

SISTEM PAMETNE KUĆE SMART HOME SYSTEM

Srđan Bijelić, Vladimir Rajs, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – Ovaj projekat predstavlja jedan od mogućih načina izrade sistema pametne kuće gdje je poseban naglasak stavljen na jednostavnost, pouzdanost, fleksibilnost, modularnost i niske troškove izrade i održavanja. Sistem je zasnovan na centralnim kontrolerima Arduino nano i WeMos D1 mini mrežnim kontrolerima (WiFi). Interakcija korisnika sa sistemom vrši se putem Android ili iOS aplikacije, kao i direktnim putem pomoću tastature, tastera, rotirajućeg enkodera i displeja.

Ključne reči: Mikrokontroler, senzor, aktuator, WiFi, internet stvari, server, Blynk.

Abstract – This project represents one of the possible ways to create a smart home system, with a particular emphasis on simplicity, reliability, flexibility, modularity, and low construction and maintenance costs. The system is based on central controllers such as Arduino Nano and WeMos D1 Mini network controllers (WiFi). User interaction with the system is carried out through an Android or iOS application, as well as directly using a keyboard, buttons, a rotary encoder, and a display.

Keywords: Microcontroller, sensor, actuator, WiFi, Internet of Things, server, Blynk.

1. UVOD

Zadatak sistema pametne kuće jeste da korisnika liši zamornih, monotoni i repetitivnih poslova i odluka, te da mu boravak u stambenom objektu bude prijatniji, konformniji i bezbjedniji. Zbog kompleksnosti se ovakvi sistemi dijele na više modula, koji se bave različitim procesima i, u manjoj ili većoj mjeri, samostalno djeluju na njega. Moguća je i potpuna autonomija sistema kada su neki segmenti djelovanja u pitanju, ali preduslov za to je implementacija „machine learning“ modela. Ono što karakteriše ovakav projekat svakako je IoT (eng. *Internet of Things* – internet stvari) tehnologija, koja obezbjeđuje efikasno povezivanje digitalnog i fizičkog svijeta, tj. povezivanje senzora i aktuatora iz stvarnog svijeta sa internetom [1]. Sa jedne strane imamo kontrolere sa sensorima i aktuatorima (module) povezane na WiFi ruter u svojoj lokalnoj mreži, a sa druge imamo korisničke uređaje kao što su telefon, tablet, računar, smart TV... (Slika 1). Komunikacija funkcioniše u oba smjera, tako da korisnik na svojim uređajima očitava podatke koje sistem šalje, ali istovremeno može i da upravlja sistemom.

NAPOMENA:

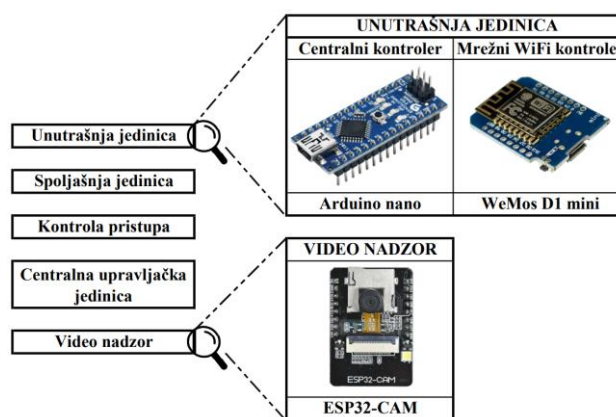
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Rajs, vanr. prof.



Slika 1. Način funkcionisanja IoT tehnologije

2. ANALIZA PROBLEMA

Sistem je zbog svoje kompleksnosti, a na osnovu karakteristika i funkcionalnosti, podijeljen na pet uređaja, odnosno modula. Svaki od njih pomoću ugrađenog mrežnog WiFi modula komunicira sa web serverom. Kako je jedan od početnih uslova projekta bio jednostavnost i niska cijena, urađena je detaljna analiza dostupnih kontrolera, njihovih karakteristika, podrške, zajednice i cijene, pa je tako svaki modul, osim video nadzora, zasnovan na Arduino nano centralnom kontroleru, koji radi u sprezi sa mrežnim kontrolerom WeMos D1 mini (slika 2). Osnova modula za video nadzor je kontroler ESP32-CAM.

