

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Горана Савића** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. **944/1** од **24.03.2015.** године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Горана Савића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Хардверска реализација брзог декодера компримоване слике са минималним захтеваним ресурсима"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Горан Савић је рођен у Сарајеву 23.11.1977. Основну школу је завршио 1992. у Сарајеву, а гимназију 1996. године у Чачку. Електротехнички факултет у Београду је уписао 1996. године, где је на смеру за електронику дипломирао 2002. године са просечном оценом 9,64 (највишем у генерацији рачунајући све одсеке). Дипломски рад је одбранио на тему „Комуникација са електричним бројилом преко ИЦ порта по *CENELEC* стандарду“. Магистрирао је 2009. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду одбравши магистарску тезу под називом “Хардверска реализација брзог директног и инверзног филтра са минималним ресурсима”.

Радни однос на Катедри за електронику Електротехничког факултета Универзитета у Београду је засновао 19.05.2005. на одређено време у трајању од четири године, са пуним радним временом за обављање послова асистента-приправника. У звање асистента са пуним радним временом на Катедри за електронику је изабран 07.09.2009., а у исто звање је реизабран 22.01.2013. За време радног ангажмана је учествовао у извођењу рачунских и лабораторијских вежби из следећих предмета: Основи електронике (ОТ2ОЕ, ОС2ОЕ, ОФ2ОЕ, 13Е042ОЕЛ, 13Е042ОЕФ), Пројектовање интегрисаних кола (ТЕ4ПИК), Дигитални *VLSI* системи (ОЕ4ДВС), Основи електронике (СИ1ОЕ, 13С041ОЕ), Техничка документација (ОЕ4ТД), Увод у пројектовање интегрисаних кола (ОЕ3УПК), Увод у електронику (ОО1УЕ), Основи дигиталне електронике (ОС2ОДЕ, ОФ2ОДЕ, ОС3ОДЕ, ОТ3ОДЕ, 13Е042ОД), Линеарна електроника (ОЕ3ЛЕ), Основи електронике (ОЕ2ОЕ, 13Е042ОЕ) и Основи дигиталне електронике (СИ2ОДЕ, 13С042ОДЕ). Коаутор је приручника за лабораторијске вежбе: М. Прокин, Р. Ђурић, Ј. Вујасиновић, Г. Савић, "Основи електронике (сви одсеци

осим одсека за електронику) – приручник за лабораторијске вежбе", Академска мисао, Београд, 2006.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Магистарску тезу под називом "Хардверска реализација брзог директног и инверзног филтра са минималним ресурсима" из уже научне области електроника, Горан Савић је одбранио 08.07.2009. на Електротехничком факултету у Београду, под руководством ментора проф. др Милана Прокина. Предмет овог рада је била синтеза филтара за декомпозицију дигиталне слике на спектралне подопсеге и њихова имплементација у програмабилном логичком колу. Брзи директни и инверзни филтар су реализовани коришћењем језика за опис хардвера *VHDL*. Посебан акценат је стављен на остваривање што бољих перформанси које су кључне за квалитет филтара: једноставности реализације, брзине рада, могућности савршене реконструкције сигнала, што једноставније и оптималније имплементације у програмабилној логици. У раду је описан концепт и поступак синтезе временски нестационарног директног и инверзног филтра који омогућавају значајну уштеду меморијских, логичких и временских ресурса у поређењу са другим познатим реализацијама. Ови филтри су искоришћени као основа за реализацију комплетног система за декомпозицију (композицију) и директно (инверзно) филтрирање дигиталне слике (трансформационих коефицијената). Систем омогућава коришћење до три нивоа директног (инверзног) филтрирања. Функционална верификација система за директно филтрирање и система за инверзно филтрирање са минималним коришћеним ресурсима је извршена помоћу симулација. Дата је и кратка анализа перформанси реализованих система, као и њихово поређење са другим реализацијама према постојећем стању технике.

Горан Савић је учествовао на следећим пројектима Министарства за просвету, науку и технолошки развој: "Хардверска, софтверска, телекомуникациона и енергетска оптимизација *IPTV* система" (научно-технолошки пројекат ТР32039, 2011.-2015., 8 истраживач-месеци годишње) и "Развој соларних пуњача излазне снаге до 10W за пуњење акумулатора" (иновациони пројекат 2007.-2010., 8 истраживач-месеци годишње). Учествовао је и на међународном *Tempus JEP* 17028-02 пројекту финансираном од стране Европске комисије (2005. и 2006. године).

Дана 21.04.2015. одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације пред комисијом коју су чинили:

- др Јелена Поповић Божовић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Мирослав Лутовац, редовни професор, Универзитет Сингидунум – Технички факултет,
- др Ирини Рељин, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Иван Поповић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Владимир Рајовић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Комисија је кандидата Горана Савића на јавној усменој одбрани оценила оценом задовољава.

Горан Савић је до сада објавио следеће радове:

- Радови у међународним часописима (M23):

1. Vladimir Rajović, **Goran Savić**, Vladimir Čeperković, Milan Prokin, "Combined one-dimensional lowpass and highpass filters for subband transformer", *ELECTRONICS LETTERS*, Vol. 49, No. 18, pp. 1150-1152, Aug, 2013. ISSN 0013-5194. doi: 10.1049/el.2013.0931. (IF=1.068)

- Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. Dragana Prokin, **Goran Savić**, "Fastest Lowest Complexity Bit-Pipeline Rank Filter for FPGA Implementation," *Proceedings of International Scientific Conference UNITECH*, Gabrovo, Bulgaria, 18-19 Nov. 2011, pp. I-235 - I-240.
2. Slavoljub Marjanović, Jovan Vujasinović, **Goran Savić**, Saša Manojlović, Branislav Ninković, Petar Međedović; SISTEM ZA DALJINSKO OČITAVANJE I UPRAVLJANJE POTROŠNJOM ELEKTRIČNE ENERGIJE; VI Savetovanje Bosanskohercegovačkog Komiteta CIGRE; novembar; Neum; Bosna and Hercegovina; VI Savetovanje Bosanskohercegovačkog Komiteta CIGRE - radovi; Vol. RC6-02; No ; (2003); 1 – 5.

- Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M61):

1. Vladimir Rajović, **Goran Savić**, Milan Prokin, "Hardware Realization of Fast Image Encoder with Minimum Memory Size", *Proceedings of 22nd Telecommunications Forum (TELFOR) 2014*, Belgrade, Serbia, 25-27 Nov. 2014, pp. 717-724.

- Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63):

1. **Goran Savić**, Milan Prokin, Vladimir Rajović, Dragana Prokin, "Direktno filtriranje i dekompozicija slike sa minimalnim korišćenim resursima", *Proceedings of 22nd Telecommunications Forum (TELFOR) 2014*, Belgrade, Serbia, 25-27 Nov. 2014, pp. 725-728.
2. **Goran Savić**, Milan Prokin, Vladimir Rajović, Dragana Prokin, "Inverzno filtriranje i kompozicija slike sa minimalnim korišćenim resursima", *Proceedings of 22nd Telecommunications Forum (TELFOR) 2014*, 25-27 Nov. 2014, Belgrade, Serbia, pp. 729-732.

- Нови производ или технологија уведени у производњу, признат програмски систем (M81):

1. **Goran Savić**, Vladimir Rajović, Ivan Popović, Vladimir Čeperković, Milan Prokin, Dragana Prokin, "CIFF I-frame Decoder hardware" for Northrop Grumman Systems Corp - Information Systems, via CIFF BE by CIFF TC, 2013.
2. Vladimir Rajović, **Goran Savić**, Ivan Popović, Vladimir Čeperković, Milan Prokin, Dragana Prokin, "CIFF I-frame Encoder hardware" for Northrop Grumman Systems Corp - Information Systems, via CIFF BE by CIFF TC, 2012.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила претходно наведене резултате постигнуте у досадашњем раду кандидата. Имајући у виду до сада објављене научне радове (међу којима су скоро сви директно везани за област теме предложене докторске дисертације), одбраћену магистарску тезу (на коју се директно надовезује предложена тема докторске дисертације), учешће у досадашњим научним пројектима (међу којима је последњи директно везан за област теме предложене докторске дисертације) и учешће у извођењу наставе, комисија је констатовала да је кандидат показао да поседује потребну стручност, знање и искуство за самосталан научно-истраживачки рад и да је способан да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити признати од стране међународне и домаће научне заједнице. Комисија је закључила да Горан Савић испуњава све потребне услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације под наведеним насловом.

