

FORO DE LA CIENCIA. Computación cuántica

Existe una progresiva dificultad de construir ordenadores cada vez más grandes y potentes, con la tecnología actual, ya que la ley de Moore (que expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores en un microprocesador) estaría llegando a su fin en 2021, según admiten los fabricantes de chips.

Por tanto, se están desarrollando cambios conceptuales para tener circuitos de computación básicos basados en propiedades físicas de moléculas y nanomateriales, reduciendo el tamaño y la energía unitaria de cada operación y consecuentemente, de todo el sistema informático. Dos enfoques actuales son los nanotubos de carbono y la computación por "spin" donde una molécula puede tener dos estados, que pueden representar 1 y 0, junto con algunas experiencias en circuitos ópticos de computación.

Pero realmente lo que se necesita es un nuevo paradigma de computación que permita abordar problemas de gran tamaño y complejidad para los cuales no hay suficiente capacidad de computación en todo el planeta.

La mecánica cuántica aplicada a la computación es ese nuevo paradigma, existiendo ya un número (reducido) de ordenadores cuánticos, siendo los más relevantes IBM (el primer ordenador cuántico accesible en la nube comercialmente) y Google (el primero que reclama haber conseguido la supremacía cuántica)

Las aplicaciones de la computación cuántica abordan problemas de complejidad extrema en los negocios y en la ciencia y no necesariamente compuestos de tareas repetitivas, aunque sean masivas, que podrían ser mejor abordados por la informática tradicional (fuerza bruta). Entre las aplicaciones de la computación cuántica están los sistemas globales de logística y cadenas de suministro más eficientes, en finanzas, para encontrar nuevas formas de modelar los datos financieros y aislar los factores de riesgo clave para hacer mejores inversiones, así como aplicaciones en química, como el descubrimiento de nuevos medicamentos y materiales, ya que ayudarán a desentrañar la complejidad de las interacciones moleculares y químicas.

Son varias las características de la mecánica cuántica que se aplican para el desarrollo de los ordenadores cuánticos, siendo la más conocida el principio de superposición de estados. Este fenómeno fue descrito por Erwin Schroedinger, uno de los físicos pioneros en la formulación de la mecánica cuántica, por medio de un experimento mental. Si encerramos un gato en una caja, este puede estar en dos estados simultáneamente (vivo y muerto) hasta que abrimos la caja y su estado queda determinado.

Esta superposición de estados cuánticos se puede materializar a nivel atómico (en realidad, la mecánica cuántica tiene efectos observables significativos a nivel de partícula subatómica solamente), convenientemente utilizada, permite una especie de procesamiento paralelo, pero a nivel atómico.

La unidad fundamental de información en computación cuántica es el *quantum bit* o *qubit*. Los *qubits* son, por definición, sistemas cuánticos de dos niveles que al igual que los bits pueden estar en el nivel bajo, que se corresponde con un estado de baja excitación o energía definido como 0, o en el nivel alto, que se corresponde con un estado de mayor excitación o definido como 1. Sin embargo, los *qubits* también pueden estar en cualquiera de los infinitos estados intermedios entre el 0 y el 1, como por ejemplo un estado que sea mitad 0 y mitad 1, o tres cuartos de 0 y un cuarto de 1. Esto es consecuencia de la superposición cuántica

La implantación de un ordenador cuántico operativo, plantea una enorme cantidad de retos científicos y tecnológicos, pero hay un estado actual de progreso donde esos problemas están siendo convenientemente considerados y resueltos, existiendo ya un número (pequeño) de ordenadores cuánticos operativos como hemos dicho anteriormente.

Desde el punto de vista conceptual, estas son las características de la mecánica cuántica involucradas en la computación cuántica:

- **Superposición**
Se refiere a la combinación de estados que normalmente definiríamos de forma independiente. Para hacer una analogía con la mecánica clásica, lo podríamos comparar a tocar dos notas musicales a la vez, donde lo que escucharíamos es la superposición de ambas.

- **Entrelazamiento**
Es un famoso fenómeno cuántico que es totalmente contraintuitivo, y que no observamos en el mundo clásico. Las partículas cuánticamente entrelazadas se comportan conjuntamente como un sistema, aunque estén alejadas una de otra. Ciertos experimentos recientes reclaman haber probado el entrelazamiento de dos partículas situadas a miles de kilómetros una de otra.
- **Interferencia**
Finalmente, los estados cuánticos pueden sufrir interferencias debido a un fenómeno conocido como fase. La interferencia cuántica puede entenderse de forma similar a la interferencia de ondas, cuando dos ondas están en fase, suman sus amplitudes, y si están en contrafase, sus amplitudes se cancelan

Principios de la computación cuántica

Existe un número limitado de sistemas cuánticos que usan propiedades cuánticas para realizar computaciones. La base está en el desarrollo de un algoritmo que se pueda usar para determinar la menor energía posible entre varias longitudes de enlaces moleculares en un gas dentro del ordenador cuántico.

