



Universitatea Tehnică a Moldovei

SIMULAREA ALGORITMILOR CUANTICI PE ARHITECTURI CLASICE

Student:

Ignatov Maxim

Conducător:

Lector univ. Cărbune Viorel

Chișinău 2020

Adnotare

Lucrarea dată a fost realizată de studentul grupei CRI-191M Ignatov Maxim. Titlul lucrării este ”Simularea algoritmilor cuantici pe arhitecturi clasice”.

Lucrarea constă din: introducere, 3 capitole , concluzie, bibliografie (40 de titluri), 50 de foi text , 24 figuri , 22 formule , 10 cuvinte-cheie.

Cuvintele cheie: qubit, cunic, algoritm, Grover, schema, poarta , poziția, qiskit, implementare, superpoziție.

Scopul și obiectivele lucrării:

- Lucrarea are ca scop implementarea și simularea unui algoritm cuantic pe un calculator standard și compararea rezultatelor obținute cu cele după simulare pe un calculator cuantic.
- Obiectivul principal al lucrării date reprezintă dezvoltarea și simularea algoritmului cuantic grover pe baza arhitecturilor clasice de calcul.

Metodologia de cercetare: în cadrul lucrării a fost folosită metodologia ipotetico-deductivă de cercetare. Utilizarea reiese din natura procesului studiat și posibilitatea verificării experimentale a ipotezelor formulate.

Inovație și originalitatea științifică: ca element original și nou poate fi considerat faptul că în urma realizării proiectului dat poate fi realizată comparația între algoritmul cuantic care se rulează pe arhitectura clasică și cel care este rulat pe arhitectura cuantică.

Contribuția personală: în calitate de contribuție personală poate fi considerată proiectarea și implementarea algoritmului Grover pe baza limbajului de programare Python.

Concluzii și recomandări: în concluzie este bine de menționat faptul că simularea algoritmilor cuantici pe arhitecturile clasice sunt limitate la caracteristicile calculatorului. Arhitecturile clasice oferă un rezultat mai exact, însă viteza de calcul este cu mult mai lentă în comparație cu arhitecturile cuantice, care au o viteză de calcul mai rapidă, însă erorile și zgomotul qbiților nu pot oferi un răspuns atât de exact.

Annotation

This paper was made by the student of the CRI-191M group Ignatov Maxim. The title of the paper is "Simulation of quantum algorithms on classical architectures".

The paper consists of: introduction, 3 chapters, conclusion, bibliography (40 titles), 50 text sheets, 24 figures, 22 formulas, 10 keywords.

Keywords: qubit, quantum, algorithm, grover, scheme, gate, position, qiskit, implementation, overlay.

Purpose and objectives of the paper:

- The paper aims to implement and simulate a quantum algorithm on a standard computer and compare the results obtained with those after simulation on a quantum computer.
- The main objective of this paper is the development and simulation of the grover quantum algorithm based on classical computing architectures.

Research methodology: the hypothetical-deductive research methodology was used in the paper. The use is based on the nature of the studied process and the possibility of experimental verification of the formulated hypotheses.

Innovation and scientific originality: as an original and new element can be constituted the fact that following the realization of the given project can be made the comparison between the quantum algorithm that ran on classical architecture and the one that runs on quantum architecture.

Personal contribution: the design and implementation of the Grover algorithm based on the Python programming language is considered a personal contribution.

Conclusions and recommendations: in conclusion it is worth mentioning that the simulation of quantum algorithms on classical architectures are limited to computer features. Classical architectures offer a more accurate result, but the computational speed is much slower compared to quantum architectures that have a faster computational speed, but qbit errors and noise cannot provide such an accurate answer.

Cuprins:

Introducere.....	8
1. Descrierea Situației în domeniu	
1.1Evoluția calculului.....	9
1.2Calcul mathematic.....	10
1.3Calcul logic.....	13
1.4Calcul fizic.....	15
1.5Calcul analogic.....	16
1.6Arhitecturi calcul.....	17
2. Descrierea softului utilizat	
2.1Quantum ++.....	22
2.2Qiskit.....	24
2.3Anaconda.....	29
2.4Python.....	32
3. Implimentarea algoritmului Grover	
3.1Descrierea Grover.....	37
3.2Căutarea qbiși.....	42
3.3Implimentarea Qiskit.....	46
4. Concluzii.....	53

INTRODUCERE

Informatica și calculul cuantic reprezintă studiul proceselor informatice care pot fi realizate folosind sisteme ce se supun legilor mecanicii cuantice, așa cum sunt ele formulate în prezent. Totuși, extinderea tehnicilor de procesare cuantică la scară largă a informației rămân în continuare o provocare atât pentru oamenii de știință cât și pentru ingineri. Metodele clasice de implementare a sistemelor de calcul încep să se lovească de barierele impuse de miniaturizarea din ce în ce mai mare a componentelor electronice, care se apropie de dimensiunile cuantice.

Una din soluțiile propuse pentru rezolvarea acestor dificultăți este aceea de a schimba paradigma de calcul. O astfel de nouă paradigmă este oferită de teoria informaticii cuantice care se bazează pe folosirea principiilor ne-intuitive ale mecanicii cuantice pentru efectuarea calculelor, în locul folosirii sistemelor fizice clasice. S-a demonstrat că în timp ce orice calculator clasic actual poate fi folosit pentru simularea unui calculator cuantic, această simulare nu se poate face eficient (adică prin mărirea costurilor de timp cu o valoare dependentă de intrare în mod cel mult polinomial) . Astfel, calculatoarele cuantice oferă un avantaj semnificativ în viteza de prelucrare. Acest avantaj este așa de mare încât unii specialiști sunt de părere că indiferent de viitoarea dezvoltare a calculatoarelor clasice, ele nu vor putea niciodată să egaleze calculatoarele cuantice.

Bibliografie:

1. В. С. Бурцев. Московская научная школа академика С.А.Лебедева в развитии вычислительной техники. [citat 09.09.2020], Disponibil: <https://bigenc.ru/mathematics/text/2379605>
2. Г. И. Марчук. Методы вычислительной математики
3. В. В. Воеводин. Математические основы параллельных вычислений. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 345 с.
4. Н. С. Бахвалов. Численные методы. 3-е изд. — М, 2003.
5. БСЭ. Логическая операция (в программировании) // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.
6. С. Кунин. Вычислительная физика
7. Thijssen, Jos (2007). Computational Physics. Cambridge University Press. ISBN 978-0521833462.
8. A.K. Dewdney. "On the Spaghetti Computer and Other Analog Gadgets for Problem Solving", Scientific American, 250(6):19–26, June 1984. Reprinted in The Armchair Universe, by A.K. Dewdney, published by W.H. Freeman & Company (1988), ISBN 0-7167-1939-8.
9. А.В. Павлов АРХИТЕКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
10. Deployment Patterns (Microsoft Enterprise Architecture, Patterns, and Practices)
11. Domain-Driven Design, the Book pp. 68-74.
12. "IBM Makes Quantum Computing Available on IBM Cloud to Accelerate Innovation". 2016-05-04
13. Qiskit - Write once, target multiple architectures". IBM Research Blog.
14. "Qiskit Terra". Qiskit.
15. [citat 12.11.2020]. Disponibil: "[Qiskit Aqua website](#)".
16. [citat 20.11.2020], Disponibil: <https://github.com/Qiskit/qiskit-ignis/>
17. S.Collison, (2017-06-28). "Continuum Analytics Officially Becomes Anaconda". Anaconda Inc. corporate website. [citat 15.11.2020] Disponibil: <https://docs.anaconda.com/anaconda/navigator/#what-applications-can-i-access-using-navigator>
18. [citat 15.11.2020], Disponibil: <https://www.anaconda.com/products/individual>
19. "Project Jupyter". [citat 18.11.2020], Disponibil: www.jupyter.org
20. "Python Release Python 3.9.0" [citat 18.11.2020], Disponibil: www.Python.org
21. Kuchling, M. Andrew (22 December 2006). "Interview with Guido van Rossum (July 1998)". amk.ca.
22. [citat 20.11.2020], Disponibil: <https://nuancesprog.ru/p/7392/>
23. [citat 22.11.2020], Disponibil: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/grover.html>

24. L.K. Grover: QUANTUM COMPUTING: How the weird logic of the subatomic world could make it possible for machines to calculate millions of times faster than they do today *The Sciences*, July/August 1999, pp. 24–30.
25. M.A Nielsen., and I.L. Chuang, *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press, 2000. Chapter 6.
26. C. Gidney (2013-03-05). "Grover's Quantum Search Algorithm".
27. M. G. Jay; A. Cross (March 27, 2018). "Looking back on a year of Qiskit". Medium.
28. "Qiskit - Write once, target multiple architectures". IBM Research Blog.
29. "An Open High-Performance Simulator for Quantum Circuits". IBM. IBM Research Editorial Staff.
30. The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019). Grumbling, Emily; Horowitz, Mark (eds.). *Quantum Computing : Progress and Prospects* (2018). Washington, DC: National Academies Press. p. I-5. doi:10.17226/25196. ISBN 978-0-309-47969-1. OCLC 1081001288
31. A. Andris (Spring 2014). "What Can We Do with a Quantum Computer?". Institute for Advanced Study.
32. qiskit-openqasm: OpenQASM specification, International Business Machines, 2017-07-04
33. [citat 25.11.2020], Disponibil: <https://medium.com/qiskit/qiskit-aqua-a-library-of-quantum-algorithms-and-applications-33ecf3b36008>
34. H. T. Johnson,; R.C. Stephen; J. Dieter (2014). "What is a quantum simulator?". *EPJ Quantum Technology*. **1** (10). arXiv:1405.2831. doi:10.1140/epjqt10.
35. W. B. Joseph.; C.S. Brian; C.K. Adam; C.Wang, -C. Joseph; K.F. James; U. Hermann; J.B. Michael; J.B. John (2012). "Engineered two-dimensional Ising interactions in a trapped-ion quantum simulator with hundreds of spins" (PDF). *Nature*. **484** (7395): 489 –92. arXiv: 1204.5789. Bibcode: 2012 Natur. 484. .489 B. doi:10.1038/nature10981.
36. P. Selinger (2004), A brief survey of quantum programming languages, in: Y. Kameyama, P.J. Stuckey (eds) *Functional and Logic Programming. FLOPS 2004*. Lecture Notes in Computer Science, vol 2998. Springer, Berlin, Heidelberg.
37. P. L. Benjamin, J. D. Whitfield, G. G. Gillet, M. E. Goggin, M. P. Almeida, I. Kassal, J. D. Biamonte, M. Mohseni, B. J. Powell, M. Barbieri, A. Aspuru-Guzik, A. G. White, Towards quantum chemistry on a quantum computer, *Nature Chemistry* **2**, pages 106-111 (2010), doi:10.1038/nchem.483.
38. J. Biamonte, P. Wittek, N. Pancotti, P. Rebentrost, N. Wiebe, S. Lloyd, Quantum machine learning, *Nature* volume **549**, pages 195-202
39. I. M. Georgescu, S. Ashhab, F. Nori, Quantum simulation, *Rev. Mod. Phys.* **86**, 154 (2014), DOI: 10.1103/RevModPhys.86.153.

