



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. Александра Вуковића под насловом „Потпуно дигитални RF предајник заснован на паралелним и апроксимативним сигма-делта модулаторима“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Александар Вуковић је рођен 24.11.1995. године у Крушевцу. Завршио је основну школу "Драгомир Марковић" у Крушевцу као вуковац. Уписао је гимназију у Крушевцу и коју је завршио као вуковац. Електротехнички факултет уписао је 2014. године.

Дипломирао је на одсеку за електронику 2018. године са просечном оценом 8,8. Дипломски рад одбранио је у септембру 2018. године са оценом 10.

Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за електронику уписао је у октобру 2018. године. Положио је све испите са просечном оценом 10.

2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 32 странице, са укупно 22 слике и 10 референци. Рад садржи укупно 5 поглавља - увод, 3 поглавља и закључак, као и списак коришћене литературе.

Прво поглавље садржи кратак преглед предмета мастер рада, мотивације, примењене методологије и релевантне литературе.

У другом поглављу је дат преглед теорије сигма-делта модулације и примене у потпуно дигиталним RF предајницима. Размотрена је теорија обликовања квантизационог шума као основног принципа рада сигма-делта модулатора. Дати су квалитативни опис и квантитативни показатељи перформанси сигма делта модулатора у зависности од реда модулатора, односа надодабирања и преносне функције за обликовање шума. На крају поглавља дато је поређење односа сигнал-шум сигма-делта модулатора са једнобитним и вишебитним квантизаторима.

У трећем поглављу су теоријски представљени паралелни сигма-делта модулатори, као потенцијално решење проблема веома високе радне учестаности класичних модулатора. Разматрана је теоријска основа временски унакрсних сигма-делта модулатора, њихове предности и недостаци. Разматрана су и кола за квадратурну реконструкцију сигнала, која распоређују одбирке из квадратурног модулатора у јединствени једнобитни сигнал четвороструке учестаности. Изведене амплитудске и фазне карактеристике показују да се разматрано коло за реконструкцију сигнала може користити за реконструкцију квадратурног сигнала.

У четвртном поглављу је разматрана апроксимативна метода сигма-делта модулације која значајно смањује потребне хардверске ресурсе и радну учестаност. Метода се заснива на двостепеној сигма-делта модулацији, где се у првом кораку користи сигма-делта модулатор са вишебитним квантизатором, а у другом кораку се вишебитни излаз претвара у једнобитни у отвореној спрези, коришћењем претходно израчунатих табела. Показано је да се оваквом

аритектуром, уз коришћење кола за реконструкцију сигнала описаног у трећем поглављу, може генерисати RF сигнал уз минималну деградацију перформанси колима која раде на вишеструко мањој радној учестаности.

У закључку је дат кратак осврт на резултате мастер рада.

3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Александра Вуковића се бави применом сигма-делта модулятора у потпуно дигиталним RF предајницима. У оквиру мастер рада приказан је преглед теорије сигма-делта модулятора у контексту генерисања комплексног сигнала у основном опсегу учестаности уобличавањем квантизационог шума. Показано је да се квадратурни сигнал може распоредити колом за реконструкцију и директно генерисати RF сигнал.

Потпуно дигитални RF предајници су веома актуелна област пошто перформансе предајника не зависе од неидеалности аналогних кола, и не захтевају додатне опције процеса осим оних које се иначе користе за израду дигиталних кола. Поред тога, потрошња и максимална радна учестаност потпуно дигиталних предајника се побољшавају прелажењем у напреднији CMOS процес.

Велики недостатак потпуно дигиталних RF предајника реализованих класичним сигма-делта модулятора са једнобитним квантизатором се огледа у веома великој радној учестаности, која је четири пута већа од централне учестаности RF сигнала. Велика радна учестаност сигма-делта модулятора резултује великом потрошњом и ограничава област примена.

У оквиру мастер рада разматране су паралелне и апроксимативне методе које превазилазе наведена ограничења. Основна идеја паралелних сигма-делта конвертора је да се генерисање сигнала подели на више модулятора који раде у паралели који раде на нижој радној учестаности. Разматран је временски унакрсни сигма-делта модуlator као један од представника паралелних модулятора. Пошто сложеност преносних функција временски унакрсних сигма-делта модулятора са великим степеном паралелизма превазилази добитке у погледу смањења радне учестаности појединачних модулятора, није се ишло у даљу реализацију.

Апроксимативне методе генеришу сигнал у два корака. У првом кораку се улазни сигнал доводи на сигма-делта модуlator са вишебитним квантизатором. Предности сигма-делта модулятора са вишебитним квантизатором се огледају у побољшаној линеарности модулятора. Поред тога, исти однос сигнал-шум се може постићи са нижим фактором надодабирања, чиме се смањује радна учестаност модулятора. Вишебитни сигнал се затим претвара у једнобитни излазни сигнал у отвореној спрези, коришћењем унапред израчунатих табела. Једнобитни излазни сигнали реалног и имагинарног дела квадратурног сигнала се затим распоређују колом за реконструкцију, чиме се добија сигнал у RF опсегу учестаности.

Основни доприноси рада су: 1) анализа примене сигма-делта модулятора у потпуно дигиталним RF предајницима; 2) анализа паралелних сигма-делта модулятора; 3) анализа кола за реконструкцију комплексног сигнала; 4) примена апроксимативних сигма-делта модулятора за генерисање RF сигнала.

4. Закључак и предлог

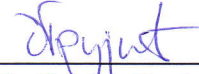
Кандидат Александар Вуковић је у свом мастер раду успешно приказао примену сигма-делта модулятора у потпуно дигиталним RF предајницима.

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

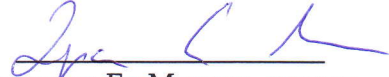
На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Александра Вуковића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 30. 08. 2021. године

Чланови комисије:



Др Душан Грујић, доцент.



Др Драгомир Ел Мезени, доцент.