

УДК 530.145:621.375.8]:004.38

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КВАНТОВОГО КОМП'ЮТЕРА

Книш А.О.

Науковий керівник – к.ф-м.н., доц. Коваленко О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. фізики

м. Харків, Україна

тел. +38(099) 462-77-01

This work will describe such physical foundations of a quantum computer as: superposition principle, quantum entanglement, quantum teleportation, interference; describes the advantages and differences of a quantum computer over a classical one, its prospects and areas of application, phenomena that complicate the process of its development and reduce its productivity, as well as ways to overcome them.

Квантові технології не є картиною недосяжного майбутнього, а є перспективною технологією вже сьогодні. Задля їхнього розвитку і подальшого використання їх у комерційних проєктах провідні компанії вливають величезні інвестиції, а держави з найбільш потужними економіками світу фінансують наукові установи та будуть масштабні лабораторії, щоб здобути дорогоцінні знання з метою використання їх у своїх військово-політичних цілях.

Безумовно найбільш відомою квантовою технологією сьогодні є квантовий комп'ютер, за допомогою якого можна провадити швидко обробку даних та виконувати надскладні для теперішніх суперкомп'ютерів задачі, наприклад, такі як факторизація великих чисел. Окрім цього, квантовий комп'ютер може використовуватися в медицині для дослідження людського генома, у фармакології для винайдення нових більш ефективних ліків, у галузі штучного інтелекту для пришвидшення процесу машинного навчання.

Головною відмінністю квантового комп'ютера від класичного є одиниця зберігання інформації – кубіт (квантовий біт), який на відміну від звичайного біта може перебувати у суперпозиції станів 0 та 1, що залежить від орієнтації спіну електрона, поляризації фотона або спінового магнітного моменту атома, що залежить від способу реалізації кубіта.

Кубіти перебувають у стані квантової запутаності між собою, що означає, що їхні квантові стани стають співвідносними, навіть якщо вони фізично розділені. Завдяки явищу квантової запутаності квантовий комп'ютер може проводити розрахунки набагато швидше за класичний комп'ютер, оскільки N класичних бітів можуть перебувати в одній з 2^N різних конфігурацій, коли в той же час кубіти здатні набувати всіх комбінацій одночасно, оскільки положення і стани кубітів взаємозалежні. Феномен квантової запутаності робить можливим явище квантової телепортації.

Процес квантової телепортації передбачає створення пари кубітів, що взаємодіють між собою. Один з кубітів утримує інформацію, яку необхідно передати, тоді як інший кубіт, зазвичай віддалений від першого, дозволяє здійснити процес телепортації. Процес передачі інформації здійснюється шляхом вимірювання стану двох кубітів, що взаємодіють між собою, та передачі результатів вимірювань віддаленому кубіту, який отримує передану інформацію.

Для проведення серйозних операцій на квантовому комп'ютері за ідеальних умов теоретично було б достатньо ста кубітів, щоб становило 2^{100} конфігурацій, проте квантову заплутаність кубітів можуть легко порушити зовнішні фактори такі як шум, вібрації, температура, електричні та магнітні поля, внаслідок дії яких квантові стани кубітів можуть бути порушені, що призведе до втрати інформації.

У дійсності є потреба у квантових комп'ютерах на десятки тисяч кубітів. Збільшення кількості кубітів у комп'ютері призводить до збільшення його габаритів та енергії, яку він витрачає, тому ефективним способом подолання вищеписаних проблеми є створення максимально ізольованого середовища, де можуть бути контрольовані вищезазначені параметри, наприклад, кубіти можуть зберігатися в кріостатах при дуже низьких температурах, щоб знизити вплив тепла та вібрацій.

Так як електрон чи фотон може репрезентувати кубіт, то останній за концепцією корпускулярно-хвильового дуалізму, може перебувати у стані як частинки, так і хвилі, що можна представити за допомогою хвильової функції.

Оскільки, згідно з явищем квантової заплутаності, набір кубітів і значення їхніх спінів взаємопов'язані одне з одними, то існує місце явищу інтерференції, що призводить до появи загальної хвильової функції цілої системи. В даному випадку загальна хвильова функція описує імовірнісний розподіл розв'язків певної задачі. Тобто, у процесі розв'язання задачі, квантовий комп'ютер генерує квантовий стан, який містить інформацію про розв'язання задачі.

Застосування інтерференції дозволяє комп'ютеру пройти крізь всі можливі розв'язки задачі, знаходячи той, який має найбільшу ймовірність бути правильним.

Список використаних джерел:

1. Milburn, G. J. (1996). 1. Schrödinger's machines : the quantum technology reshaping everyday life. Allen & Unwin.
2. Dowling, J. P., & Milburn, G. J. (2002, 13 June) Quantum Technology: The Second Quantum Revolution <https://arxiv.org/ftp/quant-ph/papers/0206/0206091.pdf>