

論理診断に有効な誤り追跡入力を選択手法

1K-7

関根 淳雄¹ 野本 茂² 菅沼 直昭¹ 富田 昌宏¹ 平野 浩太郎¹
¹神戸大学 ²(株)朝日放送

1. はじめに

論理回路の大規模化・複雑化に伴い、論理診断の自動化が求められている。拡張X-伝搬法^[1]は、誤り追跡入力^[2]と呼ぶ入力パターンを用いて回路に含まれる多重の誤りを特定する手法である。拡張X-伝搬法の限定効果は、適用する誤り追跡入力に強く依存するが、従来はランダムに生成した誤り追跡入力を用いていた。そこで本稿では、論理診断に有効な誤り追跡入力を選択手法を提案する。

2. 誤り追跡入力

誤り追跡入力は、外部出力まで伝搬すべき外部入力信号値を明示することで、論理設計誤りに起因する信号値変化の追跡に適する入力パターンである。以下にその定義を示す。

n入力1出力回路において、機能記述等の正しい論理記述から導かれたブール関数をFs, 誤りを含む回路Gから導かれたブール関数をFgとする。ブール変数Xとその補 \bar{X} を導入した場合、入力パターン $v = (a_1, \dots, a_{i-1}, X/\bar{X}, a_{i+1}, \dots, a_n)$ が、

$$Fs(v) = X$$

$$Fg(v) = a$$

を満たす場合、これを誤り追跡入力と定義する。ただし、 X/\bar{X} はXまたは \bar{X} の一方を表し、 $a_j (j=1, \dots, n; j \neq i)$ およびaは定数(0または1)を表す。

機能記述を満たす回路では、誤り追跡入力に対する出力値はブール変数Xに依存するが、実回路では出力値はXに依存しない。したがって、実回路がXを出力するように修正することが、機能記述を満たすための必要条件となる。

3. 誤り追跡入力を選択手法

3.1 選択手法の概要

拡張X-伝搬法の限定効果は、誤り追跡入力に依存する。一般的に、回路規模の増大ともなつて誤り追跡入力数は増加し、その全てを適用することは困難となる。そこで、効果的な誤り追跡入力を選んで適用する手法が必要となる。

本選択手法の処理概要を以下に示す。

- (1) ハミング距離に基づく誤り追跡入力を選択
- (2) 各誤り追跡入力について
 - ① Xの伝搬が停止するゲートに基づいて誤り追跡入力をグループ分け
 - ② 各ゲートの出力信号値を記憶
- (3) 全ゲートに対して
 - ① 出力信号値について各値の出現頻度を調べる
 - ② 特殊な誤り追跡入力(出現頻度の低い値が得られる誤り追跡入力)を抽出
- (4) 特殊な誤り追跡入力を優先的に、かつグループが分散するように誤り追跡入力を並べ替える

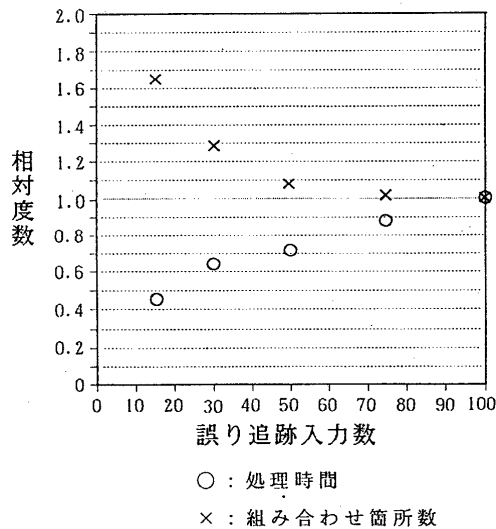


図1 誤り追跡入力数と限定効果

Selecting effective PLE's for logic diagnosis
 Atsuo Sekine¹, Shigeru Nomoto²,
 Naoaki Suganuma¹, Masahiro Tomita¹,
 Kotaro Hirano¹
¹Kobe University, ²Asahi Broadcasting Co., Ltd.

3.2 誤り追跡入力 of 適用個数

従来は、ランダムに生成された100個の誤り追跡入力を、全ての処理過程に適用していた。しかし、各処理過程に適した誤り追跡入力の個数があると考えられる。実験より、誤りの組み合わせ箇所の抽出・削減の段階では50個程度、誤り候補の生成の段階で150~300個程度の誤り追跡入力 that 適当と判断される(図1)。

3.3 ハミング距離に基づく誤り追跡入力選択手法

図2に示す回路に、互いにハミング距離が1である2つの誤り追跡入力(X, 0, 0, 0)と(X, 0, 0, 1)について考える。双方についてG3の出力は1となるので、誤りの組み合わせ箇所^[1]や誤り候補^[1]がG3を頂点とするコーン回路内に含まれない場合、2つの誤り追跡入力によって削除される組み合わせ箇所や誤り候補は同一となる。したがって、ハミング距離の近い誤り追跡入力を除くことにより、一般的に限定効果の高い誤り追跡入力の集合を得ることができる。

3.4 誤り追跡入力の適用順序

最終的に得られる誤り候補は、誤り追跡入力の適用順とは関係がなく、適用する誤り入力のみ to 依存する。しかし、処理時間短縮のために、多くの組み合わせ箇所や誤り候補を削除できる誤り追跡入力を初期の段階で適用することが望ましい。

本手法では、Xの伝搬が停止するゲートに着目して誤り追跡入力のグループ分けを行い、また信号値伝搬の傾向が異なる誤り追跡入力を抽出して、この特殊な誤り追跡入力を考慮してグループが分散されるように誤り追跡入力の並べ替えを行っている。

4. 実験

拡張X-伝搬法を計算機上に実現し、従来のランダムに生成された100個の誤り追跡入力を適用した結果と、本選択手法を適用した結果を比較して、本選択手法の有効性を評価する。

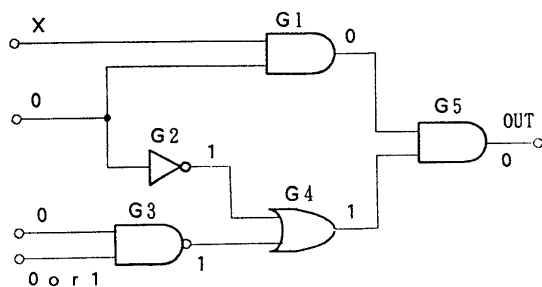


図2 ハミング距離に基づく選択の概念

表1 処理時間

回路名	ゲート数	外部入力数	仮定多重度	実験回路数	処理時間比
Y1	40	8	2	23	0.852
			3	8	0.883
Y2	60	22	2	10	0.637
Y3	75	19	2	10	0.803
Y4	116	25	2	10	0.883

4.1 処理時間

処理時間比は、本手法に基づく誤り追跡入力の選択に要した時間とその誤り追跡入力を used した拡張X-伝搬法の処理時間の和の、従来の誤り追跡入力を used したときの処理時間に対する比である。処理時間がほぼ80%にまで短縮されている。誤り追跡入力の選択時間を含まない場合は約70%に短縮された。

4.2 誤りの限定効果

限定効果の評価には、誤り候補数と限定率を用いる。限定率とは、全誤り候補数に対する真の誤り集合の割合である。限定効果があることの判断基準は、誤り候補数が10未満、または限定率が80%以上であることとする。その結果、従来の手法を用いた場合限定効果があったと認められたのは61例中53例であったのが、本手法を用いた場合は59例となった。また、61例中19例で従来の手法よりも限定率が向上し、逆に限定率が低下した例はなかった。

5. まとめ

本稿では、拡張X-伝搬法に適用する誤り追跡入力を有効に選択・並べ替えを行うことにより、限定効果の向上と処理時間の短縮を実現した。

今後の課題として、誤り追跡入力の生成段階で、有効な誤り追跡入力のみを選択することが挙げられる。

参考文献

- [1] 上田伸人他：多重誤りを対象とする自動追跡手法，情処研報，vol.91，no.110，91-DA-60，pp.185-192 (1991)。
- [2] 富田昌宏他：論理設計誤りの追跡と修正の自動化，情報処理学会論文誌，vol.32，no.4，pp.411-420 (1991)。