

БУДУЩЕЕ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Сергей ХМЕЛЬ¹, Лилия РОТАРУ^{2*}

¹ Технический Университет Молдовы, ФВТИМ, ДИСИ, CR-193, г. Кишинев, Республика Молдова

² Технический Университет Молдовы, ФВТИМ, ДИСИ, лектор, г. Кишинев, Республика Молдова

*Автор-корреспондент: Ротару Лилия, lilia.rotaru@calc.utm.md

Резюме. В данной статье рассмотрена тема квантового компьютера. Цель статьи – ответить на вопрос, является ли квантовый компьютер будущим и заменит ли он классический компьютер. Для того, чтобы ответить на этот вопрос в статье рассматривается лимит классических компьютеров и то, как квантовый компьютер может его превзойти.

Ключевые слова: квантовый компьютер, кубит, информация, квантовые вычисления

Вступление

В конце 20 века квантовый компьютер можно было встретить лишь в научной фантастике, но сейчас все больше людей признают, что за этой технологией стоит будущее. Классические компьютеры приближаются к своему лимиту. Квантовый компьютер устроен иначе и использует квантовые феномены для проведения вычислений, что помогает ему достичь невиданной ранее скорости выполнения некоторых задач.

Посмотрев на развитие компьютеров за последние 30 лет, можно увидеть, как впечатляюще выросла производительность, что позволило запускать на телефонах приложения, которые еще недавно потребовали бы вычислительной мощности компьютера, который занимал всю комнату. Но если присмотреться ближе к устройствам, которые недавно выпущены, можно заметить, что разница в производительности с устройствами предыдущего поколения все менее значительна. Но чем же это обусловлено?

1. Лимит классических компьютеров

В 1965 году один из основателей Intel Гордон Мур в процессе подготовки выступления нашел закономерность: появление новых моделей микросхем наблюдалось спустя примерно год после предшественников. При этом количество транзисторов в них возрастало каждый раз приблизительно вдвое, как показано на рисунке 1.

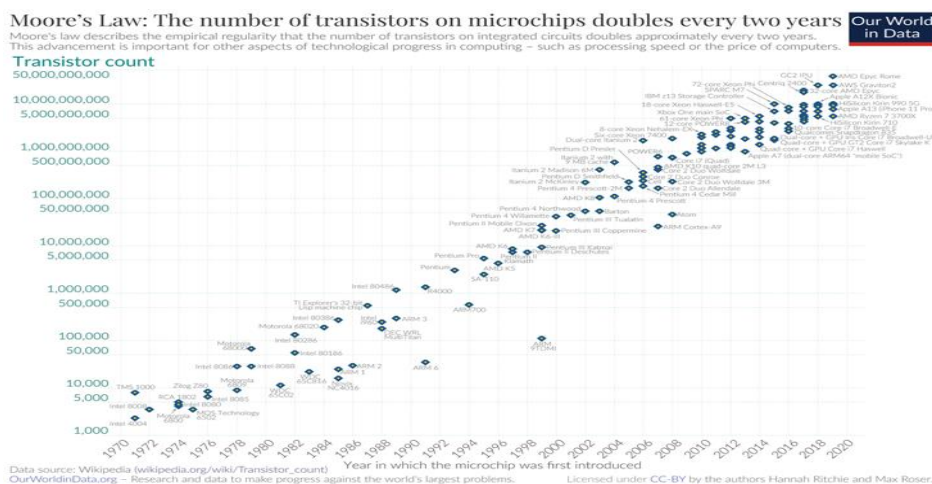


Рисунок 1. Рост количества транзисторов в соответствии с законом Мура

Это наблюдение получило название Закон Мура [1]. Несмотря на то, что никаким законом оно не является, эта тенденция продолжалась на протяжении многих лет. Но с приближением к физическому лимиту размера транзистора рост в значительной мере замедлился.

Транзисторы не являются “идеальными” переключателями. У них есть ток утечки, а также в них присутствует внутреннее сопротивление, из-за которого происходит рассеивание энергии и нагревание. Еще больше проблем возникает при попытке уменьшить размер транзистора или упаковать их более плотно. В современных компьютерах установлены процессоры, использующие 14 нанометровый техпроцесс, что позволяет поместить миллиарды транзисторов даже в самые компактные устройства. Чем меньше техпроцесс - тем более эффективным является процессор и тем меньше энергии он потребляет. Проблема заключается в том, что такой транзистор всего лишь в 70 раз шире атома кремния и в 50 раз меньше красной кровяной клетки (см. рисунок 2), поэтому сделать его еще меньше задача крайне нетривиальная.

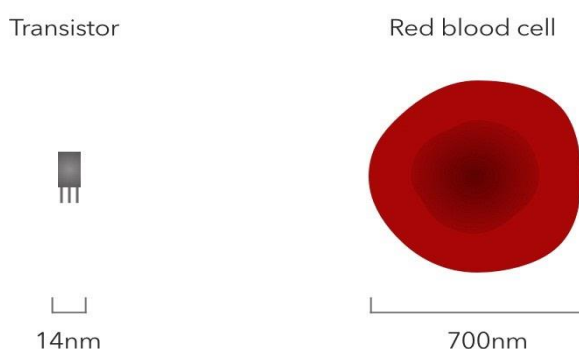


Рисунок 2. Сравнение размера транзистора и красной кровяной клетки

Другой проблемой является то, что с приближением размера транзистора к размеру атома все более значимыми становятся явления квантовой механики, что может привести к поведению, которое невозможно описать с помощью классической физики.

