

Konstrukcija modela bežičnog detektora udaljenosti

Horvat, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:032238>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Karlo Horvat

KONSTRUKCIJA MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA UDALJENOSTI

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2022.

Zagreb, 4. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Zrakoplovni instrumenti**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6864

Pristupnik: **Karlo Horvat (0135255912)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Pilot**
Usmjerenje: **Civilni pilot**

Zadatak: **Konstrukcija modela bežičnog detektora udaljenosti**

Opis zadatka:

Analizirati metode i tehnologije bežičnog mjerenja udaljenosti. Odabrati optimalnu metodu za izradu modela bežičnog detektora udaljenosti. Projektirati i konstruirati odgovarajući model. Prezentirati rad modela u stvarnim uvjetima i odrediti točnost mjerenja udaljenosti.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

prof. dr. sc. Tino Bucak

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**KONSTRUKCIJA MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA
UDALJENOSTI**

**CONSTRUCTION OF A WIRELESS DISTANCE DETECTOR
MODEL**

Mentor: prof. dr. sc. Tino Bucak

Student: Karlo Horvat

JMBAG: 0135255912

Zagreb, srpanj 2022.

KONSTRUKCIJA MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA UDALJENOSTI

SAŽETAK

U zrakoplovstvu jedna od najvažnijih informacija je znati koliko je zrakoplov udaljen od onoga što se nalazi oko njega jer je to glavni razlog zrakoplovnih nesreća. Bilo da je riječ o manjim udaljenostima, na primjer u završnim trenucima slijetanja, da bi se znalo koliko je još metara preostalo do dodira stajnog trapa s uzletnom sletnom stazom; srednjim udaljenostima u prilazu koliko još stotina metara imamo do praga uzletno sletne staze; ili velikim udaljenostima koliko kilometara ili nautičkih milja je udaljen neki drugi zrakoplov ili meteorološka pojava u zraku. Stoga je jasno da postoji potreba za preciznim i pouzdanim bežičnim mjerenjem udaljenosti. U ovom radu objašnjene su neke od najčešćih metoda bežičnog mjerenja udaljenosti, dane su prednosti i mane svake od njih te za koje se sustave koriste. Prezentiran je proces izrade modela jednog od sustava, komponente od kojih se sastoji te njegove karakteristike.

Ključne riječi: mjerenje; udaljenost; metar; radar; bežično; daljinomjer

SUMMARY

In aviation one of the most important information is to know how far the aircraft is from its surroundings, because that is the main reason of aircraft accidents. Whether it is about small distances; for example in the final moments of landing, so it is possible to know how many meters there are left until the landing gear touches the runway; medium distances, during approach to know how many hundreds of meters are left until the runway threshold; or large distances, how many kilometers or nautical miles is another aircraft or meteorological event in the air. Clearly there is a need for precise and reliable wireless distance measurement. In this final thesis some of the most often used methods of wireless distance measurement are explained, their advantages and disadvantages are given and the systems they are used for. The process of making a model, its components and characteristics of one of the systems is presented in a detailed manner.

Key words: measurement; distance; meter; radar; wireless; rangefinder

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OPĆENITO O METODAMA BEŽIČNOG MJERENJA UDALJENOSTI.....	3
2.1. Optička metoda	3
2.1.1. Stadiometrijska metoda	4
2.1.2. Metoda koincidencije	5
2.1.3. Stereoskopska metoda	5
2.2. Laserska metoda.....	6
2.2.1. Fazni laserski daljinomjer	8
2.2.2. TOF laserski daljinomjer	8
2.2.3. Interferometrijski laserski daljinomjeri	9
2.3. Ultrazvučna metoda	10
2.4. Radar	11
3. ODABIR OPTIMALNE METODE ZA IZRADU MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA UDALJENOSTI.....	12
4. PROJEKT I KONSTRUKCIJA MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA UDALJENOSTI	14
4.1. Komponente	14
4.2. Shema spajanja.....	16
4.3. Konstrukcija	17
4.4. Specifikacije i točnost	20
5. ZAKLJUČAK.....	22
LITERATURA	23
PRILOZI	24
POPIS KRATICA I AKRONIMA	25
POPIS ILUSTRACIJA	26

1. UVOD

Od kada postoji čovječanstvo, bilo da se radilo o izgradnji nečega, podjeli zemlje ili mjerenjem nečije visine, postojala je potreba za mjerenjem duljine odn. udaljenosti. Čak i dok nisu postojale nikakve standardizirane mjere, ljudi su počeli mjeriti udaljenost pomoću lakta, stopala i drugih stvari koje su im bile prisutne u svakodnevici. Koristili su se raznim šablonama, kako bi znali drugim ljudi predočiti udaljenost o kojoj razgovaraju.

Tijekom godina postojale su razne mjerne jedinice kojima se cijeli svijet služio, ali sve se to promijenilo 1875. godine na Metarskoj konvenciji gdje su predstavnici 17 zemalja potpisali dogovor kojim je ustanovljen metar kao standardna mjerna jedinica.

