

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2009

課題番号：18080008

研究課題名（和文） 局在電磁波配線を用いた単一磁束量子論理回路の設計および設計支援に関する研究

研究課題名（英文） Studies on Logic Design and Design Automation of Single-Flux-Quantum Circuits based on Localized Electromagnetic Waves

研究代表者

高木 一義 (Kazuyoshi Takagi)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：70273844

研究分野：計算機科学

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム

キーワード：単一磁束量子回路、局在電磁波配線、論理設計支援、クロック配信、タイミング検証

1. 研究計画の概要

単一磁束量子デバイスを用いた論理回路は、パルスの有無で論理を表現すること、また、スイッチングが非常に高速であることから、その性能を引き出すためには、従来の半導体集積回路とは異なるアーキテクチャに基づく論理設計が必要となる。また、現在の回路設計手順では人手による作業が多く、今後実現可能となる大規模回路の正確かつ迅速な設計のためには、計算機による回路設計支援が不可欠である。本研究は、新たに確立されつつある電磁波配線技術を前提とし、本デバイスに適したデータ伝送・処理の方式を示すことを目的とする。提案方式による論理設計およびレイアウト設計を行ないその有用性を実証する。また、従来人手で行なってきた設計のノウハウを統合し、論理設計およびレイアウト設計の支援と設計自動化の手法を確立することを目指す。

2. 研究の進捗状況

データ伝送・処理の方式に関しては、乗算、開平などの算術演算について、単一磁束量子デバイスでの実現に適すると考えられる回路アルゴリズムを設計した。設計支援・自動化に関しては、クロック信号の配信のためのクロックスケジューリングアルゴリズム、および、クロックスケジューリングを実現するクロック木構成法を開発した。また、クロック同期式順序回路の合成のための一手法を提案した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）データ伝送・処理の方式に関しては、

当初の計画以上に進展している。単一磁束量子デバイス向けの算術演算回路の設計指針が明らかになってきており、アルゴリズム設計のレベルでの検討はほぼ完了したといえる。当初の計画にあったチップ試作による評価は行っていないが、当該領域の他研究グループでの測定評価と連携することで実現できている。

設計支援・自動化に関しては、やや遅れている。設計支援のために有用なアルゴリズムをいくつか提案してきており、実験により個々のアルゴリズムの有用性を示すことができた。しかし、各アルゴリズムを統合し、実設計に用いることができる設計システムを実現するには至っていない。

4. 今後の研究の推進方策

データ伝送・処理の方式に関しては、他研究グループでの測定評価の結果により、アルゴリズムに改良すべき点があれば再検討する。設計支援・自動化に関しては、提案してきた各アルゴリズムを実設計に適用して評価する。このために、他グループでの実設計をサンプルデータとして用い、アルゴリズムの有用性を評価する。

5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

1. Koji Obata, Kazuyoshi Takagi, Naofumi Takagi, "A Clock Scheduling Algorithm for High-Throughput RSFQ Digital Circuits," IEICE Trans. Fundamentals, 査読有, Vol.E91-A, 2008, pp. 3772-3782.

2. Koji Obata, Kazuyoshi Takagi, Naofumi Takagi, "A method of sequential circuit synthesis using one-hot encoding for single-flux-quantum digital circuits," IEICE Trans. Electron., 査読有, Vol.E90-C, 2007, pp.2278-2284.

[学会発表] (計 5 件)

1. 伊藤祐喜、高木一義、高木直史、"SFQ 回路のためのレイアウトを考慮したスキューのあるクロック木の構成法"、電子情報通信学会総合大会、2009 年 3 月 20 日、愛媛大学。

2. 竹島将太、田中雅光、高木一義、高木直史、"多層配線単一磁束量子回路のための自動配線手法"、電子情報通信学会超伝導エレクトロニクス研究会、2008 年 10 月 30 日、産業技術総合研究所。

3. Kazuyoshi Takagi, Naofumi Takagi, Masamitsu Tanaka, Koji Obata, Yuki Ito, "Computer-Aided Design of Superconducting SFQ Digital Circuits," Superconducting SFQ VLSI Workshop (SSV 2008), 2008 年 3 月 17 日, Yokohama National University.

4. 小畑幸嗣、古田卓也、高木一義、高木直史、"シストリックアーキテクチャに基づく高スループット SFQ ビットシリアル浮動小数点乗算器"、電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、2007 年 9 月 11 日、鳥取市。

5. 田中雅光、小畑幸嗣、高木一義、高木直史、"単一磁束量子回路による冗長 2 進表現を用いたシストリック開平器の設計"、電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、2007 年 9 月 11 日、鳥取大学。