

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 4 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs; <http://www.elfak.ni.ac.rs>
Текући рачун: 840-0000032819845-55; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 4 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs
<http://www.elfak.ni.ac.rs>

ДЕКАН

19. 1. 2026. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата **маст. инж. Милана Стојановића** под насловом „Развој и примена аутономних сензора у структурама паметних градова“ и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу, и могу се погледати до **18. 2. 2026. године**.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан
Проф. др Владимир Ђурић

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
родитеља и име

Стојановић, Драган, Милан

Датум и место рођења

07.04.1994., Параћин

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ
У НИШУ

Примљено 19.01.2026

Број

07/ПЗ-003/26

Основне студије

Универзитет

Универзитет у Нишу

Факултет

Електронски факултет у Нишу

Студијски програм

Електротехника и рачунарство

Звање

Инжењер електротехнике и рачунарства за електронске компоненте и
микросистеме

Година уписа

2013

Година завршетка

2017

Просечна оцена

9,91

Магистарске студије

Универзитет

Универзитет у Нишу

Факултет

Електронски факултет у Нишу

Студијски програм

Електроника и микросистеми

Звање

Магистар инжењер електротехнике и рачунарства за електронику и микросистеме

Година уписа

2017

Година завршетка

2018

Просечна оцена

10,00

Научна област

Електротехничко и рачунарско инжењерство

Наслов завршног рада

Утицај врсте енкрипције података на потрошњу код аутономних бежичних
сензора

Докторске студије

Универзитет

Универзитет у Нишу

Факултет

Електронски факултет у Нишу

Студијски програм

Нанотехнологије и микросистеми

Година уписа

2018

Остварен број ЕСПБ бодова

150

Просечна оцена

10,00

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске
дисертације

Развој и примена аутономних сензора у структурама паметних градова

Име и презиме ментора,
звање

др Љубомир Врачар, ванредни професор

Број и датум добијања
сагласности за тему
докторске дисертације

НСВ број 8/20-01-002/24-018, датум: 04.03.2024.

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна

171

Број поглавља

8

Број слика (шема, графика)

