

Niskobudžetni IoT/IIoT Alarmni Sistem

Stevan Stankovski
Fakultet tehničkih nauka,
Centar za identifikacione tehnologije
Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
stevan@uns.ac.rs

Gordana Ostojić
Fakultet tehničkih nauka,
Centar za identifikacione tehnologije
Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
goca@uns.ac.rs

Srđan Tegeltija
Fakultet tehničkih nauka,
Centar za identifikacione tehnologije
Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
srkit@uns.ac.rs

Nikola Blesić
INT -Institut za nove tehnologije
Novi Sad, Srbija
nikolablesic@gmail.com

Andreja Simić
Prirodnomatemički fakultet
Departman za matematiku
Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
andreja.simic@dmi.uns.ac.rs

Sažetak—Većina industrijskih i ne industrijskih objekata je pokrivena nekim od signala bežičnih mreža koje imaju pristup Internetu, što omogućava da se ova infrastruktura iskoristi za prenos signala o alarmnim i drugim stanjima. Takođe, kada su u pitanju prepoznavanja binarnih stanja, najlakše je iskoristi signale koji su tipa glavnog napajanja u posmatranom objektu. U većini slučajeva, osnovno napajanje je u naponskom obliku 220/110 V naizmenične struje. Imajući ovu činjenicu u vidu, u okviru ovog rada predstavljen je koncept i realizacija niskobudžetnog IoT/IIoT alarmnog sistema namenjenog za alarmiranje stanja u okviru industrijskih i ne industrijskih objekata, gde su ulazni signali tipa glavnog napajanja. Alarmiranje i pristup istoriji alarmnih stanja se obavlja pomoću mobilnih aplikacija.

Ključne reči—alarmni sistemi, IoT/IIoT, računarstvo na ivici, računarstvo u oblaku, mobilna aplikacija

I. UVOD

Alarmni/sigurnosni sistemi zauzimaju važnu ulogu u savremenom društvu, jer predstavljaju način da zašтите ljude, imovinu i ključnu infrastrukturu od raznih neželjenih uticaja, opasnosti i pretnji. Postoji veliki broj komercijalnih rešenja za nadzor i alarm, ali su oni često skupi za instalaciju i održavanje, i ujedno sa stanovišta sajber sigurnosti, predstavljaju nizak nivo zaštite, imajući u vidu da veliki broj korisnika zna kako se postavljaju i koriste pristupni kredencijali. Upravo iz ovih razloga, poslednjih godina raste interesovanje za razvoj namenskih (orijentisani ka pojedinačnom korisniku) niskobudžetnih IoT (Internet of Things (Internet stvari))/IIoT (Industrial Internet of Things (Industrijski Internet stvari)) alarmnih sistema zasnovanih na kvalitetnim sensorima, mikrokontrolerima, softverima otvorenog koda i bežičnim komunikacionim tehnologijama za prenos podataka. Ovakvi sistemi omogućavaju širu primenu alarmnih i sigurnosnih rešenja, posebno u industrijskim i neindustrijskim (stambenim, poslovnim, ...) objektima gde postojeći bežični signali i Internet infrastruktura koji olakšavaju njihovu integraciju.

Postoji veći broj definicija IoT, ali se najčešće daju sledeći opisi:

- IoT su uređaji koji automatizuju razmenu informacija i ugrađuju senzore za prikupljanje, prenos i razmenu podataka i meta podataka o samim uređajima [1].

- IoT su uređaji koji su u okviru svakodnevnih objekata povezani preko Interneta, omogućavajući im da dele podatke [2].
- IoT je komunikaciona paradigma u kojoj su objekti svakodnevnog života opremljeni mikrokontrolerima, primopredajnicima za digitalnu komunikaciju i odgovarajućim protokolima koji omogućavaju da komuniciraju jedni sa drugima, kao i sa korisnicima, korišćenjem Interneta [3].
- IoT je mreža fizičkih objekata koji sadrže ugrađenu tehnologiju za komunikaciju i interakciju sa njihovim unutrašnjim stanjima ili spoljašnjim okruženjem [4].

