

# Разработка симулятора квантового вычислителя для обеспечения учебного и научного процесса по теме КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Коноплёв Юрий Михайлович,  
СПБГУ, 545 гр.

Научный руководитель:  
к.ф.-м.н. Сысоев С.С.

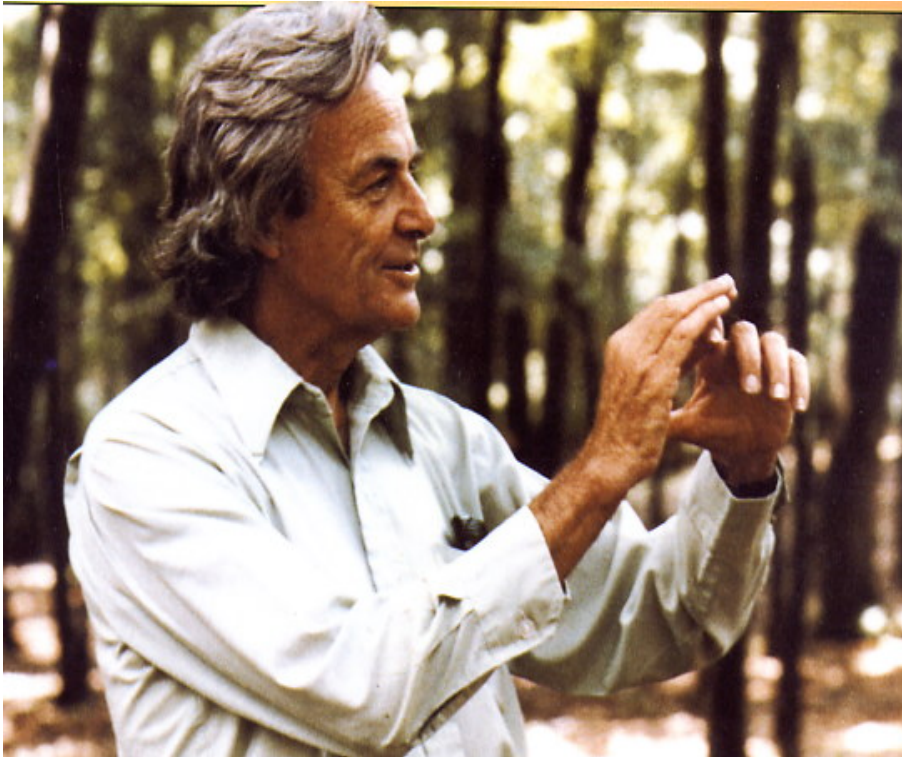
Рецензент:  
к.ф.-м.н. Вахитов А.Т.

СПБГУ, 2013г.

# План

- Обзор
- Основные понятия квантовых вычислений
- Постановка задачи
- Два подхода к решению
- Результаты

# Обзор



- Закон Мура
- Физические и теоретические ограничения
- 1981 – концепция квантовых вычислений (Ричард Фейнман)