118

Број табела

13

Број прилога

3

ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације

P. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	Milan Stojanović, Ljubomir Vračar, "Magnetic Signature Generator for Reconstruction of Individual Vehicle Movements and Random Traffic Flow," International Journal of Circuit Theory and Applications (2025): 1–16, https://doi.org/10.1002/cta.70213. У раду је описан генератор магнетног поља којим се могу реконструисати магнетни потписи појединачних возила као и реалан саобраћајни ток. Састоји се од микроконтролера, калема и кондензатора. Микроконтролер генерише импулсе променљивог фактора испуне којим се побуђује калем и генерише магнетно поље. Кондензатори елиминису изненадне промене струје кроз калем. Генератор прихвата инструкције од корисника преко рачунара, као што су тип и брзина појединачног возила. Резултати показују да су таласни облици генерисаних потписа изнад 97% идентични измереним при брзинама до 25 km/h, изнад 93 % при брзинама до 72 km/h и изнад 85 % при брзинама до 120 km/h.	M22
2	Milan Stojanović, Ljubomir Vračar, Dragana Živaljević, Ilija Neden Dimitriu, "The practical design of a vehicle magnetic signature generator", Transactions of the Institute of Measurement and Control. 2023; 45(8):1505-1514. doi: 10.1177/01423312221142557. У овом раду је приказано пројектовање генератора магнетног потписа возила. Основни концепт који се користи у пројектовању је изобличење магнетног поља Земље које настаје у присуству феромагнетних материјала. Приказана је експериментална поставка за мерење изобличења магнетног поља изазваног возилом. Генератор магнетног потписа састоји се од калема формираног намотавањем бакарне жице на тело калема направљеног 3Д штампачем и генератора произвољних функција RIGOL DG1022Z. Детаљно је описано одређивање параметара калема и напонског сигнала генератора. Магнетни потписи четири различита возила су генерисани предложеним дизајном и упоређени са измереним помоћу Пирсоновог коефицијента корелације, што указује на већу корелацију од 0,993.	M22
3	Ljubomir Vračar, Milan Stojanović, "Comparative Performance Analysis of Hardware and Software Encryption Implementation in WSN", Facta Universitatis, Series: Electronics and Electronics, University of Niš, vol. 38, no. 2, pp. 221-237, DOI: doi.org/10.2298/FUEE2502221V. Овај рад анализира перформансе хардверске и софтверске имплементације AES алгорита за енкрипцију података у сензорском чвору. Хардверска имплементација је базирана на интегрисаном колу ATECC608A, док је софтверска имплементација извршена кроз фирмвер микроконтролера. Анализирани параметри укључују време извршавања, потрошњу енергије и потребне меморијске ресурсе при различитим радним фреквенцијама и напонима напајања. Резултати показују да је време извршавања хардверске имплементације краће при фреквенцијама до 12 MHz. Хардверска имплементација троши више енергије од софтверске и заузима 4,58 % меморије микроконтролера (PIC18F45K22), док је за софтверску имплементацију потребно 10,13 % меморијских ресурса.	M23
4	Milan Stojanović, Ljubomir Vračar, "Vehicle Detector Based on the Magnetic Field Sensor and the Fixed-Threshold Algorithm Implemented via Finite State Machine", Facta Universitatis, Series: Electronics and Electronics, University of Niš, vol. 38, no. 1, pp. 19-38, DOI: doi.org/10.2298/FUEE2501019S. У овом раду је описан детектор возила, састављен од сензора магнетног поља који се користи за мерења и микроконтролера са уграђеним алгоритмом за детекцију. Алгоритам детекције упоређује промене у магнетном пољу са дефинисаном фиксном вредношћу прага имплементираном као аутомат коначних стања. Промена стања аутомата у дефинисаном редоследу значи да је возило успешно детектовано. Детаљно је описан метод за одређивање параметара аутомата коначних стања који зависе од фиксних вредности прага и учесталости мерења. Детектор возила је тестиран у лабораторијском окружењу, а резултати показују одговарајућу тачност детекције у поређењу са другим алгоритмима за детекцију у литератури.	M23
5	Milan Stojanović, Jana Vračar, Ljubomir Vračar, "Magnetic Field Generator for Testing the Operation of Vehicle Detection Sensors", Proceedings 33th International Conference on Microelectronics (MIEL 2023), Niš (Serbia), 16-18 October 2023, pp. 157-160, DOI: 10.1109/MIEL58498.2023.10315841. Овај рад се фокусира на дизајн генератора магнетног поља који користи микроконтролер, калем и кондензаторе. Микроконтролер генерише PWM сигнал променљиве фреквенције и фактора испуне који побуђује калем и генерише магнетно поље различитог таласног облика. Таласни облици генерисани за истраживање обухваћено овим радом су синусоидни, троугласти, пулсни и они који представљају магнетни потпис возила. Максимална могућа фреквенција са овим подешавањем је 10 Hz. Експериментално добијени резултати за таласне облике од 4 Hz потврђују да генератор има задовољавајућу прецизност за генерисање магнетних таласних облика. Овај тип генератора има потенцијалну примену у областима као што је стварање магнетних потписа возила и други апликацијама.	M33
6	Milan Stojanović, Jana Vračar, Ilija Neden Dimtriu, Ljubomir Vračar, "Simulation of the Earth's Magnetic Field Distortion Induced by a Vehicle", Proceedings 32th International Conference on Microelectronics (MIEL 2021), Niš (Serbia), 12-14 September 2021, pp. 293-296, ISBN 978-1-6654-4526-9, DOI: 10.1109/MIEL52794.2021.9569087. У овом раду је представљен концепт симулатора магнетног поља. Описани симулатор може да генерише магнетно поље произвољних облика. Главне компоненте симулатора су PWM генератор напона, електролитски кондензатори који се користе као филтер и калем. Приказани резултати потврђују да се на овај начин може генерисати магнетно поље, идентично дисторзији Земљиног магнетног поља индукованог возилом. Симулатор омогућава коришћење мање ресурса приликом тестирања рада детектора возила.	M33
7	Milan Stojanović, Jana Vračar, Ilija Neden Dimtriu, Ljubomir Vračar, "Magnetic Field Generator For Simulation of a Vehicle Movement For a Wide Range of Velocities", Proceedings of papers of the 8th IcETRAN, Ethno village Stanišići (B&H), 8-10 September	M33