IoT se fokusirana na praćenje stanja u neindustrijskim objektima, dok IIoT, kako i sam naziv asocira, se fokusira na praćenje stanja u industrijskim objektima. IIoT se fokusira na to kako će umrežavanje uređaja u pogonima (proizvodnim prostorima) transformisati proizvodne operacije i efikasnost. Razumevanje složenosti načina na koji će različiti pogonski uređaji funkcionisati u okviru IIoT-a najvažnije je za savremenu proizvodnju. Različiti terenski uređaji uključuju: senzore, aktuatora (sa ugrađenom tehnologijom), programabilne logičke kontrolere (PLC), upravljačke uređaje, uređaje za nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka/interfejs čovek–mašina (SCADA/HMI) i industrijske komunikacione mreže koje se koriste za uspostavljanje komunikacije između njih [5].

Postoji širok spektar istraživanja u oblasti niskobudžetnih alarmnih/sigurnosnih sistema. Chandrakumar et al. [6] analizirali su primenu niskobudžetnih MEMS (Micro-Electro Mechanical Systems) senzora u sistemima ranog upozorenja na zemljotrese. Njihov rad pokazuje da je moguće postići visoku pouzdanost uz minimalne troškove, što je direktno primenljivo na alarmne sisteme u industriji. Mobaraki et al. [7] sprovedli su sistematski pregled primene jeftinih senzora u monitoringu zgrada i zaključili da niskobudžetna rešenja mogu obezbediti precizno praćenje strukturalnih promena, što ukazuje na potencijal za integraciju u sigurnosne sisteme. IJRASET Review [8] prikazuje napredak u intruder alarm sistemima zasnovanim na IoT tehnologijama, ističući da povezivanje senzora preko Interneta omogućava fleksibilnost i skalabilnost, ali otvara i pitanja bezbednosti podataka.

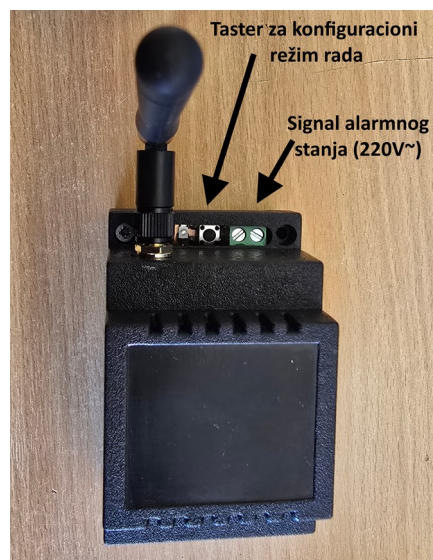
Lopez et al. [9] istraživali su primenu Arduino platforme u razvoju DIY (Do-It-Yourself) alarmnih sistema i pokazali da se uz minimalne troškove može postići funkcionalnost slična komercijalnim rešenjima. Zhang & Wang [10] su analizirali energetski efikasne alarmne sisteme zasnovane na bežičnim sensorima, sa akcentom na autonomni rad putem baterija. Kumar et al. [11] prikazali su integraciju GSM modula u alarmne sisteme, omogućavajući SMS obaveštenja korisnicima, što je direktno povezano sa konceptom mobilnih aplikacija u ovom radu. Petrović et al. [12] su analizirali primenu IoT tehnologija u pametnim kućama u Srbiji i ukazali na rastuću potrebu za jeftinim i dostupnim sigurnosnim rešenjima.

Sigurnosni izazovi u niskobudžetnim IoT sistemima detaljno su obrađeni u radu Singh et al. [13], gde je zaključeno da je potrebno razviti dodatne mehanizme zaštite podataka kako bi se obezbedila pouzdanost. Rahman et al. [14] su prikazali sistem za detekciju požara zasnovan na niskobudžetnim sensorima i mobilnim aplikacijama, pokazujući da se koncept može proširiti i na druge tipove alarmiranja. Stojanović i Jovanović [15] analizirali su upotrebu ESP32 mikrokontrolera u sigurnosnim sistemima i potvrdili da je ova platforma pogodna za niskobudžetne aplikacije zbog integrisanog Wi-Fi i Bluetooth modula.

