

INFORMATIQUE QUANTIQUE : INTERACTIONS SYNTONISABLES POUR LA MISE EN ŒUVRE DE PORTES À DEUX QUBITS ET LA SUPPRESSION DES FAUX COUPLAGES VIA DES MODES DE COUPLEURS À PILOTAGE HORS RÉSONNANCE DANS UNE PUCE SUPRACONDUCTRICE



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA

t 819 821-7961

Un pas de plus vers l'ordinateur quantique – Architecture extensible en électrodynamique quantique en circuits (circuit-QED) via des micro-ondes à amplitude et à fréquence variables

Contexte

L'informatique quantique est sur le point de changer la façon dont nous résolvons des problèmes complexes et urgents. Plusieurs entreprises travaillent présentement dans ce domaine, allant des fournisseurs de « hardware » tels qu'IBM, Google et Amazon, aux fournisseurs de logiciels tel que Microsoft. Mettre à l'échelle la technologie des qubits supraconducteurs vers des nombres grandissants de qubits est possible, mais difficile. En fait, puisqu'aucune solution optimale à ce problème n'est connue à ce jour, des compromis entre les choix architecturaux doivent être faits. Sans surprise, les grandes entreprises ont emprunté différentes voies pour développer ces dispositifs. Les circuits quantiques supraconducteurs constituent une architecture « hardware » de premier plan pour la construction d'ordinateurs quantiques. La mise en oeuvre de ces processeurs implique la conception des qubits, qui sont utilisés pour stocker et traiter l'information quantique, ainsi que les méthodes pour connecter deux ou plusieurs qubits ensemble afin de rendre possible des portes à deux qubits.

Description

Cette invention est une collaboration entre le MIT à Boston et l'Université de Sherbrooke au Canada. L'invention consiste en une nouvelle méthode pour améliorer et/ou supprimer les interactions multi-qubits par l'application de la conduite des micro-ondes hors résonance aux modes de couplage qui connectent les qubits. La solution représente une nouvelle plateforme possible pour la réalisation d'opérations hautes-fidélités dans de grandes matrices de qubits en exploitant une cellule unitaire qui intègre des coupleurs pilotés par micro-ondes. Concevoir des interactions multi-qubits syntonisables en appliquant des moteurs hors résonance aux modes de coupleur pour i) mettre en œuvre des portes quantiques et ii) réprimer les couplages indésirables dans un processeur quantique supraconducteur. La connectivité qubit peut être réalisée par couplage direct ou par un mode de coupleur. Au prix d'une plus grande empreinte « hardware », les coupleurs peuvent aider à augmenter le ratio marche-arrêt du couplage prévu des deux qubits et à atténuer les problèmes liés à l'encombrement de la fréquence qubit dans les puces à grande échelle.

Cette méthode exploite l'effet suivant : en présence d'un syntoniseur de micro-ondes hors résonance agissant sur le mode coupleur, l'ampleur d'interaction « ZZ » entre les deux qubits peut atteindre des dizaines à des centaines de MHz à certaines fréquences du syntoniseur, et pour des forces de couplage typiques d'un coupleur de qubit. De plus, de tels régimes d'interaction ZZ peuvent être conçus en ajustant les paramètres du coupleur et des qubits, y compris leurs fréquences et leurs anharmonicités, afin de favoriser les conditions de fonctionnement souhaitées des portes, tout en évitant de fausser la syntonisation des transitions de qubit.

Suppression des interactions parasites – Un avantage crucial de cette approche est que les propriétés d'inactivité et de conduite du système peuvent être conçues indépendamment. Lorsque le système est inactif et que le syntoniseur est arrêté, les paramètres du système, qui deviennent fixes après la fabrication d'une puce, peuvent être choisis de telle sorte que les interactions parasites de deux qubits soient aisément réduites. Notre système offre un deuxième avantage notable. Parce que les interactions parasites qui sont actives en tout temps pendant que le système est inactif ne peuvent pas, dans la plupart des cas, être complètement supprimées, et parce que le signe et l'amplitude de la force d'interaction syntonisée sont contrôlés par les paramètres du syntonisateur, une syntonisation plus faible sur le coupleur peut être utilisée pour contrer les interactions statiques indésirables pendant que les qubits sont inactifs.

D'autres détails techniques sont disponibles ici :

- <https://www.physique.usherbrooke.ca/blais/wp-content/uploads/2022/04/2204.08098.pdf>

Applications

- Le processeur quantique supraconducteur pour l'ordinateur quantique.
- Le marché de l'informatique quantique connaît une croissance importante, qui devrait passer de 866 millions de dollars américains en 2023 à plus de 4,4 milliards de dollars d'ici 2028, à un TCAC de 38 %.
- Les qubits supraconducteurs occupent la première place par type de processeur quantique et devraient atteindre 966 millions de dollars d'ici 2026.
- Entreprises ciblées – IBM, Google, Amazon, Microsoft, autres.

Avantages techniques

- Une architecture à base de coupleurs avec des interactions « tout micro-ondes » peut amener des gains substantiels de fidélité des portes et contraindre la propagation d'erreurs cohérentes (et corrélées) qui sont très nuisibles au traitement de l'information quantique.
- Extensibilité – Les méthodes décrites peuvent être directement adaptées au cas multi-qubit.
- La méthode décrite est indifférente vis-à-vis la modalité du qubit et du coupleur.
- Solution « hardware » efficace pour la mise en œuvre de portes rapides et hautes-fidélités tout en étant capable de complètement découpler ces systèmes à leur point de fonctionnement inactif.
- Étant donné que les syntoniseurs de micro-ondes peuvent être syntonisés et désyntonisés à la demande, cette méthode peut activer des portes CZ rapides avec des ratios marche-arrêt potentiellement très élevés.
- Les qubits peuvent être exploités à leur fréquence optimale pour une cohérence élevée et être logés dans une bande de fréquences relativement large pour alléger les problèmes liés à l'encombrement des fréquences.

Mots clés

- Porte à deux qubits, coupleur à deux qubits, suppression de la diaphonie ZZ, porte CZ.

Maturité de la technologie (TRL)

- L'Université de Sherbrooke réalise les travaux théoriques et le MIT teste en laboratoire les dispositifs prototypes conçus. Un cycle théorique-expérimental s'ensuit alors.
- TRL 3-4 – Plusieurs prototypes ont été fabriqués et testés.

Propriété intellectuelle

- Brevet en instance aux États-Unis ; parution imminente.

Ce que nous recherchons

- Partenaires commerciaux
- Partenaires au développement
- Investissements
- Licences

Compagnies d'intérêt

- Google, IBM, Amazon, Microsoft, autres.

Chefs d'équipes de recherche





200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA
t 819 821-7961

- **Massachusetts Institute of Technology (MIT)** – Le professeur William Oliver est le directeur du Center for Quantum Engineering au MIT. Pr. Oliver est un chef de file dans la conception, la fabrication et la mesure expérimentale de qubits supraconducteurs.
- **Université de Sherbrooke** – Le professeur Alexandre Blais est directeur scientifique de l'Institut Quantique de l'Université de Sherbrooke et chef de file dans l'étude théorique des circuits supraconducteurs quantiques.

Contact Inventeurs

Professeur Alexandre Blais
Alexandre.Blais@USherbrooke.ca

Contact TransferTech Sherbrooke

François Nadeau
f.nadeau@transfertechn.ca
873 339-2028
www.transfertechn.ca

