

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Душана Крчума за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 1799-26 од 05.12.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Душана Крчума**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, под називом

Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу

(енгл. *Fully integrated radar sensor transceivers in the millimeter-wave band*).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата и одржане јавне усмене одбране, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

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 "Букове" 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 у Београду уписао је 2008. године где се определио за Одсек за електронику. Током студирања објавио је 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 на микроталасну технику и електронику. Мастер рад на тему "Системска анализа *FMCW* 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.

У стални радни однос је ступио 2013. године у тада новоосновану фирму *NovelIC 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 ради и руководи на пројектима израде аналогних, *mmWave* и микроталасних интегрисаних кола за сензорске, комуникационе и радарске системе.

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

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

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао 2015. године и положио све испите који су предвиђени планом докторских академских студија на модулу Електроника на Електротехничком факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 10,00.

Положени испити:

13Д041ПНР	Пројектовање наменских рачунарских система	10	9
13Д041ОПЕ	Одабрана поглавља из енергетске електронике	10	9
13Д041ОАЕ	Одабрана поглавља из аналогне електронике	10	9
13Д041ПИС	Пројектовање интегрисаних кола и система	10	9
19Д091УНР	Увод у научни рад	10	6
19Д041ООС	Одабрана поглавља из дигиталне обраде сигнала	10	9
19Д041ИКР	Интегрисана кола за комуникационе и радарске системе	10	9
19Д071МЕ	Микроталасна електроника	10	9
19Д071ЕКИ	Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала	10	9
19Д071МТ	Микроталасна техника	10	9

Списак осталих реализованих обавеза

	Назив предмета	ЕСПБ
1	Научно стручни рад	3
2	Студијски истраживачки рад I	15
3	Студијски истраживачки рад II	15

Списак објављених радова

Категорија M20 - Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

- M20.1 **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)

Категорија М30 – Зборници међународних научних скупова:

- 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 IcETran-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 IcETran-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 IcETran-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 IcETran-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)

Категорија М90 – међународни патенти:

- 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)

Пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду, у саставу

1. др Душан Грујић, доцент, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, председник комисије,
2. др Владимир Миловановић, ванредни професор, Универзитет у Крагујевцу - Факултет инжењерских наука, члан комисије који није запослен на Електротехничком факултету Универзитета у Београду,
3. др Милан Илић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, члан комисије,

на јавној усменој одбрани теме докторске дисертације, **одржаној 20.12.2023. године**, кандидат је успешно одговорио на сва питања и добио оцену **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Душан Крчум поседује адекватан ниво знања из области које представљају основу неопходну за решавање проблема који се разматрају у предложеној докторској дисертацији. До сада је објавио укупно 14 научних чланака, при чему је на 4 првотпотписани аутор. Кандидат је објавио 6 научних чланака у међународним часописима са импакт фактором. Положио је све испите на докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду са просечном оценом 10,00. На основу приказа резултата досадашњег научно-истраживачког рада и оствареног искуства, Комисија констатује да кандидат Душан Крчум поседује истраживачко искуство које га квалификује за израду докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Детекција препрека и, уопштено, перцепција околине су природне људске потребе на које се интензивно примењују софистициране технологије које су данас доступне. *Internet-of-things*, као парадигма која је већ наша стварност, подразумева не само бежичну комуникацију већ и начине за перцепцију околине и тачне локације у простору. Међу најчешће коришћеним техникама које помажу у откривању покретних и стационарних објеката у простору су ефекат времена прелета (енгл. *time-of-flight - ToF*), који омогућава процену домета, и Доплеров ефекат, за мерење брзине. Најистакнутије технологије које су имале користи од тих ефеката били су оптички и акустични системи. Због велике потражње тржишта за робуснијим решењима у аутомобилској индустрији током протеклих деценија, интегрисани радар на чипу (енгл. *Radar on chip - RoC*) се истакао као добар компромис између тачности мерења и поузданог рада [1,2]. Аутомобилска индустрија, као пионир у усвајању интегрисаних радара на чипу, била је, до недавно, претежно фокусирана на радаре средњег (енгл. *mid-range radar - MRR*) и дугог домета (енгл. *long-range radar - LRR*). Радар кратког домета (енгл. *short-range radar - SRR*) је нашао примене у надзору путничке кабине и помоћи при паркирању. Радар кратког домета интегрисан на чипу, за разлику од *MRR*-а и *LRR*-а, обично има мању потрошњу енергије, мањи ниво зрачења и мању сложеност пријемника због вишег нивоа примљене снаге услед рефлексије од оближњих објеката. Смањењем трошкова силицијумске технологије, која омогућава интеграцију великих размера и високе радне учестаности, и радару кратког домета интегрисани на чипу настоје да нађу своје место и