II. HARDVERSKO REŠENJE

U većini slučajeva, osnovno napajanje u industrijskim i ne industrijskim objektima, na području Evrope, je u naponskom obliku 220/110 V naizmenične struje. Imajući ovu činjenicu u vidu, razvijen je koncept na osnovu kojeg je i urađena realizacija niskobudžetnog IoT/IIoT alarmnog sistema namenjenog za alarmiranje stanja u okviru industrijskih i ne industrijskih objekata, gde su ulazni binarni signali tipa glavnog napajanja. Dodatni uslov je da se alarmiranje i pristup istoriji alarmnih stanja obavlja na mobilnom telefonu pomoću odgovarajuće mobilne aplikacije, ali da postoji mogućnost da se istoriji alarma pristupi pomoću Internet pretraživača. Osnovu hardverskog uređaja predstavlja ESP32-WROOM-32UE modul [16]. ESP32-WROOM-32UE je razvojni modul namenjen za IoT i ugrađene sisteme. Zasniva se na dvojezgrenom procesoru Xtensa LX6 iz kompanije Espressif, sa maksimalnim radnim taktom do 240 MHz. Podržava Wi-Fi 2,4 GHz i Bluetooth, uključujući Classic i BLE (Bluetooth Low Energy) režime. Modul ima oko 520 KB SRAM memorije i najčešće 4 MB flash memorije. Omogućava povezivanje velikog broja spoljašnjih uređaja preko ulazno izlaznih pinova opšte namene. ESP32-WROOM-32UE modul poseduje mogućnost analogno digitalne konverzije, digitalno analogne konverzije, impulsno širinske modulacije, kao i SPI, I²C i UART komunikacije. Radi na naponu od 3,3 V i ima režime niske potrošnje energije. Za napajanje hardverskog rešenja odabran je integrisani ispravljački modul HiLink PM03 [17]. Ovaj integrisani ispravljački modul pretvara ulazni naizmenični napon u opsegu od 100 do 240 V u jednosmerni izlazni napon od 3,3 V. Ovim je omogućeno da se uređaj napaja direktno iz mreže i da izlazni napon bude galvanski razdvojen od ulaznog napona čime se povećava bezbednost korišćenja uređaja. Za detekciju alarmnog stanja uređaj poseduje digitalni ulaz koji detektuje prisustvo naizmeničnog napona 220 V. ESP32-WROOM-32UE modul ne može direktno detektovati 220V naizmeničnog napona, pa se veza ostvaruje primenom optokaplera. Na ulaz optokaplera dovodi se naizmenični napon od 220 V, a električna struja kroz ulaz optokaplera

ograničava se odgovarajućim otpornikom. Na izlazu optokaplera koristi se naponski nivo od 3,3 V jednosmernog napona prilagođen ESP32-WROOM-32UE modulu. Na slici 1. prikazan je izgled realizovanog IoT/IIoT uređaja. Nakon realizacije, izvršeno je testiranje uređaja u skladu sa standardom IEC 61000 [18]. Upotrebom povoljnih komponenti lako dostupnih na tržištu, postignuto je da realizovano hardversko rešenje ima cenu ispod 20 € za razliku od sličnih komercijalnih rešenja čija cena može ići od nekoliko desetina do nekoliko stotina € [19, 20].

