Библиотека эмуляции квантовых вычислений

Новиков Петр Андреевич

Квантовая информатика

- Закон Мура: за 2 года производительность компьютера увеличивается в 2 раза (ни разу не нарушался с 1958 г.)
- К 2025 г. структурные элементы вычислительной машины станут настолько малы, что для них преобладающими станут законы квантовой физики
- Требуется коренной пересмотр принципов работы компьютера

Квантовый регистр

- Один кубит: $\alpha_0 |0> + \alpha_1 |1>$
  При измерении получаем значение 0 с вероятностью α_0^2, значение 1 с вероятностью α_1^2
- Три кубита:
  $\alpha_{000} |000> + \alpha_{001} |001> + \alpha_{010} |010> + \alpha_{011} |011> + \alpha_{100} |100> + \alpha_{101} |101> + \alpha_{110} |110> + \alpha_{111} |111>$
  При измерении получаем значение 100 с вероятностью α_{100}^2
- Для эмуляции n-кубитового квантового регистра требуется $\sim 2^n$ байт (посчитайте классический эквивалент 100-кубитового квантового компьютера)

Особенности квантовой информатики

- Состояния регистра — суперпозиции чистых состояний
- Операции над регистром — унитарные операторы
- Квантовая запутанность регистра
- Измерения приводят к разрушению
- Теорема о невозможности копирования: невозможно копировать неизвестное квантовое состояние

Известные преимущества квантовой информатики

- Алгоритм факторизации Шора
- Алгоритм поиска Гровера
- Квантовое преобразование Фурье
- Задача нахождения периода

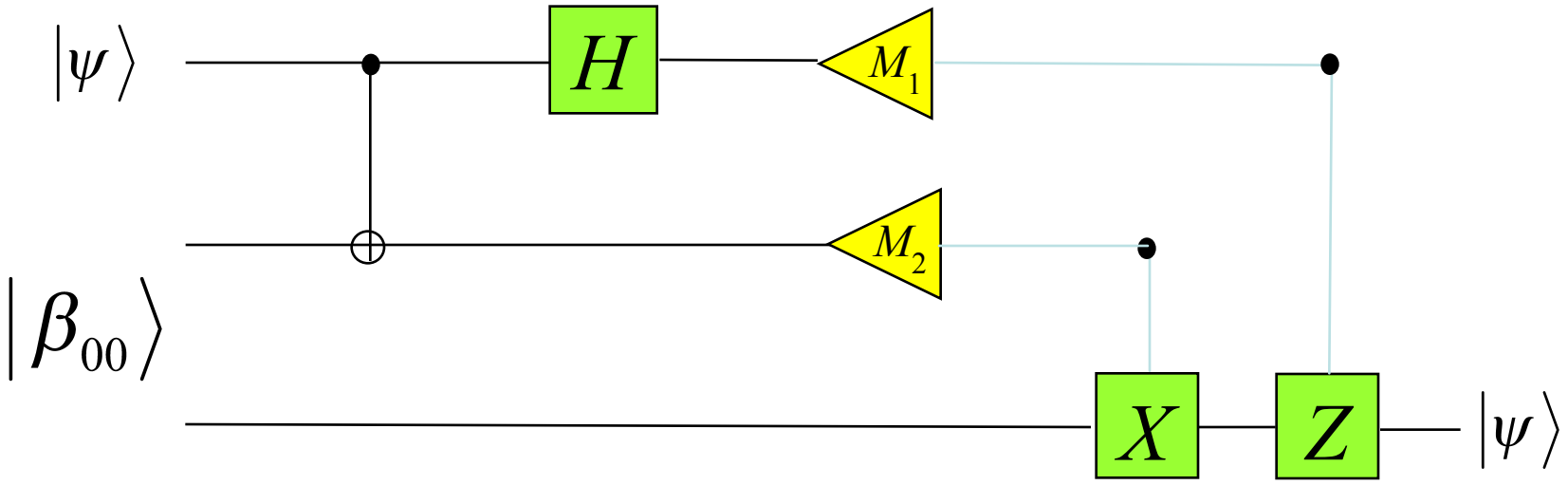
Актуальность разработки «квантового» ПО сейчас

- Пока не создано квантового компьютера, единственная возможность практического изучения квантовой информатики – эмуляция квантового компьютера на классическом
- В случае создания квантового компьютера этапы написания, отладки и тестирования программ будут проходить по большей части на классическом компьютере
- Разработанное «квантовое» ПО и его доказанные преимущества позволят легче привлечь инвестиции в физическое создание и совершенствование квантового компьютера

Библиотека эмуляции квантовых вычислений

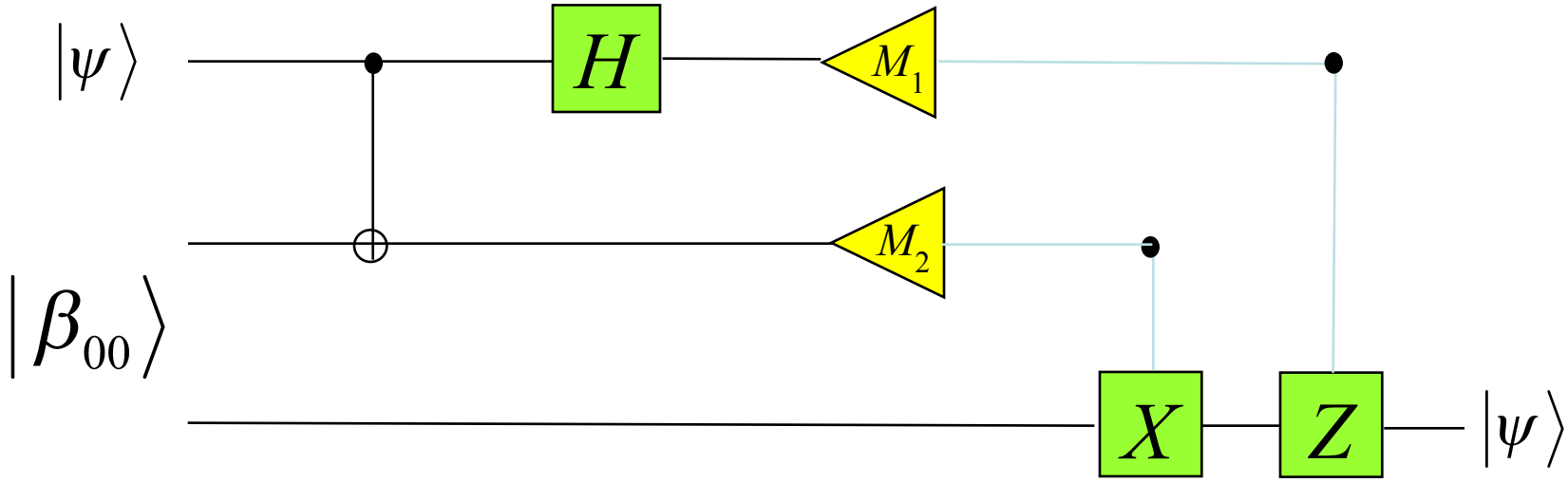
- Средство разработки квантового ПО в привычной современному разработчику среде – на языке C++
- Эмуляция квантового регистра, унитарных преобразований, условных операторов, операторов измерения
- Удобный набор стандартных операторов для квантовых вычислений: элемент Адамара, операторы Паули, CNOT, Тоффоли и др.

Пример: квантовая телепортация



(схема заимствована из презентации Ала Ахо http://www.cs.columbia.edu/~aho/)

```
#include <qsim.h>
...
qubit psi(1, 2);
vector<qubit> q;
q.push_back(qubit::ZERO());
q.push_back(qubit::ZERO());
qreg reg(q);
reg.feed(qopr::H(), qopr::ID());   // Generate EPR Pair
reg.feed(qopr::CNOT());            // Generate EPR Pair
reg.push_front(psi);
reg.feed(qopr::CNOT(), qopr::ID());
reg.feed(qopr::H(), qopr::ID(), qopr::ID());
int M0 = reg.MES(0);
int M1 = reg.MES(0);
if(M1) reg.feed(qopr::X());
if(M0) reg.feed(qopr::Z());
```



Адрес библиотеки:
http://novikov.amikeco.ru,
http://novikov.amikeco.ru/qsim.zip

Литература:

- Нильсен,М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006.
- Svore K., Cross A., Aho A., Chuang I., Markov I. Toward a Software Architecture for Quantum Computing Design Tools. Proceedings of Quantum Programming Languages (QPL). July 2004. p. 127–144.