U zrakoplovstvu se, uz metar i njegove izvedenice, koristi i nautička milja za veće udaljenosti, koja je definirana kao jedna minuta geografske širine i iznosi 1852 metra.

Klasične metode mjerenja udaljenosti podrazumijevaju neke fizičke naprave koje imaju označene mjerne jedinice i onda udaljenost istaknutu na njima uspoređujemo s stvarnom udaljenosti nečega što želimo izmjeriti.

Visina, tj. laički rečeno udaljenost od tla zrakoplova mjeri se primarno pomoću tlaka zraka na barometarskom principu, što naravno podrazumijeva neki postotak greške i dugo vrijeme reakcije instrumenta, ali u trenucima kada želimo preciznu i brzu udaljenost zrakoplova od nekog predmeta, pojave ili tla potrebna nam je izravnija metoda neposrednog mjerenja udaljenosti. Zrakoplovi lete velikim brzinama i na velikim visinama koje se puno puta mijenjaju u malom vremenskom intervalu. Mogli bismo uzeti neko uže spustiti ga iz zrakoplova i na njemu očitavati udaljenost od tla, to bi možda moglo funkcionirati kada je u pitanju neki brod da izmjeri dubinu vode ispod sebe, ali kod zrakoplova definitivno ne. Iz tog razloga potrebna nam je mogućnost brzog, točnog i bežičnog mjerenja udaljenosti.

U ovom radu opisane su najčešće metode bežičnog mjerenja udaljenosti, istaknute su prednosti i mane svake od njih, te navedena područja primjene. Prezentirana je izrada modela jedne od metoda.

Završni rad se sastoji od 5 poglavlja:

1. Uvod
2. Općenito o metodama bežičnog mjerenja udaljenosti
3. Odabir optimalne metode za izradu modela bežičnog detektora udaljenosti
4. Projekt i konstrukcija modela bežičnog detektora udaljenosti
5. Zaključak

Prvo poglavlje završnog rada je Uvod koji općenito govori o mjerenju udaljenosti, te opisuje sadržaj i strukturu rada.

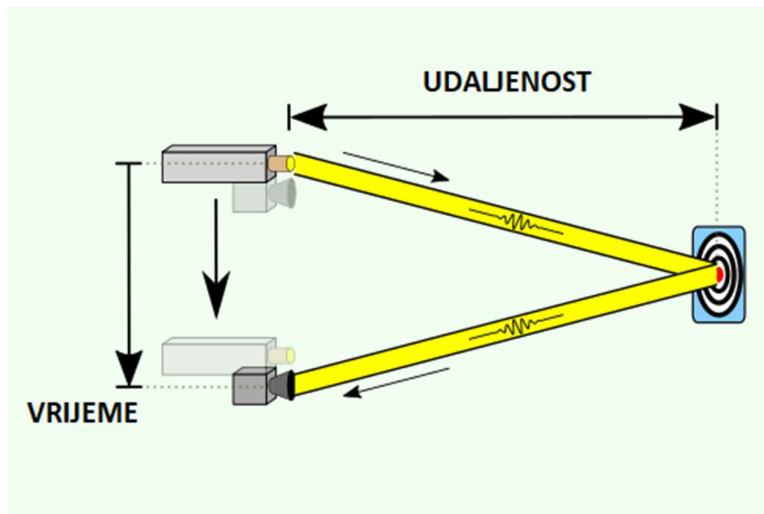
U drugom poglavlju razmatraju se svaka od najčešćih metoda bežičnog mjerenja udaljenosti.

Treće i četvrto poglavlje bave se glavnom temom ovog završnog rada, razlogom odabira metode, te prezentiraju proces izrade modela.

Zadnje poglavlje je zaključak koji objedinjuje sva poglavlja i iznosi mišljenje.

2. OPĆENITO O METODAMA BEŽIČNOG MJERENJA UDALJENOSTI

Kada govorimo o načinima bežičnog mjerenja udaljenosti, postoji nekoliko metoda. Većina njih zasniva se na „*time of flight*“ principu. „*Time of flight*“ princip podrazumijeva odašiljanje neke vrste signala, koji se zatim reflektira od željenog objekta i biva primljen natrag, na osnovu vremena koje je proteklo i brzini širenja signala možemo izračunati udaljenost (sl. 1).[1]



Slika 1 „*Time of flight*“ princip [1]

U ovom radu pojasnit ćemo optičku, lasersku, ultrazvučnu metodu i radar.

2.1. Optička metoda

Optičke metode koriste isključivo načine manipulacije svjetlosti i matematičke funkcije kako bi odredili udaljenost do mete. Tri najpoznatije optičke metode određivanja udaljenosti su stadiometrijska metoda, metoda koincidencije i stereoskopska metoda.

2.1.1. Stadiometrijska metoda

Stadiometrijska metoda podrazumijeva upotrebu teleskopa sa sustavom leća i nekom ugrađenom ljestvicom koja nam ovisno o položaju naše mete u odnosu na tu ljestvicu daje neku okvirnu udaljenost.

Zasniva se na matematičkom principu sličnosti trokuta koji govori da je omjer duljine nasuprotne i priležeće stranice nekog kuta to jest tangens za slične trokute konstantan.

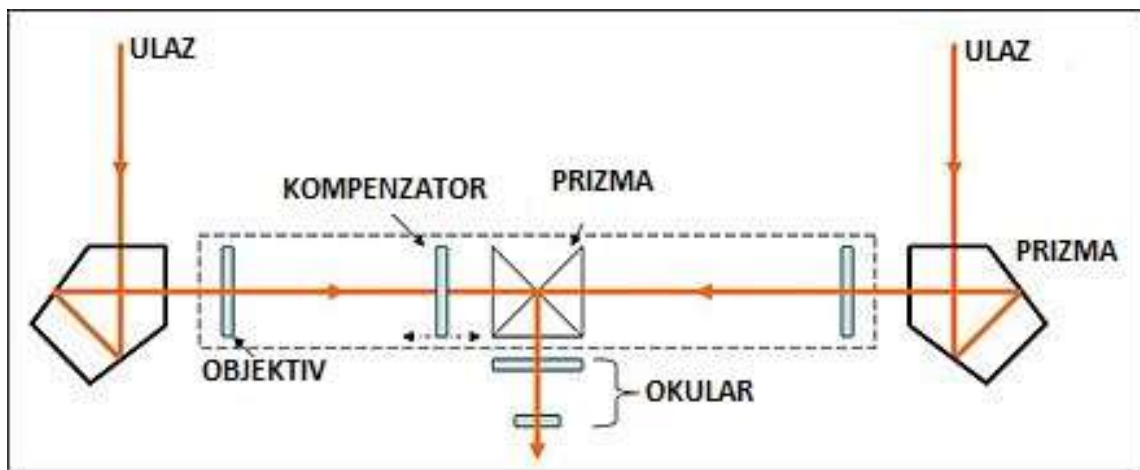
Koristi se najčešće u geodezije za određivanje okvirne udaljenosti neke reljefne točke, te u vojne svrhe na optikama na snajperskim puškama i raznim oružjima (sl. 2).



Slika 2 Optika sa stadiometrijskim daljinomjerom [2]

2.1.2. Metoda koincidencije

U slučaju metode koincidencije postoji cijev s dva ulaza koji pomoću prizmi preusmjeravaju svjetlost u sredinu uređaja gdje se nalazi okular, svjetlost dolazi sa svakog kraja pod malo drugačijim kutom zbog čega slika ispada mutna. Gledajući kroz okular i okrećući kotačić za kompenzaciju, možemo dva izvora svjetlosti dovesti u koincidenciju, izoštriti sliku (sl. 3). Na osnovi koliko kompenzacije je potrebno, možemo dobiti podatak o udaljenosti mete.[2]



Slika 3 Shematski prikaz daljinomjera metode koincidencije [2]

2.1.3. Stereoskopska metoda

Radi na principu sličnom kao i metoda koincidencije samo se umjesto jednog okulara i mutne slike upotrebljavaju dva okulara i ljudska sposobnost stereoskopskog vida da uskladi slike kada se preklapaju. Primjer stereoskopskog daljinomjera vidljiv je na sl. 4.



Slika 4 Primjer stereoskopskog daljinomjera [2]

2.2. Laserska metoda

Laser (eng. **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation, pojačanje svjetlosti s pomoću stimulirane emisije zračenja) je uređaj za pojačavanje i stvaranje uskog elektromagnetskog zračenja. Zasniva se na kvantnim pojavama pri prijenosu energije zračenjem i na međudjelovanju atoma ili molekula s vlastitim zračenjem. Laserska svjetlost se emitira pri prelasku atoma iz višeg u niže energetske stanje. Primjer lasera male snage vidljiv je na sl. 5.[3]



Slika 5 Laserski pokazivač [3]

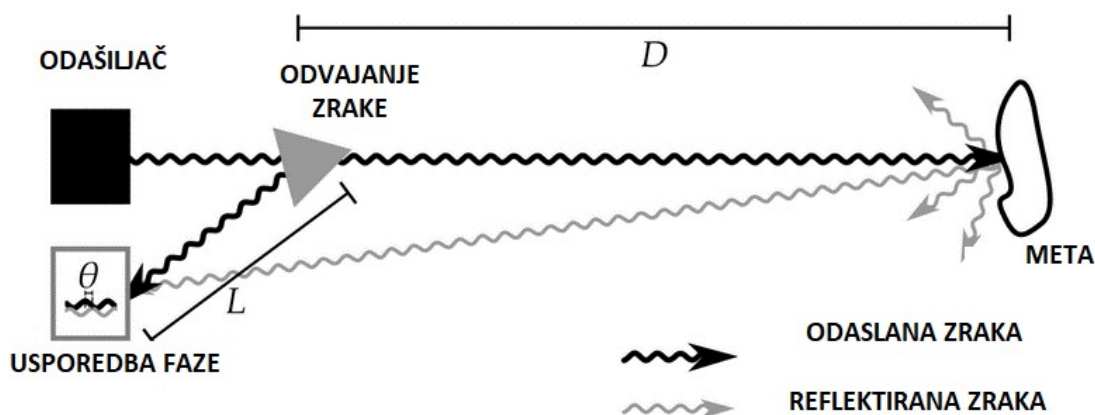
Laserski daljinomjeri su najzastupljenije u komercijalni uređajima koji se koriste u građevini i za amaterske svrhe (sl. 6). Postoje tri načina na koji laserski daljinomjeri mjere udaljenost: razlika u fazi, „*time of flight*“ i interferometrija.



Slika 6 Komercijalni laserski daljinomjer [8]

2.2.1. Fazni laserski daljinomjer

Fazni laserski daljinomjeri odašilju lasersku zraku prema meti, dio zrake se odvaja i odmah reflektira natrag u uređaj, a drugi dio odlazi do mete i reflektira se od nje. Uređaj zatim uspoređuje dvije zrake i na osnovi njihove razlike o fazi dolazi do podatka o udaljenosti (sl. 7).

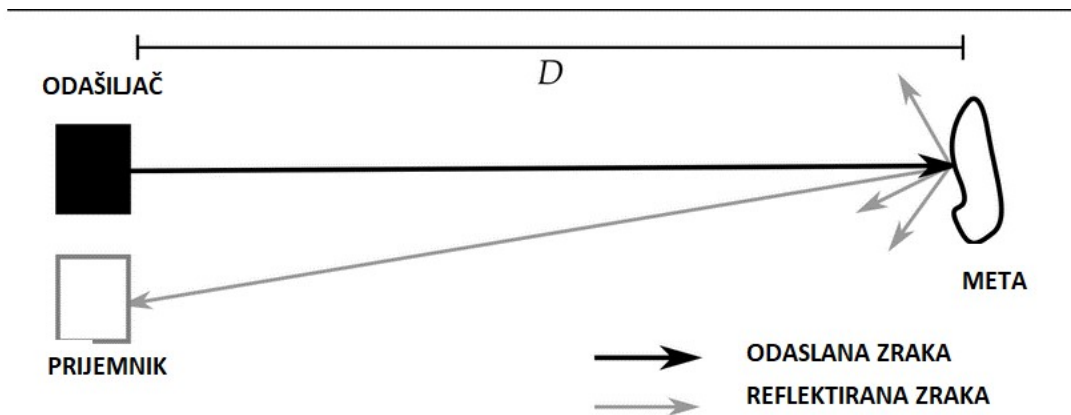


Slika 7 Princip rada faznog laserskog daljinomjera [4]

2.2.2. TOF laserski daljinomjer

„Time of flight, TOF“ laserski daljinomjeri mjere udaljenost direktno na osnovi brzine širenja laserske zrake i vremena potrebnog za refleksiju (sl. 8). Većina laserskih daljinomjera kombinira ove dvije metode na način da se TOF koristi za grubo mjerenje, a fazna metoda za fino mjerenje.[4]

$$D = \frac{ct}{2}$$



Slika 8 Princip rada TOF laserskog daljinomjera [4]

2.2.3. Interferometrijski laserski daljinomjeri

Interferometar je mjerni instrument koji elektromagnetske ili mehaničke valove izvora prima s pomoću dvaju ili više objektivna (detektora) pa se s pomoću pruga interferencije valova provode precizna mjerenja.

Interferencija valova je međudjelovanje dvaju ili više valova (redovito jednake valne duljine) koji istodobno prolaze kroz isti prostor. Zbiva se kod svih valova (mehaničkih, elektromagnetskih, valova na vodi, sl. 9) i općenito kod svih periodičkih gibanja. Amplituda rezultantnoga vala može biti veća ili manja od amplituda pojedinih izvornih valova, što ovisi o odnosu među njihovim fazama.

Interferometrijski laserski daljinomjeri su bez sumnje najpreciznija i najbrža metoda mjerenja udaljenosti, ali su skupi i osjetljivi na oštećenja, što ih čini nepouzdanima na terenu.



Slika 9 Interferencija valova na vodi [9]

2.3. Ultrazvučna metoda

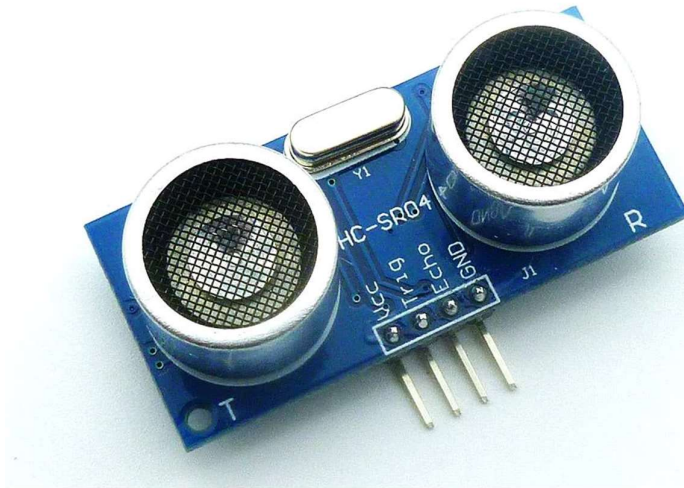
Zvukovi frekvencije iznad 20 kHz do oko 10 MHz spadaju u područje ultrazvuka koje ljudsko uho ne može zamijetiti. Izvori ultrazvuka pretvaraju električne titraje u mehaničke, a to postižu na temelju piezoelektričnih svojstava tvari. Piezoelektričnost je pojava gdje nastaje električna polarizacija kao posljedica mehaničke deformacije, najčešće u kristalima. Pojava je nazvana piezoelektrični efekt.[5]