Para cada longitud de un enlace posible, se representa las partes del estado de energías en un procesador (cuántico). Entonces, se miden aspectos de ese estado cuántico y se relacionan con la energía en la molécula, para una configuración electrónica dada. Repitiendo el proceso para diferentes espaciados interatómicos, se llega a una longitud de enlace con el menor nivel energético, lo que representa la configuración con un equilibrio molecular.

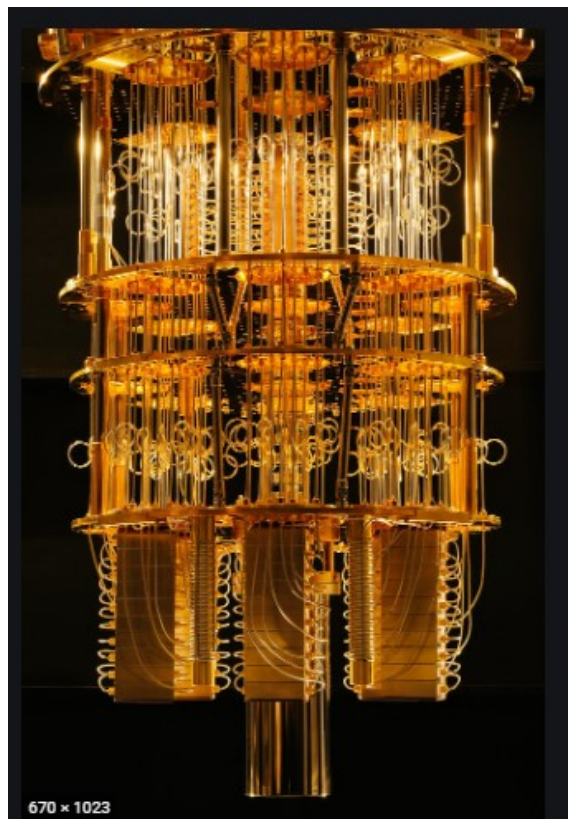
En resumidas cuentas, son los estados cuánticos de enlaces moleculares en un gas los que permiten la configuración física de los qubits.

Otra característica de los algoritmos del ordenador cuántico es la necesidad de ser tolerantes al fallo. Estos sistemas deben realizar muchas operaciones cuánticas secuenciales y ser capaces de funcionar durante largos periodos de tiempo, para lo cual el ordenador cuántico trabaja a muy bajas temperaturas, alrededor de 4 grados Kelvin, es decir próximos al cero absoluto (-273 °C)

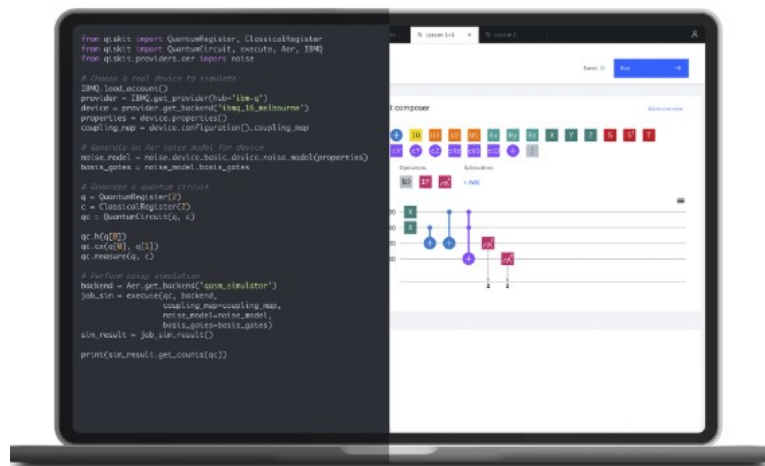
Un ordenador cuántico tiene las siguientes partes fundamentales:

1. Amplificador de señal de qubit. Es una de las dos fases de amplificación de señal
2. Líneas de microondas de entrada. Con atenuación en cada etapa del refrigerador para evitar el ruido térmico
3. Líneas coaxiales superconductoras. Conectan la primera y segunda fase de los amplificadores cuánticos y están construidas con superconductores para reducir pérdidas de transmisión.
4. Aislantes criogénicos. Permiten la transmisión de qubits aislándolas del ruido.
5. Amplificadores cuánticos. Situados dentro de un escudo magnético para capturar y amplificar señales minimizando el ruido
6. Escudo criopermeable. Alberga al procesador cuántico y lo protege de radiación electromagnética.
7. Cámara de mezcla. Esta situada en la parte baja del refrigerador y proporciona la necesaria potencia de enfriamiento

Interior del IBM Q SystemOne con una potencia de 20 qubits



Para proteger los delicados chips cuánticos, el ordenador está metido en una urna hermética de cristal de 2,7 metros de ancho por 2,7 metros de alto. Esta estructura aísla al sistema del sonido y las vibraciones, al tiempo que mantiene una temperatura estable.



Plataforma de acceso a la nube para programar en el IBM Q SystemOne

Victor Duart Belloque

Físico e ingeniero

Director del Foro de la Ciencia de la RSVAD

