

# “Quantum computing”

**Roma, 16 settembre 2025**

Università degli Studi Roma Tre Sala Conferenze dei Dipartimenti di  
Ingegneria, via Vito Volterra 62 - Palazzina B

## ABSTRACT DEGLI INTERVENTI

### Introduzione al Quantum Computing

**Giuseppe Di Battista**, Università Roma Tre

Lo scopo dell'intervento è quello di introdurre gli elementi fondamentali del quantum computing, al fine di rendere il più possibile comprensibili i contributi che si susseguiranno nel corso della giornata.

### I progressi delle maggiori aziende

#### 1. Una strada verso i computer quantistici con correzione degli errori

**Federico Mattei**, IBM Quantum

I computer quantistici sono calcolatori che sfruttano le leggi della meccanica quantistica per eseguire calcoli non risolvibili dai computer. Negli ultimi anni si è arrivati ad un ottimo livello di sviluppo dei computer quantistici che ne ha dimostrato l'utilità in alcuni ambiti di ricerca. Si parla infatti di “quantum utility” che può essere raggiunta utilizzando i computer quantistici insieme a supercomputer tradizionali che li supportano nell'esecuzione dei calcoli e nella mitigazione degli errori.

IBM, in base alla sua roadmap di sviluppo tecnologico che viene aggiornata ogni anno, sta lavorando alla realizzazione di sistemi quantistici con correzione degli errori che saranno resi disponibili dal 2029. Sarà tuttavia possibile dimostrare il vantaggio quantistico, ovvero la possibilità da parte di un computer quantistico di effettuare calcoli non simulabili da sistemi tradizionali, anche prima di quella data per alcuni domini di ricerca.

Per poter programmare i computer quantistici è necessario un linguaggio di programmazione che permetta di riscrivere le applicazioni in modo da sfruttare il vantaggio introdotto da queste nuove macchine. A questo scopo IBM ha realizzato e reso disponibile in modalità open source Qiskit, uno tra gli strumenti di programmazione di computer quantistici più utilizzato al mondo.

I computer quantistici promettono di portare vantaggi principalmente negli algoritmi di ottimizzazione, intelligenza artificiale e simulazione di sistemi naturali e di nuovi materiali.

La computazione quantistica tuttavia risolverà anche problemi matematici complessi che vengono sfruttati per attività crittografiche. A questo scopo IBM Research ha dato il suo contributo alla ricerca portata avanti dal NIST (National Institute for Standard and Technologies) statunitense, per far avanzare a livello mondiale la protezione dei dati criptati da futuri attacchi quantistici.

Lo sviluppo della computazione quantistica arriverà presto a produrre di calcolatori in grado di portare grandi vantaggi a chi sarà in grado di utilizzarli sia in termini di miglioramenti in vari ambiti della ricerca e della produzione industriale. Sarà fondamentale lavorare insieme per creare nuove competenze che permettano all'Italia di sfruttare per prima i vantaggi di questa tecnologia, facendosi allo stesso tempo trovare pronta ad affrontare possibili futuri attacchi cibernetici basati su tecnologie quantistiche.

## 2. Applicazioni della computazione quantistica in banca

**Davide Corbelleto**, *Distinguished Quantum Specialist & Team Leader di Intesa San Paolo*

I principali argomenti dell'intervento sono:

- spiegare le ragioni per le quali una banca – e, più in generale, chi opera nei servizi finanziari dovrebbe iniziare ad occuparsi di quantum computing;
- fornire una panoramica dei possibili ambiti di impiego della tecnologia nel ramo dei servizi finanziari
- raccontare l'esperienza avviata sul tema in Intesa Sanpaolo, descrivendo obiettivi ed attività del suo Centro di Competenza all'interno dell'Area di Governo Data, AI & Technology.

