

# Квантовые вычисления практическое ведение

[https://github.com/vadym-f/qcomp\\_intro](https://github.com/vadym-f/qcomp_intro)

Вадим Федюкович

15 октября 2020

# Аксиомы и ожидаемые знания

- ▶ векторы, базис, амплитуды, тензорное произведение
- ▶ комплексное сопряжение, скалярное произведение, вероятность, Гильбертово пространство
- ▶ операторы = матрицы, собственные векторы и значения
- ▶ измерение и 'разрушение' исходного состояния, проектор
- ▶ суперпозиция и 'вычисления' одновременно на всех состояниях

Математические основы квантовой криптографии,  
А.С.Трушечкин, Д.А.Кронберг, МИАН

# Модели вычислений

- ▶ 'Гейты' и компьютер с Джозефсоновскими кубитами
- ▶ Поиск минимального состояния, [D-Wave](#)
- ▶ Гауссовы состояния фотонов, [Xanadu](#)
- ▶ 'Топологические' вычисления с косами/braid, [anion/majorana Microsoft](#)
- ▶ Коммуникации и 'квантовый Интернет': модели 'вычислительного центра' и 'мобилка для каждого'

[A Quantum Engineer's Guide to Superconducting Qubits](#)

# “Таблица умножения”

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$X|0\rangle = |1\rangle, \quad X|1\rangle = |0\rangle \quad Z|0\rangle = |0\rangle, \quad Z|1\rangle = -|1\rangle$$

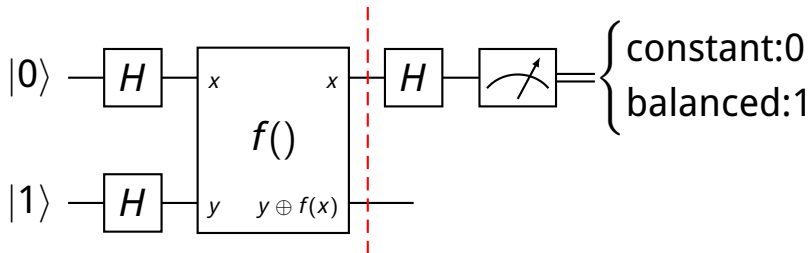
$$H|0\rangle = \frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}}, \quad H|1\rangle = \frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}$$

*CNOT* (на диаграмме  $\oplus$  и ‘управляющий’ кубит):  
если ‘control’ =  $|1\rangle$  применяет  $X$  к ‘target’-кубиту.

Состояние двух двухуровневых систем и

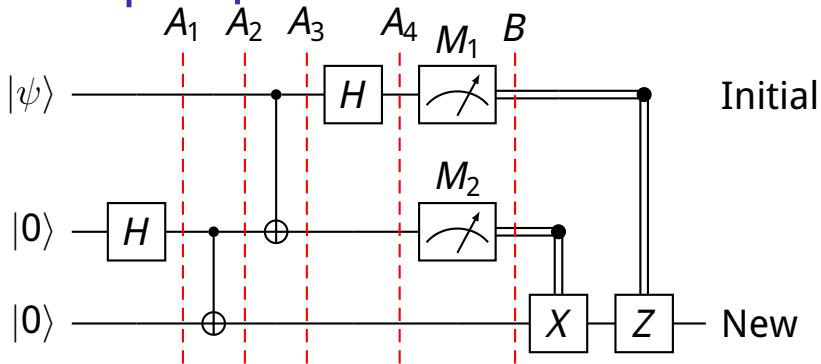
тензорное произведение:  $|00\rangle_{AB} = |0\rangle_A \otimes |0\rangle_B$

# Задача Дойча



$$\begin{aligned}
 (|0\rangle + |1\rangle) \otimes (|0\rangle - |1\rangle) &= |00\rangle + |10\rangle - |01\rangle - |11\rangle \\
 |00 \oplus f(0)\rangle + |10 \oplus f(1)\rangle - |01 \oplus f(0)\rangle - |11 \oplus f(1)\rangle &= \\
 |0, f(0)\rangle + |1, f(1)\rangle - |0, \overline{f(0)}\rangle - |1, \overline{f(1)}\rangle &= \\
 |0\rangle \otimes (|f(0)\rangle - |\overline{f(0)}\rangle) + |1\rangle \otimes (|f(1)\rangle - |\overline{f(1)}\rangle) &= \\
 (|0\rangle \pm |1\rangle) \otimes (|f_0\rangle - |\overline{f_0}\rangle) &
 \end{aligned}$$

# Телепортация – 1



$$|\psi\rangle \otimes \frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}} \otimes |0\rangle, \quad (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \otimes \frac{|00\rangle + |11\rangle}{\sqrt{2}}$$

$$A_3 : \alpha|0\rangle \otimes \frac{|00\rangle + |11\rangle}{\sqrt{2}} + \beta|1\rangle \otimes \frac{|10\rangle + |01\rangle}{\sqrt{2}}$$

# Телепортация – 2

$$\frac{\alpha(|0\rangle + |1\rangle)(|00\rangle + |11\rangle) + \beta(|0\rangle - |1\rangle)(|10\rangle + |01\rangle)}{2}$$

$M_1 M_2$	$B$	Action	Result
00	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$	1	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
01	$\alpha 1\rangle + \beta 0\rangle$	X	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
10	$\alpha 0\rangle - \beta 1\rangle$	Z	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
11	$\alpha 1\rangle - \beta 0\rangle$	ZX	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$

“Квантовые компьютеры”, Семинар 8, алг.Дойча

“Квантовые компьютеры”, Семинар 10, телепортация

С. Н. Филиппов, глава 13

# Codeforces / Microsoft

<https://codeforces.com/contest/1356>

Соревнование лето 2020 и тренировка

[Анонс соревнования 2020](#)

Соревнования Summer 2018 и Winter 2019,  
вместе с тренировками и решениями  
прошлых задач.



# Перспективы

Graph coloring with Grover's search

Scaffold компилятор на основе LLVM

Модульное умножение для алг.Шора

Эллиптические кривые для DLOG

mip\*=re