

5R-4

# マスクパターンからの論理回路図復元方法の検討

大江良一 町田泰秀 後藤源助  
(株) 富士通研究所

## 1. まえがき

LSIマスクパターン設計の誤りを検出するため、計算機によるマスクパターン論理検証システムの開発を進めている。誤りを検出する方法としては、マスクパターンから論理ゲートレベルの回路を抽出し、これをもとの設計論理回路と比較照合したり、回路図を復元したりすることにより行なっている(図1)。このうち、復元された回路図により検証を行なうためには、その回路図が設計者の意図した通りに復元されていることが必要である。しかし、回路図には一般的でない特殊な回路や、設計者の好みも入ってくるため、従来のようにある一定の規則に従って回路図を作成するだけでは、満足な回路図を得ることはできなかった。そこで我々は、まず一般的に用いられている描画規則により回路図を復元した後、対話形式により設計者が自由に修正できることを特徴とする回路図の復元方法について開発を行なった。

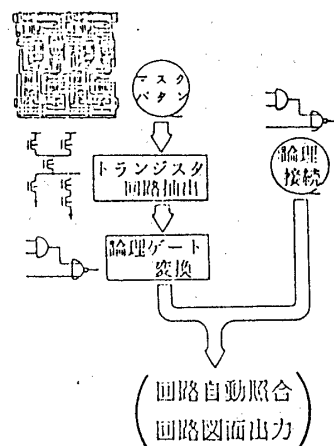


図1. 検証システムの構成

## 2. 論理回路図の描画規則

設計者にとって、わかりやすい論理回路図とは、どのような規則に従って描かれているかを調査検討し、次の条件を満たす論理回路図の復元を可能とした。

- (1) 論理ゲートレベルの回路図の作成
- (2) トランスマッションゲートの扱かも可能
- (3) 論理ゲートのシンボルは、設計者の描く記号を使用
- (4) 外部入力端子は左端に、外部出力端子は右端に配置
- (5) 信号の流れに沿った論理ゲートの配置
- (6) 配線の不要な折れ曲がりの少ない論理ゲートの配置
- (7) 配線の繁雑さを避けるため、結合子の使用が可能
- (8) 対話形式により配置及び配線の変更が可能

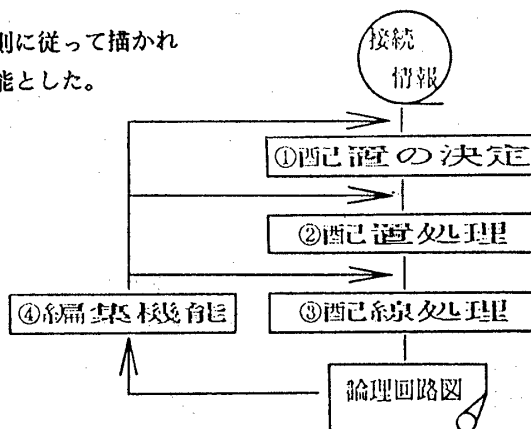


図2. 回路図復元処理の流れ

## 3. 処理の概要

開発した回路図復元処理の流れを図2に示す。まず入力として論理回路の接続情報を読み込み、論理ゲートの配置を決定した後、実際に配置・配線処理を行ない、回路図を作成する。さらに設計者は、対話形式の編集機能を用いて、意図するような回路図に変更することが可能である。以下に各処理の概要について述べる。

### ①配置の決定

論理回路の接続情報より、論理ゲートの配置位置を決定する。まず、X方向配置は、外部端子からの信号の流れを認識することにより、各論理ゲートの配置レベルを決定する(図3)。次に、Y方向配置は、隣接するレベル間での論理ゲートの接続関係を認識して、接続される2つの論理ゲートが同じ位置になるように配置を行なう(図4)。

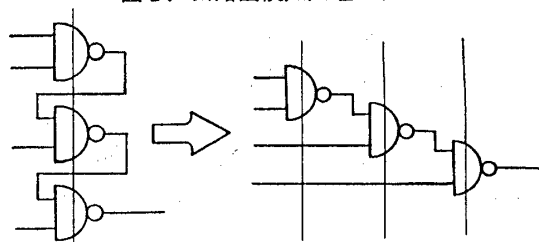


図3. X方向配置

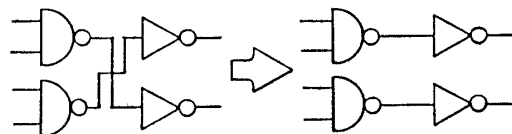


図4. Y方向配置

②配置処理

各論理ゲートを、決定された配置位置に従って配置する。  
 但し、決定された位置通りに各論理ゲートを配置すると、接続される各端子のY方向位置が異なる場合、図5のように配線に不要な折れ曲がりが生じてしまう。そのため、ここでは接続される2つの端子のY方向位置の差を認識して、配置位置を調整してから実際に配置する。

③配線処理

配置された論理ゲートの各端子間を接続情報をもとに配線する。  
 配線手法には迷路法を用い、指定した2点を結ぶ問題として扱っている。但し、配線が繁雑となるような場合もあるため、実際に配線を行わず、結合子で置き換えることも可能としている。  
 特に、トランSMissionゲートの Pch,Nch の入力(ゲート)端子は、バッファを介したコントロール信号であることが多く、このような場合は、結合子に置き換えることが一般的である。そのため、ここでも結合子に置き換えて、設計者にわかりやすいように表示している(図8(a)参照)。

④編集機能

作成された論理回路図は、対話形式による編集機能を用いて、設計者の意図するように変更することが可能である。主な機能を以下に示す。  
 (a)論理ゲートの移動：指定した論理ゲートを指定位置に移動する。  
 (b)論理ゲートの反転：指定した論理ゲートを各軸方向に反転する(図6)。  
 (c)端子の交換：指定した2つの端子が交換可能であれば交換する(図7)。  
 (d)配置ピッチの変更：論理ゲートの配置ピッチを指定した値に変更する。  
 (e)結合子への置き換え：指定した配線を結合子に置き換える。

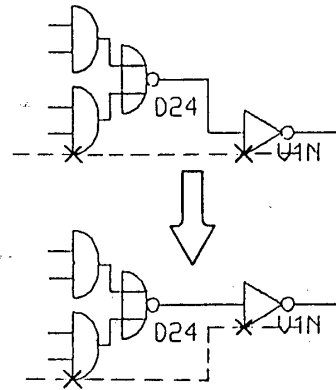


図5. 配置位置の調整

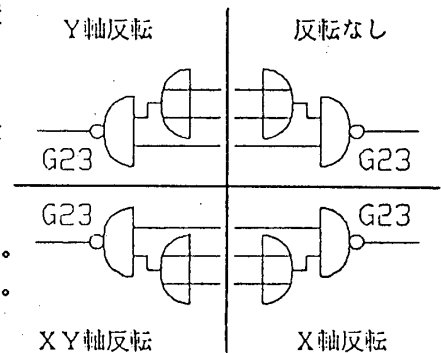


図6. 論理ゲートの反転

4. 適用例および評価

実際にマスクボタンから得られた回路図を図8に示す。  
 このうち、図(a)については、編集機能を用いて若干の修正を施しているが、図(b)には、何も手を加えていない。このように、設計者にとってわかりやすい論理回路図を、マスクボタンから容易に復元することができるようになった。

5. まとめ

LSIマスクボタンから、検証しやすい論理回路図の復元を可能とした。  
 これにより、特に小規模セル等のマスクボタンについては、回路照合を用いることなく検証することができるようになった。  
 今後は、より最適な配置の検討や、さらには大規模回路への適用、照合結果の回路図へのフィードバック、などについて検討を進めていく。

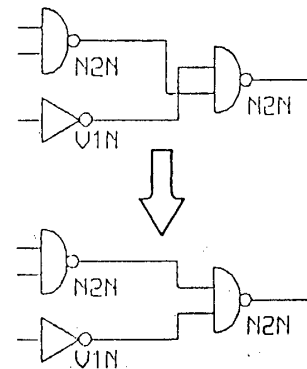


図7. 端子の交換

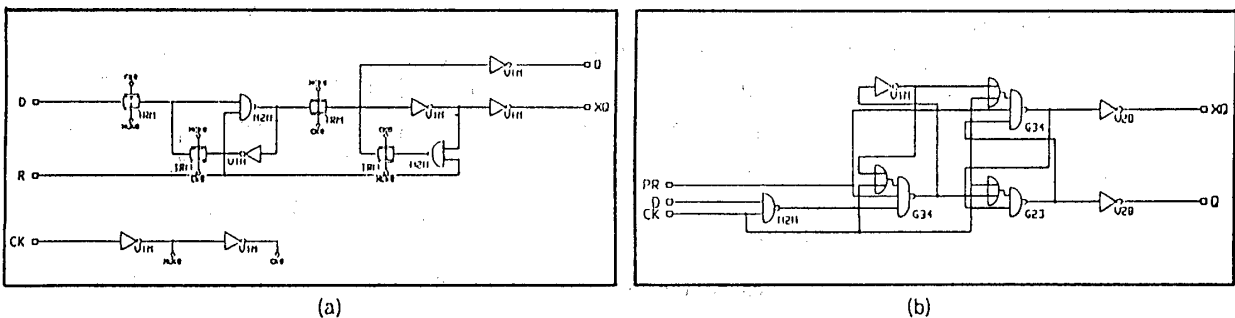


図8. 回路図復元例