## 3. Una svolta innovativa: Majorana 1

**Giancarlo Sudano** Microsoft

*Microsoft Majorana 1* rappresenta un punto di svolta per il quantum computing. Il primo chip topologico al mondo in grado di garantire scalabilità e correzione d'errore nativa grazie ai qubit basati sulle ipotesi del grande fisico italiano Ettore Majorana.

Dalle nuove prospettive per l'hardware fault-tolerant alle applicazioni dirompenti in simulazione, ottimizzazione, chimica e fisica dei materiali, Majorana 1 apre la strada a una nuova generazione di calcolo quantistico capace di incidere concretamente sulle sfide globali del pianeta.



## Il ruolo delle Università e dei Centri di Ricerca

### 1. Panoramica sullo scenario italiano e sulle opportunità e sfide future per l'ecosistema nel campo del quantum computing

**Paolo Cremonesi**, *docente del Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano*  
**Marina Natalucci**, *ingegnere gestionale del Politecnico di Milano*

Il Politecnico di Milano ricopre diversi ruoli nell'ecosistema del Quantum Computing italiano. In particolare, co-coordina le attività dello Spoke 10 su Quantum Computing del Centro Nazionale su HPC, Big Data e Quantum Computing e detiene un Osservatorio Quantum Computing & Communication che da 5 anni fotografa l'industria a livello italiano e internazionale con uno studio di mercato annuale. Nel 2025, l'Osservatorio ha realizzato una ricerca con il Ministero delle Imprese e del Made in Italy sulle prospettive industriali per l'Italia in questo ambito, supportando con le proprie analisi le scelte istituzionali sul tema. L'intervento fornirà una panoramica sullo scenario italiano e sulle opportunità e sfide future per l'ecosistema.

### 2. Hardware del computer quantistico a piattaforma superconduttiva

**Francesco Tafuri**, *Centro di computazione quantistica superconduttiva dell'Università degli Studi di Napoli Federico II*

Il seminario è dedicato all'hardware del computer quantistico a piattaforma superconduttiva, alla filiera di conoscenze e tecnologie sulle quali si basa e che al tempo stesso alimenta, e alla profonda correlazione attualmente indispensabile fra l'informazione quantistica e il suo hardware. Il focus è sul Centro di Computazione Quantistica Superconduttiva Italiano che abbiamo creato presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II sulla base di consolidate competenze in elettronica quantistica superconduttiva, con una filosofia progettuale basata sulla modularità e sull'integrabilità del sistema in tutte le sue parti, a livello sia hardware sia software. Questo approccio garantisce ampi margini di autonomia e rapidità nell'evoluzione del computer quantistico nel tempo, e permette di intervenire direttamente su ogni componente della macchina quantistica, rendendo possibile un'analisi accurata indipendente dalle prestazioni e dal comportamento di algoritmi quantistici.

Il Centro dispone di un sistema unico in Italia, composto da vari criostati ed elettronica di misura per il controllo e la lettura di qubit superconduttivi, competitivo a livello internazionale e vede nel computer quantistico "Partenope" a 25 qubit la sua punta di diamante, attualmente in espansione a 64 qubit, finanziata dal Centro Nazionale ICSC per l'High-Performance, Big Data and Quantum Computing. Questa infrastruttura include un

indotto di competenze di frontiera sulla computazione quantistica con piattaforma a stato solido, dalla progettazione dei sistemi, dei componenti e dei circuiti (dai qubit ai processori e ai sistemi di read-out e di controllo) alla misura, alla realizzazione di protocolli e di algoritmi quantistici, al funzionamento dei processori modulari a multi-qubit, in sinergia con l'ecosistema quantistico italiano e in collaborazione con diverse industrie leader mondiali nel settore della computazione quantistica.

