

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Borut Jevševar

# **Pametna hiša z internetnim nadzorom**

DIPLOMSKO DELO NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Mentor: prof. dr. Dušan Kodek

Ljubljana, 2012

## IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Borut Jevševar, z vpisno številko **63050050**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

*Pametna hiša z internetnim nadzorom.*

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof. dr. Dušana Kodeka,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, september 2012

Podpis avtorja: \_\_\_\_\_



Št. naloge: 01815/2012

Datum: 15.03.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **BORUT JEVŠEVAR**

Naslov: **PAMETNA HIŠA Z INTERNETNIM NADZOROM  
INTELLIGENT HOME WITH ONLINE CONTROL**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

Pod pojmom "pametna hiša" si danes običajno predstavljamo hišo s senzorji in aktuatorji, ki bodisi avtomatsko ali preko daljinskega nadzora naredijo življenski prostor bolj lagoden in varen. V ta namen najprej preučite obstoječe rešitve in nato zasnujete sistem za realizacijo pametne hiše. Izberite ustrezne senzorsko-aktuatorske komponente in primeren mikrokrmilnik z internetnim vmesnikom. Razvijte in izdelajte vso potrebno strojno in programsko opremo, ki naj vsebuje tudi ustrezno spletno aplikacijo. Sistem naj omogoča ročno in avtomatsko delovanje ter internetni nadzor z več stopnjami prioritete. Pravilnost delovanja preverite in podajte možne načine za izboljšave.

Mentor:



prof. dr. Dušan Kodek



Dekan:



prof. dr. Nikolaj Zimic

*Rad bi se zahvalil mentorju prof. dr. Dušanu Kodeku za vodenje in strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela.*

*Zahvaljujem se tudi svoji družini za vso podporo in finančno pomoč pri študiju.*

*Hvala Tebi, ki me sprejemaš takega kot sem. V vseh mojih vzponih in padcih si verjela vame, me optimistično spodbujala ter mi nesebično pomagala.*

*In nenazadnje – hvala vsem ostalim, ki ste mi vsa ta leta stali ob strani.*

# Kazalo

<b>Povzetek .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2. PAMETNA HIŠA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Zgodovinski razvoj pametne hiše .....	5
2.2. Pametna hiša danes .....	8
<b>3. REALIZACIJA PAMETNE HIŠE .....</b>	<b>10</b>
3.1. Opis Domuss-a .....	10
3.2. Strojna oprema .....	11
3.2.1. Arduino Duemilanove .....	11
3.2.2. Ethernet Shield v1.0 .....	12
3.2.3. Rele Modul .....	13
3.2.4. Električna ključavnica .....	14
3.2.5. Termostat .....	15
3.2.6. Termoupor .....	15
3.2.7. Domofon .....	16
3.2.8. Fotoupor.....	16
3.2.9. Motor .....	17
3.2.10. IP brezžična kamera .....	17
3.2.11. Ostale komponente .....	18
3.2.12. Shema Domuss-a .....	19
3.3. Programska oprema .....	21
3.3.1. Diagram poteka programa .....	22
3.4. Uporaba in delovanje .....	23
3.4.1. Odklepanje vrat .....	24
3.4.2. Krmiljenje žaluzij .....	24
3.4.3. Krmiljenje ogrevanja .....	25
3.4.4. Video nadzor .....	25
<b>4. SKLEPNE UGOTOVITVE .....</b>	<b>28</b>
<b>5. VIRI.....</b>	<b>30</b>

## Kazalo slik

Slika 1: Ponazoritev Domuss-a .....	10
Slika 2: Arduino Duemilanove .....	12
Slika 3: Ethernet Shield v1.0 .....	13
Slika 4: 2-Rele Modul.....	13
Slika 5: Električna ključavnica .....	14
Slika 6: Termostat.....	15
Slika 7: Termoupor .....	15
Slika 8: Domofon .....	16
Slika 9: Fotoupor .....	16
Slika 10: Motor s prenosi.....	17
Slika 11: IP brezžična kamera .....	18
Slika 12: Ostale komponente .....	18
Slika 13: Shema Domuss-a .....	19
Slika 14: Shema 2 - rele modula .....	20
Slika 15: Diagram poteka programa .....	22
Slika 16: Prijavna stran .....	23
Slika 17: Ikone stanja.....	23
Slika 18: Spletni vmesnik .....	24
Slika 19: Video prijavna stran .....	25
Slika 20: Funkcije obiskovalca .....	26
Slika 21: Funkcije upravljavca.....	27
Slika 22: Funkcije administratorja .....	27

## **Seznam uporabljenih kratic in simbolov**

HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
HTML	Hyper Text Markup Language
FPS	Frames per Second
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MJPEG	Motion Joint Photographic Experts Group
PoE	Power over Ethernet
PTZ	Pan-Tilt-Zoom
PVC	Polyvinyl Chloride
UTP	Unshielded Twisted Pair
WAN	Wide Area Network
WPA	Wi-Fi Protected Access

## **Povzetek**

Vsebina diplomske naloge je avtomatizacija že obstoječe infrastrukture in naprav v bivalnem prostoru. V ta namen je bil izdelan centraliziran sistem, ki glede na količino svetlobe krmili žaluzije, uravnava želena temperaturo v prostoru, odklepa in zaklepa vhodna vrata in preko videonadzora skrbi za varnost bivalnega prostora.

V prvem delu naloge je predstavljen pojem in zgodovinski razvoj pametne hiše. V nadaljevanju pa opisana uporabljena strojna in programska oprema ter delovanje sistema. Pametna hiša, poimenovana Domuss, je zasnovana okoli ploščice Arduino, ki predstavlja možgane sistema.

Ključne besede: Pametna hiša, hišna avtomatizacija, arduino, oddaljeno krmiljenje.

## **Abstract**

The aim of this thesis is automation of already existing infrastructure and devices in the living space. For this purpose, a centralized system was developed, which manages blinds depending on the amount of light, regulates desired temperature in the room, unlocks and locks the front door and through video surveillance takes care for the safety in the home.

In the first part of the paper the concept and historical development of smart house is presented. In the second part the used hardware, software and functioning of the system are described. Smart house named Domuss is designed around Arduino board, which presents the brain of the whole system.

Key words: Smart house, home automation, Arduino, remote control.

# 1. UVOD

Ljudje večino svojega življenja preživimo v zaprtih prostorih. Ne glede na to, ali je ta zaprti prostor dom, pisarna ali javni prostor, nas na vsakem koraku obdajajo tehnološke naprave. Z razvojem računalniške tehnologije naprave vsak dan postajajo tehnološko bolj dovršene, opremljene s številnimi funkcijami, ki posamezniku olajšajo vsakdan. Da bi lažje obvladovali vse večje število naprav, ki nas obdajajo, stremimo k povezovanju teh naprav v celoto, kar nam omogoča lažje nadzorovanje in krmiljenje. Zaradi hitrega in dinamičnega tempa življenja skušamo ukvarjanje z malenkostmi prenesti na sistem, ki jih upravlja skladno z našimi prioriteta in željami. Eden od teh sistemov, ki nam skuša poenostaviti bivanje, je tudi t. i. pametna hiša.

Koncept pametne hiše je oblikovan tako, da klasično domovanje dopolnjuje z naprednimi tehnologijami s področja avtomatizacije, komunikacije, materialov, notranjega dizajna. Tako nam pametna hiša ponuja številne funkcije, in sicer od glasovnega upravljanja različnih naprav, dvigovanja in spuščanja zaves, uravnavanja temperature, odpiranja in zapiranja vrat, branja elektronske pošte, shranjevanja in nadzora hrane v hladilniku. To so le ene od enostavnejših funkcij pametne hiše. V laboratorijih pa razvijajo tudi že izredno kompleksne pametne hiše, ki obvladajo poleg vseh standardnih oziroma osnovnih funkcij tudi take, ki se spogledujejo že z nekoliko bolj napredno umetno inteligenco. Tako si lahko pametna hiša zapomni poti in navade stanovalcev [6], spremlja njihovo počutje preko merjenja krvnega tlaka in temperature, v primeru zdravstvenih težav stanovalcev na primer padca, le-tega zazna in o tem obvesti reševalno postajo. Idej in možnosti dodatne nadgradnje in razvoja pametne hiše so neomejene. Vendar se moramo zavedati, da je bila pametna hiša zasnovana za to, da človeka razbremeni in ne da ga omejuje, ali celo pretirano nadzoruje.

Na trgu obstajajo številna podjetja, ki ponujajo že dovršene rešitve. Taki sistemi so najbolj učinkoviti na novogradnjah, saj je potrebno infrastrukturo prilagoditi pametnim rešitvam. Medtem pa ne obstajajo celovite rešitve, ki bi starogradnjo spremenile v pametno hišo. Zato sem se odločil, da bom v svoji diplomski nalogi na podlagi že obstoječe infrastrukture razvil sistem, ki bo nadzoroval zastrtost žaluzij glede na količino svetlobe, uravnaval zeleno temperaturo v prostoru, odklepal oziroma zaklepal

vhodna vrata, preko videonadzora skrbel za varnost bivalnega prostora in v primeru vdora prižgal alarm.

