

Title	タイミングスキュー調整可能データパスのための設計 制約と合成法
Author(s)	手原, 亮
Citation	
Issue Date	2010-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8950
Rights	
Description	Supervisor:金子 峰雄, 情報科学研究科, 修士

タイミングスキュー調整可能データパスのための 設計制約と合成法

手原 亮 (0810039)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2010 年 2 月 9 日

キーワード: スキュー, タイミングスキュー調整, データパス, 演算器割当て.

集積回路の歴史は、半導体製造技術の進歩による回路の微細化、動作速度の向上の歴史と言える。従来では、ゲートのスイッチング遅延に対して配線遅延は無視できるほど小さかったが、こうした微細化と速度向上により配線遅延が無視できなくなっている。そのため現在主流の回路方式である同期式回路において、クロック信号を各レジスタに位相差なく分配することが困難になっている。また、製造ばらつきによる回路内の信号伝搬遅延のばらつきが相対的に大きくなりつつある。これらの要因により、タイミングエラーによる歩留まりの低下が問題となってきた。この問題に対して、これまでタイミングマージンを十分に取ることで対応してきたが、一方で過剰なタイミングマージンは回路性能の低下を招くことになる。近年、統計的遅延解析を導入して遅延見積りの精度を上げ、歩留まりと性能のトレードオフを考慮してタイミングマージンを適切に設定する手法が提案されているが、正常動作をマージンに頼る点は変わらず、個別チップの性能を十分に引き出せているとは言えない。こうしたアプローチとは別に、回路製造後にチップ毎に回路を調整するアプローチもある。クロック・スキューに起因するタイミングエラーを対象とし、クロック・スキュー解消を目的とするデススキュー手法や、逆に信号伝搬遅延量に応じてレジスタ書き込みタイミングに意図的にスキューを導入し、タイミングエラーを回避する手法などが提案されている。しかし、高い歩留まりの達成は与えられるデータパスに強く依存している。本研究では、タイミングスキュー調節を前提に、回路の持つポテンシャルを最大限に引き出し、高い歩留まりを達成することが可能なデータパスの合成理論と手法の開発を目標とする。

この目標にアプローチする準備として、タイミングスキュー調整成功率を導入すると共に、その計算手法として、(1) 厳密計算法、(2) ヒューリスティックに基づく計算法、(3) モンテカルロ法に基づく計算法を提案した。

次にタイミングスキュー調整を考慮したデータパス合成を考える第一段階として演算器割当て問題に取り組んだ。実装すべきアルゴリズムとそれに対する演算実行スケジュール

が与えられた上で、まず、タイミングスキュー調整が不可能となる演算器割当て条件を明らかにした。ここでタイミングスキュー調整が不可能とは、スキュー値計算の手続きから、スキュー制約グラフ（スキュー値を計算するために導入する有向グラフ）上に正サイクル（サイクルを構成する辺重みの和が正）が存在することと等価であることがわかっている。考察の結果、(1) 複数の演算による同一演算器の共有、(2) 依存関係にある2つの演算に演算器 f_1 と f_2 を割当て、同様に f_2 と $f_3, \dots, f_{p-1}$ と f_p, f_p と f_1 と演算器を割当てられているとき、スキュー制約グラフ上にサイクルが形成されることがわかった。また割当て対象となった2つの演算のスケジュールの差と2つの演算の間で実行すべき演算群の計算時間の和との差がタイミング余裕となるが、これが小さいとき、サイクルを構成する辺も余裕のない重みとなり正サイクルとなる可能性があることが明らかになった。次いで、こうした考察の結果から、(1) 少なくともサイクルを構成する1辺が余裕のある重みとなるような演算器割当ての意義を明らかにし、そうした演算器割当て手法を提案した。更に、回路設計の観点から考察し、(2) 制約を緩和した演算器割当て手法の提案を行った。提案した手法について、具体例を用いて割当て解の比較を行った結果、演算器数は、従来手法、(2) の手法、(1) の手法の順に増加することを確認した。なお、多くのベンチマーク回路についての検証は今後の課題の1つとなっている。

今後の課題として、スキュー調整成功率の比較実験が挙げられる。提案手法の有効性を確認するため、種々の回路に対して提案手法による演算器割当てを行い、タイミングスキュー調整にどの程度効果があったのかを確認する必要がある。更に、タイミングスキュー調整に効果的なレジスタ割当て手法の検討がある。レジスタ割当ては、演算器割当て同様にスキュー制約グラフの形や辺重みを決定付ける要素である。そのため、レジスタ割当てについても正サイクルが存在しないような割当てについて同様に検討する必要がある。タイミングスキュー調整の現実的な問題として、正確な遅延量の測定は困難である。よって遅延量に依存しない調整手法、例えばトライアル&エラーによるタイミングスキュー調整などが考えられ、興味深い検討課題の1つである。