

# AIS prijemnik temeljen na Raspberry Pi s RTL-SDR-om

---

**Sobotinčić, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:369365>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-07**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**Mateo Sobotinčić**

**AIS prijemnik temeljen na Raspberry Pi s RTL-SDR-om**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**AIS prijemnik temeljen na Raspberry Pi s RTL-SDR-om**

**Raspberry Pi Based AIS Receiver with an RTL-SDR**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Mikro i osobna računala

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Jasmin Čelić

Student: Mateo Sobotinčić

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077797

Rijeka, lipanj, 2023.

Student: Mateo Sobotinčić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077797

## IZJAVA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Raspberry Pi based AIS reciver with RTL-SDR izradio samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc Jasmin Čelić.

U radu sam primijenio metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan sam s objavom završnog rada na službenim stranicama Fakulteta.

Student



Mateo Sobotinčić

Student: Mateo Sobotinčić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077797

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom  
Raspberry Pi Based AIS Receiver with an RTL-SDR

Izradio samostalno pod mentorstvom

Izv. prof. dr. sc. Jasmin Čelić

U radu sam primijenio metodologiju izrade znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Ime i prezime Mateo Sobotinčić  
JMBAG: 0112077797

## SAŽETAK

Ovaj završni rad istražuje izradu AIS (Automatski identifikacijski sustav) prijemnika koji se temelji na kombinaciji Raspberry Pi mikroracunala i (SDR ) Software-Defined Radio tehnologije. Sustav je koncipiran kako bi omogućio prijem i analizu AIS poruka s brodova, doprinoseći sigurnosti i efikasnosti pomorskog prometa. U okviru ovog istraživanja, u radu se detaljno opisuje kako se Raspberry Pi može konfigurirati za prijem AIS podataka putem RTL-SDR uređaja, preko otvorenih izvora softvera i resurse dostupnih na mreži. Demonstrira se postupak postavljanja ovog sustava za prijem AIS poruka u stvarnom vremenu. Rad se također bavi važnošću praćenja i razmjene AIS podataka u kontekstu rastućeg pomorskog prometa i izazova sigurnosti na moru. Ističe se doprinos ovog istraživanja u smislu poboljšanja sigurnosti plovidbe i pružanja korisnih informacija pomorcima. Konačno, kroz ovo istraživanje, doneseni su zaključci o praktičnim primjenama Raspberry Pi i Software-Defined Radio tehnologija za primanje AIS poruka, te je naglašena njihova važnost za sigurnost i učinkovitost pomorskog prometa.

Ključne riječi : AIS (Automatski identifikacijski sustav), Software-Defined Radio (SDR ), Raspberry Pi

## SUMMARY

This thesis investigates the creation of an AIS (Automatic Identification System) receiver based on a combination of Raspberry Pi microcomputer and (SDR ) Software-Defined Radio technology. The system was designed to enable the reception and analysis of AIS messages from ships, contributing to the safety and efficiency of maritime traffic. As part of this research, the paper describes in detail how the Raspberry Pi can be configured to receive AIS data via an RTL-SDR device, through open source software and resources available online. The procedure for setting up this system for receiving AIS messages in real time is demonstrated. The paper also addresses the importance of tracking and sharing AIS data in the context of growing maritime traffic and maritime security challenges. The contribution of this research in terms of improving navigation safety and providing useful information to seafarers is highlighted. Finally, through this research, conclusions were drawn about the practical applications of

Raspberry Pi and Software-Defined Radio technologies for receiving AIS messages, and their importance for the safety and efficiency of maritime traffic was emphasized.

Keywords: AIS (Automatski identifikacijski sustav), Software-Defined Radio (SDR ), Raspberry Pi

## SADRŽAJ

<b>SAŽETAK .....</b>	<b>II</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>II</b>
<b>1. SADRŽAJ .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RASPBERRY PI .....</b>	<b>2</b>
2.1. OPĆENITO O RASPBERRY PI MIKRORAČUNALU.....	2
2.2. RASPBERRY PI MODELI.....	3
2.2.1. Modeli A, B+ i A+ .....	4
2.2.2. Raspberry Pi 2 model B .....	5
2.2.3. Raspberry Pi Zero .....	6
2.2.4. Raspberry Pi 3.....	7
2.2.5. Raspberry Pi 4.....	8
<b>3. SOFTWARE-DEFINED RADIO (SDR) .....</b>	<b>10</b>
<b>4. SUSTAV ZA AUTOMATSKU IDENTIFIKACIJU .....</b>	<b>12</b>
4.1. PRINCIP RADA AIS-a.....	13
4.2. NAJPOZNATIJE VRSTE AIS PORUKA .....	15
<b>5. IZRADA PROJEKTA .....</b>	<b>17</b>
5.1. IDEJA .....	17
5.2. SASTAVNI DIJELOVI .....	18
5.3. REALIZACIJA PROJEKTA .....	20
5.3.1. Spajanje Raspberry Pi-a na monitor i povezivanje na internet .....	20
5.3.2. Spajanje RTL-SDR kompleta s Raspberry Pi-om.....	23



5.3.3. Dekodiranje AIS poruka .....	27
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>35</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>36</b>

## 1. UVOD

Kroz same početke čovječanstva ljudski rod je oduvijek usko bio vezan uz djelatnosti koje su obuhvaćale more i obalne prostore. Kako se kroz godine tehnologija razvijala sve više, povećavala se i potražnja što je imalo kao efekt sve veći broj plovidbenih objekata na moru. Sve veći broj brodova rezultirao je povećanim rizikom na moru, što je dovelo do uvođenja velikog broja novih standarda i pravila o sigurnosti na moru. Jedan od najznačajnijih procesa prilikom plovidbe broda je održavanje maksimalnog stupnja sigurnosti ljudskih života te konstantno unapređenje tog procesa pomoću raznih funkcija navigacije i komunikacije. U ranijoj povijesti pomorci su se koristili raznim metodama poput orijentacije prema Suncu ili Polarnoj zvijezdi, izumom pomorskog kompasa te nakon njega žirokompasa znatno se poboljšala navigacija a samim time i sigurnost. Dvadeseto stoljeće donosi značajne pomake u pomorskoj plovidbi, a najvažniji od njih je uvođenje elektroničke navigacije. Šezdesetih godina prošlog stoljeća, počeo se uvoditi satelitski globalni položajni sustav (GPS), koji od 2000. godine, s neometanom preciznošću, radi i za civilne korisnike. Jedna od tehnologija koja je postala ključnim alatom za unapređenje sigurnosti plovidbe i prevenciju sudara jest Automatski identifikacijski sustav (AIS). Sustav omogućuje kontinuirano i precizno praćenje ključnih podataka o brodovima, uključujući njihov položaj, brzinu, smjer i druge vitalne informacije. Osim toga, AIS omogućuje razmjenu informacija o identifikaciji, teretu i sigurnosnim aspektima broda, čineći ga nezaobilaznim instrumentom za siguran pomorski promet.

## 2. RASPBERRY PI

### 2.1. Općenito o Raspberry Pi mikroracunalu

Raspberry Pi je serija jeftinih mikroracunala razvijena u Ujedinjenom Kraljevstvu od strane neprofitne organizacije Raspberry Pi Foundation. Glavna ideja Eben Upton, inženjera s diplomom iz fizike i inženjerstva sa Sveučilišta u Cambridgeu, je bila stvoriti ploču koja ima već integrirane sve potrebne elemente za samostalno funkcioniranje. Jedan od najznačajnijih uvjeta pri stvaranju projekta je bio da njegov završni proizvod ima jako nisku cijenu. Razlog toga je bio da pomogne mladim ljudima da dođu do mini računala s kojim mogu eksperimentirati i vidjeti koje sve mogućnosti računala nude. Glavna inspiracija za izradu ploče je bila Acorn-ovo BBC Micro računalo iz 1981 godine. S financijskim uvjetima koji su već spomenuti, bilo je bitno smanjiti dimenzije i omogućiti lakše korištenje. Prvi prototipovi izgledali su neprivlačno ali su ponudili valjani dizajn za testiranje i otklanjanje pogrešaka u shemi za konačnu verziju koja će na kraju postati prvi Raspberry Pi. Sam naziv Raspberry Pi (engleska riječi koja se odnosi na malinu) može zahvaliti neobičnom trendu prema kojem su različite tvrtke nazivale svoje proizvode prema vrstama hrane. Najznačajniji primjeri su tvrtka Apple te Acorn Computers.



*Slika 1: Acorn BBC Micro Model A*

*Izvor: <https://www.computinghistory.org.uk/det/6515/Acorn-BBC-Micro-Model-A-Issue-1/>*

## 2.2. Raspberry Pi modeli

Prvi Raspberry Pi lansiran je u veljači 2012. godine. Nosio je naziv Raspberry Pi Model B. Tržišna cijena iznosila je 35 dolara. Računalo se sastojalo od jednojezgrenog procesora, 512MB radne memorije te dva 2.0 USB priključka. Nije sadržavao SATA portove, već HDMI priključak koji je služio za spajanje na monitor. Reproduciranje zvuka se moglo vršiti preko GPIO pinova ili USB zvučne kartice. Povezivanje na mrežu ostvarivalo se preko Ethernet priključka.



*Slika 2: Prva verzija Raspberry Pi-a (Raspberry Pi model B)*

*Izvor: <https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/7/4/9/7/11546-01.jpg>*

### 2.2.1. Modeli A, B+ i A+

Nakon prvog uspješnog modela, u rujnu 2012. godine prodano je 500 jedinica, a u listopadu 2013. godine dosegnuta brojka od 2 milijuna. Uslijedili su Model A (2013. godine) i Model B+ (2014. godine). Model A je imao manje RAM-a, obično 256 MB, u usporedbi sa standardnih 512 MB ili više i manje priključaka. Tipično je sadržavao samo jedan USB priključak i nije imao Ethernet priključak. Veliki plus mu je bila niska potrošnja energije što ga je činilo prikladnim za projekte koji zahtijevaju manju potrošnju. Dok je Model B+ donio poboljšanja u smislu dodatnih USB priključaka, microSD umjesto standardne SD kartice i općenito bolje organiziranih priključaka.

Godine 2014. programeri Raspberry Pi-a lansiraju ažuriranu verziju originalnog Modela A nazvanu Raspberry Pi A+. Model je predstavljen kako bi pružio poboljšane performanse i funkcionalnosti u odnosu na originalni Model A. Najznačajnija razlika je bila u količini radne memorije. Naime model A+ je imao 512 MB RAM-a, što je dvostruko više u usporedbi s originalnim Modelom A. Što nam je naposljetku omogućavalo bolje izvođenje aplikacija i više slobodnog RAM-a za različite zadatke.



Slika 3: Usporedba A+ i B+ modela

Izvor: [https://opensource.com/sites/default/files/resize/images/education-uploads/raspberry\\_pi\\_a\\_-\\_6-520x390.jpg](https://opensource.com/sites/default/files/resize/images/education-uploads/raspberry_pi_a_-_6-520x390.jpg)

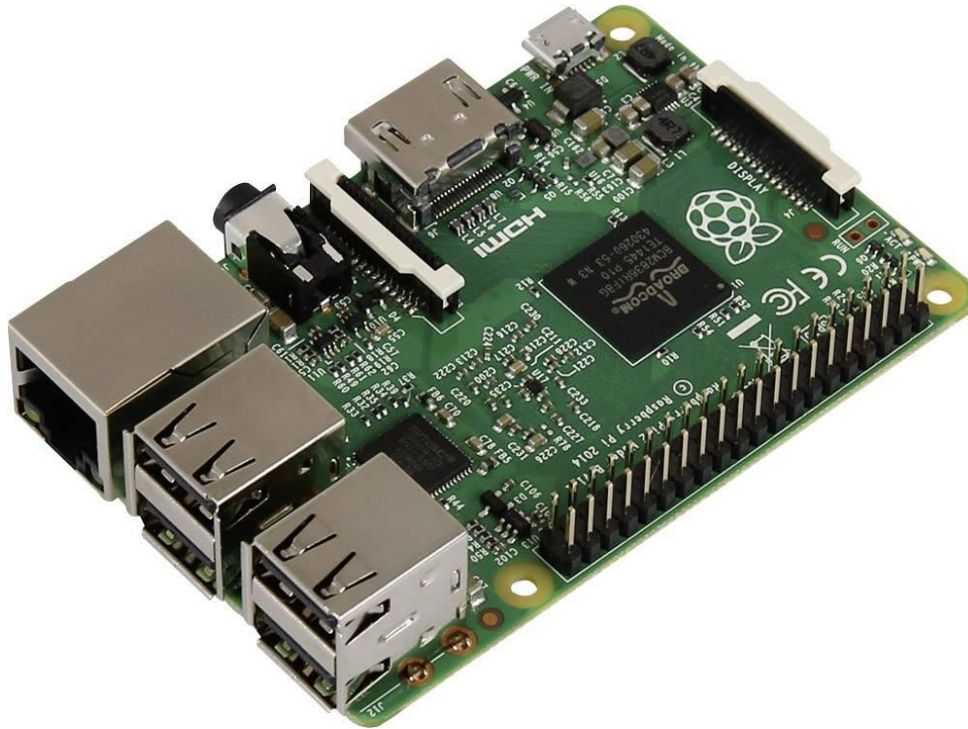
### **2.2.2. Raspberry Pi 2 model B**

Raspberry Pi 2 model B, ujedno i modul koji se koristi u ovome projektu, je druga generacija Raspberry Pi računalnih ploča objavljena od zaklade Raspberry Pi u veljači 2015. godine. Model donosi značajni skok u performansama u odnosu na originalni Raspberry Pi Model B.