у потрошачким и у индустријским уређајима [3,4]. Међутим, да би се могао у потпуности покрити 3-Д простор, детекција правца доласка постаје неопходна у реалним окружењима са бројним препрекама. Одређивање правца инциденције таласа, или угао доласка (енгл. *angle-of-arrival* - *AoA*), је широко коришћена техника у модерним системима сензора. Примене *AoA* су бројне и обухватају праћење имовине, унутрашњу навигацију и геолокализацију. Додатно, многи РФ системи попут *Bluetooth*, *WiFi*, *RFID*, *NFC* и радара користе предности *AoA* техника. Једноставан радар на чипу који се састоји од једног предајника и једног пријемника са широким антенским снопом не може разликовати више циљева озрачених под различитим угловима у односу на радар, ако имају иста растојања и брзине [5]. Концепт вишеструких улаза и више излаза (енгл. *Multiple-input Multiple-output* - *MIMO*) примењен на вишеканалне интегрисане радарске чипове и њихове примопредајнике омогућава ефикасно решење тог проблема. Угаона резолуција *MIMO* интегрисаних радарских чипова је уско повезана са бројем *MIMO* канала. Скалирање *CMOS* и *BiCMOS* процеса омогућило је израду више канала на истој матрици, чак заједно са интегрисаним антенама. То је довело до значајног продора у пољу истраживања *MIMO* интегрисаних радарских чипова, као и до њихове примене у комерцијалним областима током последње деценије. Упркос многим објављеним радовима о *MIMO* интегрисаним радарским чиповима и њиховим апликацијама, већином су реализовани као модули са више чипова и обично су засновани на неколико уобичајених архитектура. Потпуно интегрисани примопредајници на једном чипу су још ређи. Стога је потребно дати систематичан преглед постојећих *MIMO* интегрисаних радарских чипова који раде на учестаностима испод 100 GHz јер су ове учестаности комерцијално најинтересантније. На основу анализе њихових перформанси, засноване на неколико критеријума, треба изабрати оптималну архитектуру за апликације кратког домета и извести системске захтеве за карактеристике канала примопредајника који би довели до унапређења ове класе радарске технологије. Циљ ове дисертације је да пружи пример таквог дизајна у облику потпуно интегрисаног радарског чипа кратког домета са два предајника и четири пријемника. Радари кратког домета могу да раде на учестаностима на којима $1/f$ шум има доминантан утицај. Стога је *BiCMOS* имплементација са хетероспојним биполарним транзисторима (енгл. *heterojunction bipolar transistor* - *HBT*) природан избор јер они имају корнер учестаност фликер шума за ред величине нижу од *CMOS* пандана. Такође, предложени примопредајник треба да омогући имплементацију малих и јефтиних радарских система у којима ће дигитална обрада примљених радарских сигнала да се ради на екстерном процесору, било наменском или процесору опште намене.

