

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 07.09.2021. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Коље Бугарског под насловом „Реализација квантног рачунара коришћењем квантних тачака”. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Коља Бугарски је рођен 01.01.1998. године у Београду. Четрнаесту београдску гимназију завршио је као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2016. године, на одсеку за Физичку електронику. Дипломирао је у августу 2020. године са просечном оценом на испитима 8,57 и оценом 10 на дипломском раду. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду је уписао први пут октобра 2020. на модулу за Наноелектронику и фотонику. Положио је све испите са просечном оценом 10.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Коља Бугарски (3171/2020) је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област квантних рачунара, којој припада пријављена тема мастер рада под називом „Реализација квантног рачунара коришћењем квантних тачака”. Детаљно су анализирани релевантни физичке имплементације квантних рачунара помоћу спина електрона у квантним тачкама. У склопу истраживачког рада изучен је изванредан број научних радова и књига, међу којима се издвајају референце из општег познавања квантне информатике и квантног рачунања, као и најраније радови везани за примену квантних тачака у квантном хардверу:

- [1] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, “Quantum Computation and Quantum Information”, 10th Anniversary Edition, Cambridge University Press, 2010.
- [2] DiVincenzo, D. P: The physical implementation of quantum computation, Fortschritte der Physik: Progress of Physics, Vol. 48 (9-11), pp. 771-783, 2000.
- [3] Engel, H. A., Kouwenhoven, L. P., Loss, D., and Marcus, C. M: Controlling spin qubits in quantum dots, Quantum Information Processing, Vol. 3(1), pp. 115-132, 2004.
- [4] Hanson, R., Kouwenhoven, L. P., Petta, J. R., Tarucha, S., and Vandersypen, L. M: Spins in few-electron quantum dots, Reviews of modern physics, Vol. 79(4), 1217, 2007.

Прва референца се односи на општу теорију везану за квантну информатику и квантно рачунање и могуће физичке реализације квантног рачунара [1]. Иако се квантне тачке не помињу као једна од могућих физичких реализација, књига је изузетно важна за разумевање основа квантног рачунања. За реализацију квантног рачунара, без обзира на коришћени принцип, неопходно је испунити одређене предуслове. Скуп неопходних предуслова код квантног рачунања је нешто већи у односу на класично и представља скуп елиминаторних критеријума за конкретну физичку реализацију. Свеобухватан преглед ових критеријума поставио је ДиВинћенцо [2]. Први практично изводљиви примери реализације квантног хардвера помоћу квантних тачака, као и релевантни модели за симулацију физике, приказани су у референцама [3] и [4].

На основу прегледа опште литературе уочено је да спин електрона у квантним тачкама може има предност у односу на друге реализације кубита. Један од разлога је постојање релативно једноставних техника за масовну производњу. Велики проблем при физичкој имплементацији квантних рачунара јесте релативно кратко време декохеренције. Неопходно је да ово време буде неколико пута дуже од времена које је потребно да се изврши одређена квантна операција над кубитом, како не би дошло до губитка информације. Код реалних квантних алгоритама неопходно је да се изврши више квантних операција у низу, па је потребно да време декохеренције буде значајно дуже у односу на време извршења алгорита. Овде се као систем са супериорним особинама везаним за очување кохеренције у односу на друге хардверске реализације јавља спин електрона у квантним тачкама, што га ставља у фокус новијих истраживања.

Поред очигледних предности, ова реализација има и извесне недостатке [4]. Због тога је неопходна детаљнија анализа и унапређење оваквих система како би се искористио њихов пун потенцијал, што је и циљ мастер рада.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 36 страна са укупно 18 слика и 15 референци. Рад садржи увод, 3 поглавља и закључак (укупно 5 поглавља) и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Изоложене су предности квантних рачунара у односу на класичне рачунаре.

Друго поглавље представља увод у област квантне информатике, односно основе квантне механике које су неопходне како би се разумео принцип рада квантних рачунара. Потом ће бити показано да је спин електрона погодан кандидат за кубит, што ће бити увертира за дефинисање основних појмова у квантном рачунарству.

У трећем поглављу су описане квантне тачке. Дат је начин производње појединих врста квантних тачака. Говориће се о енергетским стањима електрона у тачкама и њиховим електронским особинама које нам омогућавају да их искористимо за физичку имплементацију квантних рачунара.

У четвртном поглављу су наведени критеријуми које је неопходно да испуни физички систем како би могао да се искористи за реализацију квантног рачунара и анализа истих како би се утврдило да ли квантне тачке испуњавају постављене критеријуме.

Пето поглавље је закључак у оквиру кога су изнети постојећи проблеми са којима се суочава оваква имплементација квантног рачунара и дати предлози за потенцијална решења и даља унапређења разматраног квантног хардвера.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Коље Бугарског се бави проблематиком физичке реализације квантних рачунара. Квантни рачунари омогућавају решавање проблема које је немогуће решити у реалном времену чак и на савременим класичним супер-рачунарима. Једна од могућих хардверских реализација квантних рачунара заснива се на квантним тачкама. У раду су размотрена актуална решења за физичку имплементацију квантних тачака у квантном рачунару. Дат је преглед теорије кубита који представља основну јединицу квантне информације и дат преглед основних квантних капија. Укратко су описане методе фабрикации квантних тачака које се могу користити за квантни хардвер и теоријски анализирана стања разматраних квантних система. Дефинисане су вредности напона које су потребне за транспорт електрона кроз разматрани систем. Затим су изложени критеријуми које одређени систем који се користи за физичку имплементацију квантног рачунара треба да

задовољи. Показано је да предложени систем латерално спрегнутих квантних тачака испуњава елементарне предуслове за реализацију квантног хардвера.

Основни доприноси рада су: 1) свеобухватан приказ релевантне теорије потребне за разумевање квантних рачунара; 2) анализа различитих система заснованих на квантним тачкама и анализа испуњености услова примену ових система за хардвер квантног рачунара 3) дате су предлози за унапређење квантних система заснованих на квантним тачкама како би се отклонили актуелни недостаци и омогућила њихова имплементација у квантном рачунару, што утире пут за наставак истраживања.

5. Закључак и предлог

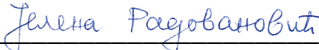
Кандидат Коља Бугарски је у свом мастер раду успешно проучио основе квантних рачунара, изнео преглед особина квантних тачака које могу да се искористе при реализацији квантног рачунара. Дао је преглед критеријума и детаљном анализом показао да су ти критеријуми испуњени за одређене системе засноване на квантним тачкама. Такође, кандидат је дао релевантне предлоге за унапређење разматраних система који могу довести до брже апликације ових система у квантном рачунару.

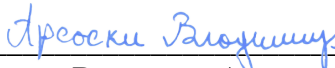
Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме раду као и иновативне елементе у решавању разматране проблематике.

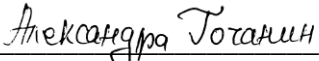
На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Коље Бугарског прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 17.09.2021. године

Чланови комисије:


др Јелена Радовановић,
редовни професор


др Владимир Арсоки,
ванредни професор


др Александра Гочанин,
доцент