

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мастер инж. електротехнике и рачунарства, **Иво Љ. Марковића**, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5014/17-1 од 3.2.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мастер инж. електротехнике и рачунарства, Иво Љ. Марковића, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Иво Марковић је рођен 15.12.1990. у Котору, СФР Југославија. Основну школу и гимназију завршио је у Будви.

Основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2009/10. године. Дипломирао је на Одсеку за електронику у марту 2014. године, са просечном оценом 7,37 и оценом 10 на дипломском раду „Микроконтролерски базиран мерач срчаног пулса“ рађеном под менторством проф. др Вује Дрндаревића.

Мастер студије на Електротехничком факултету, на Одсеку за електронику, уписао је 2014. године и положио све испите са просечном оценом 9,2. Мастер рад на тему „Могућност примене мемристора у микроталасним филтрима“ је урадио под менторством проф. др Милке Потребих и одбранио са оценом 10 у јулу 2015. године.

Докторске студије уписао је школске 2017/18. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника.

Био је члан истраживачког тима на пројекту ICT COST Action IC1401 Memristors - Devices, Models, Circuits, Systems and Applications (MemoCiS), 2014.-2018. У јуну 2017. и јуну 2018. године је присуствовао трећем односно четвртом семинару MemoCIS Training School on Memristor Theory, Models and Device Technology, одржаним у Хаифи (Израел), односно Авеиру (Португалија).

У школској 2018/2019. години, добио је награду Фондације професора Мирка Милића за најбољи научно-стручни рад из области Теорије електричних кола, штампан у часопису или зборнику конференција. Награђен је рад под насловом “Main-line memristor mounted type loaded-line phase shifter realization”, објављен у часопису *Microelectronic Engineering*, vol.185-186, pp. 48-54, из 2018. године.

Професионалну каријеру започео је децембра 2015. године у компанији РТ-РК, на позицији Embedded Software Developer. У оквиру компаније је радио на пројектима из области дигиталне телевизије, JiT (Just in Time) компилатора и аутономне вожње. Од новембра 2018. године, запослен је у швајцарској компанији Polustech, у београдском тиму. Тренутно ради на позицији RF Hardware Design Engineer – Cellular, technical lead, у оквиру које развија системе за побољшање јавне безбедности, коришћењем савременим мобилних технологија.

Активно говори енглески језик, а поседује и основно знање италијанског језика.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

Докторске студије уписао је школске 2017/18. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника, где је положио све испите са највишом оценом и урадио све обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија.

Назив испита или обавезе	Оцена	ЕСПБ бодови
1. РФ и микроталасни филтри (13Д071РФМ)	10	9
2. Микроталасна пасивна кола (13Д071МПК)	10	9
3. Микроталасна техника (13Д071МТ)	10	9
4. Специјалне функције (13Д081СФ)	10	9
5. Функционална анализа и примене (13Д081ФАП)	10	9
6. Електромагнетика (13Д071ЕМ)	10	9
7. Микроталасна електроника (13Д071МЕ)	10	9
8. Пројектовање интегрисаних кола (13Д061ПИК)	10	9
9. Аутоматско резоновање (13Д081АР)	10	9
10. Увод у научни рад (13Д091УНР)	10	6
Студијско истраживачки рад I		15
Студијско истраживачки рад II		15
Научно сручни рад		3

Окосницу истраживачког рада у вези са докторском тезом чини пројектовање микроталасних пасивних кола реализованих коришћењем мемристора. У истраживању се разматра померај фазе и филтри са једним и више пропусних опсега учестаности. Испитује се примена мемристора у циљу смањења потрошње енергије, потискивања парних хармоника код филтра пропусника опсега учестаности, као и реконфигурабилност филтара.

Радови из ове области, чији је први аутор, прихваћени су и презентовани на националним и међународним конференцијама. Један рад је објављен у домаћем часопису националног значаја, један рад је објављен у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком, док је један рад објављен у истакнутом међународном часопису са импакт фактором.

