

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Душана Крчума, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком Наставно-научног већа бр. 490/7 од 12.03.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Душана Крчума под насловом

**„Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре
у милиметарском таласном опсегу”**

“Fully integrated radar sensor transceiver in the millimeter-wave band”

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Душан Крчум уписао се на докторске студије 10.11.2015. године на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Електроника. На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма. Током студија положио је свих десет испита са просечном оценом 10,00 и одрадио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

Тему докторске дисертације под насловом „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу”, кандидат је пријавио Комисији за студије трећег степена на Електротехничком факултету у Београду, 21.11.2023. године.

Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог за израду докторске дисертације на својој седници одржаној 28.11.2023. године и предлог комисије за оцену подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду именовало је комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 1799-26 од 05.12.2023.) у следећем саставу: др Душан Грујић, доцент Електротехничког факултета у Београду, др Владимир Миловановић, ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, др Милан Илић, редовни професор Електротехничког факултета у Београду. За ментора је предложен др Лазар Сарановац, редовни професор Електротехничког факултета у Београду.

Јавни усмени испит о подобности теме и кандидата одржан је на Електротехничком факултету у Београду дана 20.12.2023. године, а пред комисијом у саставу др Душан Грујић, доцент Електротехничког факултета у Београду, др Владимир Миловановић, ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, др Милан Илић, редовни професор Електротехничког факултета у Београду. Комисија је једногласно закључила да је кандидат Душан Крчум на јавној усменој одбрани предложене теме добио оцену „задовољно”. Заједно са предложеним ментором дисертације, др Лазаром Сарановцем, редовним професором Електротехничког факултета у Београду, комисија је поднела Извештај о оцени подобности теме и кандидата и научне заснованости теме.

Наставно-научно веће је усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 75-28 од 16.01.2024.).

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 19.2.2024. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу” (одлука број 61206-577/2-24 од 19.2.2024. године).

Кандидат је 26.2.2024. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену.

Комисија за студије трећег степена је на својој седници 05.3.2024. године потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације. Наставно-научно веће је на седници одржаној 12.3.2024. године именовало комисију за преглед и оцену докторске дисертације (одлука број 490/7 од 12.3.2024. године) у следећем саставу: др Душан Грујић, доцент Електротехничког факултета у Београду, др Милан Илић, редовни професор Електротехничког факултета у Београду, др Владимир Миловановић, ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација се бави пројектовањем примопредајника за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу. Развијени предајници су коришћени и у основној верзији интегрисаног радарског сензора и у МІМО примопредајнику који је предвиђен за рад на учестаностима око 60 GHz, чији су системска анализа и пројектовање пријемника дати у дисертацији. Представљен је и реконфигурабилни предајни канал за аутомобилске радарске сензоре предвиђене за рад на око 79 GHz. У ширем смислу, дисертација припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, а у ужем смислу области Електронике, за коју је Електротехнички факултет у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације одређен је др Лазар Сарановац, редовни професор на Електротехничком факултету у Београду, захваљујући радовима и значајним доприносима у области примењене електронике.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Душан П. Крчум рођен је 29.05.1989. у Сарајеву, СФР Југославија. Основну школу "Дашо Павичић" у Херцег Новом, завршио је 2004. године са одличним успехом и као носилац дипломе "Луча". Четрнаесту београдску гимназију завршио је 2008. године као носилац "Вукове" дипломе и као Ђак генерације. Током основног и средњошколског образовања учесник је бројних Регионалних и Републичких такмичења са завидним успехом. Током средњошколског образовања био је полазник Центра за Таленте 2 у области Физика са освојеним трећим местом на Републичком такмичењу и смотри научноистраживачких радова. Био је полазник семинара Физике и Примењене физике и електронике у Научноистраживачкој станици Петница.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2008. године где се опредељује за Одсек за електронику. Током студирања има објављена три рада као аутор или коаутор на међународној конференцији *Infoteh* на Јахорини у студентској секцији. Стручну праксу у трајању од 6 месеци је обављао у испостави Немачке фирме *TES Electronic Solutions* у Београду у склопу које је радио на дипломском раду на тему "Пројектовање CMOS bandgap извора референтног напона помоћу програмског пакета *Cadence*". Дипломски рад је успешно одбранио 2012. године и одмах потом уписао Мастер академске студије на матичном одсеку. Образовање је фокусирао на област аналогних и РФ интегрисаних кола, као и микроталасну технику и електронику. Мастер рад на тему "Системска анализа *FMCSW* радара" успешно је одбранио 2014. године. Током мастер студија као аутор или коаутор објавио је 2 рада на међународној конференцији *Small Systems Simulation Symposium 2014*.