RAM je povećan na 1 GB, što je dvostruko više RAM-a u usporedbi s prethodnim modelima. Veći kapacitet RAM-a omogućuje bolje upravljanje više zadataka i aplikacija. Opremljen je četverojezgrenim procesorom ARM Cortex-A7 taktiranom na 900 MHz. Ovo predstavlja značajno poboljšanje u odnosu na starije modele i omogućuje bolje izvođenje složenijih aplikacija i operacija. Te ga čini idealnim za pokretanje laganog desktopa na uređaju.

Osim povećanja procesorske snage, ploča uključuje 40 GPIO pinova, 4 USB 2.0 porta, koja nam omogućavaju povezivanje različitih USB uređaja poput tipkovnica, miševa te Wi-Fi donglesa (ključeva). 3,5 mm audio priključak za slušanje zvuka Raspberry Pi i Ethernet opciju za brzo internetsko povezivanje. Također sadrži HDMI priključak što nam omogućuje spajanje na monitor ili TV. Sposoban je prikazati rezolucije do 1080p.

Kompatibilan je raznim operacijskim sustavima prilagođenim Raspberry Pi platformi kao što su Ubuntu, Windows 10, Raspbian (sada poznat kao Raspberry Pi OS), OS temeljen na Linuxu optimiziran za Raspberry Pi uređaje te mnogim drugima. Unatoč poboljšanim performansama, Raspberry Pi 2 Model B je osmišljen da bude energetske učinkovit i može se napajati putem mikro USB priključka.



Slika 4: Raspberry Pi 2 model B

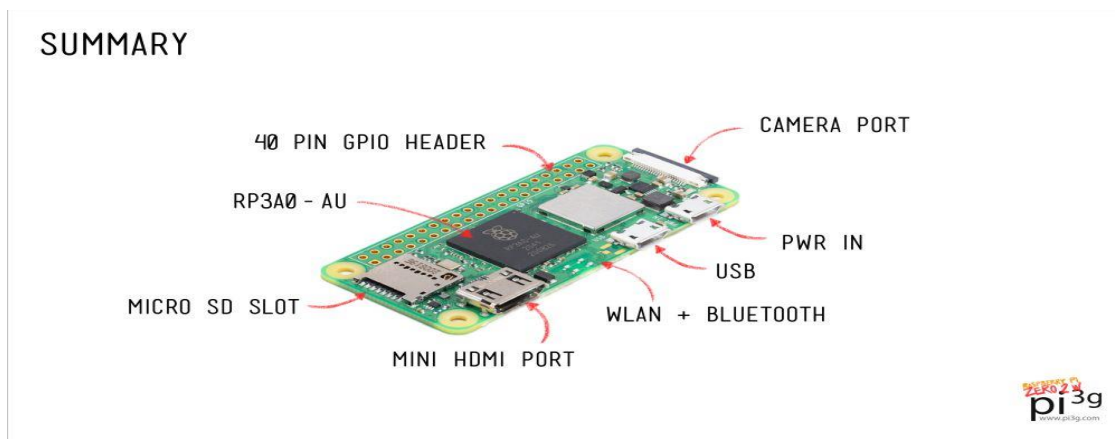
Izvor: [https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/hr/1316978\\_RB\\_00\\_FB/image.jpg](https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/hr/1316978_RB_00_FB/image.jpg)

### 2.2.3. Raspberry Pi Zero

Raspberry Pi Zero predstavljen u studenom 2015. godine, dizajniran s ciljem da bude što manji i pristupačniji, omogućujući lako integriranje u različite projekte koji zahtijevaju kompaktno i lagano računalno rješenje. Opremljen Broadcom BCM2835 sustavom na čipu (SoC), koji uključuje jednojezgreni procesor ARM1176JZF-S takta 1 GHz što ga čini sposobnim za osnovne računalne zadatke i projekte.

Raspberry Pi Zero ima 512 MB RAM-a, što ga čini nešto slabijim od novijih modela, međutim to je i dalje dovoljno za većinu osnovnih zadataka i projekata. Iako je Raspberry Pi Zero kompaktan, ipak ima nekoliko priključaka. Uključuje mini HDMI izlaz, USB OTG (On-The-Go) priključak, 40-pinski GPIO header i priključak za kameru. Postoji utor za microSD karticu za pohranu, što nam omogućuje korištenje microSD kartica za instalaciju i pokretanje operativnog sustava i pohranu podataka. Kao i drugi modeli Raspberry Pi Zero podržava razne operativne sustave, uključujući Raspbian (sada poznat kao Raspberry Pi OS), Ubuntu i druge. Ovi operativni sustavi mogu se instalirati na microSD karticu i pokrenuti s nje.

Projekti u kojima se Raspberry Pi Zero obično koristi obuhvaćaju DIY elektroniku, retro igraće konzole, robotiku te razne kućne automatizacije. Novije varijacije Raspberry Pi Zero W te Raspberry Pi Zero 2W dolaze s ugrađenim Wi-Fi i Bluetooth povezivanjem, pružajući dodatne mogućnosti za bežičnu komunikaciju. Raspberry Pi Zero se može napajati putem mikro USB priključka, s minimalnom potrošnjom energije što ga se čini prikladnim za projekte napajanje preko baterija



Slika 5: Najnovija verzija Raspberry Pi-a 0 (Raspberry Pi Zero 2W)

Izvor: <https://picockpit.com/raspberry-pi/wp-content/uploads/2021/10/zero-w-ports.jpg>

#### 2.2.4. Raspberry Pi 3

Treća generacija Raspberry Pi računalskih ploča predstavljena u veljači 2016. godine. Nudi poboljšanu procesorsku snagu u usporedbi sa svojim prethodnicima te se navodi kao značajni korak naprijed u odnosu na prethodne modele, što ga samim time čini prikladnim za širi raspon projekata.

Raspberry Pi 3 pokreće četverojezgreni procesor ARM Cortex-A53 taktiran na 1.2 GHz. Četverojezgreni procesor omogućuje značajno povećanje performansi u usporedbi s jednojezgrenim i dvojezgrenim procesorima u prethodnim modelima. Memorija sadrži 1 GB RAM-a što omogućuje bolje upravljanje više zadataka i aplikacija te bolje performanse pri pokretanju aplikacija koje zahtijevaju više memorije.

Uključuje razne priključke, uključujući četiri USB 2.0 priključka za povezivanje perifernih uređaja, HDMI priključak pune veličine za video izlaz, Ethernet priključak za žično umrežavanje, audio priključak od 3,5 mm, utor za microSD karticu za pohranu i



instalacija operativnog sustava, CSI priključak za kameru, DSI priključak za zaslon i 40-pinski GPIO header. Raspberry Pi 3 uključuje ugrađenu podršku za Wi-Fi (802.11n) i Bluetooth 4.2, eliminirajući potrebu za vanjskim Wi-Fi ključevima ili adapterima. To olakšava povezivanje Raspberry Pi 3 s bežičnim mrežama i komunikaciju s Bluetooth uređajima.

Model je kompatibilan s raznim operacijskim sustavima prilagođenim Raspberry Pi platformi, kao što su Raspbian, Ubuntu, Windows 10 IoT Core i drugi. Zbog svoje poboljšane procesorske snage i ugrađenih mogućnosti povezivanja, Raspberry Pi 3 prikladan je za širok raspon projekata, uključujući kućnu automatizaciju, medijske centre, retro igraće konzole, robotiku, IoT uređaje i još mnogo toga.



*Slika 6: Raspberry Pi 3 model B+*

*Izvor: <https://www.raspberrypi.org/app/uploads/2018/03/770A5614-1617x1080.jpg>*

### **2.2.5 Raspberry Pi 4**

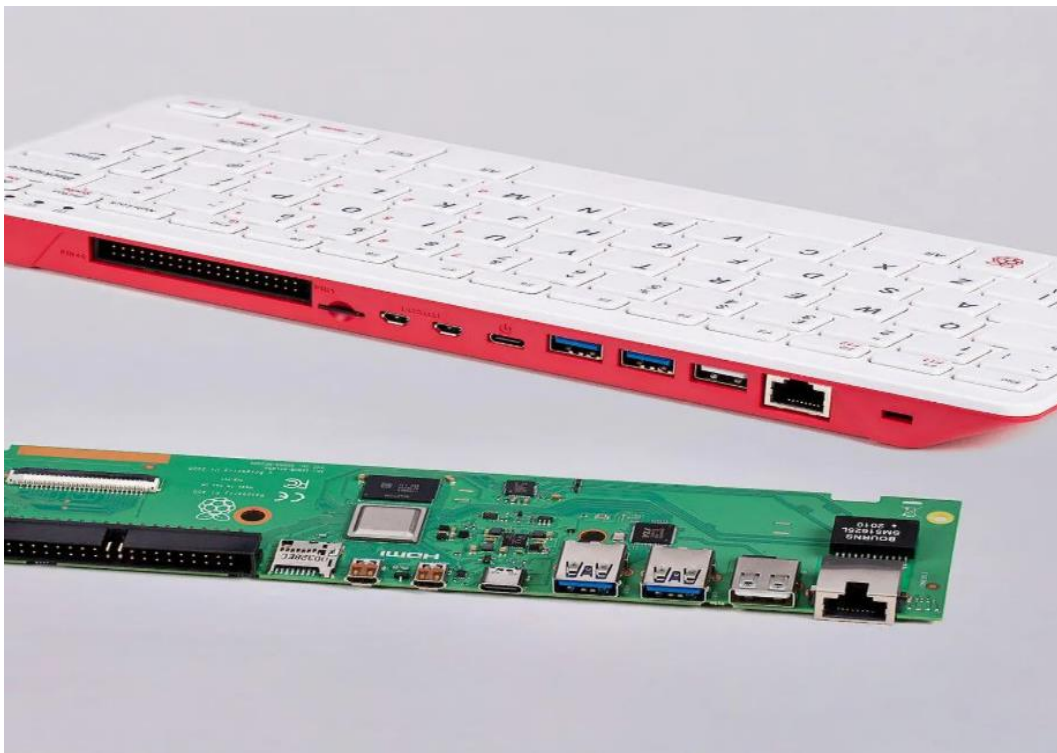
Predstavljen u lipnju 2019. godine. Ovaj model donosi značajna poboljšanja u odnosu na prethodne modele i omogućuje još više mogućnosti za različite primjene. Pokreće ga četverojezgreni procesor ARM Cortex-A72 taktiran na 1.5 GHz, koji ga čini sposobnim za rukovanje zahtjevnijim zadacima i aplikacijama. Ovaj model dolazi u nekoliko verzija s različitim količinama RAM-a, uključujući 2 GB, 4 GB i 8 GB verzije. Veći kapacitet RAM-a omogućuje bolje upravljanje više zadataka i aplikacija ali samim time dolazi sa većom cijenom.

Raspberry Pi 4 sadrži dva USB 3.0 priključka i dva USB 2.0 priključka, pružajući poboljšane brzine prijenosa podataka za vanjske uređaje. HDMI izlaz dvostruki mikro

HDMI izlaz za podršku do dva 4K monitora, što ga čini prikladnim za razne multimedijske i zaslonske projekte.

Uključuje Gigabit Ethernet za brzo žično umrežavanje i ugrađene bežične opcije. Ima ugrađeni WiFi (802.11ac) i Bluetooth 5.0, što omogućuje brže i stabilnije bežično povezivanje s mrežom i drugim uređajima, 3,5 mm audio izlaz, CSI priključak za kameru, DSI priključak za zaslon i 40-pinski GPIO header koji omogućuje povezivanje s različitom elektronikom i komponentama za prilagođene projekte.

Koristi microSD karticu za operativni sustav i pohranu, ali također podržava pokretanje s USB uređaja za brže i pouzdanije mogućnosti pohrane. Model je kompatibilan s raznim operacijskim sustavima prilagođenim Raspberry Pi platformi, kao što su Raspbian, Ubuntu, Windows 10 IoT Core i drugi. Omogućuje širok spektar primjena, uključujući učenje programiranja, razvoj ugradbenih sustava, izradu kućnih medija centara, računalne klaster sustave, IoT projekte i mnoge druge projekte koji zahtijevaju visoke performanse i više RAM-a.