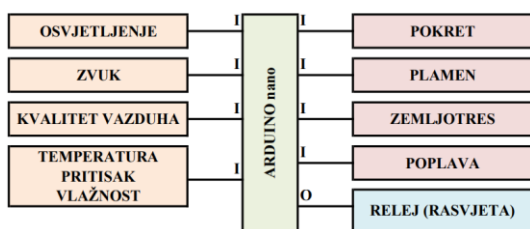


Slika 2. Moduli sistema i kontroleri na kojima su zasnovani

Svaki od navedenih modula obavlja njemu svojstvene funkcionalnosti, a one su u direktnoj zavisnosti od lokacije na kojoj se ovi moduli ugrađuju. Opremljeni su različitim krajnjim uređajima - sensorima, aktuatorima i perifernim uređajima. Kako se cilj ovog projekta ogleda u predstavljanju mogućnosti jednog ovakvog sistema, u realnim okolnostima bi se koristili neki kvalitetniji krajnji uređaji, boljih karakteristika i performansi u vidu bolje osjetljivosti, dometa, otpornosti na smetnje i slično. U slučaju ovakvih korekcija, program unutar kontrolera se ne bi značajno mijenjao, što je izrazito važno kada je riječ o modularnosti, kao jednom od početnih uslova projekta.

2.1. Unutrašnja jedinica

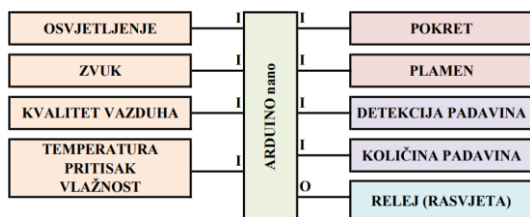
Osnovna funkcija ovog modula je da prikuplja ambijentalne podatke iz prostorije u kojoj se nalazi i da ih šalje web serveru, odnosno Android aplikaciji za nadzor ili dalju obradu i upravljanje sistemom. Opremljen je digitalnim i analognim sensorima (slika 3), a jedini izlazni signal namjenjen je za upravljanje rasvjetnim aktuatorom, odnosno LED trakom putem jednokanalnog releja. Predviđeno je da se modul montira na plafon prostorije čije parametre želimo da nadziremo, a razlog se ogleda u tome što će se u gornjem nivou prostorije najprije detektovati prisustvo štetnih gasova, i iz tog ugla će se najlakše uočiti plamen, kretanje ili zemljotres. Upravo te informacije uz detekciju poplave kreiraju alarmne statuse ovog modula.



Slika 3. Senzori i aktuatori unutrašnje jedinice

2.2. Spoljašnja jedinica

Riječ je o modulu koji se ni konstruktivno ni po funkcionalnosti ne razlikuje od unutrašnje jedinice. Jedina razlika se ogleda u podacima koje prikuplja i u lokaciji na koju se montira, a to je sa spoljašnje strane objekta - na trijem, balkon i slično. Predstavlja uprošteni vid meteorološke stanice, sa zadatkom da prikuplja podatke vezane za spoljašnje vremenske uslove i da ih šalje web serveru. Kao i unutrašnja jedinica, ima definisane alarmne statuse, a to su detekcija pokreta i plamena, dok se informativna obavještenja na Android aplikaciji kreiraju detekcijom padavina. Sastoji se od senzora koji predstavljaju ulazne podatke (slika 4), a jedini izlazni signal ima istu funkciju kao i u prethodno opisanom modulu – upravljanje jednokanalnim relejom, odnosno rasvjetnim aktuatorom.