Докторске академске студије на модулу за електронику Електротехничког факултета у Београду уписао је 2015. године и тренутно је на трећој години студија. Положио је свих десет испита са просечном оценом 10,00. Одобрена му је израда докторске дисертације на тему „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу”, а за ментора је предложен професор др Лазар Сарановац, редовни професор Електротехничког факултета у Београду.

У стални радни однос је ступио 2013. Године, у тада новоосновану фирму *NovellC Microsystems d.o.o.* која почиње развој интегрисаног радарског сензора на учестаности око 60 GHz. У току рада у овој фирми прошао је све инжењерске позиције, од јуниора, инжењера развоја, сениор инжењера развоја, вође пројекта до вође тима. Успешно је радио на пројектима и руководио пројектима израде аналогних, *mmWave* и микроталасних интегрисаних кола за сензорске, комуникационе и радарске системе.

Године 2021. његов тим је прерастао у *spin-off* компанију *NIRSEN* матичне фирме, која је преузела све активности везане за пројектовање аналогних, РФ и *mmWave* интегрисаних кола. Године 2022. постао је извршни директор *NIRSEN*-а.

За време докторских студија аутор је или коаутор шест радова у међународним часописима, осам радова на међународним конференцијама и два међународна патента, углавном из области *mmWave* интегрисаних кола.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу” написана је на српском језику на укупно 124 стране са прилозима. Садржи 6 поглавља, 3 табеле, 46 слика и листу од 120 референци.

Наслови појединачних поглавља дисертације су:

1. Увод,
2. Системска анализа,
3. Предајник за нелиценцирани опсег око 60 GHz,
4. Вишеканални ММО примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре,
5. ММО предајник за аутомобилске радаре,
6. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Увод у проблеме који су решавани у дисертацији приказан је у првом поглављу. Представљена је мотивација за рад на датој теми, историја радарских система, преглед комерцијално доступних силицијумских технологија најчешће коришћених за интеграцију модерних радарских система и преглед изазова у пројектовању интегрисаних радарских сензора који раде у милиметарском опсегу електромагнетског спектра.

Друго поглавље описује основне појмове везане за радарске системе, са посебним освртом на фреквенцијски модулисане, континуално зрачеће радаре (енгл. *Frequency Modulated Continuous Wave* - FMCW). Посебно су обрађене технике формирања радарског снопа са специјалним освртом на тренутни статус решења доступних у литератури. Детекција угла доласка и угаона резолуција је разматрана у циљу одређивања оптималне архитектуре у смислу броја виртуелних пријемника потребних за радаре кратког домета који раде у нелиценцираном опсегу око 60 GHz. На крају поглавља су, за одабрану архитектуру, изведене спецификације на нивоу кола за пријемни и предајни канал, респективно.

У трећем поглављу приказани су детаљи пројектовања као и резултати симулација и мерења пројектованог предајног канала за који је предвиђен за рад нелиценцираном опсегу око 60 GHz. Пројектовани канал је део 2 генерације интегрисаних кола пројектованих у комерцијалне сврхе. Прва генерација представља предајник са потпуно интегрисаним синтетизатором учестаности за FMCW радаре, док другу генерацију чини потпуно интегрисани у примопредајник. Дати су резултати probe station мерења, као и мерења са предајном антеном.

У четвртом поглављу описан је предложена оптимална архитектура вишеканалног примопредајника за FMCW радаре који раде у нелиценцираном опсегу око 60 GHz. Дат је детаљан преглед MIMO радарских примопредајника на једном чипу који раде у V и W опсезима пројектованих за потребе потрошачке електронике, аутомобилске индустрије и *imaging* системима. Анализа ранијих решења довела је до квалитативне студије компромиса, чији резултати изведени у другом поглављу су коришћени за дефинисање спецификација на нивоу система. Посебан допринос ове анализе је преглед примена FMCW радарских система кратког домета. Ове јединствене карактеристике су имплементирани у потпуно интегрисани 2TX-4RX MIMO примопредајник који омогућава угаону резолуцију мању од 15°. Описани примопредајник има потпуно интегрисану фазно синхронисану петљу, високо-ефикасне програмабилне предајнике који раде у режиму временског мултиплексирања и посебне пријемнике оптимизоване за MIMO системе у радарима кратког домета са дигиталним формирањем снопа.

У петом поглављу дати су детаљи пројектовања предајног канала који се лако може конфигурисати за рад са два или четири предајна канала у циљу повећања резолуције аутомобилских радара дугог домета. Приказани су резултати симулација појачавача са променљивим појачањем, појачавача снаге, те пратећег детектора снаге, који могу засебно бити интегрисани у већи систем као потпуно независан скалабилан блок.

Закључак дисертације и даљи правци истраживања дати су у шестом поглављу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Интегрисани радарски сензори су пронашли широку примену у различитим сегментима живота савременог човека, укључујући аутомобилску индустрију, потрошачку електронику и област медицине. Од посебног интереса су се показали радарски сензори који раде у милиметарском таласном домену, због њихових значајних предности као што су капацитет за интеграцију комплексних хардверских решења на чипу, побољшане перформансе у погледу мерења брзине и растојања, те побољшане резолуције ових система у поређењу са радарским системима који раде на нижим учестаностима или акустичких/оптичких система сличне намене. Критичан аспект апликација које захтевају детекцију угла јесте потреба за коришћењем виртуелних антенских низова, што намеће потребу за вишеканалним пријемницима и предајницима пројектованим за рад у означеном фреквенцијском опсегу. Упркос многим објављеним радовима о ММО интегрисаним радарским чиповима и њиховим апликацијама, већина њих јесте реализована у виду модула са више чипова и обично су засновани на неколико уобичајених архитектура. Потпуно интегрисани примопредајници на једном чипом су још ређи.

Оригиналност докторске дисертације се огледа у систематичном прегледу постојећих ММО интегрисаних радарских чипова који раде на учестаностима испод 100 GHz јер су ове учестаности комерцијално најинтересантније. На основу анализе њихових перформанси заснованих на неколико критеријума изабрана је оптималну архитектуру за апликације кратког домета и изведени су системски захтеви за карактеристике канала примопредајника који би довели до унапређења ове класе радарске технологије. Коначно, на основу претходно изведене анализе дат је оригиналан пример дизајна у облику потпуно интегрисаног радарског чипа кратког домета са два предајника и четири пријемника. Осим комплетног ММО примопредајника, дат је пример пројектовања реконфигурабилног ММО предајника за аутомобилске радаре.

Резултати представљени у оквиру ове дисертације су актуелни имајући у виду велики број референци новијег датума које су коришћене за компаративну анализу, као и растући број индустријских решења у овој области.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Анализирана литература дата у списку референци је обимна и релевантна. Наведено је укупно 120 библиографских референци на које се кандидат позива, како приликом увођења теоријских појмова везаних за основе радара, системске анализе система са више виртуелних антена, тако и приликом детаљних прегледа претходно пројектованих архитектура интегрисаних радарских примопредајника на једном чипу у V у W опсезима учестаности. Приказана литература даје комплетну анализу тренутних достигнућа у областима које покрива тема дисертације. У оквиру наведене литературе изложени су и радови публиковани у часописима и на конференцијама на којима је кандидат Душан Крчум првопотписани аутор или коаутор.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације спроведена је по следећим фазама:

- Прва фаза је обухватила анализу постојећих архитектура и имплементација потпуно интегрисаних радарских сензора на чипу са више предајника и пријемника. У оквиру ове фазе су анализирани различити начини формирања радарских снопова, анализирана је угаона резолуција и системски су сагледани захтеви за нивое сигнала и шума кроз читав пријемни и предајни канал.
- Друга фаза обухватила је анализу и пројектовање одговарајућег пријемног канала на бази спецификација изведених у првој фази.
- Трећа фаза је обухватила анализу и пројектовање одговарајућег предајног канала на бази спецификација изведених у првој фази.
- Четврта фаза је обухватила комплетну интеграцију ММО примопредајника у опсегу око 60 GHz као и преглед пројектовања вишеканалног предајника за опсег око 80 GHz У оквиру ове фазе дато је поређење са радовима у овој области који представљају најсавременије технологије.

Примењена методологија у потпуности одговара проблемима који су решавани у докторској дисертацији, као и стандардима научно-истраживачког рада, а у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Област интегрисаних радарских сензора је данас широко распрострањена али и даље тражи оригиналан приступ и оптимизацију архитектуре и перформанси система у зависности од конкретне примене. У оквиру представљеног истраживања развијени су примопредајници за FMCW радарске сензоре, укључујући и ММО примопредајник са два предајна и четири пријемна канала, специфично прилагођен за употребу у радарским сензорима кратког домета. Аналитички резултати истраживања обухватају симулације и мерења функционалних параметара појединачних канала, као и евалуацију пројектованог примопредајника у контексту ММО FMCW радарских сензора.

Примопредајни канали представљени у дисертацији су фабриковани и коришћени у неколико генерација интегрисаних радарских сензора који су комерцијално доступни, што потврђује применљивост представљених резултата.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Душан Крчум је, током израде докторске дисертације, публиковао најзначајније резултате у шест радова у часописима са SCI листе. Систематично је проучио релевантну литературу, успешно идентификовао отворене проблеме у досадашњим студијама и адекватно предложио методе и конкретна решења за њихово превазилажење. Тема дисертације је веома актуелна, узимајући у обзир све шире коришћење интегрисаних радарских сензора који раде у милиметарском таласном опсегу. Доприноси дисертације су оригинални, савремени и у потпуности потврђују способности кандидата за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

На бази детаљне анализе постојећих архитектура и имплементираних примопредајних канала приказана је методологија пројектовања решења за радаре кратког домета са више пријемних и предајних канала за нелиценцирани опсег око 60 GHz, као и вишеканални предајник за опсег око 80 GHz који се користи у аутомобилским применама.

Остварени доприноси ове дисертације су следећи:

- Обављени су преглед, систематизација и анализа који обухватају најсавременије постојеће топологије потпуно интегрисаних радарских примопредајника са више пријемних и предајних канала на чипу у милиметарском опсегу учестаности. Дат је детаљан преглед постојећих решења у милиметарском опсегу учестаности до 100 GHz због највећег комерцијалног потенцијала. На основу овог предлога, као и анализе посебног случаја интегрисаних радара кратког домета, предложена оптимална архитектура и изведене су спецификације пријемних и предајних канала. Акцент је дат радарима кратког домета и анализи компромиса кључних перформанси као што су излазна снага, шум и линеарност пријемних и предајних канала у овом случају.
- Урађена је имплементација одабране архитектуре пријемних и предајних канала у комерцијалном BiCMOS процесу. Представљени су кључни резултати симулација подблокова пријемних и предајних канала, као и резултати мерења предајних канала за нелиценцирани опсег око 60 GHz.
- Пројектован је један потпуно интегрисани MIMO радар са 2 предајника и 4 пријемника оптимизован за кратак домет.
- Пројектован је један потпуно интегрисани предајни канал са променљивим појачањем, оптимизован за опсег учестаности око 80 GHz, који се користи у аутомобилским применама.
- Обављено је квалитативно поређење перформанси постојећих примопредајника и пројектованих пријемних и предајних канала.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У оквиру ове дисертације детаљно су анализирани изазови са којима се суочавају савремени радарски системи, укључујући ограничења у угаоној резолуцији и сложеност интеграције вишеканалних система, и представљени су закључци и решења до којих се дошло током истраживања. Резултати мерења претходних генерација чипова развијених током истраживања такође су представљени и показују континуирани напредак и унапређење перформанси FMCW радарских система.

Увидом у циљеве истраживања, полазне хипотезе и остварене резултате, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на значајна питања из проблематике која је анализирана у дисертацији.

Приказани резултати су нови, оригинални и савремени, а доприноси дисертације се могу искористити како у даљим истраживањима, тако и у практичним индустријским системима.