2021, pp. 346-350, ISBN: 978-86-7466-894-8.

Овај рад описује LTSpice модел генератора магнетног поља потребног за тестирање детектора возила. Овај симулатор репродукује изобличење магнетног поља једнаку ономе које настаје при преласку преко проласку возила преко детектора инсталираног на путу у реалним условима. Електрично коло симулатора описаног у овом раду је калем, PWM генератор и кондензатори за филтрирање. Дате су различите вредности кондензатора за различите брзине возила. Преклопна матрица се користи за избор одговарајућих вредности кондензатора за постизање симулације различитих брзина возила.

Milan Stojanović, Jana Vračar, Ljubomir Vračar, "Different Ways to Charging Supercapacitor in WSN Using Solar Cells", Proceedings of papers of the 7th IcETRAN, Niš (Serbia), 28-29 September 2020, pp. 486-489, ISBN: 978-86-7466-852-8.

- 8 Суперкондензатори се широко користе као примарни или секундарни извор енергије у бежичним сензорским мрежама. У овом раду су представљени различити начини пуњења суперкондензатора помоћу соларних ћелија. Приказано је време пуњења за различито повезивање соларних ћелија на различитим нивоима интензитета светлости. Такође, разматрају се и објашњавају предности и недостаци коришћења кола за подизање напона са одговарајућим резултатима.

M33

Milan Stojanović, Ljubomir Vračar, Ilija Neden Dimitriu „Sistem za merenje kvaliteta vazduha sa LoRa radio vezom”, Zbornik radova, 7 naučno-stručni skup „Put i životna sredina“, 24-26 maj 2023, Vrnjačka Banja (Srbija), pp. 62-70, ISBN 978-86-88541-16-9.

- 9 Један од примарних извора загађења ваздуха у урбаним срединама, где тренутно живи 50 % светске популације, су издувни гасови возила. У раду је представљен систем за мерење квалитета ваздуха опремљен различитим сензорима. То укључује сензоре за мерење, влажности ваздуха, температуре, ваздушног притиска и концентрације угљен-моноксида (CO) и азот-диоксида (NO₂). Процесирање се врши микроконтролером, а пренос података радио модулом далеког домета (LoRa) чија је фреквенција 868 MHz. Наведени параметри мерени су на сваких пет минута у току неколико дана. Добијени подаци показују да је овај систем адекватан за мерење временских услова и емисије гасова у саобраћају.

M63

Milan Stojanović, „Induktivnost i jačina magnetnog polja višeslojnih cilindričnih kaleмова”, Proceedings of the 14th Student projects conference, IEEEESTEC, Niš (Serbia), 2021, pp. 115-118, ISBN: 978-86-6125-242-6.

- 10 У раду су описане особине и наведене неке од области примена калемова. Дате су једначине на основу којих се може израчунати индуктивност и јачина магнетног поља по радијалној оси вишеслојних цилиндричних калемова. При теоријском израчунавању узето је да су број намотаја и јачина струје која протиче кроз калем константни. Анализирана је промена наведених величина за калемове различитих дужина и унутрашњег полупречника. Показано је да се при повећању унутрашњег полупречника и константној дужини калема индуктивност повећава, док се јачина магнетног поља смањује. У случају да је унутрашњи полупречник константан индуктивност и јачина магнетног поља се смањују са повећањем дужине калема.

M63

НАПОМЕНА: уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

На основу Извештаја Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације, покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације и изборе у звања наставника на Електронском факултету у Нишу, бр. 07/03-012/25-001 од 02.12.2025. године, установљено је да кандидат мастер инжењер Милан Стојановић **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Кандидат мастер инжењер Милан Стојановић доставио је Електронском факултету у Нишу доказ да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису са SCI листе, као и да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који издаје факултет Универзитета у Нишу.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Аутономни сензори имају широку примену у различитим областима. У дисертацији је представљен развој и примена различитих аутономних сензора у структурама паметних градова, при чему су разматрани и реализација напајања, као и пренос и заштита података. Дисертација се састоји од увода, шест поглавља и закључка. Садржи и кратак резиме на српском и енглеском језику, списак коришћене литературе, списак слика, списак табела, три додатка, биографију аутора и изјаве аутора. Дисертација је јасно и прецизно написана, а изложена материја је логично структурисана и представљена у складу са научном методологијом.

У уводном поглављу је дата дефиниција аутономних сензора и представљене њихове основне карактеристике. Описани су предмет и циљ истраживања, примењена научна методологија, као и структура дисертације.

Друго поглавље обухвата опис концепта паметног града, укључујући његову структуру и детаљнији приказ појединих система. Такође, дат је систематизован приказ развоја концепта паметних градова, као и неке од општеприхваћених дефиниција овог концепта.

У трећем поглављу приказан је развој и пројектовање генератора магнетних потписа возила, који омогућава реконструкцију њиховог кретања. Генератор је реализован на два различита начина: коришћењем лабораторијских инструмената и применом микроконтролера. При пројектовању су коришћени различити софтверски алати (LTSpice, COMSOL), као и аналитички прорачуни. Реконструисани магнетни потписи показују висок степен подударности у поређењу са експериментално снимљеним оригиналним потписима.

На почетку четвртог поглавља је дат приказ различитих метода детекције возила. У наставку је представљен детектор возила заснован на сензору за мерење магнетног поља и микроконтролеру. Софтвер детектора, имплементиран у микроконтролер, заснива се на аутомату коначних стања. Поред описа хардверских компонената система, детаљно је приказан и развој софтвера детектора. На крају поглавља извршено је поређење успешности детекције развијеног детектора са детекторима описаним у релевантној литератури.

Пето поглавље садржи опис аутономног сензора за мерење параметара животне средине и квалитета ваздуха. Пренос података врши се употребом радио-модула, а значајан део поглавља посвећен је опису протокола за размену података (TEEN) и одређивању његових параметара у циљу уштеде енергије. Такође, приказан је и аутономни сензор за мерење температуре са директном комуникацијом са сервером.

Једна од примена суперкондензатора је у реализацији напајања аутономних сензора. У шестом поглављу представљена је експериментална анализа ефикасности пуњења суперкондензатора коришћењем соларних ћелија мале снаге. Анализирана су различита електрична кола при различитим конфигурацијама повезивања соларних ћелија.

Седмо поглавље садржи опис AES енкрипционог алгорита и приказ његове хардверске и софтверске имплементације у оквиру аутономног сензора. Анализирани су време извршавања алгорита, потрошња енергије као и потребни меморијски ресурси за оба начина имплементације. На основу добијених резултата предложена је оптимална имплементација у зависности од радне фреквенције микроконтролера и напона напајања аутономног сензора.