Релевантни радови из области истраживања:

- [1] Feger, R., Wagner, C., Schuster, S., Scheiblhofer, S., Jager, H., & Stelzer, A. (2009). A 77-GHz FMCW MIMO radar based on an SiGe single-chip transceiver. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 57(5), 1020–1035.
- [2] Hasch, J., Topak, E., Schnabel, R., Zwick, T., Weigel, R., & Waldschmidt, C. (2012). Millimeter-wave technology for automotive radar sensors in the 77 GHz frequency band. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 60(3), 845–860.
- [3] Nasr, I., Jungmaier, R., Baheti, A., Noppeney, D., Bal, J. S., Wojnowski, M., Karagozler, E., Raja, H., Lien, J., Poupyrev, I., & Trotta, S. (2016). A highly integrated 60 GHz 6-channel

- transceiver with antenna in package for smart sensing and short-range communications. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 51(9), 2066–2076
- [4] Welp, B., Meusling, A., Aufinger, K., & Pohl, N. (2018). A mixed-mode beamforming radar transmitter MMIC utilizing novel ultrawideband IQ-generation techniques in SiGe BiCMOS. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 66(6), 2604–2617.
- [5] Hsiao, Y., Chang, Y., Tsai, C., Huang, T., Aloui, S., Huang, D., Chen, Y.-H., Tsai, P.-H., Kao, J.-C., Lin, Y.-H., Chen, B.-Y., Cheng, J.-H., Huang, T.-W., Lu, H.-C., Lin, K.-Y., Wu, R.-B., Chung, S.-J., & Wang, H. (2016). A 77-GHz 2T6R transceiver with injection-lock frequency sextupler using 65-nm CMOS for automotive radar system application. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique S*, 64(10), 3031–3048.
- [6] Rimmelspacher, J., Ciocoveanu, R., Steffan, G., Bassi, M., & Issakov, V. (2020). Low power low phase noise 60 GHz multichannel transceiver in 28 nm CMOS for radar applications. In *2020 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC)*, Los Angeles, CA, USA, IEEE (p. 19–22).
- [7] Öztürk, E., Yodprasit, U., Kissinger, D., Winkler, W., & Debski, W. (2019). A master/slave 55.5 – 64.8 GHz 4x4 FMCW radar transceiver in 130 nm SiGe BiCMOS for massive MIMO applications. In *2019 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS)*, Boston, MA, USA, IEEE (p. 683–686).
- [8] Ng, H. J., Hasan, R., & Kissinger, D. (2019). A scalable four-channel frequency-division multiplexing MIMO radar utilizing single-sideband delta-sigma modulation. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 67(11), 4578–4590.
- [9] Forstén, H., Kiuru, T., Hirvonen, M., Varonen, M., & Kaynak, M. (2020). Scalable 60 GHz FMCW frequency-division multiplexing MIMO radar. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 68(7), 2845–2855.
- [10] Ma, T., Deng, W., Chen, Z., Wu, J., Zheng, W., Wang, S., Qi, N., Liu, Y., & Chi, B. (2020). A CMOS 76–81-GHz 2-TX 3-RX FMCW radar transceiver based on mixed-mode PLL chirp generator. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 55(2), 233–248.

4. Полазне хипотезе

- Интегрисани радарски сензори су у претходних десетак година доживели велику експанзију у научно-истраживачким установама и у индустрији. Развој силицијумских технологија омогућио је пројектовање кола и система који раде у милиметарском опсегу учестаности и отворио простор за унапређење перформанси и повећање степена интеграције читавих примопредајника на једном чипу.
- Поред примопредајника са по једним пријемним и предајним каналом, нарочито су последњих неколико година интересантни МИМО примопредајници који комбинују по неколико пријемних и предајних канала. Број канала директно одређује угаону резолуцију радара која је изузетно битна у реалном окружењу са мноштвом препрека. Истовремено повећање резолуције доводи до повећања потрошње и величине чипа. У зависности од конкретне примене потребно је одабрати адекватан број канала.
- За одабрану архитектуру и технологију, потребно је оптимизовати канале на нивоу кола како би се постигао задовољавајући ниво излазне снаге и шума. Како су

данашњи интегрисани радари махом базирани на FMCW техници, потребно је омогућити минималну дисторзију фреквенцијске рампе уз одговарајући пропусни опсег.

