

論理回路設計時の徹底検証 及び再合成に関する一考察

1 J-5

若林 哲*, 石川博之*, 市川貴士**, 檀 良**

*法政大学大学院工学研究科, **法政大学工学部

1. はじめに

ASIC設計が一般化されてきた昨今, 需要が急増してきた. その結果として, 設計者不足に悩まされているのが設計の現場の実状であろう. そこで, 我々が提案する基礎アルゴリズムは, 経験の浅い設計者が論理回路を設計する際に, あたかも専門家の設計と同等な設計を可能にするためのエキスパートシステムへの指針を示すものであると考えられる.

このアルゴリズムには2つの主な手法を提案する. そのひとつは設計誤り検証及び論理の再合成を行う“逆方向エキソスティブ検証法”¹⁾. もう一方は再合成された等価回路群の中からベスト回路を選択する“ファジィ選択法”²⁾である.

本稿では, この手法を用いた実験システムを“論理チェッカー”と名付け, EWS上に構築し, その上での実験及びアルゴリズムについて述べる.

2. 論理チェッカー

本稿の意図するところは, 論理合成の範疇において, 検証の自動化及び再合成を目指すものである. 一般に言われる論理合成と比較して相違点は入力形態が仕様だけではなく, 回路図を要するところである. 当然仕様は必要であるが, “入出力の信号値を与える”という簡単な仕様を必要とするだけである. これは, 利用対象を経験の浅い設計者とし, 回路図を描く事ができ, 入出力の仕様が解っていれば, 回路条件の各々の要求を満たすベスト回路を生成できる事を目的としている.

ここに示す論理チェッカーは経験の浅い設計者が設計を行う際に, 自動的に論理の検証を行い, ベスト回路を生成する機能を持つシステムの基本的なアルゴリズムとして有効なものであると考えられる.

図1に論理チェッカーのシステムフローチャートを示す.

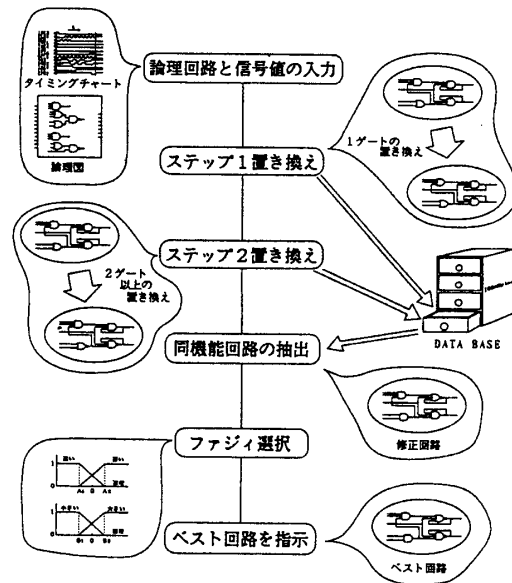


図1. 論理チェッカーのシステムフロー

3. 逆方向エキソスティブ検証法

本検証法は, 論理回路と仕様の入出力信号値から徹底検証を行うものである. 出力信号値が一致しなかった場合に, 検証を出力端から逆方向にゲート一つ一つについて徹底的に検証してゆくものである. シミュレーションを繰り返して単純検証だけでなく, 正しいゲートを一つだけ探すのではなく, 置き換え可能なゲート全てを検索するものである. さらにこの検証法では仕様にあった論理回路であっても徹底検証を行い, 等価回路を生成する事が可能である. これによりラフ設計した論理回路としっかりとした仕様があれば, 自動的に検証を行い, 仕様を満たす回路を抽出する事が可能である.

図2に, 検証法のフローチャートを示す.

An Automatic Method for Exhaustive Verification, Correction and Selection of Logic Circuits
Satoshi WAKABAYASHI*, Hiroyuki ISHIKAWA*, Takashi ICHIKAWA** and Ryo DANG**
*Graduate School of Hosei University
**College of Engineering, Hosei University

