

トリーマッピングアルゴリズム

9M-5

POLARISの拡張

松本和彦 新舎隆夫 小島智

(株)日立製作所

1. はじめに

多段論理生成は、多段化されたブール式を目標回路系の論理回路にマッピングする処理を伴う。マッピング手法はルールベース手法^{1),2)}とトリーマッピングアルゴリズムに大きく分かれ、後者に属する代表的なものに、グラフカバリング法を用いるDAGON³⁾がある。本論文のPOLARISもトリーマッピングアルゴリズムの一種である。POLARISは先に、極性伝播法を用いるアルゴリズムとして提案したが⁴⁾、その後の評価結果より、極性伝播法だけでは最適なマッピングができないことが判明した。本論文では、従来アルゴリズムの問題点を解決する拡張アルゴリズムについて述べる。

2. POLARIS

2.1 従来アルゴリズムの問題点

従来のPOLARISは、ブール式とその入出力変数を入力し、極性伝播法を用いて、ブール式を目標回路系の論理回路にマッピングしていた。極性伝播法とは、ブール式(トリー)の出力側から入力側へ極性順伝播(あるノードにゲート割当てたとき、当該ノードの各子ノードの出力極性を当該ゲートの入力極性とする)を行いながら、トリーの各ノードにゲート割当てを行い、極性順伝播の後、ブール式の入力側から出力側へ極性逆伝播を可能な限り行い、極性合わせインバータ数を最少化する方法である。ここで、ゲート割当て条件は、①出力極性条件(ノードの出力極性とゲートの出力極性が一致する)、②論理機能条件(ノードの論理オペレータとゲートの論理機能が一致する)、③ファンイン条件(ノードの入力数とゲートのファンイン数が一致する)の三つからなり、あるノードが①~③を満たすとき、当該ノードに単一ゲートを割当てることが可能であり、あるノードとその子ノードがすべて①~③を満たすとき、当該ノード群に複合ゲートを割当てることが可能である。

従来のPOLARISは、生成論理品質を向上するために、あるノードに単一ゲートと複合ゲート(出力側サブゲート)が割当て可能なとき、複合ゲートを優先して割当てていた。しかし、この方法は、ある上位ノードに複合ゲート(出力側サブゲート)を割当てたために、ある下位ノードに複合ゲート(出力側サブゲート)が割当てられなくなるという現象が生じ、局所最適化しかできなかった。

2.2 拡張アルゴリズム

上記の問題点を解決するには、どのノード群に複合ゲートを割当てたら生成論理品質が最適になるかという組合せ問題を解くことが必要になる。そこで、最適になる可能性のあるすべてのマッピングを試行し、この試行結果の内から最適化の指標を満たす論理回路を選択するというGreedy Approachを採用し、これに基づいてPOLARISを拡張した。ここで、最適化の指標は、①ディレイ優先モード(ゲート段数最少、次にゲート数最少)、②面積優先モード(ゲート数最少、次にゲート段数最少)のいずれかである。

POLARISの拡張アルゴリズムの特徴は以下のとおりである。

- (1) 交互ゲート種割当て法: Greedy Approachを実現するために、極性伝播法を用いて、トリーの各ノードに単一ゲートと複合ゲート(出力側サブゲート)の交互割当て試行を行う。その結果、最適になる可能性のあるすべての論理回路がマッピングされる。
- (2) 拡張複合ゲート割当て法: 複合ゲートの割当てを可能な限り試行するため、あるノードが複合ゲート(出力側サブゲート)のファンイン条件を満たさないとき、優先順序つきファンイン調整((3)参照)を行う。また、当該ノードのある子ノードが論理機能条件を満たさないとき、ダミーノードを挿入して論理機能条件を満たすようにし、当該子ノードが複合ゲート(入力側サブゲート)のファンイン条件を満たさないとき、優先順序つきファンイン調整を行う。
- (3) 優先順序つきファンイン調整法: 上記の場合とあるノードが単一ゲートのファンイン

条件を満たさないとき、優先順序つきファンイン調整を行う。優先順序つきファンイン調整法とは、当該ノードの各子ノードをルートとする各サブツリーを上記の拡張アルゴリズムでマッピングし、そのマッピング結果に基づいて最適化の指標を満たすようにファンイン調整を行う方法である。それゆえ、拡張アルゴリズムは再帰的になる。

