

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 (5) 10](#_Toc75202659)

# 

# 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). 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).

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).

## 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 protokol i terminologija

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).

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). 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 kojim 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). LoRa je dozvoljeno koristiti bez posebne dozvole. Bosna i Hercegovina prati CEPT preporuku 70-03 o korištenju uređaja kratkog dometa (7).

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)

TODO:

više o CSS modulaciji napisati gore iznad

Nisi citirao ja mislim kako treba sve

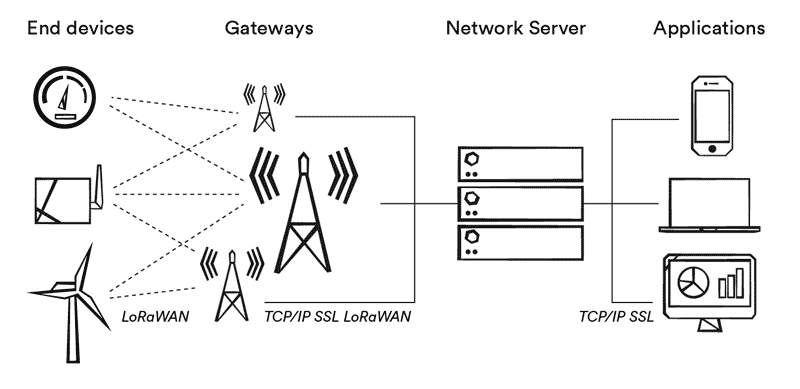
Dodati vise oko ovih konfig parametara lore

1. Širina opsega (eng. Bandwidth)
2. Brzina kodiranja (eng. Coding rate)

## Chirp Spread Spectrum

Rasprsenje spektra chirp-om (eng. Chirp Spread Spectrum - CSS)

LoRaWAN je protokol MAC sloja koji je implementiran koristeći LoRa modulaciju. LoRaWAN definiše način na koji uređaji koriste LoRa hardver. LoRaWAN protokol je napravljen od strane LoRa Alliance (8). Na slici 1.1. možemo da vidimo tipičnu strukturu LoRaWAN mreže. „End devices“ također poznati pod imenom „Nodes“ predstavljaju krajnje uređaje LoRa mreže, ovo mogu biti npr. senzori koji očitavaju izvjesne podatke. Gateway je termin koji predstavlja uređaj koji predstavlja prima ili šalje LoRa signale, a povezuje LoRa uređaje s internetom ili nekim drugim načinom komunikacije sa mrežnim serverom (npr. putem mobilne mreže).



Slika 1.1. LoRaWAN mreža (9)

Završni rad prvog ciklusa treba da prezentira sposobnost kandidata da samostalno rješava aplikativne probleme unutar svog područja studija, uz korištenje teorijskog i praktičnog znanja usvojenog u toku studija na prvom ciklusu.

Student stiče i demonstrira sposobnost da prikuplja i tumači relevantne podatke, unutar svog područja studija, na osnovu kojih donosi sudove koji sadrže razmišljanja o relevantnim pitanjima. Izradom i odbranom završnog rada student potvrđuje svoje kompetencije pismenog i usmenog izražavanja i prenosa informacija, ideja i rješenja u pisanom (završni rad) i usmenom obliku (prezentacija i obrana završnog rada).

Način realizacije:

1. Definisanje problema. Hipoteza, zadatak, projekat. Izbor, pretraživanje i korištenje literature. Izbor metode.
2. Planiranje izrade praktičnog dijela. Izrada praktičnog dijela (softver, model, uređaj). Izvođenje eksperimenta. Provjera, validacija ponuđenog rješenja.
3. Konsultacije, sukobljavanje stavova, korekcije, poštivanje zadatih rokova.
4. Izrada preliminarne verzije teksta rada. Formalizirano pisanje stručnog i tehničkog rada. Korištenje literature. Citiranje. Poređenje metoda. Komentiranje rezultata. Grafičko i formalno prezentiranje rezultata.
5. Finalizacija rada uz usvajanje primjedbi ili sugestija od mentora. Tehničko i grafičko editiranje.
6. Prezentiranje rezultata. Izrada prezentacije. Javno izlaganje. Vještine izlaganja. Planiranje vremena i sadržaja. Razdvajanje bitnog od nebitnog. Usmjeravanje na vlastite rezultate. Odgovor na pitanja.

Završni rad treba da bude korektno jezički (obratiti pažnju na pravopis), stilski (ujednačeni fontovi i stilovi pisanja) i tehnički oblikovan (numeracije slika, referenciranje i sl.).

**U Uvodu** Završnog rada prvog ciklusa treba na oko 2 do 4 stranice:

* dati kratak opis domena problema - obrazložiti zašto je tema interesantna,
* navesti kojim metodama ili grupama metoda se rješavaju takvi problemi,
* navesti koji su ciljevi istraživanja/rješavanja problema/analize/...,
* kratko opisati kako je provedena realizacija završnog rada (istraživanja/rješavanja problema/analize/...),
* kratko opisati postignute rezultate, i
* kratko opisati strukturu rada – šta sadrže pojedina poglavlja koja slijede.

