



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 МИЛОША (ДОБИВОЈЕ) БЛАГОЈЕВИЋА

Кандидат мр Милош Благојевић предао је урађену докторску дисертацију под називом:
„Усмеравање мултикаст саобраћаја без блокирања у Интернет рутерима високог капацитета“
Универзитетско веће научних области техничких наука је дана 10.4.2009.године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Милоша Благојевића образована је на седници 12.5.2010./14.6.2011.године, одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 818/3, у саставу:

Име и презиме члана Комисије	Звање	Установа у којој је запослен
1. Др Александра Смиљанић	ванредни професор	Електротехнички факултет у Београду
2. Др Зоран Јовановић	редовни професор	Електротехнички факултет у Београду
3. Др Милунка Дамњановић	редовни професор	Електронски факултет у Нишу
4. Др Миодраг Поповић	редовни професор	Електротехнички факултет у Београду
5. Др Жељко Ђуровић	редовни професор	Електротехнички факултет у Београду

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

Прилози:

1. Извештај Комисије са предлогом
2. Одлуку 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 Александра Смиљанић, ванредни професор Електротехничког факултета, др Зоран Јовановић, редовни професор Електротехничког факултета, др Милунка Дамњановић, редовни професор Електронског факултета у Нишу, др Миодраг Поповић, редовни професор Електротехничког факултета, др Жељко Ђуровић, редовни професор Електротехничког факултета, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под насловом: **„Усмеравање мултикаст саобраћаја без блокирања у Интернет рутерима високог капацитета“** коју је предао **мр Милош Благојевић**, и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука.

Комисија за усмену одбрану именована је у саставу: др Александра Смиљанић, ванредни професор Електротехничког факултета, др Зоран Јовановић, редовни професор Електротехничког факултета, др Милунка Дамњановић, редовни професор Електронског факултета у Нишу, др Миодраг Поповић, редовни професор Електротехничког факултета, др Жељко Ђуровић, редовни професор 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 716. седници, одржаној 11. маја 2010. године, именovalo нас је за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата *мр инж. Милоша Благојевића*, под насловом **„Усмеравање мултикаст саобраћаја без блокирања у Интернет рутерима високог капацитета“**. Ментор докторске дисертације је др Александра Смиљанић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Након 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. Подаци о кандидату

1.1. Кратка биографија

Мр Милош Благојевић је рођен 1978. године у Београду. Основну школу и гимназију природноматематичког смера завршио је у Пожеги. Електротехнички факултет у Београду уписао је 1997. године а дипломирао 2003. са просечном оценом 9.19 током студија и 10 на Дипломском раду. Завршио је постдипломске студије на истом факултету на смеру Телекомуникационе и рачунарске мреже, са просечном оценом 10. Магистарску тезу под насловом "Препознавање говора из ограниченог речника применом спектрограма редуковане димензије", одбранио је новембра 2007. године под менторством професора др Жељка Ђуровића.

Године 2004 као стипендиста Министарства за науку почео је да ради на пројекту „Коришћење лабораторијских ресурса путем Интернета“ у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду. Радио је на алгоритмима за обраду и препознавање говорног сигнала. Био је ангажован и на пројекту „Испитивање иновација у Републици Србији“. У периоду 2005-2009. учествовао је у пројекту „Имплементација контролера Интернет рутера“ финансираним од стране Министарства за науку и технолошки развој Србије. У оквиру тог пројекта је радио на развоју VHDL дизајна контролера мултикаст рутера високог капацитета и његовој имплементацији на програмабилној логици. Од октобра 2008 ангажован је у *Embedded Systems Institute* при Техничком Универзитету у Ајндховену. У оквиру ALWeN пројекта ради на моделовању и оптимизацији бежичних сензорских мрежа.

У току свог досадашњег рада објавио је већи број радова из области дизајна рутера високог капацитета и обраде говорног сигнала. Први аутор је једног рада у престижном међународном часопису са IMPACT фактором. Такође, коаутор је једног рада у међународном часопису са IMPACT фактором. Поред тога кандидат је аутор или коаутор још десет радова на међународним конференцијама и четири рада на домаћим конференцијама. Награђен је плакетом за најбољи рад младог истраживача на 49-тој конференцији ЕТРАН-а. Током 2005, 2006 и 2007, био је рецензент већег броја радова за часописе *IEEE Communications Letters* и *OSA Journal of Optical Networking*.

1.2. Основни подаци о објављеним радовима из области дисертације

Међународни часописи са IMPACT фактором:

- **Miloš Blagojević**, Aleksandra Smiljanić: »Design of multicast controller for high-capacity internet router«, *IET Electronics Letters, Volume 44, Issue 3, January 2008, pp. 255 – 256*
- Miloš Petrović, Aleksandra Smiljanić, **Miloš Blagojević**: »Design of the Switching Controller for the High-Capacity Non-Blocking Internet Router«, *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, Volume 17, n°8, August 2009, pp. 1157-1161*

Радови на међународним конференцијама:

- **Miloš Blagojević**, Aleksandra Smiljanić, Miloš Petrović: »Design of the Multicast Controller for the High-Capacity Internet Router«, *IEEE HPSR 2007, New York, USA, May 2007*
- Miloš Petrović, **Miloš Blagojević**, Aleksandra Smiljanić, Vladimir Joković: »Design, Implementation and Testing of the Controller for Terabit Packet Switch«, *IEEE ICCAS 2006, Guilin, China, June 2006*

Радови на домаћим конференцијама:

- **Miloš Blagojević**, Aleksandra Smiljanić, Vladimir Petrović: »Design, Implementation and Testing of the Multicast Controller for Terabit Packet Switch«, *ETRAN 2007, Herceg Novi, June 2007*
- **Miloš Blagojević**, Miloš Petrović, Aleksandra Smiljanić, Dejan Dramićanin, Miloš Pavlović, Jelena Popović: »Hardware Testing of the Internet Router Controller Implemented on the Altera FPGA«, *ETRAN, Belgrade 2006*
- Miloš Petrović, **Miloš Blagojević**, Aleksandra Smiljanić: »Dizajn i implementacija kontrolera neblokirajućeg paketskog komutatora terabitskog kapaciteta«, *TELFOR Belgrade 2005*

2. Опис дисертације

2.1. Структура и садржај дисертације

Дисертација је написана на 155 страна са једноструким проредом, садржи насловну страну, садржај, 7 поглавља, преглед реферисане литературе и 6 прилога. Подељена је на следећа поглавља: 1. Увод, 2. Архитектура IP рутера 3. Методи циркулације пакета у Интернет рутеру, 4. Архитектура мултикаст рутера са циркулацијом пакета, 5. Симулација и тестирање, 6. Анализа перформанси и 7. Закључак. Део материјала који је намењен бољем разумевању садржаја докторске дисертације, а представљао би малу дигресију у односу на основни ток излагања, организован је у виду шест прилога на крају дисертације: А. Реализација виртуалних редова чекања, Б. Реализација селектора сесија, Ц. Реализација бројача блокаде, Д. Контролер стабала, Е. Листа акронима, Ф. Номенклатура. По својој форми и садржају, поднети рад задовољава све стандарде за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

У уводном делу ове дисертације идентификован је актуелни проблем усмеравања мултикаст саобраћаја у савременим Интернет рутерима високог капацитета.

У другом поглављу представљене су основе пакетске комутације. Дат је кратак историјски преглед развоја пакетских комутатора. Анализиране су различите архитектуре и принципи рада. Предмет интересовања овог рада су архитектуре са улазним баферима. Анализиране су предности и недостаци постојећих решења која се тичу уникаст и мултикаст алгоритама за комутацију рутера са улазним баферима. Највећа пажња

посвећена је алгоритму са циркулацијом пакета који по својим карактеристикама има предност у односу на остала решења. Мултикаст контролер предложен у овом раду врши усмеравања мултикаст саобраћаја на основу алгоритма са циркулацијом пакета.

У трећем поглављу дата је теоријска основа алгоритма за рад мултикаст контролера имплементираног у овом раду. Представљене су методе и начини за циркулацију пакета. Основу циркулације пакета чине тзв. стабла прослеђивања, која имају сличну функцију као лукап табеле. Применом предложених стабла прослеђивања обезбеђује се подела трансмисионог оптерећења на више портова рутера. Предложене су две различите топологије стабала: балансирано и бинарно. Дат је детаљан опис структуре балансираног и бинарног стабла. Предложени су протоколи за креирање и ефикасно ажурирање ових стабала. Анализиране су предности и недостаци предложених топологија и дати детаљи везани за њихову имплементацију. Дефинисни су типови и садржај контролних порука и дат је шематски приказ свих фаза извршавања протокола.

У четвртном поглављу је представљена комплетна архитектура пакетског комутатора у оквиру које функционише мултикаст контролер. Поред мултикаст контролера ту структуру чине кросбар и кросбар контролер. Разматране су различите имплементационе опције које за циљ имају да омогуће да сви пакету буди испоручени тачно једном, на сва одредишта у правом редоследу. Разматране су ситуације у којима може доћи до губљења пакета, дуплирање пакета или промене редоследа пакета. Предложене су две архитектуре које на различите начине решавају ове проблеме.

Резултати провере исправност рада предложених протокола за циркулацију пакета представљени су у петом поглављу. Исправност рада мултикаст контролера се најпре проверава кроз симулацију његовог рада. Након тога приступило се имплементацији прототипа мултикаст контролера на FPGA чиповима. Следећи и последњи корак у тестирању мултикаст контролера је била провера исправности рада прототипа дизајна на развојној плочи.

Поглавље шест садржи анализу перформанси имплементираног дизајна. Перформансе су анализиране у смислу скалабилности и брзине рада. Скалабилност је мерена потребним ресурсима чипа, док је брзина рада одређена максималном тактном брзином на којој FPGA чип исправно извршава предвиђене функције. Анализе су понављене за различите имплементационе варијанте и различите FPGA чипове. На крају је дат коментар добијених резултата.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Мултикаст комуникација као шире подручје истраживања ове дисертације представља актуелну област истраживања савремених пакетских комутатора. Групна комуникација са уникаст преносом података постаје проблем при великом броју корисника. Мултикаст пренос података подразумева да се пакет умножава само онда када је то неопходно што резултује у мањим саобраћајним оптерећењима. Задатак савремених Интернет рутера високог капацитета јесте да обезбеде подршку за усмеравање мултикаст саобраћаја без блокирања.

Усмеравање пакета унутар рутера од улазног порта до одговарајућих излазних портова мултикаст групе, представља честу тему истраживачких радова. Поред значајног броја радова на ову тему, проблем усмеравања мултикаст пакета унутар Интернет рутера је још увек актуелан. Актуелност ове проблематике потврђује и високо рангирање часописа у којима су објављени радови аутора дисертације, као и низ наведених референци.

У научној литератури предложене су различите архитектуре комутатора које омогућавају мултикаст пренос података. Једна од битних карактеристика комутатора је позиција редова чекања. Данас се претежно користе комутатори са улазним баферима због

њихове скалабилности. Стратегија прослеђивања пакета у комутаторима са улазним баферима зависи од одабраног типа кросбара. По свом типу разликујемо две врсте кросбара: уникаст и мултикаст. Уникаст кросбар, нема мултикаст својстава, односно у једном тренутку један улаз може бити повезан са највише једним излазом. У том случају потребно је да се мултикаст пакет копира и пошаље кроз кросбар онолико пута колико има чланова одговарајућа мултикаст група. На тај начин расте могућност да дође до загушења у рутеру. Са друге стране, мултикаст кросбар даје могућност да се пакет истовремено пренесе на више портова. За архитектуре са мултикаст кросбаром постоје две основне стратегије усмеравања пакета: са дељењем фактора гранања и без дељења фактора гранања. Алгоритми без дељења фактора гранања подразумевају да се пакет истовремено прослеђује на сва одредишта, односно свим портовима члановима мултикаст групе. Недостатак оваквог приступа је што растом димензија мултикаст групе проблем постаје наћи временски слот у коме су сви потребни излази слободни. Са друге стране, алгоритми са дељењем фактора гранања не захтевају да пакет буде пренет до свих излаза истовремено. Проблем је што у најгорем случају пренос пакета траје исто као у случају уникаст кросбара, а то значи да расте могућност од загушења.

У односу на алгоритме који решавају проблеме сличног типа, мултикаст контролер предложен и имплементиран у овој дисертацији користи алгоритам са циркулацијом пакета кроз уникаст кросбар. Развијен је низ оригиналних или модификованих метода и алгоритама за решавање постављеног проблема. Разматрана су два различита решења за креирање и ажурирање структура стабала прослеђивања: балансирано и бинарно стабло. За оба типа стабла предложени су дистрибуирани протоколи за креирање и ажурирање структуре стабла који се извршавају паралелно на свим портовима комутатора. Балансирањем тежина грана добија се структура стабла која има минималну дубину и самим тим минимално кашњење. Са друге стране бинарно стабло није минималне дубине, што значи да је очекивано кашњења пакета веће. Међутим, иако очекивано кашњење није минимално за сваку сесију, гарантовано кашњење, које зависи од максималне дубине стабла, није веће него за случај балансираног стабла. Предност бинарног стабла у односу на балансирано је флексибилнија процедура за ажурирање стабла која не захтева додатне ресурсе.

Значај истраживања обављеног у овој дисертацији је вишеструк. Најпре, представљен је детаљан алгоритам за формирање и ажурирање стабала прослеђивања мултикаст пакета у Интернет рутерима. Формиран је функционални модел пакетског комутатора. Детаљном анализом симулационих и експерименталних резултата потврђена је исправност рада предложених алгоритама. Временска анализа је показала да је у свим тестираним ситуацијама време доношења одлуке мање од 60ns. Остварено време је у складу са захтевима које треба да испуњава модерни Интернет рутер високог капацитета.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература која је коришћена у дисертацији у потпуности задовољава све критеријуме доброг покривања области истраживања, адекватности и савремености анализе најновијих резултата и трендова развоја у области истраживања. У својој дисертацији, кандидат је детаљно претражио отворену литературу и коректно навео референце на радове који су у вези са темом дисертације. Наведено је 67 библиографских записа, од чега пет књига, 25 радова у часописима, 30 радова у конференцијским зборницима, две магистарске тезе и четири упутства за коришћење комерцијалних софтверских алата. Четрдесет и три референце су објављене после 2000. године, што потврђује актуелност коришћене литературе.

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

Имајући у виду целину и сложеност истраживања, у истраживачком поступку су примењене различите научне методе попут анализе, индукције, апстракције, моделовања, симулације ...

Критичком анализом постојећих решења кандидат је идентификовао актуелност проблема усмеравања мултикаст саобраћаја у Интернет рутерима високог капацитета. Постојеће методе су проучене, референциране и укратко поменуте. За спознају предмета истраживања у свим фазама истраживачког поступка су примењиване научне методе: дефиниција и класификација, дедукција и индукција, анализа и синтеза. Извршена је општа идентификација предмета истраживања и констатовани су чиниоци предмета анализе. Посебна пажња посвећена је анализи структуре и састава пакетског комутатора савремених Интернет рутера. Спознаја веза и односа између делова структуре представља веома битан и неизоставан део направљене анализе. Уочене су могућности за побољшање постојећих решења.

Основни задатак ове докторске дисертације јесте дефинисање метода и протокола за циркулацију мултикаст пакета унутар пакетског комутатора. Циркулација пакета одвија се у складу са стаблима прослеђивања. Задатак мултикаст контролера је да креира и ажурира поменута стабла прослеђивања. Различити математички концепти који се тичу карактеристика предложених стабла прослеђивања показани су методама логичке анализе, рекурзије и математичке индукције.

Мултикаст контролер представља само један део пакетског комутатора. Сазнање о начину функционисања целине пакетског комутатора стиче се преко његових појединачних делова, односно њиховом синтезом у једну целину. Тек након спајања мултикаст контролера, кросбар контролера и кросбара у једну целину постало је могуће приступити проблему валидације и верификације исправности рада предложене архитектуре.

У сврху анализе предложених протокола и архитектура комбиноване су методе теоријске и симулационе анализе. Савремене методе дизајна програмибилне логике подразумевају креирање модела система. У ту сврху коришћен је VHDL програмски језик. Техника симулације се намеће у поступку валидације и верификације исправности рада предложене архитектуре. На основу формираног VHDL модела, извршена је симулација помоћу *Quartus* софтверског пакета. Након тога, извршен је експеримент са прототипом архитектуре реализованом на развојној плочи, чиме су емпиријски потврђени резултати симулације.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Мултикаст контролер предложен у овом раду је део много веће целине, Интернет рутера. Задатак предложеног мултикаст контролера јесте да врши усмеравање и распоређивање мултикаст пакета унутар рутера. Да би исправно остваривао своју функцију контролер мора да комуницира са другим деловима Интернет рутера.

Мултикаст контролер и део структуре пакетског комутатора неопходне за верификацију исправности рада мултикаст контролера су успешно имплементирани на FPGA чиповима. Серија тестова изведених на формираном прототипу показала је исправност његовог рада. Анализа добијених перформанси показала је да је брзина рада реализованог мултикаст контролера у складу са захтевима модерних рутера.

Све коришћене методе су описане довољно детаљно да се истраживачки резултати могу једноставно репродуковати, односно верификовати.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Резултати досадашњег научноистраживачког рада мр Милоша Благојевића задовољавају све критеријуме Закона о високом образовању и јасно показују да кандидат поседује све услове за самосталан научни рад.

4. Остварени научни допринос

4.1. Приказ остварених научних доприноса

На основу претходних разматрања може се закључити да се оригинални научни допринос ове тезе односи се на предлагање нових и модификацију постојећих метода у процесу усмеравања мултикаст саобраћаја у Интернет рутерима високог капацитета. У овој дисертацији предложена је нова архитектура мултикаст контролера који користи стабала прослеђивања за реализацију алгорита са циркулацијом пакета. Предложена су два различита концепта структуре стабла прослеђивања: балансирано и бинарно стабло. Предложени концепти су реализовани у оквиру архитектуре мултикаст контролера која врши креирање и правовремено ажурирање предложених структура стабала прослеђивања. Формиран је функционални модел пакетског комутатора у коме је интегрисан предложени мултикаст комутатор. На основу тог модела симулацијама је верификована исправност рада предложене архитектуре. Исправност рада потврђена је и формирањем прототипа. Извршена је детаљна анализа перформанси предложене архитектуре, у смислу скалабилности и брзине рада.

Може се закључити да је оствареним научним доприносом добијен резултат од великог значаја за примену у процесу развоја Интернет рутера високог капацитета.

4.2. Подаци о објављеном научном раду у вези са дисертацијом

Кандидат је у току истраживања публиковао више радова из области дисертације. Кандидат је први аутор рада *Design of multicast controller for high-capacity internet router* који је објављен у часопису *IET Electronics Letters* у јануару 2008 у броју 3, у тому 44, чији је IMPACT фактор 1.117. У раду је приказан теоријски оквир протокола за формирање и ажурирање стабала прослеђивања мултикаст пакета. Дати су детаљи практичне реализације предложеног протокола и извршена је процена остварених перформанси. Кандидат је коаутор рада *Design of the Switching Controller for the High-Capacity Non-Blocking Internet Router* који је објављен у часопису *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems* у августу 2009 у броју 8, у тому 17, чији је IMPACT фактор 1.01. У овом раду је предложен и имплементиран протокол за распоређивање пакета у Интернет рутеру.

4.3. Могућа даља истраживања

Даља истраживања могућа су у смеру даље интергације и повезивања мултикаст контролера са осталим деловима пакетског комутатора. Мултикаст контролер предложен у овом раду је део много веће целине, Интернет рутера. У оквиру ове дисертације имплементирани су различите компоненте пакетског комутатора (мултикаст контролер, кросбар контролер, кросбар), док су неке само емулиране (лукап меморије, централни процесор, ...). На тај начин добијен је функционални модел система. Детаљна анализа перформанси целокупног Интернет рутера ће бити могућа када се имплементирају све компоненте, што ће омогућити сагледавање комплетног простора дизајна и увид у потанцијална уска грла система. Поред тога таква анализа би идентификовала евентуалне додатне функционалности и перформансе које интерфејси између компоненти треба да задовоље.

5. Закључак и предлог

5.1. Кратак осврт на дисертацију у целини

Предмет истраживања докторске дисертације је усмеравање мултикаст пакета унутар Интернет рутера високог капацитета помоћу алгоритма са циркулацијом пакета. Основни задатак дисертације је дизајн контролера мултикаст саобраћаја који врши ефикасну циркулацију пакета кроз рутер обезбеђујући задовољавајуће битске брзине и мало кашњење.

Након пажљивог читања детаљне анализе докторске дисертације мр Милоша Благојевића, насловљене **„Усмеравање мултикаст саобраћаја без блокирања у Интернет рутерима високог капацитета“**, Комисија је констатовала да она садржи све потребне формално-типографске целине и да је написана у складу са стандардима Електротехничког факултета и Универзитета у Београду. Изложени материјал је добро организован кроз поглавља и одељке. Циљеви тезе су јасно наведени и исказани, а предложене методе и истраживачки резултати изложени поступно, систематски и разумљиво. Наглашен је допринос аутора области истраживања.

5.2. Предлог Комисије Наставно-научном већу

На основу свега изложеног, 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 Милоша Благојевића, под насловом **„Усмеравање мултикаст саобраћаја без блокирања у Интернет рутерима високог капацитета“**, садржи оригиналне научне доприносе, па има задовољство и част да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да ову дисертацију прихвати и одобри њену усмену јавну одбрану.

У Београду 15.04.2011

Чланови Комисије:



др Александра Смиљанић, ванредни професор (ментор)
Електротехнички факултет Универзитета у Београду



др Зоран Јовановић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду



др Милунка Дамњановић, редовни професор
Електронски факултет Универзитета у Нишу



др Миодраг Поповић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду



др Жељко Буровић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду