



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 26.05.2020. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Ане Ђупурдије под насловом „Прототип FMCW радарског система и његова примена за одређивање удаљености објекта“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидаткиње

Ана Ђ. Ђупурдија рођена је 9.11.1996. године у Суботици. Завршила је ОШ „Стеван Немања“ у Стењевцу и Гимназију у Ђуприји, обе као носилац Вукове дипломе и ђак генерације. Током средње школе била је полазник Истраживачке станице Петница у Ваљеву, на семинару Астрономија. Имала је рад на Петничкој конференцији 2014. године, који је објављен у Зборнику радова полазника. Овај рад изложен је и у Галерији науке и технике САНУ. Током основне и средње школе учествовала је на такмичењима из граматике српског језика и математике.

Електротехнички факултет у Београду уписала је 2015. године. Дипломирала је 11. септембра 2019. године на Одсеку за електронику, по четворогодишњем студијском програму, са просечном оценом 9,06. Дипломски рад „Пројектовање подскопова Доплеровог радара – микроталасног мешача и Вилкинсоновог делитеља снаге“, под менторством доцента др Слободана Савића, одбранила је са оценом 10. Удружење ВАФА USA наградило је овај рад као најбољи дипломски рад написан у школској 2018/19. години на Електротехничком факултету у Београду. За свој дипломски рад добила је и Пупинову награду Матице српске. Рад под истим називом излагала је на научној конференцији TELFOR 2019 и за њега добила награду „Проф. др Илија Стојановић“, која се додељује најбољим радовима презентованим у студентској секцији.

Мастер академске студије уписала је 2019. године на Одсеку за телекомуникације и информационе технологије, модул Микроталасна техника. Положила је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10,00.

Стипендиста је Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 46 страна, са укупно 39 слика, једном табелом и 13 референци. Рад садржи увод, 5 поглавља и закључак (укупно 7 поглавља), списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика, списак табела и додаток.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Уведен је појам FMCW радара, наведени су основни склопови који га сачињавају, као и начин на који ће бити пројектован и реализован такав радар у оквиру овог мастер рада.

У другом поглављу детаљније је приказан принцип рада FMCW радара. Уведен је појам чирп сигнала. На једноставним примерима описани су сигнали (у временском и фреквенцијском домену) који се очекују код FMCW радара, као и теорија неопходна да се из ових сигнала одреде растојања и брзине мета које се осматра радаром. На једноставан начин, који не захтева претерану стручност из ове области, показано је која све ограничења постоје приликом коришћења предефинисаног чирп сигнала (просторна резолуција, брзинска

резолюција, величина просторне ћелије и тако даље). Због начина излагања, овакав приступ може бити од велике користи свим читаоцима који се тек упуштају у проблематику рада FMCW радара и може им помоћи на том путу.

У трећем поглављу приказана је блок шема комплетног FMCW радара и посебно је приказан сваки од прототипова склопова који ће се користити. Вилкинсонов делитељ снаге и микроталасни мешач пројектовани су раније, у току израде дипломског рада кандидаткиње Ане Ђупурдије, а делови неопходни за разумевање принципа њиховог рада поновљени су у оквиру овог рада у најкраћим могућим цртама. У оквиру израде овог мастер рада пројектован је модул за аутоматску контролу појачања. Тај модул требало би да избалансира нивое сигнала који су последица рефлексије од блиских и далеких мета и да, тиме, повећа опсег растојања до мета за које се пројектовани FMCW може користити. Приликом пројектовања тог модула превазиђен је значајан број изазова, а искуства стечена на том путу могу бити врло корисна у току будућег рада. Као провера исправности концепта извршена је рачунарска симулација рада FMCW радара. Где год је то било могуће, за параметре симулација коришћени су резултати мерења конкретних прототипова склопова који ће сачињавати радар. Резултати симулација су се задовољавајуће добро поклопили са очекивањем, па се након тога наставило са изработом прототипа FMCW радара.

У четвртном поглављу описана је израда (фабрикација) прототипа FMCW радара. Извршено је мерење преносне карактеристике склопа за аутоматску контролу појачања, и добијени резултати одлично су се поклопили са резултатима које наводи произвођач коришћеног чипа у својој документацији. Тестирана је прва верзија прототипа FMCW радара, где су за аквизицију и обраду добијених података коришћени персонални рачунар и дигитални осцилоскоп. У конкретном експерименту успешно су детектоване мете на растојањима од око 2 m и око 5 m.

У петом поглављу укратко је описан развијени прототип за аквизицију и обраду података. На тај начин, у односу на претходну верзију прототипа FMCW радара, унапређене су функционалност радара и лакоћа његовог коришћења, уз значајно смањење цене коришћених компоненти. Додатна предност је и потенцијална адаптивност овог система, где се разне функционалности радара могу додавати и мењати променом програма микроконтролера.

У шестом поглављу приказани су резултати експеримента финалног прототипа FMCW радара. У ходнику Електротехничког факултета, који са становишта рада радара представља врло изазовну средину (због великог броја рефлексија од блиских објеката), успешно је лоцирана мета на растојањима до 25 m, што превазилази очекивања која су постојала на почетку израде овог мастер рада.

Шесто поглавље представља закључак у коме су, између осталог, предочене и теме које могу представљати наставак истраживања у правцу ове области, а које су се наметнуле приликом израде овог мастер рада. На крају је дат списак литературе, слика, табела и скраћеница, као и рачунарски програм којим се управља микроконтролером.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Ане Ђупурдије бави се проблематиком пројектовања радарских система. Осим савладавања теоријске основе неопходне за разумевање рада FMCW радара, развијени су хардвер и софтвер потребни за фабрикацију прототипа радара.

Једна од значајних потешкоћа која постоји приликом рада свих радарских система је и заслепљивање радара блиским (нежељеним) метама, као што су околне зграде, терен или зидови, ако се радар користи у затвореном простору. Тај феномен значајно отежава рад радара утичући на његове перформансе и могућност да детектује мете на већим растојањима. У овом раду, између осталог, пројектован је и направљен модул за аутоматску контролу снаге који у значајној мери решава поменути проблем. Такође, кроз примену техника

дигиталног филтрирања које су развијене у овом мастер раду, перформансе рада прототипа FMCW радара додатно су унапређене.

Како би се омогућило коришћење пројектованог прототипа FMCW радара и ширем аудиторijуму, разне аквизиције и процесирање сигнала у потпуности су аутоматизоване коришћењем микроконтролера, тако да микроконтролер на своме излазу исписује растојање до мете. Ово је обично и једини податак који велику већину корисника занима, а сва остала обрада сигнала их не оптерећује и ради се аутоматски.

Основни доприноси рада су: 1) теоријска анализа рада FMCW радара која не захтева превелика претходна знања из ове области; 2) пројектовање хардверских делова прототипа радара; 3) имплементација аквизиције сигнала и алгоритама обраде на приступачном микропроцесорском систему; 4) формирање комплетног прототипа FMCW радара и његово успешно тестирање.

#### 4. Закључак и предлог

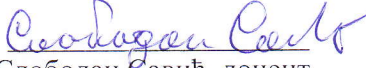
Кандидаткиња Ана Ћупурдија је у свом мастер раду успешно решила проблем пројектовања FMCW радара. Сви изазови на које се наишло у току рада ефикасно су превазиђени, тако да је комплетан систем успешно тестиран, а резултати мерења могу се релативно лако и брзо поновити. Кандидаткиња је повезала у једну целину неколико научних области као што су микроталасна техника, антене и простирање, микроталасна електроника и аналогна и дигитална обрада сигнала. Због свега тога кандидаткиња је стекла увид у комплетну слику рада FMCW радара, а пројектовани систем лако се може хардверски и/или софтверски унапредити у току наставка рада на сличним темама.

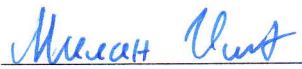
Кандидаткиња је исказала самосталност и систематичност у поступку пројектовања, као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Ане Ћупурдије прихвати као мастер рад и кандидаткињи одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 26. 08. 2020. године

Чланови комисије:

  
др Слободан Савић, доцент.

  
др Милан Илић, редовни професор.