

# Automatizacija parking sustava

---

**Vujičić, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:203957>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Završni rad

**AUTOMATIZACIJA PARKING SUSTAVA**

Rijeka, Rujan 2021

Marko Vujičić

0233006922

SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Završni rad

**AUTOMATIZACIJA PARKING SUSTAVA**

Mentor : doc. dr. sc. Vedran Kirinčić

Rijeka, Rujan 2021

Marko Vujičić

0233006922

Rijeka, 10. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za elektroenergetiku**  
Predmet: **Osnove elektrotehnike II**  
Grana: **2.03.01 elektroenergetika**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Marko Vujičić (0233006922)**  
Studij: **Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike**

Zadatak: **Automatizacija parking sustava / Parking system automation**

### Opis zadatka:

U radu je potrebno dati prikaz tehnologija za automatizaciju parking sustava. Potom je potrebno detaljno opisati koncepte i osnovne komponente. Prikazati primjere dostupnih tehnologija na tržištu i njihovih značajki. Dati primjere inovativnih rješenja u Hrvatskoj i svijetu.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

*Marko Vujičić*

Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2020.

Mentor:



Doc. dr. sc. Vedran Kirinčić

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:



Prof. dr. sc. Viktor Sučić

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike

IZJAVA

U skladu s člankom 10. Pravilnika o završnom radu i završnom ispitu na preddiplomskim sveučilišnim studijima Tehničkog fakulteta u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad prema zadatku br. (broj zadatka) za mjesec 2020. godine.

Rijeka, Rujan 2021.



Marko Vujičić

0233006922

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 2. KONCEPT RADA AUTOMATIZIRANOG PARKING SUSTAVA.....       | 3  |
| 2.1. Detekcija prisutnosti vozila parkirnim senzorom ..... | 3  |
| 2.1.1. Detekcija ultrazvučnim senzorom .....               | 8  |
| 2.1.2. Detekcija induktivnim senzorom.....                 | 9  |
| 2.1.3. Detekcija infracrvenim senzorom .....               | 10 |
| 2.1.4. Akcelerometrar .....                                | 11 |
| 2.1.5. Magnetni senzor .....                               | 11 |
| 2.2. Detekcija kamerom.....                                | 12 |
| 3. DOSTUPNA TEHNOLOGIJA U HRVATSKOJ .....                  | 13 |
| 3.1. SparkSense sustav.....                                | 13 |
| 3.1.1. Razvoj modula i upravljanje barijerom .....         | 14 |
| 3.1.2. Opis rada barijere:[14].....                        | 15 |
| 3.1.3. Opis načina komunikacije barijere:[14] .....        | 17 |
| 3.1.4. Izrada serverske aplikacije .....                   | 17 |
| 3.1.5. Razvoj aplikacije za pametne telefone .....         | 17 |
| 3.1.6. Izrada komunikacijskog modula info displaya.....    | 18 |
| 4. INOVATIVNA TEHNOLOGIJA U HRVATSKOJ I SVIJETU.....       | 19 |
| 4.1. AMANDA project .....                                  | 19 |
| 4.2. Parking pomoću robota.....                            | 21 |
| 5. ZAKLJUČAK .....   | 22 |
| 6. LITERATURA .....  | 23 |
| 7. DODACI .....  | 25 |
| SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI.....                              | 26 |
| SUMMARY AND KEY WORDS .....                                | 27 |



# 1. UVOD

Jedan dio povećanja standarda i kvalitete života čovjeka na zemlji, jest potreba za više prijevoznih sredstava. Mnogi gradovi, kako u svijetu tako i u Hrvatskoj, imaju velikih problema sa gužvama nastalih zbog prometa u samom centru grada, na turistički atraktivnim mjestima, na velikim događajima kao što su koncerti i utakmice. Iz tog razloga kako bi se smanjile gužve ili zbog jednostavne potrebe za rezervacijom parkirnog mjesta, a i olakšalo vozačima uvode se u sve većem broju pametna rješenja za parking mjesta.

Osobna istraživanja pokazala su mi problem ovog rada: iako je automatizacija parkinga jako korisna, u Hrvatskoj još nije značajnije zastupljena niti jedna druga tehnologija automatizacije parkinga osim sustava sa rampom na većim parkirnim prostorima. Stoga problematika ovog rada odnosit će se na istraživanje prednosti i mana novih rješenja automatiziranih parking sustava.

Predmet završnog rada se odnosi na istraživanje pojedinih komponenti automatizacije parking sustava, te načina rada samog sustava. Također, u radu će se istražiti primjene, te inovativna rješenja u svijetu i Hrvatskoj

Svrha i cilj rada jest istražiti dosadašnja najbolja rješenja automatiziranog parkinga i prikazati njihov način rada. Također istražiti i buduća inovativna rješenja, te na koji način ona mogu pomoći krajnjem korisniku. U završnom radu, želi se prikazati primjena automatizacije parking sustava i opisati njihove pojedine komponente.

Nakon Završnog rada, bit će moguće odgovoriti na neka ključna pitanja za razumijevanje tematike ove teme kao što su:

1. Što se podrazumijeva pod automatizacijom parkinga?
2. Princip rada automatizacije parking sustava?
3. Koje su glavne komponente sustava?
4. Kako odabrati potreban senzor?
5. Koja su trenutna i buduća rješenja automatiziranog parkinga u Hrvatskoj i svijetu?



Struktura rada je takva gdje kroz četiri glavna poglavlja se pokušava pojasniti tematika ovog završnog rada. U uvodu ovog rada dano je okvirno objašnjenje što i na koji način očekivati od završnog rada. Također, koji su glavni ciljevi i svrha rada. U prvom poglavlju naziva koncept rada automatiziranog parking sustava prikazuje se osnovni princip rada sustava, prikazuje se i detaljno opisuje glavna komponenta sustava, senzori. Prikazane su karakteristike senzora na koje treba obratiti pozornost pri odabiru senzora za određeni sustav. Naredno poglavlje, dostupna tehnologija u Hrvatskoj, prikazuje nam projekt SparkSense tvrtke Penta d.o.o. Detaljno je opisan projekt gdje je prikazano na koji način barijere rade, njihov način komunikacije sa serverom, te isto tako i korisnička mobilna aplikacija preko koje krajnji korisnik ima mogućnost korištenja SparkSense projekta. Posljednje poglavlje inovativna tehnologija u svijetu i Hrvatskoj prikazuje dva inovativna rješenja. Prvi je AMANDA projekt u kojem sudjeluju tvrtke i institucije iz 6 različitih Europskih zemalja. Opisana je višenamjenska multisenzorska kartica u slučaju za korištenje parkinga, princip rada, te senzori koji se koriste u tom slučaju. Drugi projekt prikazan u posljednjem poglavlju je projekt tvrtke Stanley robotics. Radi se o autonomnom robotu koji ima mogućnost da sam podiže auto i parkira ga na parkirnom prostoru.

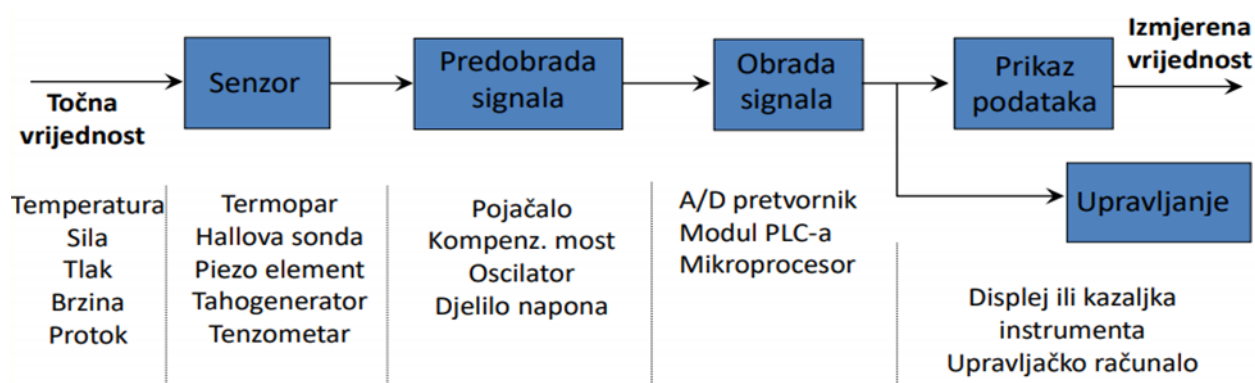
## **2. KONCEPT RADA AUTOMATIZIRANOG PARKING SUSTAVA**

Pod automatizirani parking sustav podrazumijeva se sustav u kojem se koriste komponente koje obavljaju određene zadatke kako bi krajnjem korisniku olakšale pristup i korištenje parkinga. Koncept rada automatiziranog parking sustava kreće od korisnika koji svojim prilaskom parkingu daje signal detekcije. Signal detekcije može biti pritiskom na određeno tipkalo, kao što je to primjer kod parkinga sa rampom ili garažnim vratima, gdje je taj signal dio algoritma PLC-a koji nakon toga poprima vrijednost 1 ili 0, ovisno o algoritmu sustava, te dalje algoritam PLC sustava odrađuje zadaću čiji je rezultat dizanje rampe istosmjernim motorom. Također, signal detekcije može biti realiziran pomoću odgovarajućih senzora spojenih na centralnu upravljačku jedinicu koji ima isti zadatak kao i PLC, a to je aktiviranje istosmjernog motora koji će spustiti određenu barijeru. Također, odlaskom vozila sa parkinga senzor detektira radnju koja rezultira potpunim i ispravnim radom sustava. Barijera može biti na samom parkirnom mjestu ili može biti na ulazu i izlazu parkirnog prostora. Upravljačka jedinica automatiziranog parking sustava ima zadatak prikupljanja podataka čitavog rada sustava i prema određenom algoritmu kontrolira pojedine zadatke komponenti. Uz senzore, centralnu upravljačku jedinicu i istosmjerni motor, kod inovativnih rješenja automatizacije parkinga veliku ulogu ima bežična komunikacija sustava sa serverom. Upravo uz tu pomoć bežične komunikacije možemo lakše, brže, sigurnije i pravovremeno uočiti te odlučiti gdje ćemo se parkirati. U ovom poglavlju opisati ću senzore koje se koriste kod automatiziranog parking sustava, a u nastavku rada kroz primjere opisati ću komunikaciju centralne upravljačke jedinice i servera, te kompletan primjer projekta.

