

# 等価検証技術を用いた縮退故障の冗長判定手法

片山 七海<sup>†</sup>岩田 大志<sup>‡</sup>山口 賢一<sup>‡</sup><sup>†</sup> 奈良工業高等専門学校 電子情報工学専攻<sup>‡</sup> 奈良工業高等専門学校 情報工学科

## 1 研究背景

LSI 製造において不良品は一定数発生する。そこで、LSI の不良品を選別し LSI の信頼性を向上させるテストが重要となる。テストでは、製造された LSI にテストパターンを印加し、その出力を期待値と比較することで製造された LSI が正常に動作するか調べる。テストパターンを求める手法として ATPG (Automatic Test Pattern Generation) アルゴリズムがある。しかし、ATPG アルゴリズムで大規模な回路のテストパターンを算出させると、冗長判定に長い時間がかかることが多く、途中で計算を打ちきってしまう。その際、冗長でない故障に対する計算まで打ち切るため、LSI の信頼性が下がる。信頼性を確保するためには、テストに多くの時間をかける必要があるが、コスト増大を招く。そこで、本稿では高速な冗長判定手法を提案することで製品の信頼性を向上させ、テストコストを削減することを目的とする。

## 2 提案手法

本稿では、短時間で冗長判定を行い LSI テストにおけるコスト削減をするために、2つの回路が等価であるとき計算時間が短くなるという特長を持つ静的等価検証ツールを用いて冗長判定を行う手法を提案する。縮退故障が冗長であれば縮退される値を固定しても機能が変わらないため、冗長故障は簡単化できることを提案手法で利用する。提案する冗長判定手法は、以下の4つの手順からなる。(1) テスト対象回路に対して計算時間の上限値を短く定め、ATPG ツール<sup>1</sup> (Synopsys 社 TetraMax) でテスト生成を行う。(2) ATPG ツールでは冗長判定できなかった N 個の故障に対して冗長故障簡単化自動変換プログラムで回路変換を行い、故障を冗長であると仮定して変換した回路を N 個出力する。(3) 等価検証ツールを用いて変換前の回路と変換後の回路がそれぞれ等価であるか否かを検証する。ここで、対象の故障が冗長故障であった場合は、変換前の正常な場合の回路と変換後の回路は機能的に等価になる。一方、対象の故障が冗長故障でない場合は、変換前の正常な場合の回路と変換後の回路は機能的に等価にならず、対象の故障を検出するテストパターンが存在することが分かる。(4) 等価検証ツールを用いて等価でなかった時の入力パターンすなわち対象の故障のテストパターンを算出する。

## 3 実験結果

冗長故障が存在する 12 の組合せ回路 [1] に対して提案手法を適用し、提案手法の有効性を評価する。表 1 に

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

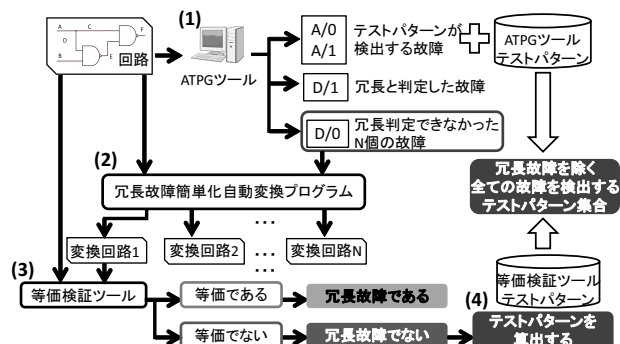


図 1 提案手法の概要図

ATPG ツールのみで計算させた場合と提案手法で計算させた場合の計算時間と故障検出効率 (FE) を示す。FE は式 (1) で表される。結果、全ての回路で FE を 100% にできた。ATPG アルゴリズムで多くの時間がかかっていた回路に対して実行時間を削減した。

今後の課題としては、遷移故障に対する冗長判定手法の提案が挙げられる。

$$\frac{\text{テストパターンが検出する故障} + \text{冗長と判定した故障}}{\text{総仮定故障}} \quad (1)$$

表 1 計算時間と故障検出効率の比較

回路名	ATPG		提案手法	
	計算時間	FE[%]	計算時間	FE[%]
c880A	15h24m30s	95.493	5m8.151s	100
c880B	9.795s	99.951	24.282s	100
c1355A	34h33m30s	79.048	26m13.734s	100
c1355B	11.375s	100	6.737s	100
c1908A	6h39m9s	95.729	10m41.017s	100
c1908B	7.734s	100	6.007s	100
c3540A	46h38m37s	94.052	52m37.069s	100
c3540B	14.958s	100	16.330s	100
c5315A	59h40m11s	86.405	1h56m8.572s	100
c5315B	12.980s	99.868	12m46.4068s	100
c6288A	61h1m16s	82.629	8h11m40.601s	100
c6288B	2h18m45s	100	1m54.848s	100

## 参考文献

- [1] 水谷早苗, 岩田大志, 山口賢一: 同期-非同期変換によって非冗長となる故障に対するテスト”, 第 18 回電子情報通信学会関西支部学生会研究発表会講演論文集, D2-5, (2013)