Silka 7: Raspberry Pi 4 model 400

Izvor: <https://www.zdnet.com/a/img/resize/77d7d065af8c9b065845acbdea7c8292c9340243/2020/11/04/f2ab1540-6472-4114-9eb5-e158a3f8cdce/raspberrypi400pcb.jpg?auto=webp&fit=crop&height=1200&width=1200>

### 3. Software-Defined Radio (SDR)

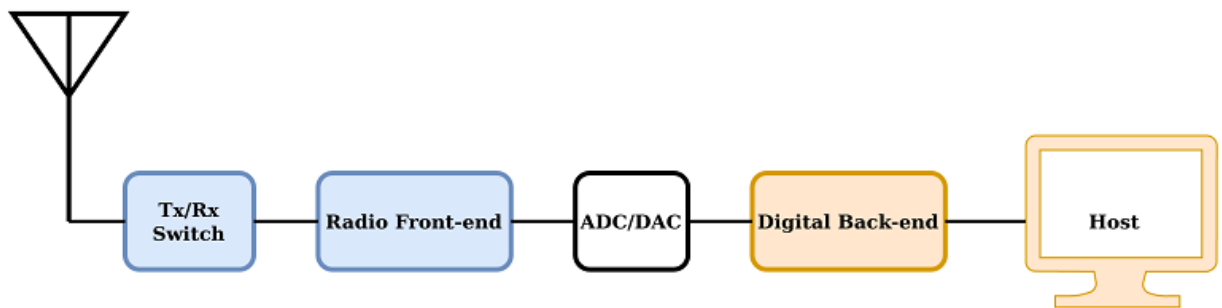
Software-Defined Radio (SDR) je tehnologija radiokomunikacijskog sustava koja se umjesto tradicionalnih hardverskih komponenti služi raznim tehnikama temeljenim na softveru. Komponente koje su uobičajeno integrirane u analogni hardver (npr. mikseri, filtri, pojačala, modulatori/demodulatori, detektori itd.), se implementiraju pomoću softvera na osobnom računalu ili ugrađenim sustavima, te samim time čine radijske sustave fleksibilnijim i prilagodljivijim. Softverski definirani radio (SDR) sustav sastoji se od hardverskih i softverskih komponenti koje rade zajedno te omogućuju snimanje, obradu i generiranje radio signala putem softverskih aplikacija. Ovisno o namjeni SDR sustava mogu se koristiti različite komponente ali one najznačajnije uključuju:

- Antenu koja je odgovorna za prikupljanje elektromagnetskih valova iz zraka te njihovo pretvaranje u električne signale koje SDR sustav može obraditi.
- Hardverski uređaj koji se sastoji od Analogno-digitalnog pretvarača koji pretvara analogni signal koji prima antena u digitalne podatke koje softver može obraditi, te Digitalno-analognog pretvarača koji pretvara digitalne signale koje generira softver u analogne signale koji se mogu prenositi kroz antenu.
- Računalo (poput Raspberry Pi) koje se koristi za obradu digitalnih signala. SDR softver na računalu manipulira signalima, provodi analizu i primjenjuje različite algoritme za demodulaciju, filtriranje i ostale obrade signala. Zato računala za SDR trebaju snažne procesore najčešće višejezgrene procesore koji omogućuju paralelnu obradu signala. Te moraju imati dovoljno RAM-a za pohranjivanje i manipuliranje većih količina podataka.
- Softver koji pruža alate za obrađivanje radio signala, te omogućuje korisnicima da izvode različite operacije poput demodulacije, dekodiranja podataka, generiranja signala i analize spektra.

Povezivanje između SDR uređaja i računala osigurava prijenos digitalnih signala i kontrolnih naredbi. Ono se najčešće postiže putem USB priključka no moguće su i drugačije metode. U složenijim SDR sustavima moguće su dodatne komponente poput:

Pojačala snage koje služi za pojačavanje snage analognog signala prije nego što se odašilje kroz antenu. Filtra i miksera koji služe za manipulaciju i obradu signala s ciljem da

bi se postigli željeni frekvencijski opsezi, spektralne karakteristike i kombinacije signala. Mrežnih sučelja koja nude mogućnosti umrežavanja, uključujući lokalne mreže (LAN) i šire mreže poput interneta. Što im omogućuje povezivanje s drugim uređajima ili sustavima preko mreža. U kontekstu Raspberry Pi i SDR tehnologije, mrežna sučelja su važna za povezivanje uređaja s mrežama kako bi se omogućila komunikacija i dijeljenje podataka. Najčešće metode povezivanja uključuju Ethernet sučelja, bežično sučelja (WiFi) i Bluetooth sučelja. Glavna prednost SDR-a je njegova fleksibilnost, koja omogućuje širok raspon konfiguracija i aplikacija putem softverskih ažuriranja i rekonfiguracija.

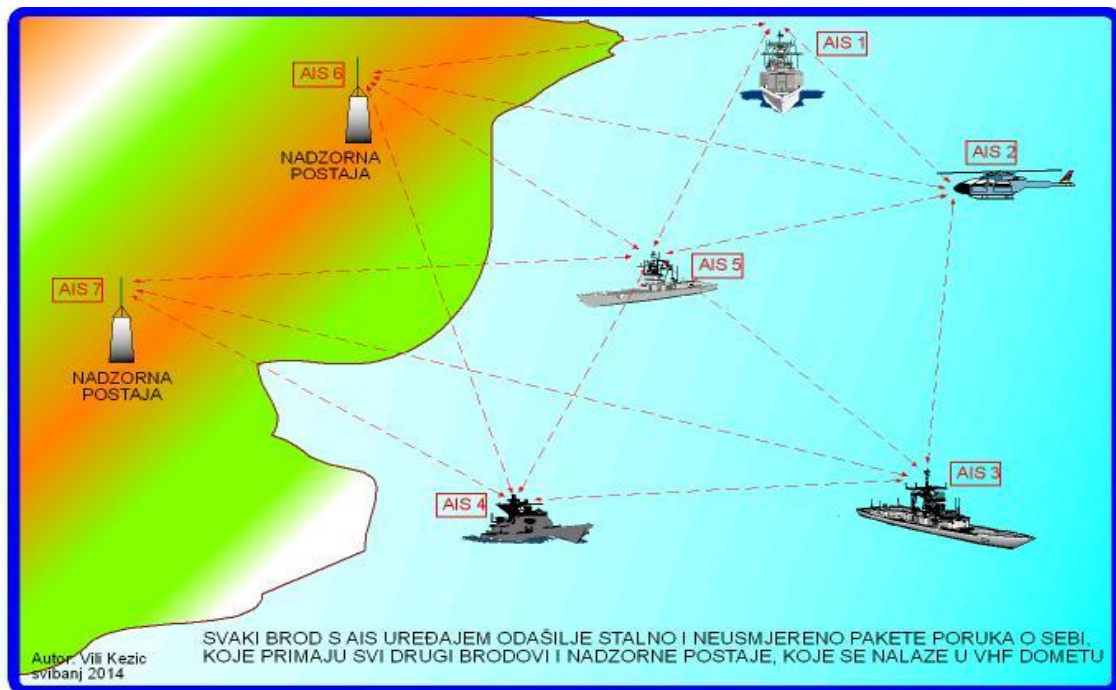


Slika 8: Blok dijagram shema SDR-a

Izvor: [https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca\\_esv=562574765&q=Software-Defined+Radio+\(SDR\)&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjsjKbvypGBAxVZgf0HHSxYA44Q0pQJegQICChAB&biw=1920&bih=955&dpr=1#imgrc=e9hybCBVkgu66](https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=562574765&q=Software-Defined+Radio+(SDR)&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjsjKbvypGBAxVZgf0HHSxYA44Q0pQJegQICChAB&biw=1920&bih=955&dpr=1#imgrc=e9hybCBVkgu66)

## 4. Sustav za automatsku identifikaciju

AIS (Automatic Identification System) je sustav za automatsku identifikaciju koji se koristi u pomorskom prometu. Razvila ga je Međunarodna pomorska organizacija (IMO). Koristi se kako bi se razmjenjivale poruke između brodova i obalnih postaja. AIS poruke sadrže važne informacije koje nam omogućuju identifikaciju i praćenje brodova te razmjenu informacija o poziciji, brzini, smjeru, teretu i drugim podacima. Tehnologija AIS-a se zasniva na kombinaciji Globalnog sustav za određivanje položaja (GPS), VHF radio kanala i obradi podataka. Jedna od najvažnijih zadaća AIS-a je povećanje sigurnosti ljudskog života na moru te olakšana plovidba morem kroz povećane sigurnosti u vođenju navigacije.



Slika 9: Prikaz AIS-sustava

Izvor: <https://obris.org/wp-content/uploads/2014/05/2.-AIS-MREZA-SLIKA-KEZIC-AIS-2.jpg>

## 4.1 Princip rada AIS-a

Princip rada Automatskog identifikacijskog sustava temelji se na bežičnoj komunikaciji između brodova i obalnih stanica, kao i između brodova međusobno. Za održavanje visoke funkcionalnosti sustava, ključno je redovito ažuriranje i ponovno slanje AIS poruka svakih nekoliko sekundi. Ovo je nužno jer upotrebljivost podataka brzo opada s protekom vremena. AIS koristi SOTDMA (Samoorganizirajući vremenski podijeljen višestruki pristup) protokol za bolje upravljanje i organizaciju komunikacije između brodova i obalnih stanica na pomorskom prometnom kanalu. Najvažnije karakteristike od kojih SOTDMA protokol u AIS sustavu sastoji su:

- Samoupravljanje - daje uređajima u AIS sustavu autonomiju da samostalno organiziraju i rasporede svoje poruke bez potrebe za centraliziranim upravljanjem, čime se poboljšava fleksibilnost i efikasnost komunikacije.
- Vremenska podjela - primjenjuje vremenski raspored za dodjelu vremenskih intervala svakom uređaju za prijenos poruka. Svaki uređaj dobiva svoj jasno definirani vremenski prozor tijekom kojeg ima pravo emitirati svoje podatke, što omogućuje preciznu organizaciju i usklađivanje komunikacije u AIS sustavu.
- Višekratna upotreba - protokol omogućuje višekratnu upotrebu kanala, čime se omogućuje da više uređaja koristi isti komunikacijski kanal za razmjenu podataka. Ova karakteristika postaje ključna u gusto naseljenim ili prometnim pomorskim područjima, pridonoseći učinkovitijoj i pouzdanijoj razmjeni podataka među brodovima i obalnim stanicama.
- Dodatna sigurnost - uključuje sigurnosne mehanizme za sprečavanje kolizija u komunikaciji, uključujući dinamičko prilagođavanje vremenskih okvira i prioritetizaciju hitnih poruka. Ovi pametni sigurnosni mehanizmi osiguravaju da komunikacija ostane pouzdana i da se hitne informacije obrade s prioritetom, čime se povećava sigurnost u pomorskom prometu.
- Pouzdanost i učinkovitost - kombinacija samoupravljanja, vremenske podjele i višekratne upotrebe čini SOTDMA protokol izuzetno pouzdanim i učinkovitim za razmjenu podataka u AIS sustavu.

Automatski identifikacijski sustav sastoji se od različitih komponenata koje zajedno omogućuju praćenje brodova i razmjenu podataka u pomorskom prometu. Ključne komponente AIS sustava uključuju: AIS uređaj na brodu koji omogućuje prikupljanje i slanje AIS podataka te uključuje prijemnik za primanje AIS informacija od drugih brodova i obalnih stanica, te odašiljač za slanje vlastitih AIS poruka, antenu koja se koristi za prijem i odašiljanje AIS signala, napajanje, GPS prijemnik koji služi za precizno određivanje položaja broda, podaci uključuju geografsku širinu i dužinu broda. Sustav također uključuje procesor i računalni sustav koji obrađuje i analizira prikupljene podatke te generira AIS poruke koje će biti poslone drugim brodovima i obalnim stanicama, ekran za prikaz podataka na kojem se prikazuju AIS informacije kako bi ih posada mogli pratiti i interpretirati, ovi zasloni često integriraju AIS podatke s drugim podacima, kao što su elektroničke karte i radar. Dodatna oprema se još sastoji od VHF (Very High Frequency) radio komunikacijskog sustava koji koristi VHF radio frekvencije za prijenos podataka, antene za VHF komunikaciju koje su specifično namijenjene za komunikaciju putem VHF frekvencija, a povezane su s VHF uređajem za radijsku komunikaciju te sustav za integraciju podataka koji pomaže u koordinaciji i praćenju AIS podataka s drugim relevantnim informacijama, kao što su meteorološki podaci ili informacije o teretu. Sustav također mora imati mogućnosti povezivanja s drugim uređajima, AIS uređaj može biti povezan s drugim navigacijskim uređajima na brodu, kao što su radari, elektroničke karte i sonari.