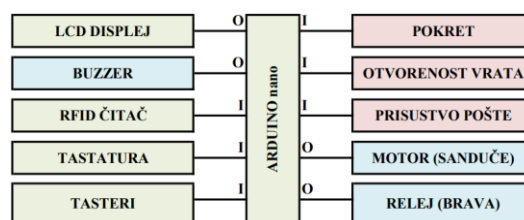
Slika 4. Senzori i aktuatori spoljašnje jedinice

Ideja o automatizaciji sistema ogleda se u poređenju određenih parametara ulazne i izlazne jedinice, te bi sistem na osnovu njih donosio odluku o daljim koracima i o načinu upravljanja određenim aktuatorima. Samo neke od mogućnosti su:

- Otvaranje/zatvaranje prozora u zavisnosti od nivoa buke i temperature unutar i van objekta,
- Uključivanje/isključivanje ventilacije u zavisnosti od kvaliteta vazduha unutar i van objekta,
- Podizanje/spuštanje roletni u zavisnosti od nivoa osvjetljenja unutar i van objekta (dan/noć) i slično.

2.3. Kontrola pristupa

Predstavlja dio sistema koji upravlja ulaznim vratima, dozvoljavajući pristup objektu samo onim licima koji imaju odgovarajuće kredencijale, lozinku, ID karticu ili tag, pa se tako ovaj modul sastoji od spoljašnjeg i unutrašnjeg dijela. Ostavljena je mogućnost da korisnik putem aplikacije upravlja elektronskom bravom ulaznih vrata. Zbog karakteristične lokacije pridružen mu je sistem za nadzor i upravljanje poštanskim sandučetom (slika 5). Spoljašnji dio ovog modula obuhvata senzore i periferne uređaje za interakciju sa korisnikom, kao i aktuatora za upravljanje ulaznim vratima i poštanskim sandučetom. Unutrašnji dio se sastoji od senzora pokreta i tastera za otključavanje vrata osobama koje žele da izađu iz objekta.

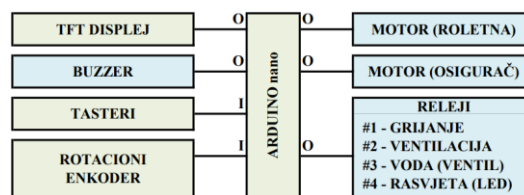


Slika 5. Senzori, aktuatori i periferni uređaji modula kontrole pristupa

Ostavljena je mogućnost da se sistem „naoruža“, odnosno da se postavi u stanje pripravnosti - kada senzori pokreta kreiraju alarmna stanja.

2.4. Centralna upravljačka jedinica

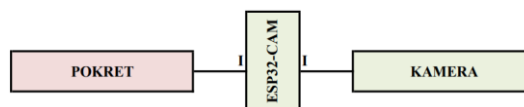
Jedini zadatak ovog modula je da upravlja kućanskim aparatima, odnosno aktuatorima, i to preko višekanalnih relejnih modula ili putem PWM signala (servo motori). Zamisao je da ovaj modul bude u sprezi sa drugim modulima iz sistema i da pomoću aktuatora automatski mijenja ambijentalne uslove na osnovu informacija kojima raspolaže. Njegovi periferni uređaji (slika 6) obezbjeđuju korisniku direktnu interakciju sa sistemom, dok je i upravljanje putem Android aplikacije ostavljeno kao opcija.



Slika 6. Senzori, aktuatori i periferni uređaji centralne upravljačke jedinice

2.5. Kamera

Funkciju video nadzora obavlja jednostavni ESP32-CAM, modul sa ugrađenom kamerom, u sprezi sa senzorom pokreta (slika 7). Isti može da se implementira u kombinaciji sa tasterom za zvono i slično, a ti dodatni elementi imaju ulogu „okidača“ za slikanje.



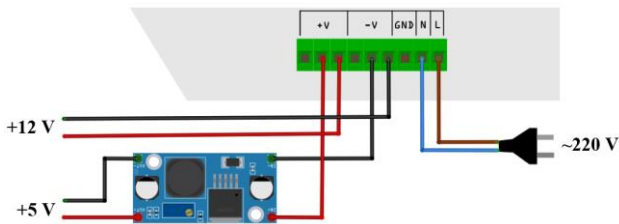
Slika 7. Sastavni dijelovi modula kamere

3. HARDVER

Radi lakše analize i planiranja obavljena je kategorizacija uređaja od kojih se sastoji sistem. Uređaji su grupisani u napajanja, kontrolere, senzore, aktuatora i periferne uređaje. Za njihovo povezivanje je bilo neophodno dizajnirati i izraditi prilagodne provodne pločice tehnikom toner transfera. Kućišta su izrađena tehnikom 3D štampe.