# Основные понятия

$$A * |0\rangle + B * |1\rangle$$

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

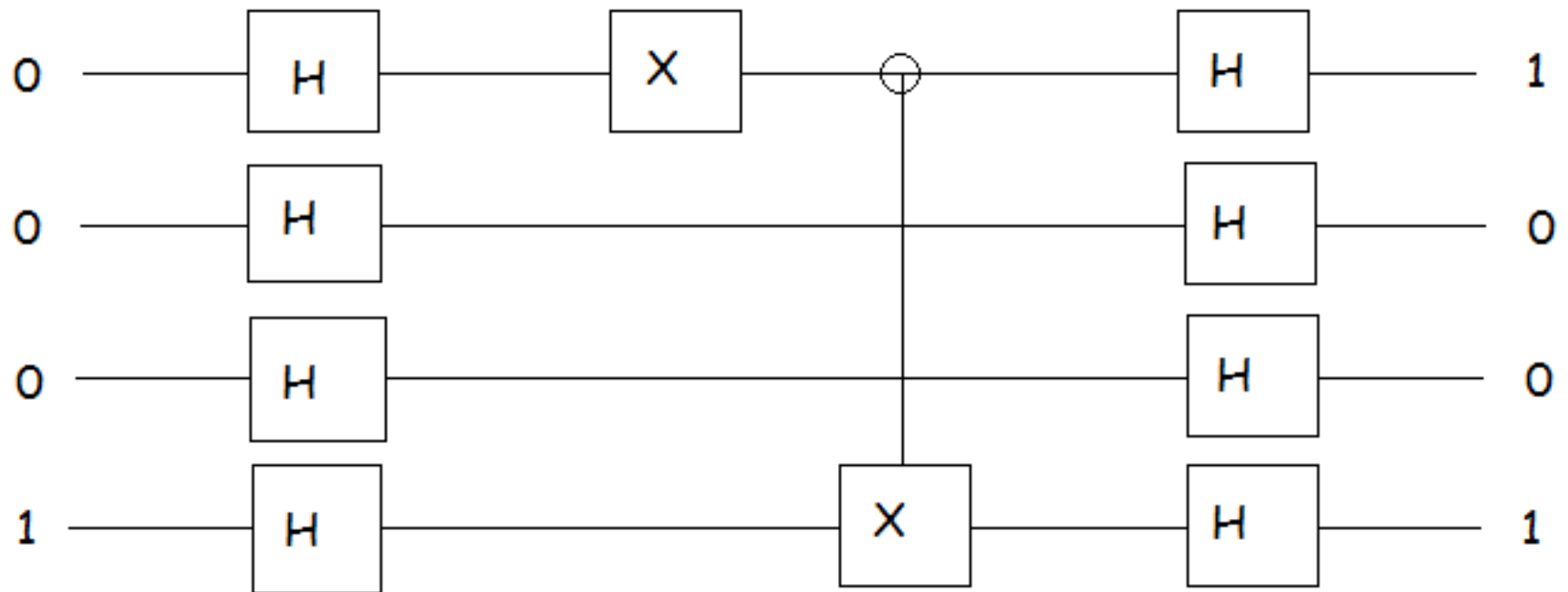
X, Z, CNOT, R, H

- Кубит
- Измерение
- Квантовый вентиль
- Универсальный набор

# Постановка задачи

- Изучение основ квантовых вычислений
- Реализация квантовых вентилей в форме матриц
- Реализация пользовательского интерфейса

# Пример схемы вычислителя



# Первый подход

- Состояние системы кубитов – тензорное произведение двумерных векторов
- Матрица преобразования – тензорное произведение

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \otimes 1 \dots \otimes H \otimes \dots$$

Минусы:

- Затраты памяти на хранение матриц  $2^n \times 2^n$
- Большое количество лишних умножений на 0 и 1

# Второй подход

$$\alpha_0 |0\rangle + \alpha_1 |1\rangle + \dots + \alpha_{2^n-1} |2^n-1\rangle$$

- $\alpha_i = 0$  (ускорение в среднем в 2 раза)
- Вид столбца оператора (ускорение  $2^n$ )

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b \\ d \end{pmatrix}$$
$$b |0\rangle + d |1\rangle$$



# Технологии

- Google App Engine
- Сервер – Python
- Клиент - JavaScript

# Результаты

- Симулятор <http://qc-sim.appspot.com>

Quantum Computer Simulator

Circuit Scheme

Examples

## Examples

Deutch's Problem

Deutch-Jozsa Problem

Bernstein-Vazirani Problem

Start!

This is the circuit for solving Bernstein-Vazirani Problem ( $f(x) = ax$ ). In this example  $a = 163$  (0b10100011). Thus, the output vector mea

0	----	H	----	*	----	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	*	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	----	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	----	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	----	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	----	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	----	----	----	----	H	----	0
0	----	H	----	----	----	----	*	----	H	----	0
1	----	H	----	X	X	X	X	----	H	----	0

# Результаты

- Разработаны и реализованы два подхода для подсчёта матриц операторов в общем виде
- Проведено сравнение двух подходов
- Реализовано веб-приложение <http://qc-sim.appspot.com>
- На базе симулятора реализованы 4 алгоритма