Ultrazvučna metoda se zasniva na „*time of flight*“ principu. Daljinomjer se sastoji od generatora ultrazvuka te prijemnika s odgovarajućim sensorima (sl. 10). Ultrazvuk se odašilje prema nekoj meti, reflektira se i vraća u prijemnik.

Kao i kod laserskog TOF daljinomjera, na osnovi vremena koje je proteklo do povratka zrake i poznavanja brzine svjetlosti možemo lako izračunati udaljenost D prema formuli

$$D = \frac{ct}{2}$$

gdje je c brzina svjetlosti, a t ukupno vrijeme od odašiljanja do primitka koje je potrebno podijeliti sa 2 jer je u mjerenju sadržan put do mete i natrag.



Slika 10 Ultrazvučni senzor [5]

2.4. Radar

Radar (eng. **R**adio **D**etection and **R**anging, otkrivanje i određivanje udaljenosti radio valovima) je elektronički uređaj za određivanje, u užem smislu, udaljenosti nekog predmeta na temelju refleksije odaslanih elektromagnetskih radio valova.

Prvi takav uređaj izrađen je oko 1900.godine u svrhu sprječavanja sudara brodova, a izumio ga je njemački znanstvenik Christian Hulsmeier. Prvi uređaj koji je sličan današnjim radarima izradio je Robert Watson-Watt 1935. godine. Radar omogućuje otkrivanje predmeta u uvjetima loše vidljivosti, na primjer kroz kišu, maglu ili dim te u mraku. Kako se elektromagnetski valovi šire pravocrtno domet radara ograničen je zakrivljenošću Zemljine površine. [5]

Radar koristi ultrakratke radio valove kako bi se uspješno mogli reflektirati o predmete i površine. U osnovnoj verziji također radi na TOF principu, samo se kod njega radi o radio valovima, a ne svjetlosti ili ultrazvuku. Postoje također i frekvencijsko modulirani radari, te doppler radari.

Zbog svoje posebnosti, radar može otkriti objekte kroz naoblaku i u uvjetima slabe vidljivosti, vršne snage su mu izrazito visoke, a može detektirati povrate signale od svega nekoliko μW . Rotacijom antene (sl. 11) radar uz udaljenost otkriva i smjer objekta kojeg je detektirao.

U početku su radari jednostavno prikazivali reflektirani signal na ekran s katodnom cijevi, dok nije došlo do razvoja računalnih sustava koji automatski ucrtavaju povratne signale na zaslonu.



Slika 11 Radarska antena [6]

3. ODABIR OPTIMALNE METODE ZA IZRADU MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA UDALJENOSTI

Optičke metode mjerenja udaljenosti su jednostavne i učinkovite, ali su neprecizne, a sami daljinomjeri zahtijevaju preciznu optiku i jako su glomazni u konstrukciji.

Laserski daljinomjeri su precizni, imaju dobar domet, senzori su dostupni za nabavku, iako malo više cijene.

Ultrazvučni daljinomjeri su precizni, jednostavni za upotrebu, imaju manji domet, jednostavni su za nabavku i cijena im je niska.

Radarski je zahtjevan i kompliciran sustav, senzori su teško dobavljivi i jako visoke cijene.

U zrakoplovstvu se najviše koristi radar, kao meteo radar u zrakoplovu koji upozorava na meteo pojave ispred zrakoplova, zatim radio visinomjer koji daje precizna očitavanja visine prilikom slijetanja ili radar za teren kao dio GPWS (eng. *Ground Proximity Warning System*, sustav upozoravanja na blizinu tla). Nekada i glavni alat u kontroli zračne plovidbe koja više ne koristi primarni radar, ali se i dalje koristi u vojne svrhe.

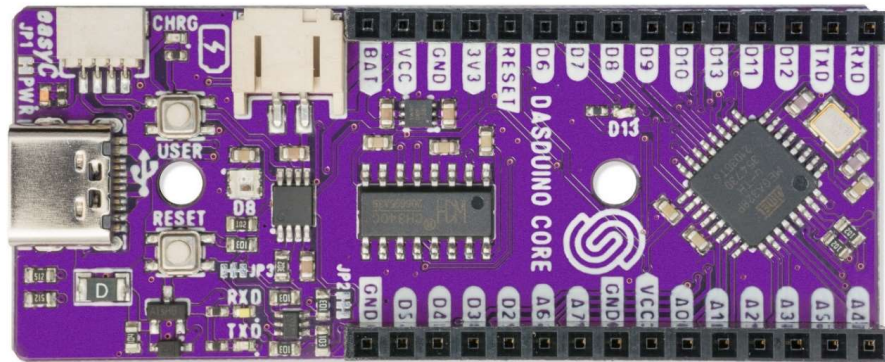
Idealno bi bilo napraviti model nekog radarskog sustava, ali zbog jako kompleksne izvedbe i cijene komponenata odabran je model ultrazvučnog daljinomjera kao dobra alternativa a i zbog sličnosti radio visinomjeru koji se koristi u zrakoplovu.

