



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 ЈЕЛЕНЕ (ДИМИТРИЈЕ) ЋЕРТИЋ

Кандидат Мр Јелена Ћертић предала је урађену докторску дисертацију под називом:
**„Анализа и синтеза рачунарска ефикасна структура дигиталних филтара заснованих на
свепропусним филтарским секцијама“**

Универзитетско веће научних области техничких наука је дана 06.12.2010.године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Јелене Ћертић образована је на седници 08.3.2011./14.6.2011.године, одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 841/3, 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 Мирослав Лутовац	Редовни професор	Државни Универзитет у Новом Пазару
3. Др Бранимир Рељин	Редовни професор у пензији	Електротехнички факултет у Београду
4. Др Миомир Мијић	Ванредни професор	Електротехнички факултет у Београду
5. Др Драгана Шумарац Павловић	Доцент	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 Мирослав Лутовац, редовни професор Државног Универзитета у Новом Пазару, др Бранимир Рељин, редовни професор Електротехничког факултета у пензији, др Миомир Мијић, ванредни професор Електротехничког факултета, др Драгана Шумарац Павловић, доцент Електротехничког факултета, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под насловом: **„Анализа и синтеза рачунарски ефикасних структура дигиталних филтара заснованих на свепропусним филтарским секцијама“** коју је предала **мр Јелена Ћертић**, 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 Мирослав Лутовац, редовни професор Државног Универзитета у Новом Пазару, др Бранимир Рељин, редовни професор Електротехничког факултета у пензији, др Миомир Мијић, ванредни професор Електротехничког факултета, др Драгана Шумарац Павловић, доцент Електротехничког факултета.

ДЕКАН

Електротехничког факултета

Проф. др Миодраг Поповић

Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду, на својој 729. седници, одржаној 8. марта 2011. године, именovalo нас је за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације мр инж. Јелене Ћертић, под насловом „Анализа и синтеза рачунарски ефикасних структура дигиталних филтара заснованих на свепропусним филтарским секцијама”. Ментор докторске дисертације је др Мирослав Лутовац. После увида у достављени материјал, извршили смо процену квалитета и научног доприноса поднете докторске дисертације, на основу које Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду подносимо следећи

Извештај

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације је „Анализа и синтеза рачунарски ефикасних структура дигиталних филтара заснованих на свепропусним филтарским секцијама”. Дисертација садржи насловну страну, садржај, списак слика, списак табела, 7 поглавља и литературу. Дисертација је написана на 129 страна, које укључују 173 формула, 101 слику, 13 табела и 83 референце.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Тема дисертације, под насловом „Анализа и синтеза рачунарски ефикасних структура дигиталних филтара заснованих на свепропусним филтарским секцијама”, одобрена је на Наставно-научном већу Електротехничког факултета 19.10.2010. године, а Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је на то сагласност 06.12.2010. године. Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену фебруара 2011. године. Наставно-научно веће Електротехничког факултета је 8.3.2011. године именovalo комисију за преглед и оцену докторске дисертације.

После увида у текст дисертације, комисија је написала овај извештај.

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација припада ужој научној области Електротехника и рачунарство. За ову ужу научну област матичан је Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Јелена Ћертић је рођена 17. јуна 1970. године, у Београду. Основну и средњу школу - Математичку гимназију завршила је у Београду. Електротехнички факултет у Београду, смер електроника и телекомуникације, уписала је 1989. године. Дипломирала је јуна 1995. године. Постдипломске студије на Електротехничком факултету у Београду, смер Телекомуникације, завршила је маја 2005. године одбраном магистарског рада „Ефикасна имплементација алгоритама за дигитално филтрирање и спектралну анализу на процесору сигнала”, (ментор проф. Љиљана Милић).

Од априла 1996. године до јуна 1999. године Јелена Ћертић је била ангажована као сарадник – стажер при Катедри за телекомуникације Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Од 10. јуна 1999. године запослена је као асистент-приправник при Катедри за телекомуникације Електротехничког факултета у Београду. Од децембра 2005. године запослена је као асистент при Катедри за телекомуникације и информационе технологије Електротехничког факултета у Београду. У току рада на Електротехничком факултету Јелена Ћертић учествовала је у настави у оквиру више предмета везаних за

Катедру за телекомуникације и информационе технологије. У оквиру наставних активности дала је допринос као коаутор у материјалима за вежбе и лабораторијске вежбе у оквиру наставе из обраде сигнала, електричних мерења, софтверских алата и телекомуникација. Јелена Ћертић је учествовала, у периоду од 2002. године на три пројекта технолошког развоја Министарства за науку („Развој и реализација нове генерације софтвера, хардвера и услуга на бази софтверског радија за наменске апликације“, ЕТ-11030, од 2008., „Развој и реализација софтвера, хардвера и услуга на бази софтверског радија за бежичне комуникације“, ТР-6149, 2005-2008., „Развој и реализација елемената софтверског радија и специфичне опреме и софтвера за радиодифузију и мобилне телекомуникације“, ТР/ИТ.1.18.0100, 2002-2004.), а у циклусу пројеката од 2011. године истраживач је у категорији Т2 на два пројекта Министарства, „Оптимизација перформанси енергетски-ефикасних рачунарских и комуникационих система“ и „Интеграција и хармонизација система звучне заштите у зградама у контексту одрживог развоја“. Резултати докторске дисертације већ се користе у истраживањима у оквиру пројекта „Оптимизација перформанси енергетски-ефикасних рачунарских и комуникационих система“. Осим тога, Јелена Ћертић је учествовала и у више пројеката реализованих за потребе привреде у оквиру Катедре за телекомуникације Електротехничког факултета.

Јелена Ћертић говори енглески и служи се руским језиком.

Јелена Ћертић је члан IEEE и Друштва за телекомуникације. Од 2006. је члан организационог и техничког одбора ТЕЛФОР-а. Од покретања TELFOR Journal-a је технички секретар часописа.

Током своје досадашње каријере Јелена Ћертић била је аутор два рада у међународним часописима са impact фактором ($IF=0.794$ и $IF=0.508$), два рада у часопису националног значаја, 10 радова презентованих на међународним конференцијама и 25 радова презентованих на националним конференцијама. Сви радови припадају области обраде сигнала којом се Јелена Ћертић бавила током своје досадашње каријере. Радови објављени у међународним часописима, један од радова објављен у часопису националног значаја, 6 радова презентованих на међународним конференцијама (и публикованих у целини у зборницима) и 10 радова са конференција националног значаја су уско повезани са темом докторске дисертације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Наслов докторске дисертације је „Анализа и синтеза рачунарски ефикасних структура дигиталних филтара заснованих на свепропусним филтарским секцијама“. Дисертација садржи насловну страну, садржај, списак слика, списак табела, 7 поглавља и литературу. Дисертација је написана на 129 страна, које укључују 173 формула, 101 слику, 13 табела и 83 референце.

Наслови поглавља су следећи: 1. Увод, 2. Структуре засноване на свепропусним филтрима, 3. Анализа осетљивости, 4. Варијабилни филтарски парови, 5. Техника фреквенцијског маскирања, 6. Примена структура заснованих на свепропусним секцијама и 7. Закључак.

По структури и садржају, поднети рад задовољава све стандарде за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље, Увод, објашњава место дигиталних филтара у савременим системима за обраду сигнала. Објашњава се значај реализације ефикасних структура у смислу смањења потрошње, односно енергетске ефикасности. Дефинишу се филтарске структуре које се развијају у наредним поглављима и укратко објашњава њихов значај са становишта

актуелних проблема енергетске ефикасности. На крају увода приказан је садржај наредних поглавља дисертације.

У другом поглављу дат је преглед структура заснованих на паралелној вези филтара свепропусника. Дате су дефиниције комплементарних филтарских парова. Приказане структуре користе се у наредним поглављима као градивни елементи сложенијих структура погодних за реализацију када се захтева велика ефикасност. Дат је преглед резултата приказаних у литератури на основу којих су спроведена оригинална истраживања у оквиру ове тезе.

У трећем поглављу дефинисана је анализа осетљивости и њен значај за верификацију дигиталних система у условима рада у аритметици фиксне тачке и са малим дужинама кодних речи. Енергетска ефикасност се, између осталог, остварује заменом множача у структурама са малим бројем операција „померање и сабирање“ па је увид у осетљивост структуре битан елемент при избору конкретног решења. Дати су оригинални резултати анализе две класе сложенијих структура заснованих на свепропусним секцијама. Резултати су упоређени са класичном реализацијом заснованом на паралелној вези филтара свепропусника.

