

非同期回路のスキャン設計回路への自動変換

7U-4

中條直也, 長瀬宏, 龍川光治
豊田中央研究所

1.はじめに

LSIの集積度の向上にともなって検査の難しさは増加している。一般の順序回路は、そのままでは自動的な検査入力生成を行うことが難しい。そこでスキャン設計を行い、検査入力生成の問題を組合せ回路のレベルに落として処理することが行われている。しかし、非同期回路を含む一般の回路にスキャン設計を適用することは難しい。今回、非同期回路をスキャン設計回路に自動変換する手法について検討したので報告する。

2.問題点

一般の回路を自動変換によってスキャン設計回路に自動変換する研究が行われてきたが[1][2]、非同期のループ回路については変換は出来ていない。

3.変換手法

非同期順序回路の検査が難しいのは、回路に外部クロックに同期しないループが存在し、内部状態を保持するからである。

ここでは、ループになっている部分に、スキャン時のみ有効なフリップフロップを挿入する方法を提案する。これによって、検査時、回路はループを持たない組合せ回路と等価になり、検査入力の自動生成を行うことが出来るようになる。

回路の変換のために、次のようなアルゴリズムを考案した。

ループ検出の部分は文献[3]を参考とした。外部入出力から制御、または、観測できるゲートにフラグを立てることによりループ回路部分を検出できる。

フリップフロップ挿入の位置は、より多くのループを、少数のフリップフロップで解消できるような位置を求めるようにした。

ループ内にファンアウト数を多く持つゲートは多くのループに含まれる。また、最短ループは横形探索により最も早く見つかるループである。そこで、最短ル

ープのファンアウト数最大のゲートの出力側にフリップフロップを挿入することにより、効率よくループを解消することができる。

但し、最短ループの探索は計算量が多い(ゲート数 n ,平均ファンアウト数 m ,長さ l として $O(nm^l)$)ので、ループの長さの上限を指定することが必要である。

ループの検出と変換のアルゴリズム(図1参照)

(1)ループ検出

(a)外部入力を開始点としてフラグを立て、出力側へ以下の処理を行う。

対象ゲートのファンインのゲートのフラグを調べる。すべてのゲートにフラグが立っていたらそのゲート自身にもフラグを立てる。

(b)外部出力から入力側へ、(a)と同様な処理を行う。フラグの立たないゲートはループを構成している。全てのゲートにフラグが立っていればループはない。

(2)フリップフロップの挿入

横形探索を行って、指定した長さ以下で最短のループを検出する。このループ内のファンアウト数最大のゲートの出力側にスキャン用のフリップフロップを挿入する。

ループ長が指定した長さより長い場合、ループ内に複数のファンアウトを持つゲートの出力側にフリップフロップを挿入する。

挿入したフリップフロップにフラグを立て、(1)へ戻る。 □

このアルゴリズムを適用して回路変換した例を図2に示す。

4.フリップフロップの構成と機能

ループ内に挿入するフリップフロップを図3に示す。このフリップフロップは次のような3つの使用モードを持っている。これらのモードは、CTRL1,CTRL2,CTRL3の