3.1. Napajanje

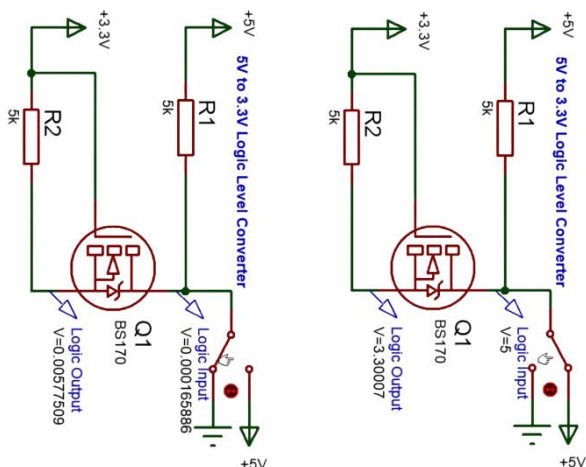
Korišteni su prekidački ispravljači izlaznog napona +12 V u kombinaciji sa step-down modulima, a razlog se ogleda u njihovoj jednostavnosti, malim dimenzijama, energetske efikasnosti i niskoj cijeni. Ulaz step-down konvertora se povezuje na izlaz ispravljača (slika 8) i podešavanjem ugrađenog potencijometra na njegovom izlazu se dobija stabilnih +5 V, koje dalje sistem koristi za napajanje senzora, kontrolera i pojedinih aktuatora.



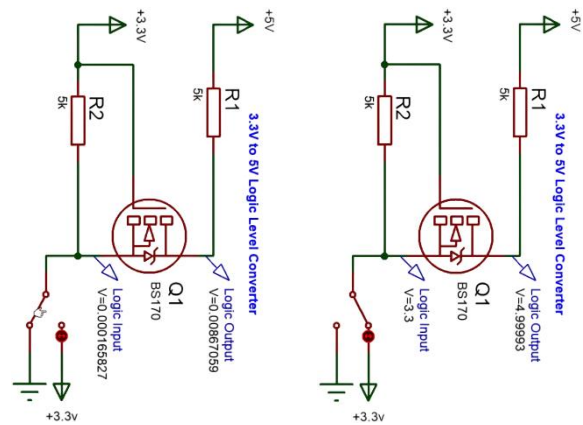
Slika 8. Povezivanje ispravljača i step-down modula

3.2. Kontroleri

Centralni kontroleri primaju i obrađuju podatke sa senzora i prosleđuju ih mrežnom kontroleru korištenjem komunikacionog UART protokola. Mrežni kontroler je povezan na lokalni WiFi ruter, te na taj način web serveru dostavlja programom definisane pakete podataka. Web server na zahtjev korisnika šalje te pakete na njegov WiFi ruter, i korisnik ih prima na svom uređaju putem Android, iOS ili web aplikacije. Sa druge strane korisnik može sistemu da pošalje određene zahtjeve za upravljanjem aktuatorima, i ta komunikacija se odvija u suprotnom smjeru u odnosu na opisano. Korišteni centralni i mrežni kontroleri rade na različitim naponskim (logičkim) nivoima, tako da je za neometanu obostranu razmjenu podataka bilo neophodno uvesti konvertore logičkih naponskih nivoa. Na tržištu postoje već formirani bidirekcionni višekanalni konvertori, ali je njihov način funkcionisanja najlakše shvatiti kroz rad (jednokanalnog) tranzistora MOSFET BS170 (slika 9 i 10) [2].

