

3 J-8

故障シミュレーション高速化方式

(2) 事前故障伝搬

南雲宇晴 上脇美加 西田隆夫

(株)日立製作所 中央研究所

1. はじめに

近年、計算機のより複雑な機能実現のために、LSIの高集積化、大規模化が顕著である。複雑なシステムの信頼性向上のためには、計算機を構成するLSIの高品質な検査が必須である。しかし、検査に使用する診断データ作成に要する故障シミュレーション時間が著しく増大するという問題が生じてきている。これに対処すべく、従来より故障シミュレーション高速化のための様々な手法が研究されている[1]-[3]。別稿[4]では、故障シミュレーションの新たな高速化方式である観測不能故障除外方式について述べた。当方式は観測可能故障を観測不能と誤認するのを回避することを基本方針としており、そのため観測不能領域 UOR (Un-Observable Region) の抽出が悲観的すぎるといった問題点があった。そこで、本稿ではこの問題点に対処するために考案した事前故障伝搬方式について報告する。また、観測不能故障除外方式と事前伝搬方式の効果についても、あわせて報告する。

2. 観測不能故障除外方式における問題点

観測不能故障除外方式では、観測可能性の判定処理を簡単に実現するために、素子毎の局所的判定法をとっている。図1に固定値シミュレーション実行後の観測可能性判定例をしめす。(b)のケースでは0の入力している端子が一つだけなので他の二つの端子が観測不能であることは自明である。一方、(c)のケースでは二つの0入力端子に再収れんする故障も考えられる。このような故障を観測不能と認識するのを避けるため、どちらの端子も観測可能と判定する。しかし、信号源側には一つの端子にしか伝搬しない故障も存在する可能性がある。その場合は片方の端子にだけ故障論理値が伝わってくるので、もう片方の0入力端子によって観測不能故障となる。従って、本来観測不能だが可能と判定される故障が固定値信号線上に残る場合がある。

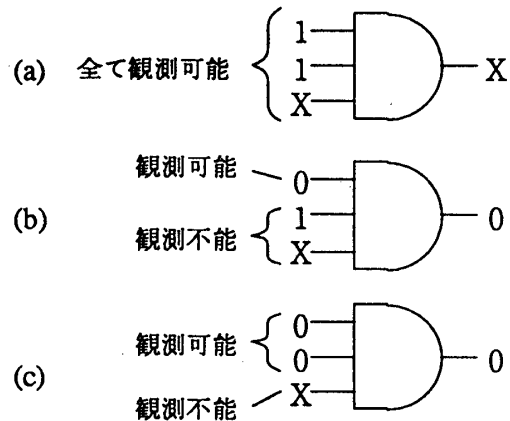


図1 ANDゲートの観測可能性判定例

観測不能領域の比率を高めるためにはある程度ボタン分割の数を増やすことが有効である。それは、ボタングループのなかで固定値になる入力端子が増え、回路中の固定値信号線数も多くなり、その結果、(b)のように観測不能と判定される端子の数が増えるからである。しかし、逆に(c)のケースはこの効果を相殺する方向にある。

残った本来観測不能な故障をオーバーヘッドの少ない方法で取り除くことができれば、故障シミュレーションにかかる時間をさらに短縮することができる。そこで、固定値シミュレーション後に、固定値となった信号線上に限って故障の影響をシミュレートし、観測不能故障を除去する事前故障伝搬方式を考案した。次章でその概要を説明する。

3. 事前故障伝搬

観測不能故障と再収れんする観測可能故障とは、故障の影響をシミュレートすることにより、容易に区別される。事前故障伝搬では、固定値シミュレーションによって固定値となった信号線上の故障を、正常出力論理値または故障出力論理値のいずれかが非固定値Xとなる素子の手前まで伝搬させて判定する。途中で影響が消えるものは検出不能とし、そのボタングループ

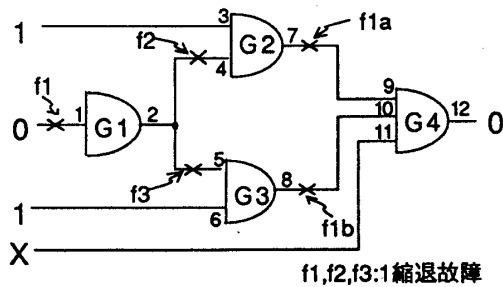


図2 事前故障伝搬

における処理対象からはずす。処理は、通常の故障シミュレーションと同様だが、各バタングループについて一度ですむので、大幅に削減される。また、出力がXの素子まで伝搬した場合には、次に行う故障シミュレーションでの故障仮定点をその素子の手前まで移動させる。これにより、その故障の処理の一部をバタングループ内のすべてのボタンについて共通に行ったことになり、処理量をさらに削減できる。

図2に事前故障伝搬の処理例を示す。図中の論理値は固定値シミュレーションの結果である。観測不能領域UORは信号線3と6だけであるが、実際にはf2, f3等も検出不能である。これは影響を伝搬させてもG4の出力が変化しないことから判定される。一方、f1を伝搬させるとG4で再収れんし、信号線12の故障論理値が非固定値Xになる。f1は検出可能性があるため処理対象とする。また、この伝搬によりG4の一つ手前の伝搬経路G2, G3の故障位置f1a, f1bに同時に1縮退故障を仮定すればf1と等価な結果が得られることがわかる。次に行う故障シミュレーションではf1の故障仮定点としてf1a, f1bを用いる。従って、G1, G2, G3の演算をバタングループ内の全てのボタンについて節約することができる。

事前故障伝搬は複数のボタンに対して同じ故障の動作を何度も繰り返してシミュレーションすることを防ぐ効果がある。

4. 処理量削減効果

観測不能故障除外方式と本方式を併用した場合の故障シミュレーション処理量削減効果を図3に示す。10万ゲート級の大規模LSIを想定して、ボタンは数十に分割する場合を考え、机上で効果を見積もった。効果は処理対象故障数削減と各故障あたりの故障伝搬範囲の縮小との二つにわけて解析した。

(1)は観測不能故障除外方式のみによる処理対象故障数削減効果である。UOR内部の故障を除くと故障数は1/6になると予想される。(2)はさらに事前伝搬を適用した場合である。処理対象となった故障のうち、1/3はここで除去され、故障シミュレーションの対象になるの

分類	回路例	効果見積
処理対象故障数削減	(1)	1/6
事前故障伝搬数削減	(2)	1/9
故障伝搬範囲の縮小	(3)	10%減
事前故障伝搬の縮小	(4)	20%減

図3 処理量削減効果

は全故障の1/9と見積もられる。(3)は観測不能故障除外方式のみによる故障伝搬範囲の縮小効果である。故障シミュレーションではUOR内に故障を伝搬させない。これにより10%の処理量削減が見込まれる。(4)はさらに事前故障伝搬により、固定値信号線上の共通な伝搬処理の重複を排除する効果を含めたものである。これは全体の20%減になると見積もられた。これらを総合して10倍の高速化の見通しが得られた。

5. おわりに

故障シミュレーションの高速化手法として、故障シミュレーションの処理に先だって、複数ボタンに共通な処理を一度に行なうことにより少ないオーバーヘッドで処理量を削減する方法を考案した。バタングループの適切な設定により、大きな効果を得ることができると考えられる。

[参考文献]

- [1] M. Abramovici et al., "Critical path tracing - An alternative of fault simulation", DAC, 214-220, 1983.
- [2] T. Nishida et al., "RFSIM: Reduced Fault simulator", Trans. on CAD, 392-402, 1987.
- [3] Fadi Maamari et al., "A Fault Simulation Method Based on Stem Regions", ICCAD, 170-173, 1988
- [4] 上脇 他, "故障シミュレーション高速化方式(1)観測不能故障除外", 情報処理学会第42回全国大会, 1991.3