

Мови програмування для квантових обчислень

Максим Сохацький ¹

¹ Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний Інститут» ім. Ігора Сікорського
28 жовтня 2018

Анотація

Ця робота є спробою огляду існуючих мов програмування для квантових обчислень та їх особливостей.

Ключові слова: Теорія типів, Мови програмування, Квантові обчислення

Зміст

1 Попередні відомості

1.1 Лінійна алгебра

Нотація Дірака це компактний формалізм лінійної алгебри який будемо застосовувати для визначень квантової механіки.

Таблиця 1: Нотація Дірака

Нотація	Визначення
$ \psi\rangle$	загальний кет-вектор, наприклад $(c_0, \dots, c_n)^T$
$\langle\psi $	дуальний бра-вектор, наприклад (c_0^*, \dots, c_n^*)
$ n\rangle$	n-й базис вектор стандартного базису $N = (0\rangle, \dots, n\rangle)$
$ \tilde{n}\rangle$	n-й базис вектор стандартного базису $\tilde{N} = (\tilde{0}\rangle, \dots, \tilde{n}\rangle)$
$\langle\phi \psi\rangle$	скалярний добуток
$ \phi\rangle \otimes \psi\rangle$	тензорний добуток

2 Інтерпретація квантової механіки

В залежності від того як саме моделюються та конструюються гільбертові простори та гамільтоніани, виникають різні теорії, від нерелятивістської квантової електродинаміки до квантової хронодинаміки яка вводить поняття кварків та глюонів.

Теорія квантових обчислень — це ще одна теорія поверх абстрактного квантового формалізму та є інтерпретацією квантової механіки. Однак це не фізична теорія в тому сенсі, що вона не описує природний процес, а є ближчою до схемотехніки, з квабітами та квантовими вентилями, без визначення як саме моделюється квантова система, вона може бути або фізичним об'єктом або симулятором.

Точно так як для апаратного забезпечення будуються мови програмування та вищі мови програмування, так само для квантових обчислень, квантових станів та квантових логічних елементів (вентилів), існують свої мови програмування. У наступній секції дамо огляд існуючих мов та підходів до їх побудови, а тут дамо основні принципи та компоненти архітектури квантових обчислень, аби пояснити основні мовні елементи.

2.1 Пам'ять квантового комп'ютера

Визначення 1. (Квантовий біт). Квантовий біт або квабіт визначається як квантова система, стан якої може бути повністю виражений як суперпозиція двох ортонормованих власних базових станів позначених $|0\rangle$ та $|1\rangle$. Загальний стан $|\psi\rangle$ квабіта тоді визначається як $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$. Значення квабіта описується спостереженням $N = |1\rangle\langle 1|$. $\langle N \rangle$ дає вірогідність знайти систему в стані $|1\rangle$, якщо над квабітом були проведені виміри. Простір станів квабіта є гільбертовим простором $H = \mathbb{C}^2$. Ортонормована система $|0\rangle, |1\rangle$ називається обчислювальним базисом.

Сфера Блоха. Загальний стан квабіта може бути виражений в полярних координатах θ та ϕ :

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

Одиничний вектор стану $|\psi\rangle$ називається вектором Блоха \tilde{r}_ψ , та має наступну властивість $\tilde{r}_\phi = -\tilde{r}_\xi \leftrightarrow \langle\phi|\xi\rangle = 0$.

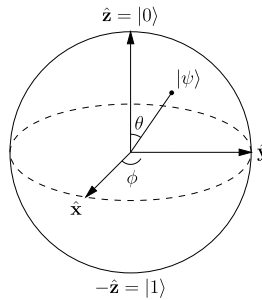


Рис. 1: Сфера Блоха як представлення квабіта $|\psi\rangle$

Визначення 2. (Машинне слово).

3 Огляд існуючих мов

3.1 QCL

3.2 Quantum Lambda

4 Висновки