4. PROJEKT I KONSTRUKCIJA MODELA BEŽIČNOG DETEKTORA UDALJENOSTI

Model ultrazvučnog daljinomjera zamišljen je kao prijenosni, mali ručni uređaj s ekranom koji prikazuje trenutnu udaljenost od objekta ispred te s ugrađenom punjivom baterijom.

4.1. Komponente

Centralna jedinica daljinomjera je arduino nano mikrokontroler (sl. 12) na kojeg su povezane sve komponente. Programski kod može se pronaći u prilogima.



Slika 12 Arduino nano mikrokontroler [7]

Ultrazvučni senzor HC-SR04 ima dva modula za odašiljanje i prijem ultrazvuka (sl. 13).



Slika 13 HC-SR04 ultrazvučni senzor [7]

Za prikaz dobivenog mjerenja koristi se TM1637 prikaznik (sl. 14).



Slika 14 TM1637 7-segmentni LED brojčani prikaznik [7]

Kao izvor struje koristi se litij ionska baterija kapaciteta 500 mAh (sl. 16) uz prekidač za paljenje i gašenje (sl. 15).



Slika 15 Prekidač [7]



Slika 16 Litij ionska baterija 500mAh [7]

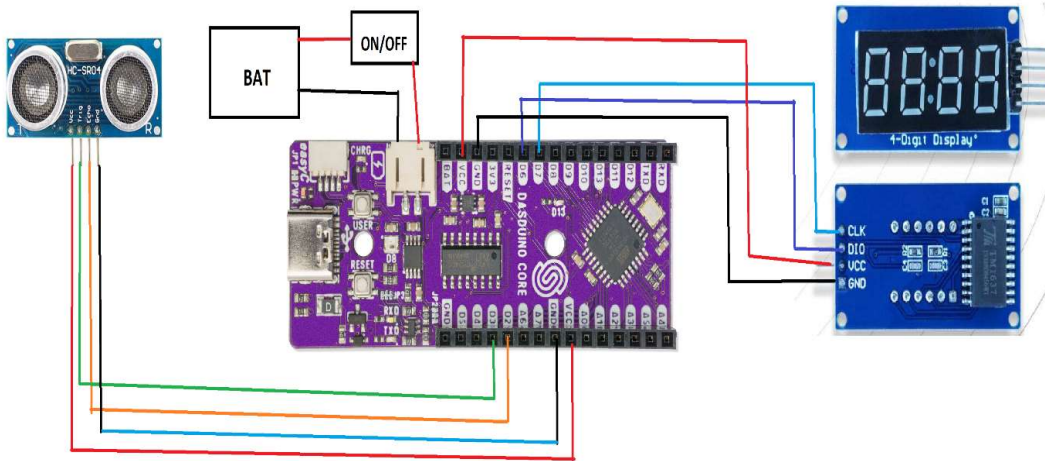
Sve komponente su ugrađene u plastično kućište (sl. 17).



Slika 17 Plastično kućište [7]

4.2. Shema spajanja

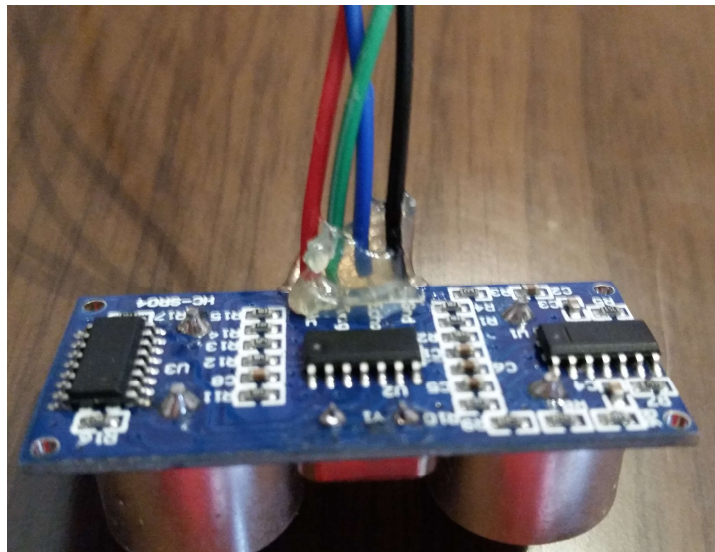
Mikrokontroler spaja sve komponente, baterija u seriji s prekidačem povezana je na ugrađeni priključak za bateriju, ultrazvučni senzor povezan je na 2 digitalna ulaza/izlaza koji su kasnije definirani u programskom kodu te na pozitivan i negativan izlaz napona, na isti način povezan je i LED prikaznik (sl. 18).



Slika 18 Shema spajanja

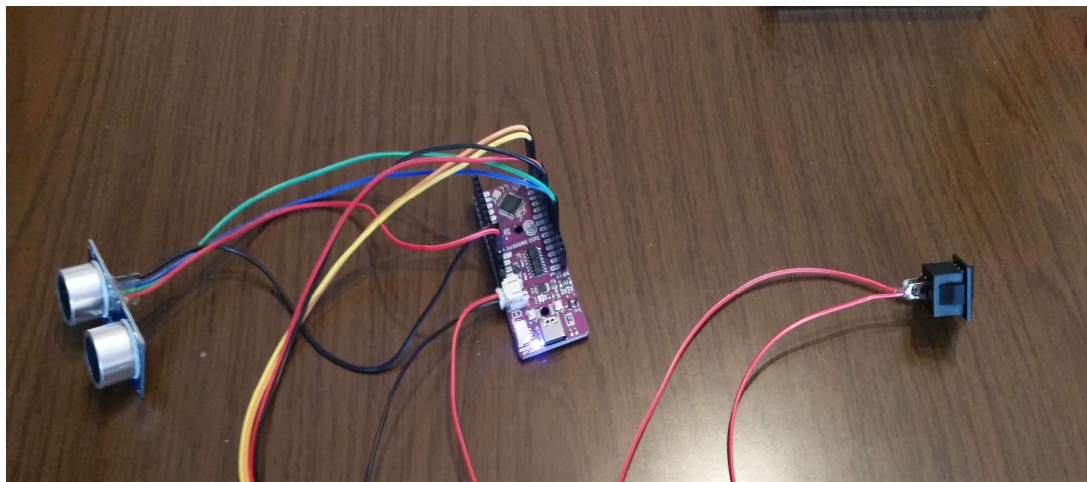
4.3. Konstrukcija

Na sve komponente nalemljeni su vodiči koji su zatim ojačani vrućim ljepljivom (sl. 19).



Slika 19 Zalemljeni vodiči ojačani vrućim ljepljivom

Sve komponente su testno povezane na stolu zbog provjere ispravnosti (sl. 20).



Slika 20 Testno povezivanje komponentata

Svi spojevi su trajno zalemljeni i izrezani su potrebni utori u kućištu (sl. 21).



Slika 21 Utori u plastičnom kućištu

Dijelovi su stavljeni u kućište i osigurani vrućim ljepilom i na kraju je izrezan utor za pristup USB-C priključku (sl. 22 i 23).



Slika 22 Unutrašnjost uređaja



Slika 23 USB-C priključak sa stražnje strane

Slika 24 prikazuje završni izgled daljinomjera.



Slika 24 Sastavljen uređaj

4.4. Specifikacije i točnost

Tablica 1 prikazuje osnove specifikacije daljinomjera.

Tablica 1 Specifikacije daljinomjera

MINIMALNA UDALJENOST	1 cm
DOMET	250 cm
PRECIZNOST	+ - 1 cm
KAPACITET BATERIJE	500 mAh
POTROŠNJA STRUJE	100 mAh
ISTRAJNOST	5 h
PUNJENJE	5V adapter USB-C

Za provjeru točnosti uređaja izvedena su mjerenja na prethodno metrom točno izmjerenim udaljenostima od ravnog zida (sl. 26).



Slika 25 Testiranje točnosti

Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 2.

Tablica 2 Rezultati mjerenja točnosti

UDALJENOST	10 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm	250 cm
IZMJERENO	10 cm	50 cm	99 cm	151 cm	202 cm	247 cm
ODSTUPANJE	0 cm	0 cm	-1 cm	+1 cm	+2 cm	-3 cm
%	0	0	-1	+0.66	+1	-1.2

5. ZAKLJUČAK

Mogućnost preciznog, bežičnog mjerenja udaljenosti izuzetno je važna u zrakoplovstvu kako bi piloti mogli održavati zrakoplov na sigurnoj udaljenosti od terena i prepreka.

U ovom završnom radu pojašnjene su neke od metoda bežičnog mjerenja udaljenosti.

Cilj ovog rada bio je napraviti funkcionalan model bežičnog detektora udaljenosti. Zbog kompleksnosti ostalih metoda, odabran je ultrazvučni način koji najbliže ilustrira rad radio visinomjera u zrakoplovu.

Uređaj je samostalan, prenosiv, u vlastitom kućištu s litij ionskom baterijom punjivom preko USB-C priključka i radi u rasponu 1-250 cm. Na 7-segmentom LED ekranu prikazuje udaljenost do najbližeg objekta ispred sebe u centimetrima.

Ispitivanje točnosti pokazalo je da daljinomjer ima visoku točnost pri manjim udaljenostima, a s povećanjem udaljenosti dolazi do većih odstupanja.

