

Centro Nazionale HPC, Big Data e Quantum Computing

Missione 4, Componente 2, Investimento 1.4 – Spoke 10

Codice progetto MUR: CN_0000013 - CUP: E63C22000980007



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II - DIPARTIMENTO DI
FISICA "ETTORE PANCINI"

Processore Quantistico Superconduttivo per il centro di High Performance Computing

Specifiche Generali:

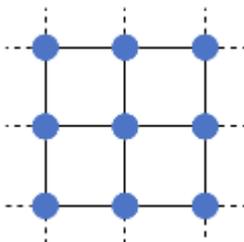
Unità di Processore Quantistico Superconduttivo con numero di qubit superiore a 30 per computazione quantistica ad alte prestazioni

Deve essere incluso un'unità di processore quantistico superconduttivo, un sistema adatto all'impacchettamento del dispositivo, inclusivo di sistema di schermaggio magnetico e radiativo, e una catena di amplificazione quantum-noise limited per la lettura ad alta fidelity dello stato dei qubit per l'implementazione di algoritmi quantistici ad elevate prestazioni.

Specifiche dettagliate:

Specifiche per l'Unità di Processore Quantistico Superconduttivo

- Il dispositivo deve includere un numero di qubit di tipo trasmeone superiore a 30, regolabili in flusso e accoppiati su una griglia bidimensionale quadrata, come nello schematico riportato di seguito:



- La connettività tra i qubit, come nel punto precedente, deve essere garantita da bus di risonatori superconduttivi ad alta frequenza, con una forza di accoppiamento >5 MHz
- Il 90% dei qubit sul chip deve avere un tempo di rilassamento T_1 minimo di $10 \mu\text{s}$, mentre il tempo di rilassamento medio deve essere $\geq 20 \mu\text{s}$

- Le frequenze dei qubit devono cadere nell'intervallo compreso tra 4,5 e 7 GHz, compatibilmente con il sistema criogenico e a temperatura ambiente disponibile presso il laboratorio di Computazione Quantistica del Dipartimento di Fisica "E. Pancini" dell'Università di Napoli "Federico II".
- Le frequenze dei risonatori di lettura devono cadere nell'intervallo compreso tra 6,5 e 8,5 GHz, compatibilmente con il sistema criogenico e a temperatura ambiente disponibile presso il laboratorio di Computazione Quantistica del Dipartimento di Fisica "E. Pancini" dell'Università di Napoli "Federico II".
- Il dispositivo deve garantire una lettura in multiplexing, tramite l'utilizzo di linee di trasmissione superconduttive sul chip (ad esempio, con un coupling a geometria notch). Il numero di linee di trasmissione non deve eccedere il numero massimo di linee di ingresso/uscita del criostato a diluizione Bluefors XLD1000 del laboratorio di Computazione Quantistica del Dipartimento di Fisica "E. Pancini" dell'Università di Napoli "Federico II", così come il numero di canali dell'elettronica a temperatura ambiente per il readout, ovvero un massimo di 8 linee di trasmissione.
- Il dispositivo deve garantire un controllo simultaneo dello stato dei qubit tramite linee di controllo superconduttive dedicate sul chip.
- Il dispositivo deve garantire regolabilità simultanea in flusso delle frequenze dei qubit tramite linee di flusso veloci RF superconduttive dedicate sul chip.
- La connettività della matrice bidimensionale quadrata deve garantire la possibilità di lavorare con meno qubit del massimo numero di qubit disponibili su chip (ovvero, di lavorare con sottografi per validazione della scalabilità del dispositivo), in termini del numero di linee di trasmissione e accoppiamento geometrico.
- Sono richieste soluzioni di cablaggio superconduttivo dell'unità di processore quantistico superconduttivo ben adattate a 50Ω , per il controllo e per le linee di trasmissione, che permettano di ridurre fenomeni di cross-talk. Possibili opzioni includono l'utilizzo di Vie Superconduttive Attraverso il Substrato (Through-Substrate-Vias - TSVs).

Schermaggio e alloggiamento personalizzato e configurato per il processore quantistico superconduttivo

- Il dispositivo deve essere chiuso in un alloggiamento criogenico che garantisce uno schermaggio radiativo ottimale, ridotto cross-talk tra le linee di controllo e modi spuri risonanti alle microonde al di sopra della banda di frequenza di lettura e controllo.
- Viene richiesto un dito freddo che consenta di ancorare meccanicamente e termicamente il portacampioni dell'unità di processore quantistico superconduttivo al piatto più freddo di un criostato a diluizione Bluefors XLD1000, ovvero deve coincidere con la griglia delle viti di ancoraggio della mixing chamber del criostato.
- Viene richiesto un set di schermi magnetici e radiativi compatibili con le dimensioni del dito freddo e con lo spazio disponibile sulla mixing chamber di un criostato a diluizione Bluefors XLD1000.
- Lo schermaggio e l'alloggiamento del dispositivo deve essere equipaggiato con cavi criogenici alle microonde a bassa perdita. Il numero di cavi deve essere compatibile con il numero totale di linee sul chip. Dal lato dell'unità di processore quantistico superconduttivo, un cablaggio compatto ad elevata densità, come ad esempio connettori di tipo Ardent, sono fortemente apprezzati. I connettori di uscita, d'altro canto, devono essere connettori SMA maschio, in modo da garantire un sistema chiavi-in-mano, compatibile con le linee criogeniche RF del criostato a diluizione Bluefors XLD1000 e l'elettronica criogenica disponibile in laboratorio (isolatori/circolatori standard, filtri passa-basso, bias-tees, tutti con connettori SMA femmina).