1.2.1. Објављени радови

Рад у часопису међународног значаја са JCR листе (M20):

- [1.1] **I. Lj. Marković**, M. M. Potrebić, D. V. Tošić, „Main-line memristor mounted type loaded-line phase shifter realization”, *Microelectronic Engineering*, volumes 185-186, pp. 48-54, 2018. DOI: 10.1016/j.mee.2017.11.005, ISSN: 0167-9317, IF(2018): 1.654, M22.

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24):

- [1.2] **Ivo Marković**, Milka Potrebić, Dejan Tošić, Zlata Cvetković, "Comparison of memristor models for microwave circuit simulations in time and frequency domain", *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 32, no. 1, pp. 65-74, 2019. DOI: 10.2298/FUEE1901065M, ISSN: 0353-3670, M24 (2018).

Рад у часопису националног значаја (M50):

- [1.3] **Ivo Marković**, Milka Potrebić, Dejan Tošić, "Mogućnost primjene memristora u mikrotalasnim filtrima", *Tehnika – Elektrotehnika*, vol. 65, no. 6, pp. 853-860, 2016. DOI: 10.5937/tehnika1606853M, Print ISSN: 0040-2176, UDC: 621.372.852.1, M52.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја (M30):

- [1.4] **Ivo Marković**, Milka Potrebić, Dejan Tošić, Zlata Cvetković, "Comparison of memristor models for microwave circuit simulations", in *Proc. 13th International Conference on Applied Electromagnetics (PES)*, Niš, Serbia, pp. P10 1-4, 30 August – 1 September, 2017, ISBN: 978-86-6125-185-6, M33.
- [1.5] **Ivo Marković**, Milka Potrebić, Dejan Tošić, "Memristor state transition in reconfigurable microwave filter", in *Proc. IEEE 30th International Conference on Microelectronics (MIEL)*, Niš, Serbia, pp. 71-74, 9 – 11 October, 2017, DOI: 10.1109/MIEL.2017.8190071, M33.
- [1.6] **Ivo Marković** "Application of memristors in phase shifter realization", 3rd MemoCIS Training School, Haifa, Israel, 7–9 June, 2017, M34.
- [1.7] **Ivo Marković**, "Automation of KnowM's memristor programming", 4th MemoCIS Training School, Aveiro, Portugal, 4–6 June, 2018, M34.

Радови саопштени на скуповима националног значаја (M60):

- [1.8] **Ivo Marković**, "Implementacija rekonfigurabilnog filtra propusnika - nepropusnika opsega učestanosti korišćenjem memristora", in *Proc. 24th Telecommunications forum (TELFOR 2016)*, Beograd, Srbija, 22–23 novembar 2016., str. 11.11. 1-4, Zbornik radova - CD izdanje, ISSN: 978-1-5090-4085-8, M63.
- [1.9] **Ivo Marković**, Milka Potrebić, Dejan Tošić, "Jedno rješenje automatizacije programiranja KnowM memristora", in *Proc. 18th International Symposium INFOTEH*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, March 20-22, 2019, pp. ELS-5 1-5, ISBN: 978-99976-710-2-8, M63.

1.2.2. Извештај са јавне усмене одбране предложене теме докторске дисертације

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације одржана је 21.2.2020. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред комисијом у саставу:

- др Дејан В. Тошић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду,
- др Братислав Маринковић, научни саветник Института за физику Универзитета у Београду,
- др Милош Вујисић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду,
- др Владимир Арсоки, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду,
- др Душан Грујић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Усмена одбрана је почела у 17:30, а завршена је у 20:00 часова.

На усменој одбрани су били присутни сви чланови Комисије.

Одбрану је отворио председник Комисије проф. др Дејан В. Тошић упознавши присутне са хронологијом пријаве теме, одлуком Наставно-научног већа, основним подацима о кандидату и основним подацима о пријављеној теми докторске дисертације.

