

UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU

LoRa gateway na bazi ESP32

ZAVRŠNI RAD

- PRVI CIKLUS STUDIJA -

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Mentor:** |  | **Student:** |
| **Prof.dr.sc. Samim Konjicija** |  | **Erol Terović** |

Sarajevo, Juni 2021.

Ovdje ubaciti postavku završnog rada definisanu od strane mentora sa linijom za potpis mentora.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Prof.dr. Samim Konjicija**

**UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU**

**IZJAVA O AUTENTIČNOSTI RADA**

**Završni rad**

**I ciklusa studija**

Ime i prezime: Erol Terović

Naslov rada: LoRa gateway na bazi ESP32

Vrsta rada: Završni rad prvog ciklusa studija

Broj stranica:

**Potvrđujem:**

* Da sam pročitao dokumente koji se odnose na plagijarizam, kako je to definirano Statutom Univerziteta u Sarajevu, Etičkim kodeksom Univerziteta u Sarajevu i pravilima studiranja koja se odnose na I i II ciklus studija, integrirani studijski program I i II ciklusa i III ciklus studija na Univerzitetu u Sarajevu, kao i uputama o plagijarizmu navedenim na web stranici Univerziteta u Sarajevu;
* Da sam svjestan univerzitetskih disciplinskih pravila koja se tiču plagijarizma;
* Da je rad koji predajem potpuno moj, samostalni rad, osim u dijelovima gdje je to naznačeno;
* Da rad nije predat, u cjelini ili djelimično, za stjecanje zvanja na Univerzitetu u Sarajevu ili nekoj drugoj visokoškolskoj ustanovi;
* Da sam jasno naznačio prisustvo citiranog ili parafraziranog materijala i da sam se referirao na sve izvore;
* Da sam dosljedno naveo korištene i citirane izvore ili bibliografiju po nekom od preporučenih stilova citiranja, sa navođenjem potpune reference koja obuhvata potpuni bibliografski opis korištenog i citiranog izvora;
* Da sam odgovarajuće naznačio svaku pomoć koju sam dobio pored pomoći mentora

i akademskih tutora/ica.

Mjesto, datum\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Potpis\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# 

# Sažetak

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) i tehnologije povezane sa istim su u zadnje vrijeme doživjele veliku ekspanziju. LPWAN tehnologije se nalaze u mnogobrojnim primjenama u komercijalnim i nekomercijalnim kontekstima. U ovom radu demonstriramo implementaciju niskobudžetnog IoT jednokanalnog bežičnog gateway-a koji sadrži Semtech LoRa® modul za komunikaciju velikog dometa, ESP32 mikrokontroler te ublox NEO-6M GPS modul.

**Ključne riječi:** LoRa, ESP32, Gateway, IoT, MQTT

# Abstract

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) and the technologies associated with it are seeing a boom in recent years. LPWAN technologies are finding numerous applications in commercial and private contexts. In this paper we discuss the implementation of a low cost IoT single-channel wireless gateway featuring a Semtech LoRa® long range communication device, an ESP32 microcontroller and an ublox NEO-6M GPS module.

**Keywords:** LoRa, ESP32, Gateway, IoT, MQTT

Sadržaj

[Sažetak 4](#_Toc75192275)

[Abstract 4](#_Toc75192276)

[Popis slika 9](#_Toc75192277)

[Popis tabela 10](#_Toc75192278)

[Uvod 11](#_Toc75192279)

[1.1 Uvod u IoT 11](#_Toc75192280)

[1.2 LoRa tehnologija i termini 12](#_Toc75192281)

[Centralna poglavlja 13](#_Toc75192282)

[1.3 Primjer sekcije 14](#_Toc75192283)

[1.3.1 Primjer podsekcije 14](#_Toc75192284)

[Zaključak 15](#_Toc75192285)

[Prilog A 17](#_Toc75192286)

[Literatura 19](#_Toc75192287)

# 

# Popis slika

[Slika 1.1. LoRaWAN mreža (9) 11](#_Toc75544740)

# 

# Popis tabela

**No table of figures entries found.**

# Uvod

U zadnjih par godina na tržistu se pojavio veliki broj tehnologija koje omogućuju komunikaciju velikog dometa s malim relativnim utroškom energije. Neke od tehnologija su: LoRa, Weightless, Sigfox, itd. Njihova mala cijena uz činjenicu da omogućuju komunikaciju na velike razdaljine nam omogučava da ih koristimo za primjene kao što su npr: mjerenje temperature u čitavoj oblasti i očitanje u centralnoj lokaciji, skupljanje podataka za SCADA sisteme, dojava o probijanju sigurnosne zone za alarme itd. U ovakvim sistemima, jednostavni uređaji, tzv. nodes, šalju podatke snažnom prijemniku koji forvarduje podatke preko fiksne kablovske infrastrukture do centralnog mjesta gdje se ti podaci očitavaju. Primjer iz prakse je način na koji se očitavaju bežični vodomjeri u stanbenim objektima, iako se tu primjenjuje wireless M-bus tehnologija, koncept je isti s tim što npr. LoRa pruža prednost većeg dometa. Uređaj koji vrši primanje podataka te njihovo forvardovanje na npr. Internet se naziva Gateway. U ovom slučaju predstavljamo način izrade jednostavnog jednokanalnog Gateway-a za LoRa korištenjem ESP32-WROOM mikrokontrolera.

