

Quantum errors and error correction techniques

Alessio Delli Colli

September 2024

Scopo del calcolo quantistico

Permette di affrontare problemi computazionali "difficili"

Scopo del calcolo quantistico

Permette di affrontare problemi computazionali "difficili"

- problemi di ricerca con l'algoritmo di Grover

Scopo del calcolo quantistico

Permette di affrontare problemi computazionali "difficili"

- problemi di ricerca con l'algoritmo di Grover
- fattorizzazione e calcolo del logaritmo discreto con l'algoritmo di Shor.

Scopo del calcolo quantistico

Permette di affrontare problemi computazionali "difficili"

- problemi di ricerca con l'algoritmo di Grover
- fattorizzazione e calcolo del logaritmo discreto con l'algoritmo di Shor.

Ma presenta delle criticità...

Scopo del calcolo quantistico

Permette di affrontare problemi computazionali "difficili"

- problemi di ricerca con l'algoritmo di Grover
- fattorizzazione e calcolo del logaritmo discreto con l'algoritmo di Shor.

Ma presenta delle criticità... gli errori.

Qubits

- semplici sistemi quantistici

Qubits

- semplici sistemi quantistici
- modellati da uno spazio di Hilbert 2-dimensionale

Qubits

- semplici sistemi quantistici
- modellati da uno spazio di Hilbert 2-dimensionale
- il loro stato può essere rappresentato in vari modi:

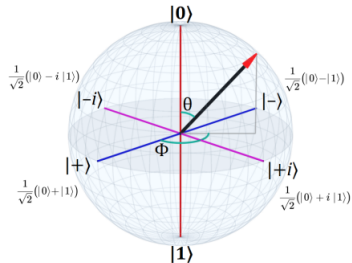
Vettore di stato

$$\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle$$

le due rappresentazioni sono legate dalla seguente relazione:

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

Sfera di Bloch



Porte quantistiche

- i qubit sono fatti interagire grazie a delle porte.

Porte quantistiche

- i qubit sono fatti interagire grazie a delle porte.
- queste modificano lo stato applicando ad esso un operatore unitario.

Porte quantistiche

- i qubit sono fatti interagire grazie a delle porte.
- queste modificano lo stato applicando ad esso un operatore unitario.
- possono essere viste come rotazioni della sfera di Bloch.

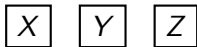
Porte quantistiche

- i qubit sono fatti interagire grazie a delle porte.
- queste modificano lo stato applicando ad esso un operatore unitario.
- possono essere viste come rotazioni della sfera di Bloch.
- vengono composte a formare reti

Porte quantistiche

- i qubit sono fatti interagire grazie a delle porte.
- queste modificano lo stato applicando ad esso un operatore unitario.
- possono essere viste come rotazioni della sfera di Bloch.
- vengono composte a formare reti
- le porte più comuni sono:

Porte di Pauli



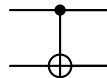
Porte di Fase



Porta di Hadamard

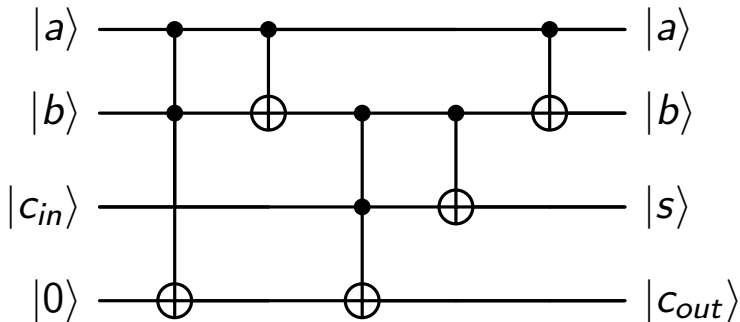


Not controllato



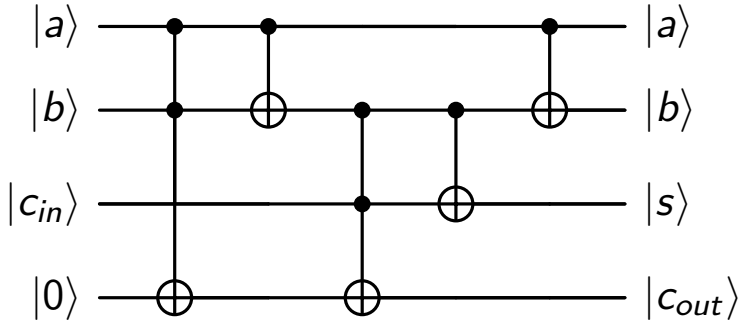
Esempi di reti

Full adder quantistico



Esempi di reti

Full adder quantistico



Radice quadrata del not



Esempi di reti

Interferometro di Ramsey

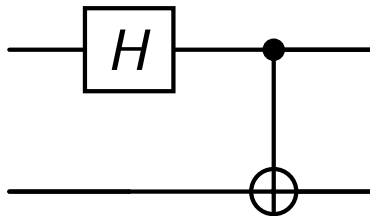


Esempi di reti

Interferometro di Ramsey



Generatore degli stati di Bell



Correzione degli errori su sistemi classici e quantistici

Calcolatore digitale



finiti stati,
finite sindromi

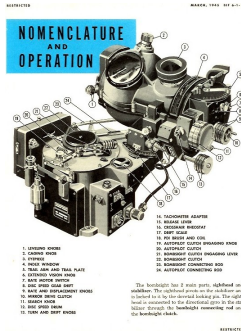
Correzione degli errori su sistemi classici e quantistici

Calcolatore digitale



finiti stati,
finite sindromi

Calcolatore analogico



infiniti stati,
infinite sindromi

Correzione degli errori su sistemi classici e quantistici

Calcolatore digitale



finiti stati,
finite sindromi

Calcolatore analogico



infiniti stati,
infinite sindromi

Calcolatore quantistico



infiniti stati,
finite sindromi

Difficoltà nel caso quantistico

Codici di correzione quantistici

Grazie per l'attenzione.