



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар Краља Александра 73 • 11000 Београд • Република Србија •
Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

Универзитет у Београду
Већу научних области техничких наука

З А Х Т Е В

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно чл.46 ст.5.тач.4 Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр ДРАГАНЕ (ЗОРАН) ПРОКИН

Мр Драгана Прокин пријавила је докторску дисертацију под називом:

„Брзи ранк филтар са битским секвенцијалним излазом“

Универзитетско веће научних области техничких наука је 16.4.2010.године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Драгане Прокин образована је на седници 29.6.2010./ 14.6.2011. године, одлуком Факултета под бр. 765/3, у саставу:

Име и презиме члана Комисије	Звање	Установа у којој је запослен
1. Др Миодраг Поповић	Редовни професор	Електротехнички факултет у Београду
2. Др Јелена Поповић	Доцент	Електротехнички факултет у Београду
3. Др Миодраг Темеринац	Редовни професор	Факултет техничких наука у Новом Саду
4. Др Мирослав Лутовац	Редовни професор	Државни Универзитет у Новом Пазару
5. Др Бранимир Рељин	Редовни професор у пензији	Електротехнички факултет у Београду

Наставно-научно веће Факултета усвојило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 14.6.2011.године.

Прилози:

1. Извештај Комисије са предлогом
2. Акт Наставно-научног већа Факултета о усвајању извештаја

ДЕКАН
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Миодраг Поповић



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ ● ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 ● 11000 Београд ● Република Србија ●

Тел. 011/324-8464 ● Факс: 011/324-8681

На основу чл.128 Закона о високом образовању и чл.66 и 68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће на седници од 14.6.2011.године, донело је

О Д Л У К У

Усваја се извештај Комисије у саставу: др Миодраг Поповић, редовни професор Електротехничког факултета, др Јелена Поповић, доцент Електротехничког факултета, др Миодраг Темеринац, редовни професор Факултета техничких наука у Новом Саду, др Мирослав Лутовац, редовни професор Државног Универзитета у Новом Пазару, др Бранимир Рељин, редовни професор у пензији Електротехничког факултета, и оцени урађене докторске дисертације под насловом: „**Брзи ранк филтар са битским секвенцијалним излазом**“ коју је предала **мр Драгана Прокин**, и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука.

Комисија за усмену одбрану именована је у саставу: др Миодраг Поповић, редовни професор Електротехничког факултета, др Јелена Поповић, доцент Електротехничког факултета, др Миодраг Темеринац, редовни професор Факултета техничких наука у Новом Саду, др Мирослав Лутовац, редовни професор Државног Универзитета у Новом Пазару, др Бранимир Рељин, редовни професор у пензији Електротехничког факултета.

ДЕКАН

Електротехничког факултета

Проф. др Миодраг Поповић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

На 719. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду од 29.06.2010. године одређени смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата **мр Драгане Прокин**, дипл. инж. електротехнике, под насловом **“Брзи ранк филтар са битским секвенцијалним излазом”**. После прегледа докторске дисертације, имамо част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду поднесемо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација мр Драгане Прокин, дипл. инж. електротехнике, под насловом **“Брзи ранк филтар са битским секвенцијалним излазом”** има обим од 164 стране са 101 сликом, 14 табела и 144 референце, подељених у увод, 7 поглавља и закључак.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

На 713. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду од 16.03.2010. године усвојен је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата под горе наведеним насловом. На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду од 16.04.2010. године дата је сагласност и одобрена израда докторске дисертације кандидата. Кандидат је одштампану докторску дисертацију предала Електротехничком факултету у Београду 21.06.2010. године. На 719. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду од 29.06.2010. године одређени су чланови Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата припада научној области електронике, а посебно ужој научној области дигиталног процесирања сигнала нелинеарним филтрирањем.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Драгана Прокин је рођена 1.06.1963. године у Параћину, где је завршила основну и средњу школу математичко-техничког усмерења. Дипломирала је у фебруару 1988. године на смеру Електроника Електротехничког факултета у Београду, са темом **“Процесирање сигнала хомоморфним филтрирањем”** из области дигиталног процесирања комплексног цепенструма сеизмичког сигнала.

Магистрирала је са просечном оценом 10,00 у новембру 1995. године на смеру Електроника Електротехничког факултета у Београду са темом **“Примена микроконтролера у индустријским уређајима за мерење протока флуида”** из области пројектовања, хардверске и софтверске реализације и експерименталног тестирања електромагнетног мерача протока са медијан филтром за улазни сигнал.

Од 1988. до априла 2002. године је била запослена у Институту “Михајло Пупин”. У статусу водећег истраживача радила је на развоју, пројектовању и реализацији микропроцесорски управљаних уређаја за мерење неелектричних величина електричним путем, а посебно уређаја за мерење и контролу протока флуида. Такође је активно учествовала у истраживачким пројектима финансираним од стране Републичког фонда за технолошки развој и Министарства за науку и технологију везаним за развој нових фамилија интелигентних мерних инструмената, као и нових метода за мерење протока течних и гасовитих флуида, са посебним акцентом на развој универзалног хардвера за дигиталну

обраду сигнала са сензора применом програмабилних интегрисаних компонената са високим степеном интеграције. Резултате је објавила у седам радова на домаћим конференцијама.

Од 2000. до априла 2002. године је била ангажована као спољни сарадник у Вишој електротехничкој школи у Београду на предметима Микрорачунари, Примена рачунара, Импулсна и дигитална електроника и Дигитална интегрисана електроника. Од априла 2002. до 2007. године је у статусу вишег предавача у Вишој електротехничкој школи у Београду предавала Основе рачунарске технике 1, Електронику и Програмабилна логичка кола, за који је осмислила програм на основу вишегодишњег искуства стеченог на развојним пројектима. Од 2007. године у Високој школи електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду предаје Програмабилна логичка кола и Архитектуру и организацију рачунара 1 и 2.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Структура и садржај дисертације

У првом делу докторске дисертације теоријски се обрађују постојећи алгоритми ранк филтара, анализирају проблеми при њиховој имплементацији и сложеност хардверске реализације у програмабилном логичком колу. У другом делу докторске дисертације теоријски се обрађује нови брзи алгоритам ранк филтра, софтверски прототип и хардверска имплементација у програмабилном логичком колу, а затим обавља поређење са постојећим методама. Све идеје описане у овој дисертацији имплементирани су и тестиране током ауторовог истраживачког рада, тако да су сва поглавља илустрована конкретним достигнућима, потврђеним како у теорији, тако и у пракси.

2.2 Кратак приказ појединих поглавља

У уводу као првом поглављу приказане су фамилије нелинеарних дигиталних филтара, са посебним освртом на ранк и медијан филтер. У другом поглављу је представљена теоријска основа ранк и медијан филтара. Треће поглавље садржи неке типичне примере хардверских реализација ранк и медијан филтара. У четвртом поглављу је представљен алгоритам новог ранк филтра са битским секвенцијалним излазом и проточном архитектуром (LCBP) који је погодан за хардверску реализацију у програмабилним логичким колима CPLD и FPGA типа. Пето поглавље садржи прототип LCBP ранк филтра у C++ програмском језику, на основу кога је извршено пројектовање дизајна медијан и ранк варијанти LCBP филтра применом VHDL језика. У шестом поглављу је дат преглед оптимизованих и неоптимизованих варијанти VHDL описа дизајна LCBP филтара. Седмо поглавље садржи резултате симулације и примере хардверске имплементације LCBP филтра у FPGA колима различите архитектуре и степена интеграције. У осмом поглављу се налазе резултати тестирања LCBP филтра који обухватају детаљно поређење са постојећим реализацијама са становишта заузећа ресурса и максималног радног такта. У закључку су сумирани постигнути резултати и наведени правци будућег развоја.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост, оригиналност и значај

Уклањање шума у дигиталној обради сигнала и процесирању слике се обично врши нелинеарним ранк или медијан филтрима или линеарним ниско-пропусним филтрима. Нелинеарни филтри су ефикаснији од линеарних филтара у случају филтрирања одбирака сигнала који знатно одступају од суседних одбирака сигнала услед суперпозиције не-Гаусовог шума, као што су: кликови, огреботине, импулсни шум и слично.

Видео камере обично захтевају хардверску имплементацију ранк филтра или знатно једноставнијег медијан филтра за адаптивно уклањање шума. Реконфигурабилне FPGA и CPLD архитектуре су довољно флексибилне и имају добар однос цене и перформанси, тако

да се могу користити у адаптивним медијан филтрима, док ASIC реализације обично имају ограничену функционалност због унапред дефинисане архитектуре.

Најједноставнија дефиниција ранк филтра је да је вредност излазног одбирака ранк филтра реда R од N улазних одбирака изабрана тако да су R одбирака мањи или једнаки вредности излазног одбирака, док су $N-R$ од бирака већи или једнаки вредности излазног одбирака. У посебним случајевима медијан, минимум и максимум филтра, ранк је фиксиран на $R = k = N / 2$ (целобројно дељење), $R = 0$ и $R = N - 1$, респективно. Медијан филтар се типично користи за филтрирање импулсног шума без замућивања ивица слике, док се минимални и максимални филтери користе за повећање и смањење региона и линија у сликама коришћеним за препознавање образаца.

У VLSI реализацијама медијан филтара као специјалне врсте ранк филтра користе се аналогне и дигиталне технике. У аналогним имплементацијама се користе паралелне архитектуре за бинарно претраживање на нивоу бита, које не дају задовољавајућу тачност када број улазних одбирака расте. Дигиталне реализације са компараторима одбирака и сабирачима са преносом омогућава велику пропусну моћ коришћењем архитектуре ценовода (*pipeline*), али не решавају проблем кашњења. VLSI дизајн омогућава и употребу мрежа са пермутацијама и пропагацијом бита, које уносе кашњење пропорционално броју улазних одбирака и броју бита у одбирку. Алгоритми за дигиталне ранк филтре могу бити сврстани у две категорије: алгоритме који процесирају бите и алгоритме који процесирају речи.

Алгоритми који процесирају бите су обично бољи за хардверску имплементацију из следећих разлога: а) једноставније је извести комбинаторне функције бинарних варијабли, б) основни процесорски модули су мали, регуларни и понављају се, и ц) комплексност хардвера се повећава линеарно са прозором величине N одбирака са W бита по сваком одбирку.

Алгоритми који процесирају бите у суштини врше бинарну претрагу међу несортираним подацима помоћу регистра маске и логике за ажурирање маске, чиме се дефинише ефективни подскуп улазних одбирака за следећу фазу процесирања, која може бити дизајнирана у облику затворене петље или ценовода. Облик затворене петље израчунава и избацује један бит излазног резултата при сваком такту, поновним коришћењем истог процесорског степена изнова све док се не генеришу сви бити излазног резултата. Облик ценовода користи W процесорских степени, при чему сваки степен генерише један бит излазног резултата, који пролази кроз сет регистара за кашњење, тако да формира комплетан излазни одбирак при сваком такту, независно од броја N улазних одбирака.

Медијан филтрирање бинарних сигнала се обавља за сваку позицију бита почев од најзначајнијег бита (MSB) до најмање значајног бита (LSB). Метода проверава да ли је "1" или "0" већински бит међу свим MSB, јер ће излазни резултат бити унутар подскупа улазних одбирака са MSB једнаким већинском биту. Метода наставља са следећим битом (MSB-1) до LSB. Броји се или бит "0" или бит "1" или и "1" и "0", што не представља функционалну разлику између ових метода.

У алгоритму који ради са речима, основне операције се примењују на речи, што је погодније за примену у софтверу због нерегуларне структуре података и операција, као што су: сортирање са мехуром, сортирање селекцијом, сортирање спајањем, брзо сортирање и сортирање транспозицијом. Алгоритам ранк филтра са сортирањем (quick-sort) је насложенији и најспорији, јер захтева највећи број поређења између одбирака. Бржи алгоритми за делимично сортирање смањују број поређења, али су и даље непрактични за софтверске имплементације у реалном времену. Најбржи алгоритам са поређењем користи раздвојене кернеле и коначне машине стања, али не може да се користи за све ранкове.

Циљ докторске дисертације је да представи резултате развоја бит секвенцијалног ранк филтра ниске хардверске сложености од N улазних одбирака са W бита по сваком одбирку са једноставном логиком уместо: регистара маске, маске за ажурирање логике и логике за подешавање ранка, које се користе у најбољим познатим методама за ранк и медијан филтрирање.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Референцирана литература обухвата књиге из области нелинеарних дигиталних филтара, фундаменталне, развојне, прегледне и најновије радове из области ранк и медијан филтара, објављене у врхунским и истакнутим међународним часописима, као и на међународним конференцијама између 1964. и 2010. године, чиме је потврђена перманентна актуелност теме докторске дисертације. Референцирање је изведено по *IEEE* формату. Комисија је мишљења да је свако поглавље у потпуности покривено релевантном литературом до нивоа најситнијих детаља.