У четвртном поглављу приказана су два оригинално развијена алгорита за реализацију варијабилних филтара. Први од алгоритама прилагођен је имплементацији на процесору за обраду сигнала са аритметиком фиксне тачке и оптимизован за рад у реалном времену. Реализација је верификована на основу резултата добијених у оквиру анализе осетљивости (поглавље три). Други приказан алгоритам као основни циљ има реализацију без множача, што се постиже обрадом сигнала са различитим брзинама. Решење је развијено применом алата за симболичку обраду сигнала. Приказана је рачунарска ефикасна структура којом се остварује варијабилни филтар без стварне промене коефицијената што омогућава да се структура оптимизује и реализује са минималним бројем операција бинарног померања и сабирања. Алгоритми су упоређени међусобно, као и са решењима приказаним у литератури.

Пето поглавље бави се структурама развијеним на основу технике фреквенцијског маскирања. Укратко је описана техника фреквенцијског маскирања када се као модел филтри (филтри првог степена у вишестепеној реализацији) користе филтри бесконачног импулсног одзива (IIR). Верификовани су услови које IIR филтарски пар треба да испуни да би могао да буде модел филтар (филтар првог степена у вишестепеној реализацији) у структурама развијеним на основу технике фреквенцијског маскирања. Приказана је ефикасна реализација двоканалне филтарске банке са максималном децимацијом. Посебно је атрактивно решење које се заснива на IIR филтарском пару са приближно линеарном фазном карактеристиком јер се постиже компромис између малог кашњења и веће ефикасности (што је одлика IIR система) са једне стране и линеарности фазне карактеристике (што је одлика FIR система) са друге стране. Приказано је и решење за ефикасну реализацију веома селективног филтарског пара који је реализован применом двостепеног фреквенцијског маскирања. Овај филтарски пар је погодан јер се може искористити за реализацију широкопојасног Хилбертовог трансформатора.

У шестом поглављу приказани су конкретно развијени системи на основу резултата добијених у поглављима три, четири и пет. Први приказан пример је решење неуниформне вишеканалне филтарске банке са граничним/пресечним фреквенцијама које се могу произвољно дефинисати. Развијена је MATLAB GUI апликација прилагођена за анализу једне класе аудио сигнала. Приказано решење искоришћено је за анализу по опсезима сигнала звука звона и генерисање сигнала за субјективне аудио тестове. Други приказан пример је реализација широкопојасног Хилбертовог трансформатора. Решење се заснива на селективном half-band филтарском пару приказаном у поглављу пет. С обзиром на то да је филтарски пар реализован техником фреквенцијског маскирања, где се користи IIR модел филтар са приближно линеарном фазном карактеристиком, може се остварити

широкопојасни ефикасан Хилбертов трансформатор са приближно линеарном фазном карактеристиком.

У закључку су сумирани резултати рада, изложени доприноси истраживања и предложени је даљи правац истраживања у складу са тренутно актуелним истраживањима у свету у областима вишеканалних система, варијабилних структура, рачунарски ефикасних структура и симболичке обраде сигнала.

Литература садржи 83 референце.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

При пројектовању и реализацији склопова за савремене дигиталне телекомуникационе и аудио уређаје и системе кључна је мала потрошња, односно енергетска ефикасност. Типичан процес дигиталне обраде сигнала у реалном времену, између осталог, подразумева релативно велики број филтрирања којима се најчешће остварује раздвајање на канале и промена фреквенције обраде сигнала. При том су захтеване карактеристике филтара разликују у зависности од врсте сигнала који се обрађује и од жељеног резултата који треба остварити. Филтри се оптимизују у односу на брзину обраде, сложеност самог филтра, могућност за остваривање што линеарније фазне карактеристике, могућност за промену карактеристике филтра у реалном времену, захтеве у погледу мале потрошње, велике робустности, односно једноставне имплементације.

Оригиналност ове дисертације се базира на детаљној анализи осетљивости, као аналитичке припреме за избор оптималне комбинације филтара у реализацији сложених филтарских структура, примени пројектовања дигиталних филтара техником маскирања и обрада на више различитих учестаности одабирања, као и примени симболичке обраде сигнала. Као резултат су добијене оригиналне методе синтезе филтара и оригиналне реализације дигиталних филтара који се нашли примену у пракси.

Значај дисертације је вишеструк. Добијени су бројни резултати коришћењем анализе осетљивости као и тумачења која су кључна за избор ефикасних инжењерских решења. Веома сложене филтарске структуре су детаљно анализирани и показано је како их треба користити да би се добила ефикасна решења, а нека од решења су већ наша и практичну примену у аудио системима. Показано је да се применом симболичке обраде могу урадити сложене анализе и синтеза дигиталних филтара који се не могу остварити класичним поступцима.

Да су тема и предмет дисертација актуелни говори и то да су неки од резултата ове дисертације објављени у (1) „Digital Filter Design Using Computer Algebra Systems“, у специјалном броју часописа *Circuits, Systems and Signal Processing* јануара 2010. године на тему *Low power digital filters*, (2) „A Class of FRM-Based All-Pass Digital Filters with Applications in Half-Band Filters and Hilbert Transformers“, у зборнику конференције *International Conference on Green Circuits and System*, јуна 2010. у оквиру специјалне сесије посвећене ефикасним структурама, и (3) да је један рад пријављен за специјалну сесију о варијабилним филтрима у оквиру конференције *ECCTD* ове године. Важно је напоменути да је кандидат добио награду „Илија Стојановић“ 2008. године за рад презентован на Телфору.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У овој дисертацији наведене су 83 референце, од тога 9 књига (односно поглавља из књига), 46 радова у часописима, 27 радова са конференција и једно корисничко упутство. Међу овим референцама налази се и 15 радова где је кандидат један од аутора. Од наведених референци 25 су из периода од 2000. године до данас. Све наведене референце су уско везане за тему дисертације и објављене су у релевантним часописима и зборницима са конференција углавном из области обраде сигнала и кола и система.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У овој дисертацији су коришћене различите научне методе уобичајене у области обраде сигнала. За познате филтарске парове приказане у литератури изведени су аналитички изрази за осетљивости на основу којих су процењене могућности за примену постојећих филтарских парова у рачунарски ефикасним сложеним структурама. За предложене нове реализационе шеме изведени су потребни аналитички изрази који су верификовани кроз алате за симболичко процесирање. Затим су направљени одговарајући модели у софтверском пакету MATLAB којим су нумерички верификовани аналитички изрази. Направљени су детаљни симулациони модели који укључују различите ефекте карактеристичне за реализацију у аритметици фиксне тачке и добијени резултати су корелисани са аналитичким изразима. Симулациони модели су, када је то било могуће, верификовани поређењем са постојећим комерцијалним моделима (MATLAB FDA Tool). Коначно, карактеристична решења су верификована имплементацијом на конкретној хардверској платформи (16-то битни процесор ADSP-2181) и снимањем добијених карактеристика.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Резултати дисертације су верификовани кроз интензивне рачунарске симулације, и поређење са класичним решењима и решењима публикованим у водећим светским часописима и зборницима конференција.

Резултати дисертације имају и теоријску и практичну вредност. Теоријска вредност се састоји у коришћењу анализе осетљивости и симболичке обраде сигнала за компаративну анализу различитих сложених филтарских структура и избор решења погодних за имплементацију у аритметици са фиксном тачком. Практична вредност се види кроз развој оригиналних алгоритама и метода пројектовања дигиталних филтара, као и софтверских решења која се могу користити у анализи аудио и телекомуникационих сигнала.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је показао способност за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У овој дисертацији је дато више доприноса. Главни доприноси истраживања, који су већим делом објављени у часописима са SCI листе, су:

- Урађена је детаљна анализа осетљивости дигиталних филтара и комплементарних филтарских парова.
- Изведени су аналитички изрази за функције осетљивости у односу на све константе у филтарским структурама за филтарске структуре погодне за ефикасне имплементације.
- Развијена је оригинална метода за поређење филтарских структура на основу које је извршено поређење структура које се заснивају на комбинацији FIR прототип филтра и филтарских секција свепропусника (класа II и класа III) у односу на најчешће коришћену реализацију IIR функције преноса преко паралелне везе свепропусника (класа I).
- Упоредном анализом је показно да су структуре које се добијају на основу прототип FIR филтра и свепропусника боље у односу на класичну реализацију по питању осетљивости у непропусном опсегу, а што је главни недостатак реализације засноване на паралелној вези свепропусника.
- Урађена је анализа осетљивости амплитудске карактеристике у односу на коефицијенте прототип *half-band* FIR филтра за класу II и класу III. Показано је да су ове осетљивости мале у поређењу са осетљивостима у односу на коефицијенте свепропусних секција, као и

да се екстремне вредности ових осетљивости не мењају променом граничне фреквенције филтра у целини, што је значајно за имплементацију филтара са променљивим пропусним опсегом.

- Развијене су нове методе за синтезу сложених филтара код којих су коефицијенти FIR прототипа имплементирани без множака.
- Коришћењем анализе осетљивости и нових метода развијен је алгоритам за избор филтарских структура при пројектовању конкретних система у складу са захтеваним спецификацијама филтра.
- Развијена су два нова алгоритма за имплементацију варијабилног дигиталног филтра (са променљивим границама пропусног опсега) и комплементарног филтарског пара (са променљивом 3dB-учестаности границе између филтра пропусника ниских и филтра пропусника високих учестаности) у аритметици фиксне тачке који су погодни за рад у реалном времену. Оба решења базирају се на EMQF филтрима.
- Прво решење се базира на класичној реализацији IIR филтра преко паралелне везе свепропусника и на структурама базираним на FIR прототип филтрима и свепропусницима. Реализација заснована на FIR прототип филтрима и свепропусницима одликује се веома широким опсегом у коме се може мењати гранична фреквенција филтра или филтарског пара. Најважнија карактеристика јесте да варијација граничне фреквенције не утиче на комплементарност структура. Код филтара заснованих на FIR прототип филтрима и свепропусницима, најважнија карактеристика јесте да варијација граничне фреквенције не утиче на коефицијенте FIR филтра што значи да се они могу оптимизовати за ефикасне имплементације.
- Као друго решење, развијена је оригинална метода која се заснива на филтарској структури са алгебарском петљом, а које се теоријски не може реализовати коришћењем класичних метода. Филтрирани сигнал се добија итеративним поступком, обрадом на вишој учестаности одабирања од учестаности одабирања сигнала који се филтрира, али коришћењем ефикасних структура. Кључна карактеристика је да се коефицијенти имплементације не мењају с променом граничне фреквенције филтра, па се сви коефицијенти филтра реализују као збир фактора $1/2^n$, што значи да се филтар може практично реализовати без множака.
- Развијена је нова метода синтезе система заснованих на фреквенцијском маскирању који користи свепропусне филтарске секције и полифазне компоненте маскирајућих FIR филтара. Приказано је оригинално решење двоканалне селективне филтарске банке засноване на IIR модел филтрима и FIR маскирајућим филтрима. Најважнија карактеристика за случај модел филтра приближно линеарне фазне карактеристике је да се може добити двоканална банка с максималном децимацијом и приближно савршеном реконструкцијом. Друга важна карактеристика јесте да банка има укупно знатно мање кашњење у односу на банку сличне амплитудске карактеристике која се заснива само на FIR филтрима. Дигитални филтри имплементирани овом методом имају одлике ефикасне структуре с малим бројем константи множења у којој се рачунске операције врше на нижим учестаностима одабирања.
- Урађено је софтверско решење за потребе анализе једне класе аудио сигнала. Филтарска банка је реализована тако да се пресечне фреквенције које дефинишу поједине канале задају интерактивно. Софтверски пакет је атрактиван за стручњаке који се баве анализом аудио сигнала а који не морају имати знање из области пројектовања филтарских банки. Дигитална филтарска банка се аутоматски пројектује на основу задатих граничних фреквенција, захтеваног минималног слабљења у пропусном опсегу и граничне фреквенције прототип IIR филтра којом се подешава селективност (ширина прелазне зоне између пропусног и непропусног опсега).

- Развијен је оригинални алгоритам за ефикасно решење широкопојасног Хилбертовог трансформатора коришћењем структура без множача, а која је погодна за имплементацију у аритметици фиксне тачке.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати до којих је кандидат дошао имају и теоријску и практичну вредност. Теоријска вредност се састоји у коришћењу анализе осетљивости за компаративну анализу различитих сложених филтарских структура и избор решења погодних за имплементацију у аритметици са фиксном тачком или са програмабилним хардвером. Практична вредност се види кроз развој оригиналних алгоритама и метода пројектовања дигиталних филтара, као и софтверских решења која се могу користити у анализи сигнала, на пример у анализи аудио сигнала.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Резултати остварени у оквиру ове дисертације наћи ће велику примену у пракси пре свега зато што испуњавају основне захтеве савремених телекомуникационих и мерних система, а то је да се перформансе дигиталних филтара могу мењати у реалном времену у складу са особинама сигнала и потребама корисника. Кључни допринос јесте да се одржи ефикасност имплементације коришћењем малог броја рачунских операција, а да се не покваре перформансе филтра у погледу амплитудске и фазне карактеристике и након промене граница пропусног опсега филтра. Посебно се очекује примена резултата кроз софтверска решења која ће омогућити да ове резултате користе и експерти из других области без детаљног упознавања са теоријом дигиталних филтара.

4.4. Верификација научних доприноса

Кандидат је објавио више радова везаних за тезу, чији су резултати непосредно ушли у тезу или су тесно везани са истраживањима у тези.

Радови у часописима са SCI листе, за који се рачуна Impact Factor, чији су резултати непосредно ушли у тезу:

1.1. Ćertić JD, Milić LD. „Investigation of computationally efficient complementary IIR filter pairs with tunable crossover frequency“, *Int J Electron Commun (AEÜ)*, vol. 65, pp. 419-428, may 2011 (DOI: 10.1016/j.aeue.2010.05.004), (ISSN 1434-8411, IF 0.508, M23, rang 45/77 (телекомуникације), 177/246 (Engineering, Electrical & Electronic), [http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B7GWW-50DXD85-1&_user=1793281&_coverDate=05%2F31%2F2011&_rdoc=7&_fmt=high&_orig=browse&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_srch=doc-info\(%23toc%2320469%232011%23999349994%232936737%23FLA%23display%23Volume\)&_cdi=20469&_sort=d&_docanchor=&_ct=17&_acct=C000053038&_version=1&_urlVersion=0&_userid=1793281&md5=6566e494b00482eaf30237e07b105a33&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B7GWW-50DXD85-1&_user=1793281&_coverDate=05%2F31%2F2011&_rdoc=7&_fmt=high&_orig=browse&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_srch=doc-info(%23toc%2320469%232011%23999349994%232936737%23FLA%23display%23Volume)&_cdi=20469&_sort=d&_docanchor=&_ct=17&_acct=C000053038&_version=1&_urlVersion=0&_userid=1793281&md5=6566e494b00482eaf30237e07b105a33&searchtype=a)).

1.2. Lutovac M., Ćertić J., Milić Lj. „Digital Filter Design Using Computer Algebra Systems“, *Circuits, Systems & Signal Processing*, vol. 29, pp. 51-64, jan 2010 (DOI: 10.1007/s00034-009-9119-2), (ISSN 0278-081X, IF 0.794, M23, rang 141/246 (Engineering, Electrical & Electronic), <http://www.springerlink.com/content/qn6600502g817673/>).

Радови изложени на научним скуповима међународног значаја и штампани у целини у зборницима радова:

2.1 Milić Lj., Ćertić J., Lutovac M., “A Class of FRM-Based All-Pass Digital Filters with Applications in Half-Band Filters and Hilbert Transformers”, *The First International Conference on Green Circuits and Systems*, ICGCS 2010, Shanghai China, Jun 21-23 2010, pp 273 – 278.

2.2. Milić Lj., Ćertić J., “Recursive Two-Channel Filter Banks Based on FRM Approach”, *Proceedings of the 6th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, ISPA 2009, Salzburg, Austria, Sept. 16-18 2009, pp. 59-62.

2.3. Milić Lj., Čertić J., "Recursive Digital Filters and Two-Channel Filter Banks: Frequency-Response Masking Approach", *The 9th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services*, TELSIKS 2009, Niš, Serbia, October 7-9, 2009, pp. 177 - 182.

2.4. Čertić J., Milić Lj., "On the Sensitivity of Two-Channel IIR Filter Banks with Variable Crossover Frequency", *Proceedings of the 5th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, ISPA 2007, Istanbul, Turkey, Sept. 27-29 2007, pp. 86-91.

2.5. Čertić J., Milić Lj., "Fixed-point implementation of two-channel IIR filter banks with variable crossover frequency", *Proceedings of The 2006 International Workshop on Spectral Methods and Multirate Signal Processing – SMMSP2006*, pp. 23 – 37, Florence, Italy, September, 2006.

2.6. Čertić J., Milić Lj., "Signal Processor Implementation of a Low-Pass/High-Pass IIR Digital Filter with Variable Cutoff Frequency", EUROCON 2005.

Рад у часопису који није на SCI листи:

3.1 Milić Lj., Čertić J., „Two-Channel IIR Filter Banks Utilizing the Frequency-Response Masking Technique“, *TELFOR Journal*, Vol. 1, No.2, pp. 45-48, 2009.

Радови изложени на научним скуповима националног значаја и штампани у целини у зборницима радова:

4.1. Ђертић Ј., Шумарац Павловић Д., Салом И., „Софтверски пакет за обраду и анализу аудио сигнала“, *ТЕЛФОР 2010*, стр. 1029-1032.

4.2. Ђертић Ј., Лутовац М., Милић Ј., „Имплементација без множача IIR филтра приближно линеарне фазне карактеристике“, *ЕТРАН 2010.*, стр. ЕК2.5-1-4.

4.3. Ђертић Ј., Милић Ј., „Синтеза селективног филтра применом технике фреквенцијског маскирања“, *ЕТРАН 2009*, стр. ЕК3.3-1-4.

4.4. Милић Ј., Ђертић Ј., „Двоканалне IIR банке филтара са фреквенцијским маскирањем“, *ТЕЛФОР 2008*, стр. 428-431. (Награда „Илија Стојановић“)

4.5. Ђертић Ј., Милић Ј., „Примена комплементарних парова IIR филтара у техници фреквенцијског маскирања“, *ЕТРАН 2007*, стр. ЕК2.1-1-4.

4.6. Ђертић Ј., Милић Ј., „Анализа осетљивости једне класе варијабилних двоканалних банки IIR филтара“, *ТЕЛФОР 2007*, стр. 302 - 305.

4.7. Милић Ј., Ј. Ђертић Ј., „Обрада сигнала применом дигиталних банки филтара“, Зборник радова, *Двадесет четврти симпозијум о новим технологијама у поштанском и телекомуникационом саобраћају*, Постел 2006, стр. 121 - 134. Рад по позиву.

4.8. Ђертић Ј., Милић Ј., „Имплементација алгоритма за варијацију граничне фреквенције IIR филтра у аритметици фиксне тачке“, *ЕТРАН 2006*, вол. I, стр. 156-158.

4.9. Ђертић Ј., Милић Ј., „Анализа софтверске имплементације IIR дигиталних филтара заснована на паралелној вези свепропусника“, *ТЕЛФОР 2004*, Београд.

4.10. Шумарац-Павловић, Д., Ђертић, Ј., „Утицај начина усредњавања на ефективну вредност акустичких сигнала“, *ЕТРАН, 2003*, стр. 438-441, Херцег-Нови.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

5.1. Кратак осврт на дисертацију у целини

Предмет истраживања ове дисертације је пројектовање ефикасних дигиталних филтара. Главни доприноси дисертације су већи број нових метода пројектовања ефикасних дигиталних филтара, филтерских банки и Хилбертових трансформатора и неколико софтверских решења за синтезу дигиталних филтара и анализу аудио сигнала. Дисертација је написана јасно и разумљиво, а у складу са стандардима Електротехничког Факултета и Универзитета у Београду.

5.2. Предлог Комисије Наставно-научном већу

Комисија констатује да дисертација испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторске дисертације на Електротехничком факултету у Београду.

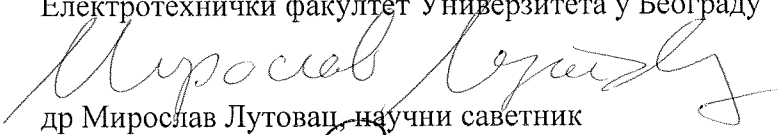
Комисија сматра да докторска дисертација мр инж. Јелене Ђертић, под насловом „Анализа и синтеза рачунарски ефикасних структура дигиталних филтара заснованих на свепропусним филтарским секцијама”, садржи оригиналне научне доприносе.

У складу са претходним, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да ову дисертацију прихвати и одобри њену усмену јавну одбрану.

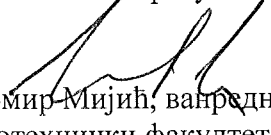
У Београду, 23. мај 2011. године

Чланови Комисије:


др Миодраг Поповић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду


др Мирослав Лутовац, научни саветник
Државни универзитет у Новом Пазару


др Бранимир Рељин, редовни професор у пензији
Електротехнички факултет Универзитета у Београду


др Миомир Мијић, ванредни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду


др Драгана Шумарац, доцент
Електротехнички факултет Универзитета у Београду