### **2.1. Detekcija prisutnosti vozila parkirnim senzorom**

Senzor ili pretvornik je uređaj koji mjeri fizikalnu veličinu (npr. temperature, vlažnosti zraka, tlaka, broj okretaja motora) i pretvara je u signal pogodan za daljnju obradu (najčešće u električni signal). Zadaća senzora je dobiti što točniju informaciju o procesnoj varijabli koja se mjeri. Senzore se može podijeliti prema tipu mjerne veličine, načinu detekcije, tipu pretvorbe, materijalu od kojeg je napravljen senzor, tipu izlaznog signala, itd. Najčešća podjela je po tipu mjerne veličine. O primjeni senzora nam govori istraživanje koje je pokazalo kako Japan ulaže 3.64 milijarde dolara, USA i Europa 4.16 milijarde dolara dok ostatak svijeta na senzore ulaže 1.82 milijarde dolara. U današnje doba neki sustavi ne mogu funkcionirati bez senzora, a samim time kvaliteta života i poslovanja jako ovisi o sensorima jer nam on daje povratne informacije koje nam olakšavaju realizaciju ideje ili zadatka. [1][2]

Senzori rade na osnovu njihove interakcije s procesom i to tako što reagiraju na stanja, a reakciju transformiraju u izlazni signal. Postoji veliki broj fizikalnih pojava i efekata, načina transformacije svojstava procesa kao i metoda pretvaranja energije koji se mogu primijeniti pri izradi senzora. Nosilac informacije je masa ili energija. Mjerenje neelektričnih signala počinje pretvaranjem u električni pa se onda obavlja procesiranje. Važnost imaju fizikalni efekti koji omogućavaju takvu konverziju. Za neelektrično-električno pretvaranje potrebna je energija iz domena mjernog signala ili van njega.[2]



Slika 2.1: Potrebne komponente za ispravan rad senzora [2]

Senzore koji se koriste kod automatiziranog parking sustava su diskretni senzori. Diskretni senzori detektiraju kada mjerena veličina poprimi određenu vrijednost. U trenutku kada poprimi određenu vrijednost senzor na izlazu mijenja digitalno stanje. Svaki senzor ima svoje statičke i dinamičke karakteristike koje određuju kvalitetu senzora.

Statičke karakteristike senzora su:[2][3]

- Mjerno područje: definirano je gornjom i donjom granicom mjerne varijable. Ulazno i izlazno mjerno područje se posebno definira, što bi značilo da se definira minimalna i maksimalna vrijednost zasebno ulazne veličine, a zasebno izlazne veličine.
- Raspon: razlika između gornje i donje granice vrijednosti ulaznog i izlaznog mjernog područja
- Pogreška: razlika između točne i izmjerene vrijednosti mjerene varijable. Pogrešku razlikujemo u tri tipa, a to su: apsolutna pogreška, postotna pogreška u odnosu na izmjerenu vrijednost i postotna pogreška u odnosu na cijeli mjerni opseg. Apsolutna pogreška je maksimalna pogreška ne uzimajući u obzir mjerenu vrijednost. Postotna pogreška se dobiva dijeljenjem apsolutne pogreške s točnom matematičkom vrijednošću te množenjem sa 100.

- Linearnost i maksimalna nelinearnost: Linearnu karakteristiku opisujemo izrazom:

$$y = a \cdot x + b \quad (2.1)$$

Gdje je:

x-mjerena varijabla

y-idealna izlazna vrijednost

a,b-parametri linearne karakteristike

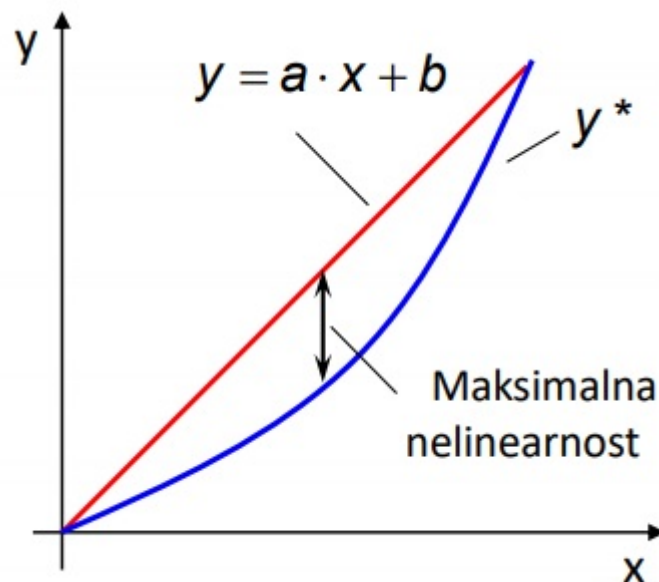
Nelinearnost opisujemo izrazom:

$$N = y^* - y \quad (2.2)$$

Gdje je:

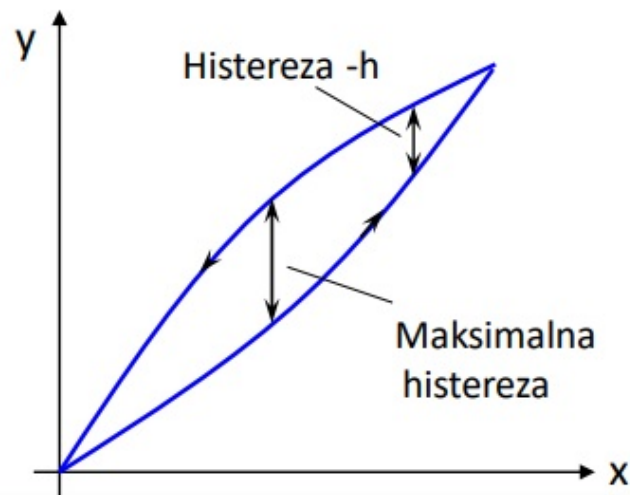
$y^*$ -stvarna izmjerena vrijednost

Iz gore navedenih izraza možemo zaključiti da je maksimalna nelinearnost najveća razlika između izmjerene vrijednosti i idealne linearne karakteristike. Postoje analogna i digitalna linearizacija nelinearnosti. Digitalna linearizacija se u današnje vrijeme više koristi, gdje se nelinearna karakteristika pohranjuje u memoriju mikrokontrolera, a onda mikrokontroler primjenjuje postupak linearne interpolacije između izmjerenih vrijednosti.



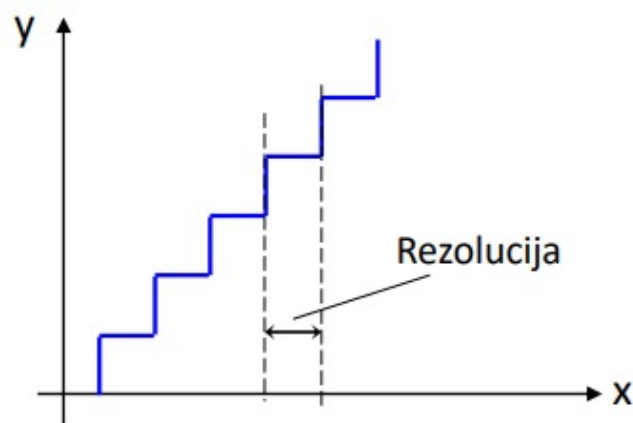
Slika 2.2: Maksimalna nelinearnost [2]

- **Ponovljivost:** je statička karakteristika koja se dobije uzastopnim mjerenjem procesne veličine u istoj radnoj točki na način da se mjerenje odvija svaki put na identičan način, odnosno ukoliko mjerimo težinu, na vagu se komadi moraju stavljati svaki put istim redoslijedom. Razlika u mjerenju definira svojstvo statičke karakteristike ponovljivosti.
- **Histereza:** je razlika između dvije iste mjerene vrijednosti. Histereza ovisi da li mjerena varijabla pada ili raste u odnosu na prethodnu vrijednost.



Slika 2.3: Krivulja histereza [2]

- **Rezolucija:** predstavlja najmanju vrijednost koju se može izmjeriti, odnosno najveća varijabla koja se ne može izmjeriti.



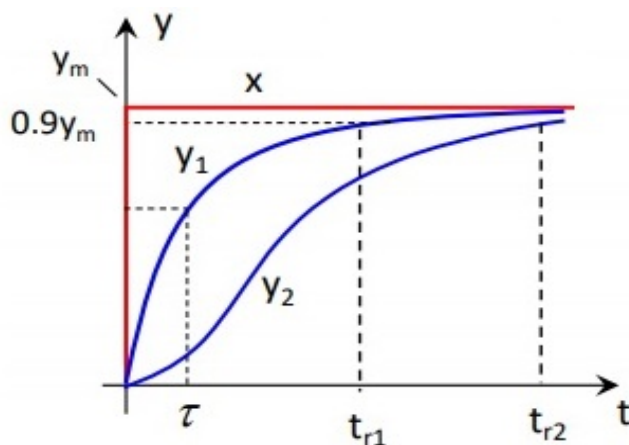
Slika 2.4: Rezolucija senzora [2]

- **Zona neosjetljivosti:** to je zona gdje za određenu vrijednost mjerene varijable na izlazu iz senzora dobije se nulti signal.
- **Pojas pogreške:** to je dozvoljeno odstupanje od idealne karakteristike, pri čemu su u obzir uzete sve navedene statičke karakteristike.

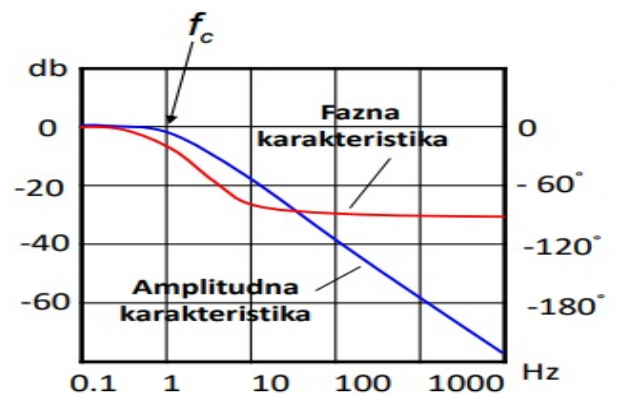
- Utjecaj okoline: uzrokuje odstupanje karakteristike lagano i tokom cijelog životnog vijeka senzora. Kako na utjecaj okoline ne možemo previše utjecati onda se senzor definira za točno određene uvjete okoline kao postotna pogreška točnosti za određenu promjenu okoline.

Ukoliko je mjerena varijabla dio sustava upravljanja onda ga nije dovoljno opisati samo statičkim karakteristikama nego je potrebno uzeti u obzir i njegove dinamičke karakteristike. One se opisuju u vremenskom i frekvencijskom području. Preko prijelazne funkcije definiramo karakteristiku u vremenskom području gdje je na slici 2.5 prikazan odziv sustava prvog reda  $y_1$  i odziv sustava drugog reda  $y_2$  na skokovitu promjenu mjerene varijable  $x$ . Također kod karakteristike prijelazne funkcije definira se vrijeme porasta  $t_r$  koje nam pokazuje za koliko vremena će izmjerena veličina poprimiti 90% stacionarne vrijednosti. Na slici 2.6 možemo vidjeti prikaz u frekvencijskom području gdje je područje opisano amplitudnom i faznom karakteristikom. Fazna karakteristika prikazuje kašnjenje izlaza mjernog elementa za stvarnom vrijednošću u stupnjevima ili radijanima. Oznaka  $f_c$  označava gornju graničnu frekvenciju koja se može izračunati prema izrazu 2.3 gdje je  $\tau$  vremenska konstanta senzora.[2][5]

$$f_c = \frac{0.159}{\tau} \quad (2.3)$$



Slika 2.6: Prijelazna karakteristika [2]



Slika 2.5: Fazna karakteristika [2]

### 2.1.1. Detekcija ultrazvučnim senzorom

Ultrazvučni senzor odašilje valove koji imaju frekvenciju veću od granice čujnosti čovjekovog uha, a to je frekvencija veća od 20kHz. Princip rada ultrazvučnog senzora temelji se na slanju ultrazvučnih valova iz odašiljača i vraćanju tih valova do prijammnika. Uz poznavanje brzine signala možemo lako odrediti udaljenost promatranog predmeta od senzora. Udaljenost od promatranog predmeta u zraku dana je izrazom:

$$x = \frac{(t \cdot v_z)}{2} \quad (2.4)$$

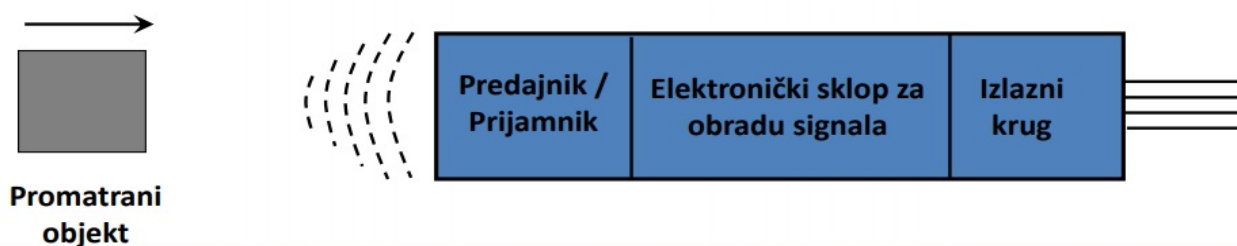
Gdje je:

x- udaljenost [m]

t-vrijeme potrebno da bi se impuls vratio do prijammnika [s]

$v_z$ -brzina zvuka u zraku [ $\frac{m}{s}$ ]

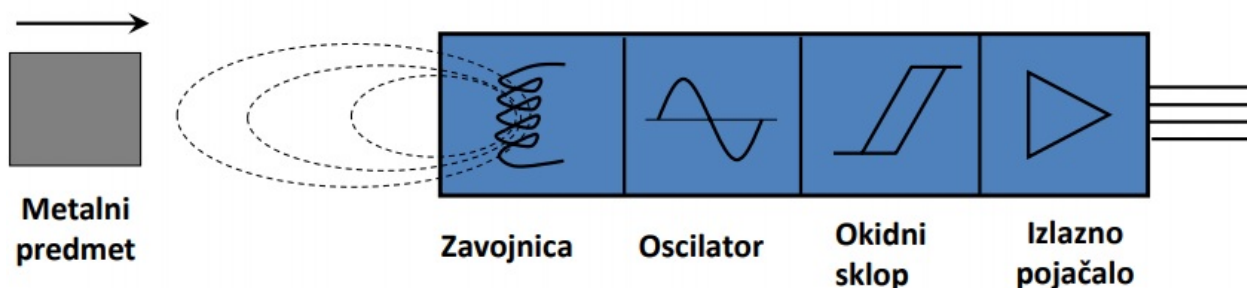
Ultrazvučni senzor može imati izlazni signal digitalan ili analogan, kod automatiziranog parkinga koristi se digitalni izlaz jer on detektira prisustvo objekta na određenoj udaljenosti što je sasvim dovoljno za funkcionalan rad parkinga. Za ispravan rad ultrazvučnog senzora, osim predajnika i prijammnik, potreban nam je i električni sklop za obradu signala koji je spojen na izlazni krug, odnosno na centralnu upravljačku jedinicu. Najčešće predajnici i prijammnici su piezoelektrični elementi koji su izrađeni od kristala, te uslijed djelovanja sile na kristal dolazi do njegove deformacije. Unutar kristala dolazi do razdvajanja pozitivnih i negativnih naboja u smjeru okomitom na smjer djelovanja sile. Ovakav način djelovanja predajnika i prijammnika naziva se izravnim piezoelektričnim efektom, a osim izravnog postoji i obrnuti piezoelektrični efekt koji na dovedeni napon u kristalu stvara silu koja uzrokuje njegovu deformaciju. Kod odašiljača kada dovedemo izmjenični napon on zatitra i stvara promjene u ultrazvučnoj frekvenciji koje ultrazvučni prijammnik detektira. Uz to, nedostatak kristala je taj da ne može postići velike amplitude titranja jer bi došlo do oštećenja. Karakteristike kristala uvjetuju kvaliteti ultrazvučne frekvencije. Odašiljači kod ultrazvučnog senzora koriste obratni piezoelektrični efekt, a prijammnici izravni piezoelektrični efekt. [4][5]



Slika 2.7: Ultrazvučni senzor[4]

### 2.1.2. Detekcija induktivnim senzorom

Induktivni senzori spadaju u kategoriju pasivnih bez kontaktnih senzora. U većini slučajeva reagiraju samo na metalne objekte, a u nekim izvedbama moguće je i na materijale kao što je grafit. Induktivni senzor sadrži zavojnicu s feritnom jezgrom, oscilator, okidni sklop te izlazno pojačalo. Princip rada se zasniva na promatranju promjene amplitude u oscilatoru, odnosno kada dovedemo napon na oscilator on napaja zavojnicu i stvara visokofrekventno elektromagnetsko polje koje se širi u okolinu senzora, nakon što se u toj okolini nađe neki metalni predmet, induciraju se vrtložne struje u koje troše energiju oscilatora. Smanjenje energije u oscilatoru rezultira smanjenjem amplitude titraja oscilatora. Sada smanjeno titranje, zbog vrtložnih struja, detektira okidni sklop, a izlazno pojačalo nam daje digitalni signal na izlazu koji daje informaciju o prisustvu metalnog predmeta. U ovom slučaju metalni predmet i potrošnju energiju u oscilatoru predstavlja automobil. Svojim prilaskom na parkirno mjesto, kako je i prikazano na slici 2.8, zahvaća prostor gdje senzor odašilje svoje elektromagnetsko polje i stvara u sebi vrtložne struje. Shodno opisanom principu rada induktivnog senzora, pri korištenju potrebno je oscilator podesiti na određenu amplitudu dovođenjem određenog napona, a odstupanje oscilacija vidimo u promjeni napona.