### **3. Il mondo del quantum e la didattica: quantum computing, communication e sensing**

**Marco Barbieri**, *Docente Università RomaTre*

*Lo sviluppo delle tecnologie quantistiche sta attraversando una fase di intensa crescita, non solo per via di finanziamenti e sostegno più importanti, ma anche perché si è introdotto un nuovo modo di concepirle, più mirato a realizzare vere applicazioni.*

*D'altra parte, tra i motori della ricerca fondamentale c'è il guardare a questi problemi con uno sguardo d'insieme che sappia trovare sinergie e risonanze tra applicazioni che sembrano separate.*

*In questo talk parleremo dei progressi compiuti nei laboratori di ricerca di Roma Tre per coniugare comunicazioni e sensoristica quantistiche. Il progetto è in fase esplorativa, ma potrebbe portare alla possibilità di operare misure sicure da remoto, utili per la biometria.*

### **4. Comunicazioni e sensing: cercare una sinergia tra tecnologie quantistiche**

**Bartolomeo Montrucchio**, *docente di Sistemi di Elaborazione dell'Informazione presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino.*

Le tecnologie quantistiche si stanno diffondendo in modo significativo, iniziando ad interessare anche il mondo dell'industria. Parallelamente comincia a manifestarsi la necessità di avere persone formate in modo opportuno direttamente a livello di laurea magistrale. In particolare il Politecnico di Torino ha attivato nel 2022 un Master di II livello in Quantum communication and computing e nel 2023 la prima laurea magistrale in Italia in Quantum Engineering, focalizzata sulle tecnologie quantistiche da un punto di vista ingegneristico.

L'intervento si focalizzerà pertanto sulla presentazione delle iniziative didattiche in ambito Quantum del Politecnico di Torino, ma anche in generale in ambito italiano e parzialmente anche internazionale.

## Investimenti nel Settore Quantistico

**Danilo Collevocchio**, Presidente Commissione Quantum Computing (CDTI)

Il Quantum Computing e i sistemi quantistici hanno già oggi, e avranno sempre di più in futuro, un enorme impatto sulla vita quotidiana delle persone, sul lavoro, sullo studio, sulle aziende e sulle pubbliche amministrazioni.

Nell'anno 2024, gli investimenti internazionali in Quantum Computing e in sistemi quantistici sono stati di 42 miliardi di Euro. Nell'anno 2025 gli investimenti strategici nel settore quantistico supereranno i 100 miliardi di Euro.

Nel triennio 2025-2027 gli investimenti nel settore quantistico riguarderanno:

- computer quantistici e sistemi quantistici;
- applicazioni quantistiche.

Le società che hanno già sviluppato, almeno a livello di prototipi, computer quantistici e sistemi quantistici sono: AMAZON WEB SERVICES, ATOM COMPUTING, D-WAVE QUANTUM, GOOGLE, IBM, INTEL, IQM QUANTUM COMPUTERS, MICROSOFT.

Le principali applicazioni quantistiche dipendono dalle strategie degli attori agenti a livello internazionale, e anche dall'incontro tra domanda e offerta.

Le principali applicazioni quantistiche sono nel campo della difesa, della sicurezza, della sicurezza digitale, della salute, del welfare, della comunicazione, dell'intelligenza artificiale, dei sensori, delle simulazioni, della logistica, nello sviluppo di nuovi materiali, nella transizione energetica, nella transizione ecologica, nella transizione digitale-quantistica, nei data center, nei sistemi industriali, nei sistemi finanziari-bancari-assicurativi, nelle biotecnologie, nello sviluppo di nuovi farmaci, nell'ingegneria, nell'informatica, nella fisica, nella chimica e nei sistemi complessi con l'obiettivo di risolvere i principali problemi dell'umanità.

## La ricerca in Europa per il Quantum Computing

### 1. Lo "Zoo" delle Piattaforme Quantistiche: Chi Emergerà Vincitore?

**Dario Denora**, *Qutech, TU Delft*

Negli ultimi decenni, diverse piattaforme si sono affermate nel campo della computazione quantistica. Questo sviluppo ha avuto origine principalmente nei laboratori di ricerca internazionali, dove le dimostrazioni dei principi fondamentali dei rispettivi qubit hanno gettato le fondamenta per la nascita di organizzazioni più strutturate, come aziende e start-up. Ogni attore coinvolto in questa competizione tecnologica basa il proprio successo su idee innovative e sui finanziamenti necessari per la loro implementazione.