## Uvod u IoT

“I believe that at the end of the century the use of words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted.”

– Alan Turing

IoT (Internet of things) tehnologije su postale jako rasprostranjene u današnjem društvu, i svaki dan su uređaji oko nas sve umreženiji. Prije 30 godina se pričalo kako će veš mašine, rerne i ostali uređaji jednog dana biti spojeni na internet, a mi sada živimo u tom periodu. Pokrenuta je lavina inovacija i napredaka u IoT tehnologijama koja se ne može zaustaviti. Prvi put se koncept i termin „Internet of Things“ spominje u govoru Peter T. Lewisa 1985. koji je održan u Washington, D.C. [[1](#Che21)]. Prvi uređaj koji se može smatrati dijelom IoT infrastrukture je zapravo automat za Coca-Cola napitke koji se nalazio na Carnegie Mellon univerzitetu u Pittsburgh-u. Ovaj automat je postao prvi komercijalni uređaj spojen na tadašnji ARPANET, i imao je mogućnost da izvještava da li se u njemu nalaze proizvodi, te da li su napici ohlađeni ili ne [[2](#The21)].

Definicija IoT od strane Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU) glasi: „Internet of things predstavlja globalnu infrastrukturu koja omogućuje napredne usluge interkonekcijom (fizičkom i virtuelnom) predmeta zasnovanu na postojećim i evoluirajućim interoperabilnim informacionim i komunikacionim tehnologijama“ [[3](#ITU21)].

## Zadatak završnog rada

U ovom završnom radu bit će opisan postupak dizajna i implementacije uređaja koji će izvršavati funkciju jednokanalnog LoRa Gateway-a. Svaki korak procesa će biti objašnjen te će se opisati svaki funkcionalni dio uređaja i način na koji svaki dio doprinosi funkcionalnosti krajnjeg proizvoda. Čitav projekat će se moći pronači na autorovom GitHub-u, link za repozitorij se može pronaći u prilozima ovog rada.

## LoRa modulacija

LoRa (Lo-long Ra-range) je tehnologija modulacije raspršenog spektra. Razvijena je od strane kompanije Semtech i omogućava komunikaciju male snage i velikog dometa. Primjenjuje se ekstenzivno za IoT uređaje. Može se koristiti za komunikaciju i do maksimalno 50 kilometara razdaljine (u slučaju male interferencije, tj. u ruralnoj sredini). Najveće primjene pronalazi u pametnim gradovima, pametnim kućama i zgradama, pametnoj poljoprivredi, pametnom očitavanju mjerača itd. [[4](#Sem21)].

LoRa je specifikacija fizičkog sloja, koja je zasnovana na metodi raspršenog spektra, konkretnije LoRa koristi raspršenje spektra metodom linearne frekvencijske modulacije (eng. Chirp Spread Spectrum - CSS). Pored toga, LoRa koristi ispravljanje grešaka unaprijed (eng. Forward error correction - FEC) [[5](#Mat16)]. Neke od glavnih karakteristika LoRa komunikacije su:

* Komunikacija velikog dometa
* Visoka robusnost komunikacije
* Niska snaga
* Otpornost na efekat višestrukog puta (multipath resistance)
* Otpornost na Doppler-ov efekat (doppler resistance)

LoRa radio posjeduje četiri konfiguracijska parametra, o kojima ćemo sad nešto više reći. Oni su:

1. Frekvencija nosećeg signala (eng. Carrier frequency)

Postoje različiti frekvencijski opsezi koji su definisani za LoRa komunikaciju, u zavisnosti od države i njene regulatorne agencije za komunikaciju. Ukupni opseg frekvencija u kojim se LoRa komunikacija odvija spada u VHF i UHF opseg. U Bosni i Hercegovini se primjenjuje Europski LoRa kanalni plan. U BiH se koriste dva dozvoljena opsega; EU433 (433.05 – 434.79 MHz) i EU868-870 (863 – 870 MHz) [[6](#LoR20)]. LoRa je dozvoljeno koristiti bez posebne dozvole. Bosna i Hercegovina prati CEPT preporuku 70-03 o korištenju uređaja kratkog dometa [[7](#CEP21)].