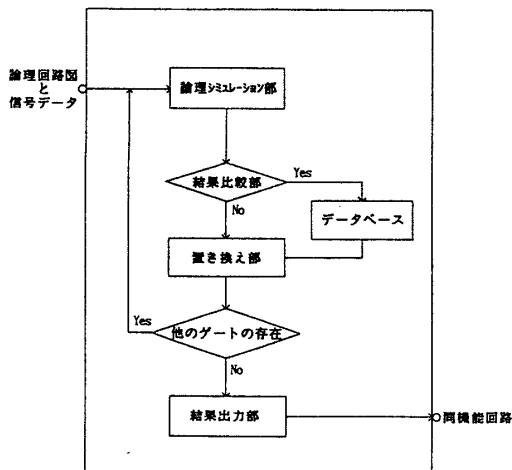


図2. 検証法のフローチャート

4. ファジィ選択法

本選択法は、先の逆方向エキゾスティブ検証法により抽出された複数個の等価回路の中から、ベスト回路を抽出するための選択法である。回路の各条件（速度、面積、消費電力等）はある条件を良くすると、他の一方で悪くなるといったトレードオフな関係にある。そのトレードオフな条件を全て加味して選択を行うためには、何らかの評価関数を必要とする。この評価関数をどの様にとるかによって回路の評価が変わってくる。そういった事も考慮し、さらに専門家の知識の導入、また容易に変えられる関数の導入をも考慮する必要が生じてくる。そこで、ファジィ理論のメンバシップ関数に着目した。このメンバシップ関数を用いて、ファジィ推論のMAX-MIN法による選択基準メンバシップ関数の合成、重心法による選択基準値の決定を行った。この選択基準値を各回路に持たせ、評価の基準にして選択を行い、一意に回路を決定する事を可能にした。

図3に、選択法のフローチャートを示す。

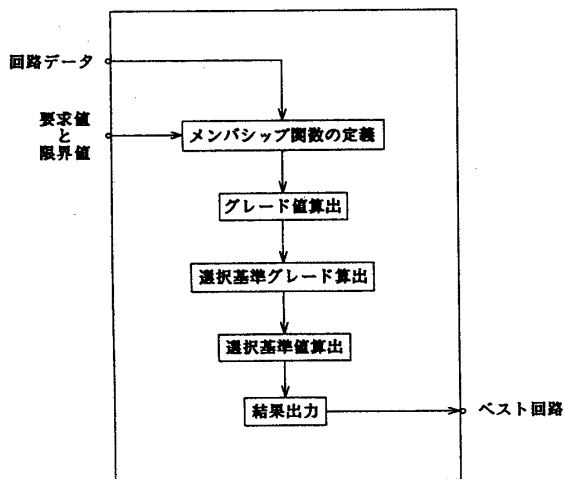


図3. 選択法のフローチャート

5. 実験及び結果

ここでは、IEEE主催の国際会議であるISCAS'85で論理回路のテスト用ベンチマーク回路を用いた実験を行った。回路は小規模なC17と番号付けられた回路である。これは、2入力NANDゲート6ヶからなるものである。この結果、ベスト回路として基になった回路C17が最も良いと選択された。合成及び選択結果を図4に示す。

回路No.	ゲート構成	遅延時間 (ns)	セル数 (個)	消費電力 (mW)	選択基準値	選択結果
1	NA(6)	(3.02)	(8.00)	(7.00)	(0.752)	選択
2	A(2), O(2), NA(2), I(2)	3.57	13.00	11.34	-0.223	排除
3	A(1), O(2), NA(3), I(2)	3.57	11.00	9.28	0.103	
4	A(2), O(2), NO(2), I(2)	3.99	12.00	8.48	0.035	
5	A(1), O(2), I(3), NA(1), NO(2)	3.99	12.00	8.48	0.035	
6	A(3), O(2), NA(1)	3.60	11.00	9.61	0.082	
7	A(2), O(2), NA(2), I(1)	3.60	11.00	9.61	0.082	
8	A(1), NA(5), I(1)	3.10	(8.00)	7.01	0.710	

A:AND, O:OR, NA:NAND, NO:NOR, I:INV (?):ゲート数

図4. 実験結果

6. まとめ

経験の浅い設計者が論理回路を設計する際に必要とされる専門家の知識や経験から得られた勘などを組み込んだエキスパートシステム的な設計自動化CADシステムの開発に注目が集まっている。本稿では、対象を論理回路設計の経験の浅い設計者におき、論理回路設計支援エキスパートシステムの基礎アルゴリズムについての基礎研究を行い、実験システムによる検証を行った結果をまとめたものである。

本稿では、論理設計支援エキスパートシステムの基礎アルゴリズムを完成し、実際にシステムを具体化し、実験的検証を行った。なかでも、2本柱である“逆方向エキゾスティブ検証法”と“ファジィ選択法”のアルゴリズムについては設計支援システムにおける有用なアルゴリズムであると考えられる。

今後の課題として、シミュレーション部の高速化や精度の向上がはかれることにより実用への問題点はあげられる。

参考文献

- 1) 若林, 佐藤, 檀, “論理チェッカー：論理回路設計への異常回路修正機能の付加,” 信学技報, Vol.88, No.475, VLD88-114
- 2) 若林, 石川, 檀, “同機能論理回路生成時のファジィ的選択法,” 信学論, Vol.J74-A, No.2