Кандидат је у трајању од 45 минута изложио у најсажетијем облику област и предмет истраживања, актуелност истраживања, постојећа решења са критичким освртом, као и своје предлоге за унапређење микроталасних пасивних кола коришћењем мемристивних прекидача.

Кандидат је успешно одговорио на сва питања која су му чланови Комисије поставили.

По завршеној одбрани, Комисија се повукла на већање и једногласно донела следећи закључак:

Комисија је закључила да је кандидат Иво Љ. Марковић на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену „задовољно“. Комисија предлаже да ментор докторске дисертације буде др Милка Потребих, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом досадашњем стручном и научном раду, од којих бисмо издвојили следеће:

- Сакупио је сто двадесет (120) ЕСПБ (полагањем испита на докторским студијама и обављањем научно истраживачких обавеза),
- Јавно је одбранио тему докторске дисертације 21. фебруара 2020. године, пред Комисијом (др Дејан Тошић, др Братислав Маринковић, др Милош Вујисић, др Владимир Арсоски, др Душан Грујић) формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, на седници број 847, одржаној 21. јануара 2020. године,
- Публиковао је укупно 9 радова на којима је први аутор, од којих је један категорије М22, један категорије М24, један категорије М52, два категорије М33, два категорије М34, и два категорије М63, што га квалификује за научни рад,

можемо закључити да кандидат Иво Марковић у сваком погледу задовољава услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације је примена мемристора у реализацији планарних микроталасних пасивних кола. У фокусу истраживања ће бити микроталасни помераач фазе остварен коришћењем мемристивних прекидача. Поред тога, истраживање ће обухватити и реализацију микроталасних филтара са мемристорима.

Циљ истраживања је реализација микроталасног померача фазе који има боље карактеристике у односу на карактеристике одговарајућих померача фазе објављених у доступној отвореној литератури, а који користе традиционалне прекидаче као што су PIN диоде и микроелектромеханички системи (Microelectromechanical systems – MEMS). Критеријуми за поређење карактеристика укључују величину заузећа прекидача (односно уређаја), потрошњу прекидача (односно уређаја), као и брзину промене стања прекидача. Такође, циљ истраживања представљаће и анализа могућих реализација микроталасних филтара коришћењем мемристора у циљу потискивања нежељених пропусних опсега, као и могуће реконфигурабилности филтара коришћењем мемристивних прекидача.

Предложена тема докторске дисертације припада актуелној и значајној области микроталасне технике. Последњих година, ова проблематика добија на значају услед све строжијих захтева које намеће развој савремених комуникационих система на

микроталасним учестаностима. Нека од значајних својстава мемристора су нано димензије, мали губици, брза промена стања, минимална потрошња, што их чини погодним при реализацији микроталасних пасивних кола. Евентуална комерцијална расположивост мемристора на микроталасним учестаностима отворила би могућност за имплементацију микроталасних пасивних кола утемељених на мемристорима. На тржишту су тренутно доступни мемристори компаније KnowM, са којима постоји позитивно радно искуство.

О актуелности овог истраживања сведоче публикације објављене последњих година. Монографија која приказује најзначајније предлоге примене мемристора, на пример, је *Advances in Memristors, Memristive Devices and Systems*, Vaidyanathan S, Volos C (eds), Springer, 2017. Једно од поглавља монографије анализира и пасивна кола на микроталасним учестаностима: "RF/Microwave Applications of Memristors", chapter 7, pp. 159-185 (M. Potrebić, D. Tošić, D. Biolek).

Монографија у којој се излажу реализације микроталасних пасивних кола је *Microwave Solid State Circuit Design*, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2003 (I. Bahl, P. Bhartia). Бројне имплементације планарних филтара на микроталасним учестаностима приказане су у монографији *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2011 (J-S. Hong).

