

IMPLEMENTACIJA IOT PLATFORME ZA DALJINSKI NADZOR I UPRAVLJANJE PAMETNIM KUĆNIM SISTEMOM**IMPLEMENTATION OF AN IOT PLATFORM FOR REMOTE MONITORING AND MANAGEMENT OF A SMART HOME SYSTEM***Dejan Mutavdžić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je razvijeni sistem pametne kuće koji obezbeđuje mogućnost praćenja i regulacije osvetljenosti, temperature i vlažnosti vazduha u prostoriji, kao i dozvolu ulaza i detekciju pretnji. Podaci se prikupljaju pomoću ESP32 mikrokontrolera i distribuiraju na internet server preko Arduino IoT Cloud platforme, koja omogućava korisnicima da upravljaju sistemom i prate njegove parametre putem mobilne aplikacije ili računara.

Ključne reči: IoT, pametni kućni sistem, nadzor, upravljanje, mobilna aplikacija

Abstract – This paper presents a developed smart home system that monitors and controls lighting, temperature and air humidity in the room, as well as entrance control and threat detection. Data is collected using an ESP32 microcontroller and distributed to an Internet server via the Arduino IoT Cloud platform, which allows users to manage the system and monitor its parameters through mobile applications or computers.

Keywords: IoT, Smart Home System, Monitoring, Management, Mobile Application

1. UVOD

Neindustrijska automatizacija podrazumeva primenu komponenti i sistema za automatizaciju u svakodnevnim aktivnostima. Razvoj ovakvih sistema proističe iz potrebe za pronalaženjem ravnoteže između tehnološkog napretka i društvenih potreba.

Tehnološki napredak ima ključnu ulogu u razvoju neindustrijske automatizacije. Kroz napredak u mikroelektronici omogućen je razvoj malih, jeftinih i efikasnih senzora, mikrokontrolera i drugih elektronskih komponenti, što je povećalo njihovu dostupnost i olakšalo njihovu primenu izvan industrijskog sektora.

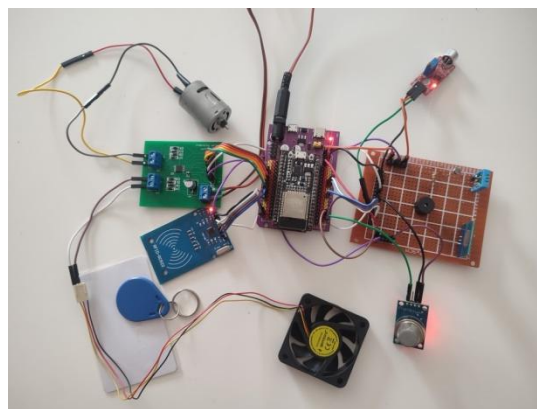
Senzori su omogućili prikupljanje i precizno praćenje podataka iz okruženja, u realnom vremenu. Dok internet stvari i veštačka inteligencija dodatno poboljšavaju ove sposobnosti povezivanjem uređaja na mrežu, gde oni mogu autonomno da komuniciraju i donose odluke na

osnovu prikupljenih podataka, prilagođavajući sisteme prema stvarnim potrebama korisnika.

Pametni kućni sistemi doneli su revoluciju u upravljanju domovima, integrišući različite tehnologije kako bi stvorili povezano okruženje u kojem uređaji međusobno komuniciraju i sarađuju u korist korisnika. Daljinski nadzor i upravljanje sistemima mogu biti ostvareni putem oblaka, gde se podaci skladište, analiziraju i koriste za unapređenje funkcionalnosti sistema. Uređaji u pametnom domu mogu automatski reagovati na promene u okruženju ili na uputstva korisnika, što omogućava visok nivo personalizacije.

2. OPIS SISTEMA

Razvijeni sistem (Slika 1.) obezbeđuje mogućnosti praćenja i regulacije osvetljenosti, temperature i vlažnosti vazduha u prostoriji, kao i dozvolu pristupa, odnosno ulaska u kuću, i detekciju potencijalnih pretnji. Shodno tome, sistem se može podeliti u četiri celine.



Slika 1. Prikaz sistema

Prva celina, za regulaciju osvetljenosti, obuhvata senzor za praćenje osvetljenosti i aktuator kojim se vrši regulacija. Na mobilnoj aplikaciji se korisniku pruža mogućnost praćenja trenutne osvetljenosti koja je podeljena na tri opsega: srednju, slabu i visoku osvetljenost. Korisnik bira režim rada koji može biti ručni ili automatski; u ručnom režimu se aktiviranjem odgovarajućih tastera upravlja radom aktuatora, dok se u automatskom režimu teži ka tome da osvetljenost uvek bude u optimalnom, srednjem nivou. Pored toga, postoje i dodatna podešavanja, koja se odnose na vremenski interval rada u automatskom režimu.

U drugoj celini sistem se bavi regulacijom temperature. Putem senzora prikupljaju se podaci o temperaturi i

NAPOMENA

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Gordana Ostojić, red. prof.

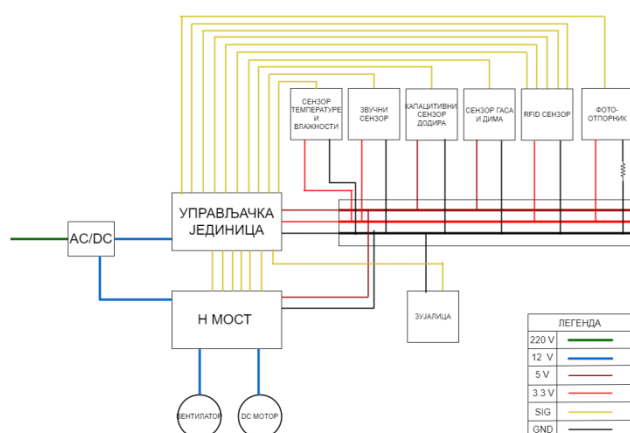
vlažnosti vazduha. Trenutna vrednost temperature se prikazuje na meraču, a na grafičkom prikazu omogućeno je praćenje temperature do 15 dana unazad. Podaci o vlažnosti vazduha se prikazuju na skali i izraženi su u procentima. Regulacija temperature može biti u ručnom i automatskom režimu, a postiže se aktivacijom rashladnog uređaja. U ručnom režimu korisnik aktivira i deaktivira prekidač za regulaciju temperature, dok u automatskom režimu rada zadaje željenu temperaturu.

Treća celina upravlja dozvolom ulaska u kuću i uključuje pametne sisteme za identifikaciju, kao što su RFID (Radio-Frequency Identification) i senzor dodira. Sistem osigurava da samo ovlašćena lica imaju pristup i omogućava praćenje i upravljanje putem mobilne aplikacije i obaveštenja koja prima korisnik.

Četvrta celina zadužena je za detekciju potencijalnih pretnji, kao što su detekcija gasa, dima, pojačane buke i nedozvoljenog ulaza. U slučaju detekcije bilo koje od pomenutih aktivnosti, sistem upozorava korisnike kroz obaveštenja i omogućava brzu reakciju.

3. KOMPONENTE SISTEMA I POVEZIVANJE

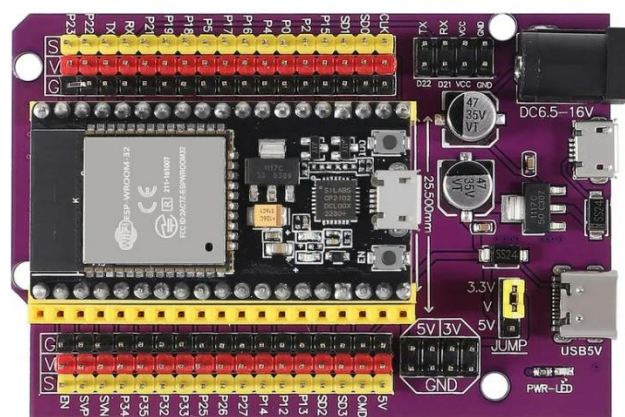
Uspešna implementacija sistema pametne kuće u velikoj meri zavisi od pravilnog izbora odgovarajućih komponenti i njihovog povezivanja u sistem (Slika 2). Svaka komponenta ima određenu ulogu u kreiranju funkcionalnosti i efikasnosti sistema, a njihovo povezivanje zahteva poznavanje tehničkih specifikacija i načina komunikacije.



Slika 2. Blok šema povezivanja sistema

3.1. Upravljačka jedinica - ESP32- WROOM-32

Glavna upravljačka jedinica sistema je ESP32-WROOM-32 razvojna ploča (Slika 3), koja na sebi sadrži ESP32-D0WDQ6 mikrokontroler. Mikrokontroler pruža širok spektar ulazno/izlaznih opcija, uključujući 38 GPIO (General-Purpose Input Output) pinova, koji se mogu konfigurisati za različite funkcije kao što su ulazi/izlazi, PWM (Pulse Width Modulation) izlazi, i komunikacioni interfejsi poput I2C (Inter-Integrated Circuit), SPI (Serial Peripheral Interface), I2S (Inter-IC Sound) i UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Osim toga, modul sadrži i 18 analognih ulaza sa rezolucijom od 12 bita, što omogućava precizno merenje analognih vrednosti.



Slika 3. Upravljačka jedinica [1]

Jedna od glavnih prednosti ovog modula je integrisana podrška za bežičnu komunikaciju. Posедуje Wi-Fi modul koji podržava 802.11 b/g/n standarde kao i Bluetooth 4.2 tehnologiju, što ga čini veoma pogodnim za IoT aplikacije. Mikrokontroler ima dva mikroprocesora, Xtensa LX6, koji mogu raditi na podesivoj frekvenciji procesorskog takta od 80 do 240 MHz. Memorijska konfiguracija uključuje 448 KB ROM (Read-Only Memory) memorije, 520 KB SRAM (Static Random-Access Memory) memorije, i 4 MB ugrađene Flash memorije [1].

3.2. Kapacitivni senzor dodira - TTP223B

Senzor dodira u ovom sistemu ima ulogu upravljanja dozvolom ulaska u kuću. Njegov princip rada zasniva se na kapacitivnosti, što je sposobnost kondenzatora da skladišti električni naboj. Kapacitivni senzor dodira koristi TTP223B mikročip, koji može detektovati promenu kapacitivnosti i generisati digitalni signal.

3.3. RFID modul - MFRC522

Pored kapacitivnog senzora dodira, RFID modul je drugi modul koji upravlja dozvolom ulaska u kuću. Ovaj modul se sastoji od RFID čitača, taga i kartice pomoću kojih se identifikuju korisnici i vrši dozvola pristupa

Princip rada MFRC522 senzora baziran je na elektromagnetnoj indukciji i bežičnoj komunikaciji putem radio frekvencija, koristeći tehnologiju bliskog polja NFC (Near Field Communication). Kada MFRC522 modul generiše elektromagnetno polje na frekvenciji od 13,56 MHz, ovo polje se širi i služi kao izvor energije za RFID kartice koje se nalaze u njegovom dometu. U trenutku kada kartica uđe u elektromagnetno polje, unutar nje se indukuje struja koja napaja integrisani čip. Aktiviran na ovaj način, čip generiše signal koji nosi jedinstveni identifikacioni broj. S obzirom na to da signal nosi informacije u formi modularane radio frekvencije, prijemnik mora da dekodira signal kako bi dobio UID (Unique Identifier) kartice i prosledio ga upravljačkoj jedinici putem SPI protokola [2].

3.4. Fotootpornik

Da bi omogućili regulaciju osvetljenosti, neophodno je prikupiti podatke o trenutnom nivou osvetljenja u prostoriji. U tu svrhu, za potrebe sistema, korišćen je fotootpornik koji menja svoju otpornost u zavisnosti od intenziteta svetlosti kojoj je izložen. Prikupljanje podataka o nivou osvetljenosti zasniva se na principu naponskog razdelnika, koji se sastoji od dva otpornika povezana

serijski, fotootpornika i fiksnog otpornika, u ovom sistemu sa otpornošću od 10 k Ω .

3.5. Senzor temperature i vlažnosti vazduha - DHT11

Prikupljanje podataka o trenutnoj temperaturi i vlažnosti vazduha obavlja se putem DHT11 senzora. Princip rada senzora zasnovan je na korišćenju dva različita elementa za merenje temperature i vlažnosti vazduha. Za merenje temperature koristi se NTC (Negative Temperature Coefficient) termistor, čija otpornost varira sa promenom temperature. Za merenje vlažnosti vazduha, DHT11 senzor koristi rezistivni metod, koji podrazumeva korišćenje dve elektrode. Mikroprocesor u senzoru meri ove otpornosti i konvertuje ih u vrednosti temperature i vlažnosti vazduha [3].

3.6. Zvučni senzor - KY-038

Jedna od bezbednosnih funkcija ovog sistema je detekcija pojačane buke, a to se postiže pomoću zvučnog senzora KY-038. Ovaj senzor sadrži kondenzatorski mikrofoni koji zvučne signale pretvara u električni signal, koji zavisi od intenziteta zvuka. LM393 ugrađeni čip upoređuje ulazni signal sa referentnim naponom, koji se može podešavati uz pomoć potencijometra.

3.7. Senzor dima i gasa - MQ-2

Pravovremena detekcija pretnji ključna je za prevenciju nezgoda i povećanje sigurnosti sistema. MQ-2 senzor je dizajniran za detekciju različitih gasova, uključujući metan, propan, butan, amonijak, dim i koksni gas. Kada je senzor u dodiru sa gasom, dolazi do hemijskih reakcija koje uzrokuju promene u otpornosti senzora. Ove promene se pretvaraju u električni signal koji je proporcionalan koncentraciji gasova u vazduhu [4].

3.8. Zujalica

U ovom sistemu, zujalica je zadužena za signalizaciju dozvole ulaska u kuću, gde generiše različite zvučne signale u zavisnosti od statusa pristupa. U pitanju je piezoelektrični tip zujalice, koja funkcioniše na osnovu piezoelektričnog efekta i impulsne struje. Unutar zujalice se nalazi piezoelektrični materijal, najčešće keramika, koji se deformiše pri primeni električnog napona. Ova deformacija izaziva vibracije koje se prenose na metalnu ploču ugrađenu u konstrukciju zujalice. Metalna ploča, pod dejstvom vibracija, oscilira i stvara zvučne talase.

3.9. Ventilator

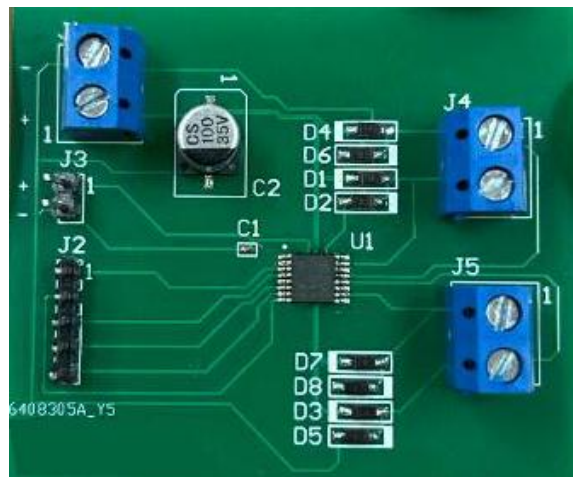
Rashladni uređaj, ventilator, ima ulogu održavanja optimalne temperature i poboljšanja komfora u sistemu pametne kuće. U sistem je integrisan ventilator D50SM – 12 AS, koji vrši regulaciju temperature i poboljšava cirkulaciju vazduha.

3.10. DC motor

U sistemu za regulaciju osvetljenosti, DC motor služi kao aktuator koji omogućava podešavanje nivoa osvetljenosti u prostoriji. Ovaj motor svojim pokretanjem upravlja mehanizmom zavese ili roletne, što omogućava preciznu kontrolu nad količinom prirodne svetlosti koja ulazi u prostoriju.

3.11. H most

H-most je elektronski sklop koji se koristi za upravljanje pravcem i brzinom DC motora. Omogućava motoru da menja smer obrtanja i brzinu u zavisnosti od impulsa koje dobija. Za upravljanje ventilatorom i DC motorom koristi se razvijena PCB (Printed Circuit Board) pločica (Slika 4) koja ima za cilj implementaciju H-mosta sa mogućnošću upravljanja sa dva motora. Dizajn PCB pločice i električne šeme realizovan je u softveru Altium Designer.



Slika 4. Prikaz PCB pločice H mosta

3.12. Eksterno napajanje – AC/DC ispravljač

Napajanje sistema obezbeđuje se preko AC/DC ispravljača, koji pretvara naizmeničnu struju iz električne mreže u jednosmernu struju. Ispravljač stabilizuje izlazni napon kako bi se obezbedila konstantna i pouzdana struja za napajanje upravljačke jedinice, čime se osigurava pravilan i siguran rad celokupnog sistema. Izlazni napon ispravljača je 12 V sa maksimalnom strujom od 5 A.

4. RAZVOJ UPRAVLJAČKOG PROGRAMA

Za razvoj upravljačkog programa u ovom sistemu odabrana je Arduino Cloud platforma [5], koja predstavlja integrisano okruženje za razvoj, implementaciju i upravljanje IoT sistemima putem oblaka. Arduino Cloud platforma funkcioniše kroz integraciju sa Arduino IoT Cloud-om, centralnom platformom u oblaku, koja omogućava povezivanje, upravljanje i nadzor IoT uređaja na daljinu, putem interneta. Platforma je zadužena za prikupljanje, skladištenje i obradu podataka u realnom vremenu, koji se šalju iz upravljačke jedinice. Takođe, oblak omogućava definisanje promenljivih, logike i pravila koja određuju kako sistem reaguje na različite promene.

4.1. Podešavanje okruženja

Podešavanje okruženja na Arduino Cloud platformi započinje pristupanjem sajtu i registracijom novog korisnika. Nakon čega se preuzima i instalira Arduino Cloud Agent, koji omogućava prepoznavanje uređaja povezanih putem USB-a, serijsku komunikaciju i programiranje. Nakon instalacije, korisnik može dodati novi uređaj u sekciji Devices, gde se za ESP32 WROOM 32 mikrokontroler bira odgovarajuća opcija. U procesu konfiguracije uređaja unosi se naziv, generiše tajni ključ i identifikacioni broj.

Zatim se projekt konfigurira u sekciji Things, gde se dodaju promenljive i uređaji. Promenljive su sinhronizovane sa oblakom i mogu biti različitih tipova, od osnovnih do kompleksnih. Takođe, u ovoj fazi se uređaj povezuje sa Wi-Fi mrežom unosom odgovarajućih parametara, čime se omogućava komunikacija između uređaja i Arduino IoT Cloud-a.

Nakon svih podešavanja, platforma automatski generiše skicu koja sadrži programski kod neophodan za upravljanje uređajem i povezivanje sa oblakom. Sistem takođe generiše potrebne datoteke za sinhronizaciju promenljivih i mrežnih parametara, omogućavajući stabilnu komunikaciju i dalji razvoj sistema.

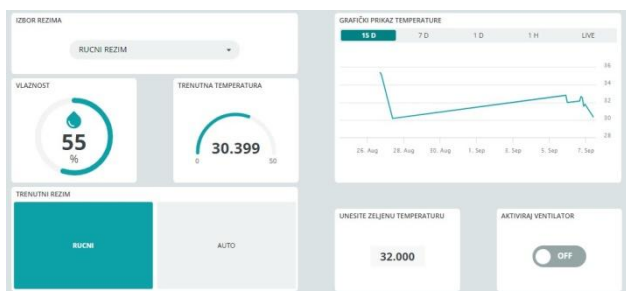
4.2. Programski kod

Programski kod za upravljanje pametnim kućnim sistemom, koji omogućava regulaciju osvetljenosti, temperature i vlažnosti vazduha, kao i kontrolu pristupa i detekciju pretnji, razvijen je na Arduino Cloud platformi u okviru sekcije Sketch, u datoteci sa ekstenzijom .ino, standardnom za Arduino IDE okruženje. Ovaj kod je zasnovan na pojednostavljenom C/C++ jeziku, sa bibliotekama specifičnim za rad sa Arduino uređajima. Kod je podeljen u tri celine. Prva celina uključuje dodavanje biblioteka za rad sa senzorima i RFID modulom, kao i definisanje pinova i globalnih promenljivih koje povezuju fizičke komponente sistema. Druga celina, unutar funkcije void setup(), izvršava se jednom, prilikom pokretanja koda i podešava komunikacije (serijsku i SPI), inicijalizuje senzore i uspostavlja internet vezu sa Arduino IoT Cloud-om. Treća celina sadrži glavnu logiku programa unutar funkcije void loop(), koja obrađuje podatke sa senzora i upravlja različitim funkcijama sistema, kao što su rad ventilatora i motora, na osnovu očitanih vrednosti i korisničkih unosa.

5. KONTROLNA TABLA I MOBILNA APLIKACIJA

Arduino Cloud platforma omogućava lako praćenje i upravljanje sistemom putem kontrolne table, koja se sastoji od jedne ili više ikonica koje su direktno povezane sa promenljivama sistema i ažuriraju svoje stanje pri promeni njihove vrednosti.

Kontrolne table omogućuju praćenje i upravljanje sistemom pomoću računara (Slika 5), a istovremeno definišu i njihov izgled u mobilnoj aplikaciji. Mobilna aplikacija Arduino IoT Cloud Remote omogućava jednostavan pristup i upravljanje sistemom sa bilo kog mesta, uz internet konekciju. Nakon instalacije aplikacije na mobilni telefon i prijavljivanja na već registrovani Arduino IoT Cloud nalog, aplikacija automatski sinhronizuje sve postojeće kontrolne table (Slika 6).



Slika 5. Kontrolna tabla za regulaciju temperature



Slika 6. Kontrolna tabla za regulaciju temperature u mobilnoj aplikaciji

Sistem takođe pruža mogućnost upozoravanja korisnika na različite aktivnosti putem obaveštenja, što omogućava brzu reakciju na potencijalne pretnje.

6. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj rad je predstavljen uspešno razvijen pametan kućni sistem, sa fokusom na osnovne pojmove neindustrijskih sistema i prednosti IoT platformi. Prikazane su komponente sistema, njihova funkcionalnost i povezanost, uključujući praćenje osvetljenosti, temperature, vlažnosti, bezbednosti kroz detekciju pretnji i upravljanje pristupom. Razvijen je programski kod u Arduino Cloud okruženju, koji omogućava integraciju svih komponenti sa korisničkim interfejsom i omogućava daljinski nadzor putem mobilne aplikacije Arduino IoT Cloud Remote.

Dalje istraživanje može uključivati dodavanje novih perifernih uređaja za bolju regulaciju osvetljenosti, unapređenje sigurnosti korišćenjem video nadzora i analize u realnom vremenu, kao i integraciju virtuelnih asistenata poput Alexa i Google Home za lakše upravljanje sistemom glasovnim komandama.

7. LITERATURA

- [1] Espressif, Mikrokontroler ESP32-WROOM-32, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf.
- [2] Probots, RFID modul MFRC522, <https://probots.co.in/rc522-rfid-mifare-reader-writer-13-56mhz-with-keychain-tag.html>.
- [3] Datasheet Hub, Senzor temperature i vlažnosti vazdha DHT11, <https://www.datasheethub.com/dht11-temperature-and-humidity-sensor-module/>.
- [4] Datasheet Hub, Senzor gasa i dima MQ-2, <https://www.datasheethub.com/mq2-gas-sensor-detector-module/>.
- [5] Arduino Cloud <https://cloud.arduino.cc/>.

Kratka biografija:



Dejan Mutavdžić rođen je u Užicu 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike, robotike i automatizacije odbranio je 2024.god.
kontakt: mutavdzic.d99@gmail.com