

Obtención de parámetros descriptivos de funciones aritméticas mediante la aplicación del algoritmo cuántico de Deutsch-Jozsa

Martín Vázquez, Lucas Leiva

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires – LabSET/INTIA, Tandil, Argentina

Motivación y objetivos

Motivación

- Los algoritmos cuánticos explotan la superposición y el paralelismo para evaluar múltiples estados simultáneamente.
- El algoritmo de Deutsch-Jozsa determina cuando una función booleana es constante o balanceada en una única evaluación.

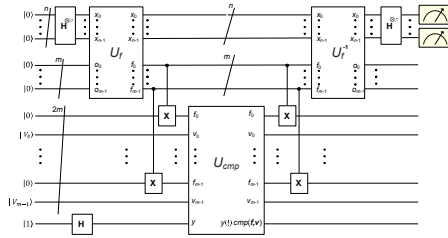
Objetivos

Aplicación novedosa de algoritmo de Deutsch-Jozsa para determinar parámetros descriptivos de funciones aritméticas: límites y medianas

Metodología

Se evalúa una función aritmética en superposición $f(x) : \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}^m$ y se compara con un

comparador cuántico, tal que $cmp(f, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } f > v \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

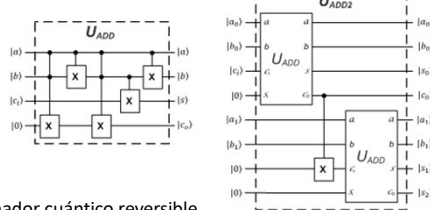


Medición

- Si sólo se mide el estado básico 0, es cota superior o inferior
- Si se miden diferentes estados distintos a 0, es mediana
- Si se mide cualquier estado, incluyendo a 0, no es parámetro descriptivo.

Circuitos utilizados

Sumador



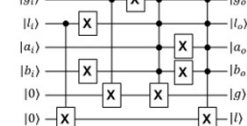
- Sumador cuántico reversible
- Escalable a más qubits de entrada

Comparador

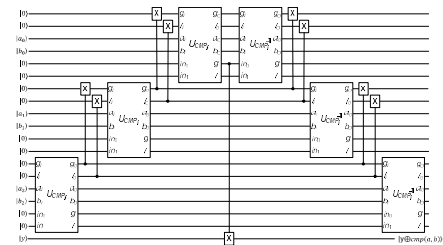
$$g = g_i + g_i' l_i' a_i b_i'$$

$$l = l_i + g_i' l_i' a_i' b_i$$

$$U_{CMP_i}$$



Permite encadenamiento modular



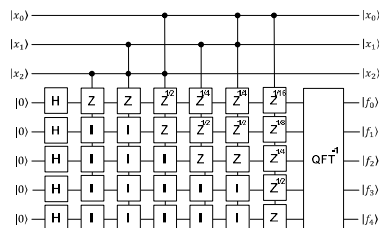
Comparador de 3 qubits

Generalización del algoritmo

- El algoritmo puede generalizarse a otras funciones con mayor cantidad de bits, y a otras operaciones de la forma:

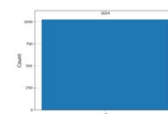
$$f(x) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i x^i$$

Ejemplo: Algoritmo cuántico que implementa $f(x) = x^2$



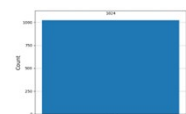
Resultados experimentales

Ejemplos de resultados de simulaciones en Qiskit para $f(x) = a+b+1$ y $f(x) = x$



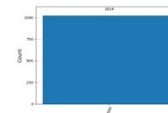
$f(x)=x; v=3$

No mide 0 → es mediana



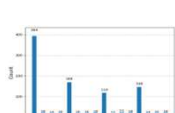
$f(x)=a+b+1; v=7$

Mide siempre 0 → es cota



$f(x)=a+b+1; v=0$

Mide siempre 0 → es cota



$f(x)=a+b+1; v=2$

→ no es parámetro descriptivo

Contribuciones

- Nueva aplicación del algoritmo de Deutsch-Jozsa.
- Extracción cuántica de:
 - cotas inferiores
 - cotas superiores
 - medianas
- Arquitectura escalable de comparador cuántico.
- Validación experimental mediante simulación.
- Posibilidad de extensión a funciones polinómicas utilizando QFT.

Conclusiones

- Se presenta un método para identificar parámetros descriptivos de funciones aritméticas utilizando una única evaluación cuántica.
- La propuesta aprovecha el paralelismo cuántico para evitar búsquedas exhaustivas.
- Los resultados experimentales validan el funcionamiento del enfoque propuesto.
- El método puede extenderse a funciones más complejas mediante técnicas basadas en QFT.