POLARISによるマッピング例(交互ゲート種割当て法)を図1に示す。

3. 評価結果

POLARISを多段論理生成システムに組み込み、他の処理条件を同一にして、POLARISの最適化の指標の切替えが生成論理品質に及ぼす影響を評価した。その結果、真理値表21種の内、8種の生成結果が変化し、面積優先モードの生成結果は、ディレイ優先モードの生成結果と比べて、ゲート数が4%減少し、ゲート段数が10%増大した(表1)。

4. おわりに

POLARISの拡張アルゴリズムを提案した。拡張後のPOLARISは、Greedy Approachの採用により、ディレイ優先モードまたは面積優先モードのいずれかで最適なツリーマッピングを行うことが可能である。

参考文献

- 1) Darringer, D., et al., "LSS: A System for Production Logic Synthesis", IBM J. Res. Develop., vol. 28, no.25, 1984.
- 2) Gregory, D., et al., "Socrates: A System for Automatically Synthesizing and Optimizing Combinational Logic", Proc. of 23rd DAC, 1986.
- 3) Keutzer, K., et al., "DAGON: Technology Binding and Local Optimization by DAG Maching ", Proc. of 24th DAC, 1987.
- 4) Shinsha, T., et al., "POLARIS: Polarity Propagation Algorithm for Combinational Logic Synthesis", Proc. of 21st DAC, 1984.

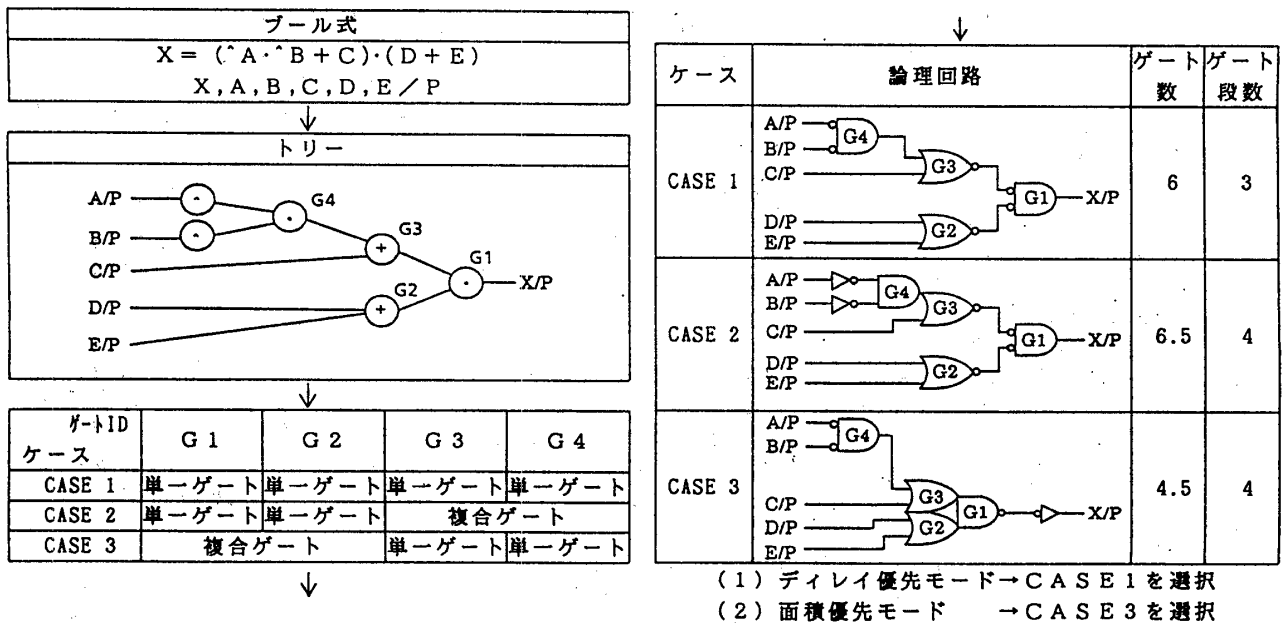


図1 POLARISによるマッピング例

表1 POLARISの評価結果

ディレイ優先モード		面積優先モード	
ゲート数	ゲート段数	ゲート数	ゲート段数
617.9	80.3	594.0	88.4
(1)	(1)	(0.96)	(1.10)

(注) 1. サンプル論理: 真理値表21種
2. 21種の内、8種の生成結果が変化