3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Научне методе које су примењене у изради ове докторске дисертације обухватају примену комбинованих теоријских, симулационих и експерименталних метода у циљу решавања наведених проблема. У првом делу докторске дисертације се теоријски обрађују постојећи алгоритми ранк филтара, анализирају проблеми при њиховој имплементацији и сложеност хардверске реализације у програмабилном логичком колу. У другом делу докторске дисертације се теоријски обрађује нови брзи алгоритам ранк филтра, његова софтверска и хардверска реализација у програмабилном логичком колу, а затим обавља поређење са постојећим методама.

3.4 Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Ранк филтри се користе за елиминисање шума једнодимензионалних сигнала (нпр. сеизмичког) и дводимензионалних сигнала (нпр. слике), као и побољшавање карактеристика самих сигнала. Специјални случајеви ранк филтара су филтри за одређивање минимума и максимума и широко коришћени медијан филтри. Ранк филтри спадају у групу нелинеарних филтара и често имају релативно дуго време извршавања, што их чини непрактичним у већини временски критичних апликација.

У пракси ранк филтри показују знатно боље резултате од филтара заснованих на израчунавању средње вредности сигнала у дефинисаном прозору, са и без тежинских коефицијената, односно филтара пропусника ниских учестаности, с обзиром да су сви ови филтри веома осетљиви на екстремне вредности сигнала, а посебно на шум сачме и “снег” у слици. Такође, ранк филтри не мењају типичне структуре самих сигнала, као што су константни делови, рампе и степеничасте промене.

Познате реализације ранк и медијан филтара су изузетно сложене, релативно споре и имају значајно кашњење. У докторској дисертацији су детаљно образложени начини за решавање ових проблема са верификацијом на разноврсним програмабилним логичким колима водећих компанија Altera и Xilinx.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Референце кандидата потврђују да се кандидат већ дуже времена континуирано бави истраживањем из области дигиталног процесирања сигнала и медијан филтара, применом програмабилних логичких кола и микроконтролера, који одговарају теми докторске дисертације.

Остварени и објављени резултати научноистраживачког рада кандидата у којима је кандидат први аутор од два аутора задовољавају све критеријуме Закона о високом образовању и потврђују да кандидат поседује способност за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У оквиру предложене докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- идентификовање проблема у реализацији и брзини рада постојећих ранк филтара

- анализа софтверске и хардверске сложености постојећих ранк филтара
- развој новог алгоритма ранк филтра са битским секвенцијалним излазом
- развој софтверске реализације новог ранк филтра са минималном сложености у програмском језику C
- развој неколико хардверских реализација новог ранк филтра у програмабилном логичком колу са малим кашњењем и великом брзином процесирања, која практично не зависи од броја одбирака у прозору
- симулација и експериментална верификација новог ранк филтра
- поређење новог ранк филтра са постојећим ранк филтрима

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је реализовала нови ранк и медијан филтар у облику неколико хардверских решења и симулирала их на разноврсним програмабилним логичким колима водећих компанија Altera и Xilinx, а затим доказала њихове предности поређењем са постојећим реализацијама ранк и медијан филтара на идентичним програмабилним логичким колима.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Предложени ранк и медијан филтри се могу применити као самостални филтри, али такође и као градивни блокови у сложеним филтерским апликацијама, као што су:

- тежински медијан филтар, у коме сви одбирци имају тежинске факторе;
- централни тежински медијан филтар, у коме само централни одбирак има тежински фактор;
- ранком условљен медијан филтар, у коме се сматра да централни одбирак има суперпониран шум уколико се налази ван опсега ранка, и у том случају се замењује резултатом медијан филтрирања;
- ранк филтар са праговима, у коме се централни одбирак замењује резултатом медијан филтрирања уколико се налази ван опсега прагова, који су одређени на основу локалне статистике;
- ранк филтар за одређивање средње вредности, који искључује централни одбирак из израчунавања ранка, али користи вишеструке прагове за детекцију импулсног шума на основу разлике централног одбирка и осталих одбирака у прозору;
- адаптивни ранк филтар заснован на двоструком механизму за детекцију импулсног шума, при чему се у првом кораку одређује да ли централни одбирак лежи ван ранк опсега, и коришћењу централног тежинског медијан филтра у другом кораку;
- ранк филтар са избацивањем минималних и максималних вредности у првом кораку, и израчунавањем тежинске средње вредности преосталих одбирака у другом кораку.

4.4 Верификација научних доприноса саопштавањем на конференцијама и објављивањем у часописима

Током своје каријере мр Драгана Прокин је била аутор три рада у међународним часописима, од тога два са *impact* фактором (означених са *), два рада на међународним конференцијама и девет радова на домаћим конференцијама. Из најуже области докторске дисертације су објављени рад 1. у врхунском међународном часопису са SCI листе и рад 2. у међународном часопису. Из шире области докторске дисертације је објављен рад 3. у истакнутом међународном часопису са SCI листе и неколико радова на конференцијама:

Категорија M21 (Рад у врхунском међународном часопису са импакт фактором 1.436):

1.* **Dragana Prokin**, Milan Prokin, "Low hardware complexity pipelined rank filter", *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, vol. 57, no. 6, pp. 446-450, 2010.

Категорија M51 (Рад у међународном часопису ван SCI листе)

2. **Dragana Prokin**, Milan Prokin, "Real-time pipelined rank filter", *International Journal of Imaging Science and Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 21-26, 2007.

Категорија M22 (Рад у истакнутом међународном часопису са импакт фактором 0.439)

3.* Kristijan Kuk, **Dragana Prokin**, Gabrijela Dimić, Branimir Stanojević, “Interactive tasks as a supplement to educational material in the field of programmable logic devices”, *Electronics and Electrical Engineering*, no. 2(98), 2010.

Остварени научни доприноси објављени у наведеним радовима представљају део основних резултата истраживања који су представљени у докторској дисертацији кандидата.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

5.1 Кратак осврт на дисертацију у целини, на научне доприносе конкретној научној области и методологији, на примену у пракси и способности кандидата

У својој докторској дисертацији под називом “Брзи ранк филтар са битским секвенцијалним излазом”, кандидат мр Драгана Прокин је извршила детаљну анализу проблема који су инхерентни постојећим ранк и медијан филтрима, као што су зависност сложености и максималне учестаности радног такта од броја одбирака у прозору филтра, а затим предложила начине за отклањање ових проблема. Кандидат је на основу свега тога пројектовала и реализовала неколико хардверских решења и симулацијом на разноврсним програмабилним логичким колима водећих компанија Altera и Xilinx доказала њихове предности поређењем са постојећим ранк и медијан филтрима.

Из најуже области докторске дисертације, кандидат је објавила један рад као први аутор у врхунском међународном часопису и други рад као први аутор у међународном часопису. Из шире области дисертације, кандидат је објавила трећи рад као други аутор у истакнутом међународном часопису. Посебан квалитет рада представља његова употребна вредност, будући да се описана метода за ранк и медијан филтрирање може директно применити у програмабилним логичким колима.

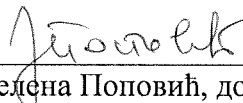
5.2 Предлог Комисије наставно-научном већу

На основу анализе рада Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију “Брзи ранк филтар са битским секвенцијалним излазом”, кандидата мр Драгане Прокин и предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да прихвати овај Извештај и кандидату одобри усмену јавну одбрану у поступку стицања академског степена доктора техничких наука – област електротехнике.

Београд, 19.05.2011.

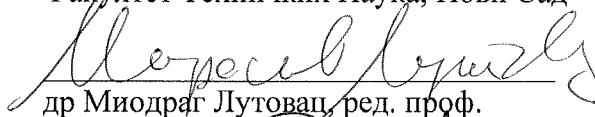


др Миодраг Поповић, ред. проф.

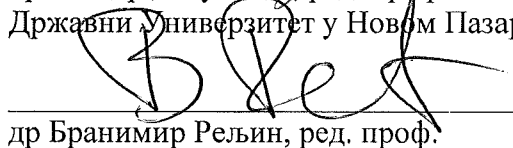


др Јелена Поповић, доц.

др Миодраг Темеринац, ред. проф.
Факултет Техничких Наука, Нови Сад



др Миодраг Лутовац, ред. проф.
Државни универзитет у Новом Пазару



др Бранимир Рељин, ред. проф.