4.3. Верификација научних dopриноса

У току свог истраживачког рада, кандидат Душан Крчум објавио је један рад у међународном часопису са SCI листе на којем је првопотписани аутор, и који је у директној вези са темом докторске дисертације. Поред тога, објавио је четири рада у међународним часописима са SCI листе као коаутор, као и више радова на међународним конференцијама од којих је већина у директној вези са темом докторске дисертације. Коаутор је и два међународна патента.

Категорија M20:

- M21.0 **Dušan P. Krčum**, Đorđe P. Glavonjić, Veljko R. Mihajlović, Lazar V. Saranovac, Vladimir M. Milovanović, Ivan M. Milosavljević, "A fully integrated 2TX-4RX 60-GHz FMCW radar transceiver for short-range applications," Taylor & Francis International Journal of Electronics, vol. 110, no. 4, pp. 708-733, Apr. 2022. (DOI: 10.1080/00207217.2022.2062793) (M23, IF = 1.457, ISSN: 0020-7217)
- M20.2 Dušan V. Obradović, Đorđe P. Glavonjić, **Dušan P. Krčum**, Veljko R. Mihajlović, Ivan M. Milosavljević, "A highly programmable 60-dB gain analog baseband circuit with DC-offset cancellation for short-range FMCW radar applications," Springer Analog Integrated Circuits and Signal Processing, vol. 104, no. 9, pp. 299-309, Sep. 2020. (DOI: 10.1007/s10470-020-01679-w) (M23, IF = 1.337, ISSN: 0925-1030)
- M20.3 Ivan M. Milosavljević, Đorđe P. Glavonjić, **Dušan P. Krčum**, Siniša P. Jovanović, Veljko R. Mihajlović, Vladimir M. Milovanović, "A 55-64-GHz Fully Integrated Miniaturized FMCW Radar Sensor Module for Short-Range Applications," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 29, no. 10, pp. 677-679, Oct. 2019. (DOI: 10.1109/LMWC.2019.2937986) (M22, IF = 2.374, ISSN: 1531-1309)
- M20.4 Ivan M. Milosavljević, **Dušan P. Krčum**, Đorđe P. Glavonjić, Siniša P. Jovanović, Veljko R. Mihajlović, Darko M. Tasovac, Vladimir M. Milovanović, "A SiGe highly integrated FMCW transmitter module with a 59.5-70.5-GHz single sweep cover," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 66, no. 9, pp. 4121-4133, Sep. 2018. (DOI: 10.1109/TMTT.2018.2842218) (M21, IF = 3.756, ISSN: 0018-9480)
- M20.5 Ivan M. Milosavljević, Đorđe P. Glavonjić, **Dušan P. Krčum**, Lazar V. Saranovac, Vladimir M. Milovanović, "A highly linear and fully-integrated FMCW synthesizer for 60 GHz radar applications with 7 GHz bandwidth," Springer Analog Integrated Circuits and Signal Processing, vol. 90, no. 3, pp. 591-604, Mar. 2017. (DOI: 10.1007/s10470-016-0910-2) (M23, IF = 0.6, ISSN: 0925-1030)
- M20.6 Ivan M. Milosavljević, **Dušan P. Krčum**, Lazar V. Saranovac, "Design and analysis of differential passive circuits for I/Q generation in 60 GHz integrated circuits," Informacije MIDEM – Journal of Microelectronics, Electronic Components and Materials, vol. 46, no. 3, pp. 120-129, Mar. 2016. (M23, IF = 0.476, ISSN: 0352-9045)

Kategorija M30:

