

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију Решењем бр. 012-199/30-2015 од 24.12.2015. год. на основу Одлуке Наставно научног већа факултета, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. др Ласло Нађ, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 14.11.2013. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2. др Мирјана Дамњановић, ванредни професор, ужа област Електроника, изабрана у звање 07.10.2011. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 3. др Милош Живанов, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 12.07.2004. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 4. др Предраг Петковић, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 19.06.2001. године, Електронски факултет, Универзитет у Нишу, 5. др Љиљана Живанов, редовни професор, ужа област Електроника, изабрана у звање 01.10.2000. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Алена (Михал) Ђугова 2. Датум рођења, општина, држава: 28.09.1981, Бачка Паланка, Република Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет електротехнике и информатике, Словачки технички универзитет у Братислави, Словачка република Електроника – Микроелектроника Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства – мастер 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2007. година, Енергетика, електроника и телекомуникације 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Кандидаткиња није похађала магистарске студије

6.	<p>Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Нема</p>
III	<p>НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Нова конфигурација широкопојасног ниско-шумног појачавача у CMOS технологији</p>
IV	<p>ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.</p>
<p>Научни приказ истраживања за реализацију постављених циљева дисертације кандидаткиња је презентovala на 111 страна, кроз 8 (осам) поглавља. Дисертација садржи 82 слике, 26 табела и списак литературе са 95 референце.</p> <p>Докторска дисертација је организована према следећем садржају:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод 2. Широкопојасна технологија 3. Дизајн широкопојасног ниско-шумног појачавача 4. Предложене топологије ниско-шумних појачавача у 0,13 μm CMOS технологији 5. Предложене топологије ниско-шумних појачавача у 0,18 μm CMOS технологији 6. Реализована нова конфигурација ниско-шумног појачавача у 0,18 μm CMOS технологији 7. Дискусија 8. Закључак <p>Додатак А Вредности компоненти предложених ниско-шумних појачавача</p> <p>Литература</p> <p>Иза насловне странице стоји кључна документацијска информација на српском и енглеском језику, после које следи резиме на српском и енглеском језику, захвалница, садржај, списак слика, списак табела, списак скраћеница, списак коришћених ознака, поменутих осам поглавља, додатак и списак наслова коришћене литературе.</p>	

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У дисертацији је приказано теоријско и практично истраживање које се односи на пројектовање и карактеризацију широкопојасних (енг. *ultra-wideband* – *UWB*) ниско-шумних појачавача (НШП, енг. *low noise amplifier* – *LNA*) у CMOS технологији.

У првом поглављу, **Увод**, дата су уводна разматрања о значају широкопојасне технологије, њеним предностима и могућим применама. Такође, истакнут је значај избора одговарајуће технологије (CMOS/BiCMOS) током пројектовања интегрисаних кола намењених за рад на радио-фреквенцијама.

У наставку су дефинисани проблем, предмет и циљ истраживања, указано је на научни допринос докторске дисертације, представљена је организација тезе и дат кратак преглед сваког поглавља.

У другом поглављу, **Широкопојасна технологија**, размотрене су основне карактеристике широкопојасне технологије. Наведени су технички стандарди, ограничења и фреквенцијски опсежи које је америчка Савезна комисија за комуникације (енг. *Federal Communications Commission* – *FCC*) прописала за UWB уређаје како би се спречиле интерференције међу корисницима. Посебно је анализиран фреквенцијски опсег од 3,1 до 10,6 GHz као најзаступљенији у UWB применама, и приказани су различити начини његовог коришћења, нарочито импулсни широкопојасни (енг. *impulse-radio ultra-wideband* – *IR-UWB*) приступ. У наставку је дат преглед архитектура IR-UWB примопредајника.

У трећем поглављу, **Дизајн широкопојасног ниско-шумног појачавача**, описани су основни параметри НШП, чије је разумевање неопходно приликом одабира одговарајуће архитектуре појачавача и његовог дизајна, а у циљу постизања захтева постављених од стране FCC. У наставку је дат детаљан преглед публикованих решења за UWB ниско-шумне појачаваче који су груписани према методама реализације широкопојасног прилагођења улазне импедансе. За сваку групу НШП наведене су основне карактеристике и истакнуте су њихове предности и мане, као и могућности које нуде у погледу дизајна.

У поглављима четири, пет и шест, представљено је девет нових конфигурација UWB НШП пројектованих у 0,13 μm и 0,18 μm UMC CMOS технологијама, а заснованих на претходним приступима.

У четвртном поглављу, **Предложене топологије ниско-шумних појачавача у 0,13 μm CMOS технологији**, су предложене три нове конфигурације НШП за доњи део UWB спектра од 3 до 5 GHz. Прве две архитектуре реализоване су као појачавач са заједничким сорсом и користе методу индуктивне дегенерације сорса, проширену повратном спрегом. Први НШП је једностепене конфигурације, док други има два степена, чиме је добијен додатни степен слободе. Трећи предложени НШП је двостепене структуре и заснован је на појачавачу са заједничким гејтом. Сва три кола су тестирана на нивоу електричне шеме са реалним моделима компоненти.

У петом поглављу, **Предложене топологије ниско-шумних појачавача у 0,18 μm CMOS технологији**, представљене су четири нове конфигурације UWB НШП. Прве три топологије су пројектоване за горњи део UWB спектра, док је последњи НШП намењен за рад у целом UWB фреквенцијском опсегу, 3,1–10,6 GHz. Улазни степен првог НШП је реализован као појачавач са заједничким сорсом, проширен индуктором у сорсу транзистора и отпорником у повратној петљи. Употребом вишеструког струјног искоришћења, други појачавачки степен је стављен изнад првог. Друге две топологије су двостепене структуре, при чему је први НШП проширен опцијом варирања вредности појачања, омогућавајући два стања појачавача (мод великог и мод малог појачања) у зависности од његове примене. Четврти НШП има инверторску структуру првог степена. Анализирана је метода проширења -3 dB пропусног опсега, која користи индуктор у колу гејта NMOS транзистора, уместо у улазном чвору инверторске структуре. Сви НШП су тестирани на нивоу електричне шеме са реалним моделима компоненти.

У шестом поглављу, **Реализована нова конфигурација ниско-шумног појачавача у 0,18 μm CMOS технологији**, дата је детаљна анализа једног НШП дизајна пројектованог за фреквенцијски опсег од 3,1 до 5 GHz у 0,18 μm UMC CMOS технологији. Како број индуктора значајно доприноси повећању површине чипа, па самим тим и његове цене,

приликом одабира топологије водило се рачуна да је њихов број што мањи. Улазни степен је реализован као збир два приступа, појачавачког степена каскодне структуре и степена са вишеструким искоришћењем струје. Прилагођење улазне импедансе је постигнуто додавањем повратне петље са паралелном везом отпорника и кондензатора везане преко појачавача са заједничким дрејном. Предложено коло је фабриковано и приказана је мерна метода за његово тестирање. У наставку је урађен и редизајн датог НШП, односно, уместо технике за вишеструко искоришћење струје коришћена је техника за повећање струје дрејна појачавачког транзистора. Приказан је лејаут новог кола и дати су резултати постлејаут симулација.

У седмом поглављу, **Дискусија**, дата је детаљна анализа резултата добијених у поглављима четири, пет и шест, и извршено је њихово поређење са резултатима других аутора из савремене научне литературе. Такође, извршене су упоредне анализе предложених решења и наведене су предности, као и ограничења сваког од њих. На крају је показано да је нова конфигурација НШП, представљена у поглављу шест, једноставне топологије, реализована у јефтинијој технологији, добрих карактеристика и малих димензија, погодна за UWB апликације. У наставку је анализирана и могућност њеног даљег побољшања.

У осмом поглављу, **Закључак**, изведени су закључци докторске дисертације, са нагласком на доприносе дисертације. Дат је кратак преглед спроведених истраживања и назначени су могући правци даљег истраживања у области РФ интегрисаних кола.

У **Додатку А Вредности компоненти предложених ниско-шумних појачавача**, наведене су димензије компоненти НШП описаних и анализираних у поглављима четири, пет и шест.

Поглавље **Литература** садржи списак коришћене литературе, која је савремена (прати актуелно стање у области) и правилно одабрана према захтевима теме која је разматрана у оквиру дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад у међународном часопису – М23

1. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic-Misic, Bernhard Goll, Horst Zimmermann, "A Compact 3.1–5 GHz RC Feedback Low-Noise Amplifier Employing a Gain Enhancement Technique", *Informacije MIDEM – Journal of Microelectronics, Electronic Components and Materials*, Vol. 44, No. 3, pp. 201–211, 2014 (ISSN 0352-9045).

Саопштење са међународног скупа штампанао у целини – М33

1. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic–Misic, Laszlo Nagy, Ljiljana Zivanov, "Compact UWB Resistive Feedback Low Noise Amplifier Utilizing Current Bleeding Technique", *IEEE 29th International Conference on Microelectronics – MIEL*, 12–15 May, 2014, Belgrade, Serbia, pp. 387–390, ISBN 978-1-4799-5294-6;
2. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic–Misic, Laszlo Nagy, "Inverter-Based Low-Noise Amplifier Topologies for Ultra-Wideband Applications", *IEEE Mediterranean Conference on Embedded Computing – MECO*, 16–20 June, 2013, Budva, Montenegro, pp. 192–195, ISBN: 978-9940-9436-1-5;
3. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic–Misic, "A 0.18 μ m CMOS Low Power LNA for 6–8.5 GHz UWB Receiver", *IEEE International Semiconductor Conference – CAS*, 17–19 October, 2011, Sinaia, Romania, Vol. 1, pp. 215–218, ISBN 978-1-61284-171-7;
4. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic–Misic, "A Variable Gain Low Noise Amplifier for UWB 6–10 GHz Applications", *19th Austrian Workshop on Microelectronics – Austrochip*, 26th September, 2011, Vienna, Austria, pp. 7–10, ISBN 978-3-200-02384-0;

5. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic–Mistic, “A 6–9 GHz Resistive Feedback Low Noise Amplifier Designed in 0.18 μ m CMOS Technology”, *International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies – ICEST*, 29 June–1 July, 2011, Niš, Serbia, Vol. 1, pp. 183–186, ISBN 978-86-6125-031-6;
6. Alena Đugova, Jelena Radić, Mirjana Videnović–Mišić, Cândido Duarte, Vítor Grade Tavares, “An UWB 3–5 GHz Common–Gate Low Noise Amplifier Designed in 0.13 μ m Technology”, *18th Telecommunication forum – TELFOR*, 23–25 November, 2010, Belgrade, Serbia, pp. 786–789, ISBN 978-86-7466-392-9;
7. Alena Djugova, Jelena Radic, Mirjana Videnovic–Mistic, “Design and Analysis of Ultra–Wideband Low Noise Amplifier in 0.13 μ m CMOS Technology”, *International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies– ICEST*, 23–26 Jun, 2010, Ohrid, Macedonia, Vol. 1, pp. 135–138, ISBN 978-9989-786-57-0.

Сопштење са скупа националног значаја штампано у целини – М63

1. Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић–Мишић, “Ниско-шумни појачавач намењен за 3.1–5 GHz UWB системе испројектован у 0.13 μ m CMOS технологији”, *ЕТРАН 2010*, 07–11. јуна, 2010, Доњи Милановац, ЕЛ2.2-1-4, ISBN 978-86-80509-65-5.

Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент– М85

1. Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић–Мишић, Ласло Нађ, “Нова конфигурација широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији”, 2014;
2. Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић–Мишић, Ласло Нађ, “Метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији”, 2014.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Приказани резултати истраживања у докторској дисертацији представљају оригиналан и вредан допринос у области пројектовања, оптимизације и карактеризације активних РФ интегрисаних кола, и уједно веома значајно истраживање у поменутој области на Универзитету у Новом Саду.

Током спроведеног истраживања пројектовано је девет нових топологија ниско-шумних појачавача намењених за рад у UWB опсегу.

Прва три НШП су пројектована у 0,13 μ m UMC CMOS технологији за фреквенцијски опсег 3,1–5 GHz. Коришћењем једностепене каскодне структуре, при чему је прилагођење улазне импедансе постигнуто ускопојасном топологијом НШП (индуктивно дегенерисаном архитектуром појачавача са заједничким сорсом), проширеном повратном спрегом, остварена је велика вредност појачања, ниска вредност параметра шума и мала потрошња. Додавањем додатног степена постиже се боље прилагођење улазне импедансе и веће појачање, али по цену повећања потрошње. Трећи НШП реализован је као појачавач са заједничким гејтом и додатним степеном, појачавачем са заједничким сорсом. На овај начин постигнуто је најбоље прилагођење улазне импедансе, али је знатно повећана вредност параметра шума. Резултати су добијени симулацијом кола на нивоу електричне шеме са реалним моделима компоненти и поређени су са вредностима параметара НШП, пројектованих за исти фреквенцијски опсег, а постигнутим у радовима других аутора.

Следеће четири НШП топологије су пројектоване у јефтинијој 0,18 μ m UMC CMOS технологији, како би се омогућило пројектовање сложенијих топологија, са већим бројем компоненти, а да при томе цена фабрикованог чипа буде у оквиру расположивих могућности. Такође, прве три топологије су пројектоване за горњи део UWB опсега, док је последњи НШП намењен за рад у целом UWB фреквенцијском опсегу, како би се сагледале могућности пројектовања НШП на овим фреквенцијама.

Као први, тестиран је двостепени НШП при чему је други појачавачки степен стављен изнад првог. Овим је постигнута већа вредност појачања, односно за исту струју, коју користе оба степена, добија се веће појачање кола без повећања потрошње. Добро прилагођење улазне импедансе у радном опсегу од 6 до 8,5 GHz постигнуто је проширењем појачавача са заједничким сорсом коришћењем индуктора у сорсу транзистора и отпорником у повратној петљи. Недостатак ове топологије је повећана вредност шума и велики број пасивних

компоненти, пре свега индуктора. Друга топологија је двостепене структуре, при чему су оба степена реализована као појачавачи са заједничким сорсом и повратном спрегом. На овај начин постигнуто је добро прилагођење улазне импедансе у опсегу 6 до 9 GHz, док два појачавачка степена омогућавају бољу контролу ширине пропусног опсега. Овом топологијом постиже се велика вредност појачања и мала вредност параметра шума, међутим, укупна потрошња НШП је повећана. Код треће предложене топологије НШП постоји могућност подешавања појачања НШП како би се омогућила његова што шира употреба, тј. разликују се два радна стања појачавача и то мод великог и мод малог појачања. У оба стања остварено је добро прилагођење улазне и излазне импедансе и мала укупна потрошња. Последњи НШП је пројектован за цео UWB опсег, 3,1–10,6 GHz. Први појачавачки степен је инверторске структуре, чиме је постигнута већа вредност појачања без повећања потрошње. Ширина пропусног опсега одређена је проширењем основне структуре индуктором, који је у коло прикључен на два начина, на гејт NMOS и PMOS транзистора или само на гејт NMOS транзистора. У другом случају постигнуто је боље прилагођење улазне импедансе, већа вредност појачања и мања вредност параметра шума. Коришћењем обе топологије постиже се константна вредност појачања у широком фреквенцијском опсегу. Резултати су добијени симулацијом кола на нивоу електричне шеме са реалним моделима компоненти и поређени су са вредностима параметара НШП, пројектованих у истој технологији, а постигнутим у радовима других аутора.

Затим је детаљно приказана и анализирана топологија НШП пројектована и фабрикована у 0,18 μm UMC CMOS технологији за доњи део UWB опсега, 3,1 до 5 GHz. Овај НШП представља ново и јединствено решење. Коришћењем једног главног појачавачког степена проширеног техником за вишеструко искоришћење струје поларизације, остварена је једноставност приказаног решења. Такође, да би се смањила укупна површина фабрикованог интегрисаног кола, број пасивних компоненти је сведен на минимум. Описана је и мерна метода за одређивање карактеристика НШП. Резултати мерења су поређени са вредности параметара НШП, пројектованих у истој технологији, а постигнутим у радовима других аутора. Дати НШП показује мале варијације у вредности појачања и параметра шума у опсегу од интереса.

Редизајном датог НШП, односно, коришћењем технике за вишеструко искоришћење струје уместо технике за повећање струје дрејна појачавачког транзистора, укупна површина интегрисаног кола је остала иста. Анализом резултата постлејаут симулација постигнута је боља вредност појачања и линеарност кола.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

У дисертацији су јасно дефинисани циљеви истраживања. У решавању савременог научног проблема коришћене су познате и признате научне методе. Добијени резултати истраживања приказани су на јасан и разумљив начин. Формирани закључци су поткрепљени одговарајућим анализама и резултатима мерења. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе истраживања. Примењени поступци и добијени закључци су довољно општи да се могу применити и у случају пројектовања UWB ниско-шумних појачавача реализованих у другим монолитним технологијама. Поред тога јасно су дефинисани кораци и правци будућих истраживања. На основу ових показатеља комисија даје позитивну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:
1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Да, докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе Да, докторска дисертација садржи све битне елементе које захтевају радови овакве врсте.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци Оригинални научни допринос докторске дисертације представља нова, у доступној литератури непостојећа, конфигурација широкопојасног ниско-шумног појачавача, реализована у 0,18 μm UMC CMOS технологији, а намењена за рад у доњем делу UWB опсега, од 3,1 до 5 GHz. Израђен је прототип описаног интегрисаног кола и извршена је његова карактеризација, за шта је предложена одговарајућа мерна метода. Овом методом могуће је одредити карактеристике неупакованих RF ниско-шумних појачавача, реализованих и у другим монолитним технологијама, предвиђеним за различите примене и рад у различитим фреквенцијским опсезима. Резултатима мерења потврђене су очекиване претпоставке и успешност тока пројектовања UWB НШП.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Докторска дисертација нема недостатке који битно утичу на коначан резултат истраживања и квалитет докторске дисертације.
X ПРЕДЛОГ: На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација под називом “Нова конфигурација широкопојасног ниско-шумног појачавача у CMOS технологији” прихвати, а кандидаткињи Алени Ђуговој одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 11.03.2016. године

Др Ласло Нађ, редовни професор, председник

Др Мирјана Дамњановић, ванредни професор, члан

Др Милош Живанов, редовни професор, члан

Др Предраг Петковић, редовни професор, члан

Др Љиљана Живанов, редовни професор, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.