Slika 2.8: Induktivni senzor[4]

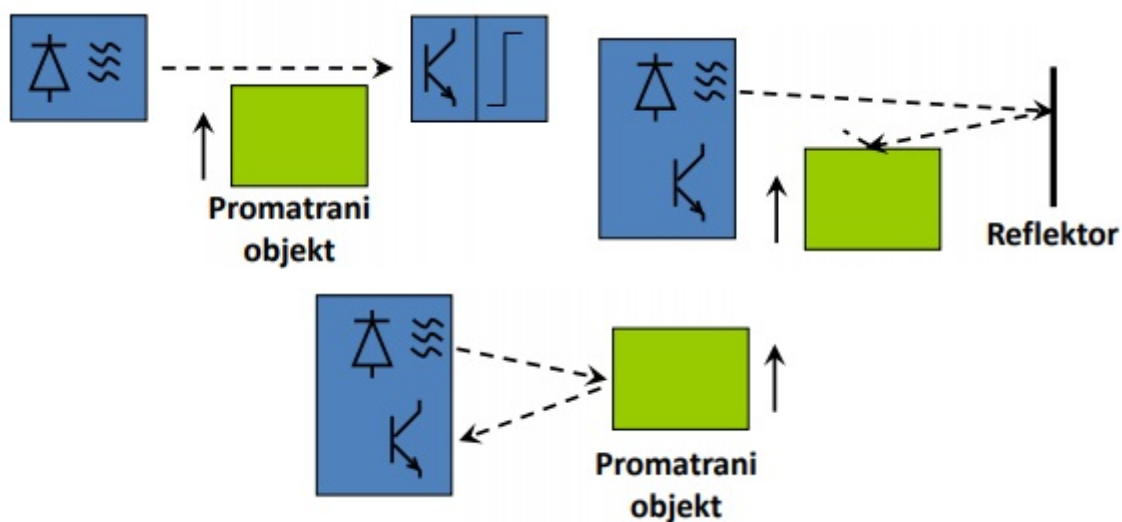
Većina induktivnih senzora ima mjerno odstupanje od 0.5%, a najbolje rezultate daje kada je izlazni signal u opsegu od 4-20mA(mili ampera). Uz to, prednosti induktivnog senzora su: bezkontaktni princip rada gdje nema habanje i vijek trajanja je iznimno velik, zaštićeni su od kratkog spoja i suprotnog polariteta napajanja, te mogu raditi u veoma teškim uvjetima rada (otporni su na vibracije, prašinu i vlagu).[4][7]



### 2.1.3. Detekcija infracrvenim sensorom

Infracrveni sensor temelji se na primjeni optoelektrike. Sensor sadrži predajnik( izvor svjetlosti) i prijemnik(fototranzistori ili fotodiode) u istom kućištu, a postoji i modeli koji imaju razdvojen predajnik i prijemnik. Izvor svjetlosti, tj. predajnik je infracrvena zraka koja nije vidljiva ljudskom, a domet infracrvenog spektra svjetlosti je čak i to nekoliko stotina metara. Kod optičkih senzora najkvalitetniji izvor svjetlosti su LED diode s infracrvenim izvorom svjetlosti, jer se najmanje zagrijavaju i najviše svjetlosti mogu emitirati.

Uz već navedene komponente infracrvenog senzora, prijamnik i predajnik, za potpuni rad senzora nužno je spojiti logički sklop za modulaciju napajanja LED diode i izlazno pojačalo koje obrađuje i pojačava izlazni signal. Infracrveni sensor radi na način da predajnik emitira svjetlost u prostor koja se odbija od promatranog objekta ili reflektora, te tu odbijenu svjetlost prijamnik detektira. Zbog načina detekcije svjetlosti možemo razlikovati tri tipa infracrvenog senzora. Za veće udaljenosti koristi se konfiguracija gdje predajnik i prijamnik nisu u istom kućištu nego su razdvojeni, te dolaskom promatranog objekta na putanju svjetlosne zrake na izlazu iz senzora kod prijamnika se mijenja digitalno stanje. Drugi tip senzora je da su predajnik i prijemnik u istom kućištu, ali u ovom slučaju potreban im je reflektor od kojeg se zraka svjetlosti odbija i konstantno svijetli u prijamnik. Pojavom promatranog objekta na putanji zrake svjetlosti prekida se strujni krug i detektira prisustvo objekta. Mana ovakvog tipa je manja udaljenost detekcije i mogućnost krive detekcije ako promatrani objekt ima reflektirajuću površinu. Treći tip infracrvenog sensor je da promatrani objekt bude reflektor od kojeg će se zraka svjetlosti odbiti do prijemnika, zbog toga se ovakav princip rada primjenjuje na manjim udaljenostima. Kod sva tri tipa kroz svjetleću LED diodu se pusti niz pravokutnih impulsa.[4]



Slika 2.9: Tri tipa infracrvenog senzora[4]

#### 2.1.4. Akcelerometrar

Akcelerometrar je elektromehanički senzor koji mjeri silu ubrzanja, odnosno inerciju. Sile koje akcelerometrar mjeri mogu biti statičke (konstantna sila gravitacije) ili dinamičke (vibracije uzrokovane pomicanjem objekta). Akcelerometrar dijelimo prema principu rada na akcelerometre sa piezoelektričnim efektom, piezootporničkim efektom, kapacitivni akcelerometri, servo akcelerometri i optički akcelerometri. Svaki od navedenih izvedbi akcelerometra ima svoje karakteristike prema kojima odabiremo najbolje za projekt, karakteristike koje treba uzeti u obzir su najčešće izlazni signal, broj osi rada, opseg mjerenja i rezolucija. Izlazni signal akcelerometra može biti digitalni ili analogni. Za većinu primjene dvoosni akcelerometrar je dovoljan, no primjerice kao i u AMANDA projektu, koji je opisan u poglavlju četiri, ponekad je potreban i akcelerometrar sa tri osi rada. Opseg mjerenja predstavlja najveće ubrzanje koje je moguće izmjeriti, a mjeri se pomoću ubrzanja zemljine teže što označavamo sa slovom  $g$  i iznosi  $9.81 \frac{m}{s^2}$ . Rezolucija je najmanja vrijednost koja se ne može izmjeriti, a prikazana je u poglavlju 2.1. [8][9]

#### 2.1.5. Magnetni senzor

Magnetni senzor pretvara magnetsko polje u električni signal. Za magnetni senzor podrazumijeva se da je magnetometrar (mjeri magnetsko polje) i čitač podataka. Magnetske senzore dijelimo na senzore za mjerenje intenziteta ukupnog magnetskog polja bez obzira na položaj instrumenta u smjeru magnetskog polja (protonski i optički magnetometrar) i na vektor-magnetometre koji mjere samo komponentu magnetskog polja koja je paralelna s mjernom osi instrumenta (indukcijski, fluxgate, hallov efekt i magnetootpornički). Većina magnetskih senzora koriste Lorenzovu silu stvarajući struju okomitu na vektor magnetske indukcije i izvorni smjer struje. Postoje još i senzori sa Hallo-ovim efektom. Hallov efekt je napon induciran u poluvodičkom materijalu koji se stvara zbog magnetskog polja u kojem se nalazi poluvodički materijal. Kod detekcije automobila magnetni senzor mjeri promjenu magnetskog polja u okolini, dolazak automobila iznad senzora rezultira promjenom magnetskog polja. Također, razlikujemo i poluvodički magnetski senzori koji mogu biti tankoslojni magnetski senzori (oslanjajući se na magnetsku otpornost tankih filmova napravljenih od spoja nikla i željeza), poluvodički magnetni senzor (Hallov efekt), optoelektrički magnetski senzor koji koristi svjetlost kao signal (zasnovan na Faradayevoj rotaciji polarizacijske ravnine od linearno polarizirane svjetlosti koja nastaje uslijed djelovanja Lorenzove sile na vezne elektrone u izolatorima).[10]

## 2.2. Detekcija kamerom

Ovakav način detekcije najviše se koristi kod zatvorenih parking prostora gdje nema na svakom pojedinom parkirnom mjestu barijere i sustava za detekciju, već se barijera i sustav za detekciju vozila nalazi na ulazu u parking prostor. Pri ulazu vozila na parking kamera detektira vozilo i njegove registarske oznake koje prosljeđuje u sustav gdje se vodi evidencija prometa parkinga. Identifikacija registarskih oznaka u stvarnom vremenu igra veliku ulogu u automatskom praćenju i održavanju određenih parking pravila i održavanju sustava. Za parking sustav bitno je da kamera može detektirati vozilo kako danju tako i noću, odnosno otkrivanje registarske oznake u različitim svjetlosnim okruženjima. Matematička analiza se koristi kao alat za vađenje slikovnih komponenti koje su korisne u predstavljanju i opisu oblika vozila. Ovakav način detekcije možemo podijeliti u četiri faze. U prvoj fazi kamera snima video vozila, da bi mogla snimiti kamera mora biti postavljena na određenu visinu i pod određenim kutom. Ova faza zahtjeva konstantno praćenje i čitanje sustava. U drugoj fazi snimljeni video pomoću matematičke analize odvaja isječke gdje se može vidjeti vozilo. Isječci obično traju od 10 do 15 sekundi i mogu imati do 300 slika koje se prosljeđuju u treću fazu. Upravo treća faza je napraviti slike od odabranih isječaka gdje se može očitati tablica, također sa programom za matematičku analizu. Slike mogu biti spremljene u bilo koju datoteku gdje se onda prema potrebi mogu i očitati. Konačno pomoću izdvajanja rubova registarskih oznaka, sistem očitava registracijske oznake uporabom različitih algoritama za očitavanje oznaka. Obično algoritam za očitavanje oznaka radi na način da prvo detektira na slici gdje se nalazi registracija, te zatim na slici očitava gdje se nalaze poznati oblici oznaka koje kasnije analizira i prosljeđuje u sustav kao registarsku oznaku vozila. [11] [12]



Slika 2.10: Primjer prepoznavanja oznaka registracije [13]

### **3. DOSTUPNA TEHNOLOGIJA U HRVATSKOJ**

Osim parkirnih prostora, koji koriste rampu kao barijeru, postoji potpuno automatizirani sustav koji koristi barijere na samom parkirnom mjestu. U ovom poglavlju govoriti ću o projektu SparkSense kojim je prikazana primjena parking sustava u Hrvatskoj. Ovakav princip rada automatiziranog parking sustava najnovija je tehnologija dostupna na tržištu.

