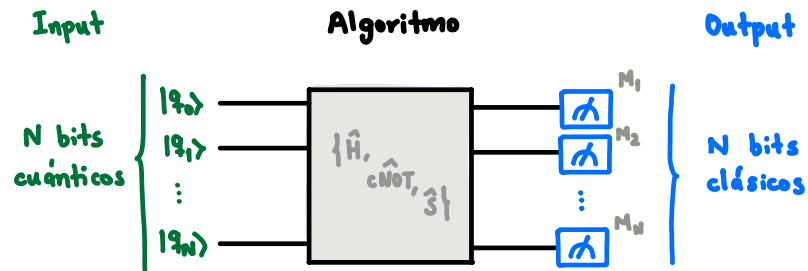


Una breve introducción a implementaciones físicas de qubit



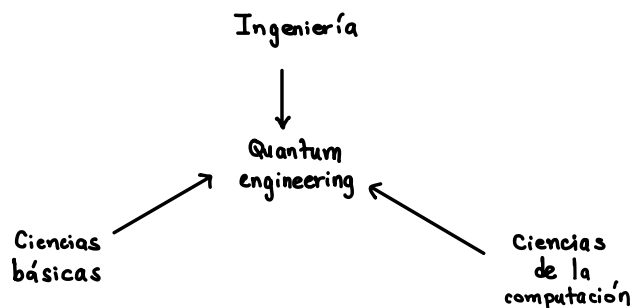
Criterios de DiVincenzo

¿Qué se necesita para hacer cómputo cuántico?

- Ser capaz de ingresar como input una gran cantidad de qubits.
- Cada qubit de entrada debe estar preparado en un estado bien caracterizado.
- Robustez ante la decoherencia (largos tiempos de vida).
- Identificar un conjunto universal de compuertas.
- Capacidad de hacer mediciones sobre qubits individuales.

Algunas plataformas físicas para implementar qubits

Quantum engineering: Disciplina emergente cuyo objetivo es caracterizar qubits en diferentes plataformas físicas y diseñar, controlar y extraer información de sistemas de muchos qubits.



Qubit:

Sistema mecano-cuántico
de dos niveles.

¿Con qué cantidades se evalúa la calidad de los qubits? Con tres cantidades:

- $\frac{\text{Tiempo de decoherencia}}{\text{Tiempo de operación de compuerta}}$ ($\sim 10^4, 10^5$ es aceptado como una cifra segura)
- Fidelidad de la compuerta

Compuerta:

Modificación del sistema a través de parámetros externos
para replicar un comportamiento esperado.

¿Cómo se aplican?

Pulsos controlados (campos eléctricos/magnéticos, láseres, etc.)

Implementaciones físicas de qubits

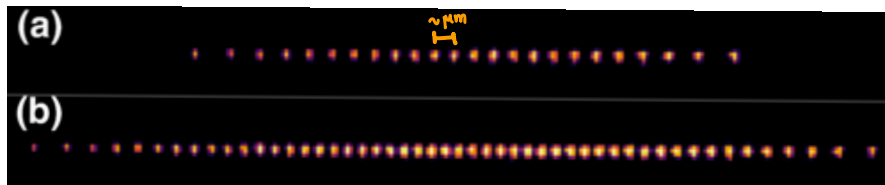
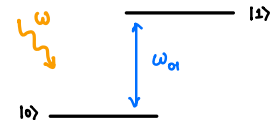
Iones atrapados y átomos neutros

- IonQ Quantum Systems
- Honeywell Quantum Computer
- Alpine Quantum Technologies

Estos sistemas se desarrollan en cámaras de ultravacío.

Ion (átomo cargado)
Átomo neutro (átomo no cargado)

¿Dónde está el qubit? En los estados
del átomo.



Ventajas:

- Todos los átomos son idénticos y hay muchos.
- No hay ruido ambiental \rightarrow Menos decoherencia.
- Se pueden manipular a nivel individual.

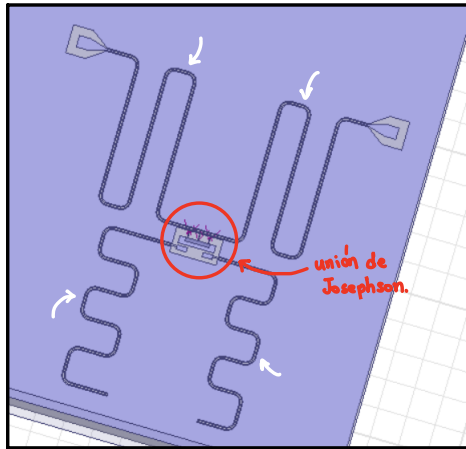
Desventajas:

- Opera en entornos altamente controlados.
 - \hookrightarrow Cámara de vacío, temperaturas bajas.
- Escalabilidad lenta.
 - \hookrightarrow Implementar componentes ópticos y electrónicos es cada vez más difícil.

Circuitos superconductores

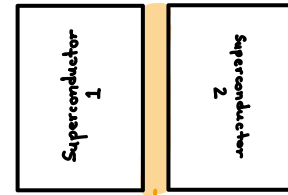
- IBM Quantum System One
- Google Sycamore
- Rigetti Aspen-9
- D-Wave Advantage

Se agregan elementos con materiales superconductores. De ahí viene el hecho de que un circuito sea una plataforma para qubits.