2. Кубит и Суперпозиция

Квантовый аналог бита это кубит, но в отличие от бита он не ограничен двумя состояниями 0 и 1 - он может находиться в промежуточном. Это явление называется суперпозицией как изображено на рисунке 3.

При измерении кубита находящегося в состоянии суперпозиции он случайно переходит в одно из двух состояний (0 и 1) с определенной вероятностью, которая определяется его суперпозицией. Если кубит находится в равной суперпозиции, то с 50% вероятностью он перейдет в состояние 0 и с такой же вероятностью в состояние 1 [2].

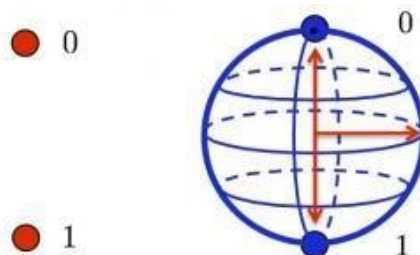


Рисунок 3. Классический Бит и Кубит

При попытке создания компьютера, использующего кубиты встает ряд преград. Одной из проблем является то, что их состояния сложно контролировать продолжительный период времени. Они крайне подвержены влиянию извне. Кубит выходит из состояния суперпозиции, когда его измеряют. Это называется “эффект наблюдателя”, который изображен на рисунке 4 [2].

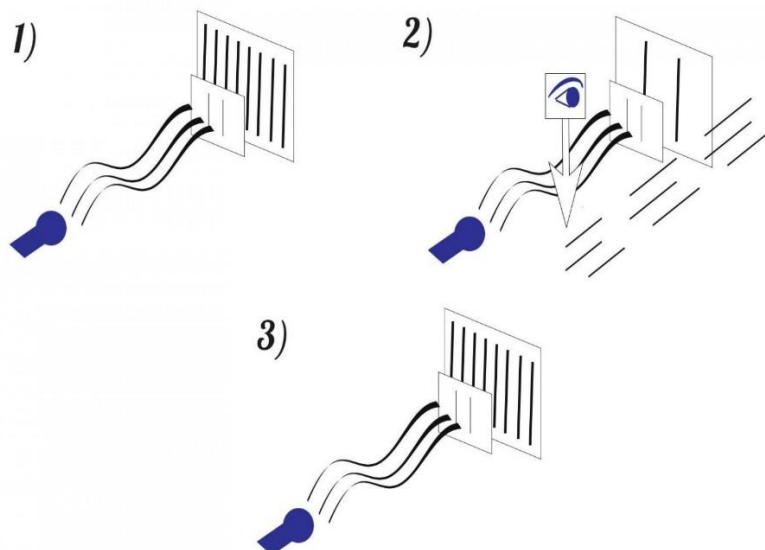


Рисунок 4. Двухщелевой опыт

Наблюдение невозможно без взаимодействия наблюдаемого объекта с окружающей средой. Чтобы наблюдатель мог получить параметры объекта, он должен получить информацию от этого взаимодействия. Квантовый объект при этом неизбежно изменяет свое состояние. Квантовая частица может обладать как свойствами волны, так и свойствами частицы. Но во время измерения остается только одно поведение, и то, какое именно зависит от наблюдения, которое было проведено. Из-за этого могут возникнуть проблемы в тот момент, когда необходимо узнать информацию, которую содержит кубит.

3. Квантовая запутанность

Благодаря свойству квантовой запутанности можно обойти “эффект наблюдателя”. Было доказано, что две частицы могут быть связаны друг с другом независимо от расстояния. Они связаны и повторяют состояние друг друга без задержки. Есть два запутанных кубита А и В, которые находятся в состоянии суперпозиции. Если Боб измерит кубит А и он равен 1 то даже не измеряя кубит В Боб знает, что он тоже равен 1. Этот феномен происходит моментально даже если кубиты А и В находятся на расстоянии в тысячи световых лет, что невозможно объяснить, используя законы классической физики.

4. Превосходство кубитов

Кубиты экспоненциально быстрее, чем обычные биты в некоторых вычислительных задачах, например таких как поиск в базе данных и факторизация, на которой основана криптография. Важно отметить, что кубиты могут держать в себе гораздо больше информации. Один бит может держать в себе столько же информации, сколько и кубит. Однако четыре бита нужны для того, чтобы хранить то же количество информации, что хранят в себе два кубита.

Заключение

Скорее всего классический и квантовый компьютера будут сосуществовать и выбор одного или другого будет зависеть от поставленной задачи. Уже сейчас есть ряд проблем, с которыми квантовый компьютер справляется гораздо лучше, и этот список определенно будет расти.

В 2019 году Google выпустил видео, которое называется “Демонстрация квантового превосходства” идея которого была доказать, что квантовый компьютер может выполнять определенные вычисления, которые даже у классического суперкомпьютера займут сотни лет [3].

Область квантовых вычислений крайне молода, и предстоит сделать еще немало открытий, прежде чем подобные устройства смогу найти повсеместное применение. Неизбежным является тот факт, что квантовые вычисления сыграют важнейшую роль в развитии человечества и навсегда изменят мир.

Благодарности. Благодарю Екатерину Погорелову и Владислава Мардарь за внесение правок.

Библиография:

1. <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/it-managers/moores-law-evolution.html> Cove: A
2. Practical Quantum Computer Programming Framework M Purkeypile, 2009
3. <https://www.youtube.com/watch?v=-ZNEzzDcllU>