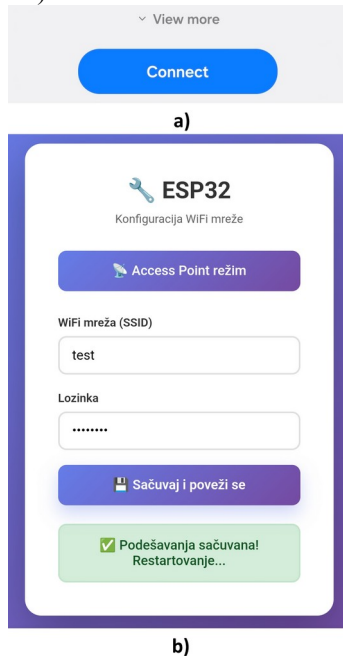


Slika 1. Izgled niskobudžetnog IoT/IIoT alarmnog sistema

Realizovani IoT/IIoT uređaj ima dva režima rada, normalan režim rada i konfiguracioni režim rada. U normalnom režimu rada IoT/IIoT uređaj prilikom uključivanja napajanja pokušava da se poveže na podešenu WiFi mrežu. Prilikom uspešnog povezivanja uređaj osvežava tačno vreme na internom satu realnog vremena koji je integrisan u okviru ESP32-WROOM-32UE modula. U slučaju da dođe do prekida komunikacije između IoT/IIoT uređaja i pristupne tačke podešene WiFi mreže, IoT/IIoT uređaj će u određenim vremenskim intervalima pokušavati da uspostavi vezu sa pristupnom tačkom. IoT/IIoT uređaj u standardnom režimu rada proverava stanje digitalnog ulaza i u slučaju pojave alarmnog stanja, odnosno detektovano prisustvo naizmeničnog napona od 220 V na digitalnom ulazu, šalje se podatak na server. Pored podatka da se desio alarm šalje se i podatak o vremenskom trenutku aktiviranja alarma (datum i vreme) kao i podataka o jedinstvenom identifikacionom broju IoT/IIoT uređaja. U slučaju da nije uspešno slanje podataka na server (trenutno nije povezan na pristupnu tačku, internet veza nije dostupna, server nedostupan, itd.) IoT/IIoT uređaj beleži u internu memoriju trenutak kad je aktiviran alarm. IoT/IIoT uređaj povremeno proverava stanje interne memorije i ukoliko postoje neposlani zahtevi, povremeno pokušava da ih prosledi serveru. Ovim je omogućeno da u slučajevima kada veza sa serverom nije bila dostupna (iz bilo kog razloga) ostaju zabeleženi trenuci aktiviranja alarmnog stanja i naknadni uvid u njihovu istoriju.

Da bi IoT/IIoT uređaj mogao da šalje podatke na server potrebno je da se poveže na pristupnu tačku WiFi mreže. Da bi se podesili podaci za pristup WiFi mreži, uređaj mora biti postavljen u konfiguracioni režim. Na uređaju postoji implementiran taster, i aktiviranjem tastera duže od 10 sekundi

uređaj ulazi u konfiguracioni režim. Konfiguracioni režim može biti aktiviran u bilo kom trenutku rada IoT/IIoT uređaja. Ulaskom u konfiguracioni režim prekida se trenutno aktivna veza sa pristupnom tačkom, ESP32-WROOM-32UE modul se postavlja u režim rada kao pristupna tačka i kreira Wi-Fi mrežu sa nazivom i pokreće interni web server. Povezivanjem na Wi-Fi mrežu IoT/IIoT uređaja putem mobilnog telefona ili računara (Slika 2a), i pristupom web serveru na IP adresi 192.168.4.1 iz pretraživača prikazuje se konfiguraciona web stranica (Slika 2b).



Slika 2. Konfiguracioni režim a) povezivanje na Wi-Fi mrežu b) konfiguraciona web stranica

U odgovarajuća polja potrebno je da korisnik unese naziv Wi-Fi mreže i lozinku za pristup Wi-Fi mreži na koju IoT/IIoT uređaj treba da se poveže kako bi slao podatke o aktiviranju alarma, na server. Kada se unesu potrebni podaci, klikom na dugme Sačuvaj i poveži se, pristupni parametri za Wi-Fi mrežu se smeštaju u internu memoriju ESP32-WROOM-32UE modula. Korisnik nakon toga dobija informaciju da su podaci sačuvani u uređaj, uređaj se restartuje i pokreće se njegov rad u normalnom režimu rada.

Inicijalna testiranja uređaja pokazala su zadovoljavajuće rezultate, pri čemu je uređaj radio pouzdano i stabilno. Promena stanja na digitalnom ulazu detektovana je praktično trenutno, uz minimalno kašnjenje neophodno za potvrdu da nije došlo do lažne aktivacije alarmnog stanja. Vreme potrebno da se podaci o aktivnom alarmu proslede do servera i evidentiraju u bazi podataka iznosilo je tipično između 3 i 5 sekundi. Pored niske cene, realizovano hardversko rešenje niskobudžetnog alarmnog sistema odlikuje se i malom potrošnjom energije. Tipična potrošnja uređaja tokom rada iznosila je oko 400 mW, dok je u trenucima slanja podataka putem Wi-Fi mreže potrošnja kratkotrajno rasla do približno 800 mW.

III. SOFTVERSKO REŠENJE

U okviru korisničkog softvera koji prati rad niskobudžetnog IoT/IIoT alarmnog sistema, predviđene su mobilna aplikacija, za online obaveštavanje alarmnih stanja, kao i web aplikacija za pristup istoriji alarma. Za razvoj mobilne aplikacije korišćena je moderna tehnologija React Native.

Na slici 3. prikazan je izgled mobilne aplikacije sa prikazom informacija o alarmnim stanjima.