LITERATURA

- [1] Time-of-Flight principle. Preuzeto s:
<https://www.terabee.com/time-of-flight-principle/> [Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [2] Wikipedia: Rangefinder. Preuzeto s: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rangefinder>
[Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [3] Enciklopedija.hr: Laser. Preuzeto s:
<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=35494> [Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [4] Researchgate. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/figure/Principles-of-laser-rangefinders-A-Time-of-Flight-principle-the-device-records-the_fig2_337567792
[Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [5] Maxbotix: Ultrasonic sensors. Preuzeto s:
<https://www.maxbotix.com/articles/how-ultrasonic-sensors-work.htm>
[Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [6] Britannica: Pulse radar Preuzeto s:
<https://www.britannica.com/technology/radar/Pulse-radar> [Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [7] E-radionica Preuzeto s:
<https://e-radionica.com/> [Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [8] <https://webshop.elgrad.hr/upload/images/modules/webshop/products/original/3328-bosch-glm-30.png> [Pristupljeno: 14.8.2022.]
- [9] <https://www.sciencephoto.com/media/705978/view/wave-interference-pattern>
[Pristupljeno: 14.8.2022.]

PRILOZI

Prilog 1 Arduino programski kod

```
#include <NewPing.h> // uključujemo zbirku naredbi i programa za upravljanje ultrazvucnim senzorom
#include <Arduino.h> // uključujemo osnovnu zbirku naredbi i programa za arduino
#include <TM1637Display.h> // uključujemo zbirku naredbi i programa za upravljanje LED ekranom

#define TRIGGER_PIN 3 // definiramo koji pin će biti trigger za ultrazvucni senzor
#define ECHO_PIN 2 // definiramo koji pin će biti echo za ultrazvucni senzor
#define MAX_DISTANCE 350 // maksimalna udaljenost u cm za koju dozvoljavamo mjerenje

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // inicijalizacija početne naredbe za ultrazvučni senzor

#define CLK 7 // definiramo koji pin će biti CLOCK za LED ekran
#define DIO 6 // definiramo koji pin će biti DATA za LED ekran
#define TEST_DELAY 200 // vrijeme u ms između mjerenja

TM1637Display display(CLK, DIO); // inicijalizacija početne naredbe za LED ekran

void setup() // kod koji se pokrene jednom pri paljenju
{
  Serial.begin(9600); // namjestamo brzinu prijenosa podataka za komunikaciju s računalom
}

void loop() { // kod koji se konstantno ponavlja
  display.setBrightness(0x0f); // namjestimo svjetlinu ekrana
  uint8_t data[] = { 0x0, 0x0, 0x0, 0x0 }; // postavljamo podatke za ekran da prikazuje 0
  display.setSegments(data); // saljemo podatke na ekran
  int distance = sonar.ping_cm(); // saljemo ultrazvuk da izmjerimo udaljenost

  Serial.print(sonar.ping_cm()); // ispis rezultata na računalo

  display.showNumberDec(distance, false, 3,1); // ispis rezultat na LED ekran
  delay(TEST_DELAY); // čekanje između sljedećeg mjerenja
}
```

POPIS KRATICA I AKRONIMA

LASER	(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)
LED	(Light Emitting Diode)
RADAR	(Radio Distance and Ranging)
TOF	(Time of Flight)
USB	(Universal Serial Bus)

POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1 „Time of flight“ princip[1]	3
Slika 2 Optika sa stadiometrijskim daljinomjerom[2]	4
Slika 3 Shematski prikaz daljinomjera metode ko incidencije[2]	5
Slika 4 Primjer stereoskopskog daljinomjera[2]	6
Slika 5 Laserski pokazivač[3]	7
Slika 6 Komercijalni laserski daljinomjer[8]	7
Slika 7 Princip rada faznog laserskog daljinomjera[4]	8
Slika 8 Princip rada TOF laserskog daljinomjera[4]	9
Slika 9 Interferencija valova na vodi[9]	10
Slika 10 Ultrazvučni senzor[5]	11
Slika 11 Radarska antena[6]	12
Slika 12 Arduino nano mikrokontroler[7]	14
Slika 13 HC-SR04 ultrazvučni senzor[7]	14
Slika 14 TM1637 LED 7-segmentni brojčani prikaznik[7]	15
Slika 15 prekidač	15
Slika 16 Litij ionska baterija 500 mAh	15
Slika 17 Plastično kućište[7]	16
Slika 18 Shema spajanja	17
Slika 19 Zalemljeni vodiči ojačani vrućim ljepilom	17
Slika 20 Testno povezivanje komponenata	18
Slika 21 Utori u plastičnom kućištu	18
Slika 22 Unutrašnjost uređaja	19
Slika 23 USB-C priključak sa stražnje strane	19
Slika 24 Sastavljen uređaj	20
Slika 26 Demonstracija preciznosti	21
Tablica 1 Specifikacije daljinomjera	20
Tablica 2 Rezultati mjerenja točnosti	21

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ završni rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Konstrukcija modela bežičnog detektora udaljenosti, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 3.9.2022

Karlo Horvat 
(ime i prezime, potpis)