

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE**

ZAVRŠNI RAD

PRIMJENA INFRACRVENOG SENZORA

Ivan Jakus

Split, srpanj 2022.



SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE



Prediplomski stručni studij: Elektrotehnika

Smjer/Usmjerenje: Elektronika

Oznaka programa: 512

Akadska godina: 2021./2022.

Ime i prezime: Ivan Jakus

Broj indeksa: 590-2019

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Naslov: Primjena infracrvenog senzora

Zadatak: Istražiti i opisati područje primjene infracrvenog senzora. Uz pomoć Arduina, i LoRa primo-predajnika ostvariti sustav koji omogućava obradu signala dobivenog iz infracrvenog senzora, povezivanje bežičnom komunikacijskom vezom s pristupnikom na udaljenoj lokaciji te pohranu u bazu podataka. Istražiti mogućnosti realiziranog komunikacijskog sustava i izvesti njegove osnovne značajke. Rezultate prikazati grafički te izvesti zaključak o mogućnosti primjene realiziranog sustava

Prijava rada: 19. listopada 2021.

Rok za predaju rada: 14. veljače 2022.

Rad predan: 13. srpnja 2022.

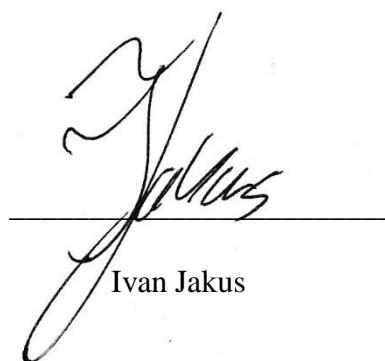
Datum obrane: 18. srpnja 2022.

Mentor:

IZJAVA

Ovom izjavom potvrđujem da sam završni rad s naslovom „Primjena Infracrvenog Senzora“ pod mentorstvom prof. dr. sc. Joška Radića pisao samostalno, primijenivši znanja i vještine stečene tijekom studiranja na Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, kao i metodologiju znanstveno-istraživačkog rada, te uz korištenje literature koja je navedena u radu. Spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti drugih autora koje sam izravno ili parafrizirajući naveo u završnom radu citirao sam i povezao s korištenim bibliografskim jedinicama.

Student

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ivan Jakus', is written over a horizontal line. The signature is stylized with large, sweeping loops and a long, trailing flourish that extends below the line.

Ivan Jakus

SADRŽAJ

1.UVOD	1
2. INFRACRVENIM SENZORIMA	2
2.1 Povijest infracrveni senzor	2
2.2. Princip rada i primjeri infracrvenih senzora	3
2.2.1. Tipovi infracrvenih senzora	3
3. SKLOPOVLJE ZA IZRADU RADA	7
3.1. Arduino	7
3.1.1. Arduino IDE	9
3.2. LoRa Shield	10
3.3. LoRa komunikacija	12
3.4. LoRa modulacija	13
3.5. SPI komunikacija između Lore i Arduina.....	15
4. IZRADA RADA	17
4.1. Postupak izrade	17
4.2. The Things Network.....	22
4.2.1. Registracija i korištenje The Things Networka	23
4.3. Princip rada	24
5. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA	28
SAŽETAK	30
KLJUČNE RIJEČI	30
SUMMARY	31
KEY WORDS.....	31

1.UVOD

Infracrveni senzor je vrsta elektroničkog instrumenta koji detektira i emitira infracrveno zračenje kako bi osjetio određene karakteristike svoje okoline. Infracrveni senzori mogu detektirati kretanje, kao i mjeriti ili promatrati toplinu objekta. Ovaj senzor je analogan ljudskom vidu. Svi objekti emitiraju neki oblik toplinskog zračenja koje je nevidljivo našim očima, ali ga infracrveni senzori mogu otkriti. Kada infracrveno svjetlo udari u fotodiodu otpor i izlazni napon variraju proporcionalno ovisno o količini primljene infracrvene svjetlosti.

Cilj ovog rada je istražiti i opisati područje primjene infracrvenog senzora. Uz pomoć Arduina, i LoRa primo-predajnika ostvariti sustav koji omogućava obradu signala dobivenog iz infracrvenog senzora te napraviti pohranu u bazu podataka.

2. INFRACRVENIM SENZORIMA

U teoretskom dijelu ukratko je objašnjeno što su to infracrveni senzori i na koji princip rade, opisani su ostali dijelovi i programi koje sam koristio da bi izvršio ovaj rad.

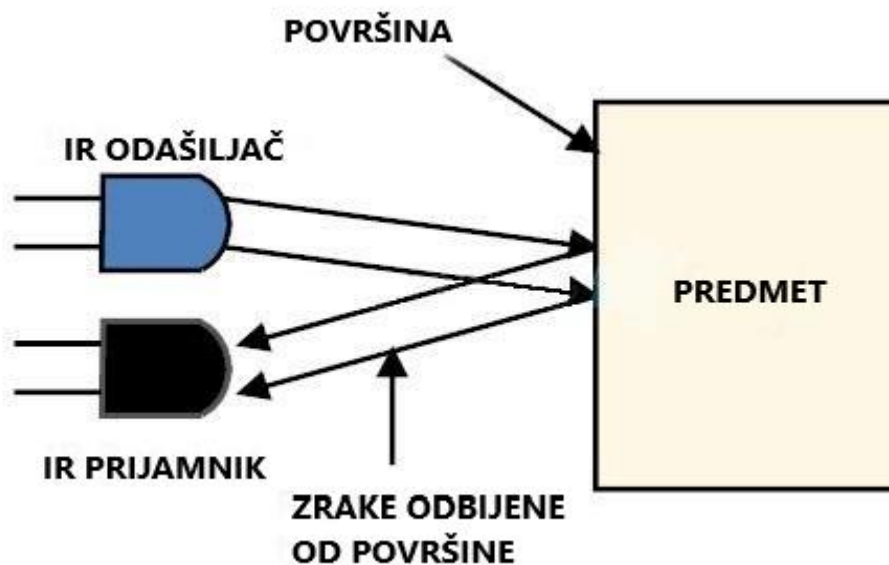
2.1 Povijest infracrveni senzor

Općenito, infracrveni detektori se koriste za otkrivanje, snimanje i mjerenje uzoraka toplinskog zračenja koje emitiraju svi objekti. Rani uređaji bili su sastavljeni od pojedinačnih elemenata detektora koji su se oslanjali na promjenu temperature detektora.

Fotonski detektori stvoreni su kako bi se povećala osjetljivost i vrijeme odziva. Od 1940-ih, kada je olovni sulfid bio prvi praktični IR detektor, ovi detektori su se intenzivno razvijali. Sedamdesetih godina 20. stoljeća došlo je do porasta IR aplikacija, kao i do uvođenja senzora, te velike količine proizvodnje baziranih na linijskim nizovima

Izum spojenih uređaja (CCD) kasnih 1960-ih omogućio je dizajn detektorskih nizova "druge generacije" povezanih s elektroničkim očitanjima analognog signala na žarišnoj ravnini koja multipleksiraju signal iz vrlo velikog niza detektora. Zbog potrebe za malom snagom i visokom impedancijom za povezivanje s ulaznim krugovima za očitavanje u velikim nizovima, naponi MCT tehnologije bili su gotovo u potpunosti usredotočeni na razvoj fotonaponskih uređaja od kasnih 1970-ih do ranih 1980-ih. Taj se trud isplatio 1990-ih uvođenjem 2. generacije IR senzora, koji daju velike 2D nizove u linearnim i pikselnim formatima [1].

2.2. Princip rada i primjeri infracrvenih senzora



Slika 2.1. Shema rada infracrvenog senzora

Infracrveni senzorski krug je osnovni i vrlo popularan senzorski modul u elektroničkim uređajima kao i na području elektronike. Ovaj senzor sličan je ljudskim osjetilima koji se mogu koristiti za otkrivanje prepreka i opasnosti. Na slici 2.1. je prikazana jedna od najčešćih aplikacija u stvarnom vremenu. Infracrveni senzor odašiljač šalje signal koji dolazi do predmeta, taj signal se odbija o površinu predmeta te dolazi do infracrvenog prijamnika. Taj sustav je analogan sa ljudskim vidom i on detektira prepreke u stvarnom vremenu. Sljedeće komponente su uključene u krug:

- Par IR odašiljača i prijemnika
- Otpornici u rasponu od kilo oma
- Promjenjivi otpornici
- LED dioda koja emitira svjetlo

2.2.1. Tipovi infracrvenih senzora

IR senzori se dijele u različite vrste ovisno o primjeni. Neki od tipova su [2] :

a) Senzor temperature

Senzori temperature rade tako da daju očitavanja putem električnih signala. Senzori se sastoje od dva metala koji generiraju električni napon ili otpor kada dođe do promjene temperature mjerenjem napona na stezaljkama diode. Kada napon raste, temperatura također raste. Kako bi opisali sposobnost uređaja da mjeri temperaturu na daljinu, ponekad se naziva laserski termometar jer se laser koristi za usmjeravanje termometra. Također se naziva beskontaktni termometar ili temperaturni pištolj. Poznavanje količine infracrvene energije koju emitira objekt omogućuje mjerenje temperature s udaljenosti bez kontakta s objektom koji se mjeri. Beskontaktni infracrveni senzorski termometar koristan je za mjerenje temperature kada se termoelement ili drugi senzori tipa sonde ne mogu koristiti ili proizvesti netočne podatke iz raznih razloga. Senzor temperature je prikazan na slici 2.2 [12] .



Slika 2.2. Digitalni senzor topline

b) PIR Senzor

Detekcija pokreta temeljena na PIR-u otkriva promjene u količini infracrvenog zračenja koje pada na njega, a koje varira ovisno o temperaturi i svojstvima površine objekata ispred senzora. Kada objekt, kao što je čovjek, prođe ispred pozadine, kao što je zid, temperatura u vidnom polju senzora raste sa sobne temperature na temperaturu tijela, a zatim natrag.

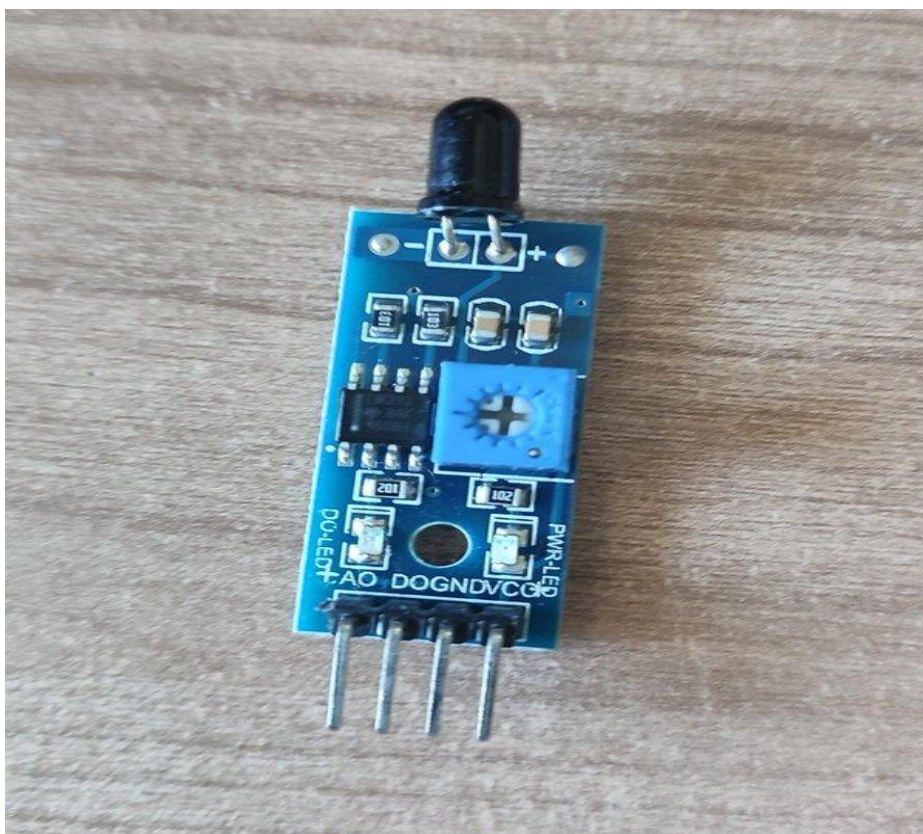
Senzor pretvara promjenu dolaznog infracrvenog zračenja u promjenu izlaznog napona, što aktivira detekciju. Objekti sa sličnim temperaturama, ali različitim karakteristikama površine mogu imati drugačiji uzorak infracrvene emisije, pa ih pomicanje u odnosu na pozadinu također može pokrenuti detekciju. PIR senzor je prikazan na slici 2.3. [13].



Slika 2.3. PIR senzor

c) Infracrveni senzor vatre

Na slici 2.4. je prikazan infracrveni senzor vatre koji se koristi za detekciju plamena ili izvora svjetlosti čija se valna duljina kreće od 760nm do 1100nm. Modul se lako instalira. Ima VCC, energetska anodu; GND, energetska katoda; DO, izlaz signala prekidača; i AO, izlaz analognog signala [3].



Slika 2.4. IR senzor

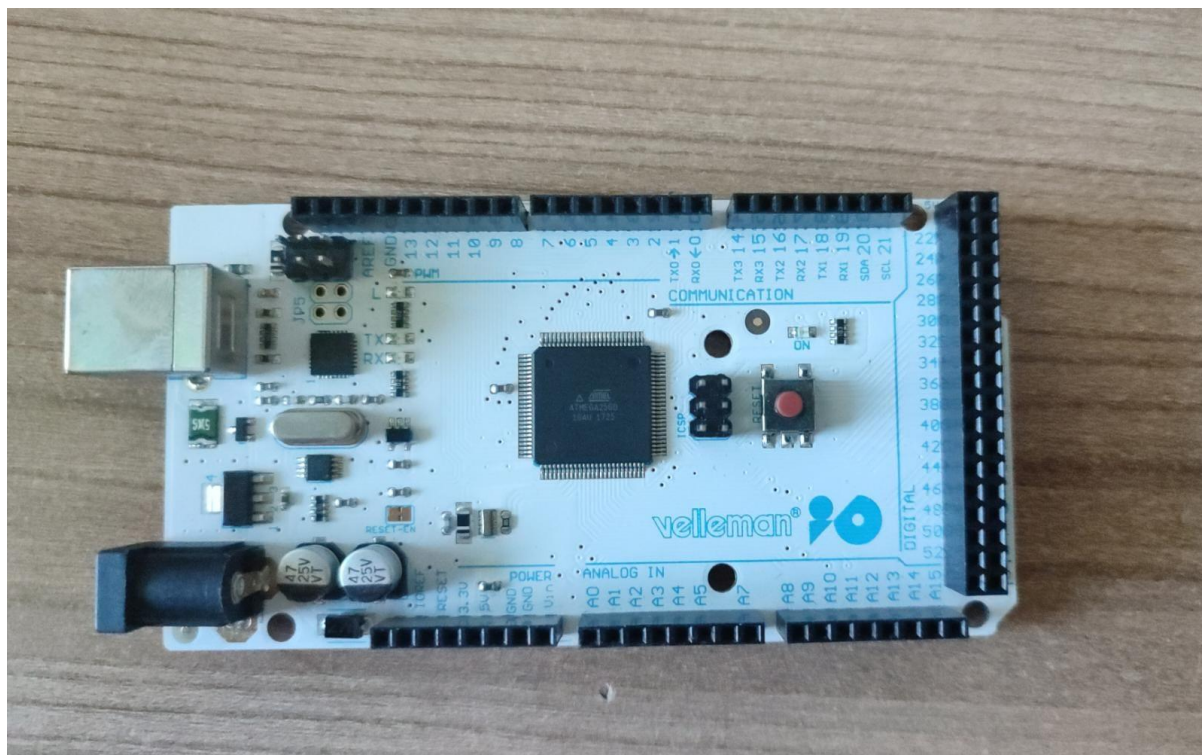
Tablica 2.1.5. Tehničke specifikacije infracrvenog senzora vatre

Broj pinova	4
Duljina pinova	13mm
Komparator	LM393
Radni napon	3.3 – 5 V
Veličina PCB-a	32mm X 14mm
Težina	5g

3. SKLOPOVLJE ZA IZRADU RADA

3.1. Arduino

Arduino je elektronička platforma otvorenog koda koja se temelji na hardveru i softveru koji je jednostavan za korištenje. Arduino može komunicirati s gumbima, LED diodama, motorima, zvučnicima, GPS jedinicama, kamerama, internetom, pametnim telefonom ili televizorom. Arduino nije potreban poseban hardver za učitavanje novog koda na ploču, potreban je samo USB kabel. Svojoj ploči možete reći što treba učiniti slanjem niza uputa mikrokontroleru na ploči. Osim toga, Arduino može se programirati pomoću programskih jezika C i C++, no koristi se najviše Arduino IDE. Arduino Integrated Development Environment (ili skraćeno IDE) je programski dio Arduino mikroregulatora koji sa njime čini nerazdvojnu cjelinu. Putem njega se pišu programi otkrivaju se pogreške odabiru hardverske postavke, te kompajlira i na samu pločicu snima program. [4].



Slika 3.1. VMA101(Arduino pločica)

VMA101 (Arduino® Compatible) Mega 2560 je ploča mikrokontrolera bazirana na ATmega2560 koja je prikazana na slici 3.1. Ima 54 digitalna ulazno/izlazna pina (od kojih se

15 može koristiti kao PWM izlazi), 16 analognih ulaza, 4 UART-a (hardverska serijska porta), kristalni oscilator od 16 MHz, USB priključak, priključak za napajanje, ICSP zaglavlje, i gumb za resetiranje. Spaja se jednostavno sa USB kabelom na računalo. Mega je također kompatibilan s većinom štitova dizajniranih za Arduino [5].

Tablica 3.2. Tehničke specifikacije VMA101

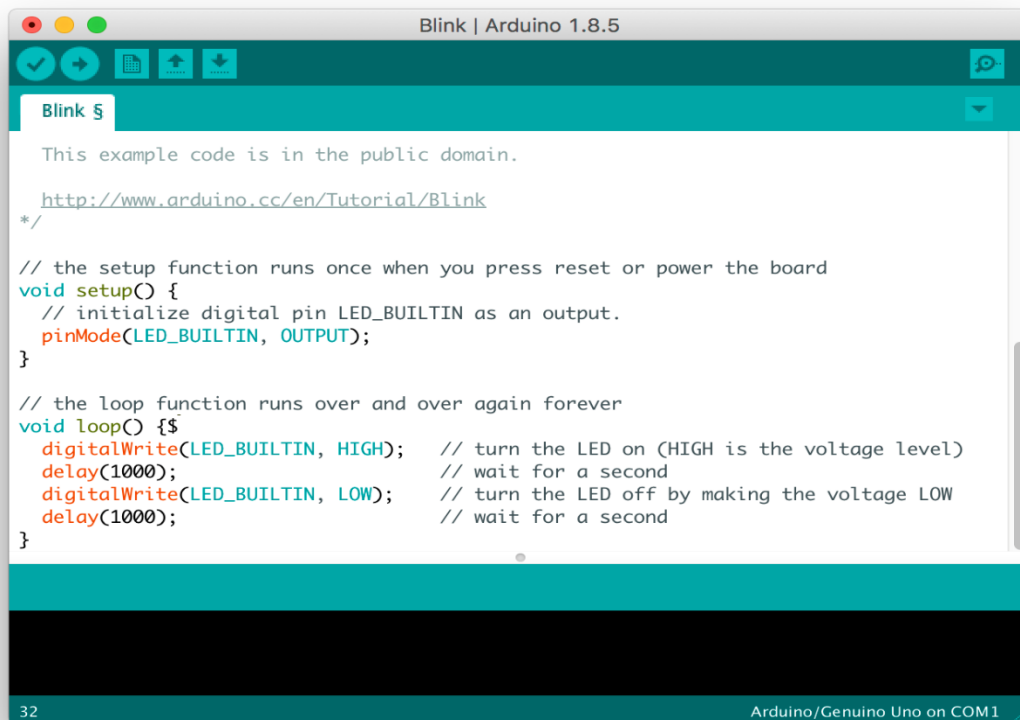
Mikrokontroler	<i>ATMega2560</i>
Operativni napon	<i>5V</i>
Ulazni napon (preporučeno)	<i>7 - 12 V</i>
Ulazni napon (ograničenja)	<i>6 – 20 V</i>
Digitalno ulazno/izlazni pinovi	<i>54</i>
PWM digitalno ulazno/izlazni pinovi	<i>15</i>
Analogni ulazni pinovi	<i>16</i>
DC struja po ulaz/izlaz pinu	<i>40 mA</i>
DC struja za 3.3V pin	<i>50 mA</i>
Flash memorija	<i>256 KB od čega 8 KB koristi bootloader</i>
SRAM	<i>8 KB</i>
EEPROM	<i>4 KB</i>
Brzina sata	<i>16 MHz</i>
Veličina	<i>11,2 cm x 5,5 cm</i>
Težina	<i>62 g</i>

Tablica 3.3. Opis pinova ZA VMA101

KATEGORIJA PINA	PIN	FUNKCIJA
Napajanje	Vin, 3.3V, 5V, GND	<p>Vin: Ulazni napon u Arduino kada koristi vanjski izvor napajanja.</p> <p>5V: Regulirano napajanje koje se koristi za napajanje mikrokontrolera i drugih komponentina ploči.</p> <p>3.3V: Napajanje generirano pomoću ugrađenog regulatora napona. Maksimalni strujni tok je 50mA.</p> <p>GND: uzemljeni pin.</p>
Reset	Reset	Služi za resertiranje Arduina
Analogni pinovi	A0 – A15	Koristi se za osiguravanje analognog ulaza u rasponu od 0-5V.
AREF	AREF	Osigurava referentni napon za ulazni napon
Serijski pinovi	0 (RX), 1 (TX)	Koristi se za primanje i prijenos TTL serijskih podataka.
PWM	PWM2-PWM13	Koristi 8-bitni PWM izlaz.
LED	13	Koristi se za uključivanje ugrađene LED-ice
I²C	C20 (SDA) i C21 (SCL)	Koristi se za TWI komunikaciju
IOREF	IOREF	Pružna referentnu vrijednost napona

3.1.1. Arduino IDE

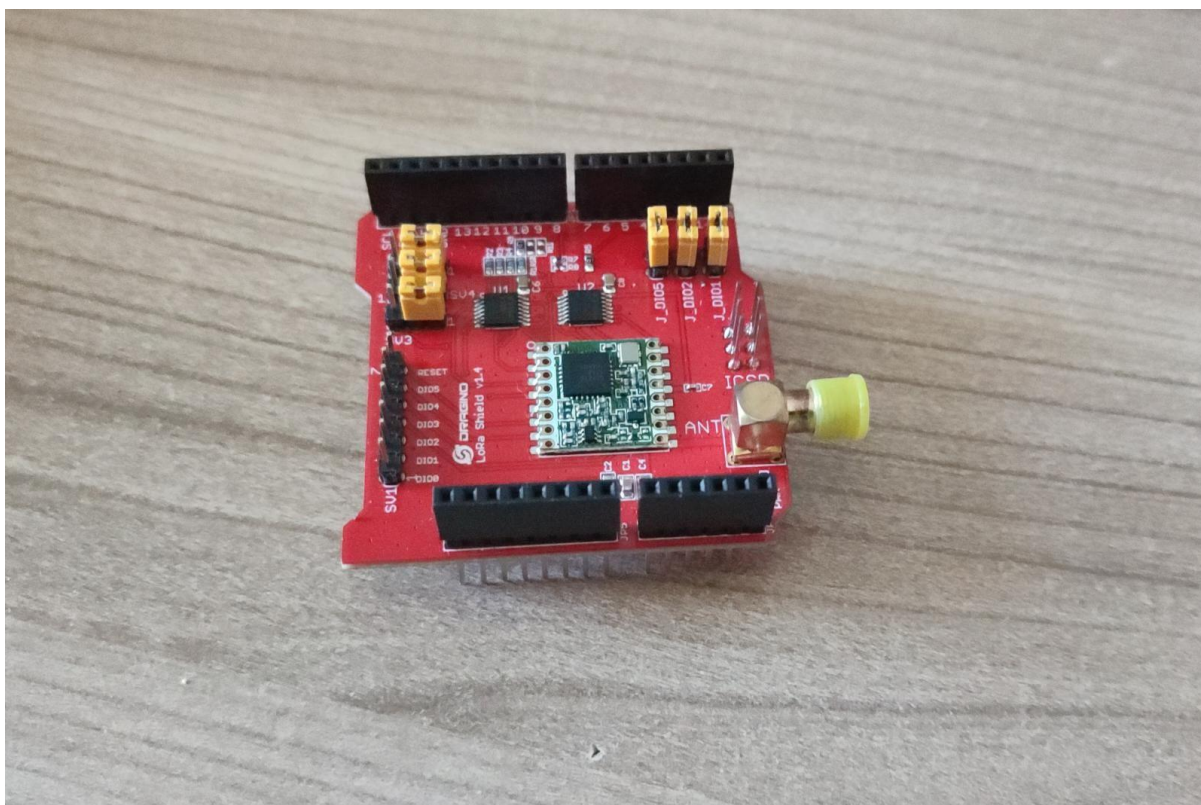
Na slici 3.4. je prikazan Arduino IDE [14]. Taj program je integrirano razvojno okruženje Arduino - ili Arduino softver (IDE) - sadrži uređivač teksta za pisanje koda, područje za poruke, tekstualnu konzolu, alatnu traku s gumbima za uobičajene funkcije i niz izbornika . Povezuje se s Arduino hardverom kako bi učitao programe i komunicirao s njima [6].



Slika 3.4. Arduino IDE program

3.2. LoRa Shield

SX127x Shield je Arduino Shield koji sadrži LoRa® tehnologiju i temelji se na biblioteci otvorenog koda. Ovaj štit možemo vidjeti na slici 3.5. te on omogućuje korisniku slanje podataka i postizanje iznimno velikih dometa pri niskim brzinama podataka. Pruža komunikaciju širokog spektra ultra dugog dometa i visoku otpornost na smetnje uz malu potrošnju energije. Temelji se na čipu Semtech SX1276/SX1278, cilja na profesionalne bežične senzorske mrežne aplikacije kao što su sustavi za navodnjavanje, pametno mjerenje, pametni gradovi, detekcija pametnih telefona, automatizacija zgrada i tako dalje [7].



Slika 3.5. LoRa shield modul

Lora tehnologija sastoji se od dva glavna dijela koji rade zajedno kao cjelina.

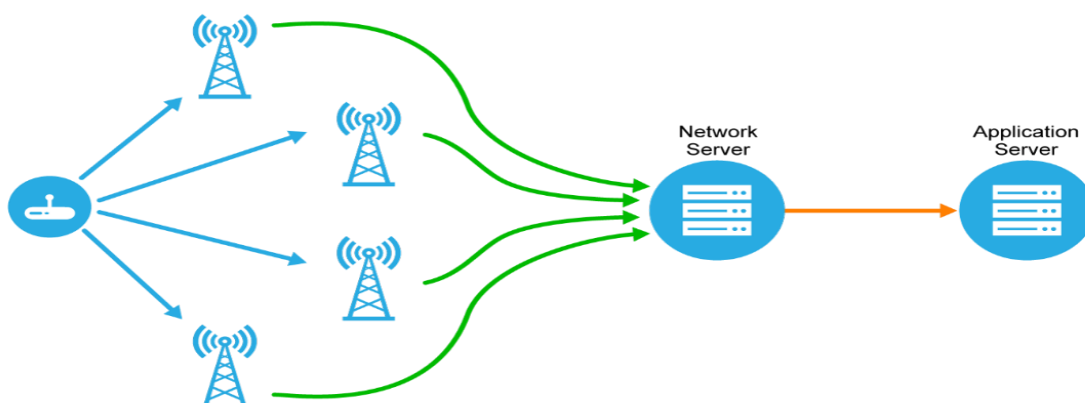
- LoRa tehnologija ili fizički sloj LoRa je hardverski sloj koji definira vezu u obliku LoRa čipa koji pruža električnu specifikaciju podataka - putem koje se odvija komunikacija uređaja u IoT vezi.
- Protokol, također poznat kao komunikacijski sloj - izgrađen na vrhu fizičkog sloja LoRa - upravlja sigurnošću, integritetom i drugim povezanim čimbenicima podataka koji se prenose, a također prati komunikacijski proces uzrokovan LoRa tehnologijom u IoT projektima.

Tablica 3.6. Tehničke specifikacije Lora shielda

Maksimalna vrijednost povezanosti	<i>168 dB</i>
Konstantna radio frekvencija(izlaz)	<i>+20 dBm-10 mW</i>
Pojačalo	<i>+14 dBm</i>
Programabilna brzina prijenosa	<i>300 kbps</i>
Osjetljivost	<i>Do -148 dBm</i>
Frekvencijski pojas	<i>915MHz/868 MHZ/433 MHZ (unaprijed konfiguriran u tvornici)</i>

3.3. LoRa komunikacija

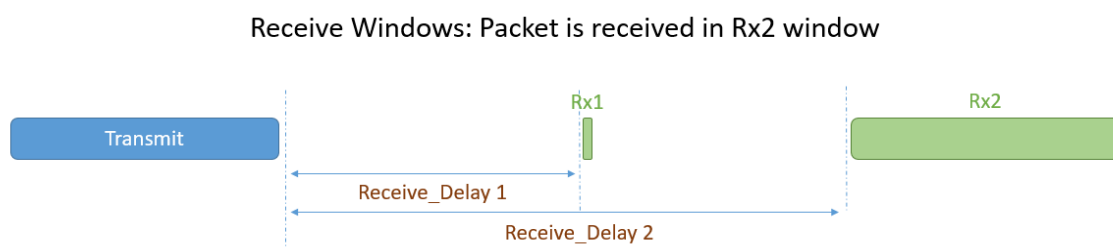
Mreže bazirane na LoRaWan-u se sastoje od senzorskog čvora, gatewaya, mrežnog servera i aplikacijskog servera što se vizualno prikazuje na slici 3.5. te također o njenom redoslijedu rada[15]. Također za rad nije potrebno mrežno planiranje jer se pristupnici mogu dodati bilo gdje i bilo kada. Ovdje se komunikacija vrši na temelju Aloha protokola gdje uređaji komuniciraju sa serverom svaki put nakon nekog vremenskog intervala ne vodeći brigu o drugim transmisijama tj. mogućim kolizijama u komunikaciji.



Slika 3.6 LoRaWAN Network Topology

Upravo Aloha protocol je karakterističan za uređaje koji transmisiju mogu izvoditi u bilo kojem trenutku i nakon koje “otvaraju” dva “prozora” (receive windows), RX1 i RX2 koji mogu primiti downlink poruke u nekom određenom vremenskom intervalu. Senzorski čvor poruku može primiti u samo jednom od ova dva prozora.

Važnost ovih prozora je u tome da odašiljač nebi trebao nikakve transmisije raditi dok ne primi neku downlink poruku u jednom od ova dva prozora. To vizualno reprezentira slika 3.6. na kojoj se vidi vremenski interval između RX1 i RX2 transmisije [8] [16].

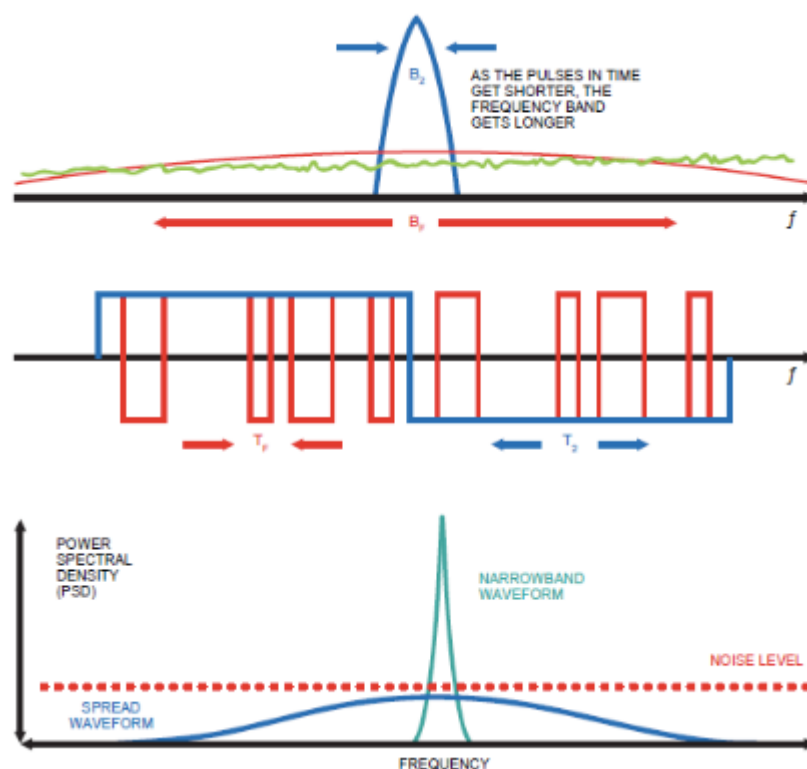


Slika 3.7. Primanje paketa u Rx2 prozoru

3.4. LoRa modulacija

LoRa ima vlastitu tehniku modulacije proširenog spektra izvedena iz postojeće Chirp Spread Spectrum tehnologije, također nudi kompromis između osjetljivosti i brzine prijenosa podataka, dok radi u kanalu fiksne propusnosti od 125 KHz ili 500 KHz (za uplink kanale), i 500 KHz (za downlink kanale). Dodatno, LoRa koristi ortogonalne faktore širenja što znači da signali modulirani s različitim faktorima širenja i emitirani na istom frekvencijskom kanalu u isto vrijeme ne interferiraju jedni s drugim. To omogućuje mreži da očuva trajanje baterije povezanih krajnjih čvorova izvođenjem prilagodljivih optimizacija razina snage i brzine prijenosa podataka pojedinačnog krajnjeg čvora. Na primjer, krajnji uređaj smješten blizu pristupnika trebao bi prenositi podatke s niskim faktorom širenja, budući da je potreban vrlo mali proračun za vezu. Međutim, krajnji uređaj koji se nalazi nekoliko milja od pristupnika morat će odašiljati s puno većim faktorom širenja. Ovaj veći faktor širenja osigurava povećani dobitak obrade i veću osjetljivost prijema, iako će brzina prijenosa podataka nužno biti manja.

LoRa je čisto fizička, ili implementacija sloja "bitova", kako je definirano OSI sedmoslojnim mrežnim modelom. Umjesto kabliranja, zrak se koristi kao medij za prijenos LoRa radiovalova iz RF odašiljača u IoT uređaju na RF prijamnik u pristupniku i obrnuto. U tradicionalnom ili Direct Sequence Spread Spectrum sustavu, faza nositelja signala odašiljača mijenja se u skladu s kodnim nizom što vidimo na slici 3.7 [17]. Kada se podatkovni signal množi s unaprijed definiranim uzorkom bitova puno većom brzinom, također poznat kao kod za širenje (ili sekvenca čipa), stvara se "brži" signal koji ima komponente veće frekvencije od originalnog podatkovnog signala. To znači da je propusnost signala proširena izvan propusnosti izvornog signala. U RF terminologiji, bitovi sekvence koda nazivaju se čipovi (kako bi se razlikovali duži, nekodirani, bitovi izvornog signala podataka). Kada odaslani signal stigne do RF prijarnika, množi se s identičnom kopijom koda za širenje koji se koristi u RF odašiljaču, što rezultira replikom izvornog podatkovnog signala.



Slika 3.8. Promjene signala odašiljača nositelja faze sustava DSSS

Prolaskom kroz ovo množenje slijeda koda se dobiva veći proračun za RF vezu, tako da se može odašiljati na većem dometu. Također vremenski i frekvencijski pomaci između odašiljača i prijarnika su ekvivalentni, što uvelike smanjuje složenost dizajna prijarnika. Količina koda širenja primijenjenog na izvorni podatkovni signal naziva se faktor širenja (SF). LoRa

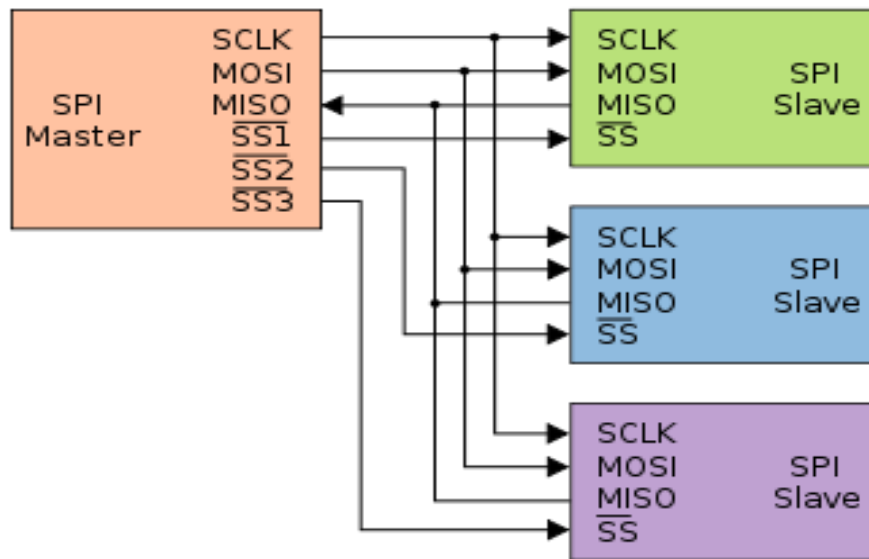
modulacija ima ukupno šest faktora širenja (SF7 do SF12). Što je veći korišteni faktor širenja, signal će dalje moći putovati i RF prijamnik će ga primiti bez grešaka [9].

Tablica 3.9. Faktori širenja kod LoRe

Faktor širenja	Bit rate	Domet	Vrijeme prijenosa
SF10	980 bps	8 km	371 ms
SF9	1760 bps	6 km	185 ms
SF8	3125 bps	4 km	103 ms
SF7	5470 bps	2 km	61 ms

3.5. SPI komunikacija između Lore i Arduina

Sučelje za serijsku periferiju (serial peripheral interface) je komunikacijska sabirница koja se koristi na kraćim udaljenostima i omogućavaju prilično veliku brzinu prijenosa podataka. SPI gadgeti komuniciraju na full duplex način, u kojem se koristi master-slave struktura sa najbolji jednim master uređajem. Može se iskoristiti bolje uređaja na sabirnici, u kojem master alat je shvaćanje sa kojim slave uređajem komunicira kroz Slave Select (SS) linije. Najkraći i najtočniji nacrt SPI sabirnice je serijsko sinkrono komunikacijsko sučelje koje koristi četiri linije: MOSI (Master Output Slave Input), MISO (Master Input Slave Output) , SS (Slave Select) i SCLK (Serial Clock). MOSI šalje izlaz podataka iz glavnog uređaja i se nalazi na pinu 11. MISO šalje podatke iz slave uređaja te se nalazi na pinu 12. SS ima funkciju biranja slave uređaja i nalazi se na pinu 10 i 9. Dok SCLK se nalazi na pinu 13. Na slici 3.9. se otkriva shema spajanja SPI slave uređaja do barem jedan master alat, u kojem se SS linijom odabire alat koji od njih je trenutno aktivan [18]. SPI se koristi unutar utrašnjosti uređajima koji od njih zahtjevaju ekstra brzine prijenosa podataka, jer je što bili su bili čitači SD kartica, LCD ekrani, Ethernet Shield, raznovrsni wi-fi komunikacijski moduli. U našem slučaju je to LoRa shield koji je korišten za izradu rada [10].