Amplificatori Josephson superconduttivi limitati da rumore quantistico (Quantum-Noise-Limited)

- Si richiedono 8 Amplificatori Parametrici Josephson ad Onda Viaggiante a dispersione ingegnerizzata (Dispersion Engineered Josephson Travelling Wave Parametric Amplifiers - TWPAs), da collegare all'output della linea di trasmissione di lettura per amplificazione limitata dal solo rumore quantistico.
- I TWPAs devono essere spediti già collegati elettricamente su una PCB, compatibile con le temperature tipiche di un sistema criogenico a diluizione, e racchiuso in un alloggiamento che garantisca ottimo schermaggio radiativo (ad esempio, utilizzando rame placcato in oro per l'alloggiamento).
- L'alloggiamento dei TWPA deve essere munito di un connettore di ingresso SMA femmina, e un connettore d'uscita SMA femmina.
- I TWPA devono essere funzionalmente simmetrici senza alcuna direzione preferenziale.
- La banda di amplificazione dei TWPA deve essere configurata di modo tale da essere compatibile con le frequenze dei risonatori di lettura dell'unità di processore quantistico superconduttivo.
- I TWPA devono avere una banda di lettura a bassa frequenza (Lower Readout Band - LRB) e una banda di lettura ad alta frequenza (Upper Readout Band - URB) da 0,5 a 1 GHz al punto di operazione ottimale.
- Il Guadagno medio del TWPA nel regime di frequenza della banda di lettura deve essere ≥ 16 dB.
- La Potenza della pompa dei TWPAs al dispositivo deve essere nel range -70 dBm a -55 dBm, compatibilmente con il sistema di elettronica a temperatura ambiente alle microonde e i tipici schemi di attenuazione disponibili nel sistema criogenico del laboratorio di Computazione Quantistica del Dipartimento di Fisica "E. Pancini" dell'Università di Napoli "Federico II".
- La Frequenza della pompa dei TWPAs al dispositivo deve essere nell'intervallo tra i 10 MHz a 12 GHz, compatibilmente con il sistema di elettronica a temperatura ambiente alle microonde disponibile nel laboratorio di Computazione Quantistica del Dipartimento di Fisica "E. Pancini" dell'Università di Napoli "Federico II".
- Il punto di compressione a 1 dB dei TWPA deve essere al di sopra di -110 dBm per il segnale d'ingresso.
- I ripple dei TWPA nella LRB/HRB (2σ) deve essere al di sotto di 5 dB.
- La perdita di inserzione media dei TWPA nella LRB/HRB deve essere minore di 10 dB.
- Si richiede un dito freddo che possa ancorare meccanicamente e termicamente i TWPA allo stadio più freddo di un criostato a diluizione Bluefors XLD1000, e separatamente dall'alloggio per l'unità di processore quantistico superconduttivo.
- Si richiede un set di schermi magnetici (ad esempio, μ -metal, cryoperm) compatibili con il dito freddo dei TWPA e le dimensioni standard del piatto della mixing chamber in un criostato a diluizione Bluefors XLD1000, ovvero deve coincidere con la griglia delle viti di ancoraggio della mixing chamber del criostato. Lo spazio massimo consentito occupato per l'alloggio dei TWPA deve essere compatibile con le dimensioni dell'alloggiamento dell'unità di processore quantistico superconduttivo.
- Lo schermaggio e l'alloggiamento deve includere cavi criogenici coassiali a bassa perdita. Il numero di cavi deve essere compatibile con il numero totale di ingressi/uscite dei TWPA, ovvero 16 cavi a bassa perdita. Le uscite dei connettori devono essere SMA maschio, per garantire la compatibilità con il sistema di linee RF criogenico in un criostato a diluizione Bluefors XLD1000, e l'elettronica criogenica disponibile nel laboratorio di Computazione Quantistica del Dipartimento di Fisica "E. Pancini" dell'Università di Napoli "Federico II" (isolatori/circolatori standard, filtri passa-basso, bias-tees, tutti con connettori SMA femmina).

Supporto hardware: gratis per i primi tre (3) anni dopo la consegna.

Tempi di consegna: dieci (10) mesi dopo la conferma dall'ordine.

Si richiede la fornitura di un'unità di processore quantistico superconduttivo con un numero di qubits superiore a 15, con le stesse specifiche riportate sopra, prima del tempo di consegna di dieci (10) mesi dopo la conferma dell'ordine (tra i 5 e i 7 mesi dopo la conferma dell'ordine), per cominciare a testare l'operabilità del sistema quantistico. L'unità di processore quantistico deve essere compatibile con il dito freddo, l'alloggiamento e gli schermi dell'unità di processore quantistico con un numero di qubit superiore a 30, riportata sopra.