

消費電力を考慮した微小遅延テスト

松本 和高[†] 山口 賢一[‡]
[†] 奈良工業高等専門学校 電子情報工学専攻

岩田 大志[‡]
[‡] 奈良工業高等専門学校 情報工学科

1 はじめに

近年、LSIにおける微小遅延欠陥は、製造技術の進歩に伴う微細化、高速化に伴い考慮せざるを得ない問題となっている。微小遅延欠陥とは、回路ノイズや不純物の混入等の理由から回路に微小な遅延を発生させる欠陥である。このような微小遅延欠陥は、論理回路中のパス上に積み重なることで遅延が発生し、回路に誤動作を引き起こす可能性がある。しかし、一般に微小遅延欠陥を検出するためのテスト手法は、テスト時にかかる電力のことは考慮されていない。高いテスト時電力は、回路に熱を発生させ、ダメージを与える可能性がある。

本稿では、微小遅延欠陥を対象としたテスト生成を行い、生成したテスト系列に対しテスト時電力を削減する手法を適用し、微小遅延欠陥検出能力やテスト時電力について評価する。

2 微小遅延テスト

微小遅延欠陥を検出する方法として、最長パスと検出パスのタイミング差を考慮したテストが用いられている。故障はテスト系列を印加することで活性化されるが、故障が活性化されるパスは通常、複数存在する。微小遅延欠陥を検出する際に用いられる最長パスとは、任意のパターンを印加したときに故障が活性化するパスのうち最も長いパスである。また、検出パスとは、テスト系列を印加したときに故障が活性化するパスのうち最も長いパスである。

一般に、タイミング動作に影響をおよぼす故障に対しては、遷移故障を対象としたテストが用いられている。しかし、遷移故障を対象としたテストは遅延欠陥サイズを考慮しておらず、微小遅延欠陥の検出は保証されていない。そのため、微小遅延テストでは、テスト系列の遷移遅延品質を評価するために統計的遅延品質モデル(SDQM:Statistical Delay Quality Model)、また、SDQMの品質指標であるSDQL(Statistical Delay Quality)が用いられる[1]。

微小遅延欠陥分布を $F(s)$ としたとき、 $F(s)$ は図1のようにタイミング冗長、未検出、検出の3つの領域に分割される。回路中の仮定した故障に対しシステムの実動作に影響を与える遅延欠陥サイズは、システムクロックと最長パスの差より大きい未検出、および検出領域である。また、そのうち検出することができる遅延欠陥サイズは、テストタイミングと検出パスの差よりも大きい検出領域である。したがって、各ノードに遷移故障を仮定し、それぞれについて未検出領域の面積を総和することでリップ全体のSDQLを求められる。不良残留値であるSDQLが小さいほどテスト品質が良い。

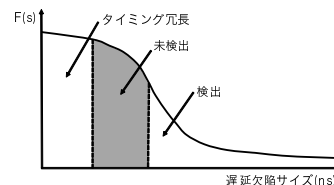


図1 タイミング冗長、未検出、検出領域の関係

3 テスト時電力を考慮したテスト

信号変化率の低いテスト系列は、信号変化率が高いテスト系列に比べ信号遷移を抑えられるためテスト時電力が低い[2]。信号変化率の低いテスト系列の生成手法として、テスト系列に対し並び替えやX-fillingといった方法があげられる。本稿では、テスト系列の順番をランダムに並び替え、遷移数が並び替え前よりも削減されていれば並び替え後のテスト系列を採用する手法を用いた。

4 進捗状況

ITC'99 ベンチマーク回路 b13 に対して ATPG ツール¹(Synopsys 社 TetraMax)を用いて生成したテスト系列(ATPG生成順)と、ATPG生成順に対し外部入力信号の信号遷移を714から632に削減したテスト系列を用いた場合のSDQLの変化を図2に示す。2つのグラフに対し相関係数を求めた結果、0.996と非常に高い相関であった。この結果から、b13に対しては外部入力の遷移数を削減してもSDQLの変化は小さいことがわかる。

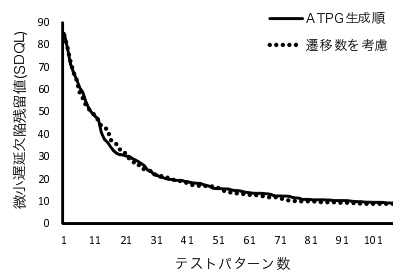


図2 b13に適用した結果

今後の予定としては、b13以外のベンチマーク回路に対してスキャン設計した際のSDQLの変化を求める。また、テスト時電力がどの程度減少しているか検討する。

参考文献

- [1] 佐藤 康夫ら, “ディレイ品質を予測する統計的品質モデル”, 電子情報通信学会技術研究報告. DC, ディペンダブルコンピューティング 104(664), 99-104, 2005-02-11
- [2] 温 暁青, “低消費電力 LSI のための低消費電力テスト技術”, 情報・システムソサイエティ誌 第16巻 第2号, 10-11, 2011-8-1

¹本研究は東京大学大規模集積システム設計教育センターを通し、シノプシス株式会社の協力で行われたものである。