1. Faktor širenja (eng. Spreading factor)

Faktor širenja (SF) predstavlja koliko chirp-ova, tj. nosača podataka se šalje po sekundi. Veći SF povečava odnos signala i šuma (eng. Signal to noise ratio – SNR) i posljedično tome, povečava se osjetljivost i domet, ali u isto vrijeme se povećava vrijeme emitovanja paketa. U normalnom slučaju, SF se može postaviti između 7 i 12. Različiti SF-ovi su ortogonalni jedan na drugi, što znači da je moguće na istoj frekvenciji emitovati signale različitih SF-ova bez međusobne interferencije. [[5](#Mat16)]

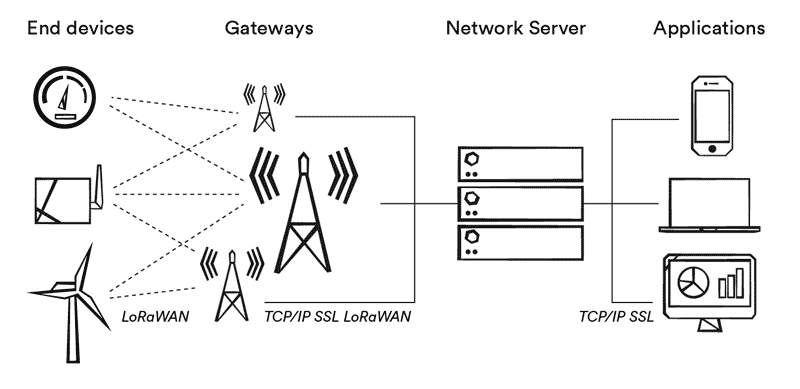
1. Širina opsega (eng. Bandwidth)

Širina opsega predstavlja raspon frekvencija u prijenosnom opsegu. S povećanjem širine opsega dobijamo veću brzinu prijenosa podataka (te kraće vrijeme transmitovanja poruke), ali se kao posljedica smanjuje osjetljivost, jer se poveća količina šuma.

1. Brzina kodiranja (eng. Coding rate)

Koristi se za podešavanje FEC-a. Određuje koliko će bita pariteta biti dodano na poruku. Coding rate predstavlja odnos bita koji nose informaciju, i bita koji su transmitovani. U slučaju da je CR 4/8, poruka se sastoji od četiri bita, a transmituje se osam ukupno, što znaći da se četiri bita koriste za detekciju greške [[5](#Mat16)].

### Uloga Gatewaya u LoRa mreži



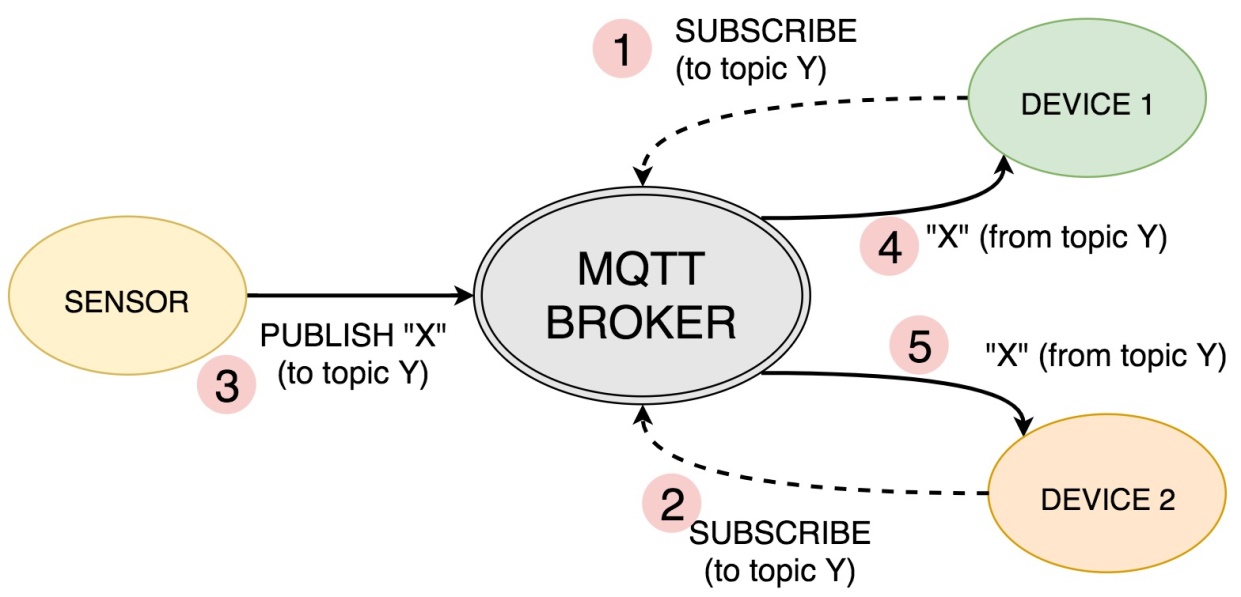
Slika 0.1.1. LoRaWAN mreža [[9](#Act21)]

