na tipko ON in izklopi s pritiskom na tipko OFF. Ko je alarm aktiviran začne pir senzor zajemati oziroma zaznavati okolico. V primeru da zazna spremembo temperature se sproži alarm, v tem primeru začne utripati redeča LED dioda in piskati Piezov piskač. Alarmu se lahko določi tudi časovno obdobje delovanja.

3.4.3 Vhodna vrata

Za vhodna vrata se uporabi tipkovnica z RFID sistemom s pomočjo katere določamo dostop. Poleg tipkovnice se tu uporabi tudi električno ključavnico in stikalo.

Vhodna vrata se bodo odprla v primeru, ko bo na tipkovnici vpisana pravilna koda ali pa prislonjena pravilna RFID kartica ali žeton. Ko bo koda ali kartica/žeton pravilen, bo na električno ključavnico prišel električni signal, kateri bo sprostil ključavnico in s tem sprostil tudi vhodna vrata. Vhodna vrata se lahko odprejo tudi iz notranjosti hiše s pritiskom na stikalo. Poleg tega pa se lahko vrata odpirajo tudi preko aplikacije s pritiskom na tipko ENTRANCE.

3.4.4 Ogrevanje/hlajenje

Za merjenje temperature smo uporabili senzor DHT11. Kot aktuatorje smo uporabili tri ventilatorje, ki skrbijo za hlajenje in tri grelna telesa za gretje. Ti se krmilijo s pomočjo šestih relejev.

Željeno temperaturo smo izbrali s pomočjo drsnika v aplikaciji. Regulacija temperature se izvede po naslednjih postopkih: meritev realne temperature, primerjava oziroma odštevanje realne temperature od željene. V primeru, da je razlika manjša od nič se vklopijo grelna telesa in v primeru da je razlika večja od nič se vklopijo ventilatorji ter v primeru, ko je razlika enaka nič, niso vklopljeni ventilatorji, kakor tudi grelna telesa. Ponovno je podana možnost nastavitev časovnega obdobja delovanja oziroma izvrševanja regulacije.

3.4.5 Garažna vrata

Za upravljanje z vrti se uporabita 2 končni stikali (povozni), enosmerna električna motorja, senzor za dež (FC-37) in H-bridge (L298N), s pomočjo katerega se lahko krmili smer vrtenja enosmernega električnega motorja. Uporabi pa se tudi LDR senzor in laser s katerim je zagotovljeno varno zapiranje garažnih vrat.

Garažna vrata se bodo odprla ob dolgem pritisku na tipko UP in takrat bo motor začel premikati garažna vrat navzgor. Ko vrata dosežejo končni položaj, takrat končno stikalo zazna in motor se preneha vrteti. Garažna vrata se bodo zaprla v primeru, ko z dolgim pritiskom pritisnemo tipko DOWN ali pa če začne deževati, kar pa zazna senzor FC-37. Ko je eden izmed teh pogojev izpolnjen, se bodo garažna vrata začela spuščati in ko dosežejo končni položaj, jih ponovno zaznata končni stikali, kateri ustavita vrtenje motorja. Garažna vrata se lahko postopoma dvigujejo tudi s kratkimi kliki na tipki UP ali DOWN. Če bo senzor LDR zaznal gibanje pod vrti s pomočjo prekinjenega laserskega žarka, se bodo te nemudoma ustavile.

3.4.6 Avtomatsko strešno okno

Za krmiljenje strešnega okna smo za senzorje uporabijo FC-37 senzor za dež in za aktuatorje smo uporabili enosmerni motor, katerega se krmili preko H-bridga.

Ko pritisnemo na tipko WINDOW, se bo okno odprlo. Ko ponovno pritisnemo tipko, se bo okno zaprlo. V primeru, da bo okno odprto in bo začelo deževati, bo to senzor FC-37 zaznal in se bo okno samodejno zaprlo.

4 Rezultati in razprava

Po končanem in delajočem modelu smo prišli do ugotovitve, da se preprosto in osnovno pametno hišo da krmili preko mikrokrmilnika Arduino. S tem je potrjena prva hipoteza, katere je cilj bil ugotoviti ali je možno narediti pametno hišo na podlagi mikrokrmilnika, saj je bolj kompakten in cenejši od profesionalnih krmilnikov. Največ problemov smo imeli s programom Arduina, saj ni namenjen za take naloge. Zanimivo bi bilo videti, kako bi se odrezali drugi krmilniki npr. Raspberry pi.