Релевантни библиографски извори и остварени резултати на које се надовезују предвиђена истраживања у предложеној дисертацији укључују следеће:

- [2.1] L. Chua, "Memristor – The missing circuit element", *IEEE Transactions on Circuit Theory*, vol. 18, no. 5, pp. 507–519, 1971.
- [2.2] D. Strukov, G. Snider, D. Stewart, R. Williams, "The missing memristor found", *Nature*, vol. 453, pp. 80–83, 2008.
- [2.3] S. Pi, M. Ghadiri-Sadrabadi, J. Bardin, Q. Xi, "Nanoscale memristive radiofrequency switches", *Nature Communications*, vol. 6, pp. 1–9, 2015.
- [2.4] Q. Xia, J. Bardin, S. Pi, "Memristive RF switches", US Patent, no. 9,998,106 B2, 2018.
- [2.5] D. Biolek, M. Di Ventra, Y. V. Pershin, "Reliable SPICE simulations of memristors, memcapacitors and meminductors", *Radioengineering*, vol. 22, no. 4, pp. 945–968, 2013.
- [2.6] N. Weinstein, S. Kvatinsky, "A Lumped RF model for nanoscale memristive devices and nonvolatile single-pole double-throw switches", *IEEE Transactions on Nanotechnology*, vol. 17, no. 5, pp. 873–883, 2018.
- [2.7] M. Gregory, D. Werner, "Application of the memristor in reconfigurable electromagnetic devices", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 57, no. 1, pp. 239–248, 2015.
- [2.8] M. Potrebić, D. Tošić, "Application of memristors in microwave passive circuits", *Radioengineering*, vol. 24, no. 2, pp. 408–419, 2015.
- [2.9] M. Potrebić, D. Tošić, D. Biolek, "Reconfigurable microwave filters using memristors", *International Journal of Circuit Theory and Applications*, vol. 46, no. 1, pp. 113–121, 2018.
- [2.10] M. Potrebić, D. Tošić, A. Plazinić, "Reconfigurable multilayer dual-mode bandpass filter based on memristive switch", *AEU – International Journal of Electronics and Communications*, vol. 97, pp. 290–298, 2018.
- [2.11] N. Weinstein, S. Kvatinsky, "TIME—Tunable Inductors Using MEmristors", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 65, no. 5, pp. 1505–1515, 2018.
- [2.12] C. Palson, D. Krishna, B. Jose, J. Mathew, M. Ottavi, "Memristor based planar tunable RF circuits", *Journal of Circuits, Systems and Computers*, vol. 28, no. 13, pp. 1–15, 2019.
- [2.13] J. Wei, B. Fang, W. Wu, K. Cao, H.-H. Chen, Y. Zhang, Z. Zeng, H. Wu, M. Bai, W. Zhao, "Amplitude and frequency modulation based on memristor-controlled spin nano-oscillators", *Nanotechnology*, vol. 31, no. 4, pp. 1–7, 2019.
- [2.14] D. Biolek, Z. Kolka, V. Biolková, Z. Biolek, M. Potrebić, D. Tošić, "Modeling and simulation of large memristive networks", *International Journal of Circuit Theory and Applications*, vol. 46, no. 1, pp. 50–65, 2018.

[2.15] L. Danial, N. Weinstein, S. Kraus, S. Kvatinsky, "Breaking through the speed-power-accuracy tradeoff in ADCs using a memristive neuromorphic architecture", *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, vol. 2, no. 5, pp. 396-409, 2018.