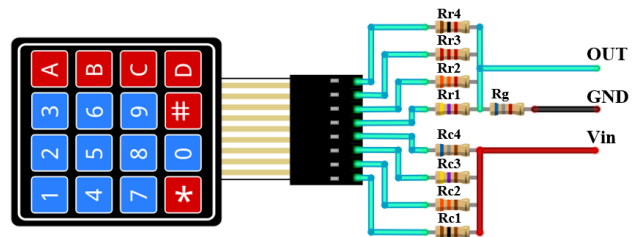


Slika 9. Konverzija višeg na niži logički naponski nivo



Slika 10. Konverzija nižeg na viši logički naponski nivo

Najveći problem sa resursima (ulazno-izlaznim izvodima) centralnog kontrolera primjetan je kod modula kontrole pristupa. Iz tog razloga je za LCD 1602 displej korišten prilagodni I2C modul, čime je smanjen broj potrebnih ulaznih izvoda sa sedam na dva (SCL i SDA). Drugi vid optimizacije ogleda se u implementaciji metode analognog multipleksiranja (slika 11) na tastaturi, gdje je potrebnih osam ulaznih izvoda svedeno na jedan analogni.



Slika 11. Metoda analognog multipleksiranja

Primjer proračuna izlaznog signala za taster „8“ vidljiv je u izrazu (1) [3]:

$$V_{out8} = \frac{V_{in} * R_g}{R_{c3} + R_{r2} + R_g} \quad (1)$$

nakon čega se proračunava vrijednost signala koji će kontroler očitati na svom analognom ulazu (2):

$$AnalogRead8 = \frac{V_{out8}}{V_{in} * 1024} \quad (2)$$

4. SOFTVER

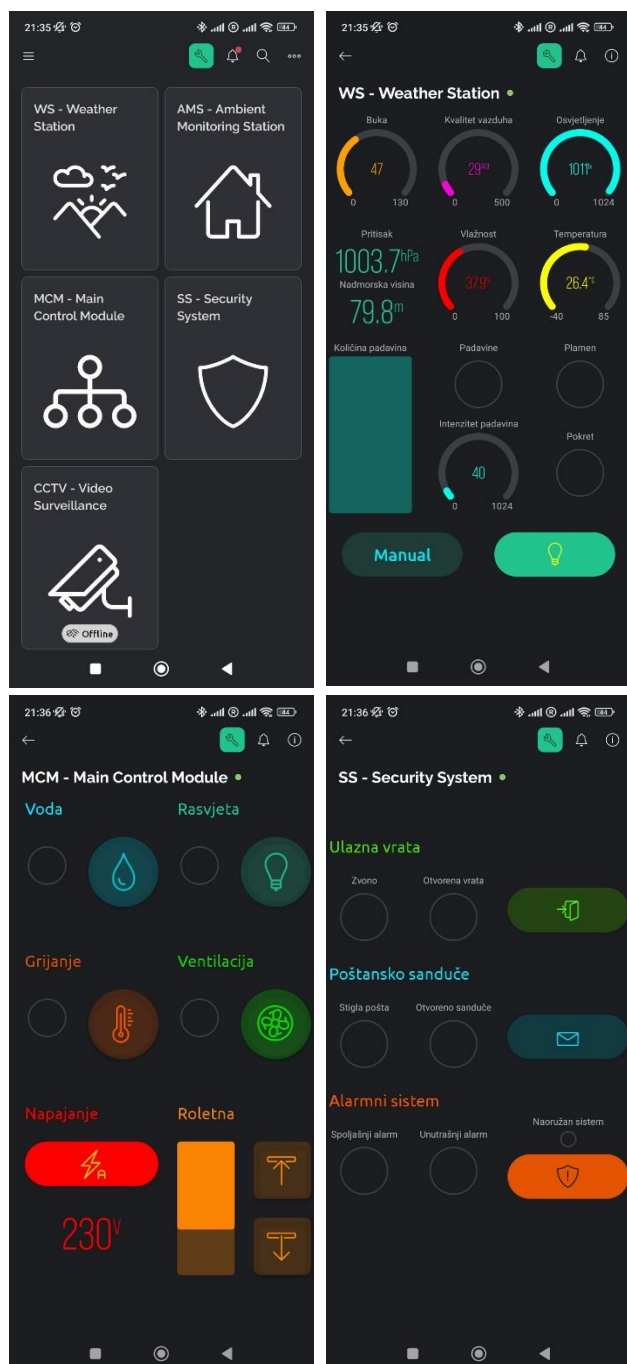
Softversko rješenje je izrazito značajno za postizanje precizne i efikasne kontrole nad hardverom, i ono predstavlja ključni skup instrukcija i algoritama koji omogućavaju mikrokontroleru da obavlja željene funkcije i implementira logiku odlučivanja. Za razvoj softvera kontrolera korišteno je Arduino IDE okruženje, dok se za kreiranje aplikacije rješenje pronašlo u Blynk platformi.