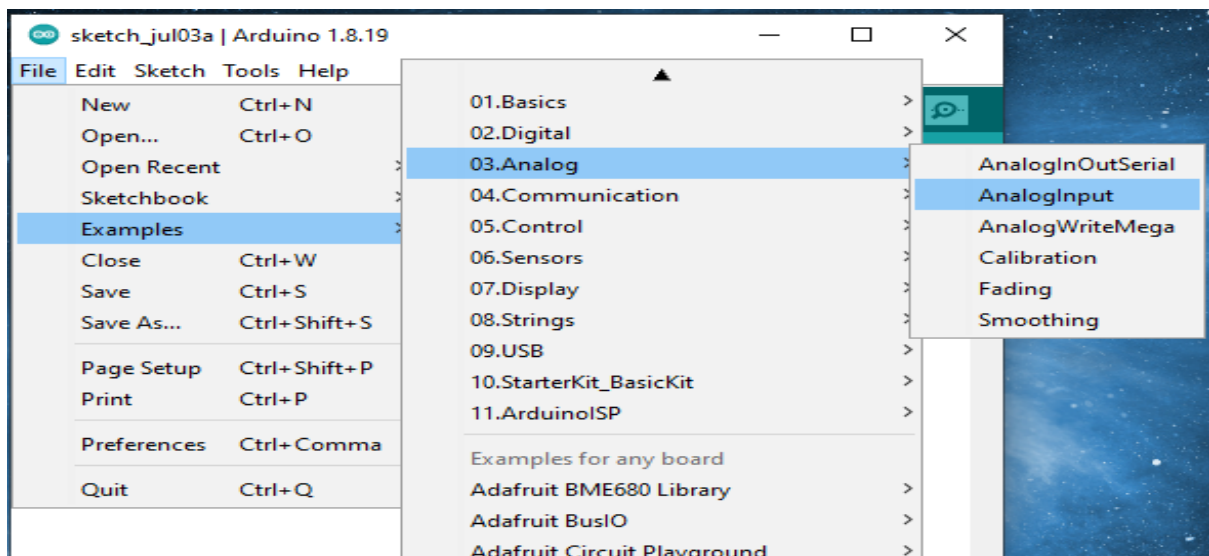
Slika 3.10. SPI sabirnica

Prednosti SPI komunikacije je da prijemni hardver može biti jednostavan registar te da podržava više perifernih uređaja. SPI komunikacija radi na visokim brzinama čak oko milijun bajtova u sekundi što nekada zna biti prebrzo za neke uređaje. Brzina uređaja je do 60 Mbps na malim udaljenostima kao što su čipovi na ploči.

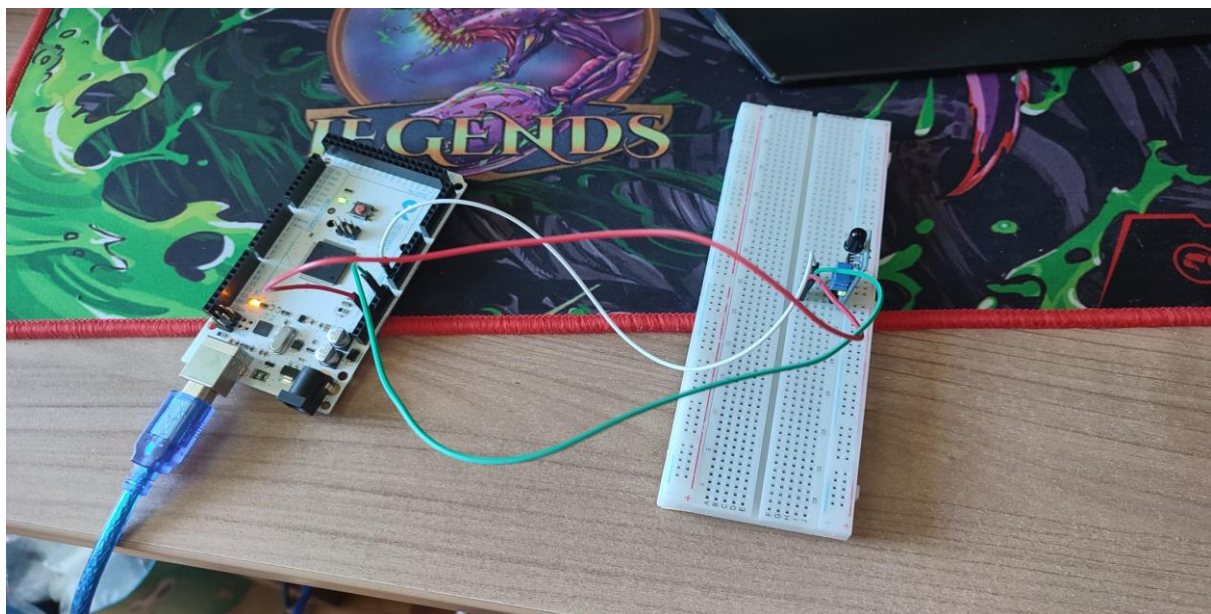
4. IZRADA RADA

4.1. Postupak izrade

Prvi korak je bio testirati dobivenu opremu. Za to su korišteni gotovi primjeri u Arduinou koji su prikazani na slici 4.1. Nakon toga stvaramo kod za senzor da detektira razinu svjetlosti. Senzor korišten za izradu je infracrveni senzor vatre sa 4 pina koji se koristi za detekciju plamena ili izvora svjetlosti. On je spojen na pin AO na analogni ulaz A0, GND pin na GND te VCC pin na 3.3V što je vidljivo na slici 4.2.

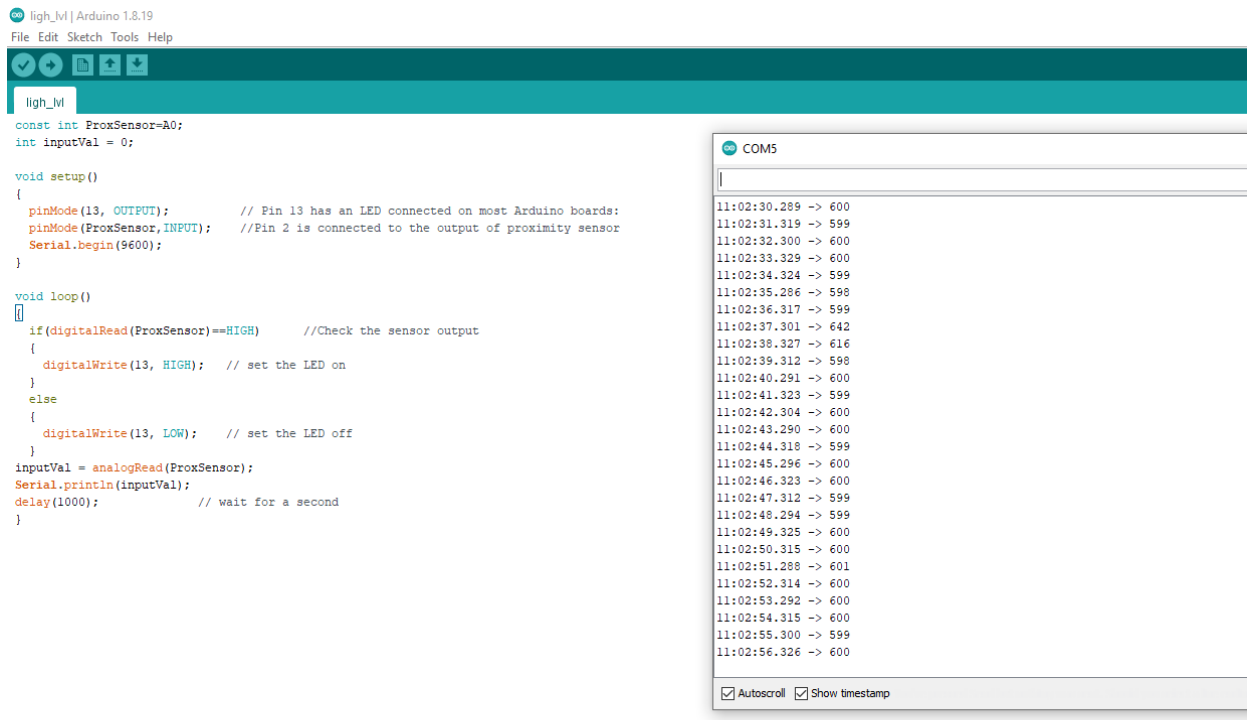


Slika 4.1. Primjeri unutar ArduinoIDE programa



Slika 4.2. Prikaz spojenog senzora na Arduino

Kada pokrenemo kod za senzor na slici 4.3. dobivamo razinu svjetlosti u sobi koji se ispisuje na serijskom monitoru. Vrijednost ne prelazi 601 te to znači da senzor ne detektira nikakvu razinu svjetlosti.



```
ligh_lv1 | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

ligh_lv1
const int ProxSensor=A0;
int inputVal = 0;

void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);      // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(ProxSensor, INPUT); // Pin 2 is connected to the output of proximity sensor
  Serial.begin(9600);
}

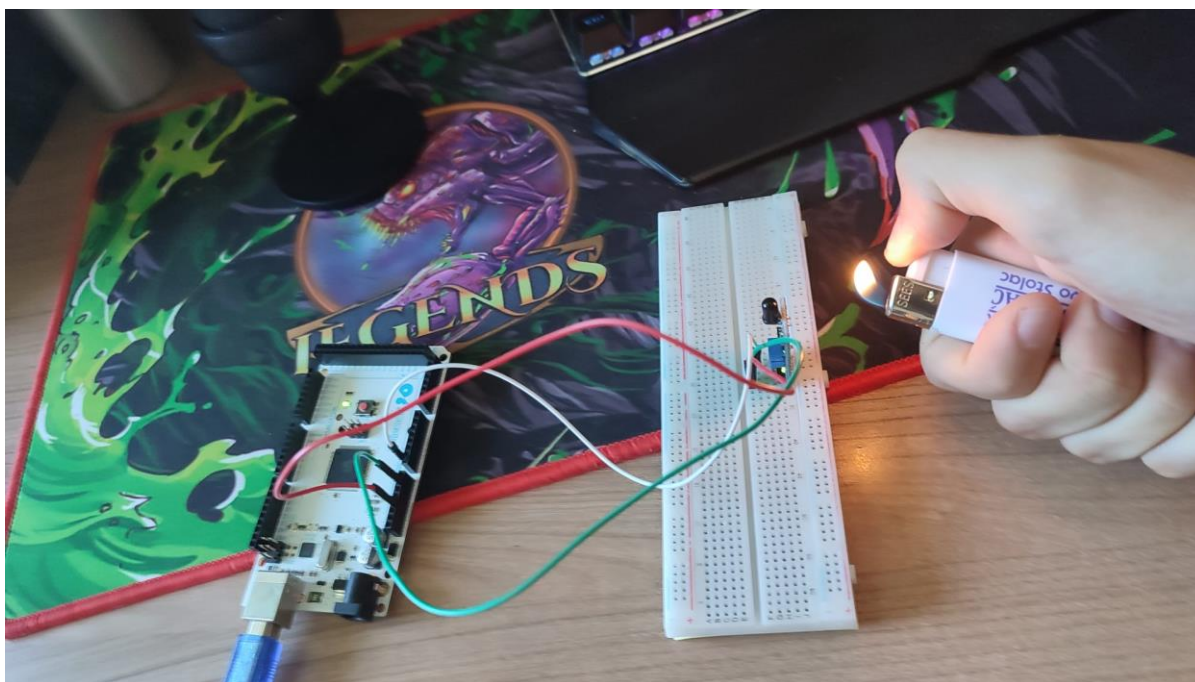
void loop()
{
  if (digitalRead(ProxSensor) == HIGH) // Check the sensor output
  {
    digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  }
  else
  {
    digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  }
  inputVal = analogRead(ProxSensor);
  Serial.println(inputVal);
  delay(1000); // wait for a second
}

COM5
11:02:30.289 -> 600
11:02:31.319 -> 599
11:02:32.300 -> 600
11:02:33.329 -> 600
11:02:34.324 -> 599
11:02:35.286 -> 598
11:02:36.317 -> 599
11:02:37.301 -> 642
11:02:38.327 -> 616
11:02:39.312 -> 598
11:02:40.291 -> 600
11:02:41.323 -> 599
11:02:42.304 -> 600
11:02:43.290 -> 600
11:02:44.318 -> 599
11:02:45.296 -> 600
11:02:46.323 -> 600
11:02:47.312 -> 599
11:02:48.294 -> 599
11:02:49.325 -> 600
11:02:50.315 -> 600
11:02:51.288 -> 601
11:02:52.314 -> 600
11:02:53.292 -> 600
11:02:54.315 -> 600
11:02:55.300 -> 599
11:02:56.326 -> 600

☒ Autoscroll ☒ Show timestamp
```

Slika 4.3. Vrijednost senzora bez dodatnog izvora svjetlosti

No ako na senzor dovedemo nekakvu izravnu svjetlost što je prikazano na slici 4.4. na serijskom monitoru na slici 4.5. vrijednost se smanjuje. Što je svjetlost bliže senzoru to je vrijednost manja. Te podatke možemo jednostavno prikazati na grafu 4.6.



Slika 4.4. Dodatni izvor svjetlosti na senzoru

ligh_lv | Arduino 1.8.19

File Edit Sketch Tools Help

ligh_lv

```

const int ProxSensor=A0;
int inputVal = 0;

void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);      // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(ProxSensor,INPUT); //Pin 2 is connected to the output of proximity sensor
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  if(digitalRead(ProxSensor)==HIGH)    //Check the sensor output
  {
    digitalWrite(13, HIGH);  // set the LED on
  }
  else
  {
    digitalWrite(13, LOW);   // set the LED off
  }
  inputVal = analogRead(ProxSensor);
  Serial.println(inputVal);
  delay(1000);              // wait for a second
}

```

COM5

```

11:05:11.302 -> 603
11:05:12.335 -> 604
11:05:13.312 -> 604
11:05:14.338 -> 604
11:05:15.319 -> 604
11:05:16.294 -> 606
11:05:17.318 -> 605
11:05:18.295 -> 605
11:05:19.319 -> 435
11:05:20.301 -> 397
11:05:21.332 -> 605
11:05:22.306 -> 604
11:05:23.334 -> 604
11:05:24.310 -> 604
11:05:25.339 -> 198
11:05:26.315 -> 241
11:05:27.298 -> 603
11:05:28.325 -> 604
11:05:29.301 -> 604
11:05:30.326 -> 329
11:05:31.303 -> 291
11:05:32.328 -> 24
11:05:33.305 -> 25
11:05:34.326 -> 25
11:05:35.301 -> 24
11:05:36.327 -> 341
11:05:37.302 -> 357
11:05:38.325 -> 604

```

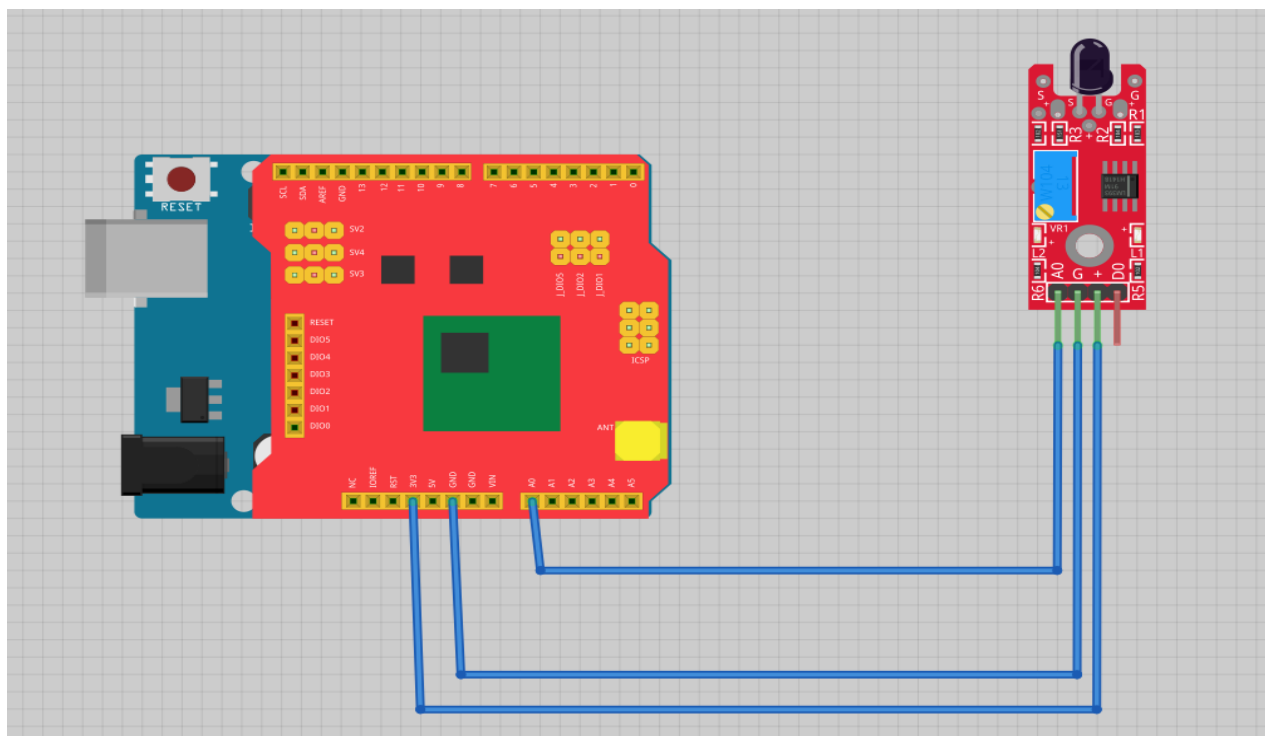
☐ Autoscroll
☒ Show timestamp

Slika 4.5. Razina svjetlosti na serijskom monitoru kada je prisutan dodatni izvor svjetlosti

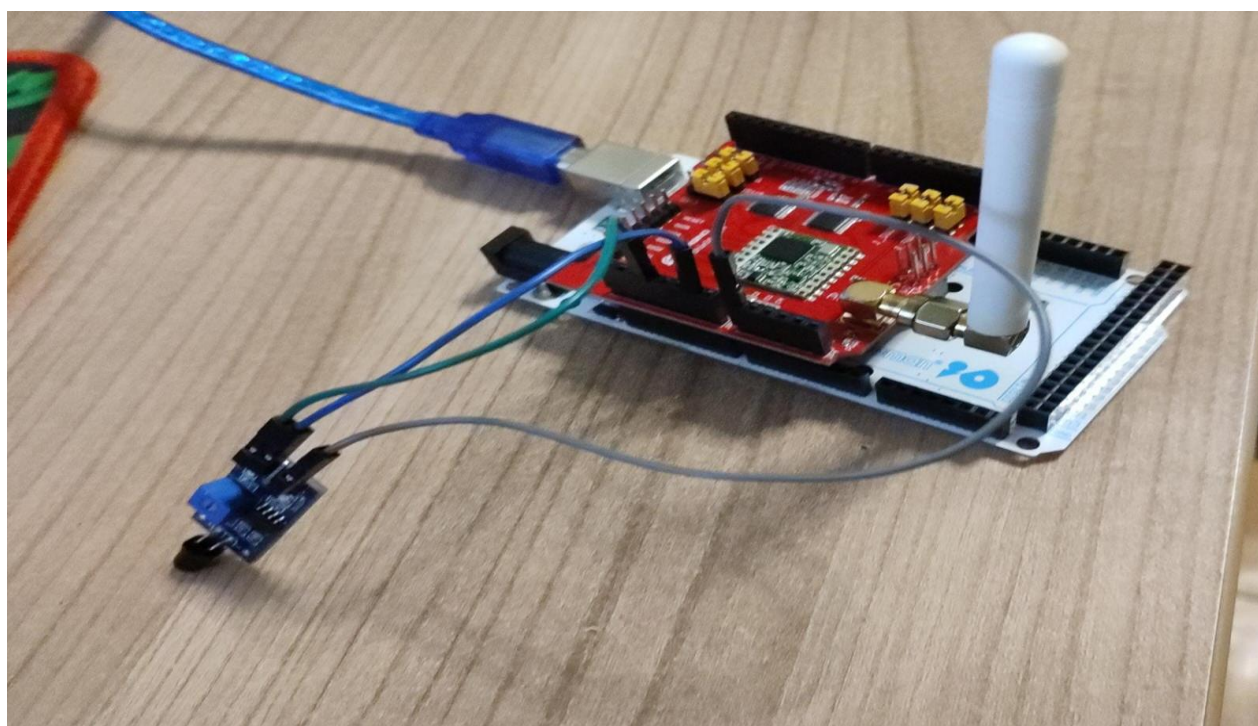


Graf 4.6. Razina svijelosti s obzirom na dodatni izvor svijetla

Sada ove podatke treba poslati na preko LoRaWAN uređaja te da se oni šalju i spremaju na određenoj stranici. Za to sam koristio The Things Network. Prvo je potrebno spojiti LoRu na Arduino kao što možemo vidjeti na slikama 4.7. i 4.8. te spojiti senzor kao na slici 4.2. Sada kada smo sve spojili možemo početi slati podatke.



