

Квантовая информатика.

Выполнил:

Чечеткин И. А.

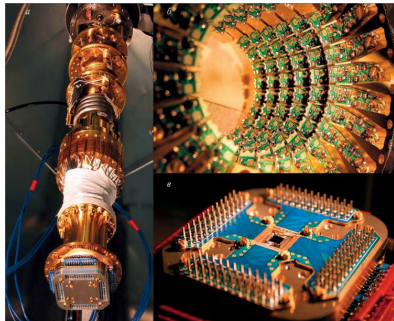
САПР-1.1п

Волгоград 2016

Оглавление:

- 1 Введение
- 2 Кубиты
- 3 Квантовые вентили
- 4 Квантовые вычисления
- 5 Компьютер D-Wave

Введение



Состояние кубита в общем виде задается волновой функцией вида:

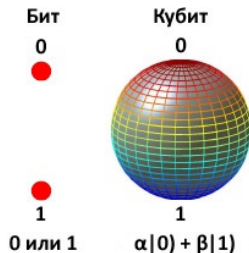
$$|\psi\rangle = \alpha |0\rangle + \beta |1\rangle,$$

где $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$.

Расписав комплексные коэффициенты α и β , получаем представление кубита на сфере Блоха:

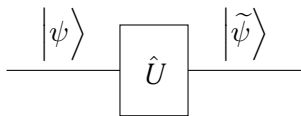
$$|\psi\rangle = \cos \frac{\vartheta}{2} |0\rangle + e^{i\varphi} \sin \frac{\vartheta}{2} |1\rangle.$$

При измерении кубит переходит в одно из состояний $|0\rangle$ или $|1\rangle$.



Квантовые логические элементы

Однокубитовые вентили



Квантовый процесс вычисления

Элементы на матрицах Паули: Остальные элементы:

- элемент $X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$;

- элемент $Y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$;

- элемент $Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$.

- элемент Адамара

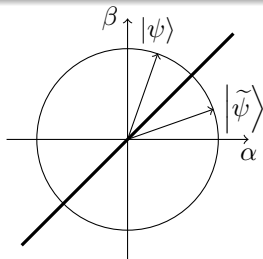
$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix};$$

- элемент сдвига фазы

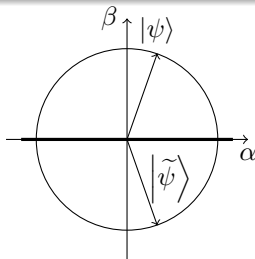
$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp(i\varphi) \end{pmatrix}.$$

Квантовые логические элементы

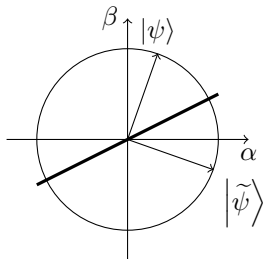
Однокубитовые вентили



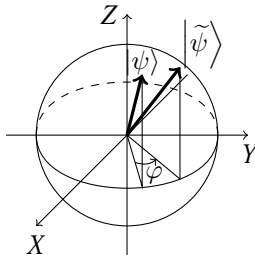
Действие элемента X



Действие элемента Z



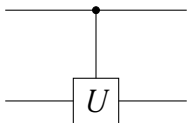
Действие элемента H



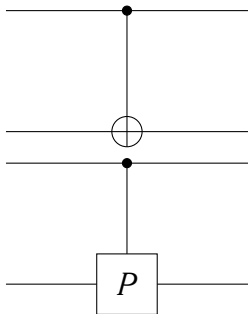
Действие элемента P

Квантовые логические элементы

Двукубитовые вентили



Управляемое преобразование



$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$CP = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{i\varphi} \end{pmatrix}.$$

Квантовые вычисления

В двух словах

Квантовый компьютер состоит из квантовых регистров.
Вектор вычислительного базиса регистра:

$$|x\rangle = |x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_1, x_0\rangle, \text{ где } x_i = \{0, 1\}.$$

Каждому вектору можно сопоставить двоичное число:

$$x = x_{n-1}2^{n-1} + x_{n-2}2^{n-2} + \dots + x_12 + x_0.$$

Произвольное состояние квантового регистра:

$$|\psi\rangle = \sum_{x=0}^{n-1} a_x |x\rangle, \text{ где } \sum_x |a_x|^2 = 1.$$

Таким образом, квантовый регистр может находиться в суперпозиционном состоянии: регистр из n кубитов может содержать 2^n чисел одновременно. Это позволяет выполнить вычисление сразу для всех чисел, записанных в регистр, за один прогон.

Квантовые алгоритмы

Алгоритм Гровера

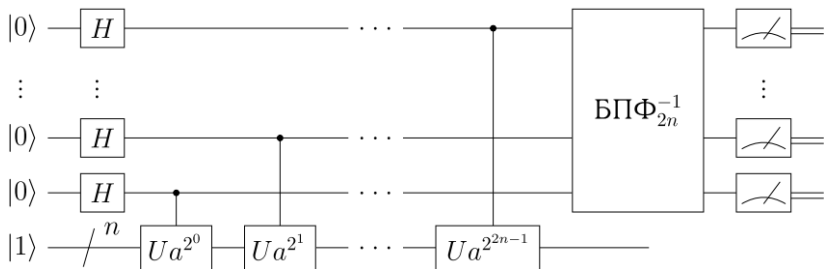
Алгоритм Гровера решает задачу перебора, то есть решения уравнения $f(x) = 1$, где f – логическая функция от n переменных. Классически данная задача требует прямого перебора всех $N = 2^n$ переменных, данный алгоритм находит корень уравнения за $\pi\sqrt{N}/4$ обращений к функции f с использованием $O(n)$ кубитов.



Квантовые алгоритмы

Алгоритм Шора

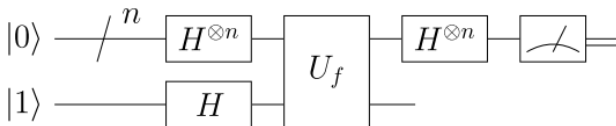
Алгоритм Шора – квантовый алгоритм разложения числа на простые множители, позволяющий разложить число M за время $O(\lg^3 M)$ с использованием $O(\lg M)$ кубитов. Значимость алгоритма заключается в том, что с его помощью становится возможным взлом криптографических систем с открытым ключом.



Квантовые алгоритмы

Алгоритм Дойча–Йожи

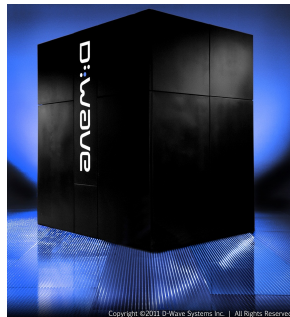
Задача Дойча–Йожи заключается в определении является ли функция двоичной переменной $f(n)$ постоянной (принимает либо значение 0, либо 1 при любых аргументах) или сбалансированной (для половины области определения принимает значение 0, для другой половины 1). При этом заранее считается известным, что функция либо является константой, либо сбалансирована.



Компьютер D-Wave

На сегодняшний день существуют ограниченные квантовые компьютеры.

Больших успехов добилась компания D-Wave, создавшая в 2012 образец квантового компьютера на основе процессора из 512 кубит – D-Wave One.



D-Wave One решает задачи методом квантового отжига, поэтому прирост скорости решения наблюдается для некоторых специфичных задач: задач моделирования динамики сложных систем и задач перебора.

Спасибо за внимание!