

ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КВАНТОВОГО КОМП'ЮТЕРА ТА ЙОГО ПОРІВНЯННЯ З КЛАСИЧНИМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ

Бабич М.Г.

Харківський радіотехнічний фаховий коледж, Харків, Україна

Бондаренко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасна інформаційна епоха висуває дедалі вищі вимоги до обчислювальних потужностей. Традиційні комп'ютери, що працюють за законами класичної механіки, наближаються до фізичних обмежень мініатюризації. Квантові комп'ютери, засновані на принципах квантової механіки, обіцяють революцію у сфері обчислень завдяки своїй здатності виконувати певні задачі експоненційно швидше, ніж класичні аналоги.

Метою доповіді є аналіз фізичних принципів роботи квантового комп'ютера, дослідження його ключових відмінностей від класичних обчислювальних систем та оцінка перспектив розвитку квантових технологій.

Квантові обчислення базуються на таких фундаментальних принципах, як суперпозиція, квантова заплутаність і квантові гейти. Суперпозиція дозволяє квантовим бітам (кубітам) перебувати одночасно у станах 0, 1 або їхній лінійній комбінації, що дає змогу обробляти багато можливих станів одночасно. Квантова заплутаність виникає, коли два або більше кубітів стають взаємопов'язаними, і зміна стану одного з них миттєво впливає на інший, незалежно від відстані між ними. Операції над кубітами виконуються за допомогою квантових гейтів – унітарних операторів, що змінюють стан квантової системи [1].

Для реалізації квантових обчислень застосовують різні фізичні системи, серед яких іонні пастки, надпровідні кубіти та фотонні квантові комп'ютери. Іонні пастки використовують охолоджені іони, що утримуються електромагнітними полями, де кубіти реалізуються за допомогою внутрішніх енергетичних станів іонів. Надпровідні кубіти базуються на використанні надпровідних контурів з ефектом Джозефсона, що забезпечує контроль квантових станів. Фотонні квантові комп'ютери застосовують властивості фотонів для здійснення квантових обчислень, що надає переваги у контексті передачі інформації.

Класичні комп'ютери працюють на основі бітів, які можуть набувати значень 0 або 1. У квантових комп'ютерах використовуються кубіти, які можуть перебувати в суперпозиції обох станів одночасно, що забезпечує експоненційне зростання потужності при збільшенні кількості кубітів.

У класичних комп'ютерах дані обробляються послідовно або за допомогою паралельних обчислень, але в межах традиційної логіки. Квантові комп'ютери можуть обробляти всі можливі стани одночасно завдяки квантовій суперпозиції, що робить їх значно швидшими в певних задачах, таких як факторизація чисел або пошук у базах даних [2].

Класичні комп'ютери не мають можливості використовувати квантову заплутаність, тоді як у квантових комп'ютерах цей ефект дозволяє миттєвий зв'язок між кубітами, що покращує швидкість і ефективність обчислень.

З точки зору фізичної реалізації, класичні комп'ютери складаються з напівпровідникових транзисторів, які постійно зменшуються у розмірах, але вже досягли меж технологічного розвитку. Квантові комп'ютери використовують надпровідникові контури, іонні пастки або фотонні технології, що дозволяє оперувати квантовими станами, але наразі вони мають значні обмеження, зокрема щодо стабільності станів і корекції помилок [3].

Застосування квантових комп'ютерів включає криптографію, оптимізацію, квантову хімію та машинне навчання, тоді як класичні комп'ютери залишаються універсальним засобом для широкого спектра завдань, таких як бізнес-аналіз, розрахунки, графіка та штучний інтелект.

Попри значні технічні виклики, зокрема проблеми з декогеренцією та корекцією помилок, квантові комп'ютери мають величезний потенціал. Очікується, що їхнє широке застосування змінить криптографію, оптимізацію, машинне навчання та моделювання складних фізичних систем. Розвиток технологій корекції квантових помилок і створення масштабованих систем можуть забезпечити перехід від прототипів до повноцінних квантових обчислювальних пристроїв.

Квантові комп'ютери є перспективним напрямком розвитку обчислювальної техніки, що базується на фундаментальних принципах квантової механіки. У порівнянні з класичними комп'ютерами вони мають унікальні властивості, які роблять їх особливо ефективними у вирішенні певних класів задач. Хоча нинішній рівень технологій ще не дозволяє створити повноцінний квантовий комп'ютер з великою кількістю кубітів, активні дослідження в цій галузі вказують на можливість здійснення проривів у найближчі десятиліття.

Список літератури

1. Дорофєєв Д. О. Квантовий комп'ютер / Д. О. Дорофєєв // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 2. – С. 95–96.
2. Книш А. О. Фізичні основи квантового комп'ютера / А. О. Книш // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 2. – С. 91–92.
3. Деркач Т.М. Принцип роботи квантового комп'ютера / Т. М. Деркач // 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 21 квітня–15 травня 2020 р. – Полтава, 2020. – С. 467–468.