Parallelamente, gli investimenti nel settore quantistico hanno registrato una notevole espansione in Europa e nel resto del mondo; nazioni come Paesi Bassi, Spagna, Francia, Germania, Danimarca e Svezia, ad esempio, stanno dedicando ingenti risorse alla ricerca e allo sviluppo in quest'area.

La maggior parte delle attuali piattaforme quantistiche richiede strumentazioni altamente specializzate, come frigoriferi a diluizione per operare a temperature criogeniche (inferiori a 1 Kelvin), oppure complessi banchi ottici e optical tweezers. Tali configurazioni sperimentali necessitano di competenze quotidiane e di una manutenzione costante per garantire l'operatività degli esperimenti.

Un confronto quantitativo diretto tra le varie piattaforme risulta spesso fuorviante, poiché ogni organizzazione tende naturalmente a enfatizzare i propri punti di forza per alimentare il ciclo di investimenti e aspettative. La realtà è che, ad oggi, non esistono ancora indicazioni definitive su quale piattaforma si dimostrerà la più promettente, né su quanto tempo sarà effettivamente necessario per realizzare il primo computer quantistico di comprovata utilità pratica.

Un criterio qualitativo fondamentale per il confronto è la scalabilità intrinseca di ciascuna piattaforma. Questa, tuttavia, deve essere attentamente valutata in relazione a diversi ordini di grandezza nel numero di qubit.

## 2. L'approccio della tecnologia a semiconduttori

**Giovanni Francesco Dotallevi**, *Università di Augsburg*

Un approccio particolarmente interessante per realizzare computer quantistici sfrutta le cosiddette "lacune" (o hole) in dispositivi a base di germanio e silicio. Al posto di elettroni, si prende in considerazione lo spazio vuoto che esso lascia nel reticolo cristallino quando un elettrone viene rimosso: questa lacuna si comporta come una piccola particella dotata di proprietà quantistiche e può essere controllata attraverso semplici segnali elettrici, eliminando la necessità di grandi magneti o componenti complessi.

Un punto di forza di questa tecnologia consiste nella straordinaria compatibilità con i processi industriali già in uso per i transistor di silicio: i chip in germanio (e silicio) possono infatti essere prodotti su larga scala seguendo metodi consolidati, con costi e tempistiche analoghe a quelle dell'elettronica tradizionale. Questo apre la strada alla realizzazione di matrici molto compatte e ad alta densità di qubit sullo stesso wafer, avvicinando sempre più la prospettiva di grandi reti di computer quantistici basati su semiconduttori.

Durante il seminario saranno illustrati i principali passaggi per creare questi dispositivi, dalle fasi di fabbricazione dei minuscoli "pozzetti" di germanio alla verifica sperimentale della loro stabilità e della capacità di comunicazione reciproca, con uno sguardo alle opportunità di integrazione su vasta scala nei futuri sistemi quantistici

### 3. Algoritmi quantistici: uno sguardo alle applicazioni e al vantaggio quantistico

**Davide Binoletto**, Università di Augsburg

I computer quantistici promettono di rivoluzionare molti dei processi informatici più intensivi in termini di costi e di tempo di calcolo. I processi che sfruttano queste nuove architetture sono detti algoritmi quantistici. Questa presentazione è volta a comprendere quali sono gli algoritmi più rilevanti e in che modo questi possono portare ad un vantaggio quantistico.

Le due grandi classi di algoritmi si distinguono dall'hardware per cui sono stati progettati. Da un lato gli hardware di grandi dimensioni fault-tolerant, non ancora sviluppati, dall'altra gli hardware di piccole dimensioni e affetti da errore, già in produzione.

