

Asignatura

Computación Cuántica y Natural

Actividad Práctica

Unidad II

Fundamentos de los sistemas cuánticos

Sesión 03

Las Puertas de Pauli

Profesor: Yago González Rozas

1 Objetivo de la actividad

El objetivo de la presente actividad es explicar el funcionamiento de las puertas de Pauli, y cómo se pueden usar con PyQuil.

2 Resultados de aprendizaje relacionados

1. Conocer los fundamentos de los sistemas cuánticos y sus aplicaciones (RA01)
2. Identificar las posibles aplicaciones futuras de la computación cuántica y natural en las empresas (RA06)
3. Utilizar herramientas de software en el ámbito de la asignatura (RA07)

3 Descripción de la actividad

Las puertas de Pauli son un conjunto de tres puertas fundamentales de la mecánica cuántica, orientadas a la computación sobre 1 cúbit, nombradas por el físico Wolfgang Pauli, y que toman, entre otras cosas, gran importancia en la corrección de errores cuánticos. Las puertas vienen nombradas por las letras X, Y y Z, y representan, como su letra indica, un giro angular de 180 grados sobre cada uno de los ejes de la esfera de Bloch. Cada una de ellas tiene un papel diferente, que se definen por:

- La puerta X es a la mecánica cuántica lo que la puerta NOT es a la mecánica clásica. Es decir, representa una inversión de 180° en el eje X, cambiando el estado. A nivel numérico se representa por:

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 0\alpha_0 & 1\alpha_1 \\ 1\alpha_0 & 0\alpha_1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_0 \end{bmatrix}$$

- La puerta Z rota los valores a lo largo del eje Z, es decir, cambiando la fase si el estado es $|1\rangle$ y manteniéndola en caso contrario:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1(1) + 0(0) \\ 0(1) + -1(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1(0) + 0(1) \\ 0(0) + -1(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

- La puerta Y es una puerta que realiza una rotación en el eje Y, es decir, realizando un cambio de estado y fase de forma combinada.

$$Y|0\rangle = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -i \end{bmatrix}$$

$$Y|1\rangle = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -i \\ 0 \end{bmatrix}$$

El objetivo de la presente práctica es construir un sistema que nos permita probar las tres puertas (dos programas por cada puerta, uno por cada estado inicial):

1. Para toda la práctica usaremos el wavesimulator (ver la práctica de la primera sesión).
2. Para las pruebas de las puertas Z e Y de forma singular, se construirán dos programas diferentes con dos estados iniciales distintos. Un programa tendrá de estado inicial el estado $|0\rangle$ y el otro el estado $|1\rangle$.
3. El flujo de programa para cada puerta será el siguiente:
 - a. Definición del programa con su memoria y estado inicial.
 - b. Ejecución del wavesimulator para extraer la función de onda e imprimirla por pantalla.
 - c. Utilizar la función `inst` (`prog.inst(X)`) para añadir la puerta lógica a ejecutar.
 - d. Ejecutar, de nuevo, el wavesimulator para extraer la función de onda e imprimirla por pantalla.
4. La puerta Y es una puerta que se puede construir de una forma particular con combinación de los resultados de ejecución del simulador sobre diferentes puertas que hemos visto a lo largo de la práctica, particularmente de sus amplitudes, además del número imaginario en Python (`1j`). ¿Cómo se haría? Preparar dos programas que muestren su construcción, para cada uno de los estados.