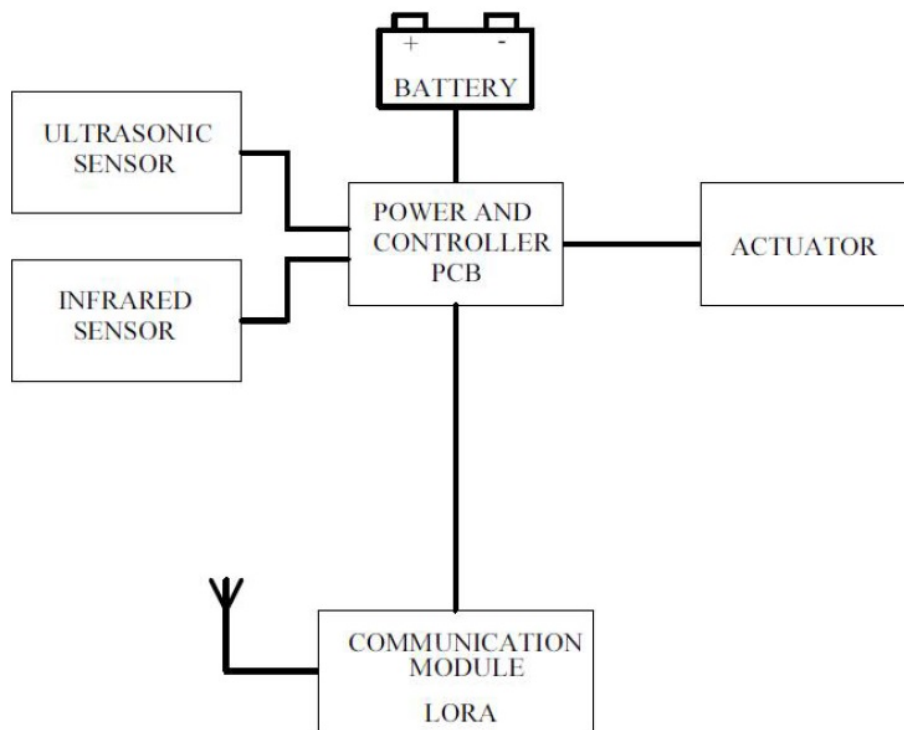
#### **3.1. SparkSense sustav**

Detaljnou analizom tržišta, društvo Penta je uočilo potrebu tržišta za reguliranjem prometa u mirovanju korištenjem najmodernijih dostupnih tehnologija i znanja. Naime, na globalnom tržištu postoji niz rješenja za reguliranje parkiranja, ali niti jedan nema funkcionalnosti koje bi u potpunosti zadovoljile potrebe operatera parkirnih sustava i vozača kao krajnjih korisnika. S druge strane, sve su veći pritisci EU regulativa oko reguliranja svih oblika prometa uključujući i promet u mirovanju te smanjivanje emisija štetnih plinova i očuvanje okoliša. Stoga se društvo odlučilo za razvoj „SPARKSENSE“ sustava koji će u potpunosti zadovoljiti potrebe operatera parkirališta i krajnjih korisnika - vozača uz poštivanje najnovijih direktiva i preporuka EU-a vezanih uz promet u mirovanju. Ovaj projekt predstavlja tranziciju na vrhunska ICT rješenja namijenjena prometu u mirovanju. Planirani rezultat projekta je razviti sustav parkiranja koji će biti tehnološki vrlo napredan i značajno napredniji u odnosu na konkurentska rješenja na tržištu. Navedenim pristupom ostvarit će se veće zadovoljstvo korisnika (B2B (Penta prema parkirališnim operaterima) i B2C (parkirališni operateri prema vozačima – krajnjim korisnicima), doprinijet će se ispunjavanju preporuka EU-a te veća dodana vrijednost za društvo i u konačnici za društvenu zajednicu i okoliš. Provedba predloženog projekta će rezultirati povećanjem baze znanja društva, tranzicijom društva ka sektoru koji se bavi rješavanjem problema. Projekt je u potpunosti usklađen s postojećim strategijama na EU, nacionalnom, regionalnom lokalnom nivou.

Princip korištenja sustava kreće od korisnika koji putem aplikacije pronalazi te rezervira parkirno mjesto. Unutar aplikacije se vrši autorizacija te plaćanje usluge po satu korištenja parkinga. Nakon dolaska pred rezervirano parkirno mjesto, u aplikaciji se pritiskom na tipku “spusti barijeru“ spušta barijera te je parkirno mjesto slobodno za parking. Dolaskom iznad barijere aktiviraju se dva senzora prisutnosti, a to su ultrazvučni senzor i infracrveni senzor. Razlog postavljanja dva senzora je povećanje točnosti rada sustava. Nakon odlaska sa parkinga senzori detektiraju odsustvo automobila, barijera se podiže i time je mjesto spremno za novu rezervaciju.

[14]

Strojna oprema – hardware sustava sastoji se od autonomnih motoriziranih barijera, opreme potrebne za prijenos informacija i upravljanje kao i od računarskog servera sa bazom podataka. Autonomna motorizirana barijera sastoji se od kućišta barijere, pokretne motorizirane ruke barijere, motornog dijela barijere sa mehanikom za pokretanje ruke barijere, senzora pozicija i prisustva vozila te upravljačke elektronike sa komunikacijskim modulom. Modul je napajan baterijom i testiranjem je utvrđeno da je vijek trajanja baterija u SparkSense sustavu 90 dana. [14]

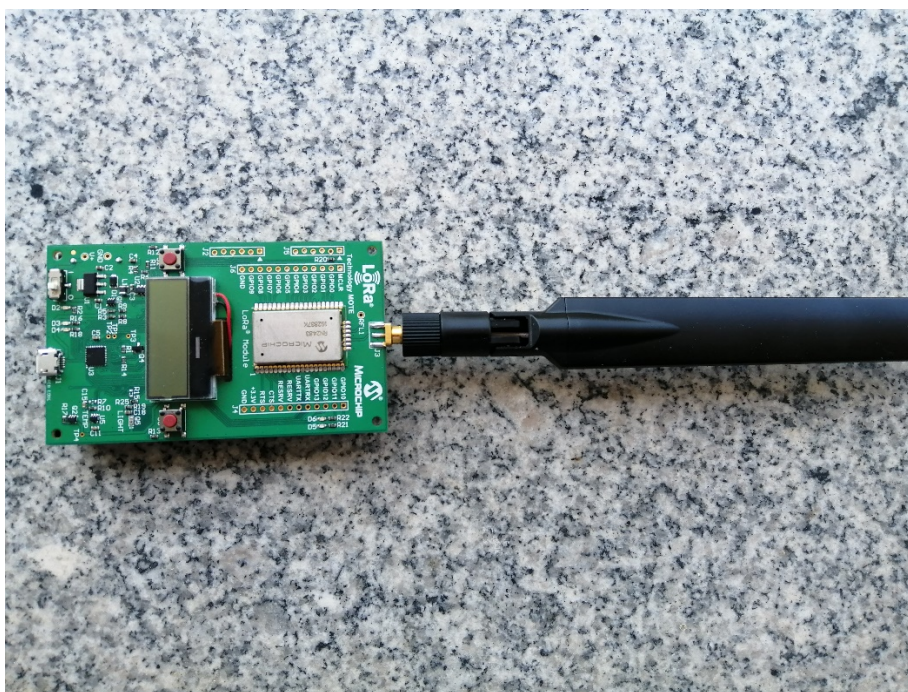


Slika 3.1: Blok shema upravljačke elektronike autonomne barijere [14]

### 3.1.1. Razvoj modula i upravljanje barijerom

Modul za upravljanje barijerama podržan je Semtech mikrokontrolerom. U sam mikrokontroler implementiran je i LoRa komunikacijski modul koji možemo vidjeti na slici 3.2. U upravljači dio barijere implementiran je algoritam kontrole nagle i prekomjerne strujne potrošnje, što indicira mehaničko preopterećenje barijere. Senzori koji detektiraju prisutnost vozila na parkirnom mjestu su ultrazvučni i infracrveni senzori, a u sklopu napretka sustava u planu je stavljanje radarskog senzora. Nakon definiranja izgleda i komponenti barijera osnovni cilj bio je definirati komunikacijski protokol i uspostaviti prijenos podataka između barijera i serverske aplikacije. Kao komunikacijska infrastruktura korištena je LoRa bežična veza. LoRa je fizički sloj ili bežična modulacija koja se koristi za kreiranje komunikacije na velike duljine. Za potrebe komunikacije među uređajima koristi se LoRaWAN tehnologija koja omogućuje, svojim komunikacijskim protokolima, krajnjim uređajima komunikaciju koristeći LoRa modulaciju.

Razlikujemo tri klase komunikacije kod LoRaWAN sustava: Klasa A, Klasa B i Klasa C. SparkSens sustav koristi Klasu A i Klasu C, kada je vozilo iznad barijere koristi se Klasa A, a u ostalim slučajevima Klasa C. Uređaji Klase A podržavaju dvosmjernu komunikaciju između uređaja i servera. Uplink poruke (od uređaja do servera) mogu se poslati u bilo kojem trenutku. Uređaj zatim otvara dva prijemna prozora (eng. receive windows) u određeno vrijeme (1s i 2s) nakon emitiranja uplink poruke. Ako server ne odgovori ni u jednom od ovih prozora, sljedeća prilika će biti nakon sljedećeg emitiranja uplink poruke sa uređaja. Server može odgovoriti bilo u prvom prozoru za prijem ili u drugom prijemnom prozoru. Uređaji klase A imaju najmanju potrošnju, ali i nude najmanju fleksibilnost u smislu prijema downlink poruka (od servera do uređaja). Kod ovih uređaja moguća je dvosmjerna komunikacija sa maksimalnim vremenom primanja paketa. Uređaji ove klase primaju pakete skoro u kontinuitetu sa servera i samim tim imaju najveću potrošnju energije. Prednosti LoRa i LoRaWAN komunikacijskog sustava je mala potrošnja, veliki doomet gdje u idealnim slučajevima može pokriti cijeli jedan grad veličine nekoliko stotina kvadratnih metara, kapacitet mreže, kvaliteta servisa i sigurnost. [14][15]

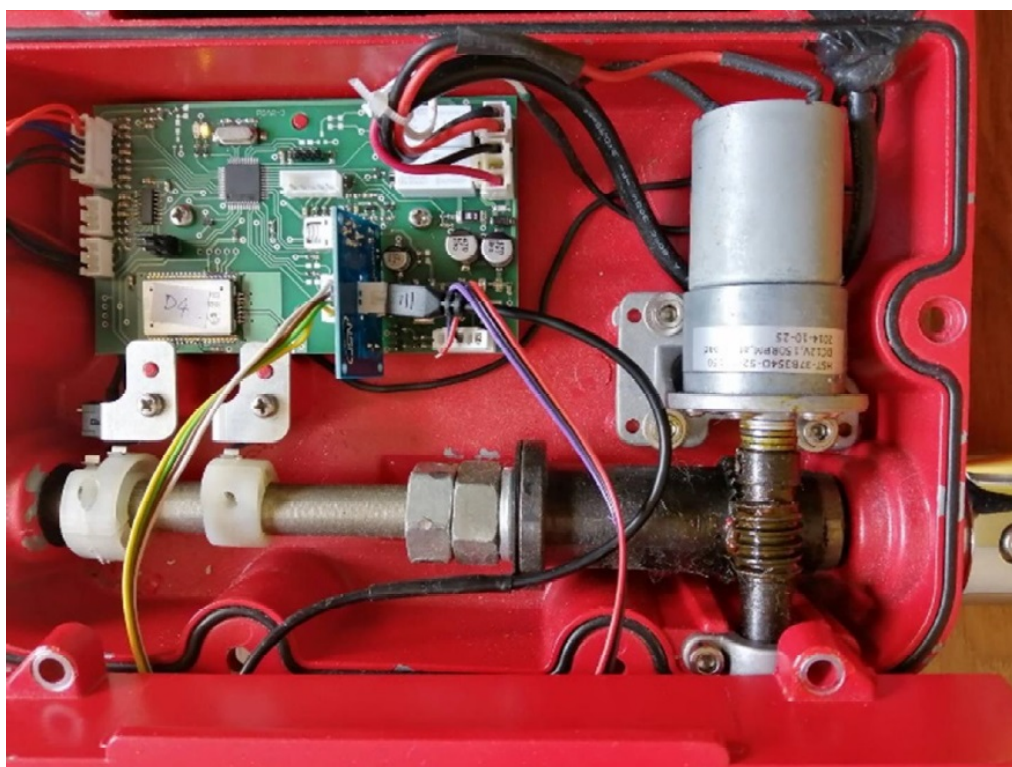


Slika 3.2: Komunikacijski modul[14]

### 3.1.2. Opis rada barijere:[14]

1. Prilikom spajanja na bateriju barijera odlazi u otvoreno stanje - barijera dignuta.
2. Upravljanje i podešavanje određenih parametara barijere vrši se naredbama sa servera opisanih u daljnjem tekstu. Na svaku naredbu sa servera (downlink), ako je uspješno primljena, barijera odgovara sa uplinkom prema opisu.

3. Ako se barijera prisilno pomiče iz stanja u kojem treba biti, tada se nakon 3s vraća u početni položaj. Poluga barijere u međupoložajima smeta sensorima koji tada prikazuju zauzeto stanje. Zato se npr. u poluotvorenom položaju barijera najprije spušta (da bi se oslobodili senzori) te nakon toga podiže u početno stanje ako je početno stanje bilo barijera u podignutom stanju.
4. Ako se prilikom kretanja poluge pojavi prevelika struja poluga se vraća u početni položaj. Ako se pojavi prevelika struja i u suprotnom smjeru barijera ostane blokirana u položaju u kojem se nalazi.
5. Barijera periodično šalje uplinku podešenim vremenskim periodima za klasu A ili C. U uplinku su dva byta koja daju informacije o stanju barijere.
6. Na barijeri su dva senzora za detekciju vozila. Kada je barijera podignuta senzori ne kontroliraju prisutnost vozila, a u uplinku sa stanjem barijere šalju podatke o stanju senzora. Kada je barijera spuštena, prvu minutu nakon spuštanja ne podiže automatski barijeru, ali šalje poruku ako senzori prikazuju zauzeto stanje, a nakon isteka tog vremena, barijera kontrolira stanje senzora i ako su oba senzora slobodna u trajanju "vremena čekanja prije dizanja barijere" barijera se samo podiže. Da li će se barijera sama podizati može se podešavati odgovarajućom naredbom. Kod svakog podizanja barijere kontrolira se stanje senzora i barijera se ne podiže ako oba senzora nisu slobodna.



Slika 3.3: Unutrašnjost barijere sa sastavnim komponentama[14]

### 3.1.3. Opis načina komunikacije barijere:[14]

1. Barijera se nakon uključanja pokušava prijaviti se na server. Ako je spajanje uspješno, šalje se uplink sa podacima o stanju barijere. Ako se ne izvrši spajanje ili nije moguće poslati uplink, nakon 5 pokušaja modul se resetira i pokušava se spojiti iznova.

2. Barijera komunicira u klasi A ili C. Prebacivanje rada iz jedne u drugu klasu je moguće bilo kada naredbom za prebacivanje klase. Kod prebacivanja klase modul se resetira i ponovo spaja u postavljenoj klasi.

3. Barijera šalje uplink sa podacima o stanju barijere nakon isteka vremenskog perioda za klasu A ili C ovisno u klasi u kojoj se nalazi. Isti uplink se šalje i ako se desi promjena u stanju barijere - prisilni pomak barijere. Periodično slanje uplinka služi i za kontrolu veze sa serverom. Ako barijera ne dobije povratnu poruku sa servera u vremenskom periodu od 10 uzastopnih slanja uplinka (10 x period A ili 10 x period C ovisno o klasi u kojoj se nalazi) ili nakon isteka max. 20 min., modul se resetira i vrši se ponovno spajanje. Vremenski period se resetira i kod svake primljene naredbe sa servera.

### 3.1.4. Izrada serverske aplikacije

Kao server sustava koristi se Linux server. Na server je aplicirana MySQL baza podataka. Aktivnost izrada serverske aplikacije obuhvaćala je razdoblje stvaranja preduvjeta za prihvatanje, upravljanje i trajno čuvanje svih podataka. Serverska aplikacija sastoji se od web sučelja i relacijske baze podataka. Prijava u aplikaciju vrši se korisničkim imenom i lozinkom. Osnovni dio aplikacije je administratorski dio. U administratorskom dijelu definiraju se sve barijere sa pripadajućim senzorima. Definirane su i osnovne karakteristike, tipovi te pozicija barijera u prostoru. [14]

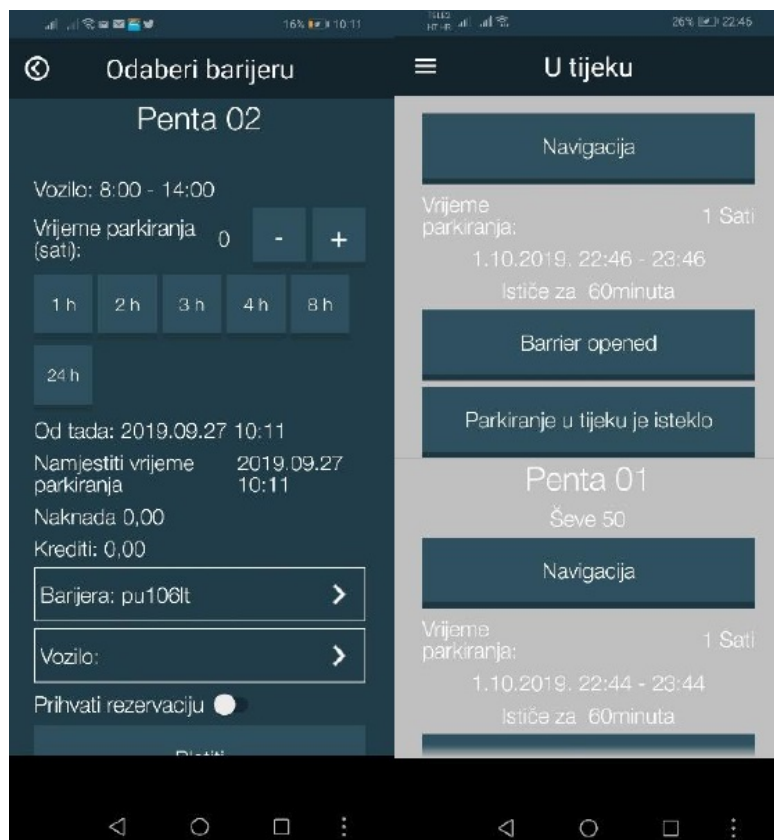
### 3.1.5. Razvoj aplikacije za pametne telefone

Osnovni dijelovi aplikacije su:

- Prijava i registracija korisnika
- Definiranje matičnih podataka korisnika i vozila
- Traženja i rezervacije parkirnog mjesta
- Plaćanja parkirnog mjesta
- Nadopuna i pretplata korisničkog računa
- Povijest parkiranja i plaćanja



Aplikacija očitava geografsku poziciju korisnika kao i njegove regionalne postavke jezika te automatski postavlja jezično sučelje i prikazuje slobodna parkirna mjesta najbliža zoni gdje se korisnik trenutno nalazi. Aplikacija je namijenjena krajnjem korisniku. Aplikacijom se vrši plaćanje usluge. Iz tih razloga nastavljamo sa intenzivnim testiranjima sigurnosti same aplikacije



