審査の結果の要旨

氏名　オズジャン、メテハン

本論文は「Verification and Violation Correction of Timing Constraints for Asynchronous Circuits」と題して英文で１０章から成っている。非同期式システムの設計では、論理ゲートや配線の遅延に関して設ける仮定、すなわち遅延モデルが重要な役割を果たす。遅延変動に対して悲観的な遅延モデルに基づいた設計では、現実には起こりそうもない遅延変動に対しても正しい動作を保証する必要があるため、実用的観点からは効率の良い回路とは言えず、十分な速度性能を得ることが困難である。そこで、近年、設計時に遅延情報を利用し、タイミング最適化を図る非同期式回路の設計方式が提案されている。このようなタイミング最適化では、設計時、特にレイアウト段階で従来の設計方式とは異なる新しいタイミング制約を適用する必要がある。本論文は、非同期回路設計用 CAD フレームワークを構築するために、ゲートレベルの非同期式回路に対して静的タイミング解析手法を用いた新しいタイミング検証方式を提案したものである。

第１章「Introduction」では、本研究の技術的背景と非同期式回路設計に関する従来の研究を概観し、本論文の目的と構成を述べている。

第２章「Timing Optimization based Synchronous Synthesis Methodologies」では、遅延情報（相対的な信号遷移の順序関係）を利用することによりタイミング最適化を実現する二つの設計方式として、Relative Timing に基づく非同期式システム設計方式と Scalable-Delay-Insensitive モデルに基づく非同期式システム設計方式が有効であると述べている。

第３章「Constraint Format Determination」では、非同期式回路において検証するべきタイミング制約を、「速いパス」と「遅いパス」の組で表現され、遅いパスの最小遅延が速いパスの最大遅延にマージンを加えたものよりも大きくなるべきもの、として定式化している。また、タイミング制約に違反がある場合の修正は指定された大きさの遅延パッドを指定された場所に存在する遅いパスの終点に加えること、として定式化している。

第４章「Verification and Corrrection Methodology」では、本論文で提案するタイミング制約検証／修正方式が前提とする非同期システム設計の流れを述べている。

第５章「Verification and Violation Correction of Constraints」では、非同期式回路に対するタイミング制約の検証と制約違反の修正を行うアルゴリズムを提案している。タイミング制約はインターリーブすることがあるため、遅延制約を修正すると新たな制約違反を生じる可能性があることを指摘し、その可能性を考慮した制約違反の修正処理手順を示している。また、タイミング制約違反の修正は、遅延パッドの大きさによる昇順に基づいて行われるので、実時間内で特定の場所に最小の大きさの遅延パッドを挿入することが出来ると述べている。

第６章「Constraints for Asynchronous Data-Path Circuits and their Verification」では、提案する検証手法の適用例として、2 線 2 相式を前提とした細粒度化パイプライン構成のデータパス回路における局所的な完了信号生成回路のタイミング制約を検証し、修正する手順を述べている。

第７章「SDI Model-based Locally-Timed Asynchronous Circuits」では、SDI モデルに基づいた局所同期型 VLSI における局所的タイミング信号生成回路が正しく動作するために満たすべき制約に関して、本論文で提案する方式で検証し、修正する手順を述べている。

第８章「CAD Environment」では、提案したタイミング制約検証アルゴリズムと違反修正アルゴリズムを実装して現在開発中の CAD 環境について説明している。

第９章「Experimental Results」では、構築した CAD フレームワークを用いて、細粒度化回路の設計およびレイアウトを行い、タイミング制約の検証と修正を行った結果を示している。

第１０章「Conclusion」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題を指摘している。

以上に要するに、本論文は、設計時に遅延情報を利用してタイミング最適化を図る非同期式回路の論理合成段階で導出されたタイミング制約をレイアウト段階で検証し、違反があれば修正するアルゴリズムを提案し、設計支援 CAD フレームワークとして実装して、その有効性を示したものであり、その成果は工学的に貢献するところが大きい。よって本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。