Slika 3. Izgled mobilne aplikacije sa prikazom alarmnih stanja

U okviru aplikacije korisnik može da odabere da li želi da vidi:

- listu svih alarma,
- aktiviranih, ali još uvek nije stigao signal za deaktivacijom i
- onih koji su bili aktivni duže od jednog minuta.

Takođe, korisnik može odabrati IoT/IIoT alarmni uređaj za koji želi da vidi istorijski prikaz alarma. Alarmne informacije se prikazuju hronološki, najnovije stanje je na početku, dok je najstarije stanje alarma na kraju. Sadrže podatke o lokaciji sa koje se alarm aktivirao, kada se alarm oglasio, ali i prekinuo u timestamp formatu (DD-MM-YY HH:MM:SS), kao i koliko je dugo alarm bio aktivan. Ako je alarm bio aktivan duže od jednog minuta korisniku će na mobilni uređaj stići push notifikacija (čak i kada je aplikacija zatvorena) inicirajući da je alarm zabeležio rad duže od dozvoljenog vremena.

Na stranici sa konfiguracijama mogu se odabrati lokacije za koje će se slati push up notifikacije. Pored toga, moguće je podesiti predefinisano vreme za njihovo slanje, ali i isključiti njihovo slanje. Korisnik može odabrati i vremenski interval kada želi da mu notifikacije dolaze na mobilni uređaj. Uz sve to, korisnik može da pristupi statistici i vidi koji alarmi sa kojih lokacija su se najviše aktivirali, u koje doba dana i kojim danima su se najviše aktivirali.

Pored mobilne aplikacije za pristup istoriji alarma moguće koristiti i web aplikacija. Na slici 4. prikazan je izgled web aplikacije sa prikazom informacija o alarmnim stanjima.

```

Save Copy Collapse All Expand All Filter JSON
▼ 0:
  id: "10"
  dev_id: "000000001"
  alarm_active: false
  device_datetime: "2026-02-03T10:46:48.000Z"
  rtc_sync: true
  created_at: "2026-02-03T09:46:49.601Z"
▼ 1:
  id: "9"
  dev_id: "000000001"
  alarm_active: true
  device_datetime: "2026-02-03T09:49:50.000Z"
  rtc_sync: true
  created_at: "2026-02-03T08:49:50.947Z"
▼ 2:
  id: "8"
  dev_id: "000000001"
  alarm_active: false
  device_datetime: "2026-02-03T09:49:48.000Z"
  rtc_sync: true
  created_at: "2026-02-03T08:49:49.703Z"
▼ 3:
  id: "7"
  dev_id: "000000001"
  alarm_active: true
  device_datetime: "1970-01-01T01:00:01.000Z"
  rtc_sync: true
  created_at: "2026-02-03T07:00:00.212Z"

```

Slika 4. Izgled web aplikacije sa prikazom alarmnih stanja

Modularni koncept softverskog rešenja, omogućuje jednostavnu skalabilnost, kao i dodavanje posebnih funkcija na zahteva korisnika.

Kako bi se obezbedila bezbednost predlozenog alarmnog sistema, posebna pažnja posvecena je zaštiti podataka, kao i otpornosti sistema na potencijalne napade i mrežne poremećaje. Komunikacija između IoT/IIoT uređaja i servera ostvaruje se putem enkriptovanog HTTPS protokola, čime se obezbeđuje zaštita podataka tokom prenosa. Svaki uređaj poseduje jedinstveni identifikator koji se koristi prilikom autentifikacije na serveru, čime se sprečava neovlašćeno slanje podataka. Trenutni nedostatak sistema ogleda se u ograničenoj funkcionalnosti u slučaju prekida mrežne komunikacije sa serverom. U takvim situacijama nije moguće u realnom vremenu proslediti informaciju o alarmnom stanju sa IoT/IIoT uređaja ka serverskoj aplikaciji. Tada uređaj evidentira aktivacije alarmnih stanja u internoj memoriji, a nakon ponovnog uspostavljanja komunikacije te podatke prosleđuje serveru.

IV. ZAKLJUČAK

Namenski niskobudžetni Iot/IIoT alarmni sistemi predstavljaju održivu alternativu široko rasprostranjenim komercijalnim rešenjima. Ovako koncipirani Iot/IIoT alarmni sistemi mogu da obezbede funkcionalnost, pouzdanost i skalabilnost uz minimalne troškove.

U predlogu koji je opisan u ovom radu, osnova je bila prilaz da kada su u pitanju prepoznavanja binarnih stanja, najlakše je iskoristi signale koji su tipa glavnog napajanja u posmatranom objektu. U većini slučajeva, osnovno napajanje je u naponskom obliku 220/110 V naizmjenične struje. Imajući ovu činjenicu u vidu, u okviru ovog rada predstavljen je hardverski i softverski koncept i dat opis realizacija niskobudžetnog Iot/IIoT alarmnog sistema namenjenog za alarmiranje stanja u okviru industrijskih i ne industrijskih objekata. Alarmiranje i pristup istoriji alarmnih stanja se prvenstveno može ostvariti na mobilnom telefonu uz

korišćenje odgovarajuće aplikacije. Pored toga, pristup kompletnoj istoriji je moguć i direktno na serveru sa odgovarajućim pristupnim kredencijalima. Predloženo rešenje alarmnog sistema nudi pouzdanost, bezbednost, efikasnost, lakoću instalacije u rangu sličnih komercijalnih uređaja ali uz višestruko nižu cenu.

ZAHVALNOST

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (br. ugovora: 451-03-34/2026-03/200156) i Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu kroz projekat "Naučnoistraživački i umetničkoistraživački rad istraživača u nastavnim i saradničkim zvanjima Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu 2026" (br: 01-3609/1).

LITERATURA

- [1] <https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780190304737.001.0001/acref-9780190304737-e-2071>, pristupljeno 30.1.2026.
- [2] <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/iot>, pristupljeno 30.1.2026.
- [3] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey", *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- [4] <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>, pristupljeno 30.1.2026..
- [5] S. Stankovski, G. Ostojić, and X. Zhang, "Influence of Industrial Internet of Things on Mechatronics ", *Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology*, vol. 1, no. 1. pp. 1–6, March, 2016.
- [6] S. Chandrakumar, et al., "Low-cost MEMS sensors for earthquake early warning systems," *Sensors*, vol. 22, no. 5, pp. 1234–1245, 2022.
- [7] A. Mobaraki, et al., "Systematic review of low-cost sensors for building monitoring," *Journal of Building Engineering*, vol. 45, pp. 103–115, 2021.
- [8] IRASET, "Review on intruder alarm systems using IoT," *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 456–462, 2020.
- [9] J. Lopez, et al., "DIY alarm systems using Arduino platform," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 98765–98774, 2019.
- [10] Y. Zhang and L. Wang, "Energy-efficient wireless alarm systems," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 305, pp. 111–120, 2020.
- [11] R. Kumar, et al., "Integration of GSM modules in alarm systems," *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 145–152, 2018.
- [12] M. Petrović, et al., "IoT applications in smart homes in Serbia," *Electronics*, vol. 10, no. 12, pp. 1456–1467, 2021.
- [13] P. Singh, et al., "Security challenges in low-cost IoT systems," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 4, pp. 6789–6798, 2019.
- [14] M. Rahman, et al., "Low-cost fire detection system using mobile applications," *Sensors*, vol. 20, no. 8, pp. 2345–2356, 2020.
- [15] D. Stojanović and B. Jovanović, "ESP32 microcontroller applications in security systems," *Electronics and Electrical Engineering Journal*, vol. 28, no. 2, pp. 112–119, 2022.
- [16] ESP32-WROOM-32UE, https://documentation.espressif.com/esp32-wroom-32e_esp32-wroom-32ue_datasheet_en.pdf, pristupljeno 30.1.2026
- [17] Ispravljački Modul za Napajanje HLK PM03 AC-DC 220V na 3.3V 5W, <https://elektromodul.rs/ispravljacki-modul-za-napajanje-hlk-pm03/>, pristupljeno 30.1.2026.
- [18] <https://www.iec-equipment.com/new/new-98-905.html>, pristupljeno 30.1.2026.
- [19] Wireless Digital Input Monitor, <https://controlbyweb.com/xw111>, pristupljeno 02.03.2026.
- [20] IQIO IO WI-FIINVEO, <https://www.tme.eu/en/details/iqio-io-wifi/i-o-systems-and-modules/inveo/iqio-io-wi-fi/>, pristupljeno 02.03.2026.