

UN NOUVEAU COUPLEUR À ANHARMONICITÉ OPPOSÉE POUR LES PORTES DES ORDINATEURS QUANTIQUES

Enchevêtrement parfait et rapide sans diaphonie dans un circuit supraconducteur à couplage réglable.

Contexte

L'informatique quantique connaît depuis peu un certain nombre de succès importants dans le monde. En conséquence, plusieurs gouvernements à travers le globe ont mis en œuvre des stratégies quantiques nationales ces dernières années pour encourager la recherche et le développement dans ce domaine. Toujours en lien avec cet intérêt croissant, le marché de l'informatique quantique connaît une croissance annuelle de 30 % !

En exploitant les propriétés intrinsèques de la mécanique quantique, les ordinateurs quantiques apporteront des améliorations exponentielles pour résoudre des problèmes que les ordinateurs classiques ne pourront jamais résoudre. Les technologies quantiques auront un impact positif sur plusieurs secteurs économiques, tels que l'aérospatiale, les communications, l'énergie et les produits pharmaceutiques.

Le bit quantique, ou qubit, peut être mis en œuvre dans différents systèmes physiques régis par la mécanique quantique. L'un de ces systèmes est le circuit supraconducteur, objet de la présente invention.

Description

Cette invention est le fruit d'une collaboration entre l'université de Princeton et l'université de Sherbrooke au Canada. Il s'agit d'un nouveau dispositif destiné à être utilisé comme coupleur entre deux qubits, ce qui constitue une amélioration par rapport aux coupleurs existants pour les ordinateurs quantiques.

Les technologies actuelles nécessitent de multiples éléments de couplage et des qubits de fréquence rapprochée pour supprimer la diaphonie dans les portes à deux qubits. Cela entraîne un encombrement des fréquences et réduit le rendement des dispositifs utiles. Il existe une technologie permettant de supprimer la diaphonie entre des qubits réglables, mais ces qubits réglables ont des temps de cohérence inférieurs à ceux des qubits à fréquence fixe.

Les fortes interactions qubit-qubit sont cruciales pour la réalisation d'un ordinateur quantique évolutif. Présentement, les performances des "transmons" à haute cohérence sont limitées par la diaphonie croisée de Kerr ou "ZZ" indésirable. L'utilisation de l'interférence entre deux coupleurs a déjà permis d'atténuer la diaphonie ZZ. Nous proposons ici une nouvelle conception de coupleur réglable qui exploite l'interférence due aux niveaux d'énergie supérieurs pour obtenir un couplage ZZ statique nul entre les deux qubits. En se polarisant sur l'interaction ZZ nulle, nous réalisons un enchevêtrement parfait rapide avec une modulation de flux paramétrique en moins de 20 ns. Ce coupleur fournit des portes très rapides entre des qubits à fréquence fixe désaccordés de loin et constitue un élément crucial des ordinateurs quantiques à grande échelle.

Cette solution permet d'atténuer les problèmes d'encombrement des fréquences et de cohérence. De plus, par une conception systématique, nous pouvons obtenir des enchevêtrements parfaits de 18 ns, ce qui représente une augmentation de la vitesse de plus de 5 fois dans de tels systèmes. Cela augmentera la profondeur des circuits réalisables dans les processeurs quantiques supraconducteurs, c'est-à-dire le nombre de portes qui peuvent être exécutées avant que le système ne soit submergé par des erreurs, ou "décohésionné".

Applications

- Ordinateurs quantiques :
 - o Un composant de processeur supraconducteur.
 - o Cette invention peut être utilisée pour améliorer les ordinateurs quantiques commerciaux qui existent aujourd'hui.
- Un marché en pleine croissance (Markets & Markets)
 - o Le marché de l'informatique quantique était évalué à 328 millions de dollars américains en 2020 et devrait atteindre 1,8 milliard de dollars d'ici 2026, avec une croissance annuelle de plus de 30 % !



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

- L'adoption précoce dans les secteurs bancaire et financier devrait alimenter la croissance du marché à l'échelle mondiale. D'autres facteurs de croissance sont :
 - L'augmentation des investissements des gouvernements nationaux pour mener des activités de R&D liées à la technologie de l'informatique quantique.
 - Plusieurs entreprises se concentrent sur le QCaaS (Quantum Computing as a Service).
- Les qubits supraconducteurs occupent la première place par type de technologie de processeur quantique – estimation de 966 millions de dollars d'ici 2026.

Avantages

- Capacité à réaliser des portes d'enchevêtrement rapides et haute-fidélité – une exigence importante pour un processeur quantique viable.
 - Les inventeurs ont démontré expérimentalement qu'une porte d'enchevêtrement peut être réalisée en moins de 20 ns.
- Un nouveau type de coupleur - la porte la plus fidèle de tous les systèmes, commerciaux ou universitaires.
- Une amélioration par rapport aux coupleurs des ordinateurs quantiques commerciaux actuels.
- Cette stratégie analytique et numérique combinée permet la caractérisation de portes à deux qubits impliquant des interactions paramétriques et peut être appliquée à l'optimisation des portes et à l'atténuation de la diaphonie, comme l'annulation des interactions ZZ indésirables dans les architectures multi-qubits.
- Diaphonie 0 réelle sans nécessiter d'objets de couplage multiples.
- Qubits à fréquence fixe pouvant préserver une longue cohérence.
- Un large éventail de conceptions de coupleurs est possible.

Mots clés

- Circuit QED, qubits supraconducteurs, transmon, ordinateur quantique, interaction ZZ, interactions indésirables, diaphonie, anharmonicités opposées, coupleur pour qubits supraconducteurs, activation de porte paramétrique, coupleur réglable par flux, porte paramétrique de permutation, porte à deux qubits.

Maturité de la technologie

- TRL 3-4
 - Les inventeurs des deux universités vérifient les propriétés du circuit par des simulations numériques et des constructions expérimentales.
 - La preuve de concept existe ; plusieurs dispositifs ont été construits.
 - L'Université de Sherbrooke effectue le travail théorique et l'Université de Princeton la vérification expérimentale.

Des mesures sont effectuées sur les dispositifs et un cycle itératif s'ensuit.

Au moins 3 dispositifs ont été construits à ce jour.

- Plus de détails sont disponibles ici : <https://arxiv.org/abs/2107.02343>
- Les développements se poursuivent, afin d'optimiser la solution et de vérifier la reproductibilité.
- Entreprises ciblées
 - Peut être utilisé dans le cadre d'ordinateurs quantiques commerciaux existants.
 - Toute entreprise d'informatique quantique supraconductrice pourrait être intéressée par l'octroi d'une licence pour cette technologie.
 - Plus précisément, Google a utilisé des coupleurs entre qubits ayant la même anharmonicité que leurs qubits, et IBM a également utilisé des coupleurs ayant la même anharmonicité.
 - Pour les deux entreprises, ce coupleur améliorerait considérablement la vitesse de leurs opérations de porte, permettant une plus grande profondeur de circuit, réduisant les problèmes d'encombrement spectral qui ont posé un défi pour aller au-delà de 65 qubits, et augmentant le rendement des dispositifs en général.
 - Google Quantum AI, IBM, Amazon Web Services (AWS), Intel, Oxford Quantum Circuits (OQC), Anyon Systems, EeroQ, Rigetti Computing, Quantum Computing Inc (QCI, Nord Quantique, Bleximo, IQM, Fujitsu et autres.



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA

t 819 821-7961

Propriété intellectuelle

- Dépôt d'une demande de brevet international PCT.

Ce que nous recherchons

- Partenaires commerciaux. Investissements. Licences. Démarrage d'entreprise

Contact inventeur

Professeur Alexandre Blais

Alexandre.Blais@USherbrooke.ca

Contact TransferTech Sherbrooke

François Nadeau

f.nadeau@transfertechn.ca

873 339-2028

www.transfertechn.ca