Slika 3.4: Primjer ekrana mobilne aplikacije[14]

### 3.1.6. Izrada komunikacijskog modula info displaya

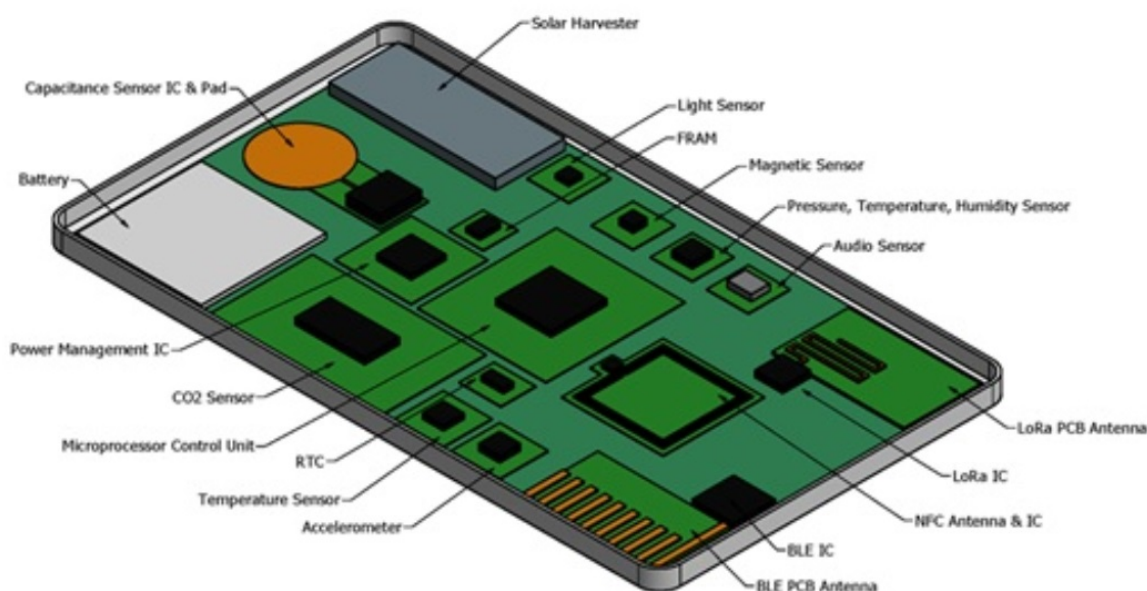
Komunikacijski modul info displaya povezuje serversku aplikaciju i info display-e. U serverskom dijelu aplikacije vode se informacije o trenutnoj zauzetosti svakog parkirnog mjesta. Parkirna mjesta grupirana su u parkirališta, a parkirališta u grupe parkirališta. Parkirališta pripadaju određenim zonama. Osnovna namjena display-a je da se potencijalnom korisniku isporuči brza i točna informacija kako da u najkraćem roku dođe do slobodnog parkirnog mjesta. Svaki display se sastoji od digitalnog displaya na kojem se prikazuje broj slobodnih parkiranih mjesta na određenom parkiralištu ili u određenoj zoni. Osim preduvjeta i modula napajanja display-a osnovni dio je komunikacijski modul display-a. Komunikacija sa svakim display-em ili grupom display-a napravljena je sa 3G mrežom. Zadatak komunikacijskog protokola je da prenese informaciju o broju slobodnih parkiranih mjesta do svakog pojedinog display-a.[14]

## 4. INOVATIVNA TEHNOLOGIJA U HRVATSKOJ I SVIJETU

### 4.1. AMANDA project

AMANDA projekt financiran je sredstvima Europske unije kroz fond Horizont 2020. Projekt je znanstveno istraživački. U projektu sudjeluju tvrtke i institucije iz 6 Europskih država, Grčke, Ujedinjenog kraljevstva, Belgije, Nizozemske, Švicarske i Hrvatske. Tvrtka Penta d.o.o sa sjedištem u Puli ravnopravni je član konzorcija i kao krajnji korisnik sudjeluje u projektu.

AMANDA je skraćenica punog naziva projekta, AutoNoMous self powered miniAturized iNtelligent sensor for environmental sensing anD asset tracking in smArt IoT environments. Sam naziv projekta pokazuje i osnovni cilj projekta, stvoriti autonomnu inteligentnu multisenzorsku karticu sposobnu da prati ljude, događaje i promjene u prostoru. Autonomna multisenzorska kartica, ASSC (Autonomous Smart Sensing Card), veličine je kreditne kartice, 85x54 mm. Debljina kartice ne smije biti veća od 3 mm, dok je projektom zagarantiran životni vijek kartice od 10 godina. [13]



Slika 4.1: Izgled AMANDA kartice [14]

Prijenos podataka i povezivanje sa okolinom ostvaruje se bežičnom vezom. ASSC sadrži tri tipa bežične veze: LoRa (Long Rang bežična veza tvrtke Semtech), BLE( Bluetooth Low Energy) i NFL (Near-field communication) bežične veze. Multisenzorska kartica sadrži najmanje 6 različitih senzora koje možemo vidjeti u tablici1. Autonomnost je osigurana PV (Photo Voltage) solarnim modulom. Prikupljena energija sprema se u baterije integrirane u tijelo multisenzorske kartice.

Odabrani senzori prilagođeni su senzori partnera u projektu ili su senzori koji se mogu kupiti u slobodnoj prodaji. AMANDA projektom definirano je pet različitih slučajeva primjene.[13]

| Senzor   | Upotreba                               |
|--|--|
| Akcelerator male snage   | Detekcija pozicije, mjerenje vibracija |
| Magnetometar   | Detekcija prisustva vozila             |
| RH & Temperature (Temperatura, relativna vlažnost, tlak zraka, VOC sensor (sensor lebdećih čestica)) | Mjerenje parametara okoline            |
| Senzor otiska prsta  | Identifikacija otiska prsta            |
| Svijetlosni senzor   | Svjetlosni uvjeti prostora             |
| Akustični senzor   | Mjerenje buke                          |

Tablica 1: Senzori u AMANDA kartici [14]

Scenarij detekcija prisustva vozila na parkirnom mjestu, koji se opisuje u završnom radu, dio je slučaja primjene pod nazivom UC2. ASSC može biti dio parkirne barijere može biti ugrađena u podlogu parkirnog mjesta ili može biti iznad parkirnog mjesta što je moguće u zatvorenim parkirnim garažama. U detekciji vozila sudjeluju akcelerator, magnetni senzor i svjetlosni senzor.

Akcelerator je senzor kojim mjerimo akceleraciju nastalu uslijed pomaka kartice uvjetovanu vibracijama nastalim prolaskom vozila. Magnetni senzor mjeri gustoću zemljinog magnetskog toka na mjestu ugradnje. Dolaskom vozila mijenja se gustoća zemljinog magnetskog toka što senzor detektira. Senzor slike detektira promjenu svjetlosnih uvjeta unutar okvira detekcije. Prolaskom vozila unutar okvira detekcije mijenjaju se svjetlosne karakteristike što senzor detektira. ASSC prikuplja podatke od sva tri senzora, obrađuje prikupljene podatke te dolazi do zaključka da li je unutar prostora detekcije došlo do promjene tj. da li je na parkirnom mjestu vozilo. Zaključak o prisutnosti vozila prosljeđuje se LoRa bežičnom vezom do LoRa pristupnika (LoRa Gateway) što je opisano u poglavlju 3.1. Informacija se dalje prosljeđuje do računalnog servera sustava koji dobiva informaciju o prisutnosti vozila na određenom parkirnom mjestu. Server sustava obrađuje informaciju i ažurira podatke o zauzetosti parkirnog mjesta.

ASSC omogućuje inovativni pristup detekcije prisustva vozila na parkirnom mjestu zasnovan na integraciji više senzora i fuziji dobivenih podataka (Data fusion proces). Mogućnošću procesiranja dobivenih podataka unutar same ASSC (Edge Intelligence proces) dobiva se mogućnost bržeg donošenja odluka, povećava se točnost mjerenja i značajno se štedi energija potrebna za prijenos podataka. Navedene pretpostavke dovele su do mogućnosti da je AMANDA ASSC kartica autonomna bez potrebe vanjskog napajanja električnom energijom.

## 4.2. Parking pomoću robota

U ovom poglavlju, za primjer, uzeo sam projekt tvrtke Stanley Robotics koja je razvila autonomnog robota koji se brine za parking sustav. Projekt tvrtke Stanley Robotics za skladištenje automobila omogućava do 50% više parkirnih mjesta na parkirnom prostoru nego uobičajeni parking prostori. To je dijelom zahvaljujući preciznoj vožnji robota, ali i zato što sustav prati kada će se klijenti vratiti. To znači da roboti mogu parkirati automobile duboko tri ili četiri u redu, ali potom iskopati pravo vozilo spremno za povratak svog vlasnika. Za razliku od tradicionalnih rješenja, ovaj projekt nudi potpuno prilagođavanje svim vrstama parkinga, te ne zahtjeva puno gradnje.