V prvem delu diplomske naloge bom na podlagi analize sekundarnih virov najprej definiral pojem pametne hiše. Zavedam se, da je pojem pametna hiša izredno kompleksen pojem in zato ne obstaja neka enotna definicija. Zato bom pokazal, kako različni avtorji pojmujejo pametno hišo. V nadaljevanju prvega poglavja bom prikazal kratek razvoj in glavne prelomnice v razvoju pametne hiše. Bralcu bom skušal približati prve ideje in zamisli pionirjev ustvarjanja pametnih hiš.

V drugem delu diplomske naloge bom prikazal realizacijo določenih funkcij pametne hiše na že obstoječi gradnji, ki sem jo poimenoval Domuss<sup>1</sup>. Najprej bom opisal strojno opremo, ki je bila uporabljena, in pripadajočo shemo sistema. Podrobneje bom predstavil razvojno ploščico Arduino, ki predstavlja osrednji del sistema za oddaljeno krmiljenje in nadzor. Sledi opis programske opreme in diagram poteka programa.

V nadaljevanju sledi opis delovanja Domuss-a. Tukaj bom podrobneje predstavil posamezne funkcije pametne hiše. Najprej bom prikazal podsistem oddaljenega odpiranja oziroma zapiranja vhodnih vrat. Nato bom predstavil način delovanja zastiranja žaluzij, ki se avtomatsko odziva na količino svetlobe, obstaja pa tudi možnost ročnega upravljanja. Poleg že omenjenih funkcij bom realiziral tudi oddaljeno upravljanje temperature in video nadzora, ki ima hkrati tudi funkciji glasovne naprave in alarma. V sklepnem delu diplomske naloge bom ocenil realizirane rešitve in predlagal možne izboljšave sistema.

---

<sup>1</sup> Ime Domuss sem sestavil iz dveh latinskih besed, in sicer *domus* (hiša) in *sensatus* (pameten).

## 2. PAMETNA HIŠA

### 2.1. Zgodovinski razvoj pametne hiše

Vsakdo ob omembi pametne hiše (*smart house*) pomisli na prostor poln senzorjev in ostalih elektronsko krmiljenih naprav, ki posamezniku olajšajo vsakodnevna opravila in naredijo življenjski prostor bolj lagoden, brezskrben in predvsem varen. Pojem pametna hiša ali dom se je že dodobra uveljavil, obstajajo pa sicer številna pojmovanja, kot na primer inteligentna hiša (*intelligent home*), domače omrežje (*home networking*), domača avtomatizacija (*home automation*), hiša s senzorji (*sensor-embedded house*) in prilagodljiva hiša (*adaptive home*) [1]. Kot pametno hišo bi lahko v najširšem smislu razumeli vsako hišo že s samo enim termostatom za ogrevanje, ki uravnava temperaturo. Allen [3] pametno hišo definira kot »bivalno ali delovno okolje, ki je konstruirano tako, da s številnimi tehničnimi podpornimi sistemi posamezniku olajša opravljanje vsakodnevnih opravil. Donlagić [9] pa pametno oziroma inteligentno hišo opredeli »kot hišo, ki poseduje znanje o vseh svojih stanjih in lastnostnih, zna komunicirati z zunanjim svetom ter je sposobna sama reagirati na določene situacije in pri tem spreminjati različna stanja v hiši«.

Pametna hiša je koncept, ki se je pojavil v kontekstu razvoja modernega srednjega razreda. Začetki pametne hiše segajo v 20. stoletje, ko je prišlo do revolucije v domačih (*domestic*) tehnologijah. Harper [7] pravi, da sta bila dva dejavnika ključna za začetek in razvoj domačih tehnologij. Kot prvega navede uvedbo elektrike v domove v začetku 20. stoletja. Kot drugi ključni element pa izpostavi začetke informacijske tehnologije v drugi polovici 20. stoletja. Tretji element, ki je pripomogel k razvoju pametne hiše, pa je uveljavitev elektronskih medijev. Gann [7] loči tri sloje tehnologije v domu, in sicer: (1) gospodinjske aparate in terminalsko opremo, ki imajo različne funkcije v domu, (2) infrastrukturo, ki omogoča dostop do virov, kot so voda, elektrika, plin, itn. in (3) notranjo infrastrukturo, ki zagotavlja distribucijo virov znotraj doma. Industrija gospodinjskih aparatov je svoj razcvet doživela že v 70. letih 20. stoletja. Prvo trinadstropno hišo prihodnosti, ki je vsebovala avtomatska garažna vrata, centralno klimatsko napravo in vgrajeni pomivalni stroj, pa so predstavili že na čikaškem sejmu v letih 1933, 1934. Garaža je vključevala še hangar za letalo, saj so oblikovalci hiše predvidevali, da bo vsak dom poleg hiše imel še letalo. Kuhinja je bila opremljena z

gospodinjskimi aparati, ki so varčevali z delom gospodinj (*labour-saving*) in tako optimizirali njihov čas. Kakorkoli, vse do 40-tih let 20. stoletja je bil dom prihodnosti zamišljen kot tehnološko napreden življenjski prostor, opremljen z mehanskimi služabniki, ki bodo s svojim delom osvobodili gospodinje vsakodnevnih opravil [7]. Ta tendenca predstavljene tehnologije je bil glavni način promoviranja domače tehnologije v 20. stoletju.

V 60-tih letih 20. stoletja so naprave v domovih začeli povezovati med sabo, in sicer z žico. Tako povezani termostati, elektronske naprave so vzpostavili mrežo gospodinjskih naprav, ki je omogočala medsebojno komuniciranje. Zanimanje za avtomatizacijo (*automation*) domov in nadzorne sisteme je v 80-tih letih močno naraščalo. Raziskovalni center državnega združenja samograditeljev (*National Research Center of the National Association of Home Builders*) je leta 1984 pričel s projektom pametne hiše (*Smart House Project*) [4]. Združenje je pametno hišo predstavilo kot mehanizem, kjer je dom povezan z enim večžilnim (*multiconductor*) kablom, ki vključuje električne žice, komunikacijske kable za telefon in video in ostale prevodnike, ki povezujejo naprave in luči z električnimi napravami, ki nadzorujejo napajanje naprav [8]. Glavni mehanizem zgodnje pametne hiše je bil klasični domači avtomatizacijski sistem. Komunikacijski protokol X 10 je bil eden prvih domačih avtomatizacijskih tehnologij, ki je kot komunikacijski medij izrabljala električno napeljavo za povezavo elektronskih naprav. Tako je protokol X 10 takratno daljinsko upravljanje TV sprejemnika prenesel na daljinsko upravljanje luči ter ostalih elektronskih naprav, ki so postala dosegljiva tudi zunaj doma.

Naslednja prelomnica na področju izdelave pametnih hiš se je zgodila leta 1989 na Japonskem, ko so avtomatizirali hišo, poimenovano pametna hiša Tron. Za avtomatizacijo je skrbelo 380 računalnikov, ki so upravljali razsvetljavo, regulirali temperaturo, odpirali vrata, itn. Računalniška tehnologija je bila v tistih časih še v povojih, zato je bila hiša cenovno nedostopna širšim množicam [9].

Ustvarjalci pametne hiše so glavne koristi videli v (1) varnosti, (2) priročnosti in (3) ekonomičnosti. Namreč pametna hiša nadzira vklop in izklop naprav povezanih v omrežje in že ob najmanjši nevarnosti ali zaznani napaki izključi dotok energije. Ko senzor zazna puščanje plina, dima, vode ali kakšno drugo nenormalno delovanje, lahko elektronika izključi napravo in prižge alarm. Druga prednost pametne hiše je priročnost,

ki so jo ustvarjalci videli predvsem v možnosti prilagajanja različnim električnim napetostim, ki jih posamezne naprave potrebujejo. Na ta način se lahko rešimo ne malega števila različnih napajalnikov. Hkrati pa tehnologija pametne hiše samodejno skrbi za uravnavanje temperature, vlage, ter svetlobe v posameznih sobah. Tretja prednost pametne hiše pa je ekonomičnost, predvsem v smislu optimizacije uporabe električne energije, ki vodi k zmanjšanju stroškov [8].

Številna informacijska, računalniška in telekomunikacijska podjetja, pa tudi znanstveni raziskovalni laboratoriji že desetletja izdelujejo prototipe računalniško vodenih domov (*computerized homes*), ki predstavljajo idealni model doma. Čeprav številni akterji sodelujejo pri razvijanju pametnih naprav ne samo za dom, pač pa tudi za pisarne in javne prostore, lahko razberemo, da so glavni akterji na področju razvoja pametnih hiš multionacionalna podjetja s področja računalništva in informacijskih tehnologij, kot na primer Compaq, IBM, Intel, Microsoft, Panasonic, Philips, Toshiba, itn. [7]. Pametna hiša je rezultat interdisciplinarnega sodelovanja med visokotehnoškimi in telekomunikacijskimi podjetji na eni strani in gradbeno in arhitekturno industrijo, notranjim dizajnom in industrijo gospodinjskih aparatov na drugi strani.

Koncept pametne hiše, ki je dosegel svoj vzpon z razcvetom računalniške in informacijske tehnologije, lahko razumemo kot rezultat konvergence med industrijo elektronskih naprav, modernistično-razvojno miselnostjo, sanjami popolnega nadzora in racionalizacije. Konvergenca zgoraj omenjenih elementov je rodila tudi ideji atomske bombe in potovanja po vesolju. Okvirji in delovanje pametne hiše se je od leta 1980 pa do danes delno spremenilo. Ljudje vse večji poudarek dajemo na gospodarstvo in zaščito okolja, kar je pripeljalo do oblikovanja določenega tipa pametne hiše, imenovane zelena oziroma varčna hiša (*green house*) [7]. Če so prve pametne hiše skušale optimizirati vsakodnevna opravila, pa se današnje pametne hiše odzivajo na sodobne družbene spremembe in izzive, kot sta npr. staranje prebivalstva, okoljevarstvo, pomanjkanje virov energije.

Na trgu obstajajo številna podjetja, ki ponujajo celovite rešitve infrastrukture in opreme pametnih hiš. V Evropi se je še posebej uveljavil standard KNX/EIB, na osnovi katerega več kot 200 različnih proizvajalcev opreme ponuja že izdelane rešitve [9]. Namreč pri sami izgradnji in opremljenosti pametne hiše je še posebno pomembna

standardizacija opreme, saj le taka oprema omogoča nemoteno povezovanje naprav različnih proizvajalcev [6].

## 2.2. Pametna hiša danes

Pametne hiše lahko razdelimo v dve skupini, in sicer programabilne hiše (*programmable houses*) in inteligentne hiše [6]. Programabilne hiše so tiste, ki temeljijo na enostavnih senzorskih vhidih in nimajo vgrajene inteligence. Rešitve takih pametnih hiš na trgu temeljijo predvsem na enostavnih prednastavljenih pravilih za vklop in izklop naprav, ki temeljijo na zaznavanju senzorjev in zamikov vklopa. Primer take rešitve je senzor gibanja vklopa oziroma izklopa luči. Razlogi, da take rešitve navadno vsebujejo zelo malo inteligence, so naslednji: (1) večina sistemov na tržišču je zakonsko zaščiteneh in jih ni mogoče med seboj povezovati, (2) malo pametnih gospodinjskih aparatov je dostopnih na tržišču, (3) zaradi velikih razlik med bivalnimi prostori standardne rešitve največkrat niso primerne, (4) visoki stroški in veliko vložene truda [6]. Največja pomanjkljivost pametnih hiš te vrste je, da je potrebno v primeru fizičnih sprememb ali dodajanja novih naprav reprogramirati celoten sistem [5]. Da bi se izognili težavam z reprogramiranjem, stremimo k oblikovanju takih hiš, ki bi bile sposobne (samo)zaznavanja in (samo)prilagajanja spremenjenim okoliščinam. Take hiše pripadajo drugi kategoriji.

Inteligentne hiše predstavljajo najnaprednejšo tehnologijo (*state-of-the-art technology*) na tem področju, saj so sposobne učenja (samoprogramiranja) na podlagi opazovanja obnašanja stanovalcev. Hiša z umetno inteligenco mora biti sposobna zajemanja in pomnjenja podatkov ter odločanja. To pomeni, da je hiša na podlagi že shranjenih podatkov o obnašanju sposobna prepoznati določene vzorce in predvideti situacije. Problem, ki se pojavi pri tem, je velika količina podatkov in hitri dostop do le-teh. Inteligentna hiša pa ni sposobna le shranjevanja podatkov in predvidevanja situacij, ampak tudi odloča, katere akcije mora izvesti ob določenem času. V primeru, da stanovalci na prižganem štedilniku pozabijo lonec, se lahko hiša sama odloči, ali stanovalca na to samo opozori ali pa grelec oziroma celoten štedilnik samodejno izključi. Pri tem mora hiša sama presoditi, koliko časa naj preteče do ukrepanja. Inteligentne hiše so še posebej primerne za ljudi z zdravstvenimi težavami in posebnimi potrebami.

Prvi primer inteligentne hiše, ki jo je razvil Mozer leta 1998, je *Adaptive House*. Ostali primeri dobrih praks, ki so bili razviti na univerzah, pa so: Georgia Tech Aware Home, AIRE spaces MIT, Interactive Workspaces Project Stanford, Gaia project UIUC, MavHome project UTA [5].

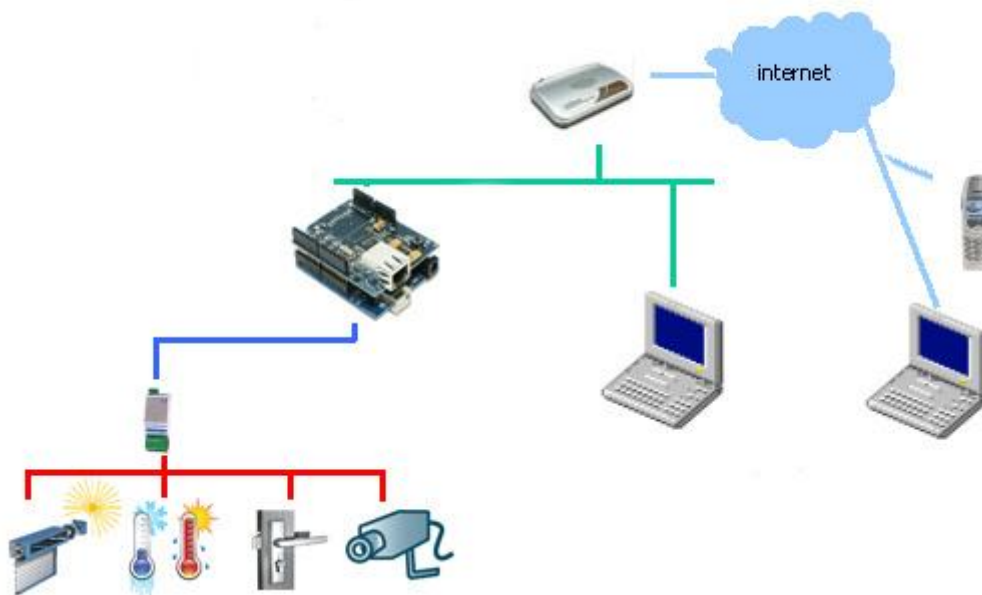
Pametne hiše lahko delimo tudi na podlagi arhitekture povezav, in sicer na centraliziran model in odprt model. Pri centralizirani pametni hiši centralna enota nadzoruje vse elemente povezane v sistem. Zato je potrebna povezava vseh elementov s centralno enoto. Krmilniki in centralna enota oziroma nadzorni računalnik so med seboj povezani s fizičnim medijem, ki je lahko serijska komunikacijska linija (RS485 ali RS232), Ethernet, telefonska, radijska ali satelitska zveza. Nadzorni program SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) služi za nadzor in kontrolo procesa s pomočjo osebnega računalnika.

Prednost takega sistema je učinkovita komunikacija, saj komunikacija teče le v smeri od posameznih naprav do centralne enote in obratno. To pomeni, da druge naprave, ki so vključene v sistem, ne obremenjujejo komunikacijskega kanala [9]. Slabost tega sistema je v tem, da se v primeru okvare centralne enote, celoten sistem ustavi.

Odprt model je logična izpopolnitev centraliziranega modela, saj ga nadgradi tako, da tudi v primeru okvare centralne enote, sistem še vedno deluje. Posamezni elementi se povezujejo v logične enote, ki delujejo samostojno. Model vsebuje elemente, ki zagotavljajo komunikacijo med različnimi nivoji. Odprt sistem je pogosto poimenovan tudi LON (*Local Operating Network*), v katerem nemoteno delujejo naprave različnih izdelovalcev. Uporaba te tehnologije močno poenostavi izgradnjo in izvedbo avtomatizacije v zgradbah [9].

### 3. REALIZACIJA PAMETNE HIŠE

Domuss je namenjen zaklepanju in odklepanju vhodnih vrat, krmiljenju žaluzij in ogrevanja ter video nadzoru. Načrtovan je okoli razvojne ploščice Arduino Duemilanove, na kateri je mikrokontroler ATmega328P. Sistemu je dodan vmesnik Ethernet Shield, s katerim je omogočeno krmiljenje tudi preko interneta z vsemi napravami, ki imajo povezavo z internetom in podpirajo http protokol (npr. računalnik, mobilni telefon, itn.).



Slika 1: Ponazoritev Domuss-a

#### 3.1. Opis Domuss-a

Domuss je bil razvit za osebne potrebe. Cilj je bil uporabiti že vgrajene elemente in infrastrukturo ter jih nekako modernizirati brez večjih gradbenih posegov. Tu imam v mislih predvsem žaluzije na oknih, elektronsko ključavnico povezano preko domofona ter termostat centralnega ogrevanja. Vse te že vgrajene elemente je bilo potrebno povezati s centralnim sistemom – Arduino. Pri vzpostavitvi sistema sem se skušal držati načela optimizacije in minimizacije stroškov. Zaradi nizkih stroškov lahko tak način modernizacije približamo širši množici uporabnikov.

Kot je bilo že uvodoma podano je Domuss zasnovan okoli razvojne ploščice Arduino Duemilanove (Slika 2), preko katerega se izvršijo vse odločitve. Zato ta sistem uvrstimo med centralizirane modele. Analogna vhoda sta uporabljena za branje nivoja svetlobe in temperature. Digitalni izhodi pa so namenjeni krmiljenju električne ključavnice (Slika 5), releja (Slika 4), s tem posredno tudi motorja za žaluzije (Slika 10) ter krmiljenju centralne peči za uravnavanje notranje temperature preko termostata (Slika 6). Vsakemu uporabljenemu izhodu je dodana tudi LED, ki signalizira aktivnost oz. neaktivnost izhoda.

Arduino je napajan z enosmerno napetostjo 5V in je preko dodatnega Ethernet vmesnika (Ethernet Shield v1.0) povezan z UTP kablom do domačega usmerjevalnika. Tako je dosegljiv v domačem omrežju in v internetu. Za krmiljenje motorjev je potrebna 12V enosmerna napetost, ki jo zagotavlja dodaten napajalnik.

Arduino se obnaša kot strežnik na katerem teče osnovni program. Delovanje sistema je delno avtomatsko, dokler uporabnik ne določi drugače. To stori preko spletnega vmesnika, ki je sprogramiran v HTML jeziku. Za osnovni HTML sem se odločil zaradi podpore tudi nekoliko starejšim prenosnim telefonom, da lahko tudi preko njih dostopamo do spletnega vmesnika.

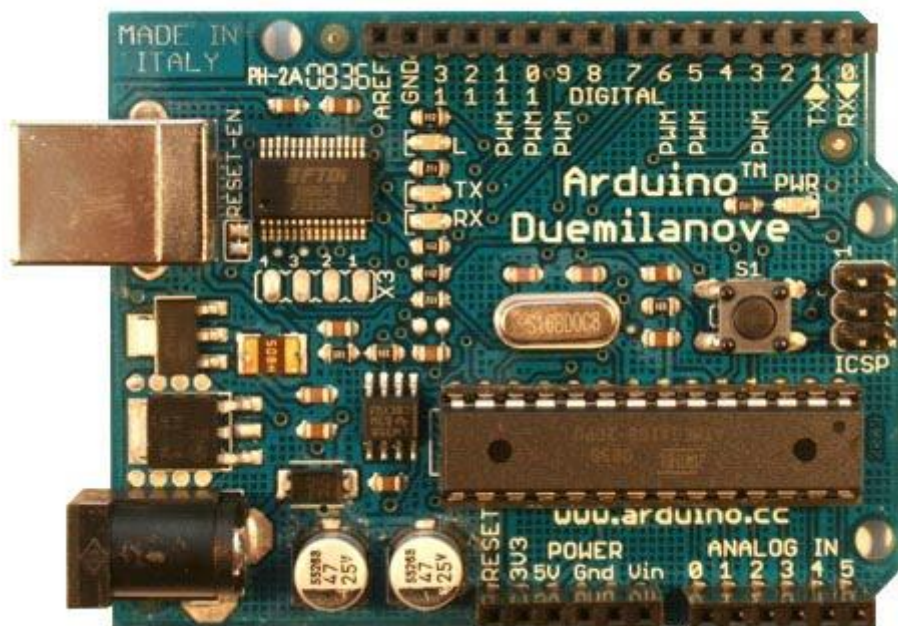
## **3.2. Strojna oprema**

### **3.2.1. Arduino Duemilanove**

Srce Domuss-a je razvojna ploščica Arduino Duemilanove (Slika 2). Arduino Duemilanove ("2009") je mikrokrmilniška ploščica, ki temelji na 8-bitnem mikrokrmilniku ATmega328. Frekvenca delovanja je 16MHz, na voljo pa je 32KB Flash pomnilnika namenjenega programom, od katerih je 2KB že porabljenega za zagonski program. Ima 14 digitalnih vhodno/izhodnih nožic, ki zmorejo oddati oziroma prejeti 40mA toka, 6 analognih vhodov, USB priključek, in gumb Reset. Preko USB povezave naložimo programe, služi pa tudi kot napajanje, kar je priročno vsaj na začetku, ko testiramo program. Kasneje se lahko ploščica napaja tudi preko namenskega napajalnega vhoda z uporabo AC-DC adapterja ali baterije. Ploščica deluje pri napajalni napetosti 6-20V, pri čemer je priporočeno področje 7-12V za pravilno in natančno

delovanje vseh napajalnih nožic. Gumb reset poskrbi, da se naloženi program prične izvajati od začetka.

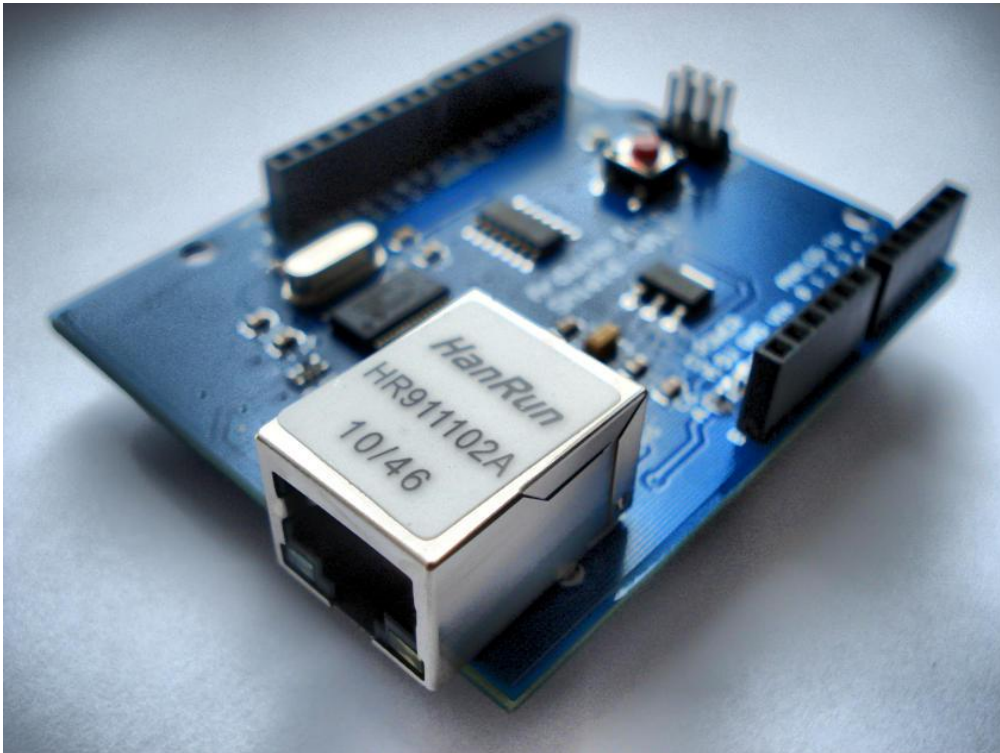
Na spletni strani projekta [1] Arduino dobimo programsko opremo, ki nam omogoča prevajanje in nalaganje programov, ki jih nato izvajamo na mikrokrmilniku.



Slika 2: Arduino Duemilanove

### 3.2.2. Ethernet Shield v1.0

Vmesnik Ethernet Shield v1.0 (Slika 3) omogoča povezavo Arduino razvojne ploščice z internetom, tako je Arduino in s tem tudi program, ki teče na njem, oddaljeno dostopen. Glavni del vmesnika je ENC28J60 SPI ethernet čip in kristal za ustvarjanje ure 25MHz. TCP/IP protokol je treba realizirati programsko, za lažjo implementacijo so na voljo že napisane knjižnice. Vmesnik se na Arduina priklopi s podaljšanimi I/O in napajalnimi nožicami. Pri tem je treba paziti na uporabo digitalnih nožic, saj so nekatere uporabljene za delovanje samega Ethernet Shielda (D10-D13 ter D2). Za priklop na internet vmesnik uporablja standardno RJ45 ethernet vtičnico, ki avtomatsko zaznava križno ali navadno vezavo ter podpira možnost PoE (*Power over Ethernet*). Opremljen je z Reset gumbom, ki deluje na oba Ethernet Shield in Arduino. Zasnovan je tako, da omogoča priklop dodatnih vmesnikov z drugimi funkcijami.



Slika 3: Ethernet Shield v1.0

### 3.2.3. Rele Modul

Za projekt je bil uporabljen 2-Rele Modul, ki vsebuje 2 releja in je namenjen neposrednemu priklopu na Arduino razvojno ploščico. Proizvajalec 2-rele modula je podjetje SONGLE, model releja nosi oznako SRD-05VDC-SL-C. Iz oznake je razvidno, da je osnovno delovanje releja pri 5V enosmerne napetosti.



Slika 4: 2-Rele Modul

Modul pa podpira tudi več različnih visokih delovnih napetosti: 10A pri 125V oziroma 250V izmenični napetosti, 10A 30V oziroma 28V enosmerne napetosti. Modul ima tudi optospojnik, ki omogoča galvansko ločitev od napajanja Arduina, kar pomeni da ne more priti do tega, da bi 12V napetost, ki napaja posredno preko releja motorje za žaluzije, prišla v stik z Arduinom. Električna shema rele modula je predstavljena na strani 20.

#### 3.2.4. Električna ključavnica

Električna ključavnica je zapah z elektromagnetom. V središču sta zatič in tuljava. Ko skozi spustimo dovolj močan električni tok, se inducira močno elektromagnetno polje, ki premakne zatič, ko napetosti ni, pa vzmet poskrbi, da se zatič vrne na prvotno mesto in zaklene vrata.

V našem primeru je bila uporabljena ključavnica proizvajalca TRINE Access Technology, model ključavnice EN400. Ključavnica je napajana z 12V enosmerne napetosti. Ko ni napetosti, so vrata zaklenjena, ko je ključavnica pod napetostjo, so vrata odprta toliko časa, dokler jih zopet ne zapremo. Tudi v primeru izpada in vnovične vzpostavitve električne energije oz. komponent sistema ostanejo vrata zaklenjena. Toleranca delovanja je 7-14V, poraba, 0,35-0,7A.



Slika 5: Električna ključavnica

### 3.2.5. Termostat

Termostat, ki nosi oznako TRQ 21, je del centralnega ogrevanja proizvajalca JUNKERS. Služi za fizičen vklop oziroma izklop centralne peči. Nastavi se lahko želena dnevna in nočna temperatura, termostat pa z notranjim relejem po potrebi vklopi oziroma izklopi centralno peč. Ta rele izrablja tudi Domuss za oddaljeno nastavitvev želene temperature prostora.



Slika 6: Termostat

### 3.2.6. Termoupor

Termoupor je polprevodniški upor, pri katerem je upornost odvisna od temperature. V diplomski nalogi je bil za merjenje temperature uporabljen termoupor z oznako 103.



Slika 7: Termoupor

### 3.2.7. Domofon

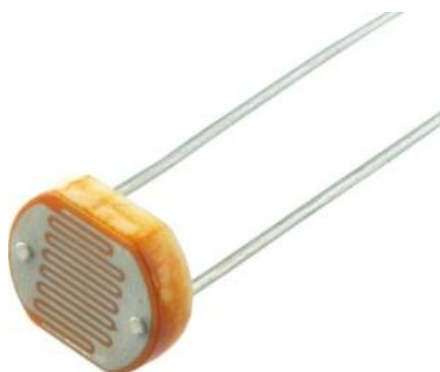
Električno ključavnico upravljamo preko domofona proizvajalca EURA, model RL-3203CC. Domofon vsebuje gumb za aktivacijo električne ključavnice, kar izkorišča tudi Domuss za oddaljeno odklepanje vhodnih vrat.



Slika 8: Domofon

### 3.2.8. Fotoupor

Senzor svetlobnega sevanja je upor, ki se mu spreminja upornost v odvisnosti od osvetlitve. Z njim merimo količino svetlobe. Oznaka uporabljenega fotoupora v diplomski nalogi je 4021.



Slika 9: Fotoupor

### 3.2.9. Motor

Za premikanje žaluzij služi motor s prenosi (Slika 10), da se doseže zadostna moč. Motor napaja 12V enosmerni napajalnik. Hitrost vrtenja motorja je 20 obratov/min. Tok, ki ga motor troši v času delovanja, znaša 120 mA, navor, ki ga motor doseže, pa približno 30 Nm. Motor je bil kupljen preko kitajske spletne strani, kjer podatkov o proizvajalcu in modelu motorja ni bilo navedenih.



Slika 10: Motor s prenosi

### 3.2.10. IP brezžična kamera

IP brezžična kamera je bila kupljena preko kitajske internetne strani, proizvajalec in oznaka nista znana. Polno ime kamere je WPA Wireless WiFi IP Camera Internet PTZ. Iz imena lahko razberemo, da kamera podpira brezžično zavarovan dostop (WPA), slika pa se prenaša po računalniškem omrežju (IP). Kratica PTZ pa ponazarja gibljivost kamere. Združuje digitalno video kamero z omrežno povezljivostjo in spletni strežnik zaradi dostopnosti v lokalnem omrežju ali preko interneta. Kamera ima 1/4" barvni CMOS senzor in 11 IR LED, kar omogoča tudi nočno opazovanje. Resolucija kamere je 640 x 480 točk. Kakovost video slike (30 fps) se lahko prenaša na LAN/WAN z uporabo MJPEG tehnologije za stiskanje. IP kamera uporablja standard TCP/IP.



Slika 11: IP brezžična kamera

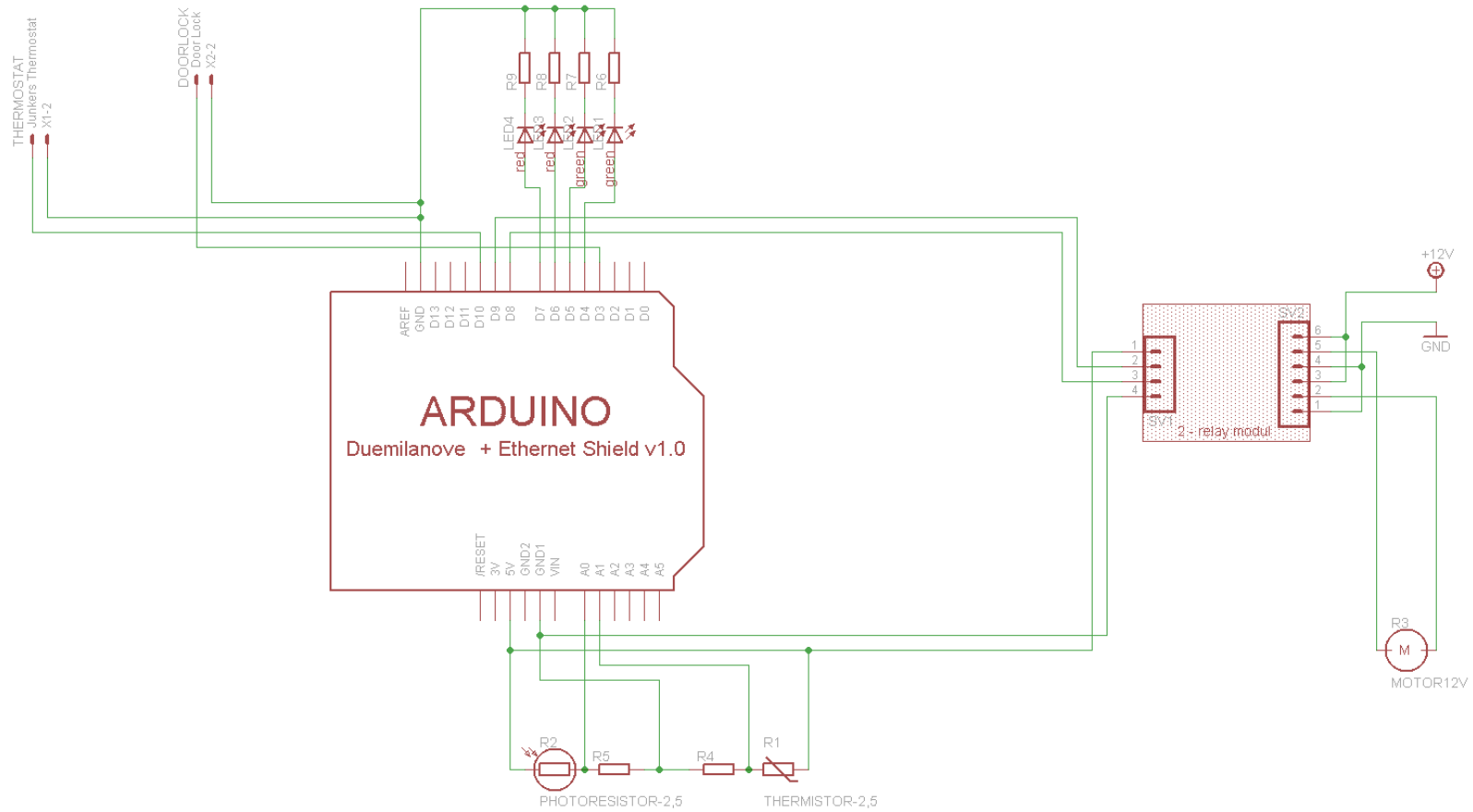
### 3.2.11. Ostale komponente

Za delovanje celotnega sistema so bili uporabljeni tudi razni upori, LED diode in povezovalni kabli.

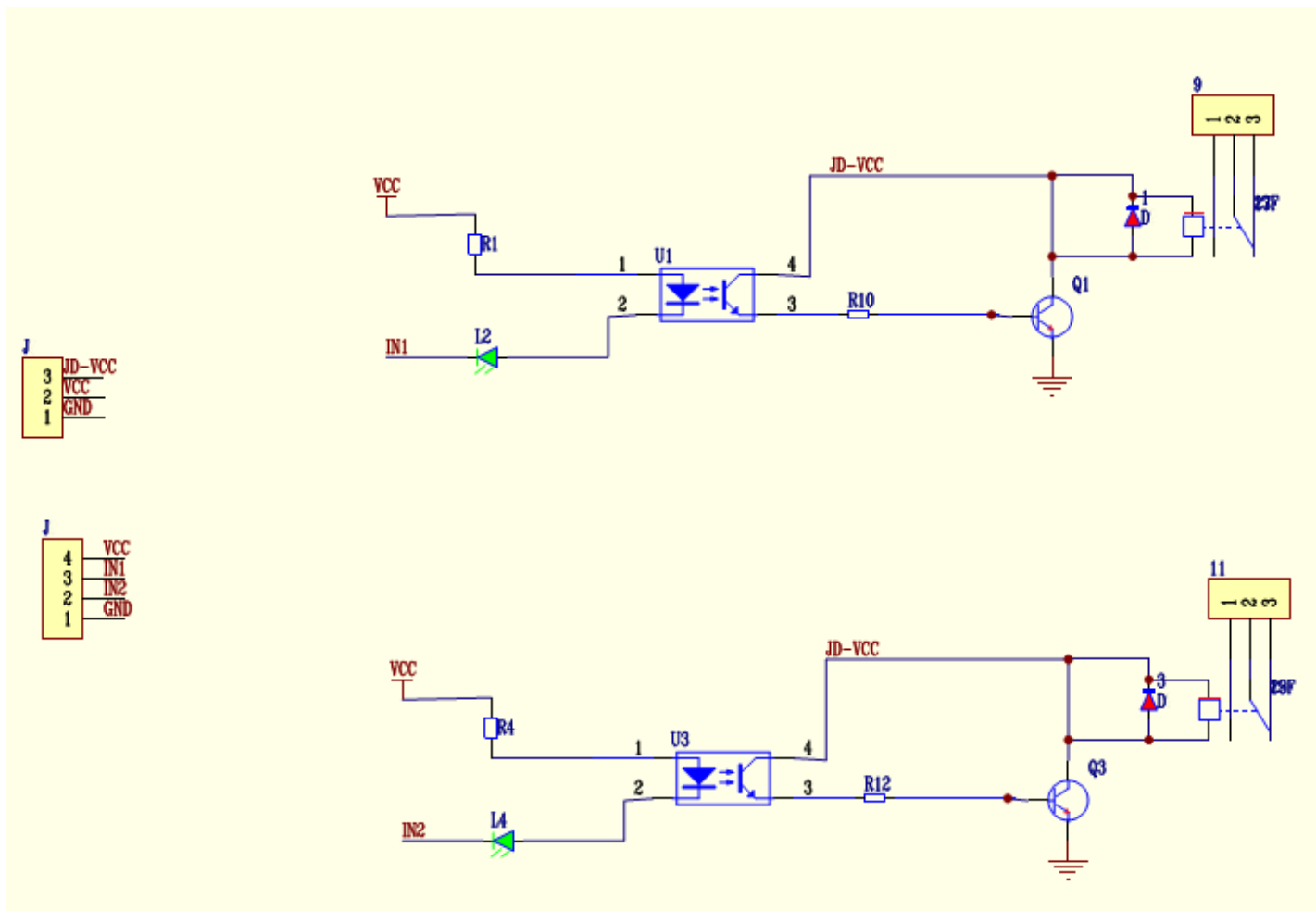


Slika 12: Ostale komponente

### 3.2.12. Shema Domuss-a



Slika 13: Shema Domuss-a



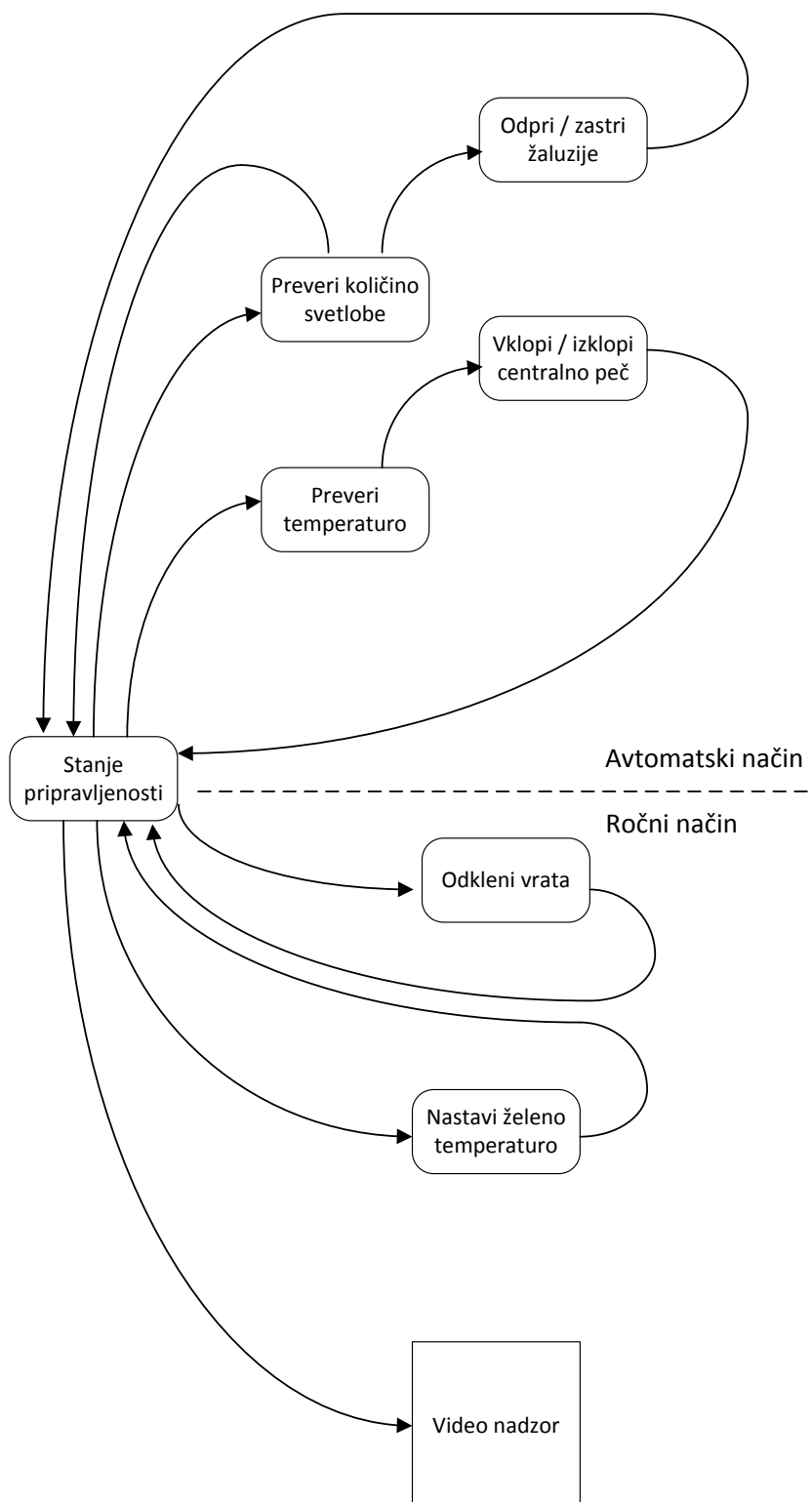
Slika 14: Shema 2 - rele modula

### 3.3. Programska oprema

Različica programske opreme, uporabljena za sistem, nosi oznako programski paket Arduino 1.0., ki je prosto dostopna na uradni strani [1] Arduina. Programski jezik, ki se uporablja, je jezik C, zato je program nekomu, ki se spozna na ta programski jezik, z lahkoto spremenljiv za lastne potrebe. Poleg standardnih C ukazov so potrebni tudi ukazi, prilagojeni posebno za Arduina, kot so `pinMode()`, `analogRead()`, `digitalWrite()`.

Ko se z vklopom Domuss-a zažene program, steče na začetku inicializacija ter deklaracija spremenljivk. V funkciji `void setup()` se nastavi serijska komunikacija ter določi tip posameznih nožic. V funkciji `void loop()` se periodično preverja količina svetlobe in temperature v prostoru. V primeru, da je zaznana količina svetlobe oziroma temperature večja ali manjša od predpisane, se ukrepa kot prikazuje diagram poteka programa na sliki 15. Ker program deluje kot strežnik, se vseskozi preverja tudi zahteva po povezavi. Nastavijo se tudi začetni parametri paketov TCP. Preko spletnega vmesnika lahko uporabnik odklene vrata za 3 sekunde, kar mu omogoča vstop v stanovanje. Prav tako lahko preko vmesnika nastavlja želeno temperaturo, ki jo potem sistem avtomatsko vzdržuje.

### 3.3.1. Diagram poteka programa

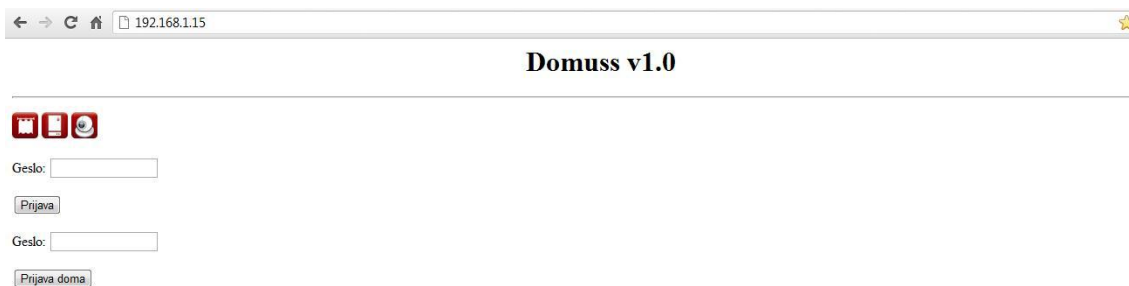


Slika 15: Diagram poteka programa

### 3.4. Uporaba in delovanje

Domuss lahko razdelimo na dva načina delovanja. Prvi način je avtomatski. Ob vklopu se začne izvajati program, ki periodično preverja temperaturo in količino svetlobe. Če je temperatura prostora nižja od zelene temperature, se vključi centralno ogrevanje. Ko je zelena temperatura dosežena, se ogrevanje izključi. Prav tako se odprejo oz. zastrejo žaluzije glede na količino svetlobe zunaj. Vse to se zgodi avtomatsko, če uporabnik ne določi drugače.

Uporabnik lahko Domuss krmili tudi ročno. Do spletnega vmesnika dostopamo preko spletnega brskalnika. Pričaka nas prijavna stran (Slika 16), kjer vpišemo geslo. Odvisno od lokacije, če se prijavljamo od doma, se pravi domačega omrežja, vpišemo geslo in kliknemo na gumb **Prijava doma**, oz. svetovnega spleta, kliknemo gumb **Prijava**.



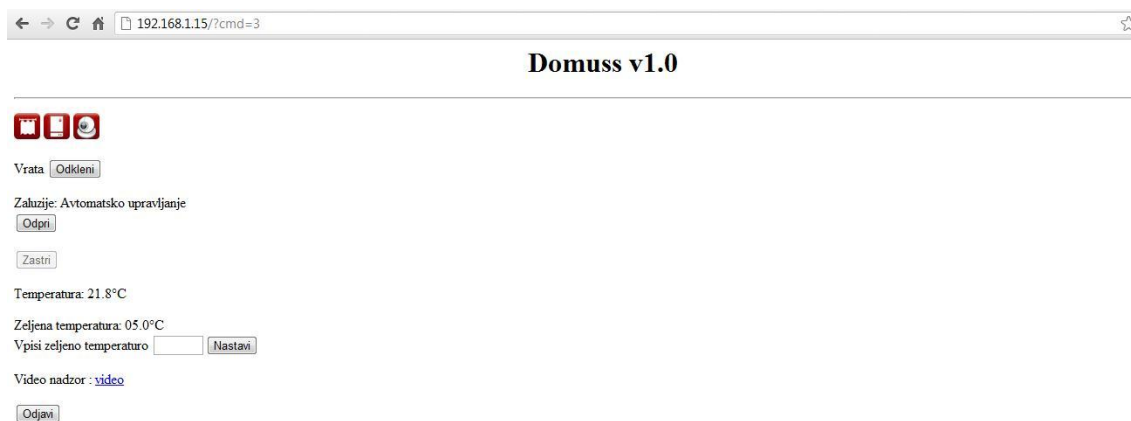
Slika 16: Prijavna stran

Prijavna stran pa nam ponudi že nekaj informacij. Nad prijavnim obrazcem lahko opazimo tri ikone (Slika 17). Prva v vrsti nam pove pozicijo žaluzij. Če je ikona rdeče barve, so žaluzije zastrte, če pa so žaluzije odprte, se ikona obarva zeleno. Druga ikona v vrsti je pokazatelj vklopa oz. izklopa centralnega ogrevanja. Če je ikona rdeče barve, je ogrevanje izklopljeno, če je zelena pa vklopljeno. Zadnja, tretja v vrsti, pa je ikona video nadzora. Če je video nadzor v uporabi, je ikona zelene barve.



Slika 17: Ikone stanja

Po uspešni prijavi se prikaže spletni vmesnik (Slika 18). Na vrhu so že znane ikone, ki nam podajo stanje Domuss-a. Pod njimi je gumb za krmiljenje ključavnice na vhodnih vratih ter dva gumba za odpiranje in zastiranje žaluzij, ki se med seboj izključujeta. Sledi podatek o trenutni temperaturi ter želeni temperaturi skupaj z obrazcem, kjer temperaturo nastavljamo. Pod obrazcem je povezava, ki nas pripelje do vmesnika video nadzora. Na koncu je še gumb za odjavo iz spletnega vmesnika.



Slika 18: Spletni vmesnik

### 3.4.1. Odklepanje vrat

Vrata se odklenejo s pritiskom na gumb **Odkleni** za 3 sekunde, nato se zopet zaklenejo.

### 3.4.2. Krmiljenje žaluzij

Ob vklopu Domuss-a se žaluzije odpirajo in zastirajo avtomatsko, glede na količino svetlobe. Prag svetlobe, ki sproži preklop, je določen empirično. Če uporabnik klikne na gumb **Odpri**, se žaluzije odprejo, ne glede na količino svetlobe. Avtomatski način upravljanja pa preide na ročni način upravljanja, kar nam sporoča tudi status žaluzij z Avtomatsko upravljanje na Ročno upravljanje. Gumb Odpri je sedaj nedejaven. Žaluzije se ne zastrejo, dokler uporabnik ne klikne gumba **Zastri**. Sistem sedaj preide zopet na avtomatsko delovanje. Zgoraj opisani postopek se lahko zgodi zvečer, ko avtomatika zastre žaluzije, mi pa bi radi pogledali, kaj se dogaja zunaj. Obratno pa bi podnevi, ko so žaluzije odprte, hoteli gledati televizijo v temnem prostoru. V tem primeru bi bil aktiven gumb Zastri in bi ob kliku nanj žaluzije ostale zastrite.

### 3.4.3. Krmiljenje ogrevanja

Ogrevanje krmilimo z vpisom zelene temperature, nato pa Domuss skrbi za vklop in izklop centralne peči. Vpis zelene temperature ima razpon od 5.0 °C do 26 °C. Če je zelena temperatura izven območja, se uporabi robna vrednost. To služi kot varovanje pred uporabnikovo nerodnostjo z vnosom nerealne temperature. Minimalna temperatura je nastavljena tako, da še vedno preprečuje zmrzal, maksimalna pa je subjektivno določena.

### 3.4.4. Video nadzor

Klik na povezavo [video](#) nas pripelje do video vmesnika (Slika 19), kjer se vpišemo s svojim uporabniškim imenom ter geslom. Posameznemu uporabniku je določen nivo zasebnosti.

The image shows a login interface with a dark blue background. At the top, the text 'Sign in to the Device (Dnevna soba)' is displayed in white. Below this, there are two input fields: one labeled 'User' and one labeled 'Password'. At the bottom left, there is a 'Login' button, and at the bottom right, there is a language selection dropdown menu currently set to 'English'.

Slika 19: Video prijavna stran

Nivoji zasebnosti:

- Obiskovalec
- Upravljavec
- Administrator

### Obiskovalec

Obiskovalec ima najmanj pravic glede video nadzora. Lahko opazuje trenutno postavitev kamere, naredi trenutni posnetek, vključi notranji mikrofonski sistem kamere in s tem posluša, kaj se v sobi dogaja, ali pa vključi zvočnik, da ga prisotni v sobi lahko slišijo.

### Upravljavce

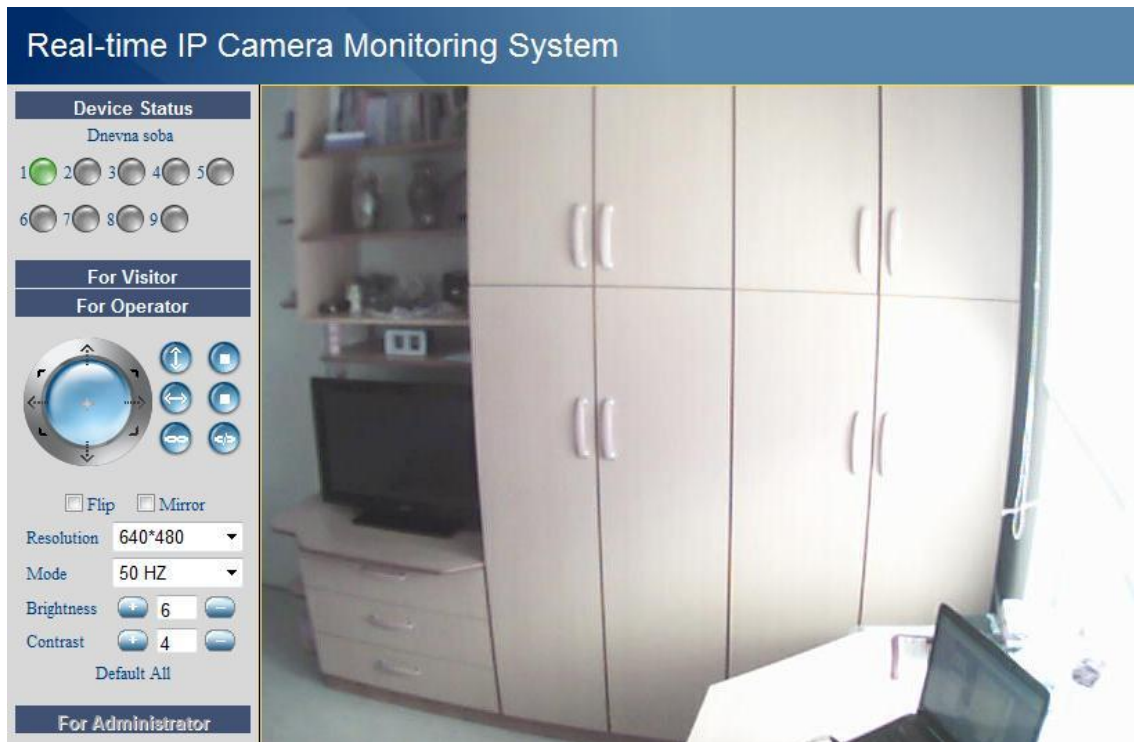
Upravljavce ima pravice obiskovalca, hkrati pa lahko upravlja kamero.

### Administrator

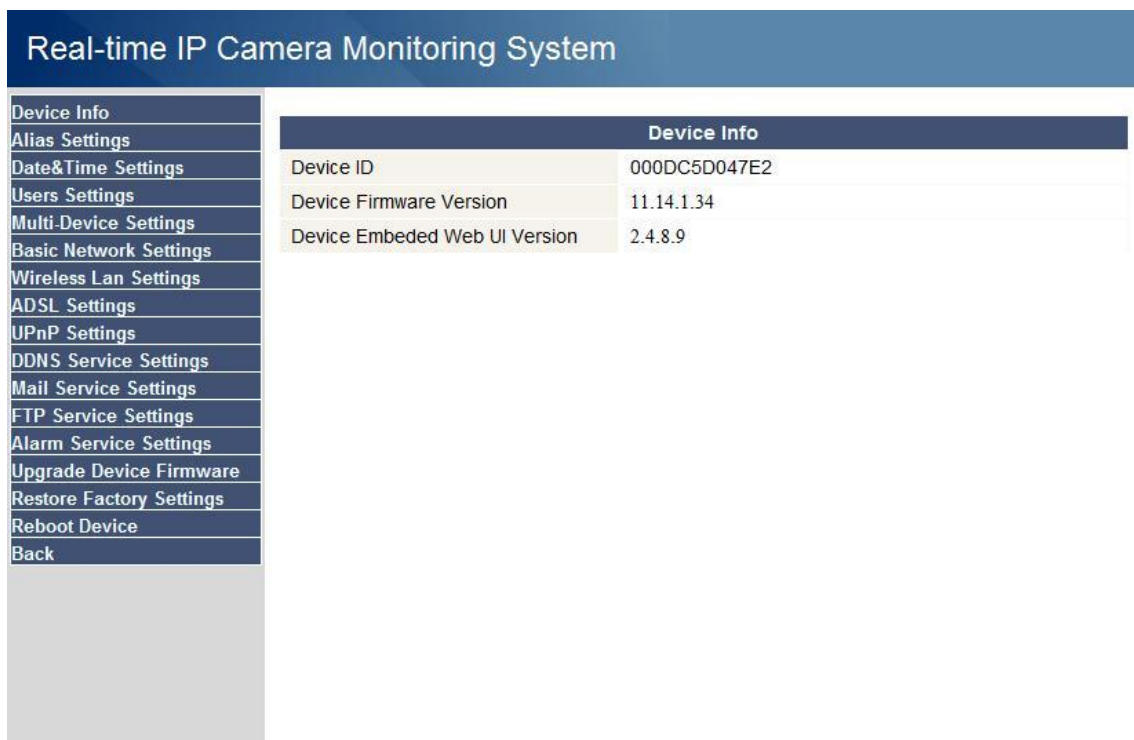
Administrator ima največ pravic, saj ima vse pravice obiskovalca in upravljavca hkrati pa lahko spreminja tudi nastavitve kamere. Tukaj lahko poleg osnovnih nastavitvev, kot so ime naprave, datuma in nastavitve omrežja, spreminja tudi pravice uporabnikov in občutljivost alarma ter opozarjanje preko elektronske pošte.



**Slika 20: Funkcije obiskovalca**



Slika 21: Funkcije upravljavca



Slika 22: Funkcije administratorja

## 4. Sklepne ugotovitve

Cilj diplomske naloge je bil oblikovati sistem oddaljenega nadzora in krmiljenja, ki bo na podlagi količine svetlobe upravljal z žaluzijami, uravnaval zeleno temperaturo v prostoru, odklepal oziroma zaklepal vhodna vrata in preko videonadzora skrbel za varnost bivalnega prostora. Kljub temu, da je tehnologija na področju pametnih hiš močno napredovala in je vse te rešitve mogoče kupiti v paketu, sem Domuss zasnoval zaradi lastnih potreb. Pri vzpostavljanju Domuss-a sem upošteval naslednje dejavnike in načela: (1) že obstoječo infrastrukturo, (2) uporabnost in priročnost, (3) minimizacija stroškov. Pametne rešitve sem prenesel v stanovanje, ki je bilo zgrajeno v 60-tih letih 90. stoletja. Način gradnje in infrastruktura omejujeta možnosti za moderniziranje elementov. Če bi hotel v tako stanovanje prenesti kupljene pametne rešitve, bi moral radikalno posegati v infrastrukturo in na novo adaptirati stanovanje. Da bi se izognil takemu posegu, sem skušal zelene elemente prilagoditi brez drastičnih vizualnih sprememb. Vsak element je bilo potrebno povezati s centralno enoto. Povezovalni kabel sem zamaskiral s pomočjo samolepilnih PVC kanalčkov. To ni bila samo uporabna rešitev, ampak je tudi prispevala k minimizaciji stroškov.

Sistem, ki sem ga razvil, je primer centraliziranega modela pametne hiše, saj je zasnovan okoli centralne enote. Centralno enoto predstavlja Arduino ploščica, ki je zanimiva zaradi dokaj velike razširjenosti in popularnosti dostopna na trgu, hkrati pa dokaj enostavna za programiranje.

Pametno rešitev, ki sem jo razvil, bi lahko uvrstil med programabilne hiše, ki preko senzorjev dobi podatke, kdaj naj se zastrejo oziroma odprejo žaluzije, vklopi centralno ogrevanje, odklenejo vhodna vrata in preko videonadzora sproži alarm. Vse akcije so uporabniku omogočene tudi z oddaljenim dostopom preko spletnega vmesnika.

V Domuss sem vključil le štiri elemente. Za te elemente sem se odločil na podlagi osebnih želja in potreb. Sam sistem pa ponuja skoraj neomejeno prostora za nadaljnje nadgradnje in razširitve. Tu je le nekaj idej pametnih rešitev, ki mu jih lahko brez velikih težav priključimo. Prva stvar, ki bi jo dodal, je oddaljeno uravnavanje luči, kar pa zaradi infrastrukture v mojem primeru ni bilo mogoče. Druga pa glasovno vodenje, kar bi zelo poenostavilo upravljanje hiše, ko je uporabnik doma, saj ne bi bilo potrebno upravljanje preko mobilne naprave oziroma računalnika.

Zastavljeni cilj diplomske naloge sem dokaj uspešno uresničil, saj je uporaba Domuss-a dokazala njegovo učinkovito delovanje. V primeru, da bi začel razvijati sistem za večji bivalni prostor, pa bi moral poseči po zmogljivejši centralni enoti, saj Arduino s svojim pomnilnikom in nezmožnostjo prekinjanja, ne bi zadostoval.

## 5. Viri

- [1] Antonio Scotto DiCarlo, Glen Cove, Smart Homes (Home Automation), *Livable New York Resource Manual*. Dostopno na <http://www.aging.ny.gov/livableny/resourcemanual/design/iv1c.pdf> (10. 8. 2012).
- [2] ©Arduino, 2012. Dostopno na <http://www.arduino.cc/> (14. 8. 2012).
- [3] B. Allen, An integrated approach to Smart House technology for people with disabilities, *Med. Eng. Phys*, št. 18, str. 203-206, 1996.
- [4] Basil Hamed, Design & Implementation of Smart House Control Using LabVIEW, *International Journal of Soft Computing and Engineering*, št. 1, zv. 6, 98-106, 2012.
- [5] Johannes Kropf, Lukas Roedl, Andreas Hochgatterer, A modular and flexible system for activity recognition and smart home control based on nonobtrusive sensors, *Pervasive Health*, 2012.
- [6] Liliana Bounegrau, *Smart Houses: From Managing the House at a Distance to the Management of Life Itself*, University of Amsterdam, 2009.
- [7] Mark D. Gross, Smart House And Home Automationa Technologies, v *Encyclopedia of Housing*, Sage, 1998.
- [8] Ninna Kozorog, *Nizkocenovna izvedba oddaljenega nadzora pametne hiše*, Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2010.
- [9] Skripta prof. Amon, 2012. Dostopno na <http://lms.fe.uni-lj.si/amon/> (14. 8. 2012).