У закључку су сумирани најзначајнији резултати истраживања приказани у сваком поглављу дисертације. Размотрене су могућности унапређења описаних аутономних сензора и предложени су потенцијални правци даљих истраживања.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Кандидат мастер инж. Милан Стојановић успешно је остварио све циљеве дефинисане у пријави докторске дисертације. У оквиру дисертације дат је систематичан преглед развоја концепта паметног града и примене аутономних сензора у оквиру његових структура. Генератор магнетног поља, који омогућава реконструкцију магнетних потписа возила у лабораторијским условима, реализован је на два различита начина. Генерисање магнетног поља врши се калемом који се у једном случају побуђује лабораторијским сигналом генератором RIGOL DG1022Z, а у другом случају PWM сигналом генерисаним микроконтролером. Реализован је уређај за детекцију возила чије су основне компоненте сензор за мерење магнетног поља и микроконтролер, као и софтвер детекционог алгорита који се извршава у микроконтролеру. Рад детектора је тестиран коришћењем развијеног генератора магнетног поља. У оквиру реализације аутономног сензора за мерење параметара животне средине и квалитета ваздуха имплементиран је протокол којим се врши редукција броја послатих података чиме се остварује значајна уштеда енергије. Такође, реализован је аутономни сензор који остварује директну комуникацију са сервером преко MQTT протокола. Приказана је ефикасност пуњења суперкондензатора коришћењем соларних ћелија у оквиру напајања аутономних сензора, као и анализа потрошње енергије за хардверску и софтверску имплементацију AES енкрипционог алгорита.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Према мишљењу Комисије, најзначајнији резултати дисертације могу се сумирати на следећи начин:

- Развијен је генератор магнетног поља који омогућава реконструкцију магнетних потписа возила и његову примену за тестирање рада детектора возила, што представља допринос у погледу практичне примене у односу на решења описана у доступној литератури. Уз одговарајуће модификације, развијени генератор може се прилагодити и другим применама;

- Реализован је детектор возила који, у поређењу са постојећим решењима, обезбеђује висок ниво успешности детекције, уз унапређење које се огледа у једноставнијој софтверској реализацији и детаљном приказу његовог развоја;

- Детаљно је објашњен принцип одређивања вредности прага у оквиру TEEN протокола, у циљу остваривања уштеде енергије приликом преноса података, уз истовремено обезбеђивање веродостојног приказа промена мерених величина на страни пријемника;

- Установљен је начин за повезивање соларних ћелија мале снаге, као и избор одговарајућег електричног кола, ради ефикаснијег пуњења суперкондензатора;

- Одређен је оптималан начин имплементације AES енкрипционог алгорита у оквиру аутономних сензора у зависности од напона напајања и радну фреквенцију микроконтролера.

Истраживања су спроведена применом одговарајућих научних принципа и методологије научног рада, а приказани резултати добијени су експерименталним мерењима, чиме је додатно поткрепљен њихов научни допринос.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат мастер инж. Милан Стојановић показао је висок ниво посвећености и самосталности током научноистраживачког рада и током рада на докторској дисертацији. Докторска дисертација садржи све неопходне елементе научног истраживања. Резултати истраживања су објављени у релевантним међународним и домаћим научним публикацијама, као и у самој докторској дисертацији. Провером докторске дисертације на плагијаризам од стране Универзитета у Нишу потврђена је њена оригиналност као и самосталност научног рада кандидата.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

Прегледом докторске дисертације кандидата мастер инж. Милана Стојановића, утврђено је да докторска дисертација садржи оригиналне научне резултате који имају и научни и практични допринос са аспекта инжењерске примене. На основу свега наведеног, Комисија закључује да су испуњени услови за јавну одбрану ове докторске дисертације. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електронског факултета, Универзитета у Нишу, да се кандидату мастер инж. Милану Стојановићу одобри јавна одбрана докторске дисертације под насловом „Развој и примена аутономних сензора у структурама паметних градова“.

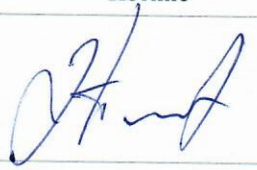
КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовању Комисије

НСВ број 820-01-8/25-23

Датум именовања Комисије

17.12.2025. године

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Драган Пантић	председник	
	Микроелектроника и микросистеми	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
2.	др Зоран Пријић	члан	
	Микроелектроника и микросистеми	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
3.	др Горан Ристић	члан	
	Примењена физика	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
4.	др Срећко Ђурчић	члан	
	Логистика и производне технологије	Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
5.	др Љубомир Врачар	ментор, члан	
	Микроелектроника и микросистеми	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

29.12.2025., у Нишу