2. Предмет и циљ истраживања

Развој нових и унапређење постојећих техника за компресију и декомпресију дигиталне слике (непокретне и покретне) су данас веома актуелни. Постоји стална потреба за

побољшањем квалитета и резолуције дигиталне слике, потреба за повећањем *frame rate*-а (броја слика у секунди које чине видео секвенцу) и потреба за повећањем дужине трајања видео записа. Све то за последицу има повећање утрошка логичких и меморијских ресурса потребних за складиштење дигиталне слике, повећање утрошка логичких, меморијских и временских ресурса потребних за обраду слике, повећање кашњења које обрада слике уноси у систем за пренос дигиталне слике, као и повећање захтеваног пропусног опсега канала за пренос дигиталних слика. Стога су унапређење постојећих и развој нових метода за компресију и декомпресију дигиталне слике једини одговор на изазове који су постављени повећањем захтева за квалитетом дигиталне слике. Унапређивањем постојећих и развојем нових метода потребно је обезбедити, како за компресију и декомпресију дигиталне слике са губицима, тако и за компресију и декомпресију дигиталне слике без губитака, повећање степена компресије, смањење утрошка логичких и меморијских ресурса и смањење кашњења.

Једну од кључних карика у систему за компресију и декомпресију слике представља декодер дигиталне слике, чија је улога да изврши декомпресију дигиталне слике (са или без губитака). Унутар декодера дигиталне слике улазна компримована слика се прима од стране ентропијског декодера који своје излазне податке прослеђује декодерском процењивачу вероватноће. Декодерски процењивач вероватноће врши реконструкцију вероватноћа симбола унутар специфицираног контекста, које потом враћа натраг у ентропијски декодер. Истовремено, излазни подаци декодерског процењивача вероватноће се прослеђују и деквантизатору, који на основу њих генерише деквантизоване трансформационе коефицијенте (у случају компресије дигиталне слике са губицима) или их само прослеђује инверзном подопсежном трансформатору (у случају компресије без губитака). Инверзни подопсежни трансформатор врши композицију и инверзно филтрирање трансформационих коефицијената, генеришући на свом излазу пикселе излазне декомпримоване слике. Свака од наведених компоненти декодера утиче на степен комплексности, степен утрошка логичких и меморијских ресурса и ниво кашњења које у систем за компресију и декомпресију слике уноси декодер.

Основни циљ истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације је развој брзог хардверског декодера компримоване слике, затим оптимизација и минимизација утрошка логичких, меморијских и временских ресурса његове хардверске реализације, као и минимизација кашњења које продукује систем за компресију и декомпресију дигиталне слике, кога ће чинити већ развијени хардверски енкодер и брзи хардверски декодер који је предмет истраживања и развоја у оквиру предложене теме. Реализовани брзи хардверски декодер треба да буде верификован имплементацијом унутар једног програмабилног логичког кола нижег ценовног разреда, без коришћења било каквих спољашњих меморија.

Први предмет истраживања је оптимизација ентропијског декодера са циљем да буде имплементиран у програмабилном логичком колу уз минимизован утрошак логичких и меморијских ресурса. За реализацију ентропијског декодера према постојећем стању технике, неопходно је коришћење множача и делитеља. Представљањем одговарајућих параметара ентропијског декодера преко степена броја два, омогућила би се елиминација делитеља, који би се у том случају могли заменити битским померачима удесно. Коришћење множача би могло бити избегнуто употребом одговарајућих *look-up* табела. На тај начин би се значајно упростила реализација ентропијског декодера и постигла уштеда у логичким ресурсима.

Други предмет истраживања је оптимизација декодерског процењивача вероватноће симбола са циљем да буде имплементиран у програмабилном логичком колу уз минимизован утрошак логичких и меморијских ресурса. Постојеће двопролазне и вишепролазне методе захтевају привремено смештање велике количине података у меморији за потребе процењивања вероватноће. Декодерски процењивач вероватноће заснован на адаптивним хистограмима који омогућавају постизање великог степена компресије коришћењем једнопролазног алгоритма би омогућио значајне уштеде меморијских ресурса. Представљањем

одговарајућих коефицијената степеном броја два, омогућило би се избегавање коришћења делитеља употребом битских померача удесно, што би довело до значајних уштеда у логичким ресурсима.

Трећи предмет истраживања је оптимизација израчунавања контекста са циљем да буде имплементирана у програмабилном логичком колу уз минимизован утрошак логичких и меморијских ресурса. За трансформационе коефицијенте који ће бити расположиви на улазу инверзног подопсежног трансформатора, потребно је израчунати контекст на основу суседних трансформационих коефицијената уз посебно третирање магнитуде и знака за ненулте коефицијенте, и посебно третирање магнитуда за нулте коефицијенте којих у практичној реализацији има највише.

Четврти предмет истраживања је оптимизација инверзног подопсежног трансформатора и у оквиру њега оптимизација инверзних филтара са циљем да буду имплементирани у програмабилном логичком колу уз минимизован утрошак логичких и меморијских ресурса. Реализацијом новог алгорита за инверзну подопсежну трансформацију и композицију слике, који би омогућио коришћење само једног инверзног хоризонталног и једног инверзног вертикалног филтра за све нивое композиције, била би постигнута значајна уштеда у утрошеним логичким ресурсима. Омогућавањем да инверзно филтрирање на следећем нивоу композиције започне чим минималан потребан број коефицијената са претходног нивоа композиције буде изгенерисан (тј. без чекања да комплетно филтрирање претходног нивоа буде завршено), омогућила би се значајна уштеда у меморијским ресурсима. На тај начин би било неопходно да се привремено, у току инверзне подопсежне трансформације, памте свега по две линије коефицијената за сваки од нивоа композиције. Тиме би, за разлику од других метода инверзне подопсежне трансформације према постојећем стању технике, било избегнуто коришћење синхронизационих меморија између различитих нивоа композиције. Уштеди меморијских ресурса би допринело и омогућавање да инверзно хоризонтално филтрирање започне чим минималан потребан број коефицијената буде изгенерисан инверзним вертикалним филтрирањем. Представљањем свих коефицијената инверзног филтра степеном броја два, омогућила би се реализација филтра помоћу фиксних битских померача и сабирача, без коришћења множака и делитеља.

Пети предмет истраживања је минимизација кашњења које производи систем за компресију и декомпресију дигиталне слике при обради видео секвенци. Тај систем чине већ развијени хардверски енкодер и брзи хардверски декодер који је предмет истраживања и развоја у оквиру предложене теме докторске дисертације. С обзиром да декодер започиње декомпресију компримоване слике обрадом коефицијената из најдубљег нивоа композиције, кашњење у систему кога чине каскадна веза енкодер-декодер не може бити мање од једног фрејма видео секвенце (имајући у виду да компресија дигиталне слике унутар енкодера започиње обрадом најплићег нивоа декомпозиције, а завршава обрадом најдубљег нивоа декомпозиције). Новим алгоритмом за инверзну подопсежну трансформацију и инверзно филтрирање омогућило би се да први пиксели декомпримоване слике на излазу декодера буду генерисани са минималним кашњењем од тренутка када се на улазу инверзног подопсежног трансформатора појаве први коефицијенти. То минимално кашњење не би било веће од производа броја нивоа композиције и времена трајања три линије слике (јер би први резултујући коефицијенти инверзног филтрирања унутар сваког нивоа били генерисани већ након појаве почетног дела треће линије улазних коефицијената). То би заједно са оптимизацијом хардверске реализације осталог дела декодера омогућило минимизацију поменутог кашњења, које би било незнатно веће од времена трајања једног фрејма.

