



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 08.06.2021. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Јелене Лалић под насловом „Анализа утицаја радијационих сметњи на дигиталну логику *RD53B* пиксел чипа“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Јелена Лалић је рођена 07.11.1996. године у Никшићу, где је завршила основну школу као ђак генерације. Гимназију у Никшићу је завршила као вуковац, а више година је освајала државно такмичење из физике. Електротехнички факултет је уписала 2015. године. Дипломирала је на одсеку за Електронику 2019. године са просечном оценом 9,53. Дипломски рад одбранила је у јулу 2019. године са оценом 10. У току студија била је ангажована као студент демонстратор при Катедри за електронику и Катедри за рачунарску технику и информатику. Била је полазник пракси организованих од стране Универзитета *Oxford* и Универзитета *Rice*. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за електронику уписала је у октобру 2019. године. Положила је све испите са просечном оценом 10.

2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 51 страну, са укупно 46 слика, 6 табела и 19 референци. Рад садржи увод, 4 поглавља и закључак (укупно 6 поглавља) и списак коришћене литературе. Мастер рад је написан на енглеском језику.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Јасно је дефинисан значај истраживања и дат је кратак увид у садржај осталих поглавља.

У другом поглављу представљена је *RD53* колаборација и дат опис архитектуре *RD53* чипа и његов значај за фазу 2 надоградње Великог хадронског судараца високе осветљености (*HL-LHC*) под окриљем Европске организације за нуклеарна истраживања (*CERN*). Описан је процес детекције догађаја од интереса преко аналогног *frontend-a*, формирање и ток података унутар чипа, са освртом на хардвер и софтвер коришћен за тестирање истог.

У трећем поглављу дата је теоријска основа утицаја радијационих сметњи на интегрисана кола и њихова класификација са акцентом на тзв. *Single Event Effects (SEE)*. Описане су 2 технике митигације ове групе радијационих сметњи које су примењене у дигиталном дизајну трипликацијом глобалне и пиксел конфигурационе меморије чипа.

У четвртном поглављу дата је детаљна анализа више тестирања организованих са циљем мерења ефективне осетљивости заштитне логице на *SEE* ефекте индуковане тешким јонима и протонима. Дато је и поређење ефикасности две митигационе методе у зависности од различитих параметара радијационе средине. Ово поглавље укључује опис тест рутине, коришћеног хардвера и института у Белгији и Канади, где су се тестирања изводила. Дат је и опис утицаја ових ефеката на стабилност линка података, који ради на 1.28 Gb/s по *Aurora* протоколу.

У петом поглављу детаљно је описан систем дизајниран на *KC705* развојној плочи са *Kintex-7 FPGA* платформом. Систем се темељи на *Xilinx* гигабитским трансиверима и омогућава 10.24 Gb/s одабирање сигнала унутар *FPGA*. Систем је намењен мониторингу

излазних сигнала *CDR (clock and data recovery)* блока детекцијом њиховог фазног офсета индукованог управо *SEE* ефектима. Дата је и анализа перформанси система након што је исти коришћен при тестирању чипа његовим излагањем тешким јонима. Анализа добијених резултата је дала јасну корелацију ових фазних помераја са губитком синхронизације између линка података и *GTX* пријемника.

У шестом поглављу изнети су закључци целокупног истраживања и на њима базиране пројекције функционалности и оперативне стабилности чипа у коначном HL-LHC детектору. Дат је осврт на нова питања настала у току тест кампања која захтевају даље истраживање.

3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Јелене Лалић се бави тестирањем радијационих сметњи на дигиталну електронику *RD53* пиксел чипа и његов *CDR* блок. Мастер рад обухвата и реализацију система за семпловање такт сигнала стопом од 10.24 Gb/s и детекцијом нестабилности тог сигнала који су директна последица радијационих сметњи.

У области тестирања интегрисаних кола, овај истраживачки рад је од значаја јер добијени резултати јасно анализирају ефикасност трипликационих метода дигиталне логике и даје опис метода тестирања. У области пројектовања хардвера, приказана је метода карактеризације такт сигнала детекцијом његових фазних помераја у реалном времену, постижући резолуцију од 97 ps.

Основни доприноси рада су: 1) теоријска анализа радијационих ефеката на интегрисана кола и методе њихове митигације 2) имплементација тест метода за мерење имуности на *SEE* групу радијационих сметњи и анализа добијених података 3) хардверска реализација система за карактеризацију такт сигнала изложеног тешким јонима и протонома у реалном времену 4) евалуација ефикасности дизајнираног система

4. Закључак и предлог

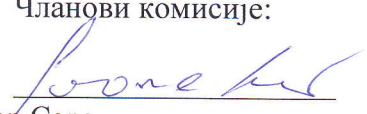
Кандидат Јелена Лалић је у свом мастер раду успешно решила проблем карактеризације техника митигације на групу радијационих сметњи, звану *Single Event Effects*. Мастер рад приказује и успешно пројектовање дигиталног система за карактеризацију такт сигнала у радијационој средини, а систем је тестиран излагањем чипа тешким јонима. Дизајн је написан у програмском језику *Verilog*, док је пост-процесирање података рађено у *Python*-у. Резултати су показали поуздан рад дизајнираног система и омогућили успешну идентификацију узрока ресинхронизације *Aurora* линка.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Јелене Лалић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 17. 09. 2021. године

Чланови комисије:


Др Лазар Сарановац, редовни професор.


Др Драгомир Ел Мезени, доцент.