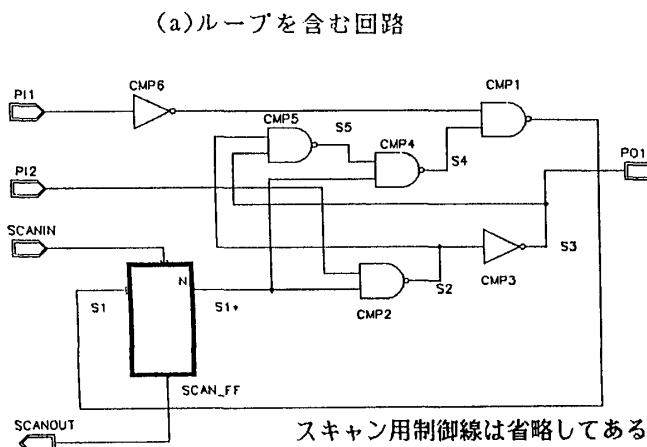
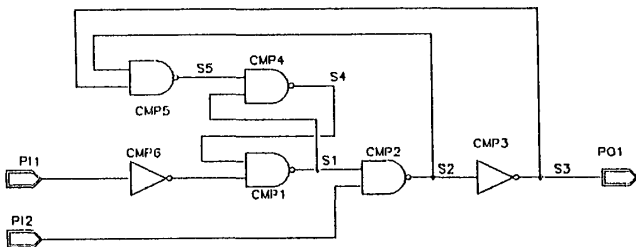
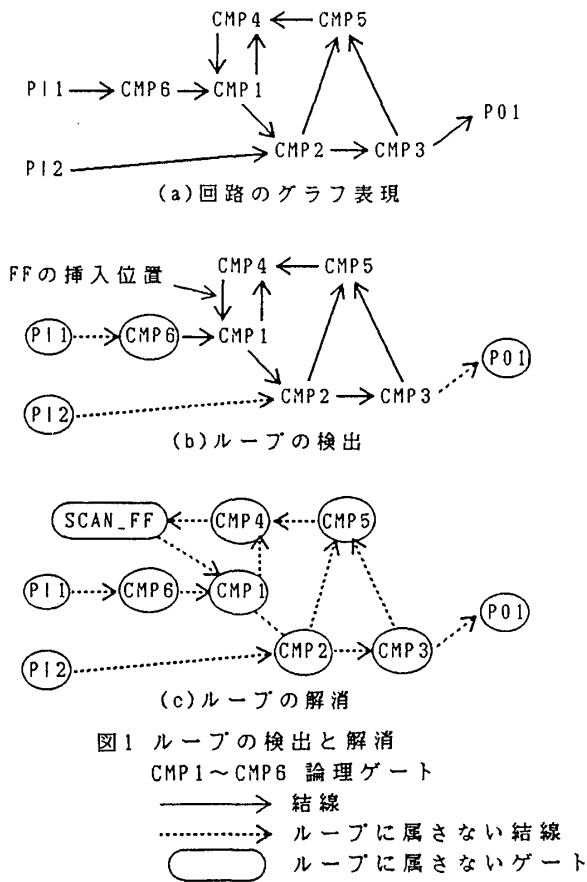


図2.自動変換の例

値の組合せによって切り替える。

(a)通常動作モード

ループ回路からフリップフロップが見えない状態。
若干の遅延を除き回路動作に影響を及ぼさない。

CTRL1=1 CTRL2=1 CTRL3=0

(b)スキャンモード

ループの状態を設定，観測できる状態

CTRL1=1 CTRL2=0 CTRL3=1

(c)シフトモード

シフトレジスタとして機能する状態。設定値を外部からロードしたり，観測したデータを外部に出力する。CTRL1=0 CTRL2=1 CTRL3=1

5.まとめ

ループの検出による非同期順序回路のスキャン設計回路への自動変換の方法と，フリップフロップの構成について述べた。最短ループを検出するアルゴリズムにより，少数のフリップフロップを効率よく挿入し検査を容易化する。

参考文献

[1]林，畠山，国友，久保木，“検査容易なLSI論理回路の自動設計方式”，情報処理学会論文誌 Vol.27, No.1,pp.90-95,Jan. 1986.

[2]中沢，西，新田，“VLSI用テスト容易化自動回路変換プログラム”，第36回情報処理学会全国大会，予稿集 5Y-4,1988.

[3]Horowitz,Sahni, "Fundamentals of DATA STRUCTURES IN PASCAL", pp.272-325,computer science press,1984.

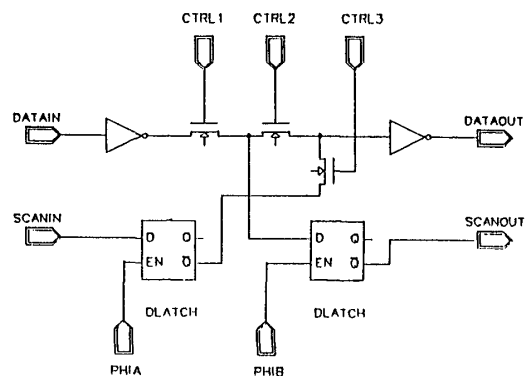


図3.スキャン用のフリップフロップ