

新しい尺度を用いた検査入力生成手法

5K-3

中田 恒夫, 田中 英彦, 元岡 達
(東京大学 工学部)

1. はじめに

組合せ回路の検査入力生成アルゴリズムは今までに多く提唱されているが、実用的なものとしては、Dアルゴリズム、PODEMアルゴリズム、FANアルゴリズムなどが知られている(①, ②, ③)。これらのアルゴリズムはいずれも解を求める過程でバックトラックを生じる可能性があり検査入力生成を高速に行うためには、いくつかの候補がある場合に一定の評価基準——尺度に従って適切な選択をして、バックトラックの回数を極力減らすことが望ましい。尺度に関しては、可検査性をもとにしたものがいくつか存在しているものの効果は必ずしも大きくないようである。

本論文では、各信号線の、外部入力に対する依存性を基準にした新しい尺度を提案し、PODEMアルゴリズムに取り入れた例を示す。

2. PODEMアルゴリズムと尺度

2.1 PODEMアルゴリズム

PODEMアルゴリズムは、Dアルゴリズムの大きな欠点—XOR素子の数が多い回路に対し頻りにバックトラックを生じ効率が著しく低下すること—を改善するもので以下のような特徴を持つ。

- (1)後方追跡は外部入力まで行う。
- (2)外部入力に論理値を割り当て、前方含意操作によって検査可能であるかどうかを調べる。従ってバックトラックを生じるのは、論理素子においてではなく外部入力においてのみである。
- (3)最悪の場合、計算時間は指数オーダーである。
- (4)アルゴリズムとしては完全である。
- (5)XOR素子を多く用いた回路以外でも、ほとんどの場合にDアルゴリズムよりも効率がよい。

2.2 尺度の利用

PODEMアルゴリズムでは、後方追跡において多入力素子に遭遇した場合にどの入力線へ後方追跡を進めるかの選択に尺度を利用している。尺度としてよく用いら

れるものとして Goldsteinの可検査性(④)があるが、これは本来の定義に基づく可検査性の近似値を与えるだけであるために、再収斂する分岐がある回路では値が不正確になり必ずしも効率化がなされるとは限らない。

3. 外部入力依存性に基づく尺度

3.1 概要

PODEMアルゴリズムにおける後方操作は、目標とする信号線に所望の論理値を設定する可能性が最も高い外部入力とそこに割り当てるべき論理値を求める操作である。この操作は回路が与えられた時点でかなりの部分を行うことが可能であり、前処理によって後方操作の時間が大きく引き下げられると考えられる。

ここでは各信号線の、外部入力に対する依存性を考慮した新しい尺度を用いてPODEMアルゴリズムの効率化をめざす。

3.2 外部入力依存性

外部入力依存性とは、信号線に影響を与える外部入力数などに適当な重みをつけて数値化したものである。現在のところ、計算量・記憶量・効果の点から次の4レベルに分類している。

- ・Level 1 : 影響を与える外部入力数
多入力素子において目標値を入力側へ伝播させる際にこの値が最小となる入力線を選択する。計算は簡単で必要とする記憶領域も小さいが、分岐の影響を考慮していないために十分な効率化は期待しにくい。
- ・Level 2 : 影響を与える外部入力名
各信号線において影響を与える外部入力名をすべて記憶する。記憶量は外部入力数と素子数の積のオーダーとなるが、後方操作における外部入力の選択がすぐに行えるためかなりの効率化が期待できる。
- ・Level 3 : Level 2 に分岐を考慮
信号線に分岐がある場合、その信号線が影響を与えるパスが複数となり検査入力が求まりにくくなる。そこで各外部入力に優先順位を設け、分岐を通るたびに優先順位を下げることにする。Level 2 同様後方操作

新しい尺度を用いた検査入力生成手法

5K-3

中田 恒夫, 田中 英彦, 元岡 達
(東京大学 工学部)

1. はじめに

組合せ回路の検査入力生成アルゴリズムは今までに多く提唱されているが、実用的なものとしては、Dアルゴリズム、PODEMアルゴリズム、FANアルゴリズムなどが知られている(①, ②, ③)。これらのアルゴリズムはいずれも解を求める過程でバックトラックを生じる可能性があり検査入力生成を高速に行うためには、いくつかの候補がある場合に一定の評価基準——尺度に従って適切な選択をして、バックトラックの回数を極力減らすことが望ましい。尺度に関しては、可検査性をもとにしたものがいくつか存在しているものの効果は必ずしも大きくないようである。

本論文では、各信号線の、外部入力に対する依存性を基準にした新しい尺度を提案し、PODEMアルゴリズムに取り入れた例を示す。

2. PODEMアルゴリズムと尺度

2.1 PODEMアルゴリズム

PODEMアルゴリズムは、Dアルゴリズムの大きな欠点—XOR素子の数が多い回路に対し頻りにバックトラックを生じ効率が著しく低下すること—を改善するもので以下のような特徴を持つ。

- (1)後方追跡は外部入力まで行う。
- (2)外部入力に論理値を割り当て、前方含意操作によって検査可能であるかどうかを調べる。従ってバックトラックを生じるのは、論理素子においてではなく外部入力においてのみである。
- (3)最悪の場合、計算時間は指数オーダーである。
- (4)アルゴリズムとしては完全である。
- (5)XOR素子を多く用いた回路以外でも、ほとんどの場合にDアルゴリズムよりも効率がよい。

2.2 尺度の利用

PODEMアルゴリズムでは、後方追跡において多入力素子に遭遇した場合にどの入力線へ後方追跡を進めるかの選択に尺度を利用している。尺度としてよく用いら

れるものとして Goldsteinの可検査性(④)があるが、これは本来の定義に基づく可検査性の近似値を与えるだけであるために、再収斂する分岐がある回路では値が不正確になり必ずしも効率化がなされるとは限らない。

3. 外部入力依存性に基づく尺度

3.1 概要

PODEMアルゴリズムにおける後方操作は、目標とする信号線に所望の論理値を設定する可能性が最も高い外部入力とそこに割り当てるべき論理値を求める操作である。この操作は回路が与えられた時点でかなりの部分を行うことが可能であり、前処理によって後方操作の時間が大きく引き下げられると考えられる。

ここでは各信号線の、外部入力に対する依存性を考慮した新しい尺度を用いてPODEMアルゴリズムの効率化をめざす。

3.2 外部入力依存性

外部入力依存性とは、信号線に影響を与える外部入力数などに適当な重みをつけて数値化したものである。現在のところ、計算量・記憶量・効果の点から次の4レベルに分類している。

- ・Level 1 : 影響を与える外部入力数
多入力素子において目標値を入力側へ伝播させる際にこの値が最小となる入力線を選択する。計算は簡単で必要とする記憶領域も小さいが、分岐の影響を考慮していないために十分な効率化は期待しにくい。
- ・Level 2 : 影響を与える外部入力名
各信号線において影響を与える外部入力名をすべて記憶する。記憶量は外部入力数と素子数の積のオーダーとなるが、後方操作における外部入力の選択がすぐに行えるためかなりの効率化が期待できる。
- ・Level 3 : Level 2 に分岐を考慮
信号線に分岐がある場合、その信号線が影響を与えるパスが複数となり検査入力数が求まりにくくなる。そこで各外部入力に優先順位を設け、分岐を通るたびに優先順位を下げることにする。Level 2 同様後方操作