

КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ (Quantum computers)

«Я думаю, на мировом рынке можно будет продать штук пять компьютеров».

*Директор компании IBM
Томас Уотсон (1943 г.)*

«Машины должны работать. Люди должны думать».
Девиз компании «IBM»



Музыкантам из басни Крылова далеко до слаженности квантового компьютера

Для того, чтобы представить, чем отличаются квантовые компьютеры от обычных, представим себе следующую ситуацию. Выходит на сцену оркестр, музыканты рассаживаются по местам, и начинает играть первая скрипка всю свою партию 2 часа. Далее следует виолончель, габой, кларнет, флейты, барабаны, духовые инструменты, дирижер свои 2 часа палочкой отмашет... все, на третьи сутки концерт окончен. Смешно и

нелепо? Но именно так, последовательным перебором, и решаются некоторые задачи на обычных компьютерах. Хотя при определенных условиях все могло бы быть совершенно по-другому, как в слаженном оркестре. Представим, что каждый музыкант может либо играть, либо не играть (его состояние обозначим соответственно цифрами 1 и 0 – это квантовый бит или кубит), причем состояние оркестра в каждый момент можно представить (если отвлечься от того, что они играют и как хорошо они играют по отдельности) набором чисел, например $\langle 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1... \rangle$ – квантовым регистром. Мало того, что такая система позволяет выполнять несколько действий одновременно (квантовый параллелизм), благодаря слитности действий появляется дополнительный эффект. Как в оркестре возникает гармония множества партий, так и в квантовых системах возникает связанное состояние, в результате чего можно говорить об общем состоянии системы, а не только о совокупности отдельных элементов.

А если всей этой системой, как мановением палочки дирижера, можно управлять, то такая вычислительная машина с легкостью решит самые сложные задачи. Что же позволит ей работать гораздо эффективнее классического компьютера? Если производительность обычного процессора пропорциональна количеству элементов (транзисторов), то в квантовом компьютере добавление каждого последующего элемента экспоненциально увеличивает его производительность. Считается, что квантовый компьютер, состоящий из 1000 кубитов, будет заведомо превосходить по производительности любые современные компьютеры (на настоящий момент производитель-

ности современного персонального компьютера хватает для моделирования системы, состоящей примерно из 50 кубитов). Использование квантовых компьютеров, работающих по специальным (квантовым) алгоритмам, позволит быстро решать задачи, с которыми классические алгоритмы не справляются даже за весьма значительное время. К числу таких задач относятся поиск в неупорядоченном массиве, разложение чисел на простые множители (используется в криптографии) и моделирование квантовых систем (сложных молекул).

Для создания квантовых компьютеров нужны следующие условия:

- достаточное для решения задачи число элементов – кубитов, как для каждой симфонии необходимо определенное, минимальное число музыкантов.

- элементы квантового компьютера должны быть связаны между собой, образуя единый ансамбль. Только если музыканты играют вместе, подстраиваясь под единый ритм и темп, можно добиться гармонии.

- возможность задать начальные условия (партитуры) и менять их в зависимости от задачи (функции дирижера).

- возможность получать информацию (уши слушателей) и проверять ее на правильность (аплодисменты или помидоры).

Пока все эти условия не реализованы в полной мере. В настоящий момент разработаны две принципиально различные конструкции квантового компьютера, в которых в качестве кубитов выступают либо ядерные, либо электронные спины. Примером квантового компьютера с электронными кубитами являются сложные Si/Ge *гетероструктуры*, в которых обработка информации осуществляется на электронах проводимости отдельных изолированных друг от друга слоев. Наиболее удачным экспериментом можно считать 7-кубитный ядерный квантовый

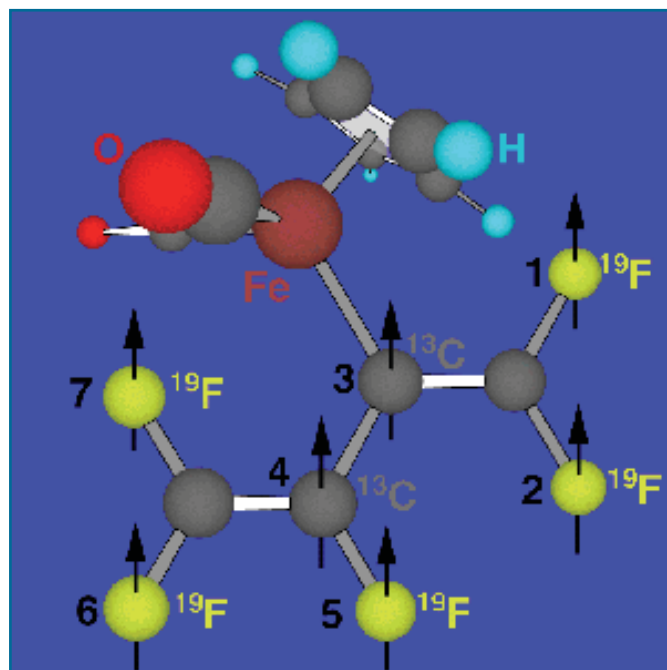


Рис. 1. Органическая «семикубитовая» молекула

компьютер, созданный группой ученых из ИВМ и Стенфордского университета, который недавно позволил разложить число 15 на множители 5 и 3. При этом кубитами являлись спины ядер атомов отдельной сложной органической молекулы $(^{19}\text{F})_2\text{-C}=\text{}^{13}\text{C}(^{19}\text{F})\text{-}^{13}\text{C}[\text{Fe}(\text{CO})_2(\text{C}_5\text{H}_5)]\text{-C}(^{19}\text{F})_2$ (рис. 1). Благодаря колоссальным вложениям в разработку квантового калькулятора (более 100 млн долларов США), ученым удалось добиться значительного сокращения числа операций (1 действие и 1 проверка вместо 4 действий и 4 проверок). Как показывают теоретические расчеты, при использовании большего количества кубитов станет возможным за минуты решать задачи, которые современными компьютерами должны решаться веками. Уже сейчас нет сомнений в том, что *нанотехнологии* смогут помочь в создании высокоэффективных квантовых компьютеров будущего на основе *квантовых точек* и *квантовых нитей*.

Литература:

1. Валиев К.А. Квантовая информатика: компьютеры, связь и криптография // Вестник РАН. 2000. Т. 70, №8. С. 688.
2. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. М.: МЦНМО, 1999.