4.1. Arduino IDE

Korištenje Arduino IDE okruženja značajno pojednostavljuje programiranje, naročito za početnike, pružajući korisnicima širok spektar funkcija i biblioteka koje su prilagođene za Arduino platformu. Na raspolaganju je i izrazito velika i susretljiva otvorena Arduino zajednica sa mnogobrojnim forumima, koji značajno mogu da utiču na brzinu rješavanja problema tokom programiranja. Softver je organizovan u modularne blokove, radi lakšeg održavanja i proširivosti koda.

4.2. Blynk

Blynk predstavlja inovativnu platformu za brzu izradu Internet of Things (IoT) projekata i stvaranje povezanih uređaja bez potrebe za velikim znanjem o programiranju ili kompleksnim hardverskim konfiguracijama. Riječ je o alatu koji omogućava korisnicima da jednostavno povežu svoje uređaje sa internetom i pruža im se mogućnost za praćenje, upravljanje i automatizaciju uređaja putem mobilne aplikacije (Android, iOS ili web). Projekti se povezuju sa Blynk Cloud-om obezbjeđujući tako daljinsku kontrolu i praćenje parametara sistema iz bilo kog dijela svijeta. Za svaki od ranije opisanih modula kreirana je zasebna aplikacija (slika 12).



Slika 12. Primjer izgleda Android aplikacije: gore lijevo – prva strana (izbornik), gore desno – spoljašnja jedinica, dole lijevo – centralna upravljačka jedinica, dole desno – kontrola pristupa

5. ZAKLJUČAK

U samom uvodu naglašeno je da je sistem zamišljen kao modularan i proširiv, tako da je konačan završetak ovakvog projekta jako teško definisati. Faza koja je upravo završena može se smatrati zadovoljavajućom jer su obuhvaćene i implementirane sve funkcionalnosti i uslovi koji su inicijalno postavljeni, dok je sistem prilagođen i postavljen tako da korisniku bude blizak, intuitivan i jednostavan za korištenje. Apsolutno je jasno da sistem kao ovakav još uvijek ne može da predstavlja kompletan Smart Home System, iz razloga što je tek potrebno implementirati automatizaciju, odnosno obezbijediti autonomiju sistemu u zavisnosti od potreba korisnika. Tek nakon toga sistem može da dobije istinski epitet „pametne kuće“. Jedan od važnijih idućih koraka jeste povezivanje sistema na WAN mrežu, kako bi istom moglo da se pristupi sa bilo koje udaljenosti, s obzirom na to da je korisnik trenutno ograničen samo na lokalnu mrežu (LAN).

6. LITERATURA

- [1] Dragan Antić, Šta je Internet of Things, dostupno na: <https://samoobrazovanje.rs/sta-je-internet-of-things-internet-inteligentnih-uredjaja/>, [22. mart 2019.]
- [2] Sourav Gupta, Bi-Directional Logic Level converter using MOSFET, dostupno na: <https://circuitdigest.com/tutorial/bi-directional-logic-level-controller-using-mosfet>, [14. avgust 2019.]
- [3] CrossRoads, 4x4 Keypad connected with 1 wire, dostupno na: <https://forum.arduino.cc/t/4x4-keypad-connected-with-1-wire/195931>, [novembar 2013.]

Kratka biografija:



Bijelić Srdan rođen je u Prijedoru (BiH) 1988. godine. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti mehatronike 2013. godine. Od 2014. godine je radio kao inženjer za telekomunikacione optičke mreže, a od 2022. godine radi kao projekt menadžer za projekte slabe struje. Kontakt: srdjan.d.bijelic@gmail.com



Vladimir Rajs rođen je 1982. godine u Apatinu. Diplomirao je 2007. a doktorirao 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Od 2016. godine zaposlen je kao docent, a od 2020. kao vanredni profesor na Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije FTN-a. Oblasti interesovanja su mu elektronika i primijenjena elektronika.