



Qubits: La Base de la Computación Cuántica

Una introducción fundamental para entender el futuro de la computación.

Introducción al Qubit

Bit Clásico

La unidad fundamental de la computación tradicional, un bit, solo puede existir en un estado definido en un momento dado: 0 o 1. Esta certeza es la base de todos los sistemas digitales que conocemos.



Qubit (Quantum Bit)

El qubit, en contraste, puede ser 0, 1 o una combinación de ambos simultáneamente. Este fenómeno, conocido como superposición, permite al qubit almacenar mucha más información que un bit clásico y es la clave del poder de la computación cuántica.

Representación matemática: $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, con la restricción de probabilidades normalizadas: $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$.



¿Cuál es la Diferencia?

Exploramos las distinciones fundamentales entre el bit clásico y el qubit.

CARACTERÍSTICA	BIT CLÁSICO	QUBIT
Estado posible	0 o 1	Superposición de 0 y 1
Número de valores	1 valor	Múltiples valores (probabilísticos)
Información	Discreta	Continua (en la esfera de Bloch)
Medición	Sin cambio	Colapsa a 0 o 1
n unidades representan	2^n valores	2^n estados simultáneamente (en teoría)

Superposición Cuántica



Combinación Lineal

Un qubit puede existir como una combinación de sus estados base $|0\rangle$ y $|1\rangle$. Esto significa que puede estar en múltiples "lugares" a la vez, lo que es imposible para un bit clásico.



Analogía de la Moneda

Imagina una moneda girando en el aire. Hasta que cae, no es ni "cara" ni "cruz", sino una superposición de ambas posibilidades. Al caer (medir), colapsa a un estado definido.



Probabilidades

Al medir un qubit en superposición, obtenemos un estado u otro con cierta probabilidad. Por ejemplo, un estado $|+\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2}$ tiene 50% de probabilidad de ser 0 y 50% de ser 1.



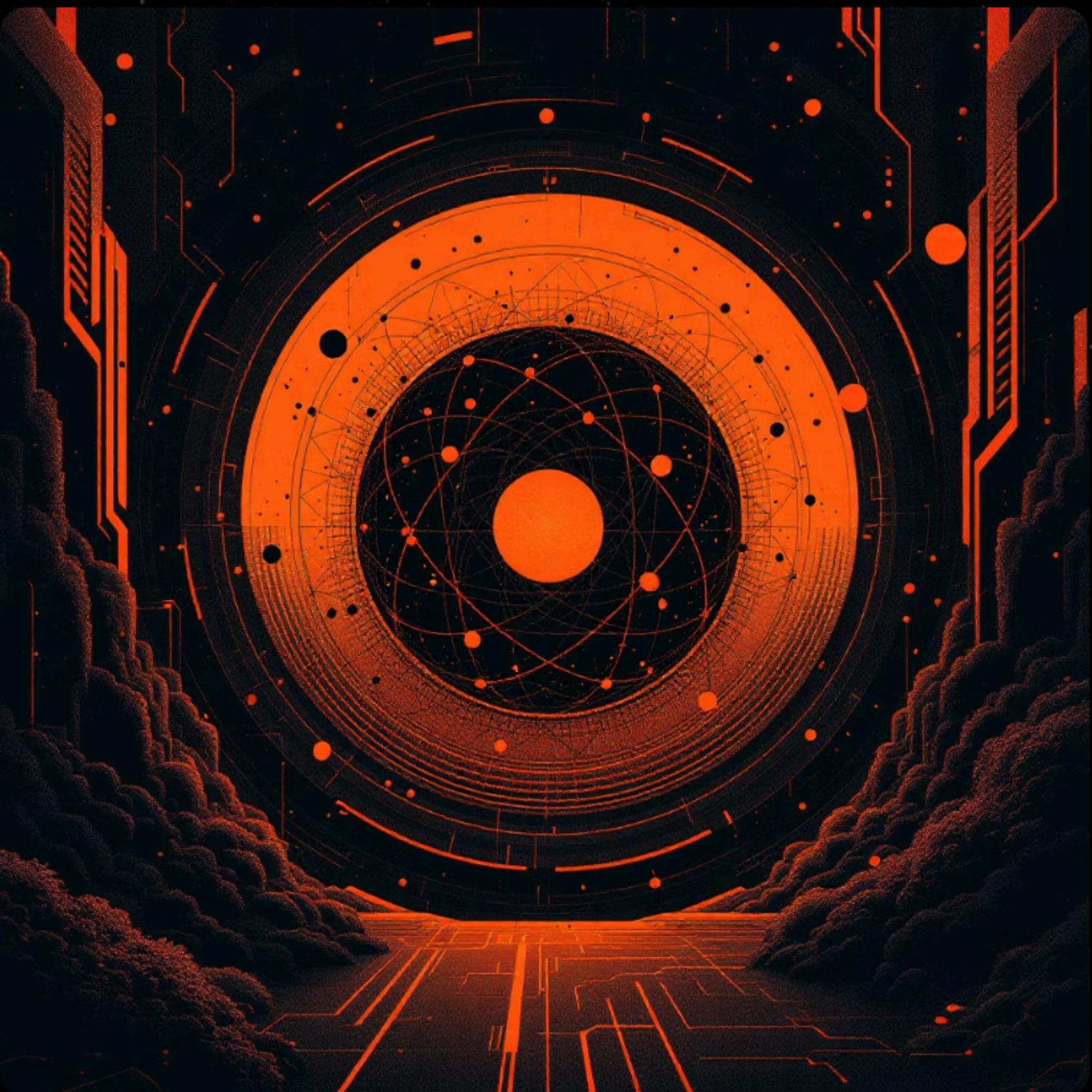
Colapso de Onda

El acto de medir un qubit destruye su superposición, forzándolo a elegir un estado clásico (0 o 1). Este "colapso" es un aspecto fundamental y contraintuitivo de la mecánica cuántica.

Visualización del Qubit: Esfera de Bloch

La Esfera de Bloch es una representación geométrica crucial para entender el estado de un qubit. Cada punto en la superficie de la esfera corresponde a un estado cuántico único.

- **Eje Z:** Representa los estados base $|0\rangle$ (polo norte) y $|1\rangle$ (polo sur).
- **Ejes X e Y:** Ilustran los estados de superposición.
- **Punto Ecuatorial:** Corresponde a la máxima superposición posible, donde las probabilidades de ser $|0\rangle$ o $|1\rangle$ son iguales.
- Las rotaciones en la esfera de Bloch son análogas a las operaciones (puertas cuánticas) que aplicamos a los qubits, modificando su estado.



¿Qué Sucede Cuando Medimos?

Colapso Irreversible

La medición de un qubit es un proceso fundamental y, una vez realizada, es irreversible. El estado de superposición del qubit colapsa a un estado clásico, ya sea $|0\rangle$ o $|1\rangle$.

Pérdida de Información

Una vez que el qubit ha sido medido, toda la información sobre su estado de superposición original se pierde. No se puede revertir el proceso ni recuperar el estado cuántico previo.

Probabilidades Definidas

La probabilidad de que el qubit colapse a $|0\rangle$ o $|1\rangle$ está directamente relacionada con los coeficientes α y β de su estado de superposición antes de la medición.

Bases de Medición

Podemos elegir diferentes "bases" para realizar la medición (por ejemplo, las bases Z, X o Y), lo que influye en cómo se interpreta el estado colapsado del qubit.

Operaciones sobre Qubits: Puertas Cuánticas

Las puertas cuánticas son el equivalente a las puertas lógicas en la computación clásica, pero operan sobre qubits, permitiendo manipulaciones complejas de los estados cuánticos.



Hadamard (H)

Crea superposición. $H|\theta\rangle = |+\rangle$



Pauli X (NOT)

Invierte el estado. $X|\theta\rangle = |1\rangle$



Pauli Y y Z

Realizan rotaciones específicas en la esfera de Bloch.



Rotación (Rx, Ry, Rz)

Permiten rotar el estado del qubit por un ángulo θ alrededor de un eje específico.



- Todas estas puertas son unitarias y, por lo tanto, reversibles, lo que las diferencia fundamentalmente de las puertas lógicas clásicas.

Laboratorio: Hello Qubit

Un ejemplo práctico con Qiskit para crear y medir un qubit en superposición.

```
from qiskit import QuantumCircuit, Aer, execute

# Crear circuito con 1 qubit y 1 bit clásico
qc = QuantumCircuit(1, 1)

# Aplicar puerta Hadamard (crea superposición)
qc.h(0)

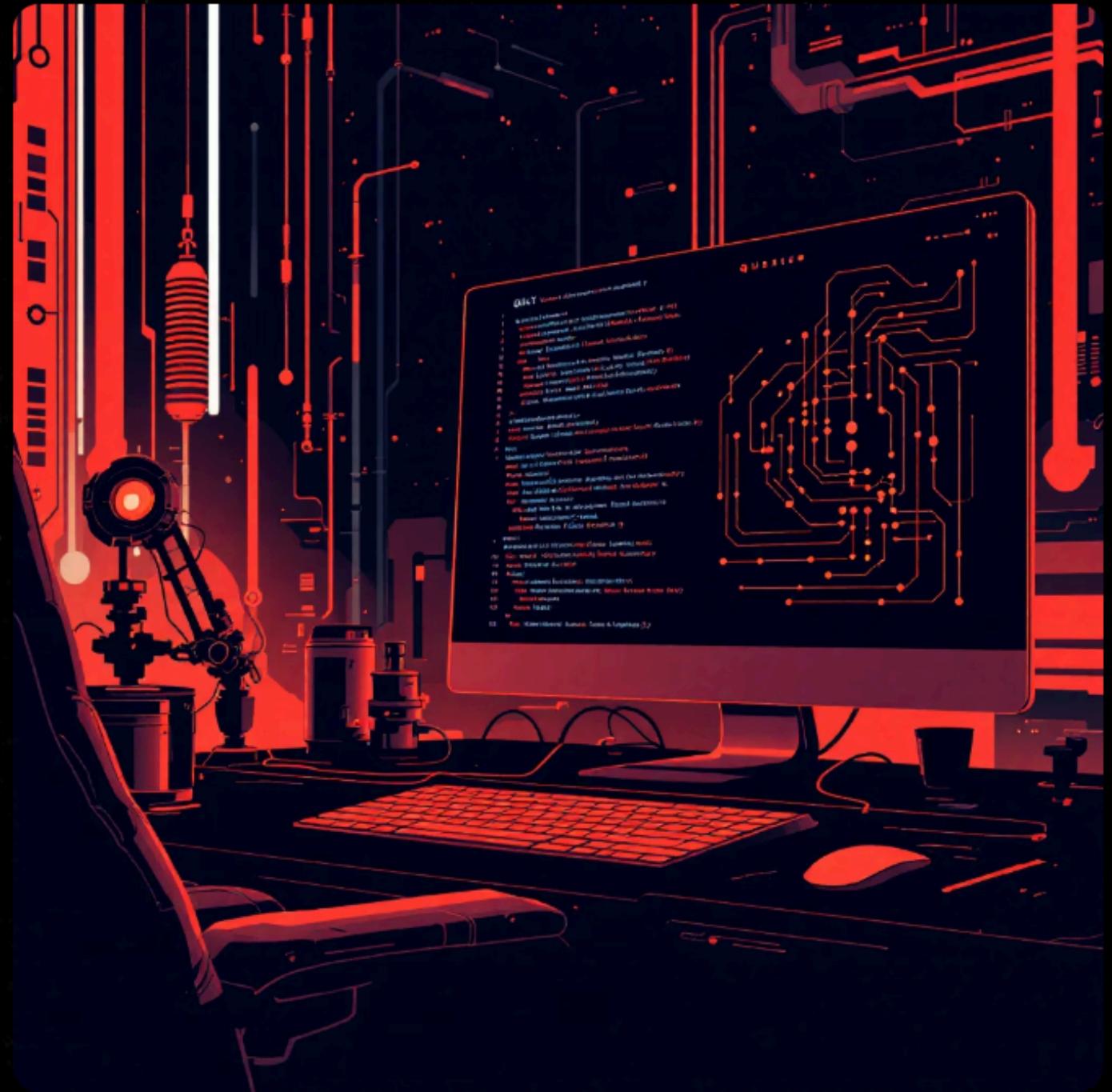
# Medir el qubit
qc.measure(0, 0)

# Ejecutar 1024 veces
backend = Aer.get_backend('qasm_simulator')
job = execute(qc, backend, shots=1024)
result = job.result()
counts = result.get_counts(qc)

# Imprimir resultados
print(counts)
```

Resultado Esperado:

Al ejecutar este código, el resultado mostrará aproximadamente {'0': 512, '1': 512}, demostrando cómo la superposición produce resultados probabilísticos al medir.



Este simple código ilustra cómo la puerta Hadamard crea una superposición, resultando en probabilidades casi iguales de obtener 0 o 1 al medir.

Múltiples Qubits: El Poder Exponencial

La verdadera potencia de la computación cuántica reside en la capacidad de escalar con múltiples qubits.

2

1 Qubit

$2^1 = 2$ estados posibles

4

2 Qubits

$2^2 = 4$ estados posibles

8

3 Qubits

$2^3 = 8$ estados posibles

2^n

n Qubits

2^n estados simultáneamente

Este **paralelismo exponencial** es lo que permite a los ordenadores cuánticos resolver problemas que son intratables para los superordenadores clásicos.

Por ejemplo, **300 qubits** pueden representar 2^{300} estados diferentes simultáneamente, un número que es mayor que el número de átomos estimados en el universo observable. Esta capacidad es el corazón de la ventaja cuántica.