Slika 4.7. Shema izrađena u Fritzingu



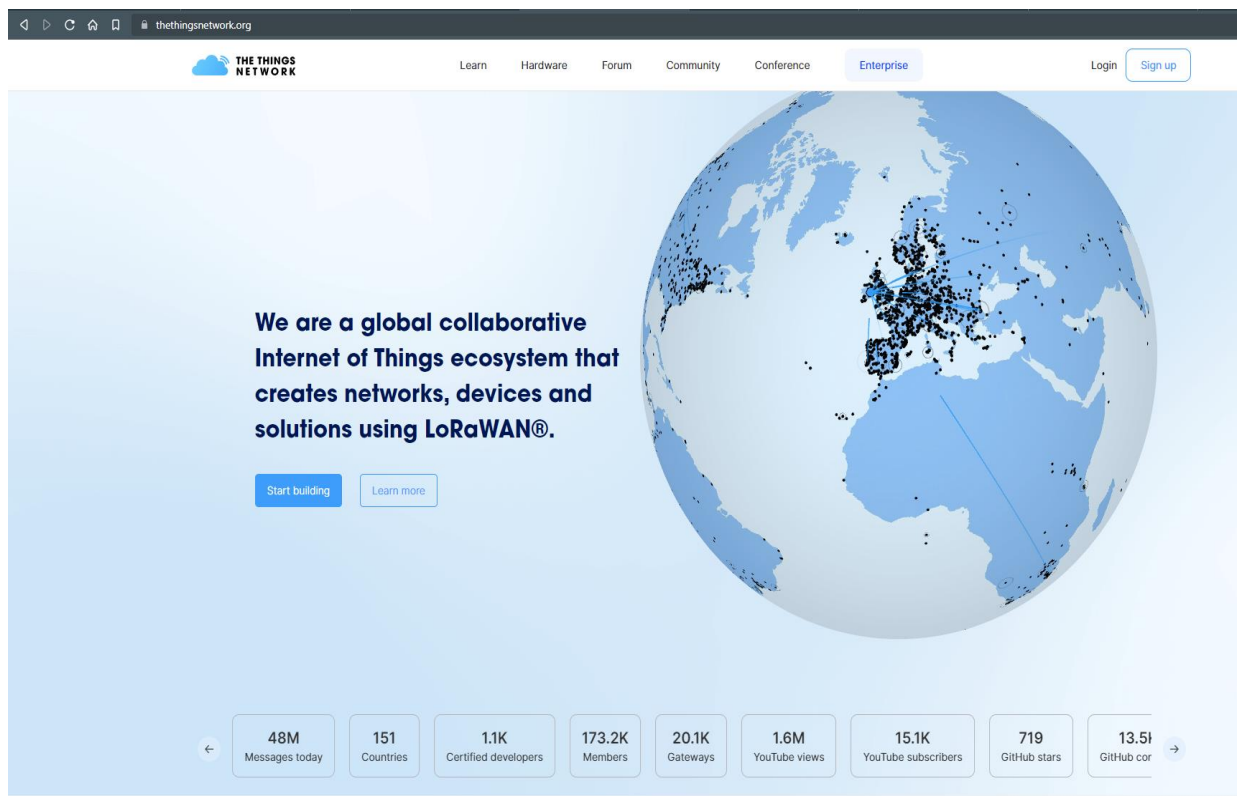
Slika 4.8. Prikaz sheme u stvarnom vremenu

4.2. The Things Network

Things Network nudi LoRaWAN mrežni poslužitelj. LoRaWAN je "mrežno intenzivan" protokol, intenzivan u smislu da su zbog jednostavnog i minimalističkog pristupa za uređaje pozadinski sustavi (koji se nazivaju i mrežni poslužitelji) odgovorni za većinu logike. LoRaWAN je dizajniran za centraliziranu arhitekturu telekom operatera, tako da je za rad na distribuiranoj infrastrukturi kao što je The Things Network bilo potrebno dodati neke korake. U pozadini The Things Network se sada razlikuju niz različitih temeljnih funkcija:

1. Postoje funkcije povezane s pristupnikom kao što je planiranje i upravljanje korištenjem pristupnika. Zakazivanje je potrebno jer pristupnik može izvršiti samo jedan prijenos u isto vrijeme. Podaci o korištenju koriste se za ravnomjernu raspodjelu opterećenja na različite pristupnike i za usklađenost s europskim radnim ciklusima. Važna značajka je praćenje statusa svakog pristupnika.
2. Potrebne su funkcije povezane s uređajima koje upravljaju stanjem uređaja u mreži. Budući da adrese uređaja nisu jedinstvene, mreža mora pratiti koje adrese koriste koji uređaji kako bi preslikala poruku na točan uređaj i aplikaciju. Druge stvari koje mreža mora pratiti su sigurnosni ključevi i brojači okvira.
3. Funkcije povezane s aplikacijama. Na primjer, brokeri i rukovatelji moraju znati na koji poslužitelj promet za određenu aplikaciju treba proslijediti. Rukovatelji moraju znati kako interpretirati binarne podatke i premostiti protokole višeg sloja, kao što su AMQP i MQTT.

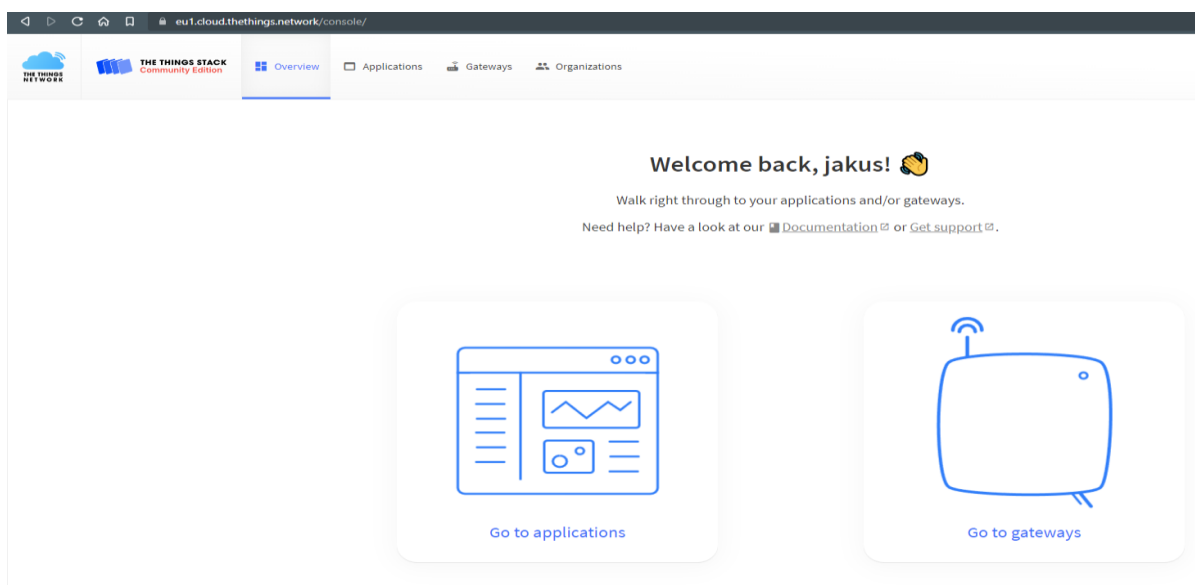
The Things Network je distribuirana mreža, mora postojati funkcionalnost koja podržava ovu distribuciju. Funkcionalnost otkrivanja usluge pomaže komponentama da odrede kamo se promet treba usmjeriti. Na slici 4.9. je prikazana početna stranica TTN mreže [11].



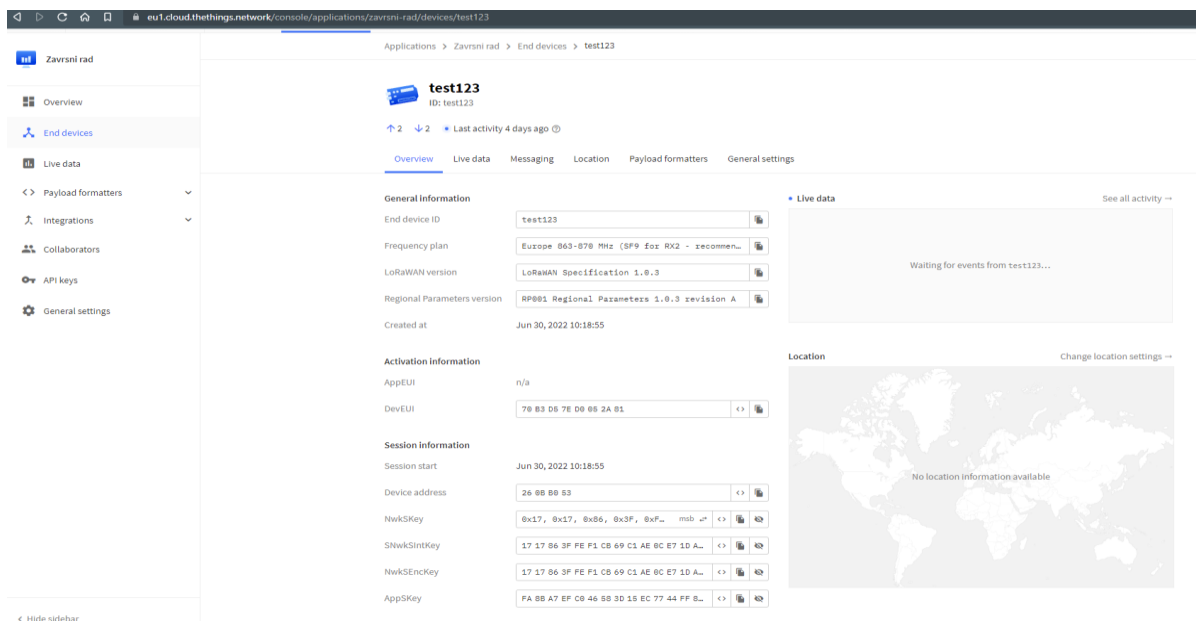
Slika 4.9. TheThingsNetwork stranica

4.2.1. Registracija i korištenje The Things Networka

Prvo treba registrirati svoj uređaj i aplikaciju na The Things Networku što vidimo na slici 4.10. , pa se zatim postavljaju enkripcijske postavke AppSKey, DevEUI, AppEUI, NwkSKey koje se jednako postavje kako u kodu tako i na The Things Networku.



