

Факултет техничких наука, Нови Сад

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

| I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Датум и орган који је именовao комисију 27. 03. 2014, декан Факултета техничких наука, проф. др Раде Дорословачки 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: <ol style="list-style-type: none"> 1. др Љиљана Живанов, редовни професор, ужа научна област Електроника, изабрана у звање 1. октобра 2000. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2. др Станиша Даутовић, доцент, ужа научна област Теоријска електротехника, изабран у звање 2. јуна 2010. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 3. др Растислав Струхарик, доцент, ужа научна област Електроника, изабран у звање 08. 07. 2010. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 4. др Вељко Милутиновић, редовни професор, ужа научна област Рачунарска техника и информатика, изабран у звање 01. децембра 1997. година, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, 5. др Вељко Малбаша, редовни професор, ужа научна област Електроника, изабран у звање 16. маја 1995. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду. |
| II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Предраг Ђорђе Теодоровић 2. Датум рођења, општина, држава: 12.02.1979. Нови Сад, Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Нови Сад, Енергетика, електроника и телекомуникације, Дипломирани инжењер - мастер електротехнике 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2007. Енергетика, електроника и телекомуникације 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: (нема) 6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: / |
| III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: |
| <p>Дизајн и минимизација рекурзивних Булових формула за мемристивна логичка кола</p> |
| IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: |
| <p>Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.</p> |
| <p>Основни циљ истраживања представљеног у овој дисертацији је дизајн и минимизација</p> |

рекурзивне Булове формуле, која се креира за произвољну Булову функцију са више улаза и једним излазом, а својом рекурзивном природом и конструкцијом омогућава израчунавање полазне Булове функције коришћењем мемристивних логичких кола у *stateful logic* топологији.

Након уводног поглавља, у другом поглављу представљени су мемристор, мемристивни системи и мем-елементи. У истом поглављу, описан је и процес фабрикации првог мемристора, за кога су приказани различити линеарни и нелинеарни модели, а на крају овог дела дисертације представљен је и периодни систем електричних елемената.

У трећем поглављу дат је преглед дигиталних кола базираних на мемристорима: дигиталних логичких кола, секвенцијалних логичких мемристивних кола, мемристивних меморија и масивно-паралелних мемристивних процесора.

У поглављима четири, пет, шест и седам представљен је оригинални научни допринос ове дисертације. Најпре је у глави четири показано на који начин се конструише рекурзивна Булова формула која омогућава израчунавање произвољне N -улазне Булове функције коришћењем мемристивног логичког кола са два радна мемристора. Након тога приказан је коришћени модел мемристора, као и резултати симулација базираних на том моделу. У овој глави је такође представљен и развијени алгоритам који на основу произвољне више-улазне Булове функције и вектора улазних променљивих генерише побудне напонске секвенце које су неопходне за израчунавање жељене Булове функције.

У поглављу шест приказан је регуларан поредак позитивних производ термова, и показано је како је регуларност поретка потребан и довољан услов за репрезентацију жељене Булове функције рекурзивном Буловом формулом базираном на том поретку. На тај начин одређен је комплетан простор претраге у циљу проналажења оптималног поретка позитивних производ термова. С обзиром да је овај простор експоненцијалан у терминима величине улазних променљивих, у глави седам су представљене и две алгоритамске хеуристике развијене током истраживања у оквиру ове дисертације. Показано је како су представљени алгоритми полиномијалне временске комплексности, као и алгоритми за минимизацију рекурзивне Булове формуле доступни у литератури, док дају боље резултате у 99,6% инстанци проблема, тестирани на скупу свих четвороулазних Булових функција. У последњој, осмој глави, приказан је закључак.

Дисертација има 139 страна, 8 поглавља, 150 референци, 21 слика, 8 табела, 9 шема и 35 графикана

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Највећу вредност докторске дисертације свакако представља оригинални научни допринос истраживања спроведеног у оквиру исте, који је представљен у поглављима четири, пет, шест и седам. Осим тога, у оквиру тезе је дат преглед доступне научне литературе из области истраживања (150 референци) као и задовољавајући приказ стања у научној области којој припада истраживање спроведено у оквиру докторске дисертације.

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

- 1) Teodorovic, P., Dautovic, S., Malbasa, V., "Recursive Boolean Formula Minimization Algorithms for Implication Logic," *Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, IEEE Transactions on*, vol.32, no.11, pp.1829,1833, Nov. 2013,
- 2) Teodorovic P., Vukobratovic B., Struharik R., Dautovic S.: Generator sekvenci za izracunavanje proizvoljne N -ulazne bulove funkcije korišćenjem dva memristora, (20. Telekomunikacioni forum TELFOR, Beograd, 2012)
- 3) Vukobratovic B., Teodorovic P., Struharik R.: A novel voltage-controlled, nonlinear drift memristor model, 16TH International symposium on power electronics – EE 2011, Novi Sad, Serbia, October 26th – 28th, 2011. Paper No SPS-2.4 PP 1-5
- 4) Struharik R., Vranjkovic V., Teodorovic P., Dautovic S.: A survey of nanoelectronic computing architectures, 16th International symposium on power electronics – EE 2011, Novi Sad, Serbia, October 26th – 28th, 2011. Paper No SPS-2.5 PP

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање представљено у овој дисертацији мотивисано је недавно фабрикованим мем-елементима, мем-уређајима и мем-системима, који својим карактеристикама омогућавају нови приступ у дизајну дигиталних логичких кола. Употреба ових мем-компоненти омогућава процесирање и складиштење података на истој локацији, на супрот актуелној и одавно превазиђеној *Von Neumann* архитектури код које се обрада података врши од стране процесора, а подаци чувају у дислоцираним меморијским јединицама, што резултује проблемом “меморијског зида”.

У доступној научној литератури постоји обиље предложених архитектура логичких кола базираних на мем-компонентама. Једна од ових архитектура, кола са два радна мемристора у *stateful logic* топологији, осим минималним димензијама, одликује се и имуношћу на деградацију сигнала услед пада напона на резистивним елементима и проблем *fanout*-а. Ипак, мана овог кола се огледа у сложеним и дугачким секвенцама побудних напонских сигнала, јер се овим приступом просторна комплексност Буловог кола компромисно замењује временском комплексношћу операција извршаваних овим колима. Осим тога, број секвенци потребних за израчунавање произвољне Булове функције се експоненцијално увећава са повећањем броја улазних променљивих. Мотивисано овим, један од циљева истраживања описаног у овој дисертацији је и минимизација рекурзивних Булових формула које одређују контролну секвенцу побудних сигнала. Ова минимизација се врши коришћењем такозваних регуларних поредака позитивних производ термова, који омогућавају претраживање комплетног простора за минимизацију.

С обзиром да простор претраживања графа, у циљу проналажења оптималног регуларног поретка позитивних производ термова, расте експоненцијално у зависности од величине улаза, представљене су две софистициране *Breadth First Search*, “greedy” алгоритамске хеуристике, са полиномијалним временским комплексностима. Ове две алгоритамске хеуристике су упоредиве са претходно објављеним резултатима, а приказани резултати демонстрирају како алгоритми развијени током истраживања у оквиру ове дисертације, тестирани на скупу свих 4-улазних Булових функција, обезбеђују до 26% побољшања у просечном броју импликација и дају краћу рекурзивну Булову формулу за чак 77% инстанци проблема у поређењу са претходно објављеним резултатима.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Тумачење добијених резултата је јасно, истраживачки коректно, у погледу оцене постигнутих домета. Сви добијени резултати стављени су у добар контекст и упоређени са до сада познатим и публикованим резултатима. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз ослањање и навођење претходних истраживачких резултата у овој области.

| | |
|--|--|
| IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: | |
| 1. | Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме. |
| 2. | Да ли дисертација садржи све битне елементе Дисертација садржи све битне елементе који се захтевају по статуту Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, као и Закона о високом образовању. |
| 3. | По чему је дисертација оригиналан допринос науци Оригинални научни допринос докторске дисертације чине четири јасно представљена резултата: 1) Исправљање резултата приказаног у доступној научној литератури у вези са конструкцијом рекурзивне Булове формуле са фиксним поретком позитивних производ термова; 2) Алгоритам за генерисање секвенци побудних напонских сигнала за израчунавање N -улазне 1-излазне Булове функције коришћењем рекурзивне Булове формуле и мемристивног кола са два радна мемристора у <i>stateful logic</i> топологији; 3) Дефиниција регуларног поретка позитивних производ термова и доказ да је регуларност поретка потребан и довољан услов за репрезентацију произвољне Булове функције коришћењем рекурзивне Булове формуле базиране на таквом поретку; 4) Две алгоритамске хеуристике за минимизацију рекурзивне Булове формуле са полиномијалном временском комплексношћу у терминима улаза. |
| 4. | Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Комисија није имала примедбе које би утицале на оцену позитивне вредности резултата докторске дисертације. |
| X ПРЕДЛОГ: | |
| На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже: | |
| - | да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана |

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. др Љиљана Живанов, редовни професор _____
2. др Станиша Даутовић, доцент _____
3. др Растислав Струхарик, доцент _____
4. др Вељко Милутиновић, редовни професор _____
5. др Вељко Малбаша, редовни професор _____

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.