Релевантни библиографски извори:

1. I. Pitas, *Digital image processing algorithms and applications*, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
2. M. Popović, *Digitalna obrada slike*, Akademski misao, Beograd 2006., ISBN 86-7466-272-2

3. O. Egger, P. Fleury, T. Ebrahimi, and M. Kunt, "High performance compression of visual information – A tutorial review – Part I: Still pictures," *Proc. IEEE*, vol. 87, no. 6, pp. 976-1011, June 1999.
4. Y. Q. Shi and H. Sun, *Image and video compression for multimedia engineering: Fundamentals, algorithms, and Standards, Second edition*, CRC Press, Boca Raton, FL, Mar. 2008.
5. S. Wong, L. Zaremba, D. Gooden, and H. K. Huang, "Radiologic image compression – A review," *Proc. IEEE*, vol. 83, no. 2, pp. 194-219, Feb. 1995.
6. N. D. Memon, and K. Sayood, "Lossless image compression: A comparative study," in *Proc. SPIE*, vol. 2418, pp. 8-20, 1995.
7. T. Q. Nguyen, "A tutorial on filter banks and wavelets," University of Wisconsin, Madison, WI53706, USA, 1995.
8. A. Srivastava, A. B. Lee, E. P. Simoncelli and S-C. Zhu, "On Advances in Statistical Modeling of Natural Images," *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, vol. 18, pp 17-33, 2003.
9. C. Christopoulos, A. Skodras, and T. Ebrahimi, "The JPEG2000 still image coding system: An overview," *IEEE Trans. Consum. Electr.*, vol. 46, no. 4, pp. 1103-1127, Nov. 2000.
10. M. Boliek, C. Christopoulos, and E. Majani (editors), "JPEG2000 Part I Final Draft International Standard," (ISO/IEC FDIS15444-1), ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1855, Aug. 2000.
11. C. Chrysafis and A. Ortega, "Line based, reduced memory, wavelet image compression," in *Proc. Data Compression Conf.*, Snowbird, UT, Mar. 1998, pp. 398-407.
12. C. Chrysafis and A. Ortega, "An algorithm for low memory wavelet image compression," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Process. (ICIP)*, Kobe, Japan, Oct. 1999, vol. 3, pp. 354-358.
13. D. Santa-Cruz, T. Ebrahimi, J. Askelöf, M. Larsson, and C. Christopoulos, "JPEG2000 still image coding versus other standards," in *Proc. SPIE 45th annual meeting, Applications of Digital Image Process. XXIII*, San Diego, CA, vol. 4115, July 2000, pp. 446-454.
14. J. Woods and S. D. O'Neil, "Subband coding of images," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. 34, no. 5, pp. 1278-1288, Oct. 1986.
15. D. Le Gall and A. Tabatabai, "Subband coding of digital images using symmetric short kernel filters and arithmetic coding techniques," in *Proc. Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Process. (ICASSP)*, New York, NY, Apr. 1988, pp. 761-765.
16. G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," *Commun. ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 30-44, Apr. 1991.
17. T. Acharya and P.-S. Tsai, *JPEG2000 Standard for Image Compression Concepts, Algorithms and VLSI Architectures*, John Wiley and Sons, 2005.
18. G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 38, no. 1, pp. 18-34, Feb. 1992.
19. A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.

3. Полазне хипотезе

Декодери компримоване слике према постојећем стању технике у себи садрже компромис између брзине рада, количине утрошених логичких и меморијских ресурса, степена компресије и квалитета декомпримоване слике. Хардверска реализација новог брзог декодера компримоване слике треба да превазиђе недостатке који постоје у постојећим

реализацијама, а који су последица наведеног компромиса. При томе треба да буде обезбеђен већи степен компресије и већа брзина компресије и декомпресије непокретне и покретне слике, значајна уштеда у искоришћеним логичким и меморијским ресурсима, уз исти или бољи субјективни осећај слике и уз исти или бољи измерени квалитет декомпримоване слике (однос сигнал/шум) у поређењу са постојећим методама за компресију слике (*JPEG*, *JPEG2000*, *MPEG-1*, *MPEG-2*, *MPEG-4*, *H.264*).

