

3 拡張スキャン設計を用いた第二世代冗長遷移故障の判別

中山 淳[†] 岩田 大志[†] 山口 賢一[†]

[†] 奈良工業高等専門学校情報工学科

1 研究背景

LSI の製造過程において、不具合等が生じて製品に故障が発生することがある。そのため、製造した LSI にテストパターンを印加して製品を検証する必要がある。単一故障の判別手法は確立されているが、多重故障の判別手法に関しては、定性的な手法が存在しない。本研究の目的は、遷移故障の冗長故障と非冗長故障の組である第二世代冗長遷移故障 [1] の判別手法の確立である。

関連研究として、文献 [2] では、縮退冗長故障を埋め込んだ回路に ATPG を適用することで第二世代縮退故障の冗長判定を行う手法を提案している。

2 原理

遷移故障とは、同期式の順序回路において、その故障がある信号線の遷移を 1 周期遅れさせる故障であり、 $0 \rightarrow 1$ の遷移が遅延する立上り遷移故障、 $1 \rightarrow 0$ の遷移が遅延する立下り遷移故障の 2 つがある。遷移故障が存在する信号線に遷移前の信号値が印加されることを **初期化** と呼ぶ。

故障はその地点の信号値に誤りを発生させ、その誤りが出力へと伝搬すればその故障が検出される。しかし、別の故障の誤りがその誤りの伝搬する部分に重なる場合、別の故障による誤りがその誤りの伝搬を阻害、助長する可能性がある。また、遅延故障は初期化が生じて直ちに誤りは生じず、1 周期遅れて誤りが生じるため、連鎖的に故障の誤りが、他の故障の初期化に影響を与える可能性がある。

定義 1 (隠蔽 (露呈)). ある回路における 2 つの遷移故障 f, g に関して、 f, g に誤りを生じさせるような入力を与えたときに生じる現象を考える。単一故障 f の誤りが出力に伝搬される (されない) が、それにもう一つの故障 g の誤りが加わることで、 f の誤りが出力に伝搬されなくなる (されるようになる) 事象を故障 g による故障 f の **隠蔽 (露呈)** と定義する。

定義 2 (連鎖). 単一故障 f を初期化させないテストベクトル t について、もう一つの故障 g の誤りが生じた回路に t を印加することで、 f が初期化され、更に次の周期で f による誤りが出力に伝搬される事象を故障 g による故障 f の **連鎖** と定義する。

連鎖の例を図 1 の示す回路とともに説明する。 f を立下り、 g を立上り遷移故障とする。回路に 3 周期のテストパターン系列 $(0, 1, 1)$ を印加した場合を考える。もし故障が

f だけ存在する場合、 f はテストパターンの 1 周期目で初期化され、2 周期目で活性化し、3 周期目では活性化しない。一方、故障が f, g 両者存在する場合、 g の活性化によって f はテストパターンの 1, 2 周期目で初期化され、3 周期目で活性化する。このように、故障 g の出現により、 f の活性化が次の周期に渡っている。

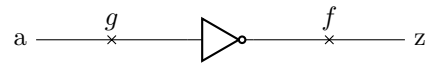


図 1 連鎖の例

誤りが状態回路を通じることがないと仮定した場合、多くとも 1 つの故障の誤りが他の故障の初期化に影響する。これにより、テストで考慮すべき連鎖の回数はたかだか 1 回であるため、テストで必要な周期はたかだか 3 周期であることがわかる。

3 第二世代冗長遷移故障の判別手法

非冗長故障 f 、冗長故障 g の含んだ回路に対する第二世代冗長遷移故障の判別手法を述べる。それぞれ f, g の存在する信号線が行きつく先に共通する信号線があれば、隠蔽や露呈、連鎖が生じうる。連鎖が生じうるため、任意の 3 周期の状態を入力・保持・観測できる 3 拡張フルスキャン設計を適用した対象の回路を用いて f, g の組が第二世代冗長遷移故障であるかを判別する。それぞれ、 f (もしくは g) がある信号の行きつく先に g (もしくは f) がなければ、検出可能な故障 f の隠蔽や露呈、連鎖は生じないため、 f, g の組が第二世代冗長遷移故障でないと判別できる。

4 総括

本研究では、第二世代冗長遷移故障の判別手法について述べた。多重遷移故障はお互いの誤りによって誤りを隠蔽・露呈・連鎖し合う特徴を示し、最大 3 周期分のテストで十分であることがわかった。第二世代冗長遷移故障ごとに適切な判別手法を適用することによって、歩留まりの向上が期待される。

参考文献

- [1] Miron Abramovici, Melvin A Breuer, Arthur D Friedman, et al. *Digital systems testing and testable design*, volume 2. Computer science press New York, 1990.
- [2] Haruki Chaen, Ken'ichi Yamaguchi, and Hiroshi Iwata. "A proposal of identification method for second-generation redundancy fault". *Proc. of WRTL'20*, pages TS1-2. 1-2, 2020.