Comentarios sobre la práctica 2. Arquitectura y Programación de Computadores Cuánticos

Alejandro Luque Villegas

March 2025

1 Teleportación cuántica

En esta sección se explicará los resultados obtenidos en el ejercicio 1 y porque estos resultados reflejan la corrección del ejercicio. En cuanto al orden de los qubits él q_2 es el qubit que tiene Bob, mientras que él q_1 es el qubit de ancilla y q_0 es el qubit de Alice.

Se usa el método c_if que ya está deprecada y en la versión 2.0 de qiskit la eliminaran. La otra opción es usar el método if_test; sin embargo, no se ha usado por claridad, ya que no permite lanzarlo a back-ends y la claridad no es la mejor en el circuito. El código que se usaría es el siguiente:

```
with circ.if_test((cx, 1)):
    circ.x(2)
with circ.if_test((cz, 1)):
    circ.z(2)
```

1.1 Comprobación

Para comprobar la corrección lo que se hace es inicializar él q_2 (el qubit de Alice) a un estado $|\psi\rangle$ aleatorio. En el caso del código actual del código:

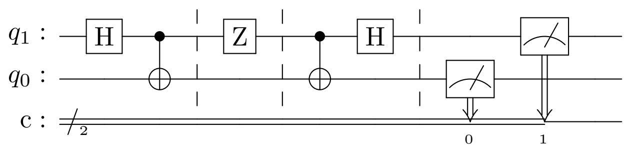
$$|\psi\rangle = [-0.6025956746 + 0.3097339799i, -0.2084644226 - 0.7053268031i]$$

Para comprobar que el valor del qubit q_0 ha sido telportado con éxito a q_2 bastaría con hacer la inversa de initialize y deberíamos tener que en $q_2 = |0\rangle$ ya que ese era el estado inicial antes de aplicar initialize a q_0.

2 Codificación superdensa

En el primer bloque de código podemos ver como estamos intentando codificar los bits 01. Esto se debe a que se aplica una puerta Z a nuestro par EPR.

Entonces nos queda el siguiente circuito:



2.1 Evaluación matemática

En este caso queremos mandar los bits 10.

2.1.1 Crear EPR Φ^+

A $|00\rangle$ se le aplica CNOT|H|00$\rangle$ $\Rightarrow CNOT|\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle+|1\rangle)|0\rangle\rangle = CNOT|\frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle+|10\rangle)\rangle$.

2.1.2 Aplicar puerta $Pauli - Z$ para codificar 10

$$Z|\Phi^+\rangle \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |10\rangle)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle)$$

2.1.3 Hacemos una medición de Bell

Aplicamos una CNOT a q_0 siendo el qubit de control q_1

$$\therefore \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle) \xRightarrow[\text{CNOT}]{\text{Aplicamos}} \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |10\rangle)$$

Aplicamos Hadamard

$$\begin{aligned} \therefore \frac{1}{\sqrt{2}}(H|0\rangle|0\rangle - H|1\rangle 0\rangle) &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)|0\rangle) && (1) \\ = \frac{1}{2}([|00\rangle + |10\rangle] - [|00\rangle - |10\rangle]) &= \frac{1}{2}(|00\rangle + |10\rangle - |00\rangle + |10\rangle) && (2) \\ &= \frac{1}{2}(2|10\rangle) = |10\rangle && (3) \end{aligned}$$

3 Ejecución en back-ends reales

En esta sección de ejecución en back-ends reales cabe resaltar el resultado del segundo ejercicio. Según la teoría se debería haber obtenido una probabilidad del 100% pero cuando miramos los resultados abajo mostrados podemos ver que esto no es verdad. Esto se debe a que existen errores en las puertas y en los qubits de computadores cuánticos reales que no se encuentran en entornos de simulación.

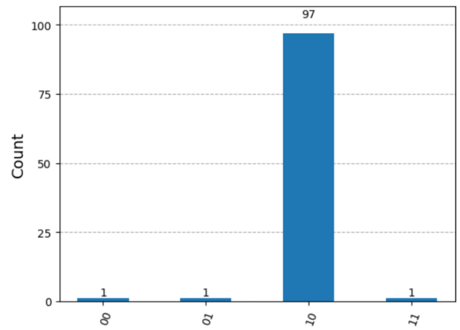


Figure 1: Ejecución en back-end real

En la Figure 1. se puede ver como 3 de los shots no han dado el resultado esperado a causa de los errores mencionados previamente