

УДК 517.55

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Кулешова В.С., Максимова И.Е.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Идея создания квантового компьютера возникла в связи с необходимостью производить точные вычисления процессов квантовой природы, так называемых квантовых алгоритмов.

Квантовый компьютер – вычислительное устройство, которое использует явления квантовой суперпозиции и квантовой запутанности для передачи и обработки данных. Полноценный и универсальный квантовый компьютер сегодня существует только как гипотетическое устройство. На практике ученым удалось реализовать лишь единичные экспериментальные системы, исполняющие фиксированный алгоритм небольшой сложности.

Квантовые компьютеры подразделяются на два типа. К первому типу относят компьютеры, в основе которых лежит квантование магнитного потока на нарушениях сверхпроводимости – Джозефсоновские переходы. Ко второму типу – квантовые когерентные компьютеры, требующие поддержания когерентности волновых функций, используемых кубитов в течение всего времени вычислений – от начала и до конца (кубитом может служить любая квантомеханическая система с двумя выделенными энергетическими уровнями).

Работа классического компьютера основана на использовании двоичного кодирования в виде нулей и единиц – битов. Информация классического компьютера может принимать определённое значение, 1 или 0. В квантовом компьютере используются квантовые биты (кубиты) и работает принцип суперпозиции – объект может находиться сразу в нескольких состояниях и принимать сразу два значения. В качестве кубита могут выступать атомы, фотоны, ионы или электроны. Изменение состояния определенного бита в обычном компьютере не ведет к изменению других, а вот в квантовом компьютере изменение одной частицы ведет к изменению состояния других частиц.

Квантовый компьютер работает по следующей схеме. Сначала берётся система кубитов и записываются их начальные параметры. Затем выполняются унитарные преобразования с использованием логических операций, в результате чего изменяется состояние системы или подсистем. В конце записывается полученное значение, являющееся результатом работы компьютера. В роли проводов выступают кубиты, а в роли логических блоков – унитарные преобразования.

Для построения любого вычисления достаточно двух базовых операций. Система работы квантового компьютера дает небольшие погрешности, которые можно немного уменьшить за счёт увеличения количества задействованных в алгоритме операций.

Существует несколько методов для осуществления идеи создания квантового компьютера:

- 1) Компьютер на ядерно-магнитном резонансе (ЯМР). В качестве кубитов используются атомы с ядерными спинами, которые принадлежат молекулам органических жидкостей, косвенно взаимодействующими между ними. Для управления кубитами используется метод ядерного магнитного резонанса.

Преимущество такого устройства заключается в том, что действие большого количества независимых молекул жидкости обеспечивает возможность управления ими с помощью операций ядерного магнитного резонанса над макроскопическим объемом жидкости. Роль квантовых логических вентилях выполняют радиочастотные импульсы и осуществляют унитарные преобразования состояний соответствующих ядерных спинов для всех молекул. Обращение к самостоятельным кубитам заменяется одновременным обращением к нескольким кубитам во всех молекулах.

В области компьютера, основанного на ядерно-магнитном резонансе, достигнуты большие успехи, так как техника ЯМР-спектроскопии, обеспечивающая выполнение различных операций над суперпозициями хорошо развита, а также возможно использование этих устройств при комнатных температурах.

Основными недостатками для этого подхода являются:

- смешанный характер исходного состояния кубитов влечёт за собой применение определенных неунитарных операций для подготовки начального состояния;
- измеряемый на выходе сигнал экспоненциально убывает с ростом числа кубитов;
- число ядерных кубитов в отдельной молекуле не сможет превышать десяти;
- однокубитовые и двукубитовые квантовые операции являются относительно медленными.

ЯМР квантовые компьютеры рассматриваются как прототипы будущих квантовых компьютеров, с помощью которых можно будет отработать принципы квантовых вычислений и проверять квантовые алгоритмы.

2) Компьютер на ионных ловушках. В качестве кубитов используются уровни энергии ионов, захваченных ионными ловушками, создаваемыми в вакууме определенной конфигурацией электрического поля в условиях лазерного охлаждения их до микрокельвиновых температур.

Посредством возбуждения коллективного движения ионов происходит взаимодействие между заряженными ионами в одномерной цепочке этих ловушек, а посредством лазеров инфракрасного диапазона осуществляется индивидуальное управление этими ионами.

Преимущество этого подхода состоит в сравнительно простом индивидуальном управлении отдельными кубитами. Основными недостатками этого типа квантовых компьютеров являются необходимость создания очень низких температур, а также обеспечение устойчивости состояний ионов и ограничение возможного числа кубитов.

Для реализации квантового компьютера необходимо обеспечить выполнение требований:

- физическая система должна содержать большое число кубитов, чтобы осуществить квантовые операции;
- создание возможности процесса инициализации;
- квантовый процессор необходимо изолировать от воздействия окружающей среды;
- обеспечение измерения с высокой точностью.

Ошибки в квантовых компьютерах можно разделить на два типа: ошибки, которые совершают любые компьютеры в связи с ошибками двоичной системы из-за внешнего воздействия – например, радиации; ошибки, связанные с эффектами декогеренции квантовых состояний, которые взаимодействуя с окружающей средой, могут привести к разрушению суперпозиций квантовых состояний.

Учёные предполагают, что квантовый компьютер будет широко использоваться во всех сферах деятельности человека. Квантовый компьютер сможет выполнять задачи, которые обычные компьютеры реализовать не могут. Он сможет быстро оптимизировать информацию, а также работать с большим объёмом данных.

Литература

1. Квантовый компьютер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80
2. Пахомов, С. Квантовый компьютер / С. Пахомов [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://compress.ru/article.aspx?id=17653>.
3. Кайе, Ф. Введение в квантовые вычисления / Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» Институт компьютерных исследований, 2009. – 360 с.

4. Ожигов, Ю.И. Конструктивная физика / Ю.И. Ожигов. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 424 с.

Репозиторий БНТУ