У истраживању [2.1] теоријски је предвиђено, и математички доказано постојање четврте основне компоненте – мемристора, која представља везу између магнетског флукса и количине наелектрисања. У [2.2] је по први пут објављена фабрикација мемристора, који по својим особинама одговара теоријском опису из [2.1]. Ове две публикације представљају полазну тачку за сва остала истраживања у доменима фабрикације и примене мемристора. Фабрикација првог РФ/микроталасног мемристора објављена је у [2.3]. Аутори су поред описа процеса фабрикације и резултата мерења приложили и модел мемристора за анализу у фреквенцијском домену. Патент заштићен у америчком патентном заводу [2.4] указује на то да се ускоро може очекивати масовна производња уређаја базираних на компоненти објављеној у [2.3]. Неколико модела мемристора за анализу у временском домену који најбоље описују природу фабрикованог уређаја [2.2], приказани су у [2.5]. У [2.6] је приказан унапређени модел мемристора за анализу у фреквенцијском домену. Ово истраживање се базира и надовезује на [2.3], узимајући у обзир и паразитне ефекте. На основу радова [2.1]-[2.6] уочени су могући правци даљег истраживања који би обухватили примену мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола.

У [2.7] аутори предлажу употребу мемристора у реконфигурабилним електромагнетским уређајима.

Предлог да се мемристори примене у микроталасним пасивним колима приказан је у [2.8], а односи се на реализације микроталасних филтара и Вилкинсоновог делитеља снаге.

Употреба мемристивних прекидача код реконфигурабилних микроталасних филтара предложена је у [2.9]-[2.10].

Променљива индуктивност коришћењем мемристора је приказана у [2.11]. Аутори приказују две топологије планарне променљиве индуктивности. У [2.12] је предложена реализација подесивог микроталасног филтра. Подесивост централе учестаности се постиже променом индуктивности, коришћењем мемристора који су компатибилни са CMOS технологијом.

Амплитудска и фреквенцијска модулација коришћењем нано осцилатора, контролисаног мемристором, је изложена у [2.13].

У истраживању [2.14] моделују се и симулирају велике мемристивне мреже. Овај тип структура се најчешће користи за реализације меморијских блокова и јединица за обраду података. У [2.15] се представљају неуроморфне мемристивне архитектуре, које се користе за задовољење компромиса између потрошње, брзине, тачности.

3. Полазне хипотезе

У овој докторској дисертацији кренуће се од основне претпоставке да се применом мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола доприноси смањењу потрошње електричне енергије, уз одржање или побољшање осталих карактеристика уређаја. Мемристори се користе као прекидачи на РФ/микроталасним учестаностима. У овом истраживању полази се од следећих претпоставки (хипотеза):

1. Фабрикација мемристора отвара значајне могућности за унапређење карактеристика електричних кола. Томе у прилог иду и карактеристике објављених мемристора као што су: нано димензије, мали губици, брза промена стања, минимална потрошња.

Мемристору није потребно константно напајање да би задржао тренутно стање, већ му је довољно довести одговарајући напонски облик само приликом промене стања.

2. Очекује се да ће у имплементацији микроталасних пасивних кола мемристивне компоненте имати мање димензије од отпорника, мању потрошњу од PIN диода, као и MEMS и CMOS прекидачких структура. Такође, очекивано време промене стања мемристора би требало да буде знатно мање од MEMS прекидача.
3. Према наведеним библиографским изворима, један од најчешће употребљаваних РФ/микроталасних прекидача, PIN диода, се на микроталасним учестаностима моделује готово идентично као и мемристор. У проводном (ON) стању, PIN диода се моделује редном везом отпорника и калема, при чему је отпорност доминантна. У непроводном (OFF) стању, PIN диода се моделује паралелном везом отпорника и кондензатора која је редно везана са калемом. У овом случају, доминантну улогу има кондензатор. Мемристор се у проводном (ON) стању моделује отпорником, а у непроводном (OFF) стању кондензатором. Очекује се да ће у имплементацији микроталасних пасивних кола утемељених на мемристорима, вредности отпорника и кондензатора у два стања (проводном и непроводном), за мемристор и PIN диоду бити веома блиске.
4. Претпоставка је да се померац фазе реализован са PIN диодама може реализовати и коришћењем мемристора, уз фина подешавања димензија проводника.
5. Очекује се да овако реализован уређај има мању потрошњу зато што је PIN диодама неопходан константан извор напајања да би задржале тренутно стање, док је мемристорима потребно довести одговарајући напонски облик само приликом промене стања.
6. Претпоставља се да се коришћењем мемристивних прекидача могу реализовати и реконфигурабилни микроталасни филтри.

4. Научне методе истраживања

У овом истраживању издвојени су следећи општи методи анализе и пројектовања микроталасних пасивних кола, као и анализе електричних кола на нижим учестаностима:

1. Разматрање и анализа фабрикованих мемристора, као и њихових модела у фреквенцијском и временском домену. Поређење резултата различитих модела мемристора коришћењем симулатора и алата за анализу електричних кола.
2. Анализа актуелних реализација микроталасних пасивних кола, доступних у отвореној литератури. Разматрање могућих унапређења.
3. Испитивање перформанси помераца фазе на основу симулационог модела у виду микроталасног кола у софтверском алату као што је Microwave Office.
4. Испитивање прекидачких перформанси мемристора на основу симулационог модела у виду електричног кола у софтверском алату као што је LTspice или HSPICE.
5. Оптимизација и подешавање симулационих модела помераца фазе у циљу задовољења спецификација.
6. Експериментално испитивање карактеристика комерцијално доступног мемристора.
7. Експериментална верификација рада програматора и комплетног система управљања мерењем на лабораторијском прототипу направе са мемристором.
8. Експериментална верификација рада пројектованих електричних кола мерењем на лабораторијским прототиповима.

У складу са претходно изложеном методологијом, очекује се да ће примена мемристора у реализацији микроталасног помераца фазе смањити потрошњу електричне енергије, док ће остале карактеристике помераца фазе бити непромењене или побољшане. Очекивана комерцијална доступност мемристора омогућиће експерименталну верификацију рада микроталасних кола.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани основни научни доприноси докторске дисертације су:

1. Нов метод пројектовања микроталасних помераца фазе коришћењем мемристивних прекидача, а који имају боље карактеристике у односу на карактеристике објављене у доступној отвореној литератури, сходно критеријумима поређења који укључују величину заузећа прекидача (односно уређаја), потрошњу прекидача (односно уређаја), и брзину промене стања прекидача.
2. У циљу верификације предложеног метода, развој новог алгоритма за реализацију помераца фазе са мемристивним прекидачима, да би се задовољила спецификација.
3. За експерименталну верификацију, планира се пројектовање хардвера за аутоматско програмирање комерцијално доступног мемристора, осмишљавање алгоритма и имплементација софтвера микроконтролера који омогућава аутоматско програмирање, као и софтвера преносивог или удаљеног уређаја за контролу рада микроконтролера. Планира се израда лабораторијског прототипа програматора мемристора и верификација његовог рада. Поред тога, планира се пројектовање електричних уређаја остварених коришћењем комерцијално доступног мемристора, израда лабораторијских прототипова и верификација њиховог рада.

Предложени метод и алгоритам, као исход овог истраживања, могу имати практичну примену за реализацију помераца фазе и других микроталасних пасивних кола, који су део савремених комуникационих система.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања ове докторске дисертације могао би се поделити у неколико корака:

- 1) Проучавање библиографских извора о фабрикацији и моделовању мемристора.
- 2) Проучавање основних библиографских извора о пројектовању микроталасних пасивних кола, с акцентом на померачима фазе.
- 3) Преглед најновијих истраживања из области примене мемристора.
- 4) Преглед најновијих истраживања из области реализације микроталасних пасивних кола.
- 5) Предлози реализације микроталасних пасивних кола остварених коришћењем мемристивних прекидача.
- 6) Реализација микроталасног помераца фазе оствареног коришћењем мемристивних прекидача.
- 7) Испитивање перформанси новог помераца фазе (који ће бити предложен у тези) рачунарском симулацијом.
- 8) Упоредна анализа карактеристика нове реализације помераца фазе и реализација објављених у отвореној доступној литератури.
- 9) Експериментално испитивање својстава комерцијално доступног мемристора.
- 10) Развој хардвера за аутоматско подешавање мемристансе комерцијално доступног мемристора, што се често назива и програмирање мемристора.
- 11) Развој алгоритма и одговарајућег софтвера микроконтролера за аутоматско програмирање комерцијално доступног мемристора.
- 12) Развој софтвера за удаљени или преносиви уређај којим се контролише рад микроконтролера за програмирање мемристора.
- 13) Израда лабораторијског прототипа програматора мемристора и експериментална верификација мерењем на лабораторијском прототипу.

