Научная статья
Original article
УДК 000.00.0

К ВОПРОСУ О КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРАХ ИХ РАЗВИТИИ И СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ

ON THE QUESTION OF QUANTUM COMPUTERS THEIR DEVELOPMENT AND CURRENT STATE

Колесников Павел Олегович, Студент 4 курса, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова (655017 Россия, г. Абакан, ул. проспект Ленина д.92/1), тел. 89235854405, pasha.colesnikow@yandex.ru
Голубничий Артем Александрович, Старший преподаватель кафедры ПОВТиАС ХГУ им Н. Ф. Катанова (655017 Россия, г. Абакан, ул. проспект Ленина д.92/1)

Pavel O. Kolesnikov, 4th year student, N.F. Katanov Khakass State University (92/1 Lenin Avenue, Abakan, 655017 Russia), tel. 89235854405, pasha.colesnikow@yandex.ru
Artem A. Golubnichy, Senior Lecturer of the Department of POVTiAS of N. F. Katanov KSU (92/1 Lenin Avenue, Abakan, 655017 Russia)

Аннотация. Статья рассказывает о современном направлении в области квантовых компьютеров, их ключевых особенностях и недостатках. Рассматриваются основные алгоритмы для вычислений, приводится сравнение обычного компьютера и квантового. А также представлен список уже известных квантовых процессоров и их характеристики.

Abstract. The article tells about the current trend in the field of quantum computers, their key features and disadvantages. The basic algorithms for computing are considered, a comparison of a conventional computer and a quantum one is given. A list of already known quantum processors and their characteristics is also presented.

Ключевые слова: квантовый компьютер, вычисления, алгоритм, кубиты, компьютер.

Keywords: quantum computer, calculations, algorithm, qubits, computer.

Квантовый компьютер – это вычислительное устройство, которое использует явления квантовой механики для передачи и обработки данных. Главное отличие от классических компьютеров, заключается в том, что для решения алгоритмических задач они используют квантовые биты, или как их называют кубиты. При решении задач на привычном компьютере, информация хранится в двоичном коде, поэтому ПК проводит множество последовательных операций с битами. У кубитов есть возможность существовать в нескольких состояниях одновременно, поэтому вычисления делают моментально, а не перебирают последовательно все комбинации. В итоге задачу, которую стандартный компьютер выполняет около недели, квантовый компьютер может выполнить за секунду. Пример отличия бита от кубита представлен на рисунке 1.

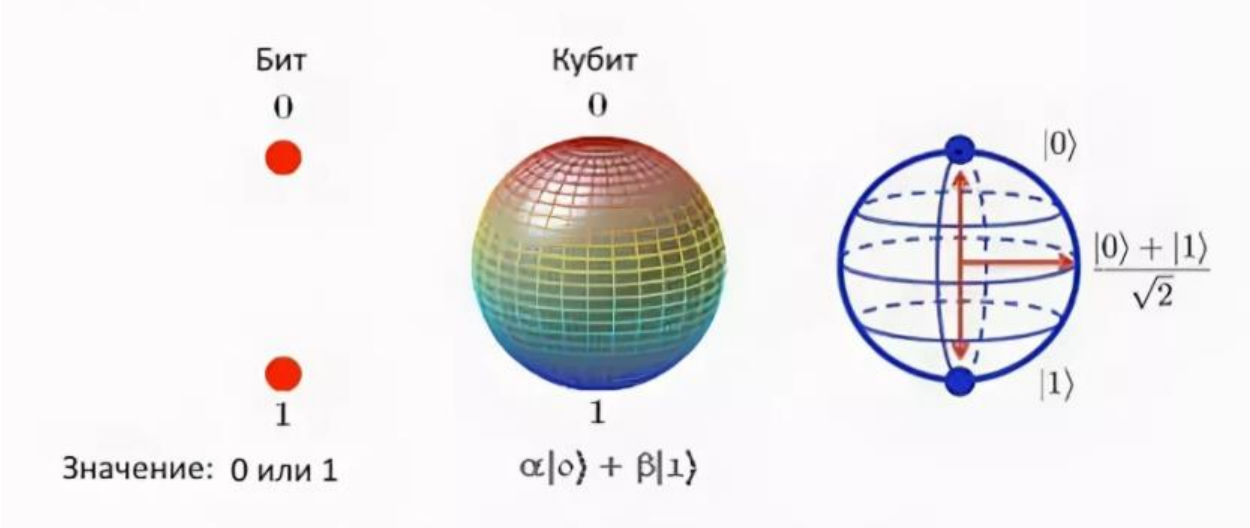

Рисунок 1 – Биты и кубиты [1]

Такие компьютеры используют для вычислений особые свойства, такие как запутанность и суперпозиция. Квантовые частицы в суперпозиции представляются комбинацией всевозможных состояний, до момента, пока не произошло их измерение и наблюдение. Образуя единую систему, запутанные кубиты влияют друг на друга. Чтобы измерить состояние всех кубитов достаточно измерить состояние одного. Когда увеличивается число запутанных кубитов, способность квантовых компьютеров для обработки информации растет экспоненциально.

При этом, квантовые компьютеры не могут работать со стандартными операционными системами по типу Windows, им необходима своя операционная система и программы. Некоторые крупные компании уже предлагают организациям функцию квантовых вычислений в облаке, как правило такие вычисления предоставляют возможность прямого доступа к эмуляторам, симуляторам и квантовым процессорам. Также у поставщиков имеются личные платформы для разработки, документация для языков программирования и инструменты для вычислений. Одна из крупных компаний IBM опережает многих в данной гонке, и уже смогла представить программную платформу для квантовых вычислений с открытым исходным кодом под названием Qiskit, а компанией Microsoft был выпущен инструмент для программирования вычислительной техники на языке Q# и симулятор квантовых вычислений. При этом многие компании занимаются разработкой программного обеспечения для квантовых компьютеров, такие как: 1QBit, Cambridge Quantum Computing, QSimulate, Rahko и другие [2].

Обычные алгоритмы, которые основаны на бинарной логике, неприменимы к квантовому компьютеру, использующему квантовые вентили. Для него были созданы новые алгоритмы, из них широко известные:

– Алгоритм Шора – используется для решения задач методом разложения чисел на простые множители;

– Алгоритм Гровера – используется для решения задач методом перебора, то есть нахождения решения уравнения $F(x) = 1$;

– Алгоритм Дойча – Йожи – основывается на явлении квантовой запутанности и принципе суперпозиции.

Принцип работы всем привычного компьютера – это цифровой, жестко детерминированный принцип, который основывается на том, что если компьютеру задали начальное состояние, а потом пропустили через него какой-то определенный алгоритм, то в результате получается постоянная переменная, через любое количество запусков. Квантовый компьютер построен на аналоговом, вероятностном принципе и результат работы заданного алгоритма представляет собой выборку из вероятностного распределения конечной реализации алгоритма и плюс возможные ошибки [3].

Квантовые компьютеры не могут полностью заменить стандартные. Обычный компьютер справляется со множеством задач, но существуют и такие, которые квантовые машины способны решить за час, когда простым компьютерам необходимы миллиарды лет.

Задачи такого типа можно разделить на четыре группы:

– Задачи с квантовым преобразованием Фурье, например шифрование и криптография. Алгоритм Шора может позволить взломать bitcoin и RSA, потому что преобразование Фурье очень быстрое и найдя ему правильное применение оно может дать экспоненциальное ускорение;

– Задачи оптимизации. Для их решения подходит алгоритм Гровера, который позволяет решать эти задачи быстрее, чем обычным перебором, однако он не даст сильного ускорения как алгоритм Шора. В данную группу входят комбинаторные задачи, решаемые перебором всевозможных вариантов, например прохождение лабиринта. Чаще всего такие типы задач появляются в сфере логистики, оптимизации и экономики;

– Квантовое машинное обучение. Для получения результата чаще всего используют алгоритм HHL, который даст наибольшее ускорение. Представленный алгоритм может решать систему линейных уравнений на много быстрее стандартного алгоритма;

– Симуляция квантовой системы. Этот подход был предложен Ричардом Фейнманом. Это самое естественное применение квантовых компьютеров, данные задачи помогают создавать новые сверхпроводники, материалы и лекарства [4].

Из-за наличия проблем, не удаётся использовать квантовые компьютеры на максимум. Главными недостатками таких компьютеров являются:

– Накопление ошибок при множественных вычислениях;
– Сверхвысокая чувствительность к окружению;
– Тяжелая инициализация начального состояния кубитов;
– Сложность при создании многокубитной системы.

Любое квантовое состояние является крайне хрупким, ведь кубиты становятся нестабильными. Любое воздействие извне может привести к разрушению связей, к таким воздействиям относятся: изменение температуры на сотую долю градуса, либо проход мимо случайного фотона. Чтобы решить данную проблему, необходимо строить низкотемпературные камеры, в которых температура должна составлять -273,14 градуса Цельсия, с максимальной изоляцией от всевозможных воздействий внешней окружающей среды.

Из-за того, что квантовые вычисления относятся к вероятностным, то результат не может быть верным на 100%.

Не малую роль играет и архитектура процессора, виртуально операции происходят схемами из десятков запутанных кубитов, но на самом деле, процесс гораздо сложнее. Все процессоры построены определенным образом, в котором происходит запутывание одного кубита только со своими соседями (не больше шести). Из-за разной архитектуры, программы, которые написаны в эмуляторе, необходимо пересобирать под конкретную структуру и конкретный чип [5].

Обзор развития квантовых процессоров и их характеристики представлена в таблице ниже [6].

Таблица 1 – Список квантовых процессоров и их характеристики

Производитель	**Кодовое имя**	**Архитектура**	**Кубиты**	**Дата выхода**
Google	Bristlecone	Superconducting transmon	72 qb	5 марта 2018
Google	Sycamore	Superconducting transmon	53 qb	2019
Xanadu	X12	Photonics	12 qb	2020
Xanadu	X24	Photonics	24 qb	2020
IBM	IBM Q 53	Superconducting	53 qb	Октябрь 2019
IBM	IBM Eagle	Superconducting	127 qb	ноябрь 2021
Intel	17-Qubit Superconducting Test Chip		17 qb	10 октября 2017
Intel	Tangle Lake		49 qb	9 января 2018
USTC	Jiuzhang	Photonics	76 qb	2020
Rigetti	16Q Aspen-1	Superconducting	16 qb	30 ноября 2018
Rigetti	19Q Acorn	Superconducting transmon	19 qb	17 декабря 2017
QuTech at TU Delft	Spin-2	Semiconductor spin qubits	2 qb	2020
QuTech at TU Delft	Starmon-5	Superconducting	5 qb	2020
IonQ		Trapped ion	32 qb	
QPU основанные на квантовом отжиге				
D-Wave	D-Wave 2000Q	Superconducting	2048 qb	2017
D-Wave	D-Wave Advantage	Superconducting	5760 qb	2020

Квантовые компьютеры активно развиваются, с каждым годом компании-гиганты задумываются о создании для своего предприятия такого компьютера, это открывает для них новые пути продвижения в различных областях. Например, компания IBM Quantum активно принимает участие в разработке новых технологий:

– электромобили с использованием технологий квантовых батарей совместно с компанией Daimler;

– технологию по снижению выбросов углерода в атмосферу с помощью открытия экологичных материалов совместно с компанией ExxonMobil.

Также такие компьютеры могут решать задачу, требующую нахождения самого короткого маршрута между большим количеством городов, решив данную задачу можно более грамотно планировать маршруты и выстраивать навигацию по всему миру, это бы упростило перемещение грузов и людей [7].

Литература

1. Что такое кубиты в квантовых компьютерах? [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bolshoyvopros.ru/questions/2887426-chto-takoe-kubity-v-kvantovyh-kompjuterah.html
2. Квантовый компьютер: что это, как работает, возможности | РБК Тренды [Электронный ресурс]. – URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/611256109a79470c8b396fbf
3. Как работают квантовые компьютеры. Собираем паззл / Хабр [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/post/480480/
4. Квантовый компьютер - что это такое и каков принцип его работы? [Электронный ресурс]. – URL: https://mining-cryptocurrency.ru/quantum-computer/
5. Квантовый компьютер: принцип действия, проблемы, отличия от обычного [Электронный ресурс]. – URL: https://geekometr.ru/statji/kak-rabotaet-kvantovyy-kompyuter-i-kakie-problemy-sushchestvuyut.html
6. List of quantum processors - Wikipedia [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_quantum_processors
7. Как квантовые компьютеры изменят мир и к чему готовиться лично вам | Блог Касперского [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kaspersky.ru/blog/prepare-to-quantim-computers-reality/10014/

References

1. What are qubits in quantum computers? [Electronic resource]. – URL: http://www.bolshoyvopros.ru/questions/2887426-chto-takoe-kubity-v-kvantovyh-kompjuterah.html
2. Quantum computer: what it is, how it works, possibilities | RBC Trends [Electronic resource]. – URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/611256109a79470c8b396fbf
3. How quantum computers work. Assembling the puzzle / Sudo Null IT News [Electronic resource]. – URL: https://habr.com/ru/post/480480/

4. Quantum computer - what is it and what is the principle of its operation? [Electronic resource]. – URL: https://mining-cryptocurrency.ru/quantum-computer/
5. Quantum computer: principle of operation, problems, differences from the usual [Electronic resource]. – URL: https://geekometr.ru/statji/kak-rabotaet-kvantovyy-kompyuter-i-kakie-problemy-sushchestvuyut.html
6. List of quantum processors - Wikipedia [Electronic resource]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_quantum_processors
7. How quantum computers will change the world and what you personally should prepare for | Kaspersky Blog [Electronic resource]. – URL: https://www.kaspersky.ru/blog/prepare-to-quantim-computers-reality/10014/ (дата обращения 03.01.2022)

© Колесников П.О., Голубничий А.А., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.

Для цитирования: Колесников П.О., Голубничий А.А. К ВОПРОСУ О КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРАХ ИХ РАЗВИТИИ И СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.