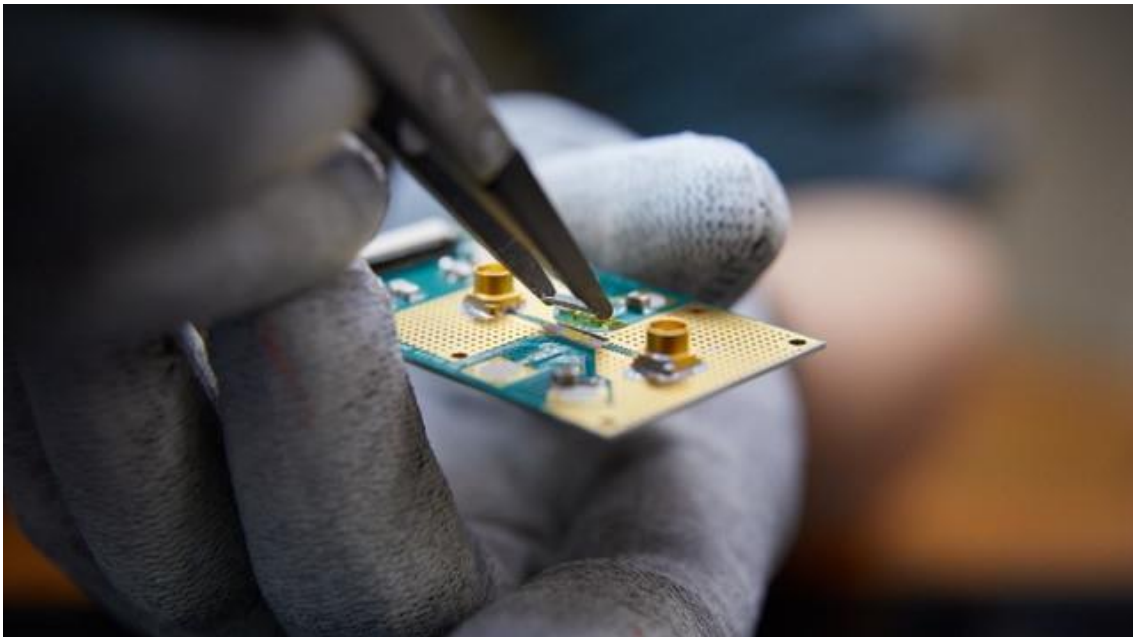




Nuevo avance en computación cuántica: logran un cúbit semiconductor en un circuito superconductor

- Un estudio con participación del CSIC demuestra un sistema con un gran potencial para nuevos prototipos de ordenadores cuánticos
- Es la primera vez que se demuestran estos cúbits híbridos de forma controlada usando un sistema de puntos cuánticos



Circuito impreso y chip en los que se ha realizado el experimento. El cúbit se define en una región de en torno a 100 nanómetros fabricada dentro del chip, que se muestra sujeto con unas pinzas. / Kouwenhoven Lab/QuTech Delft

Una investigación internacional con participación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, ha logrado una nueva arquitectura híbrida de bit cuánticos (cúbits) semiconductores y superconductores, lo que se considera un paso crucial en el avance de la computación cuántica ya que combina los beneficios de los materiales superconductores y de los semiconductores.

Se trata de la primera vez que se logran estos sistemas de una forma controlada mediante el uso de un sistema de puntos cuánticos. La investigación acaba de ser publicada en la revista *Nature Physics*.

La computación cuántica actual presenta un gran reto: demostrar un ordenador cuántico tolerante a los fallos (la llamada decoherencia cuántica). Para ello, una de las posibles soluciones es la corrección de errores, mediante un escalado masivo—que necesita, al menos, varias decenas de miles de cúbits. Sin embargo, los ordenadores cuánticos más avanzados en la actualidad, basados en circuitos superconductores como los desarrollados por Google o IBM, todavía están muy lejos de lograrlo. Una posible solución podría ser usar semiconductores para lograr este escalado, ya que utilizan circuitos similares a los de la electrónica tradicional, pero aún están mucho menos avanzados que los superconductores.

Frente a esta problemática hay varias líneas de investigación, y una se basa en los sistemas híbridos de super y semiconductores. "Estas arquitecturas híbridas tienen el compromiso de diseñar unos cúbits que nos ayuden al escalado usando el gran conocimiento que tenemos en materiales semiconductores y usarlos en circuitos superconductores", señala **Ramón Aguado**, investigador en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC), y uno de los autores del estudio.

Este trabajo usa una nanoestructura en la que un punto cuántico semiconductor definido por compuertas electrostáticas está acoplado a dos superconductores. Aguado, cuyos análisis teóricos apoyan las conclusiones del estudio experimental, explica que la gran virtud de este sistema híbrido es poder modificar, en un circuito que contiene un cúbit semiconductor, el paso de supercorrientes (los cúbits superconductores convencionales se basan en un efecto por el cual puede fluir corriente sin disipación, esas supercorrientes, entre dos electrodos superconductores).

"Este trabajo es fruto de una fructífera colaboración donde destacan los experimentos de Marta Pita-Vidal, investigadora española que hace su doctorado en Delft. Con estos resultados demostramos lo mejor de ambos mundos: usamos todas las capacidades de los puntos cuánticos semiconductores que nos permiten aislar un espín individual (el cúbit) y lo acoplamos al resto del circuito superconductor y modificar sus supercorrientes. Denominamos a este nuevo diseño cúbit de espín superconductor", explica Aguado. "Logramos que el sistema se comporte como un átomo artificial, ya que posee un espectro discreto de niveles cuánticos que podemos modificar externamente".

Con esta idea, además, han logrado "un control exquisito sobre el régimen físico del sistema: en un superconductor convencional todos los electrones quedan acoplados en el estado de mínima energía formando parejas, los pares de Cooper. En nuestro sistema, el punto cuántico nos permite conseguir electrones desapareados que aportan el grado de libertad del espín". De hecho, pueden sintonizar los cúbits para que sean de un tipo u otro según su voluntad, o para que presenten un estado híbrido, "una superposición cuántica híbrida entre ser un cúbit de espín o superconductor". Esto "abre un gran abanico de posibilidades que estamos explorando para proponer nuevas arquitecturas de cúbits", destaca el investigador.

La investigación se ha llevado a cabo junto al QuTech and Kavli Institute of Nanoscience de la Delft University of Technology (Países Bajos), el Jožef Stefan Institute y la Faculty of Mathematics and Physics de la University of Ljubljana (Eslovenia), el Center for Quantum Devices, Niels Bohr Institute, de la University of Copenhagen (Dinamarca), el Leiden Institute of Physics de la Leiden University (Países Bajos) y el Department of Physics and Frederick Seitz Materials Research Laboratory, parte de la University of Illinois Urbana-Champaign (Estados Unidos).

M. Pita-Vidal, A. Bargerbos, R. Zitko, L. J. Splitthoff, L. Grünhaupt, J. J. Wesdorp, Y. Liu, L. P. Kouwenhoven, R. Aguado, B. van Heck, A. Kou, and C. Kraglund Andersen. **Direct manipulation of a superconducting spin qubit strongly coupled to a transmon Qubit** . *Nature Physics*. DOI: [10.1038/s41567-023-02071-x](https://doi.org/10.1038/s41567-023-02071-x)

ICMM-CSIC Comunicación

comunicacion@icmm.csic.es