4. Научне методе истраживања

У изради ове докторске дисертације биће примењене комбиноване теоријске, симулационе и експерименталне методе у циљу идентификовања и решавања проблема у постојећим реализацијама декодера компримоване слике према тренутном стању технике. Биће извршена детаљна анализа проблема и недостатака појединих делова постојећих декодера на бази које ће бити одређени начини за превазилажење тих недостатака. Симулацијама ће бити испитана и потврђена функционална исправност нових решења, како за поједине делове новог брзог декодера, тако и за декодер у целини, укључујући и количину утрошених логичких и меморијских ресурса. Експериментална верификација реализације новог брзог декодера ће бити извршена имплементацијом комплетног декодера у програмабилном чипу нижег ценовног разреда, без коришћења било каквих спољашњих меморија. Експерименталним путем ће бити одређено и кашњење које производи каскадна веза хардверског енкодера и брзог хардверског декодера при обради видео секвенци.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси су:

- Оптимизована хардверска имплементација новог брзог декодера компримоване слике у програмабилном логичком колу која омогућава високи степен декомпресије уз коришћење минималних логичких и меморијских ресурса.
- Реализација новог инверзног подопсежног трансформатора (као дела новог брзог декодера компримоване слике) уз минимизацију коришћених логичких и меморијских ресурса и максимизацију дозвољене радне учестаности дизајна у програмабилном логичком колу.
- Реализација новог нестационарног инверзног филтра, који ће представљати основу филтрирања у оквиру инверзног подопсежног трансформатора, и који ће захтевати мањи број утрошених логичких и меморијских ресурса, као и већу максималну радну учестаност од реализација према постојећем стању технике.
- Минимизација кашњења које производи каскадна веза хардверског енкодера и брзог хардверског декодера при обради видео секвенци.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у првој фази обухвата идентификацију и детаљну анализу проблема и недостатака појединих делова постојећих декодера према тренутном стању технике. Затим, на основу извршене анализе, биће одређени начини за превазилажење уочених недостатака код постојећих декодера. Биће понуђена нова решења, која ће најпре бити реализована у језику за опис хардвера *Verilog*, а затим функционално верификована путем одговарајућих симулација. Синтезом појединих делова хардверског дизајна новог брзог декодера, а затим и синтезом хардверског дизајна комплетног декодера, биће одређена количина утрошених логичких и меморијских ресурса на изабраном програмабилном чипу нижег ценовног разреда. У последњој фази, биће извршена имплементација комплетног новог брзог декодера

у програмабилном чипу и експериментална верификација његове функционалности и перформанси. Експерименталним путем ће бити утврђено и кашњење које производи каскадна веза хардверског енкодера и брзог хардверског декодера при обради видео секвенци.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, као и непосредног увида у његов досадашњи научни и стручни рад, Комисија констатује да кандидат Горан Савић испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације, под радним називом "Хардверска реализација брзог декодера компримоване слике са минималним захтеваним ресурсима". Предложена тема докторске дисертације припада ужој научној области електроника и према мишљењу Комисије научно је актуелна и подобна у смислу реализације наведених циљева истраживања и очекиваних научних доприноса. За ментора се предлаже др Милан Прокин, редовни професор на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, који је кандидату био и ментор при изради магистарске тезе. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Горану Савићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом под руководством ментора проф. др Милана Прокина. Уз овај извештај се прилаже списак радова ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

У Београду 28.04.2015. године

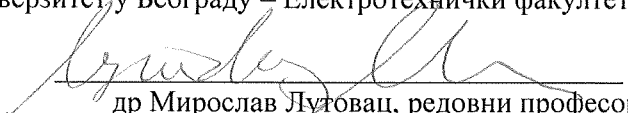
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



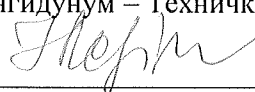
др Милан Прокин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(ментор)



др Јелена Поповић Божовић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирослав Лутовац, редовни професор
Универзитет Сингидунум – Технички факултет



др Ирини Рељин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Иван Поповић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владимир Рајовић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет