

# マルチサイクルテストの導入による組込み自己診断の故障診断能力評価

## Evaluation of Fault Diagnosis Capability of BISD under Multi-Cycle Testing

王 宇超 王 森レイ 樋上 喜信 甲斐 博 高橋 寛  
Y. Wang S. Wang Y. Higami H. Kai H. Takahashi

愛媛大学大学院理工学研究科

### 1. まえがき

故障診断とは集積回路の欠陥に起因する故障の箇所と種類を特定する技術である。集積回路の機能安全を保証するために、回路の稼働中に起こる故障をリアルタイムに区別する組込み自己診断 (BISD) 技術が必要である[1]。本研究では、BISD にマルチサイクルテスト方式を導入することで、故障診断能力を評価する。

### 2. BISD における故障診断

組込み自己診断においては、テストパターンに対する診断対象回路の出力側応答署名を観測して、図 1 に示すような故障辞書を用いて故障を検出したテストパターン系列 (0:非検出, 1:検出) の組合せの差異に基づいて故障を区別する[1]。従来の BISD においては、与えられたパターンに対してシングルサイクルの機能動作で生成した応答署名を用いて故障区別を行う。より多くの故障を区別するために、テスト生成機構 (TPG) に対する改良 (リシード) を加え、図 1 の右表に示すようなテストパターン  $t2'$  を生成することで、本来区別不可の故障を区別できるようにする。

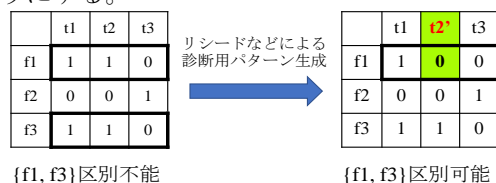


図 1 シングルサイクル BISD における故障辞書に基づく診断

### 3. マルチサイクルテストによる故障診断向上

マルチサイクルテストとは、テストパターン生成機構 (TPG) による生成したパターンを対象回路に印加した後、回路を複数回に動作させ、最終回の出力応答を利用して故障の有無を判定するテスト方式である[2]。従来研究では、マルチサイクルテストにおいては、通常のシングルサイクルテストで検出不可 (可能) の故障を検出する (しない) ことが確認された。この特徴を活用することで、テスト生成機構を改良せず、初期パターンに対して適切なサイクル数で診断対象回路を動作させるだけで、区別不可の故障を区別可能にすることが考えられる。図 2 はマルチサイクルテストの導入による故障診断能力向上

上の概要を示す。

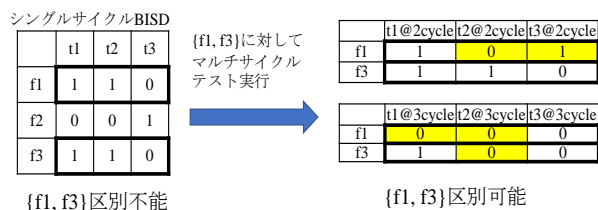


図 2 マルチサイクルテストの導入による故障診断

図 2 に示すように、シングルサイクル BISD で診断不可の故障集合 {f1, f3} に対して、初期パターンを変えず 2 サイクルや 3 サイクルテストを実行することで、f1 と f3 が区別可能になる。

### 4. 実験結果

マルチサイクルテスト方式の導入による故障診断能力を評価するために、ISCAS89 ベンチマーク回路において実験を行った。シングルサイクルで区別できない故障ペアを対象として、サイクル数を順次増加し、故障シミュレーションを行うことで区別可能になる故障ペアの増分を表 1 に示す。実験結果によって、サイクル数の増加に伴い、区別可能になる故障ペア数が増えることが確認できた。

表 1 サイクル増加によって区別可能ペア増加数

	対象ペア数	区別可能ペア数	区別可能ペア増加数			
Cycle	1	2	3	4	5	
s382	67896	67774	20	0	0	0
s1423	1008910	1008550	58	30	9	16
s5378	3638253	3636471	375	48	61	3
s9234	9961416	9954593	3321	892	161	134
s13207	21232386	21221879	4667	587	585	388
s15850	41555286	41547645	2085	314	79	36

### 5. まとめ

本研究では、マルチサイクルテスト方式を導入することで、組込み自己診断の故障診断能力を向上することに着目し、実験によりその効果を確認した。今後は、マルチサイクルにおける組込み自己診断能力を向上するための診断容易化技術の提案を行う。

### 参考文献

- [1] 宮本 夏規ら, "組み込み自己診断におけるテストパターン系列の診断能力に関して," 情報科学技術フォーラム講演論文集 14(1), pp.273-274, 2015-08-24.
- [2] S. Wang, et.al, "Structure-Based Methods for Selecting Fault Detection Strengthened FF under Multi-cycle Test with Sequential Observation," in 2016 proc. IEEE Asian Test Symposium, pp. 209-214.