

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ Q#

Матвеев В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Коренская И.Н.

Квантовые вычисления – результат взаимодействия достижений квантовой физики и информатики. Квантовые вычисления основываются на квантовых алгоритмах, которые могут быть реализованы на соответствующих компьютерах или смоделированы на других устройствах с применением специального программного обеспечения – эмуляторов.

Основной единицей данных в классических вычислениях является бит, соответствующий одному из двух состояний – «истина» или «ложь». В квантовых вычислениях основной единицей данных является квантовый бит, который называется кубитом. Он может находиться в комбинации двух состояний и описывается вероятностными характеристиками. Квантовые вычисления характеризуются фундаментальными понятиями квантовой физики – суперпозицией, запутанностью и измерением. [1]

В настоящее время существует несколько языков квантового программирования: QCL – близкий к языку C, QML – близкий к Haskell, Q# – близкий к C# и другие.

В 2017 году компания Microsoft представила язык квантового программирования Q#. Он поставляется в составе Quantum Development Kit вместе с симулятором и возможен для использования только как отдельное загружаемое расширение для Visual Studio. Язык имеет статическую, сильную типизацию. Он может создавать и использовать кубиты для алгоритмов: примерно, до 30. Возможно осуществление квантовой запутанности и создание квантовой суперпозиции между кубитами. Вместо обработки ошибок используются проверки. [2]

Квантовый вентиль – логический элемент, преобразующий входные состояния кубитов в выходные по определённому закону. Квантовые вентили, в отличие от многих классических, всегда являются обратимыми.

Рассмотрим пример квантовой суперпозиции на языке Q#.

Состояние кубита может находиться в квантовой суперпозиции 0 и 1. Для этого используется вентиль – преобразование Адамара:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Кубит находится в классическом состоянии, если измерение всегда возвращает ноль или единицу. Операция Адамара переводит кубит в состояние, когда измерение кубита возвратит в 50% случаев ноль и в 50% случаев единицу.

Код на языке Q# выглядит следующим образом:

```
H(qubit);  
let res = M(qubit);
```

Операция H производит вычисление преобразования Адамара, M – измерение кубита.

Приведем пример квантовой запутанности на языке Q#.

Чтобы запутать два кубита, необходимо установить первый кубит в начальное состояние. Далее применить преобразование Адамара для перевода его в суперпозицию. Перед измерением первого кубита следует использовать квантовый вентиль – управляемое He – CNOT. Результатом выполнения данной операции на двух кубитах является переворот второго кубита при равенстве первого кубита единице. В результате, первый кубит по-прежнему будет нулём в 50% случаев и в 50% случаев единицей. При измерении второго кубита происходит совпадение с результатами измерения первого кубита. Операция CNOT приводит к совпадению результатов первого и второго кубитов. При измерении второго кубита изначально, результат был бы тем же. Первое измерение даст случайное значение, а второе будет в шаге от того, что было обнаружено для первого.

Код на языке Q# выглядит следующим образом:

```
using (var qsim = new QuantumSimulator())  
{  
    Result[] initials = new Result[] { Result.Zero, Result.One };  
    foreach (Result initial in initials)  
    {  
        var res = TestBellState.Run(qsim, 1000, initial).Result;  
        var (numZeros, numOnes, agree) = res;  
        System.Console.WriteLine(  
            $"Init:{initial,-4} 0s={numZeros,-4} 1s={numOnes,-4}
```

```
        agree="{agree,-4}");
    }
}
System.Console.WriteLine("Press any key to continue...");
Console.ReadKey();
```

В 2019 году Microsoft открыл исходный код пакета Quantum Development Kit под лицензией MIT. Проект доступен на GitHub для приёма изменений и исправлений от сообщества [3].

Барьер квантового превосходства – число кубитов – 72, которое, примерно, соответствует точке, выше которой классические компьютеры не смогут моделировать работу квантовых компьютеров. Ожидается, что в ближайшее время компания Google объявит о достижении барьера квантового превосходства.

Вместе с этим достижением, должна наступить новая эпоха – эпоха квантовых компьютеров и квантовых вычислений.

Список использованных источников:

1. Бернхард, Крис. Квантовые вычисления для настоящих айтишников / К. Бернхард. – СПб. : Питер, 2020. – 240 с.
2. microsoft.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/quantum/quickstart?view=qsharp-preview&tabs=tabid-csharp>
3. tproger.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tproger.ru/news/quantum-devkit-open-source/>