Pri tome se mogu ali ne moraju koristiti podnaslovi jer je Uvod kratak.

# Centralna poglavlja

Izlaže se organizirano, koncizno i konzistentno kroz dva ili više odvojenih poglavlja. Prvo se u jednom ili više poglavlja izlažu najvažnije teoretske osnove (metode i/ili grupe metoda i/ili algoritmi i/ili softveri i td.) primijenjene u praktičnom dijelu rada. Pri tome je potrebno pravilno referencirati svu korištenu literaturu (Insert > Indexes and tables > Bibliographic entry[[1]](#footnote-1)) - npr. [1]. Nakon poglavlja sa teoretskim osnovama slijede poglavlja koja opisuju realizaciju. Prvo je potrebno prezentirati tok realizacije - za inžinjerske zadatke je važno slijeđenje metode kroz korake (npr. analiza, dizajn...), a za istraživanja je važna analiza i komparacija. Prilikom izlaganja dati i međurezultate – slike i/ili dijagrame i/ili tabele i/ili opise problema i/ili planove i td. U zadnjem centralnom poglavlju izložiti konačne rezultate rada: softver i primjere upotrebe i/ili rezultati analize i/ili rezultati komparacije i td. Analizirati i prodiskutovati urađeno.

Za istraživački tip završnog rada je izuzetno važno da se dobiveni rezultati istraživanja konstantno objektivno porede sa postojećim rezultatima u literaturi ili oblasti istraživanja, te sistematično ukazuje na prednosti i nedostatke autorskog pristupa.

U radu se za formiranje poglavlja koriste sekcije, podsekcije, podpodsekcije i paragrafi kao u primjerima koji slijede.

## Primjer sekcije

Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije. Ovo je primjer sekcije.

### Primjer podsekcije

Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije. Ovo je primjer podsekcije.

#### Primjer podpodsekcije

Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije. Ovo je primjer podpodsekcije.Ovo je primjer podpodsekcije.

**Primjer paragrafa** Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa. Ovo je primjer paragrafa.

\* \* \*

Na kraju svakog poglavlja, najbolje je dati jedan kraći zaključak koji ukratko objedinjuje sve najvažnije zaključke iz tog poglavlja. Taj kraći zaključak treba da služi kao poveznica između poglavlja koje se upravo završilo, i narednog poglavlja koje tek treba da počne. Ovaj zaključak je poželjno odvojiti bilo kao odvojenu podsekciju poglavlja nazvanu "Zaključak", bilo kao jednostavno izdvojeni dio teksta razmaknut zvjezdicama.

Kratak primjer zaključka za ovo poglavlje: U ovom poglavlju je pokazano kako se formiraju centralna poglavlja u radu. U nastavku će biti pokazano kako se piše konačan zaključak, te dati određeni tehnički podaci oko formatiranja teksta, slika i formula.

# Zaključak

Preporučuje se da se poglavlja "Uvod" i "Zaključak", te odgovarajuće sekcije i podsekcije ne numerišu. Ovo poglavlje bi trebalo na izvjestan način objediniti sve "kraće" zaključke date na kraju pojedinih poglavlja.

# 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]. [cited 2021 06 20. Available from: <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]. [cited 2021 06 20. Available from: <https://www.cs.cmu.edu/~coke/history_long.txt>. |
| 3. | ITU. Internet of Things Global Standards Initiative. [Online]. [cited 2021 06 20. Available from: <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>. |
| 4. | Semtech. What is LoRa. [Online]. [cited 2021 06 21. Available from: <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>. |
| 5. | Matrin Bor JVUR. Lancaster University Library. [Online].; 2016 [cited 2021 06 21. Available from: <https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/77615/1/MadCom2016_LoRa_MAC.pdf>. |
| 6. | LoRa Alliance. RP002-1.0.1 LoRaWAN Regional Parameters. [Online].; 2020 [cited 2021 06 21. Available from: <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/rp_2-1.0.1.pdf>. |
| 7. | CEPT ECC. ERC Recommendation 70-03. [Online].; 2021 [cited 2021 06 21. Available from: <https://docdb.cept.org/download/2464>. |
| 8. | The Things Network. What is LoRaWAN. [Online]. [cited 2021. 06. 21. Available from: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>. |
| 9. | Actility. LoraWan network server. [Online]. [cited 2021. 06. 21. Available from: <https://www.actility.com/lorawan-network-server/>. |

x

1. https://wiki.openoffice.org/wiki/Documentation/OOo3\_User\_Guides/Writer\_Guide/Adding\_a\_reference [↑](#footnote-ref-1)