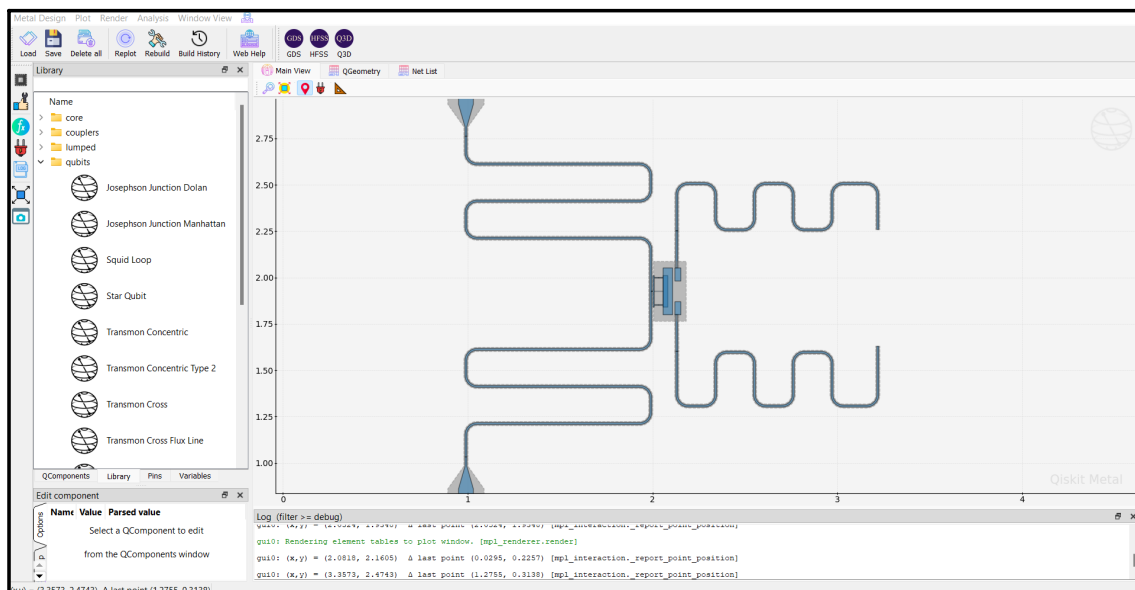
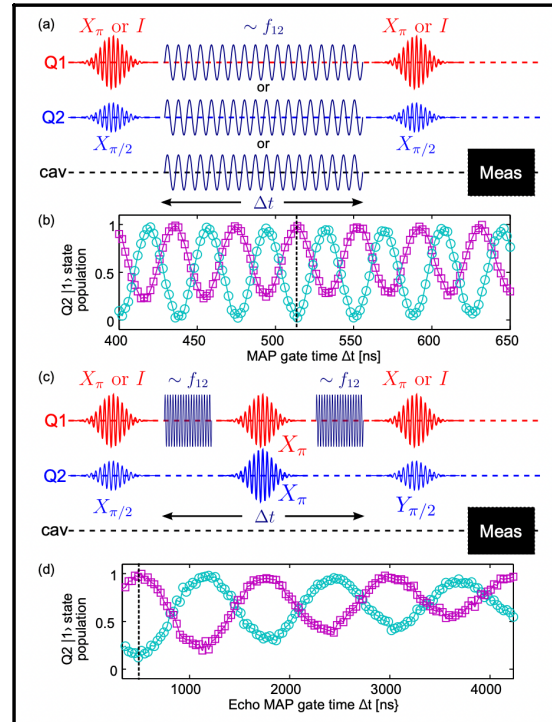
Imágenes del diseño del circuito superconductor en Qiskit-Metal.

Unión de Josephson



Aplicación de una compuerta con pulsos de microondas.

Barrera aislante



Ventajas:

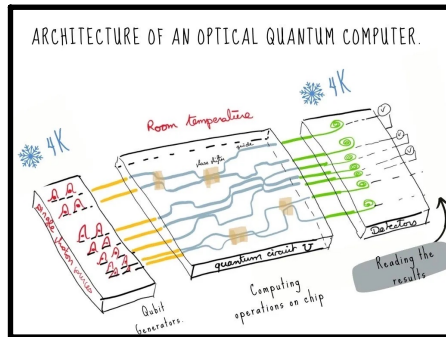
- Modelo muy maleable para implementar qubits y compuertas.
- Aprovecha avances tecnológicos previos (semiconductor microfabrication process).
 - ↳ Tecnología de chips para computación clásica.
 - ↳ Muy buena escalabilidad.
- Se manipulan con pulsos de microondas.
- Alta fidelidad en las compuertas.

Desventajas:

- El proceso de preparación del estado inicial es un poco tardado.
- La tecnología no es intrínsecamente idéntica. Se debe manufacturar cada qubit.
- Opera en bajas temperaturas.
- Susceptible al ruido ambiental.

Cómputo cuántico con sistemas ópticos

- X d' B l
- ana us crea is
- PsiQuantum



Arreglos ópticos con luz no clásica