- M30.1 **Dušan P. Krčum**, Đorđe P. Glavonjić, Ivan M. Milosavljević, Vladimir M. Milovanović, “A 130-nm 76-81-GHz SiGe Radar Transmitter for Automotive Applications,” 19th International Conference on Smart Technologies IEEE EUROCON 2021, Lviv, Ukraine, Jul. 2021. (DOI: 10.1109/EUROCON52738.2021.9535602) (M33)
- M30.2 Milan S. Stojanović, Đorđe P. Glavonjić, Ivan M. Milosavljević, **Dušan P. Krčum**, Veljko R. Mihajlović, “Impact of Phase Noise on Frequency Estimation of FM Signals,” 27th Telecommunications Forum (TELFOR) 2019, Belgrade, Serbia, Nov. 2019. (DOI: 10.1109/TELFOR48224.2019.8971083) (M33)
- M30.3 Dušan Obradović, Miloš Čabrilo, Ivan Milosavljević, **Dušan Krčum**, Veljko Mihajlović, “A 250–800-MHz multiplying DLL for reference frequency generation with improved phase noise,” 18th International Conference on Smart Technologies IEEE EUROCON 2019, Novi Sad, Serbia, Jul. 2019. (DOI: 10.1109/EUROCON.2019.8861985) (M33)
- M30.4 **Dušan Krčum**, Ivan Milosavljević, Đorđe Glavonjić, Marko Ninić, Darko Tasovac, Jelena Popović-Božović, Lazar Saranovac, “Clock synthesizer for data converters in digital audio broadcasting systems,” Proceedings of IcETAN-2018, Palić, Serbia, Jun. 2018. (M33)
- M30.5 Đorđe Glavonjić, Ivan Milosavljević, **Dušan Krčum**, Jelena Popović-Božović, Lazar Saranovac, “The design of fully differential comparator for SAR ADCs,” Proceedings of IcETAN-2018, Palić, Serbia, Jun. 2018. (M33)
- M30.6 Đorđe Glavonjić, Ivan Milosavljević, **Dušan Krčum**, Veljko Mihajlović, Lazar Saranovac, “Person detection counter based on mm-Wave radar technology,” Proceedings of IcETAN-2017, Kladovo, Serbia, Jun. 2017. (M33)
- M30.7 **Dušan Krčum**, Ivan Milosavljević, Đorđe Glavonjić, Darko Tasovac, Lazar Saranovac, “A highly linear CMOS TIA based on triple-inverter amplifier,” Proceedings of IcETAN-2017, Kladovo, Serbia, Jun. 2017. (M33)
- M30.8 Ivan Milosavljević, Đorđe Glavonjić, **Dušan Krčum**, Darko Tasovac, Lazar Saranovac, Vladimir Milovanović, “An FMCW fractional-N PLL-based synthesizer for integrated 79 GHz automotive radar sensors,” 17th International Conference on Smart Technologies IEEE EUROCON 2017, Ohrid, Macedonia, Jul. 2017. (DOI: 10.1109/EUROCON.2017.8011117) (M33)

Kategorija M90:

- M90.1 Veljko Mihajlović, Veselin Branković, Darko Tasovac, Marko Paraušić, Đorđe Glavonjić, Ivan Milosavljević, **Dušan Krčum**, “Millimeter-wave radar sensor system for gesture and movement analysis,” US 10,928,499 B2, Feb. 2021. (M93)
- M90.2 Darko Tasovac, Veljko Mihajlović, Veselin Branković, **Dušan Krčum**, Ivan Milosavljević, “Millimeter-wave sensor system for parking assistance,” US 10,502,826 B2, Dec. 2019. (M93)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Душана Крчума под насловом „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу” (енгл. “Fully integrated radar sensor transceiver in the millimeter-wave band”) написана је на српском језику, у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду.

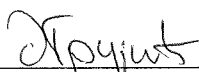
У оквиру докторске дисертације дати су детаљна анализа постојећих архитектура, предлог и имплементација потпуно интегрисаног примопредајника за радаре кратког домета са више пријемних и предајних канала за нелиценцирани опсег око 60 GHz. Такође је дат предлог пројектовања и вишеканалног предајника за опсег око 80 GHz који се користи у аутомобилским применама.

Најважније резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру дисертације кандидат је објавио у више међународних часописа са SCI листе. На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове, Комисија констатује да дисертација „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу” кандидата Душана Крчума садржи оригиналне научне доприносе.

На основу претходног, Комисија констатује да је Душан Крчум, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом „Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу” прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да се одобри јавна усмена одбрана.

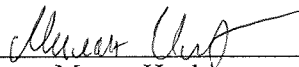
У Београду, 22.4.2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Душан Грујић, доцент

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милан Илић, редовни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владимир Миловановић, ванредни професор

Универзитет у Крагујевцу – Факултет инжењерских наука