

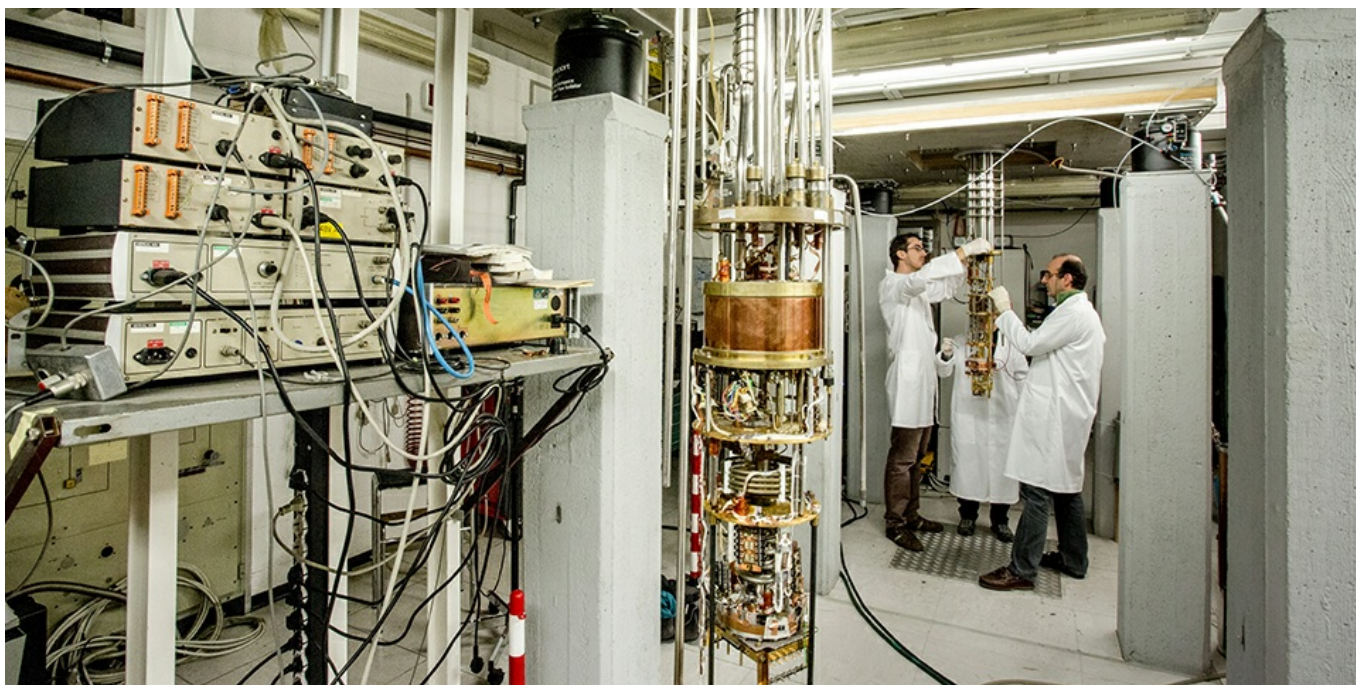
Oltre la supremazia quantistica

✍ A. Giachero 📅 30-11-2020 🔗 <http://www.primapagina.sif.it/article/1205>

I computer quantistici sono calcolatori che, anziché basarsi sugli assiomi della fisica classica, sfruttano le leggi della meccanica quantistica. Mentre nel mondo della computazione classica ogni bit è rappresentato da zero o uno (sistema binario), nell'ambito della computazione quantistica il qubit può essere zero o uno, o zero e uno contemporaneamente. Le sue applicazioni sono molteplici: dalle analisi di dati provenienti da esperimenti di fisica, alle applicazioni con un maggior impatto sulla società, tra cui lo sviluppo di nuovi farmaci, le analisi diagnostiche, la trasmissione dei dati, la crittografia e lo studio dei mercati economici.

Nel dicembre 2019 Google ha annunciato di aver ottenuto la supremazia quantistica ("quantum supremacy") dimostrando come Sycamore - il suo processore quantistico composto da 53 qubit - riesca a compiere in pochi minuti un'azione che un computer classico svolgerebbe in almeno 10 mila anni. Non significa che i computer quantistici siano pronti per sostituire quelli classici, questo accadrà solo quando si otterrà il vantaggio quantistico ("quantum advantage"), ovvero quando i calcoli eseguiti da un processore quantistico saranno in grado di realizzare applicazioni utili e concrete. Perché questo accada occorre un aumento del numero di qubit di almeno uno o due ordini di grandezza.

I qubit sono attualmente letti attraverso linee a microonde dove i segnali che ne codificano lo stato sono amplificati da particolari dispositivi, detti amplificatori parametrici, basati su giunzioni Josephson (Josephson Parametric Amplifiers, JPA). Questi sono dispositivi superconduttivi in grado di mantenere un alto guadagno con un rumore intrinseco bassissimo, ovvero il minimo rumore che si possa raggiungere, il cosiddetto rumore quantistico. Tali amplificatori sono, però, caratterizzati da una banda di lavoro in frequenza molto stretta e questo implica che ognuno di questi possa amplificare il segnale proveniente da uno e un solo qubit. Questa configurazione è sicuramente soddisfacente per leggere 50 qubit ma rappresenta un problema tecnologico se si intende passare a 500 o 1000 qubit.



Dettaglio del refrigeratore a diluizione. Questo apparato viene utilizzato per portare i dispositivi superconduttivi e quantistici a temperature criogeniche, ovvero prossime allo zero assoluto. A queste temperature i dispositivi quantistici e superconduttivi, tra cui gli amplificatori parametrici, hanno le migliori prestazioni.

Il progetto "Dart Wars" ("Detector Array Readout with Traveling Wave AmplifierS") finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), e che vede coinvolte le Sezioni di Milano-Bicocca, Lecce, il gruppo collegato di Salerno della Sezione di Napoli, i Laboratori Nazionali di Frascati e il TIFPA di Trento, ha come obiettivo lo sviluppo in tre anni di

innovativi amplificatori superconduttivi parametrici a "onda viaggiante" (Travelling Wave Parametric Amplifiers, TWPA), ossia dispositivi che sfruttano le proprietà squisitamente quantistiche della superconduzione per amplificare debolissimi segnali nelle microonde in un ampio range di frequenze. Grazie a queste caratteristiche sarà possibile verificare lo stato di matrici di qubit sfruttando un'unica linea di lettura, semplificando notevolmente l'apparato criogenico che gestisce il calcolatore quantistico.

Le applicazioni dei TWPA non si limitano ai calcolatori quantistici, ma includono l'amplificazione di segnali prodotti da sensori quantistici ultrasensibili o da rivelatori di particelle a bassa temperatura per esperimenti di fisica fondamentale (assioni, materia oscura, fisica del neutrino).

Le attività che verranno sviluppate all'interno del progetto "Dart Wars" hanno forti sinergie con il progetto americano SQMS (Superconducting Quantum Materials and Systems Center), di cui l'INFN fa parte come unico partner non statunitense del progetto.



Andrea Giachero - È ricercatore presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca e associato presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Dal 2020 è Responsabile Nazionale del progetto Dart Wars e membro del progetto SQMS, entrambi nell'ambito delle tecnologie quantistiche. Membro di diversi comitati editoriali e organizzativi per conferenze internazionali, è autore di circa 180 pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali e atti di convegni.