

# Koncepti interneta stvari kod ostvarivanja vizije pametnog prostora

---

**Tortić, Domagoj**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:967619>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-07**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

**Domagoj Tortić**

Zagreb, 2023. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Tomislav Stipančić, dipl. ing.

Student:

Domagoj Tortić

Zagreb, 2023. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Tomislavu Stipančiću, dipl. ing. i asistentu mag. ing. mech. Leonu Korenu, na svim korisnim savjetima, potpori i pomoći prilikom izrade i pisanja ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se kolegama i kolegicama koji su mi bili podrška pri izradi rada.

Također se zahvaljujem obitelji, djevojci i prijateljima koji su mi uljepšali vrijeme studiranja i bili podrška tijekom cijelog studija.

Domagoj Tortić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Domagoj Tortić** JMBAG: 0035215975

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Koncepti interneta stvari kod ostvarivanja vizije pametnog prostora**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Internet of Things Concepts in realizing the vision of smart spaces**

Opis zadatka:

Sustavi za kućnu automatizaciju mogu se koristiti za stvaranje pametnih prostora po principima sveprisutnog računarstva koje koristi pametne senzore za praćenje i detekciju različitih značajnih događaja i promjena u prostoru. Otkrivene promjene potom mogu biti korištene za upravljanje različitim akcijama i uređajima koji potom djeluju unutar stvarne okoline.

U radu je potrebno:

- razviti i primijeniti programsko rješenje za ostvarivanje vizije pametnog prostora temeljeno na platformi otvorenog koda (npr. Home Assistant OS),
- odabrati i integrirati senzore, upravljačke i mrežne komponente te izvršne uređaje, te
- razviti i implementirati sustav za alarmiranje i provjeru (automatsko spremanje podataka i slanje obavijesti, automatsko detektiranje otvorenosti ulaznih vrata i prozora te rada klima uređaja i sl.).

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

28. rujna 2023.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Stipančić

Datum predaje rada:

30. studenoga 2023.

Predviđeni datumi obrane:

4. – 8. prosinca 2023.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Ivica Garašić

**SADRŽAJ**

POPIS SLIKA .....	3
POPIS TABLICA.....	4
SAŽETAK.....	5
SUMMARY .....	6
1. UVOD.....	7
2. KORIŠTENE TEHNOLOGIJE I NJIHOVE ZNAČAJKE .....	8
2.1. Wi-Fi .....	8
2.2. NFC .....	10
2.3. ZigBee.....	11
3. PREGLED DOSTUPNIH TRŽIŠNIH RJEŠENJA.....	14
3.1. Automata.....	14
3.2. Smart Lab Architects .....	16
4. OPEN SOURCE PLATFORME .....	17
4.1. Home Assistant platforma otvorenog koda.....	17
5. KORIŠTENI HARDVER I NJEGOVE FUNKCIJE.....	19
5.1. Sonoff S26R2TPF-DE pametna utičnica .....	19
5.2. Aqara Smart Wall Switch H1 pametni prekidač .....	21
5.3. Sonoff SNZB-04, Senzor za vrata i prozore .....	22
5.4. Sonoff ZBDONGLE-P Zigbee koordinator .....	23
5.5. Adafruit TSL2561, senzor svjetline .....	24
5.6. Adafruit AHT20 senzor temperature i vlage.....	25
5.7. Wi-Fi kamera TP-Link Tapo C210.....	26
5.8. NFC/RFID PN532 čitač kartica .....	27
5.9. Sanyo SAP-KRV2 klima uređaj .....	27
5.10. Zellot prijenosni zvučnik .....	28
5.11. HP stolno računalo .....	28
5.12. ESP32 mikrokontroler.....	28
5.12.1. ESP32 mikrokontroler u sklopu sa senzorima .....	29
5.12.2. ESP32 mikrokontroler sa funkcijama provjere identiteta .....	30
6. INSTALACIJA I KONFIGURACIJA SOFTVERA.....	31
6.1. Korištene integracije .....	32
6.1.1. ESP Home .....	32

---

6.1.2. MQTT i Zigbee2MQTT .....	33
6.1.3. Alarmo .....	33
6.1.4. Tapo: Cameras Control .....	33
6.1.5. Medijske integracije .....	33
6.1.6. SmartIR .....	33
6.2. Konfiguracija klima uređaja.....	34
6.2.1. Infracrvena (IR) komunikacija.....	34
6.2.2. SmartIR Climate .....	35
7. AUTOMATIZACIJE.....	38
7.1. Pregled korištenih automatizacija .....	39
8. SIGURNOST LABORATORIJA.....	41
9. IZRADA KORISNIČKOG SUČELJA .....	44
10. KRITIČKI OSVRT.....	46
11. ZAKLJUČAK.....	47
12. LITERATURA .....	48
13. PRILOZI.....	49

## POPIS SLIKA

<i>Slika 1 Pregled načina korištenja NFC standarda .....</i>	10
<i>Slika 2 Primjer ZigBee mesh mreže .....</i>	12
<i>Slika 3 Prikaz rada MQTT mreže.....</i>	13
<i>Slika 4 LINQ platforma .....</i>	15
<i>Slika 5 Sonoff S26R2 pametna utičnica.....</i>	19
<i>Slika 6 Rastavljena utičnica .....</i>	20
<i>Slika 7 Aqara Smart Wall Switch .....</i>	21
<i>Slika 8 Sonoff SNZB-04, senzor za vrata i prozore .....</i>	22
<i>Slika 9 Sonoff ZBDONGLE-P .....</i>	23
<i>Slika 10 Adafruit TSL2561, senzor svjetline .....</i>	24
<i>Slika 11 Adafruit AHT20, senzor temperature i vlage .....</i>	25
<i>Slika 12 Wi-Fi kamera TP-Link Tapo C210.....</i>	26
<i>Slika 13 NFC/RFID PN532 čitač kartica .....</i>	27
<i>Slika 14 Funkcijski blok dijagram ESP32 modela .....</i>	28
<i>Slika 15 ESP32 mikrokontroler u sklopu sa senzorima .....</i>	29
<i>Slika 16 ESP32 mikrokontroler sa funkcijama provjere identiteta .....</i>	30
<i>Slika 17 Korištene integracije .....</i>	31
<i>Slika 18 Inegracije iz HACS trgovine .....</i>	32
<i>Slika 19 Primjer protokola za slanje IR komunikaciju .....</i>	35
<i>Slika 20 Pregled kodova u Broadlink formatu .....</i>	36
<i>Slika 21 Pregled kodova prebačenih u raw format .....</i>	36
<i>Slika 22 Kod dodan u configuration.yaml datoteku .....</i>	36
<i>Slika 23 Element za kontrolu klima uređaja .....</i>	37
<i>Slika 24 Primjer dodavanja automatizacije .....</i>	38
<i>Slika 25 Primjer automatizacije u YAML kodu .....</i>	39
<i>Slika 26 Kontrolni panel za provjeru identiteta .....</i>	41
<i>Slika 27 Automatizacija za „Triggered“ stanje .....</i>	43
<i>Slika 28 Primjer dodavanja kartice na kontrolnu ploču .....</i>	44
<i>Slika 29 Prva stranica korisničkog sučelja .....</i>	45
<i>Slika 30 Druga stranica korisničkog sučelja .....</i>	45



**POPIS TABLICA**

Tablica 1 Pregled generacija Wi-Fi mreže ..... 9

## **SAŽETAK**

Ovaj diplomski rad bavi se problematikom implementacije sustava za alarmiranje i provjeru u novi prostor laboratorija LAPIS (Laboratoy for Manufacturing and Assembly Systems Planning). Funkcije sustava uključuju automatsko spremanje podataka, slanje obavijesti, automatsko detektiranje otvaranja vrata, itd. Razrađen je odabir i integracija potrebnih senzora, izvršnih uređaja te upravljačkih i mrežnih komponenti. Opisane su sve korištene tehnologije, objašnjeni kodovi te je navedena sva korištena oprema pri osposobljavanju sustava laboratorija. Programsko rješenje za ostvarivanje vizije pametnog prostora, koje služi za upravljanje, kontrolu i komunikaciju među komponentama sustava, napravljeno je korištenjem platforme Home Assistant. Platforma je temeljena na otvorenom kodu te omogućava personalizaciju sustava prema zahtjevima i potrebama korisnika.

Ključne riječi: Internet stvari, IoT, Home Assistant, automatizacija

## **SUMMARY**

The topic of this masters thesis deals with the issue of implementing an alarming and checking system in the new space of the LAPIS (Laboratory for Manufacturing and Assembly Systems Planning) laboratory. Some of the system functions include automatic data logging, notification sending, automatic door opening detection, etc. Selection and integration of necessary sensors, executive devices, and control and network components is furthermore elaborated. All used technologies are described, codes explained and all equipment used in the setup of the laboratory system is listed. The software solution for realizing the vision of a smart laboratory, was created using the Home Assistant platform. This platform is based on open code and enables the personalization of the system according to the requirements and needs of the user.

Keywords: Internet of Things, IoT, Home Assistant, automation

## **1. UVOD**

Automatizacijski sustavi unapređuju laboratorijske uvjete omogućujući detekciju, praćenje, upravljanje, te prikupljanje i analizu podataka.

Ovaj pristup čini prostor "pametnim", omogućujući autonomno praćenje i izvođenje različitih zadataka. Posebno u istraživačkim laboratorijima, gdje se mogu integrirati brojni senzori i uređaji, postiže se autonomnost i učinkovitost, uz istovremenu uštedu vremena i smanjenje troškova. Internet stvari (IoT) se odnosi na globalnu mrežu povezanih uređaja koji prikupljaju podatke o svom ponašanju.

Integracijom specifičnih senzora, obični uređaji postaju inteligentni, omogućujući stvarnu komunikaciju bez potrebe za ljudskim intervencijama. Ovaj koncept pruža širok spektar mogućnosti, uključujući cloud computing, strojno učenje i umjetnu inteligenciju. Automatizacija, praćenje podataka i IoT omogućuju kontinuirano unaprjeđenje radnih procesa, smanjenje ljudskih grešaka te optimizaciju korištenja laboratorijske opreme.

## 2. KORIŠTENE TEHNOLOGIJE I NJIHOVE ZNAČAJKE

Daleko najbitnija i najveća stavka pri postavljanju pametnog laboratorija je umrežavanje komponenti cijelog sustava i omogućavanje komunikacije između istih. Za ostvarivanje komunikacije između komponenti korišten je Wi-Fi, Zigbee i NFC (*Near Field Communication*) protokol. U idealnoj izvedbi sve su komponente spojene na Wi-Fi, ali pošto Wi-Fi ima veliku potrošnju električne energije za koju neke od komponenata nemaju kapaciteta, koristi se mješavina tehnologija. Jedna od njih je Zigbee, koji služi za umrežavanje niskoenergetskih, malih uređaja koji zbog dimenzijskih ograničenja i potrošnje energije nemaju kapacitet za Wi-Fi čip. NFC bežična tehnologija prijenosa podataka na male udaljenosti upotrijebljena je na ulaznim vratima laboratorija gdje je se koristi za provjeru identiteta osobe koja ulazi u laboratorij..

### 2.1. Wi-Fi

Wi-Fi tehnologija, poznata i kao Wireless Fidelity, temeljena je na IEEE 802.11 standardu koji se koristi za povezivanje uređaja na lokalnu mrežu i spajanje na internet. Postala je najčešće korištena tehnologija za povezivanje uređaja u mreže. Prva verzija predstavljena je 1997. godine i nudila je brzinu prijenosa podataka od 2 Mbit/s. Ta se brzina kroz godine, nove standarde i napretke u tehnologiji povećala na današnjih 10 Gbit/s. 1999. godine formiran je “WiFi savez”, neprofitna organizacija čiji je cilj certificirati uređaje sa “WiFi certified” zaštitnim znakom i promovirati tehnologiju. Samo proizvodi koji prođu detaljno testiranje mogu dobiti certifikat. Apple, Samsung, Microsoft i T-Mobile samo su neki od poznatih sponzora WiFi saveza. U ranim 2000. godinama veliki broj gradova objavio je planove da će izgraditi javne WiFi mreže koje će se prostirati preko cijelog grada i tako omogućiti stanovnicima besplatan i konstantan pristup internetu.

Razvoj kroz godine obilježen je evolucijom tehničkih standarda koji su postepeno poboljšali domet, brzinu, pouzdanost mreže i mnoge druge aspekte. Inačice se razlikuju između radiovalnih opsega na kojima rade, širine radio opsega koji zauzimaju, najvećih brzina podataka koje mogu podržati i drugih pojedinosti. Općenito, niže frekvencije imaju bolji domet, ali imaju i manji kapacitet. Neke inačice dopuštaju uporabu više antena, što omogućuje veće brzine kao i smanjene smetnje. Pregled generacija WiFi mreža nalazi se u tablici ispod.

<b>Generacija / IEEE standard</b>	<b>Maksimalna brzina veze</b>
<b>Wi-Fi 6 (802.11ax)</b>	600–9608 Mbit/s
<b>Wi-Fi 5 (802.11ac)</b>	433–6933 Mbit/s
<b>Wi-Fi 4 (802.11n)</b>	72–600 Mbit/s
<b>802.11g</b>	3–54 Mbit/s
<b>802.11a</b>	1,5 do 54 Mbit/s
<b>802.11b</b>	1 do 11 Mbit/s
Wi-Fi 1, Wi-Fi 2, Wi-Fi 3 nisu službena imena, ali se neslužbeno rabe.	

Tablica 1 Pregled generacija Wi-Fi mreže

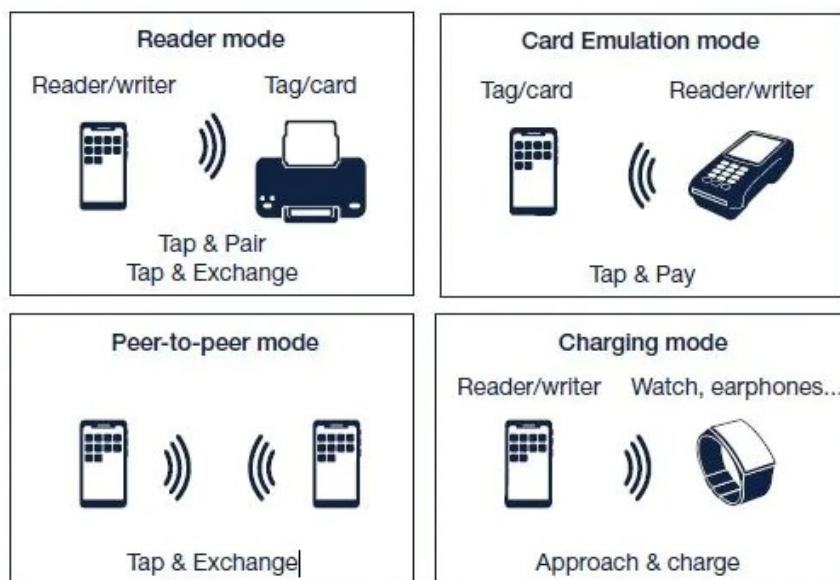
Osim spajanja na internet, Wi-Fi tehnologija može se koristiti za razne upotrebe. Pomoću karakteristika mreže na koju je uređaj spojen i ostalih bežičnih mreža koje uređaj detektira u svojoj blizini, moguće je geo locirati uređaj sa vrlo dobrom preciznošću. To može biti korisno kada se GPS ne može koristiti zbog interferencije ili lošeg signala prema satelitu. Također radi se na razvoju tehnologije „WiFi Sensing“ koja bi pomoću WiFi mreže detektirala pokret ili omogućila korisniku da gestama kontrolira neke funkcije uređaja.

## 2.2. NFC

NFC (Near Field Communication) je bežična tehnologija kratkog dometa koja omogućava komunikaciju između uređaja postavljenih blizu jedan drugome, obično unutar radijusa od nekoliko centimetara. Moguća je komunikacija u jednom ili oba smjera, ovisno o upotrebi. NFC uređaji mogu se koristiti kao identifikacijski dokumenti, kartice za ulaz/izlaz, beskontaktno plaćanje i plaćanje mobilnim telefonima.

NFC se temelji na RFID (Radio-Frequency Identification) tehnologiji i koristi elektromagnetsko polje za prijenos podataka. Standard na kojem se bazira NFC definirao je NFC Forum, neprofitna organizacija osnovana 2004. Osim RFID komunikacije, koja se bazira na ISO/IEC 14443 standardu, uključuje i ISO/IEC 18092 standard. Za korištenje NFC-a u mobilnim uređajima GSMA grupa definirala je GSMA NFC Standard.

Sigurnost standarda uvelike ovisi o kratkom dometu odašiljanja signala. Sam NFC nije zaštićen protiv napada prislušivanja, ali ovisno o primjeni i potrebnoj razini sigurnosti mogu se koristiti kriptografski protokoli kako bi se garantirala sigurnost komunikacije. Pregled načina korištenja NFC standarda prikazan je na slici ispod.



Slika 1 Pregled načina korištenja NFC standarda

### 2.3. ZigBee

Zigbee je bežični komunikacijski standard koji je namijenjen za niskoenergetske uređaje koji koriste baterijsko napajanje. Pruža komunikaciju niske latencije pa je zato pogodan za uređaje nad kojima se vrši upravljanje i nadzor. Dizajniran je za upotrebu u industrijskim, znanstvenim i medicinskim okruženjima, kao i za kućnu automatizaciju. Zigbee radi na valnoj duljini od 2.4 GHz, kao i većina Wi-Fi mreža. Glavna prednost ovog standarda nad Wi-Fi standardom je niska potrošnja energije i kreiranje “mesh” mreža. Takve mreže imaju međusobno povezane čvorove, te je svaki uređaj spojen sa onima koji su mu fizički najbliži. Takav način povezivanja izrazito je pogodan za primjene poput smart home sustava. Zigbee mreža sastoji se od 3 tipa uređaja:

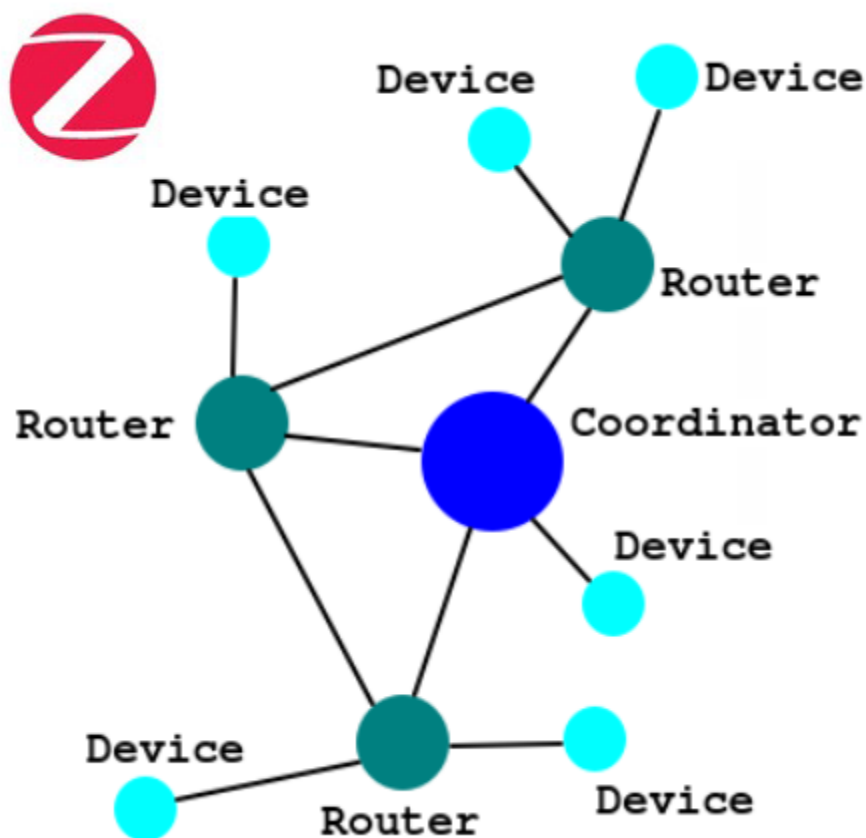
- Zigbee koordinator
- Zigbee usmjerivač
- Zigbee krajnji uređaj

U svakoj Zigbee mreži postoji samo jedan koordinator. Prikazan na slici ispod, koordinator je glavni dio mreže, on pokreće mrežu i pri početnoj konfiguraciji svi uređaji se spajaju direktno na njega. Nakon povezivanja svih uređaja u mrežu, formira se mesh mreža, prikazana na slici 2. Kada se formiraju putevi između uređaja u mesh mreži, do koordinatora dolaze sve informacije sa mreže, te ih on šalje centralnom kontrolnom sustavu.

Krajnji uređaji su oni koji se koriste da bi se dobile informacije iz okoline ili pomoću njih napravila nekakva automatizacija. Izvor energije za takve uređaje je uglavnom baterija, to su najčešće senzori, aktuatori, prekidači itd. Način na koji Zigbee funkcionira, omogućuje tim uređajima da budu “ugašeni” većinu vremena i da se “probude” samo kada trebaju poslati neku informaciju. Takav sistem rada produljuje trajanje baterije u uređajima i smanjuje potrošnju električne energije cijele mreže.

Zigbee usmjerivači su cijelo vrijeme spojeni na izvor napajanja, pa nemaju potrebe za gašenjem između perioda rada. Usmjerivači primaju podatke od krajnjih uređaja i šalju ih dalje prema koordinatoru. Najčešće su usmjerivači ujedno i krajnji uređaji npr. pametne utičnice, prekidači ili žarulje.





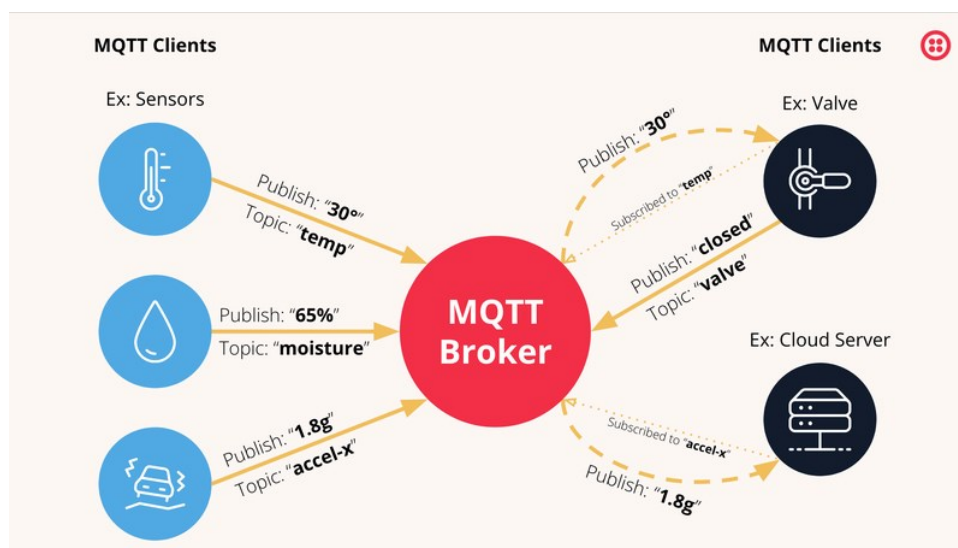
Slika 2 Primjer ZigBee mesh mreže

## 2.4. MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) predstavlja moćan protokol za komunikaciju između uređaja u Internetu stvari (IoT). Razvijen je s fokusom na efikasnu i pouzdanu razmjenu podataka između uređaja s ograničenim resursima.

Ključna karakteristika MQTT-a je jednostavna implementacija i minimalno opterećenje mreže. MQTT klijenti mogu se implementirati u različitim programskim jezicima i mogu raditi na različitim hardverskim platformama. Protokol koristi model poruka "publish-subscribe", što omogućava klijentima slanje podataka na određene teme (topics), dok drugi klijenti prate te teme i primaju relevantne informacije. Ova fleksibilnost i skalabilnost postiže se kroz centralni server, poznat kao MQTT broker. Broker služi kao posrednik u komunikaciji između klijenata. On prati koji su klijenti pretplaćeni na koje teme i prosljeđuje im odgovarajuće poruke. U slučaju da neki klijent izgubi komunikaciju sa mrežom, broker može zadržati sve poruke koje je taj uređaj trebao dobiti i može ih poslati kada se uređaj vrati na mrežu. Još jedna važna karakteristika je podrška za "last will and testament" (LWT) poruke. Uređaji mogu postaviti

poruku koja će automatski biti poslana na određenu temu u slučaju gubitka ili prekida veze, čime se održava pouzdanost komunikacije, posebno u nepouzdanim mrežnim uvjetima. MQTT se također ističe po podršci za QoS (Quality of Service) razine, što omogućava kontrolu nad dostavom poruka. Razine variraju od niskog prioriteta, gdje se poruka može izgubiti radi brže dostave, do visokog prioriteta, gdje je potrebna potvrda o ispravnoj dostavi. Ovo je ključno u situacijama gdje je imperativna precizna i pravovremena razmjena podataka.



Slika 3 Prikaz rada MQTT mreže

### 3. PREGLED DOSTUPNIH TRŽIŠNIH RJEŠENJA

Primjena postupka automatizacije laboratorija je zbog svoje dostupnosti i beneficija u današnje vrijeme sve češća. U ovom odlomku su prikazane inovacije u području pametnih laboratorija i njihova primjena u znanosti i industriji. Razmotrene su neke od vodećih tvrtki koje su predstavile rješenja u ovom sektoru.

Slično kao što pametne kuće omogućavaju povezivanje svih aspekata kućanstva putem interneta, pametni laboratoriji uključuju umrežavanje laboratorijskih uređaja, senzora i raznih strojeva kako bi omogućili udaljeni nadzor i upravljanje. Ova tehnologija omogućuje znanstvenicima da kontroliraju svoje laboratorijske uređaje izvan laboratorija putem internetske veze, što značajno ubrzava i poboljšava izvođenje različitih testiranja i eksperimenata. Pametni laboratoriji također olakšavaju dokumentiranje eksperimenata pomoću naprednog strojnog učenja i umjetne inteligencije. Ovi sustavi aktivno uče i prate ponašanje eksperimenata, što omogućuje brži i učinkovitiji rad. Svi uređaji u laboratoriju povezani su međusobno i sa sustavom, stvarajući inteligentno i produktivno okruženje koje može predvidjeti i reagirati na događaje.

Međutim, postoji izazov s komercijalnim rješenjima, jer svaki proizvođač stvara svoj ekosustav koji je kompatibilan samo s vlastitim uređajima. To znači da korisnici moraju kupiti ostale proizvode istog proizvođača kako bi sve funkcioniralo zajedno i upravljali s jednog mjesta. Inače, moraju instalirati različite aplikacije za različite uređaje, što može biti skupo i nepraktično. Unatoč ovom izazovu, postoje tvrtke koje se bave projektiranjem cijelih pametnih laboratorija ili automatizacijom postojećih laboratorijskih sustava. U nastavku su prikazane neke od tih tvrtki i njihovi proizvodi i usluge.

#### 3.1. Automata

Prva Engleska tvrtka Automata osnovana je sa ciljem kreiranja novih mogućnosti i inovacija u području automatizacije. Automatin fokus suzio se na industriju u kojoj su smatrali da njihova stručnost može imati najveći utjecaj, područje kemije i biologije. Automatizacija tih laboratorija još uvijek se fokusira na nekoliko stolnih instrumenata koji zahtijevaju ljudsku interakciju. Cilj Automate je integrirati automatizaciju što više uređaja kako bi se korisnicima olakšalo korištenje laboratorija i smanjio udio ljudskog djelovanja.

Njihov prvi proizvod “LINQ platforma”, prvi potpuno automatizirani laboratorijski stol i njemu pripadajući software, omogućili su laboratorijima efikasnije korištenje resursa i djelatnika, te povećanje dosljednosti. Platforma LINQ smješta i povezuje instrumente na laboratorijskom stolu koji štedi prostor i omogućuje upravljanje na daljinu putem softvera temeljenog na oblaku. Platforma je prikazana na slici ispod.



Slika 4 Ilustracija LINQ platforme [5]

### 3.2. Smart Lab Architects

Smart Lab Architects, tvrtka iz Minhena, stavlja fokus na brzu izgradnju pametnih i fleksibilnih laboratorija za start-up tvrtke. Također tvrtkama pomažu u opremanju laboratorija namještajem i strojevima, a nakon što je laboratorij postavljen, postavljaju se digitalni alati za spremanje eksperimentalnih podataka kako bi laboratorij radio digitalnije, učinkovitije i povoljnije. Fokusirani su na tvrtke iz bio procesne industrije i molekularne biologije. Svojim korisnicima nude 4 razine pametnih laboratorija.

Najniža razina, “**Digitalni laboratorij (eng. Digital Lab)**”, nudi neke osnove digitalizacije poput generiranja i pohranjivanja eksperimentalnih podataka digitalno. Alati u laboratoriju su inventar s bar kodovima, korištenje digitalnih sredstava za kontrolu uređaja, te digitalna laboratorijska bilježnica.

Na drugoj razini, “**Povezani laboratorij (eng. Connected Lab)**”, laboratorijski uređaji se međusobno povezuju i postavljaju se senzori pomoću kojih se mogu kontrolirati radnje laboratorija. Otvara se mogućnost osnovnih automatizacija i pomoću senzorskih podataka, utjecaj vanjskih faktora na ishode eksperimenata.

Treća razina, “**Automatizirani laboratorij (eng. Automated Lab)**“, spaja senzorske podatke iz prošle razine u kompleksniju cjelinu koja omogućuje automatizaciju repetitivnih laboratorijskih zadataka. Moguće je automatizirati sve od jednostavnih zadataka do cijelog procesa.

Finalna, četvrta razina, “**Laboratorij potpomognut umjetnom inteligencijom (eng. AI-ready Lab)**“, analizira podatke od svih provedenih eksperimenata i rezultate automatizacija kako bi se pomoću strojnog učenja i umjetne inteligencije povećala produktivnost laboratorija i korisnicima sugerirale promjene kako da dođu do tih ciljeva.

## 4. OPEN SOURCE PLATFORME

Otvoreni kod (eng. open source code) predstavlja koncept u računalnom programiranju gdje je izvorni kod softvera dostupan javnosti i slobodno distribuiran, uređivan i prilagođavan. Ovaj koncept izazvao je revoluciju u načinu na koji se softver razvija, distribuira i koristi, otvarajući vrata zajednici razvojnih entuzijasta, programera i tvrtki diljem svijeta. Jedna od ključnih karakteristika otvorenog koda je transparentnost. Svaki korisnik ima pristup izvornom kodu, što znači da može pregledavati, analizirati i modificirati kod prema vlastitim potrebama. Ovaj pristup potiče suradnju i dijeljenje znanja, čime se stvara bogato okruženje inovacija.

Otvoreni kod ima široku primjenu u različitim područjima, a najčešće se koristi u razvoju softvera, operativnih sustava i aplikacija. Primjeri poznatih projekata otvorenog koda uključuju Linux operativni sustav, Apache web server, Mozilla Firefox web preglednik te Python i Java programski jezici. Fleksibilnost je jedna od ključnih prednosti otvorenog koda. Korisnici mogu prilagoditi softver svojim potrebama, dodavati nove značajke ili ispravljati bugove. Ovaj model razvoja omogućuje bržu evoluciju softvera jer veliki broj programera može doprinosti njegovom poboljšanju.

Otvoreni kod također promiče etičke vrijednosti zajedničke suradnje. Korisnici ne plaćaju samo za korištenje softvera, već i doprinose njegovom poboljšanju. Ova filozofija otvorenosti i suradnje potiče inovacije, stvarajući ekosustav gdje se ideje dijele, a softver neprestano usavršava. U poslovnom kontekstu, otvoreni kod omogućuje tvrtkama prilagodbu softvera prema vlastitim potrebama, smanjenje troškova razvoja i veću sigurnost. Također potiče stvaranje standarda i interoperabilnost između različitih sustava.

### 4.1. Home Assistant platforma otvorenog koda

Home Assistant je platforma otvorenog koda za pametno upravljanje koja pruža jednostavan, ali moćan okvir za povezivanje i automatizaciju uređaja. Njegova snaga leži u sposobnosti integracije s različitim protokolima komunikacije, poput Zigbee, NFC, MQTT, Wi-Fi i brojnim drugima. Ova fleksibilnost omogućuje korisnicima da kontroliraju raznovrsne uređaje, uključujući svjetla, termostate, sigurnosne kamere, i druge, bez obzira na njihove proizvođače.

Jedna od ključnih prednosti Home Assistant-a je njegova zajednica entuzijasta i programera. Ova otvorena zajednica pridonosi stalnom razvoju i poboljšanju softvera. Korisnici mogu

pridonositi novim komponentama, integracijama i automatizacijama, čineći Home Assistant dinamičnom i prilagodljivom platformom koja se kontinuirano usklađuje s evolucijom tehnologije. Home Assistant nudi korisnicima intuitivno korisničko sučelje koje omogućuje jednostavnu konfiguraciju i upravljanje njihovim pametnim uređajima. Osim toga, platforma podržava snažan sustav automatizacije koji korisnicima omogućuje postavljanje kompleksnih scenarija i reakcija na temelju određenih uvjeta. Na primjer, korisnici mogu postaviti automatizaciju koja automatski isključuje svjetla i smanjuje termostat kada napuste svoj dom.

Sigurnost je također ključna komponenta Home Assistant-a. Enkripcija podataka i mogućnost postavljanja pristupa putem sigurnosnih ključeva čine ovu platformu pouzdanom i sigurnom za korištenje. Korisnici mogu biti sigurni da su njihovi podaci i uređaji zaštićeni od potencijalnih prijetnji.

## 5. KORIŠTENI HARDVER I NJEGOVE FUNKCIJE

U slijedećim odlomcima su prikazani uređaji koji su korišteni za izradu kompletnog hardverskog rješenja. Uređaji su odabrani po nekoliko faktora, kao što su omjer cijene i kvalitete, cijena i dostupnost na hrvatskom tržištu i mogućnost povezivanja sa ostalim komponentama.

### 5.1. Sonoff S26R2TPF-DE pametna utičnica

Pametna utičnica Sonoff S26R2 predstavlja napredni uređaj koji omogućuje daljinsko upravljanje električnim uređajima putem pametnog telefona ili drugih pametnih uređaja. Ova pametna utičnica integrira se u pametne kućne sustave i pruža korisnicima mogućnost uključivanja ili isključivanja uređaja, poput svjetala, klima uređaja, televizora ili drugih električnih aparata, putem mobilne aplikacije. Prikazana je na slici ispod.



Slika 5 Sonoff S26R2 pametna utičnica

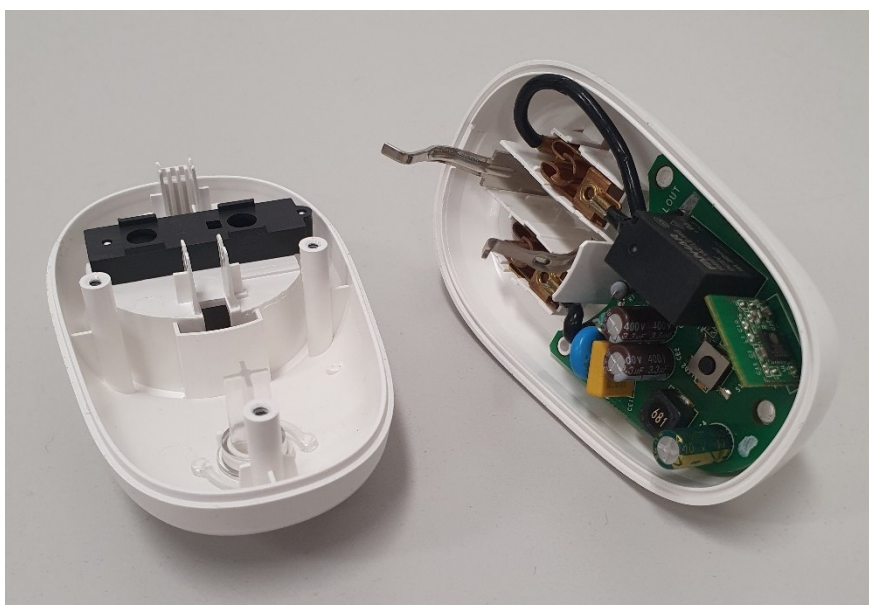
Jedna od ključnih značajki Sonoff S26R2 je bežična povezivost putem Wi-Fi mreže, što omogućuje jednostavno upravljanje uređajima iz udaljenosti. Također, podržava glasovno



upravljanje putem popularnih glasovnih asistenata poput Amazon Alexa ili Google Assistant, pružajući korisnicima dodatnu razinu praktičnosti.

S26R2 pametna utičnica također ima mogućnost postavljanja vremenskih rasporeda ili automatskog uključivanja/isključivanja uređaja, što pomaže u energetskej učinkovitosti i udobnosti. Povezivanje s pametnim kućnim sustavima omogućava integraciju s drugim pametnim uređajima, stvarajući koherentno okruženje u domu. S26R2 također pruža informacije o potrošnji električne energije, omogućujući korisnicima praćenje i optimizaciju potrošnje energije svojih uređaja. Uz jednostavno postavljanje, pristupačnost i niz korisnih značajki, Sonoff S26R2 pametna utičnica predstavlja praktično rješenje za unaprjeđenje kućne automatizacije i udobnosti korisnika.

Na utičnicu S26R2 potrebno je staviti prilagođeni softver kako bi se ona mogla uklopiti u Home Assistant sustav koji se koristi. Utičnicu je potrebno rastaviti i spojiti na računalo preko serijskog konvertera sa RS232 komunikacijskog standarda na USB. Nakon inicijalne konfiguracije utičnica se spaja na lokalnu Wi-Fi mrežu, te se naknadne aktualizacije mogu na nju slati putem mreže. Rastavljena utičnica prikazana je na slici ispod.

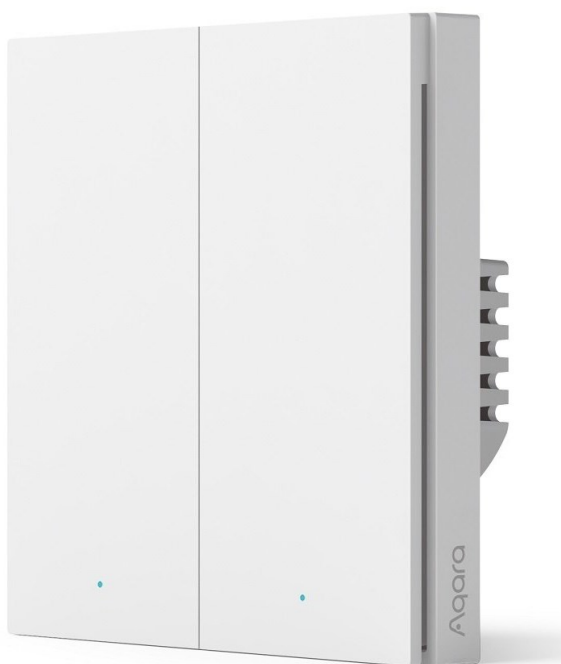


*Slika 6 Rastavljena utičnica*

## 5.2. Aqara Smart Wall Switch H1 pametni prekidač

Aqara Smart Wall Switch predstavlja moderno rješenje za pametno upravljanje osvjetljenjem u domu. S lakoćom se instalira i omogućuje korisnicima daljinsko upravljanje putem pametnih telefona ili glasovnih asistenata. Kompatibilan je sa velikim brojem tržišnih rješenja poput Apple HomeKit, Google Assistant, Amazon Alexa i drugi. Također sadrži Zigbee 3.0 protokol, preko kojeg se može spojiti u Zigbee mrežu.

Aqara Smart Wall Switch ima izvedbu sa jednu ili dvije tipke, ali u oba slučaja te tipke se mogu koristiti za paljenje i gašenje svjetala ili programirati za dodatne funkcije kada ste tipka dva puta pritisne ili dugo drži. Prilagodba svjetlosti i postavljanje vremenskih rasporeda čine ga prilagodljivim različitim potrebama. Svojim funkcionalnostima pojednostavljuje svakodnevni život i doprinosi većoj energetskej učinkovitosti. Prikazan je na slici ispod.



*Slika 7 Aqara Smart Wall Switch*

### 5.3. Sonoff SNZB-04, Senzor za vrata i prozore

Sonoff SNZB-04 bežični je senzor za vrata i prozore, na mrežu se spaja putem ZigBee protokola što mu omogućuje da za napajanje koristi samo jednu CR2450 3V bateriju. Pri normalnom režimu rada baterija može izdržati i do tri godine korištenja. Senzor se sastoji od dva dijela, prvi dio je napajan baterijom i u njemu se nalaze komponente potrebne za spajanje na ZigBee mrežu, kao i zavojnica. Drugi dio je permanentni magnet. Kada ta dva elementa dođu u neposrednu blizinu, REED relej se magnetizira, te se logičko stanje mijenja i senzor šalje podatke koje smo prethodno programirali na njemu. Veći element ima dimenzije svega 47mm x 27mm x 13mm, što čini ovaj senzor pogodan za razne upotrebe i lako ga je montirati. Prikazan je ispod.



*Slika 8 Sonoff SNZB-04, senzor za vrata i prozore*

#### 5.4. Sonoff ZBDONGLE-P Zigbee koordinator

Kao Zigbee koordinator, Sonoff ZBDONGLE-P može surađivati s različitim Zigbee uređajima, uključujući pametne utičnice, senzore, osvjetljenje i druge pametne uređaje koji podržavaju Zigbee protokol. Pravilno postavljen, može služiti kao most između Zigbee uređaja i pametnog sustava koji korisnik koristi za upravljanje njima. Dizajniran je za korištenje uz Home Assistant, ali može se koristiti i za druge platforme putem Zigbee2MQTT protokola. Optimiziran je za komunikaciju bežičnim putem sa što manjim utroškom energije. Na ZBDONGLE-P može se direktno spojiti 27 uređaja, no putem ažuriranja softvera teoretski se može spojiti do 200 uređaja.

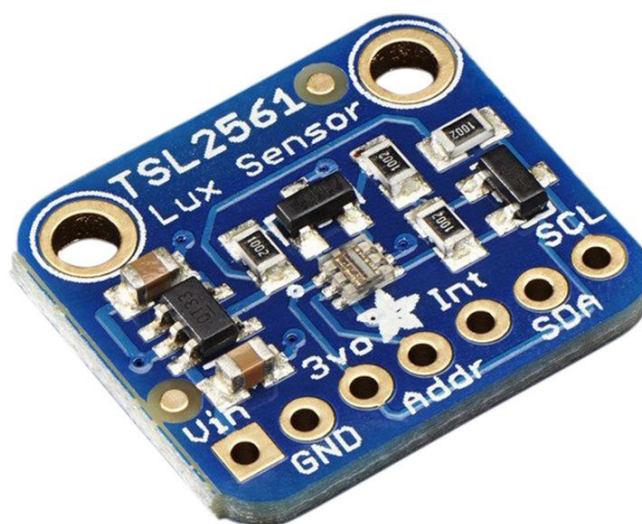


*Slika 9 Sonoff ZBDONGLE-P*

## 5.5. Adafruit TSL2561, senzor svjetline

TSL2561 senzor osvjetljenja, proizvođača Adafruit, predstavlja sofisticirani digitalni uređaj za mjerenje svjetlosti, savršen za uporabu u različitim svjetlosnim uvjetima. U usporedbi s jeftinim CdS ćelijama, ovaj senzor pruža veću preciznost, omogućava točno mjerenje u luksima te se može prilagoditi različitim postavkama pojačanja/vremena za otkrivanje u rasponu svjetlosti od 0,1 do 40 000 luksa. Izuzetna funkcija ovog senzora leži u tome što uključuje i infracrvene diode i diode punog spektra, omogućavajući odvojeno mjerenje svjetlosti punog spektra, infracrvene svjetlosti ili svjetlosti vidljive ljudima. Ovo je značajno jer većina senzora može detektirati samo jedan od ova dva elementa, što nije potpuno usklađeno s percepcijom ljudskog oka, s obzirom na to da ne možemo uočiti infracrvenu svjetlost koju većina foto dioda može detektirati.

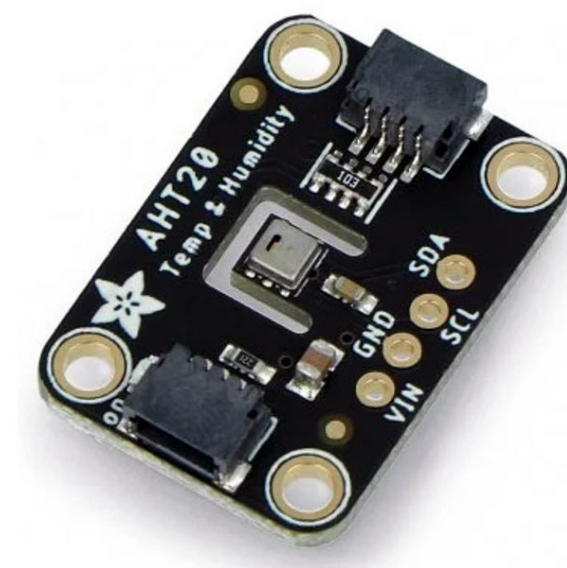
Senzor je opremljen digitalnim (I2C) sučeljem, a korisnici mogu odabrati jednu od tri adrese, omogućujući povezivanje do tri senzora na jednu ploču, svaki s različitom I2C adresom. Ugrađeni analogni-digitalni pretvarač (ADC) omogućuje korištenje senzora s bilo kojim mikrokontrolerom, čak i ako nema analognih ulaza. Potrošnja energije senzora je izuzetno niska, čime se čini pogodnim za primjenu u sustavima s malom potrošnjom energije - oko 0,5 mA tijekom aktivnog otkrivanja i manje od 15 uA u isključenom načinu rada.



Slika 10 Adafruit TSL2561, senzor svjetline

## 5.6. Adafruit AHT20 senzor temperature i vlage

Adafruit AHT20 je jednostavan i jeftin senzor temperature i vlage. Njegove malene dimenzije i niska potrošnja energije čine ga izvrsnim odabirom za smart home sustav. Radi u rasponu temperature od -40 do 85 °C, s točnošću od +/- 1 °C. Vlažnost mjeri u rasponu od 0 do 100 %, s točnošću od +/-3%. Za napajanje koristi 3,3V ili 5V, a ima i digitalno I2C sučelje s adresom 0x38.



Slika 11 Adafruit AHT20, senzor temperature i vlage

### **5.7. Wi-Fi kamera TP-Link Tapo C210**

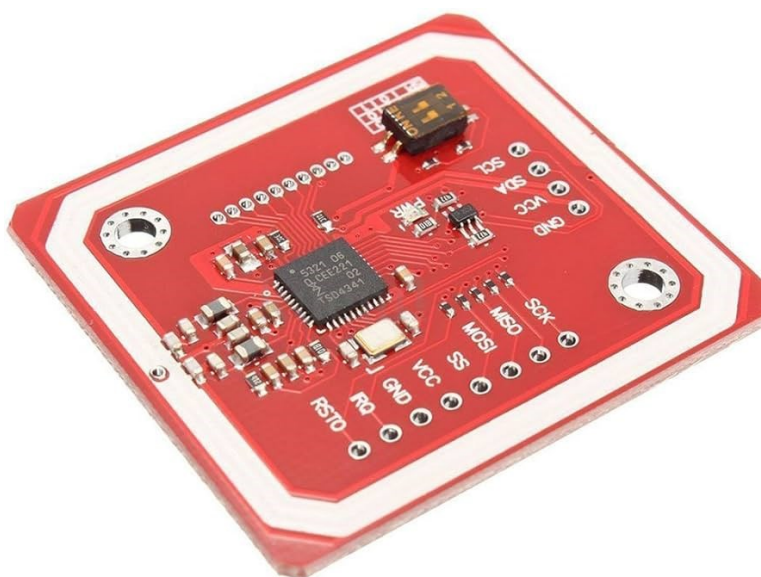
Wi-Fi kamera TP-Link Tapo C210 pruža visokokvalitetno nadziranje prostora putem bežične mreže. Korisnicima omogućava jednostavno praćenje događanja u njihovom domu ili uredu putem mobilne aplikacije, bez obzira na njihovu lokaciju. Kamera podržava HD videozapise, noćni način rada i detekciju pokreta, pružajući sigurnosne značajke i funkcionalnost praćenja u stvarnom vremenu. Jednostavno povezivanje putem Wi-Fi mreže, preko 2.4 GHz ili 5GHz, čini je praktičnim rješenjem za kućnu sigurnost i nadzor prostora.



*Slika 12 Wi-Fi kamera TP-Link Tapo C210*

### 5.8. NFC/RFID PN532 čitač kartica

PN532 je najpopularniji NFC chip, koristi se u skoro svakom mobilnom uređaju koji koristi NFC. Može čitati i pisati na kartice, komunicirati sa mobilnim telefonima i RFID karticama. Kartica koju očitava, odnosno s kojom komunicira može biti najviše 100mm od uređaja. Ovaj čitač koristi se kao identifikacija pri ulasku u laboratorij. Korisnici će na korištenje dobiti kartice ili privjeske koji kada se očitaju gase alarm laboratorija i time potvrđuju identitet osobe koja je ušla u laboratorij.



Slika 13 NFC/RFID PN532 čitač kartica

### 5.9. Sanyo SAP-KRV2 klima uređaj

Klima uređaji su ključni za održavanje ugodne temperature u prostorijama. Njihova sposobnost reguliranja temperature, vlažnosti zraka i cirkulacije zraka čini ih nezamjenjivim u domovima, uredima i komercijalnim prostorima diljem svijeta. Moderni klima uređaji često su opremljeni naprednim značajkama poput energetske učinkovitosti, tišeg rada te pametnog upravljanja, pružajući korisnicima optimalno iskustvo i udobnost.



## 5.10. Zelloot prijenosni zvučnik

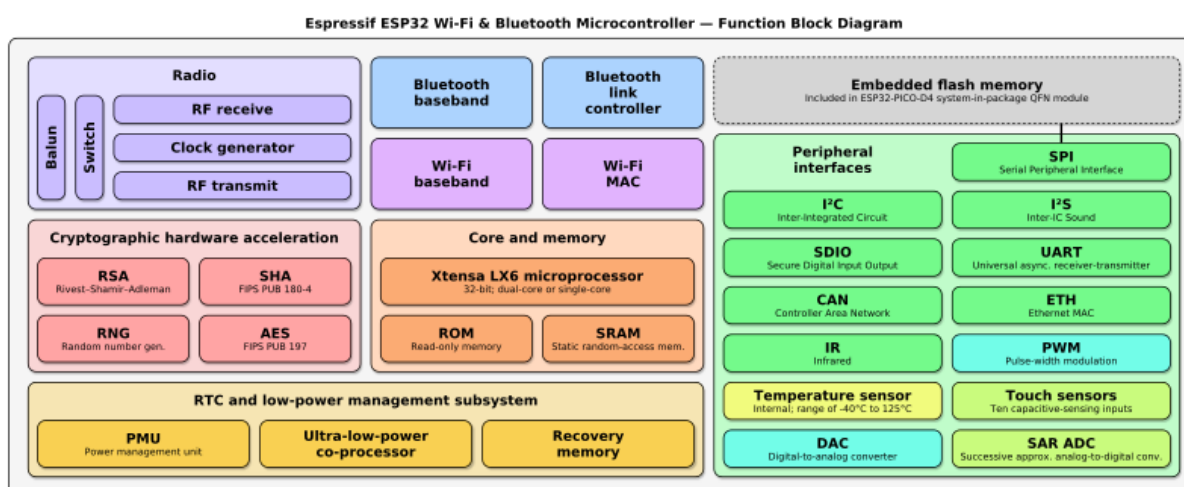
Prijenosni zvučnik marke Zelloot korišten je kako bi se reproducirali mediji sa Home Assistant platforme. Zvučnik se može koristiti kao povratna informacija pri komunikaciji sa sustavom ili kao alarm pri neovlaštenom ulasku u laboratorij. Zvučnik ima snagu 3W što je više nego dovoljno za ovakvu upotrebu.

## 5.11. HP stolno računalo

Na HP stolno računalo instaliran je Home Assistant sustav. Korištenje stolnog računala umjesto nekog manjeg rješenja poput Raspberry Pi platforme omogućilo je obavljanje više radnji istovremeno zbog jačeg procesora i veće radne memorije. Tvrdi disk kapaciteta 1 TB je dovoljan kako bi se snimke sa kamere spremile na njega i prebrisale tek nakon nekoliko mjeseci. Računalo je na mrežu spojeno putem ethernet kabela čime se osigurava stabilna i konstantna veza.

## 5.12. ESP32 mikrokontroler

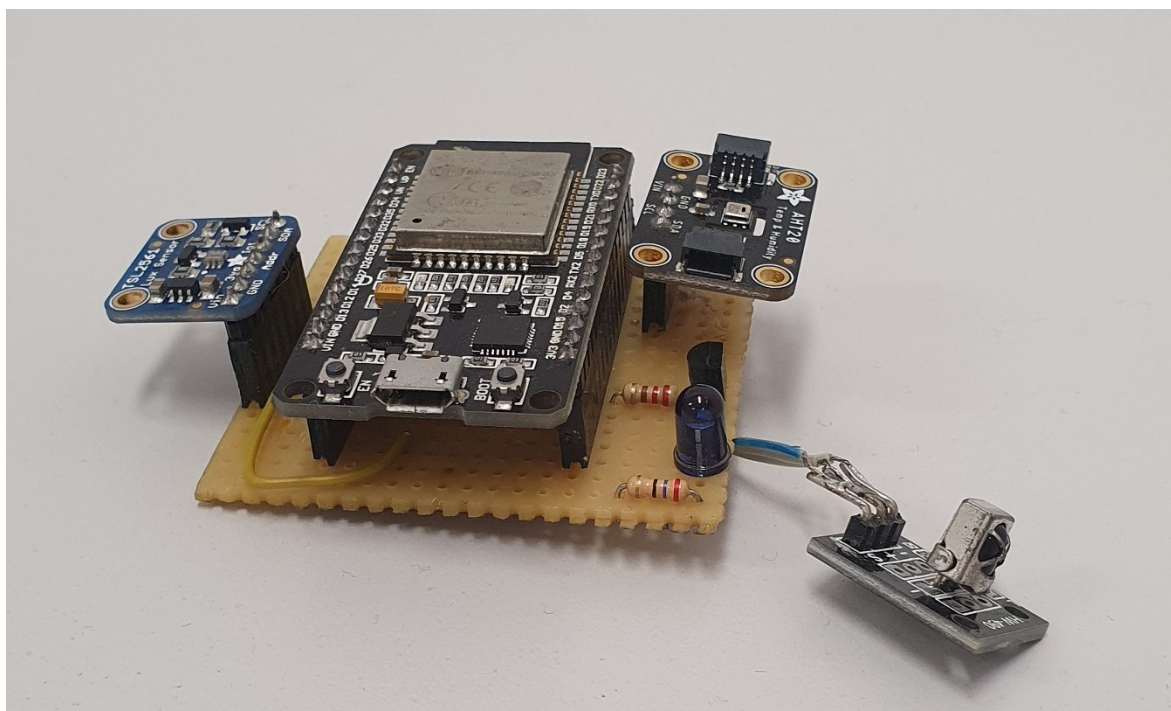
ESP32 je serija povoljnih, niskoenergetskih mikrokontrolera na pločici sa integriranim Wi-Fi i Bluetooth modulima. Koriste Tensilica Xtensa LX6, RISC-V ili Xtensa LX7 mikroprocesore. ESP32 je kreirala tvrtka Espressif Systems, a proizvodi ih tvrtka TSMC. Funkcijski blok dijagram ESP32 Wroom modela, koji je korišten u ovom radu, prikazan je na slici ispod. Ovaj kontroler je odabran zbog svojih malih dimenzija, velike mogućnosti nadogradnje i lake povezivosti sa ostatkom sustava.



Slika 14 Funkcijski blok dijagram ESP32 modela

### 5.12.1. ESP32 mikrokontroler u sklopu sa sensorima

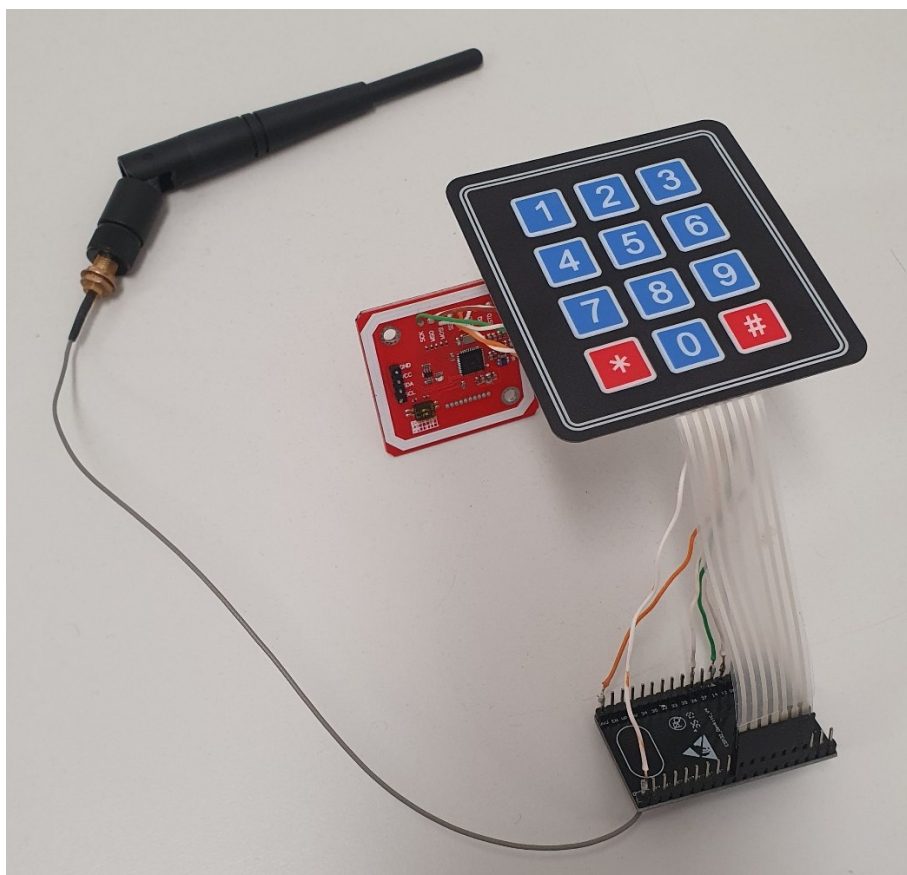
Mikrokontroler se ovdje koristi u sklopu sa sensorima koje očitava i LED diodom koju može aktivirati kako bi slao infracrvene signale. Senzor temperature i vlage AHT20, kao i senzor osvjetljenja TSL2561 savršeni su za ovu upotrebu. Uz te senzore dodana je i infracrvena LED dioda i infracrveni prijemnik. Po naredbi korisnika određene naredbe se šalju klima uređaju putem infracrvene LED diode. Kako bi diode funkcionirale kako je namijenjeno, dodani su otpornik i tranzistor. Izrađena je pločica na koju su sve komponente spojene. Ta pločica prikazana je na slici ispod.



*Slika 15 ESP32 mikrokontroler u sklopu sa sensorima*

### 5.12.2. ESP32 mikrokontroler sa funkcijama provjere identiteta

Bitan dio funkcionalnosti pametnog laboratorija jest njegova sigurnost. Na samom ulazu u laboratorij dodana je kontrolna kutija kako bi se potvrdio identitet osoba koje ulaze u laboratorij. Unutar te kutije nalaze se ESP32 mikrokontroler na koji je povezan NFC/RFID PN532 čitač kartica i generična matriks tipkovnica. Pošto je kutija na samom ulazu u laboratorij dodana je i antena kako bi se osigurala konstantna i pouzdana konekcija sa mrežom.

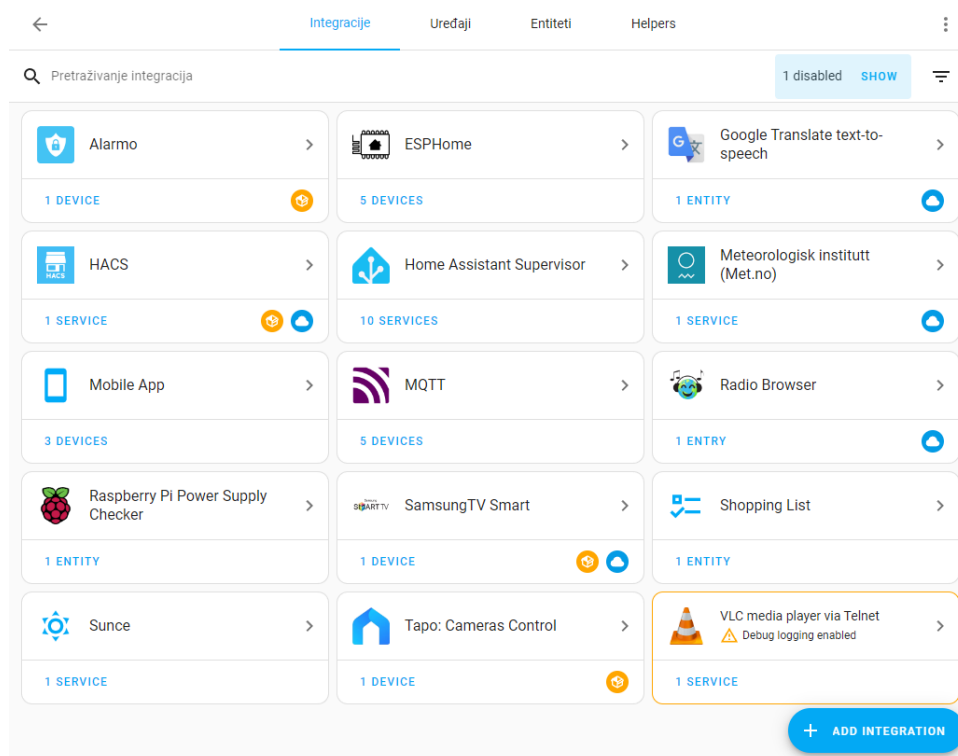


*Slika 16 ESP32 mikrokontroler sa funkcijama provjere identiteta*

## 6. INSTALACIJA I KONFIGURACIJA SOFTVERA

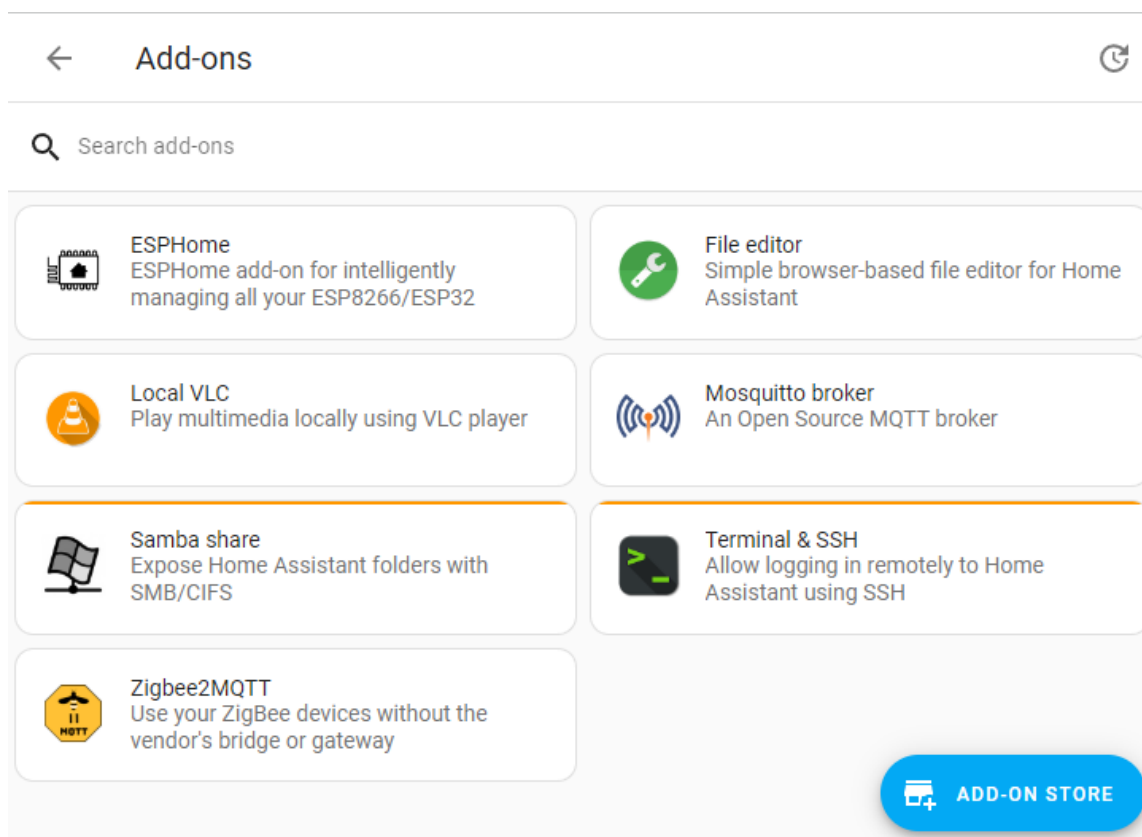
Kako bi se svi elementi sustava mogli integrirati i međusobno povezati potrebno je instalirati Home Assistant platformu na računalo. Home Assistant nudi nekoliko instalacijskih metoda koje su prikazane i detaljno objašnjene na njihovoj web stranici. Za ovaj rad odabran je Home Assistant Supervised koji će se instalirati na stolno računalo na koje je prethodno instaliran Debian operativni sustav. Na ovaj način se omogućuju sve značajke Home Assistant platforme, a operativni sustav na računalu ostaje potpuno funkcionalan i može se koristiti za druge zadaće. Detaljna uputstva za instalaciju Home Assistant softvera nalazi se na službenoj web stranici.

Nakon što je Home Assistant instaliran i konfiguriran vrijeme je da se dodaju i konfiguriraju korišteni uređaji. Kako bi Home Assistant prepoznao naše uređaje koji su spojeni na mrežu potrebno je instalirati integracije za te uređaje. Integracije su dijelovi koda koji govore Home Assistantu kako komunicirati sa određenim uređajem ili web sučeljem. Postoji veliki broj integracija za razne uređaje, proizvođače, usluge i servise. Na web stranici Home Assistanta postoji detaljan popis svih integracija i uređaja koji su podržani. Integracije koje se koriste u ovom radu prikazane su na slici.



Slika 17 Korištene integracije

Osim službeno podržanih integracija postoje i integracije koje je stvorila zajednica i dostupni su putem HACS (Home Assistant Community Store). Na tu društvenu platformu ljudi mogu podijeliti projekte koje su sami izradili i za koje misle da bi bili korisni ostatku zajednice, što je i ideja open source koda. Integracije iz HACS-a koje se koriste u ovom radu prikazane su ispod.



Slika 18 Integracije iz HACS trgovine

## 6.1. Korištene integracije

### 6.1.1. ESP Home

ESP Home je integracija za konfiguraciju i kontrolu ESP32 uređaja. Za svaki ESP uređaj kreira se nova konfiguracijska datoteka u kojoj se uređaj programira za odabranu zadaću. Putem te konfiguracijske datoteke ESP32 se spaja na lokalnu mrežu i počinje komunicirati sa Home Assistantom.

### **6.1.2. MQTT i Zigbee2MQTT**

MQTT i Zigbee2MQTT su dvije integracije koje se koriste kako bi Zigbee uređaji mogli komunicirati jedni sa drugima i natrag sa koordinatorom. Uređaji koordinatoru, koji je u ovom slučaju ujedno i broker informacija, šalju signale kada se aktiviraju, a on te informacije dalje distribuira. Ovim putem informacije primljene preko MQTT protokola mogu se koristiti i za projekte van Home Assistant platforme npr. slanje podataka u virtualni model koji se ovisno o primljenoj informaciji mijenja.

### **6.1.3. Alarmo**

Alarmo je integracija koja je korištena za konfiguraciju sigurnosti sustava. U njoj se postavljaju uvjeti i podešavaju akcije vezane za alarm. Sigurnost cijelog sustava će kasnije biti detaljno opisana.

### **6.1.4. Tapo: Cameras Control**

Tapo: Cameras Control je integracija pomoću koje se kontrolira Tapo sigurnosna kamera. Integracija je dostupna putem HACS trgovine i daje nam potpunu kontrolu nad kamerom i njenim funkcijama. Ključne funkcije koje se koriste su snimanje, "Privacy mode" koji, radi privatnosti, gasi kameru dok je netko u laboratoriju, uzimanje snimke zaslona, kontrola nad pozicijom i načinom snimanja itd.

### **6.1.5. Medijske integracije**

VLC: media player i SamsungTV Smart su dvije integracije koje se koriste za puštanje medijskih zapisa sa povezanih uređaja. Pomoću VLC integracije se puštaju zvukovi sa povezanog zvučnika, a preko SamsungTV integracije možemo kontrolirati televizor koji se nalazi u laboratoriju.

### **6.1.6. SmartIR**

SmartIR je prilagođena integracija za upravljanje klimatskim uređajima, medijskim uređajima i ventilatorima putem infracrvenih kontrolera. Za instalaciju ove integracije potrebno je promijeniti "configuration.yaml" datoteku, koja sadržava popis posebnih integracija i njihovih konfiguracija. Kroz tu datoteku mogu se mijenjati dijelovi koda Home Assistant-a koji nisu dostupni kroz postavke.

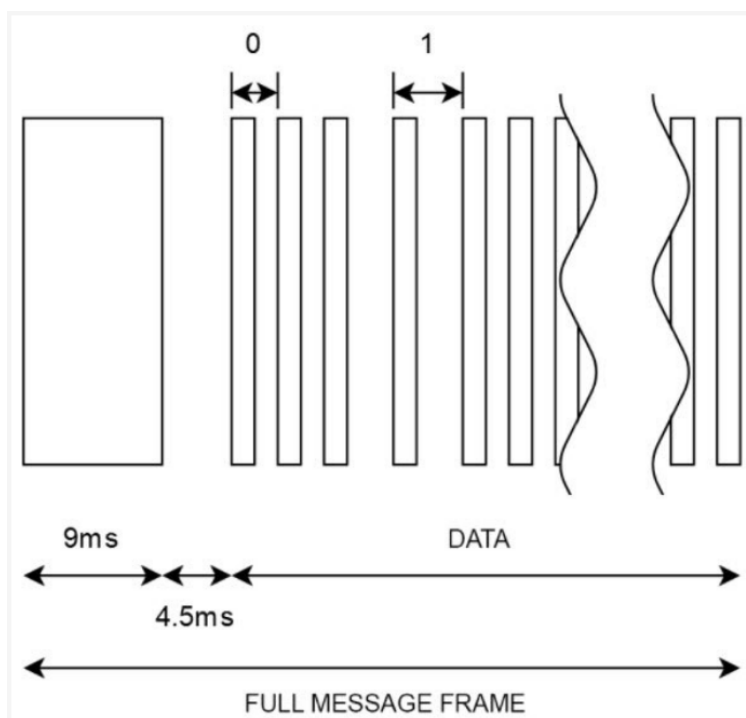
## 6.2. Konfiguracija klima uređaja

Kontrola klima uređaja i svih njenih funkcija bitan je dio ovog rada. Omogućuje se precizna kontrola temperature i vlage unutar laboratorija i olakšava se kontrola korisnicima, koji umjesto putem daljinskog upravljača koji mora biti unutar nekoliko metara od uređaja, sada mogu kontrolirati klimu preko web sučelja. Kontrola se vrši preko infracrvenog standarda.

### 6.2.1. Infracrvena (IR) komunikacija

Infracrvena (IR) komunikacija predstavlja bežični način prijenosa podataka koji se temelji na infracrvenom svjetlu. Ova tehnologija omogućuje uređajima, poput daljinskih upravljača, mobilnih telefona ili pametnih kućanskih uređaja, da međusobno komuniciraju putem nevidljivog infracrvenog zračenja. Princip rada IR komunikacije temelji se na korištenju svjetlosnih valova čije frekvencije nisu vidljive ljudskom oku. Uređaji opremljeni IR sensorima mogu emitirati i primiti infracrvene signale, omogućujući brz i pouzdan prijenos podataka na kratkim udaljenostima. Obično je valna duljina svjetlosti koju takvi uređaji emitiraju oko 950 nanometara. Međutim, IR LED diode nisu jedina stvar koja može emitirati IR valove. Mnogi drugi izvori, poput žarulja i samog sunca, oslobađaju IR valove, što je jedna od poteškoća u radu s IR komunikacijama. Iz tog razloga LED diode za komunikaciju koriste vrlo visoke nosive frekvencije koje se ne mogu pronaći u prirodi. Najčešće korištena frekvencija je 38 kHz. Upaljena dioda predstavlja binarno stanje 1, a dok je ugašena 0.

IR protokoli opisuju kako bitovi podataka moraju biti postavljeni tako da obje strane mogu razumjeti što oni znače. Prikaz popularnog NEC protokola nalazi se na slici ispod.



Slika 19 Primjer protokola za slanje IR komunikaciju

Cijela poruka sastoji se od nekoliko dijelova:

- Poruka kreće sa početnim pulsom koji traje 9 ms
- 4,5 ms bez slanja signala,
- 8 bitova koji definiraju adresu uređaja koji prima poruku,
- poruka koja se želi poslati.

### 6.2.2. SmartIR Climate

Modul SmartIR integracije koji se koristi za kontrolu klima uređaja naziva se “SmartIR Climate”. Taj modul sadrži opširnu bazu podataka u kojoj se nalaze IR naredbe za većinu klima uređaja svih većih proizvođača. Korisnik na popisu uređaja i proizvođača treba pronaći svoj kod i skinuti “.json” datoteku u kojoj se nalaze sve naredbe za odabrani uređaj. Naredbe se tada nalaze u Broadlink formatu, te je potrebno koristiti Python skriptu koja će dekodirati te naredbe i pretvoriti ih u cijele brojeve koji će označavati koliko dugo će dioda biti upaljena, a koliko dugo ugašena za određenu naredbu. Postupak je prikazan ispod.



```

"heat_cool": {
  "auto": {
    "16": "JgA2Aw82DwwQDA8NDg0PDQ8MEccPDQ8NDwwPDQ8MDw0PDBAMDygPDQ8oDwwQDA8NDwwQDA8MDw0PDQ8MEAwPKA8
    "17": "JgA2AXA1EAsQDBANDwwPDBALECgPDQ8MEAsQDQ8NDwS QDBANDg0PCxAMECCQDQ8nEAwQDA8NDwwPDBANDwwPDBAMDw0PJxA
    "18": "JgA2AXA1EAsQDBANDg0PDBALECccQDQ8MDwwQDQ8NDgwQDA80Dg0PCxAMECCQDQ8nEAwPDQ8NDwS QDBANDwwPDBALEA0PJxA
    "19": "JgA2AXA1Dw0PDQ8LEAwQDQ4NDycQDBANDg0PDA8MEA0PDQ4MEAwPDQ8NDycQDA8oEAwPDBAMDw40DQ8LEAwQDQ4NDwwQJhA
    "20": "JgA2AXA1Dw0PDQ8LEAwQDQ4NDycQDBANDg0PDA8MEA0PDQ4MEAwPDQ8NDycQDA8oEAwPDBAMDw40DQ8LEAwQDQ4NDwwQJhA
    "21": "JgA2AXI1EAwPDBAMDwwPDRAMDygPDA8NEAwPDA8NDwwQDBAMDwwPDQ8MECCQDA8oEAwQCw8NDw0PDBAMDwwPDRAMDwwPKA8
    "22": "JgA2AXA1EA0DQ8MDwwQDQ40DiG PDBANDg40DBAMDw0PDQ4MEAwQDQ4NDycQDBAnEAwPDBAMDw40DQ8MDwwQDQ8NDgwQJxA
    "23": "JgA2AXA1EAwPDBAMDwwPDRAMDygQCxAMEAsQDA8NDwwQDBAMDwwPDQ8MECCRCw8oEAwQCxAMDw0PDBAMDwwQDBAMDwwPKA8
    "24": "JgA2Aw81EAwQDQ8LEAwQDQ4NDycQDBANDg0PDA8MEA0Dg4MEAwPDQ8NDycQDA8oEAsQDBALEA0PDQ4MEAwQDQ4NDwwPKBA
    "25": "JgA2Aw82DwwQDBANDg0PDA8MECCQDQ8MDwwQDQ40DgwQDA8NDw00DBAMECCQDQ4oEAwPDQ8NDgwQDA80Dg0PDA8MEA00KBA
    "26": "JgA2AXE1EAwPDBAMDwwPDRAMDygPDA8NDwwQDA8NDwwQDA8NDwwPDQ8MECCQDA8oEAwPDA8NDwwQDBAMDwwPDQ8MEAwPKA8

```

Slika 20 Pregled kodova u Broadlink formatu

```

"heat_cool": {
  "low": {
    "16": "[3380, -1614, 487, -365, 487, -335, 487, -365, 457, -396, 457, -365, 487, -365, 487, -1188,
    "17": "[3380, -1644, 457, -365, 457, -396, 457, -365, 487, -365, 487, -365, 457, -365, 457, -1218,
    "18": "[3380, -1644, 457, -365, 487, -396, 457, -335, 487, -365, 487, -396, 426, -396, 457, -1188,
    "19": "[3411, -1614, 457, -396, 457, -396, 457, -335, 487, -365, 487, -396, 426, -396, 457, -1188,
    "20": "[3380, -1644, 457, -365, 487, -396, 457, -335, 487, -365, 487, -396, 426, -396, 457, -1188,
    "21": "[3380, -1614, 487, -365, 487, -365, 457, -426, 426, -396, 457, -335, 487, -365, 487, -1188,
    "22": "[3411, -1614, 487, -365, 457, -426, 426, -365, 487, -365, 457, -396, 457, -396, 426, -1218,
    "23": "[3411, -1614, 487, -365, 457, -365, 487, -396, 426, -365, 426, -365, 487, -365, 457, -1218,
    "24": "[3380, -1614, 518, -335, 487, -365, 457, -365, 457, -396, 457, -365, 487, -365, 487, -1188,
    "25": "[3380, -1644, 457, -365, 487, -365, 457, -426, 426, -396, 457, -365, 457, -365, 487, -1188,
    "26": "[3380, -1614, 487, -365, 487, -335, 487, -365, 457, -396, 457, -365, 487, -365, 487, -1188,

```

Slika 21 Pregled kodova prebačenih u raw format

Nakon tog postupka u konfiguracijsku “configuration.yaml” datoteku se dodaje klima uređaj sa svim dostupnim načinima rada. Taj dio koda je prikazan na slici.

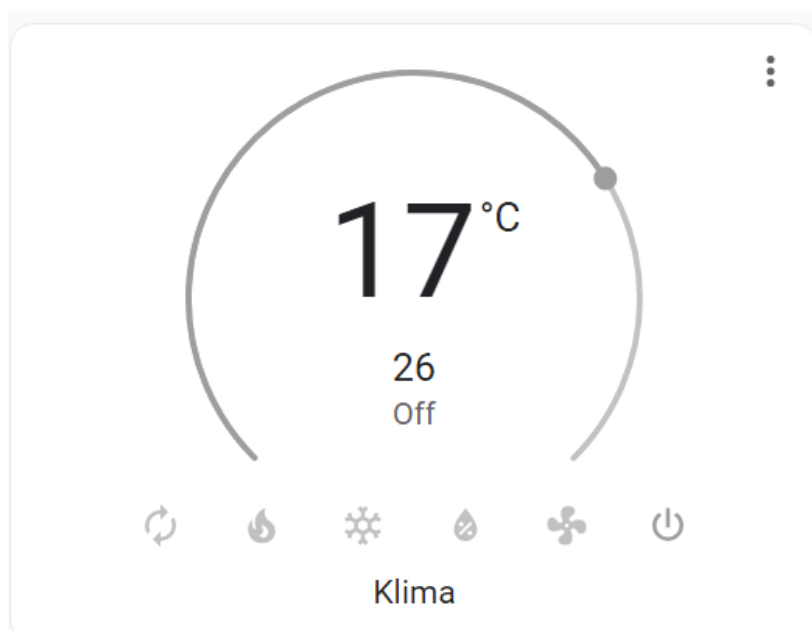
```

smartir:~
~
climate:~
  -- platform: smartir~
  -- name: Office AC~
  -- unique_id: office_ac~
  -- device_code: 1502~
  -- controller_data: esp_wroom_send_raw_command~
  -- temperature_sensor: sensor.esp_wroom_lab_temperature~
  -- humidity_sensor: sensor.esp_wroom_lab_humidity~
  ~~~~~

```

Slika 22 Kod dodan u configuration.yaml datoteku

U polje “controller\_data” upisuje se ime uređaja koji će preko LED diode slati naredbe klima uređaju, na isti način se upisuju podaci za senzore temperature i vlage. Zadnji korak konfiguracije je dodavanje kontrolnog elementa na početnu stranicu. Taj element prikazan je ispod.

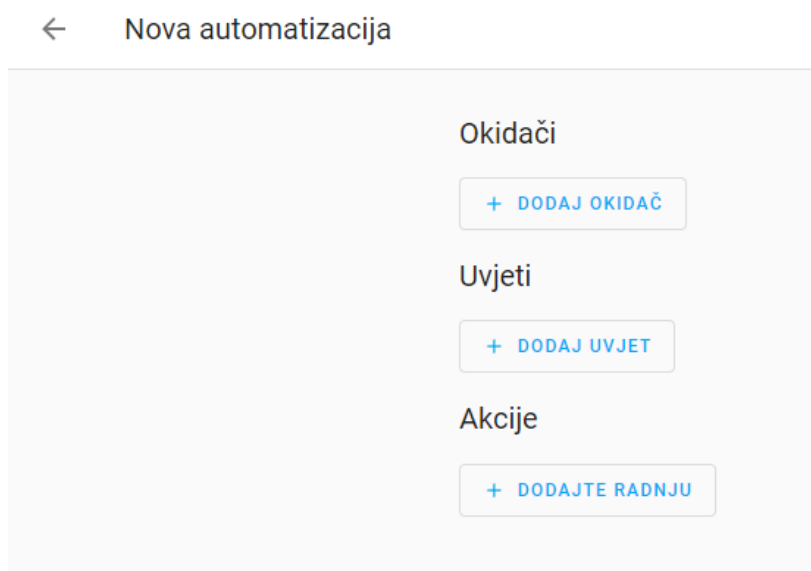


*Slika 23 Element za kontrolu klima uređaja*

Kada korisnik na kontrolnom elementu odabere način rada i željenu temperaturu, sustav prolazi kroz bazu naredbi i odabranu šalje ESP32 mikrokontroleru na koji je spojena LED dioda preko koje se šalje kod. Klima uređaj prima taj kod i izvodi odabranu naredbu.

## 7. AUTOMATIZACIJE

Automatizacije unutar Home Assistant softvera predstavljaju ključnu funkcionalnost koja omogućava korisnicima da inteligentno upravljaju svojim pametnim prostorima. Koristeći YAML sintaksu, korisnici mogu definirati kompleksne scenarije koji reagiraju na različite uvjete ili događaje. Primjerice, moguće je postaviti automatizaciju koja automatski isključuje sva svjetla i gasi uređaje kada svi korisnici napuste određeni prostor. Integracija senzora, prekidača i različitih pametnih uređaja omogućuje korisnicima stvaranje intuitivnih i personaliziranih scenarija. Fleksibilnost u postavljanju uvjeta, kao i podrška za usluge poput vremenskih prognoza ili geografskih podataka, čini automatizacije unutar Home Assistant-a snažnim alatom za optimizaciju energetske učinkovitosti, sigurnosti i ukupne udobnosti u pametnom prostoru. Primjer dodavanja automatizacije prikazan je ispod.



Slika 24 Primjer dodavanja automatizacije

Automatizacija se može dodati putem grafičkog sučelja putem kojeg se biraju uređaji, uvjeti i akcije sa liste ponuđenih, ali moguće je i pisati YAML kod koji poziva iste te radnje. Primjer takvog koda nalazi se ispod.

```
← Paljenje svjetla ispod 15 lux
1 alias: Paljenje svjetla ispod 15 lux
2 description: ""
3 trigger:
4   - type: illuminance
5     platform: device
6     device_id: 3cc0e2c0645ed2e6a1da53ef10810247
7     entity_id: b97dea529086523548df9affe47e5a41
8     domain: sensor
9     below: 15
10    for:
11      hours: 0
12      minutes: 5
13      seconds: 0
14 condition:
15   - condition: state
16     entity_id: alarm_control_panel.alarmo
17     state: disarmed
18 action:
19   - service: switch.turn_on
20     data: {}
21     target:
22       device_id: 58d7ca1dc27a1a7a69cbaef1dbfa9043
23 mode: single
24
```

Slika 25 Primjer automatizacije u YAML kodu

## 7.1. Pregled korištenih automatizacija

Ispod je popis korištenih automatizacija i kratko objašnjenje svake, neke su izostavljene iz sigurnosnih razloga.

- **Set automatizacija za otključavanje i zaključavanje laboratorija**

Skup nekoliko automatizacija koje osiguravaju laboratorij, kasnije će biti detaljno objašnjene.

- **Skeniranje ispravne NFC kartice**

Provjerava je li skenirana NFC kartica u bazi odobrenih i šalje signal ako jest.

- **Paljenje klime pri temperaturi od 27 C**

Ako temperatura u laboratoriju pređe vrijednost od 27 stupnjeva, klima se pali i počinje rashlađivati prostor. Uvjeti su da su prozori zatvoreni i da je netko u laboratoriju.

- **Paljenje svjetla ispod 15 lux**

Ako svjetlina u laboratoriju padne ispod 15 lux-a na dulje od 10 minuta, svjetla se pale. Uvjet je da je netko u laboratoriju

- **Grijanje laboratorija**

Gumb koji se nalazi na kontrolnoj ploči kojeg zaposlenici mogu pritisnuti kada krenu iz svog doma, pali se grijalica i klima u načinu grijanja, kako bi se postigla ugodna radna temperatura u laboratoriju pri dolasku na posao.

- **Hlađenje laboratorija**

Isto kao i za grijanje, na kontrolnoj ploči se nalazi gumb koji zaposlenici mogu pritisnuti pri kretanju na posao, ali pali se klima u načinu hlađenja kako bi u ljetne mjesece ohladila laboratorij.

- **Obavijest ako je hladnjak ostao otvoren**

Na frižider je postavljen senzor koji očitava jesu li vrata otvorena ili zatvorena. Ako su otvorena duže od 2 minute, šalje se notifikacija na mobilni telefon zaposlenika.

## 8. SIGURNOST LABORATORIJA

Sigurnost laboratorija od presudne je važnosti za zaštitu zaposlenika i za očuvanje vrijednih istraživačkih materijala. Iz tog razloga je razvijen sustav za osiguravanje laboratorija i provjeru identiteta pri ulasku u isti. Sustav se sastoji od pametne kamere Tapo C210, Zigbee senzora koji detektiraju ako se otvore vrata ili prozori, i kontrolnog panela koji se nalazi na ulazu u laboratorij, a prikazan je na slici ispod. Kontrolni panel se sastoji od ESP32 mikrokontrolera na koji su spojeni moduli za provjeru identiteta, 3D printanog kućišta i antene za bolji signal. Sustav ima nekoliko varijabli putem kojih prati stanje na kontrolnom panelu. Prati se koji je pin unesen, provjerava je li točan. Zapisuje se identifikator skenirane NFC kartice i sprema u povijest gdje se može vidjeti pregled svih skeniranih kartica u zadnjih 30 dana.



*Slika 26 Kontrolni panel za provjeru identiteta*

Osiguravanje laboratorija sastoji se od 5 stanja koja sadrže pravila i uvjete za prelazak iz jednog stanja u drugo. Ta stanja su:

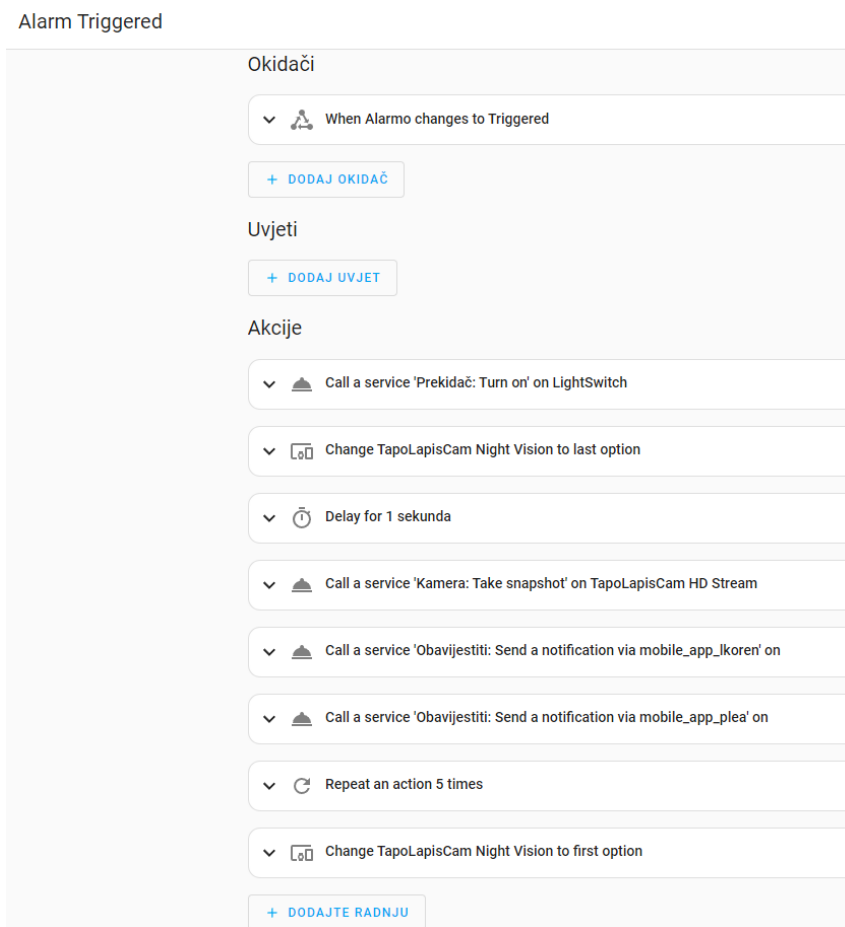
“**Disarmed**”, u ovom stanju laboratorij se normalno koristi bez ikakve smetnje za zaposlenike i posjetioce, alarm nije aktivan niti pripravan. Sva vrata i prozori mogu se nesmetano otvarati. Ovo stanje se koristi dok se netko od zaposlenika nalazi u laboratoriju i obavlja svoje svakodnevne zadatke. Kako bi se poštovala privatnost zaposlenika i posjetioca, kamera je u “Privacy” načinu rada, odnosno ne snima i ne šalje video zapis na server.

Kada zaposlenik napušta laboratorij može skenirati svoju NFC karticu ili unijeti odgovarajući PIN na tipkovnici koja se nalazi pored ulaznih vrata laboratorija. U tom trenutku sustav prelazi u “**Arming**” stanje i počinje proces zaključavanja laboratorija. Ako su u tom trenutku otvoreni prozori, zaposleniku se šalje obavijest na mobilni telefon i na zvučniku se pušta zvuk upozorenja kako bi znao da laboratorij nije potpuno osiguran. Ako su svi uvjeti ispunjeni sustav gasi klimu, grijalicu i televizor, te počinje odbrojavanje do potpunog zaključavanja laboratorija. Korisnik ima 60 sekundi da zatvori i zaključa ulazna vrata, a nakon tog vremena sustav gasi svjetla i prelazi u stanje “Armed away”.

U “**Armed away**” stanju sustav nadzire senzore koji se nalaze na vratima i prozorima, a kamera prelazi u normalni način rada, odnosno snima prostor i sprema snimke na SD karticu i šalje ih na server kako bi bile dostupne online. Takvim načinom rada postoji evidencija svih ulazaka i izlazaka iz laboratorija. U ovom stanju laboratorij je potpuno prazan i nije dopušten neovlašteni ulaz u njega. Ako netko uđe u laboratorij, sustav prelazi u “Pending” stanje.

“**Pending**” je stanje u kojem osoba koja je ušla u laboratorij ima 10 sekundi da na tipkovnici unese točan PIN ili da skenira ovlaštenu NFC karticu. Ako se to dogodi, sustav prelazi u “Disarmed” način rada i pali svjetla i klimu, ako je to potrebno. Ako se unutar tog vremena ne potvrdi identitet osobe koja je ušla u laboratorij odvija se nekoliko automatiziranih radnji.

Sustav prvo prelazi u “**Triggered**” stanje, a zatim upali svjetla radi bolje vidljivosti, sa video zapisa kamere uzima se slika i šalje se svim zaposlenicima. Zvučnik se aktivira i sa njega se reproducira zvuk sirene. Alarm se može deaktivirati unosom odgovarajućeg PIN-a ili skeniranjem NFC kartice. Prikaz automatiziranih radnji nalazi se na slici ispod.

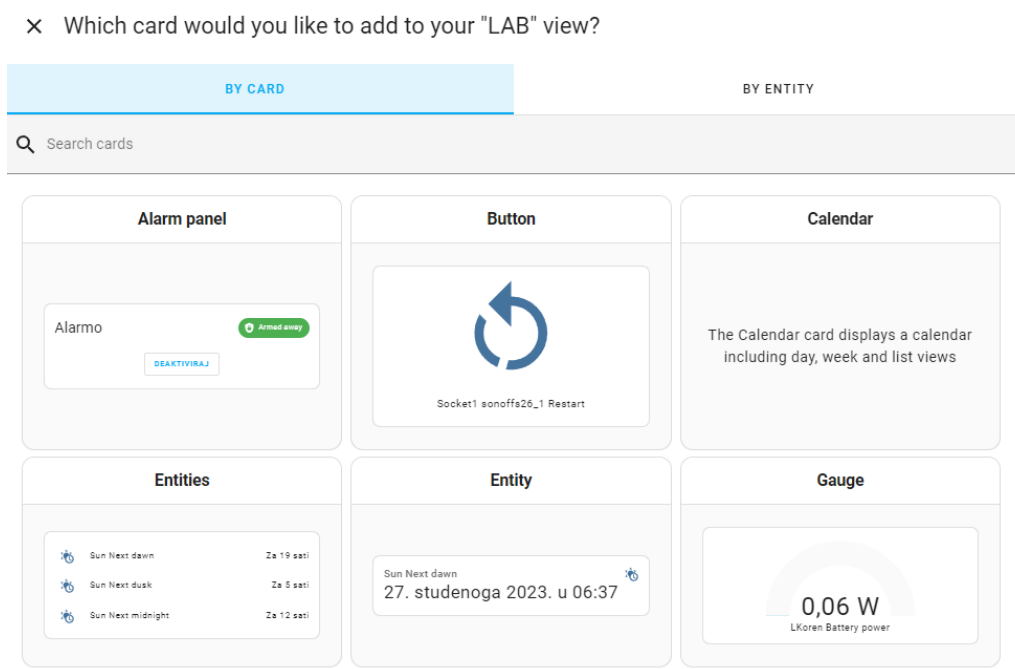


Slika 27 Automatizacija za „Triggered“ stanje



## 9. IZRADA KORISNIČKOG SUČELJA

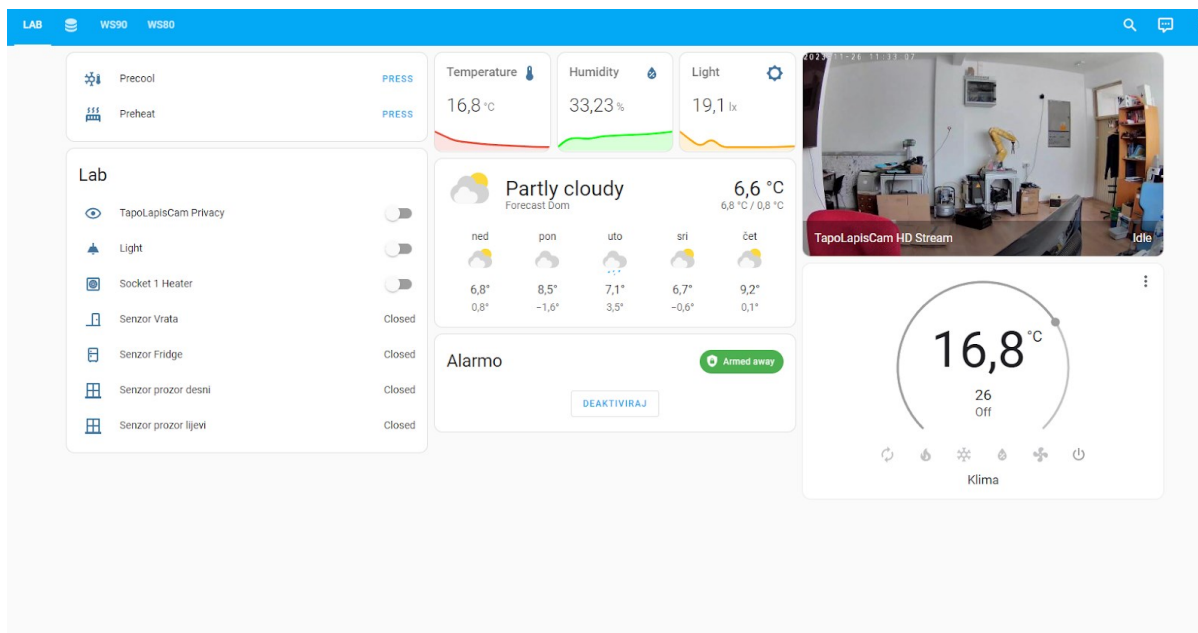
Home Assistant Lovelace je korisničko sučelje koje omogućava prilagodbu i organizaciju informacija i kontrolu uređaja unutar Home Assistant platforme. Lovelace predstavlja moderno sučelje koje omogućava korisnicima da stvore estetski privlačne i funkcionalne kontrolne ploče za upravljanje svojim pametnim prostorom. Koristeći Lovelace, korisnici mogu dodavati kartice s informacijama i kontrolama za svoje uređaje, kao i prikazivati grafove i druge vizualne elemente. Lovelace podržava različite teme i konfiguracijske mogućnosti kako bi se korisnicima omogućila prilagodba sučelja prema vlastitim željama i potrebama. Kao i većina funkcija u Home Assistant-u, može se kreirati putem grafičkog sučelja ili putem YAML koda. Primjer dodavanja kartice na kontrolnu ploču prikazan je ispod.



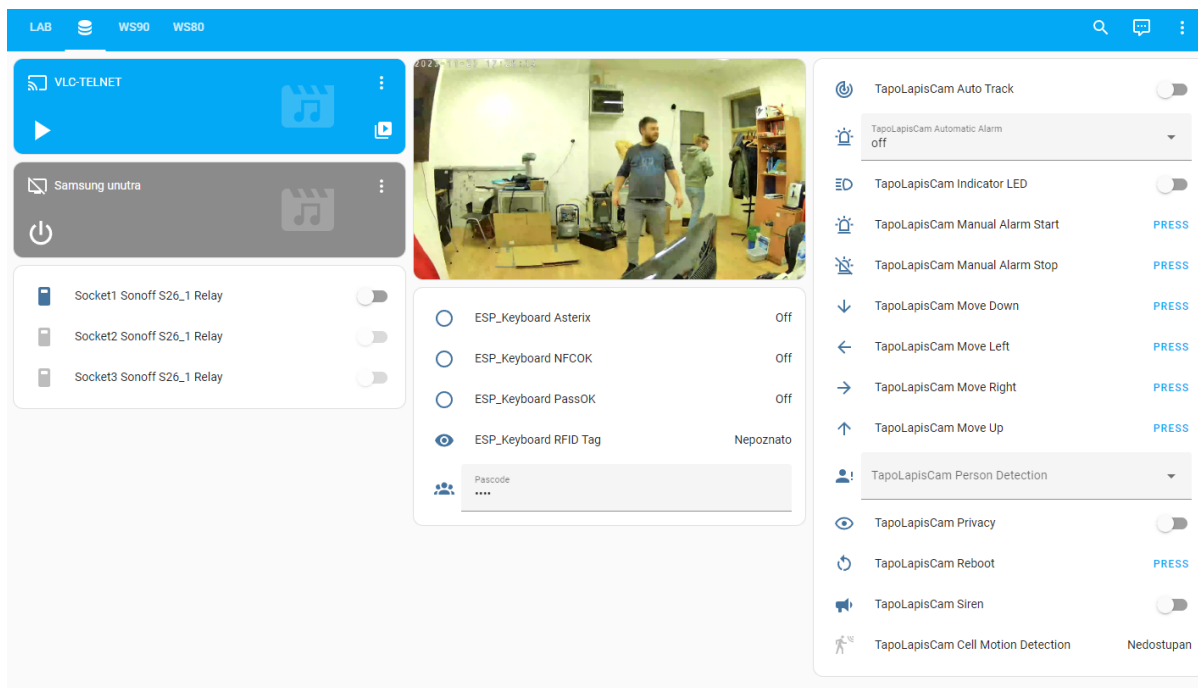
Slika 28 Primjer dodavanja kartice na kontrolnu ploču

Korisničko sučelje u ovom radu sastoji se od dvije stranice, prva korisniku daje jednostavan pregled postojećih senzora, prikaz snimke kamere i omogućuje jednostavnu kontrolu pametnih uređaja. Kontrola klima uređaja, sustava alarmiranja laboratorija i gumbi za automatsku klimatizaciju prostora lako su dostupni korisniku. Na drugoj stranici nalaze se kontrole koje korisnik ne treba tako često, poput detaljnih kontrola kamere, pregled podataka sa kontrolne

ploče za identifikaciju pri ulasku u laboratorij, pregled medijskih uređaja, i prikaz fotografije koju je sustav slikao kada je netko neovlašteno ušao u laboratorij. Prikaz prve i druge stranice nalazi se ispod.



Slika 29 Prva stranica korisničkog sučelja



Slika 30 Druga stranica korisničkog sučelja

## 10. KRITIČKI OSVRT

Pametni laboratorij povećava učinkovitost automatizacijom rudimentarnih zadataka. Omogućuje bolje upravljanje resursima, te pruža detaljno praćenje promjene temperature, vlage i svjetline unutar laboratorija. Time se može procijeniti potrošnja električne energije i mogu se uočiti uzorci potrošnje koji se mogu optimizirati. Poboljšava se sigurnost prostora provjerom identiteta osoba pri ulazu i snimanjem laboratorija. U budućnosti se mogu dodati personalizirani profili za svakog zaposlenika. Pri skeniranju osobne NFC kartice sustav može podesiti parametre laboratorija kako si je zaposlenik prilagodio. Također, mogu se dodati novi senzori, aktuatori ili pametni uređaji koji bi lako uklopili u cijeli sustav i ponudili još više mogućnosti automatizacije.

Uz sve prednosti koje ova tehnologija nudi postoje i nedostaci. Početni troškovi za nabavu potrebne opreme, kao i troškovi za nadogradnje i nabavu nove opreme mogu biti visoki. Podaci sa svih senzora, kao i snimke sa kamere spremaju se na server gdje su dostupni administratoru sustava čime se narušava privatnost. Također, kompleksnost sustava zahtijeva da se zaposlenici upoznaju sa sustavom prije korištenja.

Uvođenje IoT tehnologije u pametne prostore zahtijeva pažljivu ravnotežu između prednosti koje pruža i suočavanja s povezanim izazovima kako bi se osiguralo optimalno iskustvo korisnika.

## **11. ZAKLJUČAK**

U današnjem istraživačkom okruženju, optimizacija resursa, posebno vremena, ključna je za napredak. Tehnologija preuzima rutinske zadatke, oslobađajući znanstvenike od manje bitnih obaveza. Pametni uređaji sve više mijenjaju ljudski rad, a integracija njihovog zajedničkog djelovanja donosi značajne prednosti.

Sustav u pametnom laboratoriju omogućuje brže obavljanje rudimentarnih akcija poput automatizirane identifikacije na ulaznim vratima ili brže postizanje ugodnih radnih uvjeta automatiziranim paljenjem klime. Uklanjanjem manualne komponente prolaženja kroz ovaj tip radnji, korisnicima laboratorija se omogućuje optimalna produktivnost. U budućnosti i daljnjem razvoju sustava laboratorija otvara se mogućnost pohrane željenih uvjeta rada na osobni profil koja će pružiti dodatnu razinu osjećaja personaliziranosti i ugone pri korištenju laboratorija.

Implementacija pametnog sustava u laboratoriju pruža obilje prednosti za budućnost istraživanja. Sustav doprinosi sigurnosti laboratorija putem vizualne detekcije opasnosti i brze reakcije na rizike, čime se smanjuje rizik od nesreća. Povezanost laboratorijskih uređaja u internetu stvari (IoT) pridonosi boljoj suradnji između različitih dijelova laboratorija, stvarajući dinamično i napredno istraživačko okruženje.

## 12. LITERATURA

- [1] <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-wifi.html>  
Pristupljeno 9.11.2023.
- [2] [https://www.st.com/content/st\\_com/en/support/learning/essentials-and-insights/connectivity/nfc/nfc-chips.html](https://www.st.com/content/st_com/en/support/learning/essentials-and-insights/connectivity/nfc/nfc-chips.html) Pristupljeno 9.11.2023.
- [3] <https://www.emcu-homeautomation.org/zigbee-mesh-network-ver-3-introduction/>  
Pristupljeno 9.11.2023.
- [4] <https://www.twilio.com/blog/what-is-mqtt> Pristupljeno 9.11.2023.
- [5] <https://automata.tech/products/hardware/> Pristupljeno 9.11.2023.
- [6] <https://www.smartlabarchitects.com/> Pristupljeno 9.11.2023.
- [7] <https://sonoff.tech/product/gateway-and-sensors/snzb-04/> Pristupljeno 9.11.2023.
- [8] <https://sonoff.tech/product-document/smart-plugs-doc/s26r2-doc/>  
Pristupljeno 9.11.2023.
- [9] <https://sonoff.tech/product/gateway-and-sensors/sonoff-zigbee-3-0-usb-dongle-plus-p/>  
Pristupljeno 9.11.2023.
- [10] <https://www.tp-link.com/uk/home-networking/cloud-camera/tapo-c210/>  
Pristupljeno 9.11.2023.
- [11] <https://www.adafruit.com/product/439> Pristupljeno 9.11.2023.
- [12] <https://www.adafruit.com/product/4566> Pristupljeno 2.11.2023.
- [13] <https://www.aqara.com/eu/product/smart-wall-switch-h1-eu-with-neutral/>  
Pristupljeno 2.11.2023.
- [14] <https://www.redhat.com/en/topics/open-source/what-is-open-source#overview>  
Pristupljeno 2.11.2023.
- [15] <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-open-source-software.html>  
Pristupljeno 12.11.2023.
- [16] <https://github.com/home-assistant/> Pristupljeno 12.11.2023.
- [17] <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> Pristupljeno 12.11.2023.
- [18] <https://esphome.io/> Pristupljeno 12.11.2023.
- [19] <https://www.digikikey.com/en/maker/tutorials/2021/understanding-the-basics-of-infrared-communications> Pristupljeno 12.11.2023.
- [20] <https://www.home-assistant.io/installation/> Pristupljeno 15.10.2023.

## **13. PRILOZI**

- I. Konfiguracijska datoteka configuration.yaml

## KONFIGURACIJSKA DATOTEKA CONFIGURATION.YAML

```
# Loads default set of integrations. Do not remove.
default_config:

http:
  trusted_proxies: UKLONJENO
  use_x_forwarded_for: true

logger:
  default: warning
  logs:
    homeassistant.core: debug
    homeassistant.components.vlc_telnet: debug

# Load frontend themes from the themes folder
frontend:
  themes: !include_dir_merge_named themes

homeassistant:
  allowlist_external_dirs:
    - "/tmp"

mqtt:
  sensor:
    - name: "WS80 online"
      state_topic: "homeassistant/sensor/Workstation80/availability"
    - name: "WS90 online"
      state_topic: "homeassistant/sensor/Workstation90/availability"

wake_on_lan:

automation: !include automations.yaml
script: !include scripts.yaml
scene: !include scenes.yaml

smartir:

climate:
  - platform: smartir
    name: Office AC
    unique_id: office_ac
    device_code: 1502
    controller_data: esp_wroom_send_raw_command
    temperature_sensor: sensor.esp_wroom_lab_temperature
    humidity_sensor: sensor.esp_wroom_lab_humidity
```