Tra gli algoritmi più famosi ci sono l'algoritmo di Shor, che permette di calcolare i fattori primi di un qualsiasi numero, e l'algoritmo di Grover, che permette di cercare all'interno di un database.

Un'altra applicazione rilevante è lo studio di molecole e materiali, ovvero i sistemi che seguono intrinsecamente le regole della meccanica quantistica. L'idea originale di computer quantistico di Richard Feynman era infatti quella di "una simulazione esatta, che il computer si comporterà esattamente come fa la natura".

Altre applicazioni riguardano l'accelerazione dell'allenamento di algoritmi di machine learning e l'analisi di proprietà e variabili del campo finanziario.

L'obiettivo di questa presentazione è di portare a conoscenza questo zoo di algoritmi anche a chi non esperto del settore e gettare luce sulle possibili opportunità di sviluppo e criticità.

### 4. HPC e Quantum Computing: nemici o alleati? Il caso delle simulazioni quantistiche

**Andrea D'Urbano**, Università del Salento

I computer quantistici promettono di rivoluzionare scienza e tecnologia, ma le loro attuali limitazioni ci spingono a un approccio strategico: integrare il calcolo quantistico con le mature tecnologie di calcolo ad alte prestazioni (HPC).

Questo approccio ibrido si sta dimostrando particolarmente promettente nella simulazione quantistica di sistemi complessi. Nel nostro intervento, esploreremo innanzitutto il concetto degli algoritmi ibridi quantistico-classici, mostrando come uniscono il meglio dei due mondi.



Illustreremo poi la loro potenza con un esempio concreto: un algoritmo ibrido per la simulazione dei cristalli temporali (uno stato esotico della materia).

L'obiettivo è dimostrare che, nonostante i computer quantistici non siano ancora maturi, la loro collaborazione sinergica con le risorse esistenti è già una realtà. Questa cooperazione tra HPC e Quantum Computing pone le basi per un nuovo paradigma ibrido nella simulazione quantistica, affrontando problemi scientifici di frontiera oggi stesso.

## **5. A cosa serve il quantum internet? Collaborazione distribuita e fiducia a distanza**

**Matteo Rosati**, Docente Università RomaTre

Con il crescente interesse verso la comunicazione quantistica su larga scala, ci si chiede sempre più spesso a cosa potrebbe servire davvero un quantum internet. In questo intervento esploreremo scenari in cui la comunicazione quantistica consente a utenti con capacità limitate di collaborare a distanza fra loro e con nodi più potenti, mantenendo riservatezza e controllo. Parleremo di come si possano compiere misure sensibili delegandole in modo sicuro, svolgere calcoli distribuiti senza fiducia completa, e collegare sensori o computer quantistici molto distanti per ottenere risultati irraggiungibili con mezzi classici. Questi esempi mostrano come la comunicazione quantistica possa abilitare nuove forme di cooperazione sicura e distribuita, andando oltre la semplice trasmissione di dati quantistici.

## **6. È tutto chiaro, ma nella pratica, cosa si fa ora con i computer quantistici?**

**Anita Camillini**, Quantum Computing Lab - CINECA

Molto si è detto sul potenziale rivoluzionario del quantum computing, ma cosa si fa oggi, concretamente, con un computer quantistico? Questo talk offre uno spaccato sulle attività attualmente in corso in ambito europeo, con particolare attenzione ai progetti che vedono l'Italia, e Cineca in particolare, protagonisti nello sviluppo di tecnologie e metodologie per l'integrazione tra calcolo classico e quantistico. Verranno presentati esempi reali di applicazione, dall'emulazione quantistica su HPC all'esecuzione di protocolli ibridi su piattaforme sperimentali, in collaborazione con le iniziative europee come EuroQHPC\_Integration e i Centri di Eccellenza. L'intervento illustrerà come questi ambienti di calcolo interagiscono oggi – ben lontani dal “quantum advantage”, ma già fondamentali per la formazione di competenze, la validazione di algoritmi e l'integrazione nei flussi di calcolo scientifico e industriale.

