

МАВАК			
9. 11. 2015			
Број предмета	Датум	Помоћ	Доцента
	2124		

## НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

**ПРЕДМЕТ:** Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену одбрану докторске дисертације кандидата мр Миленка Ђирића, дипл. инж. електротехнике

Одлуком Наставно–научног већа Факултета техничких наука у Чачку, бр 49-1574/13 од 09.09. 2015 године, именовани смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Миленка Ђирића, дипл. инж. електротехнике, под називом:

### **„РАЗВОЈ САВРЕМЕНИХ *MULTIRATE* МЕТОДА И ТЕХНИКА КОД ПРОЈЕКТОВАЊА УСКОПОЈАСНИХ ДИГИТАЛНИХ ФИЛТАРА“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију, Извештаја о подобности кандидата и теме докторске дисертације која је одобрена за израду Одлуком Стручног већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, бр. IV-04-51/9 од 11.02. 2015 године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторских дисертација Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно – научног већу следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### **1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата мр Миленка Ђирића, дипл. инж. ел. под називом „Развој савремених *multirate* метода и техника код пројектовања ускопојасних дигиталних филтара“ бави се развојем метода пројектовања ускопојасних дигиталних филтара строгих карактеристика у вишебрзинским (*multirate*) системима дигиталног процесирања и њиховом имплементацијом на *Xilinx*-овим *FPGA* чиповима последње генерације. Под таквим карактеристикама дигиталних филтара подразумевају се карактеристике које би захтевале веома велики ред филтра, велика кашњења и велики утрошак хардверских ресурса, што би у пракси, са стандардним реализацијама, такву примену чинило неизводљивом.

Рад је усмерен ка имплементацији дигиталних филтара (банка дигиталних филтара) актуелних у смислу захтева који се данас стављају као задатак пројектантима, а који се односе на:

- Узак пропусни опсег, најчешће мањи од  $1/20$  учестаности одмеравања;
- Стрму амплитудску карактеристику са уском прелазном зоном ради максималног потискивања бочних опсега,
- Линеарну фазну карактеристику ради обезбеђивања квалитетне реконструкције сигнала,
- Дигиталне филтре са малим бројем елемената за кашњење,
- Ниску осетљивост на промене коефицијената филтра,
- Децимацију и интерполацију са високим степеном конверзије итд.

Реализације које су представљене у раду дају решења за овакве захтеве, уз успешно комбиновање захтеваних карактеристика филтра и специфичности конкретног програмабилног хардвера. У раду је за сваку појединачну имплементацију приказана методологија пројектовања филтра и за сваку имплементацију је извршено упоређивање у односу на тренутно актуелна решења. Осим провере карактеристика дигиталних филтара симулацијом на софтверским платформама произвођача програмабилног хардвера, извршена је верификација снимањем одзива филтра мерним инструментима на побуду реалним сигнаlima на хардверским платформама са *Xilinx*-овим *FPGA* чиповима новије генерације.

## 2. Оцена оригиналности научног рада кандидата

Досадашња истраживања из области предметне дисертације усмерена су на модификације основних *multirate* техника (технике фреквенцијског маскирања, вишестепене филтаре, СИС филтре...). Симултана употреба и комбиновање *multirate* техника на начин као што је то урађено у дисертацији, заједно са начином избора полазног филтра у зависности од намене филтра, представља оригинално решење које омогућава решавање различитих задатака код пројектовања ускопојасних дигиталних филтара строжијих карактеристика. Методологија реализације оваквих филтара верификована је прихватањем и објављивањем предложених посупака у реномираним међународним часописима.

Генерално, докторска дисертација даје допринос развоју дигиталног филтрирања и „*multirate*” примена уопште. Имајући на уму стални развој и могућности које свака нова генерација хардвера пружа, континуирано се морају прилагођавати и технике реализације. Из тог разлога је потребно стално праћење нових решења и усавршавање у области дигиталне обраде сигнала, како би пројектанти били у могућности да остану актуелни и да буду у стању да пруже најбоља решења.

## 3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној научној области

Миленко Ћирић је рођен 30. јануара 1975. године у Чачку. Завршио је:

- Основну школу у Чачку,
- Средњу Техничку школу у Чачку, 1992. године,
- Технички Факултет у Чачку, 1999. године на смеру Електроенергетски системи
- Специјалистичке студије на Техничком Факултету у Чачку Универзитета у Крагујевцу, на смеру за Телекомуникације, и одбранио специјалистички рад 2001. године на тему: „Генератор и пријемник пилотског сигнала радио-релејног уређаја ФМ-200“,

- Магистарске студије на Електротехничком Факултету у Београду на смеру за Телекомуникације, Универзитета у Београду и одбранио магистарску тезу, 2010. године на тему: „Реализација дигиталних филтара применом проточне обраде сигнала“.

Од маја 1999. године ради у Техничком ремонтном заводу у Чачку чија је основна делатност највиши ниво одржавања техничких средстава у Војсци Србије (ВС). У Заводу обавља дужност технолога за ремонт средстава везе, у оквиру које је задужен за радио-релејне уређаје L и С фреквенцијског спектра. Аутор је апликације за надзор и управљање радио релејних уређаја GRC-408E, као и апликације аутоматског мерног места за завршно испитивање Покретних Комуникационих Система Везе.

У више наврата је успешно прошао усавршавања за потребе Војске Србије код произвођача војне телекомуникационе опреме „Тадиран“ у Израелу, чији је локални партнер Техничко Ремонтни Завод Чачак.

Посветио се развоју мерних апликација за тестирања сложених телекомуникационих средстава и интеграцији различитих физичких и мрежних протокола.

До сада је објавио више научних радова у међународним и домаћим часописима и на међународним и домаћим конференцијама. Објављени радови се односе на реализацију различитих *multirate* метода код реализације дигиталних филтара, савремене технологије радио-релејних уређаја у Војсци Србије, оптимизацију организације одржавања, модернизацију конструктивних карактеристика дигиталних радио-релејних уређаја с циљем унапређења технолошких програма.

У досадашњем раду, као аутор или коаутор објавио је следеће радове:

#### **Радови штампани у часописима међународног значаја**

1. M. Ciric, V. Radonjic, R. Krneta, N. Stefanovic, „*FIR Filter Sharpening by Frequency Masking and Pipelining – Interleaving Technique*“, *Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol. 14, No. 4, pp. 65-72, 2014, DOI:10.4316/AECE.2014.04010, ISSN 1582-7445 [M23]

#### **Радови штампани у националним часописима међународног значаја**

2. M. Ciric, V. Radonjic, “*Realization of Multistage FIR filters using Pipelining-Interleaving*”, *Telfor Journal*, Vol. 4, No. 2 (2012), pp. 107-110, ISSN 1821-3251 [M53]
3. V. Radonjic, S. Djukic, D.Jovanovic, M.Ciric, S.Petrovic, *Implementation of analytic hierarchy process method in the selection of the optimal maintenance organization for specific purpose devices*, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 11, No. 3, pp. 491-500, October 2014, DOI: 10.2298/SJEE1403491R, ISSN 1451-4869 [M24]

#### **Радови штампани у националним часописима**

4. V. Radonjić, M. Ćirić, „*Primena savremene metode tehničke dijagnostike u funkciji unapređenja održavanja radio-releјnih uređaja*”, *Military Technical Courier/Vojnotehnički glasnik*, Beograd, br. 4/2012, pp. 117-132, DOI:10.5937/vojtehg1204117R, ISSN: 0042-8469

5. V.Radonjić, D. Jovanović, M. Ćirić, „*Optimalni model koncepta održavanja radio-relejnih uređaja*”, Military Technical Courier/Vojnotehnički glasnik, Beograd, бр. 3/2014, pp. 59-79, DOI:10.5937/vojtehg62-5031, ISSN: 0042-8469
6. Vojkan M. Radonjić, Slobodan R. Đukić, Danko M. Jovanović, Milenko P. Ćirić, „*Poboljšanje modela tehnologije srednjeg nivoa održavanja radio-relejnih uređaja*”, Military Technical Courier/Vojnotehnički glasnik, Beograd, бр. 4/2015, DOI: 10.5937/vojtehg63- , ISSN: 0042-8469

**Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини**

7. M. Ćirić, V. Radonjić, „*Realizacija višestepenih FIR filtara u Pipeling-Interleaving tehnici*”, TELFOR 2011, Beograd, ISBN: 978-1-4577-1498-6 [M33]
8. V. Radonjić, Ćirić M., Jovanović D., „*One model of assistance on the lower levels in the maintenance of modern radio-radios GRC systems*“, 5th International scientific conference on defensive technologies OTEH 2012, Belgrade, 2012., ISBN: 978-86-81123-58-4 [M33]
9. V. Radonjic, M. Ciric, M. Andrejic, S. Petrovic, „*Implementation of analytic hierarchy process method in the selection of the optimal maintenance organization for specific purpose devices*“, 6th International scientific conference on defensive technologies OTEH 2014, Belgrade, 2014., ISBN: 978-86-81123-71-3 [M33]
10. M. Ciric, V. Radonjic, „*FIR Filter Sharpening by Frequency Masking and Pipeling-Interleaving Technique*“, 6th International scientific conference on defensive technologies OTEH 2014, Belgrade, 2014, ISBN: 978-86-81123-71-3 [M33]

**Радови саопштени на скуповима националног значаја штампани у целини**

11. M. Ćirić, V. Radonjić, „*Primena protočne obrade signala na realizaciju FIR filtara*“, ETRAN 07, 2007. ISBN 978-86-80509-62-4 [M63]
12. M. Lutovac, M. Ćirić, „*Realizacija digitalnih filtara za velike brzine obrade primenom protočne obrade signala*“, ETRAN 08, 2008. ISBN 978-86-80509-63-4 [M63]

**4. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

Докторска дисертација кандидата Миленка Ђирића под називом „**Развој савремених *multirate* метода и техника код пројектовања ускопојасних дигиталних филтара**“ по садржају одговара прихваћеној теми од стране Наставно – научног већа Факултета техничких наука у Чачку и Стручног већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По обиму, квалитету и обиму истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за докторску дисертацију.

Докторска дисертација је написана на 167 страна, садржи 127 слика, 1 табелу и цитирано је 44 библиографских наслова. Резултати су изложени у оквиру следећих поглавља:

- Увод
- Вишебрзински (*multirate*) системи за обраду сигнала
- Проточна обрада сигнала
- Реализација основних *multirate* дигиталних филтара
- Примена *multirate* метода код ефикасних реализација дигиталних филтара

- Напредне методе *multirate* реализација ускопојасних дигиталних филтара
- Закључак
- Литература
- Речник скраћеница и израза
- Преглед коришћених програма.

У уводном делу истакнут је значај дигиталног филтрирања и изложени су актуелни захтеви који се стављају пред пројектанте дигиталних филтара. Приказана су ограничења приликом имплементација и дат је приказ актуелних метода и решења који се данас примењују у области дигиталног филтрирања. Јасно су истакнути циљеви истраживања.

У другом поглављу су представљене основе *multirate* система за обраду сигнала, са посебним освртом на проблем *aliasing*-а код снижавања учестаности одабирања и *imaging*-а код увећања учестаности одабирања као и на начине за њихово отклањање.

Принцип проточне обраде сигнала представљен је у трећем поглављу. Анализа поступка је извршена и у временском и у фреквенцијском домену. Појашњене су могућности примене и показано је како се врши синхронизација (усклађивање кашњења) код паралелних грана.

Четврто поглавље се бави техникама проточне обраде сигнала као и могућностима симултане примене поступка проточне обраде и *multirate* метода. Приказане су могућности такве примене са ограничењима са посебним освртом на проблем услед реализације у техници са фиксним зарезом и на проблем критичних повратних спрега. Извршена је провера реализацијом појединачних *FIR* и *IIR* филтара, како би се утврдиле могућности и ограничења таквих реализација.

Пето поглавље приказује конкретне примене представљених метода на реализацију ускопојасних филтара. Приказане су имплементације технике фреквенцијског маскирања, вишестепеног филтрирања и QMF банки са структуром стабла. Као и у случају појединачне реализације *FIR* и *IIR* филтара, извршена је анализа утицаја коначне дужине кодне речи и појашњен проблем критичних повратних петљи.

У шестом поглављу, највећем по обиму, приказане су конкретне реализације предложених метода на хардверским платформама чији рад се заснива на *Xilinx*-овим *FPGA* чиповима новије генерације. Представљена је реализација:

- *FIR* филтра са *IIR* филтерским секцијама другог реда за велике брзине обраде (са малим бројем елемената за кашњење). Приказано је једно оригинално решење реализације оваквог филтра применом *PI* технике,
- Ускопојасних дигиталних филтара са ниском осетљивошћу на промене коефицијената филтра. Показано је како се применом оваквог поступка могу реализовати филтри са пропусним опсегом мањим од 1/20 учестаности одабирања,
- Ускопојасних филтара са јако стрмом карактеристиком у прелазној зони применом *sharpening* методе и *amplitude change* функција симултано са техником фреквенцијског маскирања.
- СИС дециматора за високе факторе конверзије снижене снаге. Приказано је како се може успешно решити проблем препуњења регистара, уз ефикасну реализацију децимационог филтра.
- На крају је приказан реални сигнал са модула радио-релејног уређаја ГРЦ-408Е (QAM модулисани сигнал међуфреквенције) коме је учестаност одабирања снижена приказаним СИС дециматором, чиме је потврђена исправност предложених метода.

У Закључку су сумирани резултати докторске дисертације. Приказани су добијени резултати истраживања током рада на дисертацији са аспекта реализације постављеног

циља. Такође, сагледани су и предложени даљи правци истраживања и могућности примене *multirate* система за обраду сигнала.

На крају су дати наводи коришћене литературе који дају релевантан савремен преглед научно – истраживачких достигнућа у области којом се бави дисертација.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Темељним теоријско – експерименталним истраживачким радом при изради докторске дисертације кандидат Миленко Ђирић је дошао до низа значајних резултата. У раду је реализовано неколико нових метода реализације ускопојасних дигиталних филтара, које комбинују *multirate* приступ, са одређеним техникама чија је намена решавање неког појединачног задатка (повећање стрмине амплитудске карактеристике, смањење осцилација у пропусном опсегу, увећање слабљења у непропусном опсегу...). Технике представљене у оквиру докторске тезе су се показале успешним код реализације дигиталних филтара уз истовремено омогућавање паралелног процесирања (процесирање по више канала), при чему су остварене значајне уштеде хардверских ресурса (ефикасне реализације).

Обзиром на потребе за конверзијом учестаности одабирања са све већим фактором а које су условљене транслацијом дигиталне обраде из основног опсега на међуфреквенцију а у неким случајевима чак и у *RF* опсег, показани принципи могу бити искоришћени за пројектовање напреднијих решења који ће омогућити ову транслацију.

Карактеристике предложених дигиталних филтара које су остварене на *Xilinx*-овим *FPGA* чиповима новије генерације су применљиве за читав низ *DSP* апликација (обрада слике, софтверски радио, радио гониометри код војних примена, филтрирање на граничним фреквенцијама подржаног од стране хардвера, излазних филтара радио уређаја HF, VHF и UHF ...).

## 6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Имајући у виду да докторска дисертација дефинише методологију пројектовања дигиталних филтара чија реализација уобичајеним методама или готовим софтверским решењима произвођача програмабилног хардвера захтева филтре јако високог реда са неприхватљивим кашњењима и израженом грешком услед реализације са фиксним зарезом, представљена достигнућа имају велику применљивост у пракси. Такође се, осим као готова решења, принципи представљени у дисертацији могу користити приликом развоја различитих *DSP* апликација.

Предложене *multirate* методе и технике имају примену код различитих војних и цивилних апликација у којима се дигитална обрада проширила из основног у *IF* опсег (радар, SDR, Bluetooth, WLAN, GPS, WCDMA, CDMA, GPRS ...), тако да се само завршна транслација фреквенције, појачање и излазно филтрирање обавља у *RF* опсегу. Променом учестаности одабирања са јако високим фактором конверзије из основног у *IF* опсег јавља се потреба за елиминацијом “Aliasing” и “Imaging” компонената за које су потребни дигитални филтри (банке дигиталних филтара) све ужег пропусног опсега и све стрмије прелазне зоне.

## 7. Начин презентовања резултата научној јавности

Као део резултата рада на проблематици ове дисертације кандидат је објавио рад у часопису са импакт фактором (M23).

Комисија сматра да истраживање и резултати докторске дисертације пружају обиман материјал користан за практичну употребу, али и за публикавање и презентацију радова у референтним научним часописима и скуповима.

На основу увида у резултате истраживања приказаних у докторској дисертацији, Комисија доноси следећи

## ЗАКЉУЧАК

- Докторска дисертација кандидата Миленка Ђирића, дипл. инж. електротехнике под називом „Развој савремених *multirate* метода и техника код пројектовања ускопојасних дигиталних филтара“ одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку.
- Докторска дисертација представља важан научни допринос код пројектовања одређених класа ускопојасних дигиталних филтара и код реализација промене учестаности одабирања са великим фактором конверзије, уз омогућавање паралелног процесирања и ефикасне реализације.
- Кандидат је показао задовољавајући ниво систематског приступа проблему, организацији експерименталног рада и обради добијених резултата, што је довело до успешне реализације истраживања.
- Резултати истраживања су оригинални и представљају самостални научни допринос кандидата у оквиру тематске области и доказују применљивост предложених метода у пракси.

Дакле, докторант мр Миленко Ђирић, дипл. инж. електротехнике и поднета докторска дисертација испуњавају све потребне услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета техничких наука у Чачку.

На основу претходно изнетог предлажемо Наставно – научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Стручном већу за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати докторску дисертацију кандидата Миленка Ђирића, под називом

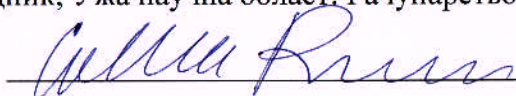
### **„РАЗВОЈ САВРЕМЕНИХ *MULTIRATE* МЕТОДА И ТЕХНИКА КОД ПРОЈЕКТОВАЊА УСКОПОЈАСНИХ ДИГИТАЛНИХ ФИЛТАРА“**

као успешно урађену и да кандидата позове на усмену јавну одбрану дисертације.

У Чачку, новембра 2015. године

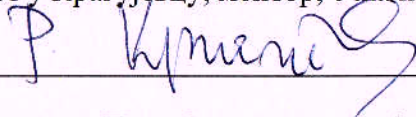
Чланови Комисије:

1. Проф. др Радомир Станковић, Електронски факултет, Универзитет у Нишу, председник, Ужа научна област: Рачунарство и информатика



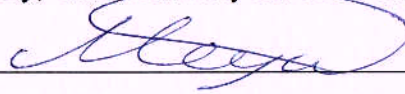
---

2. Др Радојка Крнета, ванр. проф., Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, ментор, Ужа научна област: Рачунарска техника;



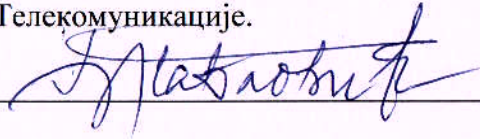
---

3. Др Александар Пеулић, ванр. проф., Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, члан, Ужа научна област: Рачунарска техника;



---

4. Др Бобан Павловић, доцент, Војна академија, Универзитет одбране, члан, Ужа научна област: Телекомуникације.



---