Slika 4.2: Prikaz rada Stanlyevog robota [16]

Sustav radi ovako. Kupci parkiraju svoje automobile u posebnim hangarima gdje se vozila skeniraju kako bi se potvrdila njihova marka i model. Zatim jedan od Stanleyevih robota - koji su u osnovi samohodni viljuškari nazvani "Stan" - ulazi unutra, gura platformu ispod vozila, podiže je, nosi i parkira. Može se pozabaviti različitim preprekama koje bi mu se mogle susresti na putu. Ti različiti senzori omogućuju mu da u svakom trenutku skenira svoje okruženje i prilagodi svoje pokrete. Ovakav princip rada pruža korisniku manje brige oko parkinga vozila i uskraćuje potrebno vrijeme za parkiranje. Inteligentni softver za upravljanje koordinira sve robote. Softverske komponente uključuju upravljanje infrastrukturom, algoritme za optimizaciju skladišta i upravljanje flotom robota, u skladu s prostornim sustavima i na kraju korisnički put. Takav softver omogućuje robotu da prima nalog od administratora, otkriva automobile, preuzima kontrolu nad automobilom i parkira ga autonomno.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom opisan je automatizirani parking sustav, njegove komponente i inovativne tehnologije koje su dostupne na tržištu i koje će tek biti na tržištu. Sustavi opisani u završnom radu su, nakon istraživanja, potpuno prilagođeni potrebama korisnika i gradova. Također, vrlo su korisni, prihvatljivi i rasterećuju prometnice u gradovima, te pomažu krajnjem korisniku pri njegovom planiranju i korištenju vremena. U Hrvatskoj se automatizirani parking sustav razvija tek u većim gradovima, no sigurno će se on u bližoj budućnosti moći očekivati u većoj primjeni, naročito tokom ljetne sezone.

Glavni dijelovi automatiziranog parking sustava su način detekcije vozila i komunikacija sustava i korisnika, a komponente koje se nalaze u takvom sustavu su barijera, istosmjerni motor, mikrokontroler, komunikacijski modul, napajanje i senzori. Karakteristike koje su detaljno opisane u završnom radu, a treba uzeti u obzir pri odabiru senzora su: mjerno područje, raspon, pojas pogreške, linearnost i maksimalna nelinearnost, ponovljivost, histereza, rezolucija, zona neosjetljivosti, pojas pogreške i utjecaj okoline. Nabrojane karakteristike spadaju pod statičke karakteristike, dok su dinamičke karakteristike opisane u frekvencijskom i vremenskom području, te nam prikazuju odziv senzora i kašnjenje izlazne varijable u odnosu na ulaznu varijablu. U ovom završnom radu prikazana su tri projekta s kojima se željelo dobiti točan uvid u primjere dostupne tehnologije i one tehnologije koja će tek postati dostupna. Dva opisana sustava koriste LoRa infrastrukturu za komunikaciju koja djeluje prema odabranoj klasi komunikacije. LoRa prijenosnik zadužen je za prikupljanje informacija sa mobilne aplikacije i prikupljanju informacija sa mikrokontrolera o stanju zauzetosti, te slanja na server i obratno. Prednosti LoRa komunikacijskog sustava su: mala potrošnja, veliki domet gdje u idealnim slučajevima može pokriti cijeli jedan grad veličine nekoliko stotina kvadratnih metara, kapacitet mreže, kvaliteta servisa i sigurnost.

Općenito za ovakav automatizirani parking sustav možemo reći da je praktičan, koristan, isplativ, lako održiv, siguran, točan i nije potreban prometni redar za regulaciju. Nedostatak sustava je što treba građanima, a naročito turistima, prikazati takav sustav kao opciju i upoznati ih sa načinom rada. Svakako je SparkSense projekt lakše primjenjiv za turiste, dok AMANDA projekt može biti puno više od koristi domaćem stanovništvu gdje bi oni imali tokom cijele godine autonomnu karticu. Projekt tvrtke Stanley Robotics rješenje je koje je praktičnije za primjerice aerodrome ili sličnim sustavima gdje korisnik ostavlja svoje auto na duže vrijeme. Zaključno može se reći da je automatizirani parking sustav, oblika opisanog u završnom radu, još uvijek u razvitku u svijetu i Hrvatskoj, te će se tek u skorijoj budućnosti početi više koristiti.

## 6. LITERATURA

- [1] Senzori, preuzeto s: <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~marrast/Senzori> (datum preuzimanja: 5.4.2020)
- [2] Uvod u senzore, preuzeto s: [https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/2891841/mod\\_resource/content/0/Predavanje%2002%20-%20Uvod%20u%20senzore.pdf](https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/2891841/mod_resource/content/0/Predavanje%2002%20-%20Uvod%20u%20senzore.pdf) (datum preuzimanja: 5.4.2020)
- [3] sesor and signal procesing, preuzeto s: <https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/112103174/pdf/mod2.pdf> ( datum preuzimanja: 5.4.2020)
- [4] Senzori pomaka i pozicije, preuzeto s: [https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/2936954/mod\\_resource/content/0/Predavanje%2003%20-%20Senzori%20pomaka%20i%20pozicije.pdf](https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/2936954/mod_resource/content/0/Predavanje%2003%20-%20Senzori%20pomaka%20i%20pozicije.pdf) (datum preuzimanja: 10.4.2020)
- [5] senzori i mjerni pretvarači, preuzeto s: <https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/112103174/pdf/mod2.pdf> (datum preuzimanja: 10.4.2020)
- [6] Sabrie Soloman, Sensor and Control System in Manufacturing, Second Edition, The McGraw-Hill Companies, USA 2010
- [7] H.K. Tonshoff, I. Inasaki, Sensors in Manufacturing, Wiley-VCH Verlag GmbH, USA 2001
- [8] akcelerometri, preuzeto s: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/akcelerometri.html> (datum preuzimanja: 3.6.2020)
- [9] T. Tomašić, A. Demetlika, Fuzija akcelerometara i žiroskopa primjenom Kalmanovog filtra za estimaciju varijabli stanja mobilnog robota, Seminarski rad iz kolegija Senzori, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2010. preuzeto s
- [10] Mjerni pretvornici, preuzeto s: [http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/fem/temp/14%20SQUID/MP10\\_MjerenjeMagnetskogPolja.pdf](http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/fem/temp/14%20SQUID/MP10_MjerenjeMagnetskogPolja.pdf) (datum preuzimanja: 3.6.2020)
- [11] Vehicle License Plate Detection From Video Using Edge Detection And Morphological Operators, preuzeto s: [https://www.researchgate.net/publication/314064147\\_Vehicle\\_License\\_Plate\\_Detection\\_From\\_Video\\_Using\\_Edge\\_Detection\\_And\\_Morphological\\_Operators](https://www.researchgate.net/publication/314064147_Vehicle_License_Plate_Detection_From_Video_Using_Edge_Detection_And_Morphological_Operators) (datum preuzimanja: 5.6.2020)

[12] Gaurav. H. Tandon: Intelligent Transportation System, Ahmedabad Area, Gujarat, India,2015. preuzeto s: <https://www.slideshare.net/gauravhtandon1/intelligent-transportation-system-56391402> (datum preuzimanja: 6.6.2020)

[13][https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_number\\_plate\\_recognition#/media/File:California\\_license\\_plate\\_ANPR.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_number_plate_recognition#/media/File:California_license_plate_ANPR.png) (datum preuzimanja: 6.6.2020)

[14] Zaprimljeni materijali od Penta d.o.o. grupe

[15] Pregled rješenja za realizaciju LoRa bežične mreže, preuzeto s: <https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2018/radovi/STS-1/STS-1-4.pdf> (datum preuzimanja: 13.5.2020)

[16] <https://stanley-robotics.com/airports/> (datum preuzimanja: 20.6.2020)

## 7. DODACI

### Popis slika i tablica

|   |    |
|---|----|
| Slika 2.1: Potrebne komponente za ispravan rad senzora [2].....             | 4  |
| Slika 2.2: Maksimalna nelinearnost [2].....                                 | 5  |
| Slika 2.3: Krivulja histereza [2] .....                                     | 6  |
| Slika 2.4: Rezolucija senzora [2].....                                      | 6  |
| Slika 2.5: Fazna karakteristika [2].....                                    | 7  |
| Slika 2.6: Prijelazna karakteristika [2] .....                              | 7  |
| Slika 2.7: Ultrazvučni senzor[4].....                                       | 8  |
| Slika 2.8: Induktivni senzor[4] .....                                       | 9  |
| Slika 2.9: Tri tipa infracrvenog senzora[4] .....                           | 10 |
| Slika 2.10: Primjer prepoznavanja oznaka registracije [13].....             | 12 |
| Slika 3.1: Blok shema upravljačke elektronike autonomne barijere [14] ..... | 14 |
| Slika 3.2: Komunikacijski modul[14] .....                                   | 15 |
| Slika 3.3: Unutrašnjost barijere sa sastavnim komponentama[14] .....        | 16 |
| Slika 3.4: Primjer ekrana mobilne aplikacije[14].....                       | 18 |
| Slika 4.1: Izgled AMANDA kartice [14] .....                                 | 19 |
| Slika 4.2: Prikaz rada Stanlyevog robota [16].....                          | 21 |
| <br>  |    |
| Tablica 1: Senzori u AMANDA kartici .....                                   | 20 |



## SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Završni rad govori o inovativnim rješenjima automatiziranog parking sustava sa fokusom na parking mjesta koja se ne mogu ograničiti rampom. U radu dan je detaljan opis karakteristika i informacije vezane za senzore koji se koriste u kod parkinga. Također, dan je opis dva projekta od kojih je jedan dostupan na tržištu i primjenjuje se u Hrvatskoj, koristi mobilnu aplikaciju za rezervaciju i plaćanje parkirnog mjesta. Drugi projekt je inovativno rješenje institucija i firmi iz šest različitih zemalja svijeta, a koristi autonomnu multisenzorsku karticu za korištenje parkinga.

**Ključne riječi:** automatizacija parking sustava, senzori

## **SUMMARY AND KEY WORDS**

The final paper discusses about innovative solution for an automated parking system with an emphasis on parking that cannot be restricted by a ramp. The paper provides a detailed description of the characteristics and information related to the sensors used in the parking lot. Two projects are also described, one of which is available on the market, and is applied in Croatia, and uses a mobile application to reserve and pay for a parking space. The second project is an innovative solution of institutions and companies from six different countries of the world and uses an autonomous multisensor card to use parking.

**Key words:** parking sistem automation, sensors.