- 14) Пројектовање електричних кола остварених коришћењем комерцијално доступног мемристора.
- 15) Имплементација лабораторијских прототипова електричних кола остварених коришћењем комерцијално доступног мемристора, и експериментална верификација карактеристика мерењима на лабораторијским прототиповима.
- 16) Препознавање и установљивање могућих даљих праваца истраживања.

Структура предложене тезе одговараће наведеном плану истраживања. Поред уводног теоријског осврта на мемристоре, прегледа постигнутих резултата из области фабрикације, моделовања и примене мемристора, централни део рада садржаће приказ развоја планарног померача фазе оствареног коришћењем мемристивних прекидача. Такође, биће приказане могуће реализације филтара у микротракастој техници у којима се потискују парни хармоници, односно одабирају пропусни опсези, коришћењем мемристора. Остатак тезе биће посвећен експерименталној верификацији комерцијално доступног мемристора, изради електричних кола остварених коришћењем мемристора, као и експерименталној верификацији њиховог рада.

7. Закључак и предлог

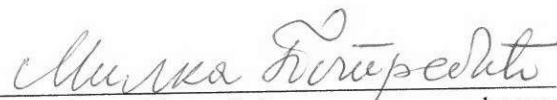
На основу претходно изложеног, Комисија сматра да кандидат **Иво Љ. Марковић**, мастер инж. електротехнике и рачунарства, испуњава све законске, формалне и суштинске услове као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом оцене подобности кандидата и теме на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија констатује да тема припада научној области **Микроталасне технике** за коју је **Електротехнички факултет Универзитета у Београду** матичан, и при томе за ментора докторске дисертације предлаже **ванредног професора др Милку Потребих** запослену на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. У контексту овог предлога, уз извештај је приложен списак радова који квалификују ванредног професора др Милку Потребих за ментора.

Комисија има задовољство и част да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације кандидату Иви Љ. Марковићу под насловом

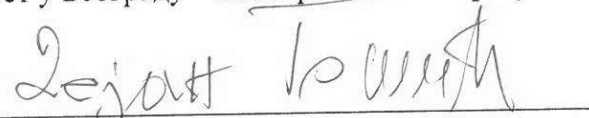
„Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола”.

У Београду, 28.2.2020. године

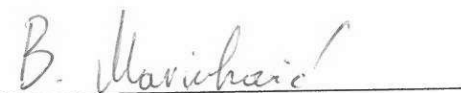
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Милка Потребих, ванредни професор

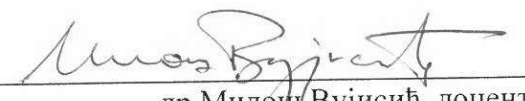
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Дејан Тошић, редовни професор

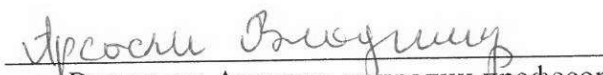
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Братислав Маринковић, научни саветник

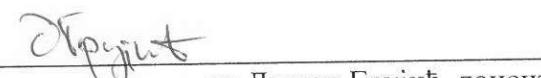
Универзитет у Београду – Институт за физику


др Милош Вујисић, доцент

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Владимир Арсоки, ванредни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Душан Грујић, доцент

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет