

Course 1: Quantum Computing

Session No. 3 Qubits and quantum states

Alcides Montoya C.

Escuela de Física - Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
amontoya@unal.edu.co

Semillero en Computación Cuántica
March 28, 2023

Deutsch en 1985 propuso:

- 1 Los procesos que se dan a nivel de la mecánica cuántica (en esencia todos) son realmente difíciles de simular usando la computación clásica
- 2 En principio, podrían construirse máquinas de computación parecidas al ordenador cuántico universal, que tendrían muchas propiedades notables no reproducibles por ninguna máquina de Turing.
- 3 Tendríamos un candidato a realizar computación de forma universal: computadores cuánticos

<https://doi.org/10.1098/rspa.1985.0070>

David Deutsch (1953)



"Quantum computation is... a distinctively new way of harnessing nature... It will be the first technology that allows useful tasks to be performed in collaboration between parallel universes."

David Deutsch

Figure: David Deutsch, Oxford University theoretical physicist

Principio de Church-Turing-Deutsch, 1985

Cualquier proceso físico puede simularse de forma eficiente y completa usando un computador cuántico universal

Ver artículo: Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer, David Deutsch, Julio 8 de 1985.

Representación de estados



Figure: The Church-Turing Thesis: Logical Limit or Breachable Barrier?

<https://cacm.acm.org/magazines/2019/1/233526-the-church-turing-thesis/fulltext>

Representación de estados



Figure: Representación de los estados de una moneda en el aire. Fuente: <https://ukedchat.com/2017/12/13/excel-coin-flipping/>

Representación de estados

- En informática el “bit” es la unidad básica de la información, que nos permite discernir entre dos estados: 0 o 1
- Los bits se agrupan formando palabras binarias, una palabra binaria de 8 bits se conoce como un byte y nos permite representar 256 estados distintos
- El valor de un bit se almacena como un voltaje por encima o por debajo de un nivel estándar.
- Tomemos una moneda con sus dos caras, generalmente a una la llamamos cara a la otra cruz o cara y sello de acuerdo al país, lo que tenemos es un objeto que al ser lanzado puede caer en una de dos posibilidades, o por la cara o por la cruz.

Representación de estados

- Cuando la moneda está en el aire, no tenemos idea por cual se sus caras caerá, es decir, tenemos una probabilidad de $\frac{1}{2}$ de obtener una de las dos caras. Podemos representar el estado del sistema usando vectores, de la siguiente forma:

Cara o Cruz como un arreglo vectorial

$$\mathbf{Cara} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ y } \mathbf{Cruz} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

- Podemos decir también que el anverso corresponde al bit 0 y el reverso al bit 1. Y tenemos una probabilidad de $\frac{1}{2}$ de obtener un bit 0 o un bit 1.

Representación de estados

Probabilidades, vector columna

Usar probabilidades para representar la información es más útil de lo que puede pensarse e un primer momento, para el caso de la moneda, el valor aleatorio de obtener un lado u otro lo podemos representar de forma vectorial como:

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Representación de estados

Table: Estados posibles de un sistema de bits

número de bits	número de estados posibles
1	2
2	4
3	9
4	16
n	2^n

Representación de estados

Definamos N_s el número de estados posibles del sistema, de acuerdo a la tabla anterior tendremos.

$$N_s = 2^n \quad (2)$$

Donde n es el número de bits. Tomando el logaritmo de la expresión anterior, podemos encontrar la definición explícita de número de bits de información disponibles, como:

$$\log_2 N_s = n \quad (3)$$

Representación de estados: Superposición

Superposición:

Los objetos o sistemas macroscópicos están siempre en un estado bien definido, pero los sistemas cuánticos no. Pueden estar en la superposición de diferentes estados, es decir, un fotón puede estar en un estado superpuesto formado por muchos estados de polarización diferentes. Cuando se mide el sistema, se colapsa a uno de los estados de la superposición. Solo podemos conocer las probabilidades de que el sistema esté en cada estado en el momento de la medición.