Slika 4.10. Konzola za registraciju aplikacije i uređaja na TTN stranici



Slika 4.11. Kontrolna konzola za aplikaciju

Na slici 4.11. možemo vidjeti AppEUI i DevEUI te ih konfiguriramo na način da se koristi lsb zapis, odnosno od least significant byte-a. AppKey koristi msb tj. Zapis od most significant byte-a .Bitno je za naglasiti da TTN server ima “pravila korištenja” koja nalažu da jedan senzorski čvor može biti aktivan ukupno 30 sekundi na dan.

4.3. Princip rada

Na Arduino se spaja, preko SPI, Lora shield te na Lora shield spajmo infracrveni senzor. Na senzoru spajamo pin AO na analogni ulaz A0, GND pin na GND te VCC pin na 3.3V. U kodu tada šaljemo paket sa payload-om (sadržajem) odnosno vrijednosti svijetla očitane na senzoru.

```
int payload=inputVal;
Serial.print(payload);
static uint8_t mydata[2];
mydata[0] = payload >> 8;
mydata[1] = payload & 0xFF;
```

No u dijelu koda, koji se zove pin mapping bitno je naglasiti kako i gdje se spaja koji pin.RX i TX se nisu koristili pa taj dio se označava sa LMIC_UNUSED_PIN. Oznaka lmic_pins uvijek mora biti ime ove strukture jer ga pod tim imenom ova lmic.h biblioteka prepoznaje.Lmic (Lora Mac-in-C) biblioteka može raditi u Arduino okruženju te dopušta korištenja SX1272,SX1276 odašiljača i njihovih kompatibilnih modula kao što je naš RFM9x radio modul.

```
const lmic_pinmap lmic_pins = {
    .nss = 10,
```

```

    .rxtx = LMIC_UNUSED_PIN,
    .rst = 9,
    .dio = {2, 6, 7},
}

```

Sa LMIC.opmode i OP_TXRXPEND provjerava da li se događa kakva transmisija, te ako se ne događa koristi se LMIC_setTxData2 kako bi poslali payload. Sljedeća transmisija će se dogoditi čim se izvrši TX_COMPLETE event. Koji označava da su podaci, pripremljeni od strane LMIC_setTxData2 poslani te eventualno “zauzvrat” kao downlink poruku dobili potvrdu primitka.

```

if (LMIC.opmode & OP_TXRXPEND) {
    Serial.println(F("OP_TXRXPEND, not sending"));
} else
    LMIC_setTxData2(1, (uint8_t*)mydata, sizeof(mydata), 0);
    Serial.println(F("Sending uplink packet..."));
}

```

Funkcija onEvent je funkcija čija implementacija reagira na određene događaje i okidač je nekim novim događajima. Svi protokoli se događaju unutar ove funkcije.

```

void onEvent (ev_t ev) {
    if (ev == EV_TXCOMPLETE) {
        Serial.println(F("EV_TXCOMPLETE (includes waiting for RX windows)"));
        os_setTimedCallback(&sendjob, os_getTime()+sec2osticks(TX_INTERVAL),
        do_send);
    }
}

```

U setup funkciji se inicijalizira LMIC biblioteka koristeći os-init, također resertira se MAC stanje tako da se osigura proces spajanja svaki put kada se uređaj nanovo pokrene.

```

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.println(F("Starting..."));

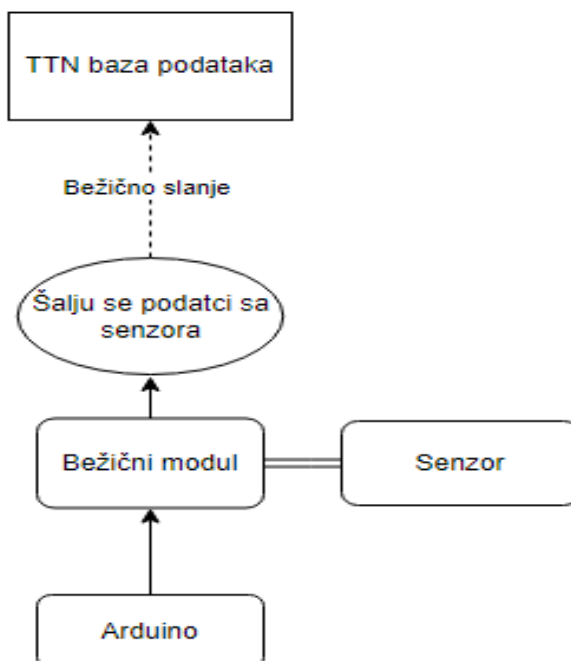
    os_init();
    LMIC_reset();
    LMIC_setSession(0x1, DEVADDR, NWKSKEY, APPSKEY);
    LMIC_setLinkCheckMode(0);
    LMIC.dn2Dr = DR_SF9;
    LMIC_setDrTxpow(DR_SF12, 14);
    do_send(&sendjob);
}

```

Nakon što se kod provjeri, učita i izvrši na uređaju tada na TheThingsNetworku dobivamo payload i iznos sa senzora što je prikazano na slici 4.12. Cijeli princip sustava je vizualno prikazan na slici 4.13.

The screenshot shows the 'Live data' section for device 'test123' in the The Things Network console. The left sidebar contains navigation links: Overview, End devices, Live data, Payload formatters, Integrations, Collaborators, API keys, and General settings. The main content area has tabs for Overview, Live data (selected), Messaging, Location, Payload formatters, and General settings. Below the tabs is a table of events with columns 'Time', 'Type', and 'Data preview'. The 'Data preview' column provides detailed information for each event, including DevAddr, MAC payload, and various signal metrics like FPort, Data rate, SNR, and RSSI.

Slika 4.12. Prikaz podataka sa senzora na konzoli



Slika 4.13. Blok shema sustava

5. ZAKLJUČAK

Infracrveni senzori te LoRa pružaju razne opcije za izradu sustava, samo što je potrebna određena količina predznanja za provedbu ideje u djelo. Potrebno je predznanje iz elektrotehnike, senzora, mikrokontrolera, programiranja sustava i računalnih mreža.

Cilj ovoga završnoga rada bio je razumijeti te objasniti način rada infracrvenog senzora te Lore i LoraWAN sustava. Također osmisliti sustav detekcije sa senzorom koji će kada senzor ispuni svoje očitavanje poslati određen paket informacija preko Lore te objaviti te rezultate u određenoj bazi podataka.

Prednost izrade sustava kao što je ovaj je fleksibilnost. Senzor se može zamijeniti za bilo koji drugi infracrveni senzor po potrebi korisnika. Primjeni se potreban kod za realizaciju tog senzora te sustav ima novu primjenu. Ovakav sustav možemo koristiti za detekciju požara, ispisivanja temperature , detekciju pokreta i bezbroj još pametnih rješenja za dobivanje podataka na daljinu.

LITERATURA

- [1] [2] Jacob Fraden : “ Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications “ , New York, Springer, 2016.
- [3] “ Flying-fish specifikacije “ , <https://www.newegg.com/p/2A7-00D0-00078> , s Interneta , 13.04.2022.
- [4] [6] [10] Dr.Sc. M. Bonković , Dr.Sc. J. Musić , Dr.Sc. I. Stančić : “ Mikroregulatori i ugradbeni mrežni sustavi u Arduino okruženju “ , Split , 2013.
- [5] “ Specifikacije mikrokontrolera “ , <https://www.velleman.eu/products/view/?id=435498> , s Interneta , 24.04.2022.
- [7] “ Specifikacije LoRa štita “ , <https://dragino.com/products/lora/item/102-lora-shield.html> , s Interneta , 06.05.2022.
- [8] “ Lora komunikacija “ , <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lorawan-class-a-devices> , s Interneta , 03.07.2022.
- [9] “ Lora modulacija “ , <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/> s Interneta , 03.07.2022.
- [11] “The Things Network “ , <https://www.thethingsnetwork.org/docs/network/architecture/> , s Interneta , 28.06.2022.
- [12] Slika 2.2. Digitalni senzor topline , <https://www.twinschip.com/DS18B20-TO-92-Digital-Temperature-Sensor> , s Interneta , 13.04.2022.
- [13] Slika 2.3. PIR senzor, <https://www.shutterstock.com/image-photo/motion-sensor-isolated-on-white-background-1020968023>, s Interneta , 13.04.2022.
- [14] Slika 3.4. Arduino IDE program, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_IDE_-_Blink.png , s Interneta , 06.05.2022.
- [15] Slika 3.6. LoraWAN Network Topology , <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lorawan-class-a-devices/> , s Interneta , 03.07.2022.

[16] Slika 3.7. Primanje paketa u Rx2 prozoru , <https://loradevelopers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lorawan-class-a-devices/> , s Interneta , 03.07.2022.

[17] Slika 3.8. Promjene signala odašiljača nositelja faze sustava DSSS , <https://loradevelopers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/> s Interneta, 03.07.2022.

[18] Slika 3.10. SPI sabirnica, https://da.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface-bus#/media/Fil:SPI_three_slaves.svg , s Interneta , 28.06.2022.

SAŽETAK

Infracrveni senzor pruža brojne i fleksibilne opcije za realizaciju raznoraznih projekata. Ako ih uparimo sa odašiljačima i modulacijama koji mogu slati podatke na velike daljine , omogućavaju slanje tih podataka u baze podataka i jednostavniji prikaz tih podataka. Praktični dio projekta je realiziran pomoću LoRa shielda te podatke sa senzora šalje na TheThingsNetwork , internet stranicu koja se koristi i kao baza podataka.

KLJUČNE RIJEČI

LoraWAN , Arduino, Infracrveni senzori, The Things Network .

APPLICATION OF INFRARED SENSOR

SUMMARY

The infrared sensor provides numerous and flexible options for the realization of various projects. If we pair them with transmitters and modulations that can send data over long distances, they enable the sending of that data to databases and a simpler display of that data. The practical part of the project was realized using the LoRa shield, and the data from the sensor is sent to TheThingsNetwork, an internet site that is also used as a database.

KEY WORDS

LoraWAN, Arduino, Infrared sensors, The Things Network.