## MQTT Protokol

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protokol je vrlo jednostavan protokol za razmjenu poruka, koji je dizajniran za potrebe mreža male širine opsega, visoke nepouzdanosti, velike latencije. Način na koji se obavlja komunikacija je putem tzv. publish/subscribe sistema. Mnogo se koristi za IoT svrhe, jer po gore navedenim karakteristikama, predstavlja idealan protokol za IoT. Izmišljen je od strane Andy-a Stanford-Clark-a i Arlena Nipper-a 1999. godine. Prva upotreba mu je bila kao način nadziranja naftnih cjevovoda. Postoje dva različita entiteta u MQTT komunikaciji, broker i klienti. Klijenti se mogu „pretplatiti“ na teme iz kojih bi željeli da očitavaju podatke ili da ih upisuju. Svi klijenti koji su pretplaćeni i žele da primaju poruke, će dobiti poruku u temi svaki put kad se ista pojavi. MQTT broker predstavlja vrstu servera koja prima sve poruke od pretplaćenih (eng. subscribed) klijenata i onda ih proslijeđuje na klijente koji su također pretplaćeni, ali „slušaju“ informacije.

### Struktura MQTT informacija

Informacije su organizovane u hierarhiju tema (eng. Topics). Kad klijent ima novu poruku da pošalje, on šalje konrtolnu poruku spojenom brokeru. Broker onda infromaciju distribuira svim klijentima koji su pretplaćeni na tu temu.



# Slika .2 MQTT primjer [[9](#Rag21)]

Na slici 33434 se jasno vidi primjer publish/subscribe pricipa. Senzor je pretplaćen na temu Y. Šalje poruku „X“ preko MQTT-a, poruka stiže do brokera i onda biva proslijeđena svim pretplačenim uređajima. Uređaj 1 i 2 bi u ovom slučaju bih i oni koji bi primili poruku ”X”.

# Centralna poglavlja

## Primjer sekcije

### Primjer podsekcije

#### Primjer podpodsekcije

\* \* \*

# Zaključak

# PRILOZI

# Prilog A

Primjeri formatirnja različitih elemenata u radu:

1. Formula (Insert->Object->Formula).   
   Pogledati:   
   <https://www.openoffice.org/documentation/manuals/oooauthors/MathObjects.pdf>  
   <https://wiki.openoffice.org/wiki/Documentation/FAQ/Formula/How_do_I_number_my_equations%3F>

|  | (1) |
| --- | --- |

Primjer refernciranja (Insert->Cross-reference / Type=Text, Insert reference to=Reference) - jednačina (1) služi ...

1. Slika (koristiti autonumeraciju zbog automatskog popisa slika)
2. Tabela (koristiti autonumeraciju zbog automatskog popisa tabela)

Slika 1: Logo ETF-a

Tabela 1: Probna tabela

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Prva kolona | Druga kolona | Treća kolona | Četvrta kolona |
| **X** | a | 4544 |  |
| Y | **v** | **123344** |  |

1. Isječak kôda (Ubaciti text box i u njega isječak kôda. Koristiti font jednake širine slova (bez kerninga) – npr. Courier New. Text box može imati okvir i može imati Caption (desni klik na text box -> Caption).

Isječak 1: Prvi program u C++

# Literatura

x

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Chetan Sharma Consulting, LLC. Correcting the IoT history. [Online]. <http://www.chetansharma.com/correcting-the-iot-history/> |
| [2] | The Carnegie Mellon University Computer Science Department Coke Machine. The "Only" Coke Machine on the Internet. [Online]. <https://www.cs.cmu.edu/~coke/history_long.txt> |
| [3] | ITU. Internet of Things Global Standards Initiative. [Online]. <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx> |
| [4] | Semtech. What is LoRa. [Online]. <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora> |
| [5] | John Vidler, Utz Roeding Matrin Bor. (2016) Lancaster University Library. [Online]. <https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/77615/1/MadCom2016_LoRa_MAC.pdf> |
| [6] | LoRa Alliance. (2020) RP002-1.0.1 LoRaWAN Regional Parameters. [Online]. <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/rp_2-1.0.1.pdf> |
| [7] | CEPT ECC. (2021) ERC Recommendation 70-03. [Online]. <https://docdb.cept.org/download/2464> |
| [8] | The Things Network. What is LoRaWAN. [Online]. <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/> |
| [9] | Actility. LoraWan network server. [Online]. <https://www.actility.com/lorawan-network-server/> |

x