*Slika 10 : Simrad V5035 AIS sustav klase A*

*Izvor:*

*[https://delani.hr/images/made/slike/white\\_space\\_1200\\_1200\\_80\\_images/uploads12897simrad\\_\\_v5035\\_ais\\_sustav\\_klase\\_a-c.png\\_0\\_0\\_100\\_c\\_c\\_s\\_c1.jpg](https://delani.hr/images/made/slike/white_space_1200_1200_80_images/uploads12897simrad__v5035_ais_sustav_klase_a-c.png_0_0_100_c_c_s_c1.jpg)*

## 4.2 Najpoznatije vrste AIS poruka

Automatski identifikacijski sustav odašilje različite digitalne poruke kako bi omogućio razmjenu informacija između brodova i obalnih stanica te unaprijedio sigurnost i koordinaciju u pomorskom prometu. Evo nekoliko glavnih vrsta AIS poruka:

- Class A Position Report (AIVDM 1, 2, 3) i class B CS Position Report (AIVDM 18, 19) - obje poruke nam služe za prijenos informacija vezanih uz trenutnu poziciju, brzinu, smjer kretanja, širinu, duljinu, vrstu tereta, navigacijski status te IMO i MMSI broj broda. Međutim klasa A nam se odnosi na velike brodove (brodovi veći od 300 GT i ribarski brodovi preko 15 metara) dok se klasa B odnosi na manje brodove najčešće privatne jahte i charter brodove.
- Static Data Report (AIVDM 5 and 24) - podaci vezani uz statičke informacije, prenose se svakih 6 minuta ili na zahtjev. Informacije koje dobivamo vezane su uz naziv, dužinu i vrstu broda te položaj antene za pozicioniranje. Razlika između AIVDM 5 i AIVDM 24 poruke je u tome što se AIVDM 5 poruke koriste na klasama A plovila, većim plovnim objektima, a AIVDM 24 na klasama B plovila, manjim plovnim objektima.
- Voyage-Related Data (AIVDM 4) - poruke vezane uz dinamičke informacije. Služe nam za razmjenu podataka vezanih uz putovanje. Poruke sadrže informacije o popisu luka koje brod planira posjetiti, planiranoj ruti, vremenu dolaska i odlaska iz određenih luka, dubini broda u vodi, planiranoj brzini tijekom putovanja te informacije o teretu kojeg brod prevozi.
- Safety-Related Message (AIVDM 6, 8) - služe nam za razmjenu informacija koje dovode do povećane sigurnosti na moru. Poruke najčešće sadržavaju upozorenja i obavijesti vezane uz razne prepreke, oluje, požare, opasne terete te hitne pozive. AIVDM 6 poruke se odnose na hitne situacije koje zahtijevaju trenutnu reakciju, dok se AIVDM 8 poruke odnose na manje hitna upozorenja najčešće vezana uz meteorološke uvijete.



```
AIVDM,1,1,,B,H2lQub4T1=30G<Iq82qkmp2p11:t,0*59
AIVDM,1,1,,B,13SF<b0P00275nIsew>4?vP2@9n.01F
AIVDM,1,1,,B,13SA4s?P00Q26T0Isoiv4?vN2<1D,0*2E
AIVDM,1,1,,B,13SFse?P00Q26IVIso`>4?v62@Is,0*6C
AIVDM,1,1,,A,33Sc:M5000126EVIslk0032F0Dh:,0*1E
AIVDM,1,1,,A,13ku:Kh00012BbVIsOI@unnt0@C3,0*1B
AIVDM,1,1,,B,13SF<b0P02Q276FIsh1f4?w625'8,0*3A
AIVDM,1,1,,B,33S7k;5P01Q22HlIswGPNwwD2Dc:0*7F
AIVDM,1,1,,A,H3lQub4T1=30G<Iq82qkmp2p11:t,0*5A
```

Slika 11: Primjer AIS poruka

Izvor: Slikano od strane studenta

Objašnjenje AIS poruke: AIVDM,1,1,,B,13SA4s?P00Q26T0Isoiv4?vN2<1D,0\*2E

Poruka na slici je u NMEA 0183 AIS formatu. To je standard za serijsku komunikaciju koji se koristi za prijenos AIS poruka.

Na početku poruke vidimo !AIVDM, što nam označava da se radi o AIS poruci. Nakon toga slijede brojke 1,1. Prva jedinica nam govori o ukupnom broju rečenica u poruci dok nam druga jedinica govori da je ovo prva a ujedno i zadnja rečenica.

Zatim nam slijedi prazno polje koje obično označava serijski broj poruke. Nakon toga slijedi slovo B koje nam označava klasu plovila, u ovom slučaju je riječi o manjem brodu.

Slijedi kod 13SA4s?P00Q26T0Isoiv4?vN2<1D, on nam kad ga dekodiramo prikazuje razne podatke o informaciji broda poput njegove pozicije, brzine i ostalih parametra.

Te na kraju slijedi 0\*2E što nam označava CRC (Cyclic Redundancy Check) koji se koristi kako bi se osiguralo da primljeni podaci nisu podvrgnuti nikakvim greškama tijekom komunikacije.

## 5. IZRADA PROJEKTA

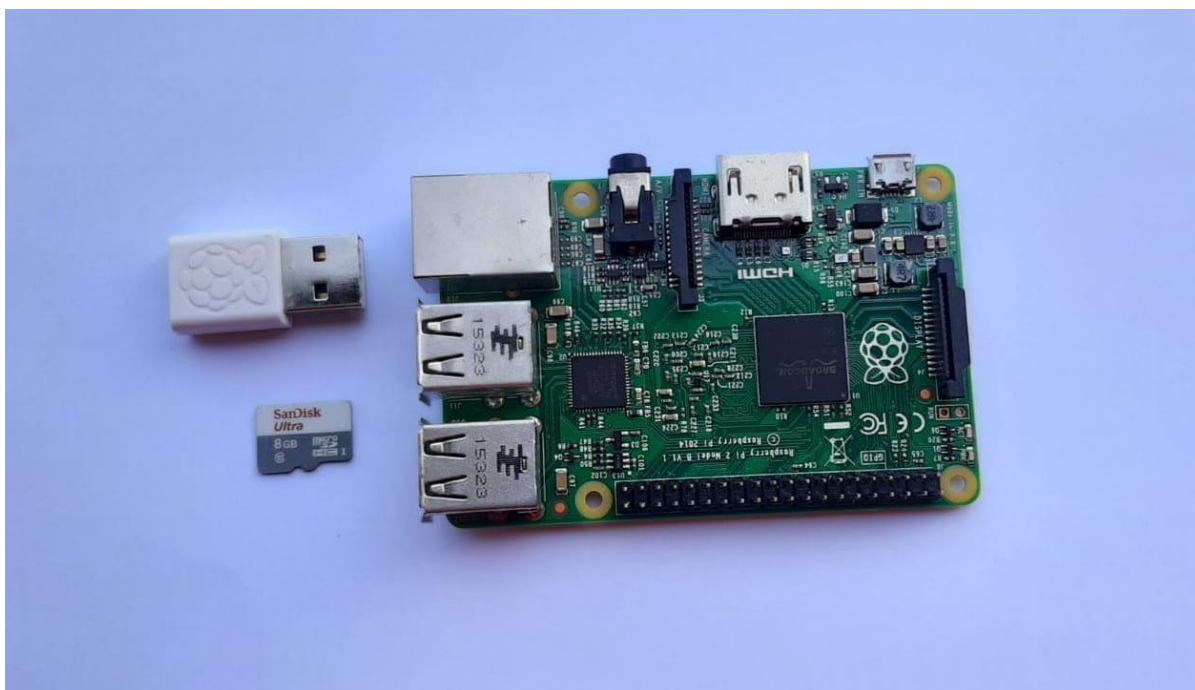
### 5.1. Ideja

Početak 1980-ih godina započela je era digitalnih tehnologija, još nazvana i erom informacija. Razvojem tehnologija razvijali su se i uređaji te samim time i načini obrađivanja informacija. Sve je vodilo do toga da se danas jako jeftino mogu nabaviti snažni alati za razmjenu i obrađivanje raznih podataka vezanih uz informacije. Jedan od primjera je Raspberry Pi korišten u ovom projektu, koji korišten na pravi način, može postati moćan alat za obradu AIS poruka. Uz dodatak RTL-SDR kompleta Raspberry Pi se može pretvoriti u središnju točku za prijem i vizualizaciju AIS poruka u stvarnom vremenu. Svrha ovoga projekta istražuje povezivanje RTL-SDR uređaja s Raspberry Pi računalom s ciljem stvaranja jednostavnog i pristupačnog sustava za praćenje i razumijevanje AIS poruka.

Drugi ključan cilj ovog projekta je samo razumijevanje značaja AIS poruka. Naime porastom tehnologije porasla je i potražnja a samim time i pomorski promet. Potražnja za učinkovitijim i sigurnijim pomorskim prometom raste proporcionalno s porastom broja plovila na moru. S većim prometom dolaze i veći izazovi u pogledu sigurnosti i praćenja brodova, čineći pomorsku industriju sve kompleksnijom. Upravo kroz sustav AIS poruka, koji postaje ključni alat za praćenje i razmjenu informacija o kretanju brodova, brodovi razmjenjuju ključne podatke koji omogućuju sigurnu navigaciju i smanjenje rizika od sudara. Kroz ovaj projekt, želja je dublje zaroniti u svijet AIS poruka i njihove primjene kako bi se bolje razumjelo kako te informacije mogu biti praktično primijenjene za povećanje sigurnosti na moru.

## 5.2 Sastavni dijelovi

Dijelovi za sastavljanje završnog rada sastoje se od Raspberry Pi-a 2 modela B, koji dolazi u kombinaciji s micro-SD karticom od 8 GB na kojoj se nalazi operativni sustav. USB Wi-Fi adaptera koji nam služi za bežično povezivanje na internet, RTL-SDR kompleta te dodatnih dijelova u koje ulaze monitor, kabel za napajanje, miš, tipkovnica te VGA to HDMI pretvarač.



Slika 12: Raspberry PI 2, Model B, 1GB RAM, microSD kartica od 8 GB, WLU6331 WiFi Adapter

Izvor: Slikano od strane studenta

RTL-SDR komplet se sastoji od RTL-SDR prijemnika, koji služi za primanje i obradu radio signala, model R820T2 RTL2832U 1PPM TCXO koji se koristi u projektu može primati frekvencije od 500 kHz do 1,7 GHz. Postolja za montiranje dipol antene s kombinacijom produžnog kabela RG174 od 60 centimetra. Dvije manje teleskopske antene dimenzija od 5 do 13 centimetra, dvije veće teleskopske antene dimenzija 23 centimetra do jednoga metra. U projektu su se koristile veće teleskopske antene. U kompletu se također nalazi RG174 produžni kabel od 3 metra, fleksibilni nosač za tronožac i na kraju nosač za vakumsku kapicu.



Slika 13: RTL-SDR komplet

Izvor: <https://www.elektor.com/elektor-raspberry-pi-rtl-sdr-bundle#mz-expanded-view-652980307735>

## 5.3 Realizacija projekta

### 5.3.1 Spajanje Raspberry Pi-a na monitor i povezivanje na internet

Prvi korak pri spajanju završnog rada je bio povezivanje na monitor, naime imao sam stariji monitor koji nije imao mogućnost povezivanja preko HDMI kabela pa sam morao koristiti gore navedeni VGA to HDMI pretvarač. Jedan kraj se spojio na HDMI izlaz na Raspberry Pi-u, dok je drugi kraj išao u pretvarač. Izlaz iz pretvarača se spojio na VGA ulaz na monitoru. Zatim se na utor za micro-SD karticu, koji se nalazi s druge strane pločice umetnula micro-SD kartica. Nakon toga su se na USB priključke redom spajali miš, tipkovnica i na kraju USB Wi-Fi adapter. Kada je sve to bilo povezano spojio se kabel za napajanje i operativni sustav se podigao.



*Slika 14: Spajanje Raspberry Pi-a s monitorom*

*Izvor: Slikano od strane studenta*

Nakon podizanja operativnog sustava otvara se terminal, pritiskom na crnu ikonu koja se nalazi u gornjem lijevom kutu. Zatim se linijom koda "dmesg" provjerava je li Raspberry Pi otkrio spojeni USB Wi-Fi adapter. Pritiskom tipke enter izaći će puno podataka no najbitniji su oni koji nose nazive :

```
usb 1-1.2: new high-speed USB device number 4 using dwc_otg
```

```
usb 1-1.2: New USB device found, idVendor=148f, idProduct=5370
```

```
usb 1-1.2: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=3
```

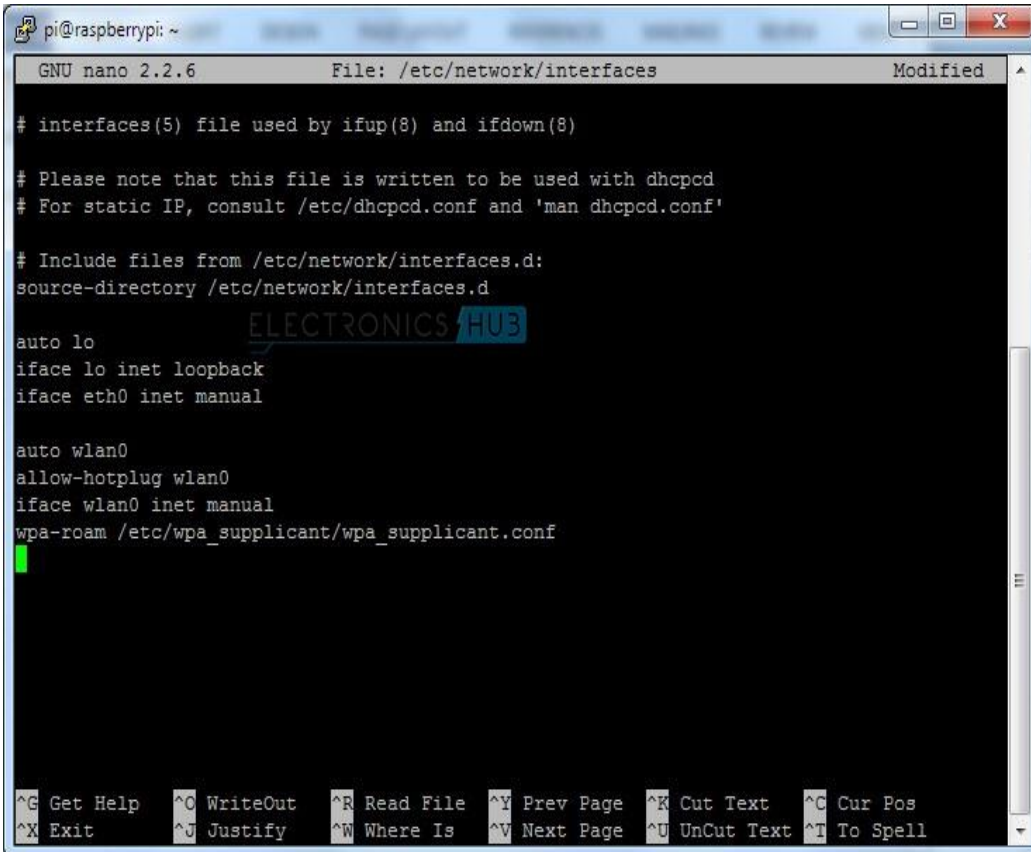
```
usb 1-1.2: Product: 802.11 n WLAN Adapter
```

```
usb 1-1.2: Manufacturer: Ralink
```

Nakon uspješnog otkrivanja da Raspberry Pi uspješno prepoznaje Wi-Fi adapter, upisana je linija koda "sudo iwlist scan" koja služi za pokazivanje svih slobodnih Wi-Fi mreža. Zatim se ulazi u mapu etc/network, tako da se upiše "cd/etc/network" zatim "sudo nano interfaces". Nakon ulaska u mapu iskopira se kod:

```
auto lo
iface lo inet loopback
iface eth0 inet manual
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

Unesena konfiguracijska datoteka definira kako će se mrežna sučelja "eth0", naziv mrežnog sučelja koje se obično koristi za žičane mrežne veze kao što su Ethernet, i "wlan0", naziv mrežnog sučelja koje se obično koristi za bežične mrežne veze kao što su Wi-Fi veze, u slučaju projekta koristi se ova varijacija, ponašati prilikom podizanja sustava, a također označava "lo" za lokalnu komunikaciju. Oznaka lo u stvarnosti označava "loopback" ili "petlju". To znači da je sučelje lo konfigurirano tako da omogućuje računalu da komunicira sa samim sobom putem mrežnog sloja, bez potrebe za stvarnom fizičkom mrežnom vezom.



```
pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6 File: /etc/network/interfaces Modified
# interfaces(5) file used by ifup(8) and ifdown(8)
# Please note that this file is written to be used with dhcpcd
# For static IP, consult /etc/dhcpcd.conf and 'man dhcpcd.conf'
# Include files from /etc/network/interfaces.d:
source-directory /etc/network/interfaces.d
auto lo
iface lo inet loopback
iface eth0 inet manual
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell
```

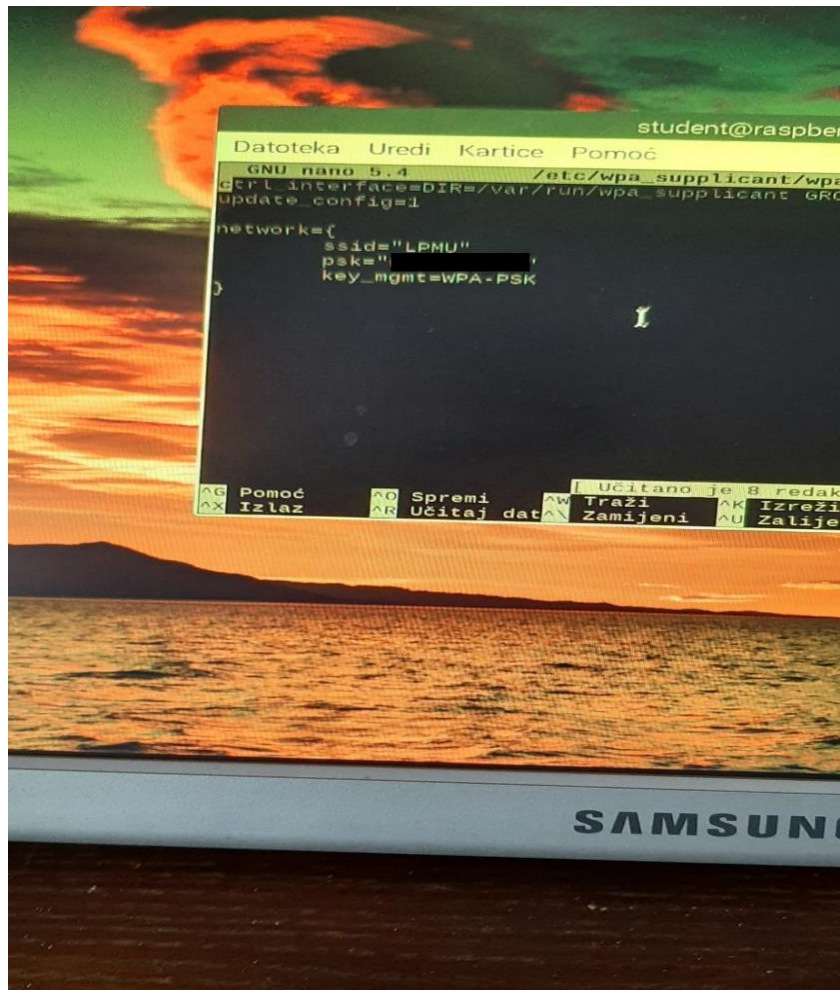
Slika 15: Unošenje koda u mapu mrežnih sučelja

Izvor: <https://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2017/07/5-Network-Interfaces-File-Edit.jpg>

Na kraju se sprema promjene, izađe se, te se izvrši naredba "sudo nano /etc/wpa\_supplicant/wpa\_supplicant.conf", koja služi za uređivanje wpa\_supplicant.conf datoteke. U otvorenoj datoteci se upisuje :

```
network= {ssid="Name of WiFi Network"
key_mgmt=WPA-PSK
psk="Password of the WiFi Network"}
```

Na mjesto ssid-a upisuje se naziv mreže na koju se spaja a na mjesto psk-a lozinku navedene mreže. Spreme se promjene, reboota se Raspberry Pi naredbom "sudo reboot", i nakon što se operativni sustav podigne, naredbom "ifconfig" se provjerava povezanost s mrežom".



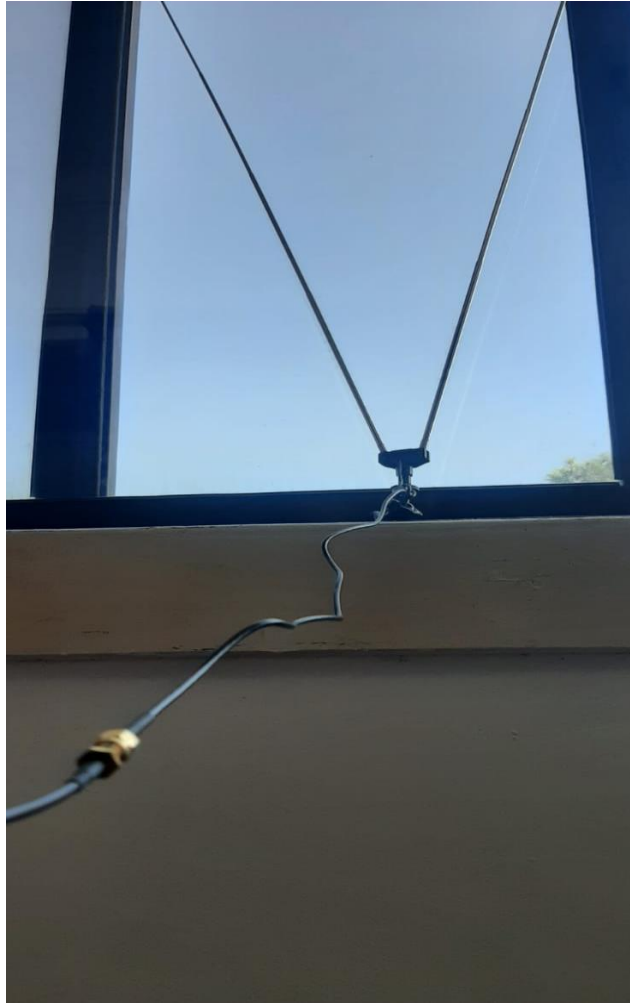
Slika 16: Postavljanje Wi Fi mreže

Izvor: Slikano od strane studenta

### 5.3.2 Spajanje RTL-SDR kompleta s Raspberry Pi-om

Nakon uspješnog povezivanja Raspberry Pi-a s internetom, uključí se RTL-SDR uređaj u jedan od slobodnih USB portova na Raspberry Pi-u. Na drugi kraj RTL-SDR uređaja se poveže produžni kabela RG174 od 3 metra koji se povezao preko produžnog RG174 kabela od 60 centimetra na postolje za montiranje dipol antene. Zatim se na postolje montiraju teleskopske antene dimenzija 23 centimetra do jednoga metra, te se na kraju pridoda nosač za vakumsku kapicu.





*Slika 17: Teleskopske antene montirane na postolje spojeno na produžni RG174 kabel*

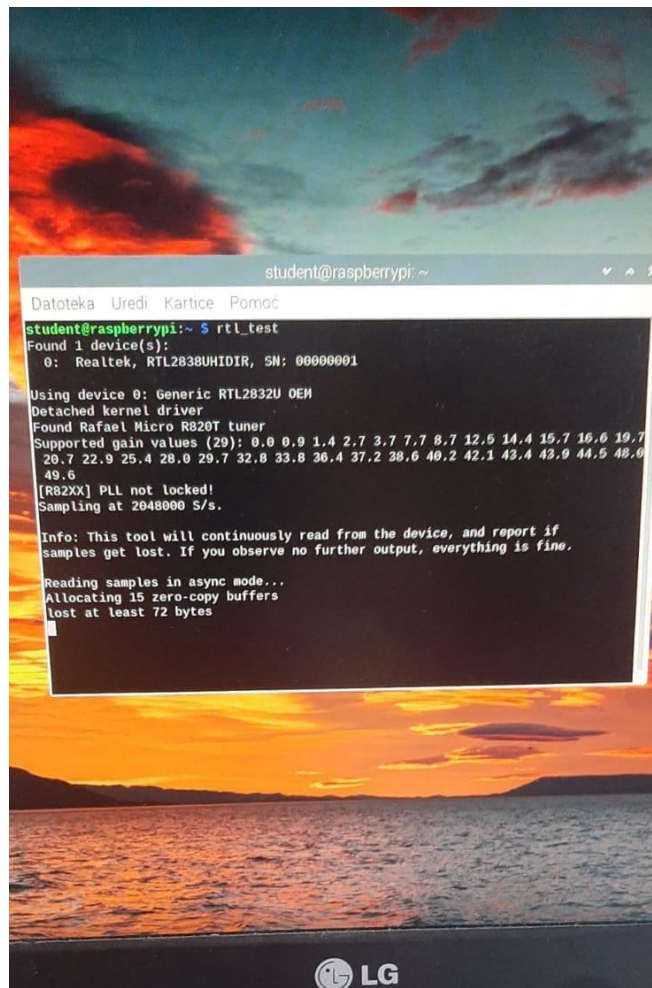
*Izvor: slikano od strane studenta*

Nakon fizičkog povezivanja RTL-SDR kompleta, uslijedilo je programiranje. Prvo se izvršila naredba "sudo apt update", koja je služila za ažuriranje liste paketa iz koje će se preuzeti odgovarajući softveri za izvođenje projekta. Nakon izvršene naredbe utipkala se linija koda "sudo apt upgrade", s kojom se postiglo ažuriranje svih instaliranih paketa na Raspberry Pi-u.

Zatim se pomoću naredbe "sudo apt install rtl-sdr" instalirao RTL-SDR paket, koji sadrži potrebne programe za korištenje RTL-SDR prijemnika. Izvela se naredba "sudo apt install cmake build-essential", pomoću koje su se instalirala dva paketa. Prvi paket cmake je dao odgovarajući alat za procese kompilacije softvera, dok je drugi paket build-essential uključivao razne biblioteke potrebne za kompilaciju i povezivanje softverskih programa.

Nakon toga se pomoću naredbe "git clone https://github.com/dgiardini/rtl-ais.git" preuzeo izvorni kod sa Git direktorija "rtl-ais" s GitHuba. Izvorni kod je sadržavao softver za primanje i obradu AIS poruka pomoću RTL-SDR dongla na Raspberry Pi-u.

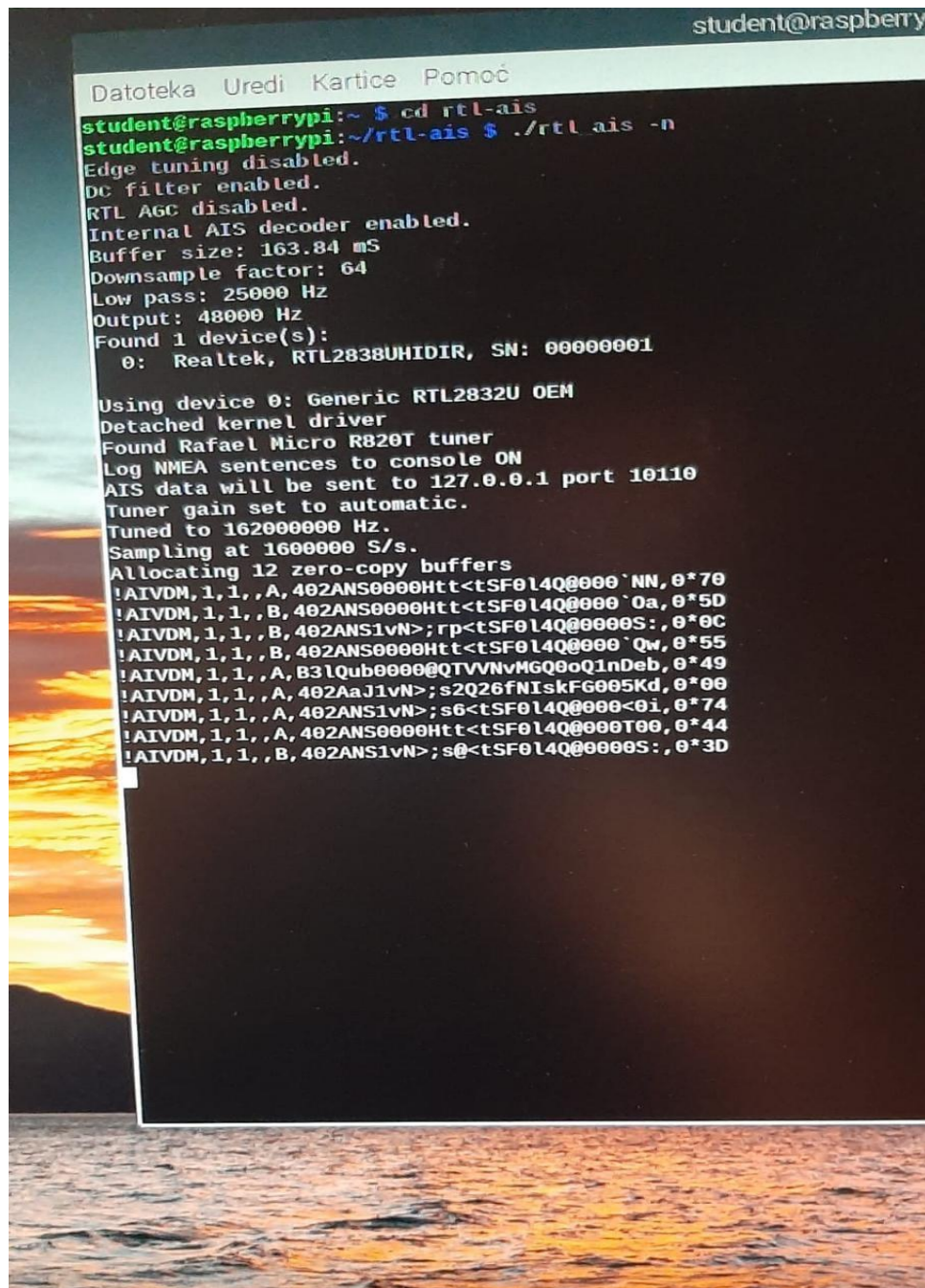
Upisom naredbe "cd rtl-ais" omogućio se pristup izvornom kodu i njegovim datotekama. Zatim se preko naredbe "mkdir build" stvorio novi direktorij unutar trenutnog direktorija, upisom "cd build" ušlo se u novo napravljen direktoriji koji služi za izradu projekta. U novom direktoriju se napisao kod "cmake ..", s kojim se pokrenuo CMake koji koristi informacije iz CMakeLists.txt datoteke koje služe za konfiguriranje datoteka za kompilaciju. Te se na kraju izvršila kompilacija naredbom "make". Nakon toga se rebootao Raspberry Pi naredbom "sudo reboot", te se provjerila veza između Raspberry Pi-a i RTL-SDR prijemnika naredbom "rtl\_test".



Slika 18: Testiranje veze između Raspberry Pi-a i RTL-SDR prijemnika

Izvor: slikano od strane studenta

Nakon izvršene naredbe dobila se potvrda o uspješnom povezivanju. Još je samo sljedilo utipkati kod `./rtl_ais -n` i AIS poruke su počele dolaziti na ekran.



```
student@raspberrypi:~ $ cd rtl-ais
student@raspberrypi:~/rtl-ais $ ./rtl_ais -n
Edge tuning disabled.
DC filter enabled.
RTL AGC disabled.
Internal AIS decoder enabled.
Buffer size: 163.84 mS
Downsample factor: 64
Low pass: 25000 Hz
Output: 48000 Hz
Found 1 device(s):
 0: Realtek, RTL2838UHIDIR, SN: 00000001

Using device 0: Generic RTL2832U OEM
Detached kernel driver
Found Rafael Micro R820T tuner
Log NMEA sentences to console ON
AIS data will be sent to 127.0.0.1 port 10110
Tuner gain set to automatic.
Tuned to 162000000 Hz.
Sampling at 1600000 S/s.
Allocating 12 zero-copy buffers
!AIVDM,1,1,,A,402ANS0000Htt<tSF0L4Q0000`NN,0*70
!AIVDM,1,1,,B,402ANS0000Htt<tSF0L4Q0000`0a,0*5D
!AIVDM,1,1,,B,402ANS1vN>;rp<tSF0L4Q0000S:,0*0C
!AIVDM,1,1,,B,402ANS0000Htt<tSF0L4Q0000`Qw,0*55
!AIVDM,1,1,,A,B31Qub0000@QTVVnvmGQ0oQ1nDeb,0*49
!AIVDM,1,1,,A,402AaJ1vN>;s2Q26fNIskFG005Kd,0*00
!AIVDM,1,1,,A,402ANS1vN>;s6<tSF0L4Q0000<0i,0*74
!AIVDM,1,1,,A,402ANS0000Htt<tSF0L4Q0000T00,0*44
!AIVDM,1,1,,B,402ANS1vN>;s@<tSF0L4Q0000S:,0*3D
```

Slika 19: Prikaz AIS poruka

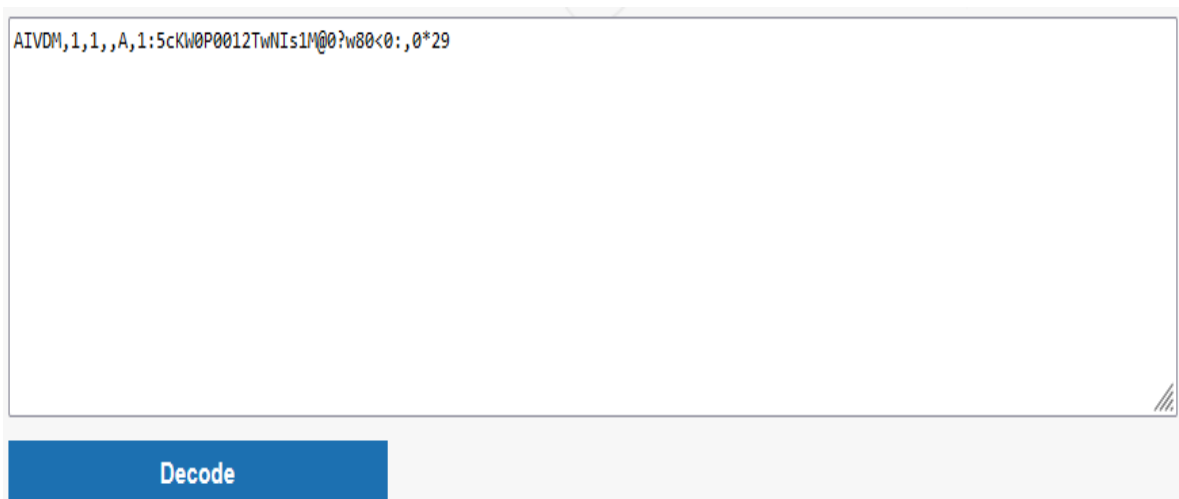
Izvor: Slikano od strane studenta

### 5.3.3 Dekodiranje AIS poruka

Nakon uspješnog dobivanja AIS poruka, slijedio je završni korak projekta, dekodiranje. Naime poruke su se pojavile u AIVDM formatu koji nije čitljiv ljudima u trenutnom obliku. Za dekodiranje poruka se koristio online AIS decoder. Nasumične poruke su se unijele u program, nakon izvršenog dekodiranja poruke su bile prikazane u formatu razumljivom ljudima. Dobiveni podaci su sadržavali različite važne informacije, uključujući poziciju, vrstu plovila, navigacijski status, identifikacijski broj, i druge relevantne detalje.

Primjeri dekodiranih poruka:

1. primjer:



AIVDM,1,1,,A,1:5cKW0P0012TwNI51M@0?w80<0:,0\*29

Decode

*Slika 20: 1. primjer AIS poruke*

*Izvor: Slikano od strane studenta*

Pritiskom na tipku decode dobili smo dekodiranu poruku u tabličnom izdanju.

Decoded message:

Show  entries Search:

Name	Value	Description
Packet Type	AIVDM	
CHANNEL	A	
Message Type	1	Scheduled Position Report
Repeat Indicator		Default
User ID	677043100	
Navigation Status		Under way using engine
Rate of Turn (ROT)	-729	
Speed Over Ground (SOG)		
Position Accuracy		An unaugmented GNSS fix with accuracy > 10 m
Longitude	14.544185	East
Latitude	45.3023816666667	North
Course Over Ground (COG)		
True Heading (HDG)	511	Not available (default)
Time Stamp	36	
Reserved for regional		Not available (default)
RAIM flag		RAIM not in use (default)
Communication State	49162	Sync state: UTC Direct; Slot Timeout: 3 frames respectively are left until slot change; Received stations: 10
Communication Sync State		Sync state: UTC Direct
Communication Slot Timeout	3	Slot Timeout: 3 frames respectively are left until slot change
Communication Sub Message	10	
Communication Utc Hour	No value	
Communication Utc Minute	No value	
Communication Time Stamp	No value	
Communication Slot Number	No value	
Communication Received Stations	10	
Communication Slot Offset	No value	

Slika 21: 1. primjer dekodirane AIS poruke

Izvor: Slikano od strane studenta

U navedenoj tablici jasno se vide detaljne informacije vezane uz brod. U polju navigation status može se pročitati da je plovilo trenutno u pokretu i koristi svoj motor za pogon. Pozicija broda se iščitava iz polja longitude i latitude. Navedene koordinate se mogu unijeti na mapu koja će pokazivati trenutnu lokaciju broda. Na početku poruke vidi se kako je ova poruka izvješća o poziciji klase A, što govori da je riječ o većemu brodu. To se može potvrditi tako da se user ID broj unese u web preglednik. Nakon izvršenog pretraživanja mogu se preko naprednijih stranica vidjeti još detaljnije informacije i slike broda.


https://www.vesseltracker.com/en/Ships/Atlantic-Ray-8900983.html

vesseltracker.com  
A Wood Workers Business

PRODUCTS VESSELS PORTS NEWS ABOUT COMMUNITY LOG IN

**ATLANTIC RAY** scrapped

Cargo Ship



**GENERAL INFORMATION**

IMO:	8900983	AIS type:	Cargo S
MMSI:		Ship type:	1
Callsign:	SIMS31	Flag:	Tanzani
Width:	18.0 m	Builder:	1
Length:	98.0 m	Owner:	1
Deadweight:	1	Operator:	1
Gross tonnage:	1	Insurer:	1
TEU:	1		
Liquid:	1		
Capacity:			
Year of build:	1		
Class:	1		

**COURSE/POSITION**

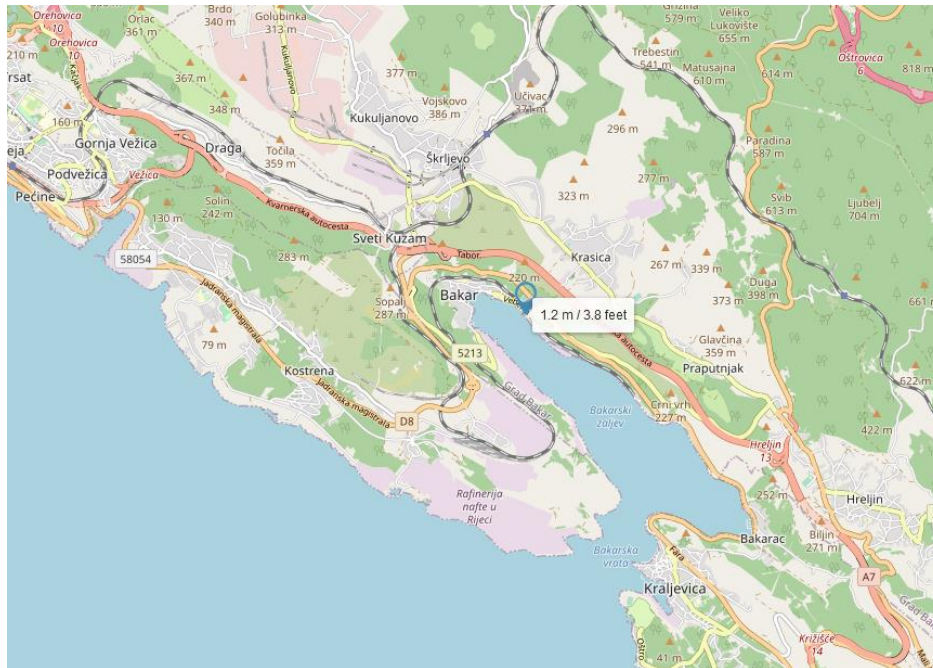
Position:	1	From:	Busan
Navigational status:	Undefined	Destination:	1
Course:	186.7° /	ETA:	1
Heading:	511.0° /	Summer draft:	1
Speed:	1	Current draft:	1
Max speed:	1	Last update:	95 days ago
Status:	moving	Source:	T-AIS
		Calculated:	1

Not visible with your account? Upgrade here...

UPGRADE

Slika 22: Detaljniji prikaz 1. primjera

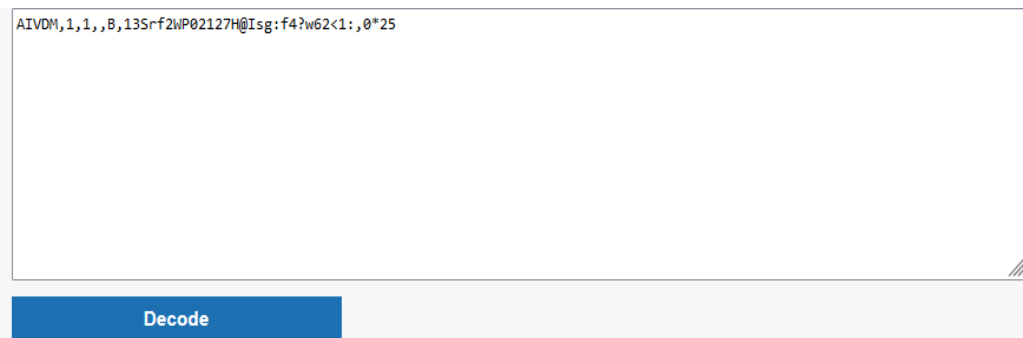
Izvor: Slikano od strane studenta



Slika 23: Lokacija 1. primjera na karti

Izvor: Slikano od strane studenta

## 2. primjer:



Slika 24: 2. primjer AIS poruke

Izvor :Slikano od strane studenta

Decoded message:

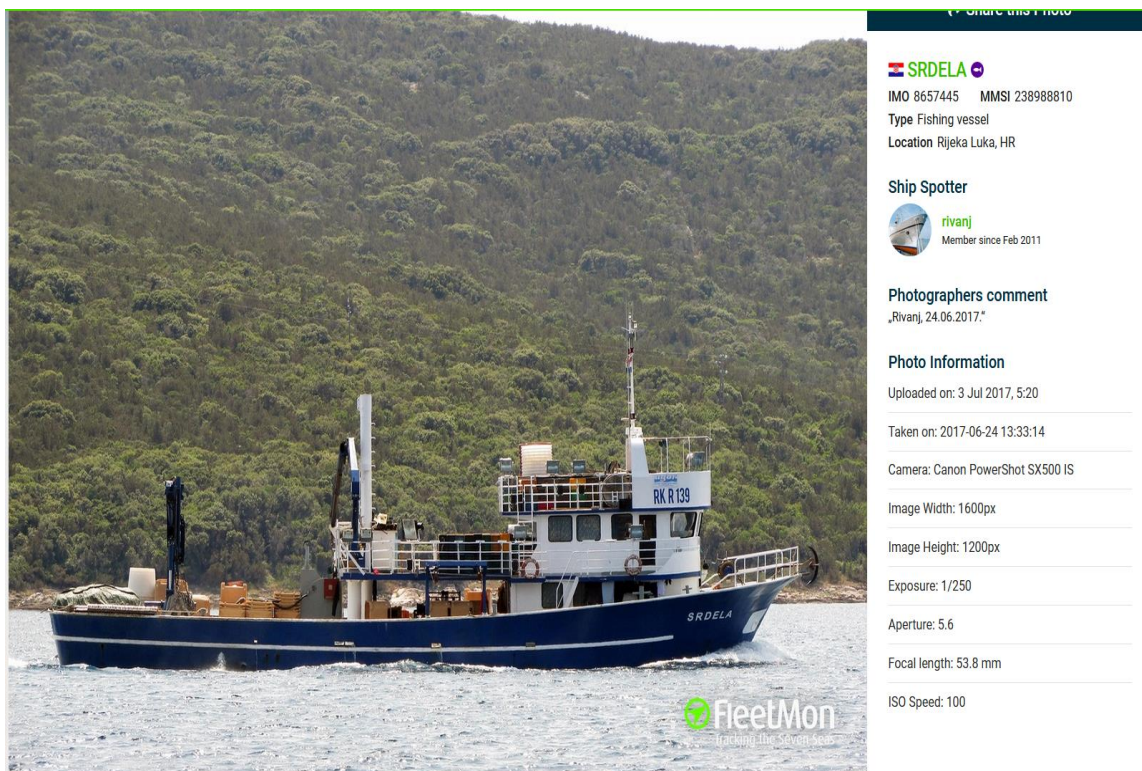
Show  entries Search:

Name	Value	Description
Packet Type	AIVDM	
CHANNEL	B	
Message Type	1	Scheduled Position Report
Repeat Indicator		Default
User ID	238988810	
Navigation Status	7	Engaged in Fishing
Rate of Turn (ROT)	-729	
Speed Over Ground (SOG)	0.2	
Position Accuracy		An unaugmented GNSS fix with accuracy > 10 m
Longitude	14.4431066666667	East
Latitude	45.3218833333333	North
Course Over Ground (COG)	360	Not available
True Heading (HDG)	511	Not available (default)
Time Stamp	35	
Reserved for regional		Not available (default)
RAIM flag	1	RAIM in use
Communication State	49226	Sync state: UTC Direct; Slot Timeout: 3 frames respectively are left until slot change; Received stations: 74
Communication Sync State		Sync state: UTC Direct
Communication Slot Timeout	3	Slot Timeout: 3 frames respectively are left until slot change
Communication Sub Message	74	
Communication Utc Hour	No value	
Communication Utc Minute	No value	

Slika 25: 2. primjer dekodirane AIS poruke

Izvor :Slikano od strane studenta

Prema podacima iz tablice vidi se da se radi o manjem brodu, klasa B. Pomoću navigacijskog statusa "Engage in fishing" zaključuje se da se radi od ribarskom brodu. Dobivena informacija je iznimno bitna jer se brodovi koji se bave ribolovom koriste različitim manevrima i brzinama u usporedbi s drugim brodovima. Polje "Course over Ground" se koristi za određivanje smjera u kojem se brod kreće. U navedenom primjeru, 360 stupnjeva, zaključuje se da brod putuje prema sjeveru. 0 stupnjeva označava geografski sjever i smjer se broji u smjeru kazaljke na satu, tako da je 360 stupnjeva isto što i 0 stupnjeva, što znači pravi smjer prema sjeveru. Izraz "true heading" se koristi za označavanje stvarnog smjera u kojem se brod kreće, uzimajući u obzir geografski sjever kao referencu. Smjer se određuje u stupnjevima od 0 do 360, gdje 0 stupnjeva označava stvarni smjer prema geografskom sjeveru, smjer se broji u smjeru kazaljke na satu. U navedenom primjeru "true heading 511", daje se zaključiti da se brod kreće u sjeverozapadnom smjeru, budući da se 511 stupnjeva nalazi između geografskog sjeverozapada (315 stupnjeva) i geografskog sjevera (0 stupnjeva).



Slika 26: Fizički izgled 2. primjera

Izvor: Slikano od strane studenta

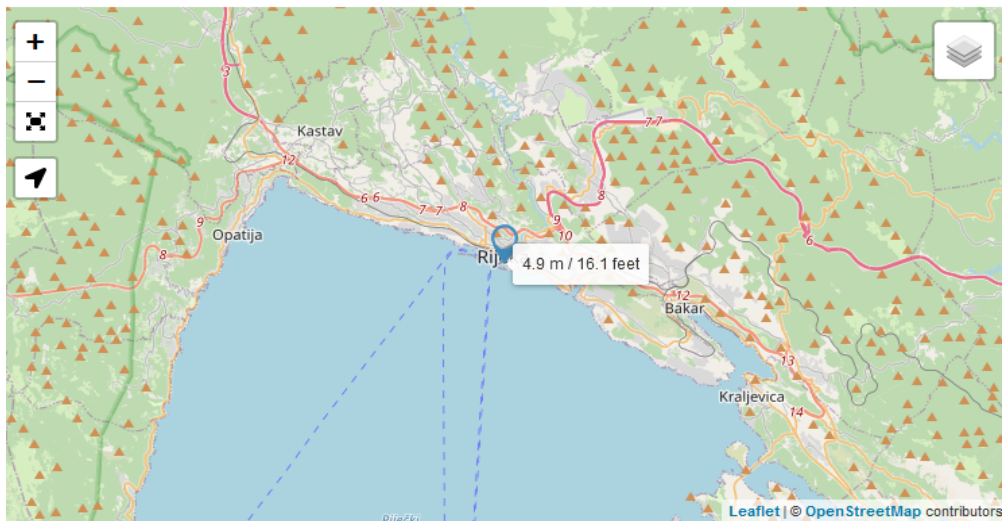


## Elevation Finder

User Menu ▾

This tool can be used to find an estimate for the elevation of a point on the earth. Click/tap the map or type the address in the text box.

## Find Elevation Map



4.9 m or 16.1 feet

Location : 45.32296,14.44314

Click on the map or input a location below to find the elevation.

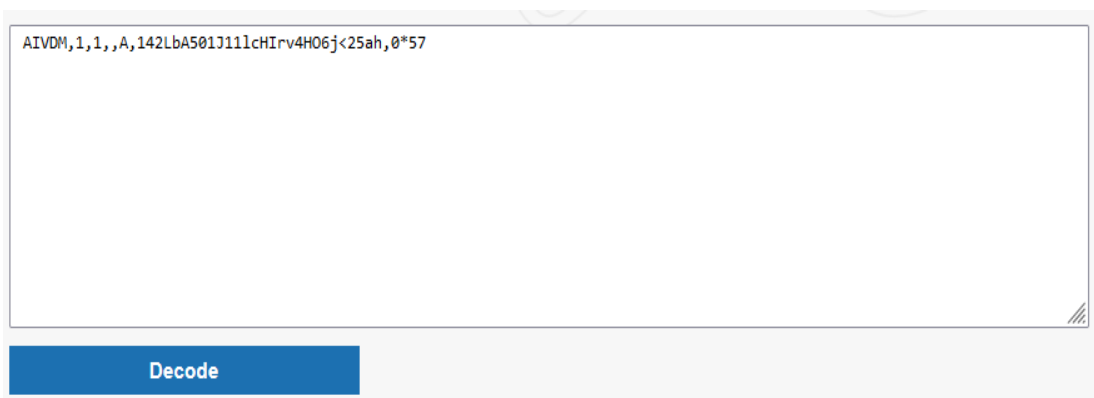
Free Text Search ▾  Estimate Elevation

Full Screen Clear Map

Slika 27: Lokacija 2. primjera na karti

Izvor: Slikano od strane studenta

3. primjer:



Slika 28: 3. primjer AIS poruke

Izvor: Slikano od strane studenta

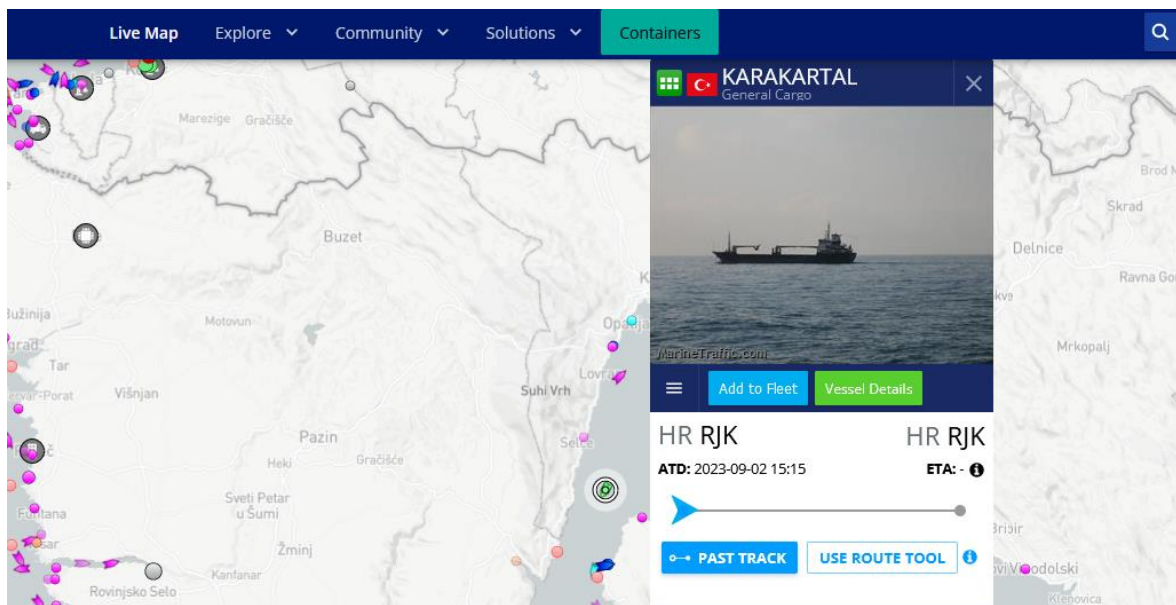
Name	Value	Description
Packet Type	AIDM	
CHANNEL	A	
Message Type	1	Scheduled Position Report
Repeat Indicator		Default
User ID	271002180	
Navigation Status	5	Moored
Rate of Turn (ROT)		Turning right at up to 708 degrees per minute or higher
Speed Over Ground (SOG)	9	
Position Accuracy		An unaugmented GNSS fix with accuracy > 10 m
Longitude	14.3792733333333	East
Latitude	45.300935	North
Course Over Ground (COG)	217.2	
True Heading (HDG)	217	
Time Stamp	6	
Reserved for regional		Not available (default)
RAIM flag	1	RAIM in use
Communication State	23152	Sync state: UTC Direct; Slot Timeout: 1 frames respectively are left until slot change; UTC hour: 16, UTC minute: 83
Communication Sync State		Sync state: UTC Direct
Communication Slot Timeout	1	Slot Timeout: 1 frames respectively are left until slot change
Communication Sub Message	6768	
Communication Utc Hour	13	
Communication Utc Minute	28	
Communication Time Stamp	13:28:00	
Communication Slot Number	No value	
Communication Received Stations	No value	
Communication Slot Offset	No value	

Slika 29: 3. primjer dekodirane AIS poruke

Izvor: Slikano od strane studenta

U retku navigacijskog statusa dan je kod statusa 5, te se kao opis statusa vodi da je plovilo usidreno. To ukazuje da je sljedeće plovilo nepomično i sigurno usidreno ili privezano na doku ili privezištu, preko lokacije se može otkriti, u ovom slučaju je usidreno. Kada je plovilo usidreno ono ne sudjeluje u aktivnoj plovidbi niti izvodi bilo kakve aktivne manevre. Ovaj status je od izuzetne važnosti za ostala plovila jer omogućuje povećanu sigurnost na moru i smanjenje rizika od sudara.

RAIM je softverski algoritam koji se izvršava unutar GPS prijemnika, te se koristi kao tehnika za provjeravanje integriteta GPS signala. Njegova ključna uloga je osiguravanje točnosti podataka o poziciji, navedeni podaci su ključni za povećanje sigurnosti plovidbe na moru te sprječavanje mogućih nesreća uzrokovanih netočnim podacima o poziciji. Iz dekodirane poruke vidljivo je da GPS prijemnik aktivno koristi RAIM za otkrivanje da li satelitski signali daju pogrešne ili nedosljedne informacije o položaju. Ako RAIM otkrije takve probleme, može upozoriti korisnika ili poduzeti korektivne mjere.



*Slika 30: 3. primjer na karti*

*Izvor: Slikano od strane studenta*

## 6. ZAKLJUČAK

U procesu izrade ovog projekta bavili smo se istraživanjem potencijala integracije RTL-SDR i Raspberry Pi sustava za praćenje i analizu AIS poruka, te smo proučavali kako ta integracija može doprinijeti u povećanju sigurnosti u pomorskom prometu. Analizirali smo važnost praćenja i razmjene AIS poruka te i samo njihovo razumijevanje koje jako doprinosi u aspektu povećanja sigurnosti na moru. Pored toga došli smo do zaključka kako RTL-SDR uređaj, zajedno s Raspberry Pi računalom, omogućuje jednostavno i pristupačno rješenje za prijem AIS podataka u stvarnom vremenu. Kroz praktični primjer smo potvrdili da je ovaj spoj hardvera i softvera izuzetno koristan za praćenje pomorskog prometa, te smo razumjeli kako interpretirati AIS poruke te vizualizirati podatke na kartama.

Naime ovaj projekt je poslužio kao dobar uvod u dublje razumijevanje RTL-SDR tehnologije, te nam je otvorio vrata za bolje shvaćanje širokog raspona mogućnosti koje su povezane uz Raspberry Pi sustav. Ovo novo razumijevanje nam je poslužilo kao dobar temelj za sve buduće projekte s kojima ćemo otkrivati nove granice vezane uz mikroračunala i radijske tehnologije.

# LITERATURA

## Elektronički izvori:

- Raspberry Pi: povijest najpoznatijeg miniPC-a na svijetu: <https://eloutput.com/hr/products/gadgets/raspberry-pi/>
- Raspberry Pi History: <https://linuxhint.com/raspberry-pi-history/>
- Što je AIS i kako radi? : <https://www.yachting.com/hr-hr/news/what-is-ais-and-how-it-works>
- AIS Fundamentals: <https://documentation.spire.com/ais-fundamentals/ais-data-sources/terrestrial-ais/>
- Elektor Raspberry Pi RTL-SDR Bundle: <https://www.elektor.com/elektor-raspberry-pi-rtl-sdr-bundle>
- SDR (Software Defined Radio) » rtl-sdr: <https://osmocom.org/projects/rtl-sdr/wiki>
- RTL-SDR Tutorial: Cheap AIS Ship Tracking: <https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-tutorial-cheap-ais-ship-tracking/>
- Quick Start Guide: <https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-quick-start-guide/>
- Raspberry RTL-AIS github.com: <https://gist.github.com/fajarlabs/6be5238faa6c5383d66386a66ec2805c>
- AIS receiver for Raspberry Pi, 2 channel: <https://pysselilivet.blogspot.com/2020/05/ais-reciever-for-raspberry-pi-2-channel.html>
- AIS receiver for the Raspberry Pi: <https://www.satsignal.eu/raspberry-pi/AIS-receiver.html>
- AIS Online Decoder. AIVDM & AIVDO NMEA Messages: <https://www.aggsoft.com/ais-decoder.htm>

- AIS Online Decoder. AIVDM & AIVDO NMEA Messages:  
<https://www.aggsoft.com/ais-decoder.htm>
  
  - Elevation Finder: <https://www.freemaptools.com/elevation-finder.htm>
  
  - How to setup WiFi on Raspberry Pi 2 using USB Dongle:  
<https://www.electronicshub.org/setup-wifi-raspberry-pi-2-using-usb-dongle/>
- AUTOMATSKI IDENTIFIKACIJSKI SUSTAV (AIS):
- <https://hrcak.srce.hr/file/83093>

**POPIS KRATICA:**

<b>Kratika</b>	<b>Puni naziv na engleskom jeziku</b>	<b>Tumačenje na hrvatskom jeziku</b>
IMO	International Maritime Organization	Agencija Ujedinjenih naroda koja se bavi regulacijom i unapređenjem pomorskog prometa na globalnoj razini
GPS	Global Positioning System	Tehnologija satelitskog pozicioniranja
USB	Universal Serial Bus	Tehnologija koja se koristi za povezivanje računala s perifernim uređajima
SATA	Serial Advanced Technology Attachment	Standardna sučelja koja se koristi za povezivanje unutarnjih uređaja s računalom
HDMI	High-Definition Multimedia Interface	Vrsta priključka
GPIO	General Purpose input/Output	Vrsta priključka
RAM	Random Access Memory	Vrsta memorije
microSD	Micro Secure Digital	Vrsta memorijske kartice
SD	Secure Digital	Vrsta memorijske kartice
MHz	Megahertz	Mjernu jedinicu za frekvenciju
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Bežična internet konekcija
OS	Operating system	Operativni sustav

GB	Gigabajt	Jedinicu digitalne informacije koja se koristi za mjerenje količine podataka
SoC	System on a Chip	Integrirani sklop
OTG	On-The-Go	Standardni USB sustav koji omogućuje drugim USB uređajima, da se prikače na njega
DIY	Do It Yourself	Vrsta tehnologije, gdje pojedinci samostalno izrađuju ili modificiraju tehnološke uređaje, sustave i projekte koristeći vlastite vještine, znanje i dostupne resurse
kHz	Kilohertz	Mjernu jedinicu za frekvenciju
CSI	Camera Serial Interface	Priključak za kameru
IoT Core	Internet of Things Core	Operativni sustav
DSI	Display Serial Interface	Standardno sučelje koje se koristi za povezivanje različitih zaslona
SDR	Software-Defined Radio	Tehnologija radiokomunikacijskog sustava
LAN	Local Area Network	Mreža koja povezuje računalne uređaje unutar relativno malog geografskog područja
AIS	Automatic Identification System	Sustav za automatsku identifikaciju koji se koristi u pomorskom prometu
VHF	Very High Frequency	Opseg radiofrekvencija od 0 MHz do 300 MHz, koje se koriste za komunikaciju



AIVDM	Audio-Video Interleave (AVI) Data Message	Formata poruka koji se koristi u AIS sustavima
GHz	Gigahertz	Mjernu jedinicu za frekvenciju
MMSI	Maritime Mobile Service Identity	Jedinstveni identifikacijski broj koji se dodjeljuje brodovima i plovilima
GT	Gross Tonnage	Mjerna jedinica koja se koristi za određivanje ukupne zapremine broda
RTL-SDR	Realtek Software Defined Radio	Vrsta SDR priključka
VGA	Video Graphics Array	Analogni računalni video standard
CRC	Cyclic Redundancy Check	Kontrolna suma koja se koristi za provjeru integriteta poruk
COG	Course Over Ground	Navigacijski pojam koji opisuje smjer kretanja vozila u odnosu na zemlju ili drugi fiksni referentni okvir
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring	Tehnika koja se koristi u globalnim navigacijskim sustavima
SOTDMA	Self-Organizing Time Division Multiple Access	Tehnologija koja se koristi u Automatskom identifikacijskom sustavu

## POPIS ILUSTRACIJA

<b>Broj slike:</b>	<b>Opis:</b>	<b>Stranica:</b>
1.	Acorn BBC Micro Model A	2
2.	Prva verzija Raspberry Pi-a ( Raspberry Pi model B)	3
3.	Usporedba A+ i B+ modela	4
4.	Raspberry Pi 2 model B	6
5.	Najnovija verzija Raspberry Pi-a 0 (Raspberry Pi Zero 2W)	7
6.	Raspberry Pi 3 model B+	8
7.	Raspberry Pi 4 model 400	9
8.	Blok dijagram shema SDR-a	11
9.	Prikaz AIS-sustava	12
10.	Simrad V5035 AIS sustav klase A	14
11.	Primjer AIS poruka	16
12.	Raspberry PI 2, Model B, 1GB RAM, microSD kartica od 8 GB, WLU6331 WiFi Adapter	18
13.	RTL-SDR komplet	19
14.	Spajnje Raspberry Pi-a s monitorom	20
15.	Unošenje koda u mapu mrežnih sučelja	22
16.	Postavljanje Wi Fi mreže	23

17.	Teleskopske antene montirane na postolje	24
18.	Testiranje veze između Raspberry Pi-a i RTL-SDR prijemnika	25
19.	Prikaz AIS poruka	26
20.	1. primjer AIS poruke	27
21.	1. primjer dekodirane AIS poruke	28
22.	Lokacija 1. primjera na karti	28
23.	Detaljniji prikaz 1. primjera	29
24.	2. primjer AIS poruke	30
25.	2. primjer dekodirane AIS poruke	30
26.	Fizički izgled 2. primjera	31
27.	Lokacija 2. primjera na karti	32
28.	3. primjer AIS poruke	32
29.	3. primjer dekodirane AIS poruke	33
30.	3. primjer na karti	34