Preko aplikacije lahko nadziramo pametno hišo. To potrjuje drugo hipotezo, pri kateri smo ugotovili ali je možno preprosto pametno hišo nadzirati preko doma narejene aplikacije. Program aplikacije je precej preprost in tudi samo delovanje je prilagojeno mikrokrmilniku. Aplikacijo se vedno lahko bolj prilagodi oz. spremeni na podlagi tega, kaj dodamo oz. spremenimo na modelu samem.

Na žalost, ravno zaradi prilagoditve ne moremo potrditi zadnje hipoteze, ker aplikacija preko bluetootha pošilja le številke, zato ni možno preko tega istega sistema predvajati glasbe ali video posnetkov. Da bi se ta problem rešil, bi morali narediti posebej shrambo za glasbo in bi morala glede na številke izbirati glasbo oz. prikazati ime glasbe glede na zaporedje na playlistu.

Možno je seveda tudi popolnoma spremeniti delovanje programa z zamenjavo bluetooth vmesnika z wi-fi vmesnikom. Tako bi se na hišo povezali preko hotspota od telefona ali pa preko domačega wi-fi omrežja z dodatno varnostjo.

Na hišo bi lahko dodali tudi zvočni sistem in tega bomo dodali v načrtih za nadaljno delo pri našem projektu. S tem bi lahko predvajali glasbo in zvok, ter hiši omogočili zvočna obvestila.

5 Zaključek

Izdelava delajočega modela pametne hiše na podlagi Arduino mikrokrmilnika in doma narejene aplikacije je bila uspešno izvedena. Vsebuje vse osnovne značilnosti pametne hiše in upravljam jo lahko preko telefona s pomočjo bluetootha. Z rezultati smo zelo zadovoljni za osnovni cilj.

V nadaljevanju nas zanima, kako daleč lahko gremo z našim sistemom oziroma, kje so meje in kakšne so možnosti izboljšav. Kaj bi se spremenilo, če zamenjamo bluetooth vmesnik z wi-fi vmesnikom. Ali bi se s tem izboljšala varnost, ali bi lahko dodali zvočni sistem v hiši, ali bi se dal izboljšati alarmni sistem itd.

Z raziskovalno nalogo smo dosegli veliko konkurenčnost v primerjavi s profesionalnimi krmilniki in samem sistemom delovanja

6 Literatura in Viri

6.1 Viri spletni strani

- [1]<https://www.arduino-tech.com/geekcreit-mega-2560-r3-atmega2560-16au-mega2560-development-board-with-usb-cable-for-arduino/>
- [2]<https://www.instructables.com/id/AT-command-mode-of-HC-05-Bluetooth-module/>
- [3]<https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>
- [4]<https://randomnerdtutorials.com/guide-for-rain-sensor-fc-37-or-yl-83-with-arduino/>
- [5]<https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/how-pirs-work>
- [6]https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_4.html

6.2 Viri slik

Slika 2: https://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/B300/ARDUINO_MEGA_A01.png

Slika 3: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61RwNwc8P9L._SX425_.jpg

Slika 4: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQkgEDZQ-%20%20%20scE9ygxLIWiesYMQTtVti4l-qTFnqd1Pp7q8lpYvL4gw>

Slika 5: <https://images-eu.ssl-images-amazon.com/images/I/51vww7Cfx2L.jpg>

Slika 6: https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/000/516/original/proximity_linearfresnel.gif?1447975978

Slika 7: <https://www.rhydolabz.com/images/25/SEN2511.jpg>

Slika 8: <https://5.imimg.com/data5/DE/KD/MY-25117786/ldr-sensor-500x500.jpg>

Slika 9: https://www.ic-elect.si/media/catalog/product/cache/5/thumbnail/600x/17f82f742ffe127f42dca9de82fb58b1/2/6/265025005100_2.jpg

6.3 Knjige

Vovk, J. (2017). *Programiranje naprav*. Ljubljana: Založba Hart.