4. Научне методе истраживања

- Систематизација и анализа постојећих интегрисаних радарских сензора са више пријемника и предајника у милиметарском опсегу учестаности. Биће дат детаљан преглед постојећих решења у милиметарском опсегу учестаности до 100 GHz због највећег комерцијалног потенцијала. На основу тог предлога, као и анализе посебног случаја интегрисаних радара кратког домета, биће предложена оптимална архитектура и изведене спецификације пријемних и предајних канала. Акценат ће бити на радарима кратког домета и на анализи компромиса кључних перформанси као што су излазна снага, шум и линеарност пријемних и предајних канала.
- Имплементација одабране архитектуре пријемних и предајних канала у комерцијалном BiCMOS процесу. Биће представљени кључни резултати симулација подблокова пријемних и предајних канала
- Квалитативно поређење перформанси постојећих примопредајника и пројектованих пријемних и предајних канала.

5. Очекивани научни допринос

Главни очекивани научни допринос дисертације је методологија пројектовања примопредајника за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском опсегу учестаности. На бази детаљне анализе постојећих архитектура и имплементираних примопредајних канала биће приказана решења за радаре кратког домета са више пријемних и предајних канала за нелиценцирани опсег око 60 GHz. Приказаће се и методологија пројектовања вишеканалног предајника за опсег око 80 GHz који се користи у аутомобилским применама.

Очекивани доприноси дисертације су:

- Преглед, систематизација и анализа која обухвата најсавременије постојеће топологије интегрисаних радарских примопредајника са више пријемних и предајних канала на чипу.
- Методологија: анализа, оптимизација и пројектовање пријемних и предајних канала у BiCMOS технологији оптимизованих за рад око 60 GHz и 80 GHz.
- Реализација: пројектовање једног потпуно интегрисаног радара са 2 предајника и 4 пријемника оптимизованог за кратак домет.

6. План истраживања и структура рада

Планирано је да се истраживање спроведе у следећим фазама:

- Прва фаза обухвата анализу постојећих архитектура и имплементација потпуно интегрисаних радарских сензора на чипу са више предајника и пријемника. У оквиру ове фазе потребно је анализирати начине формирања радарских снопова, анализирати

угаону резолуцију и системски сагледати захтеве за нивое сигнала и шума кроз читав пријемни и предајни канал.

- Друга фаза обухвата анализу и пројектовање одговарајућег пријемног канала на бази спецификација изведених у првој фази.
- Трећа фаза обухвата анализу и пројектовање одговарајућег предајног канала на бази спецификација изведених у првој фази.
- Четврта фаза обухвата комплетну интеграцију ММО примопредајника у опсегу око 60 GHz, као и преглед пројектовања вишеканалног предајника за опсег око 80 GHz. У оквиру ове фазе биће дато и поређење са радовима у овој области који представљају најсавременије технологије.

7. Закључак и предлог

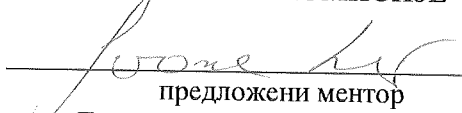
На основу приложене документације и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Душана Крчума, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија закључује следеће:

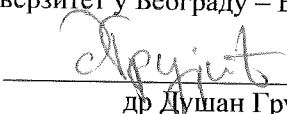
- Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Електротехничког факултета у Београду за израду докторске дисертације.

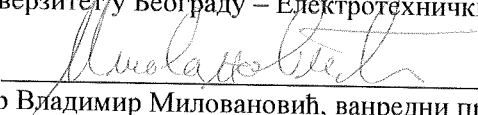
Предложена тема „**Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу**” је научно заснована, а резултати до којих ће се доћи израдом ове дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос. Тема припада ужој научној области Електроника и Милиметарски таласи.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Душану Крчуму одобри израду докторске дисертације под насловом „**Примопредајник за потпуно интегрисане радарске сензоре у милиметарском таласном опсегу**” (енгл. “*Fully integrated radar sensor transceivers in the millimeter-wave band*”), а под менторством др Лазара Сарановца, редовног професора Електротехничког факултета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


предложени ментор
др Лазар Сарановац, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Душан Грујић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Владимир Миловановић, ванредни професор
Универзитет у Крагујевцу – Факултет инжењерских наука


др Милан Илић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет