

2R-5

機能論理設計のための
図面生成用自動配線アルゴリズム

真鍋俊彦, 西尾誠一, 宮田操
(東芝 総合研究所)

1. はじめに

LSI の集積度の向上に伴って、機能論理レベルの支援ツールが要求されつつある。我々は、この要求に応えるため、ハードウェア設計言語H²DLに基づく、自動論理合成システム(LUNA)^[1]を開発している。

このシステムは回路の機能をハードウェア設計言語H²DLにより記述し、その記述内容に応じた回路を自動合成するものである。このようなシステムでは合成された回路を図面化する機能が不可欠である。そこで、LUNAの一部として自動図面生成システム^[2]を作成した。ここでは、この図面生成システムで採用した配線アルゴリズムについて報告する。

2. アルゴリズムの概要

ここで報告するアルゴリズムでは仮配線と本配線の二段階に分けて、合成された論理回路の図面について自動配線を行う。仮配線では図面を複数の配線可能な長方形の領域(以後meshと呼ぶ)に区切り、このmeshを単位にして、大まかな配線経路とその経路内に必要なセグメント(配線を構成する線分)を作成する処理を行う。次の本配線では、仮配線で作成した各セグメントの配線位置を決定する。二段階で処理を行うことにより、各セグメントを交差数が少なく、規則的に並べられるようになっている。

3. 仮配線

仮配線では、図1のように、長方形のmeshに区切られた未配線の図面を対象に処理を行う。シンボルが置かれたmeshは配線禁止meshとして扱う。

最初に、mesh単位での配線経路探索を行う。mesh単位の配線経路とは、各端子対を結線する際に通過するmeshである。経路の探索は、でき

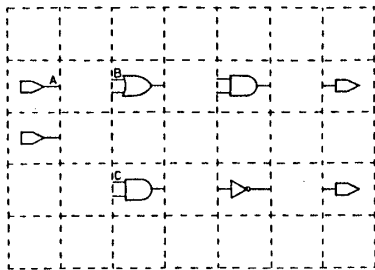


図1 meshに区切られた図面

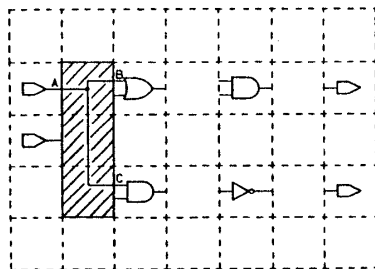


図2 配線経路(斜線部分)とその中のセグメントの例

るだけ単純な形の経路を見つけるために、入力端子から出力端子へ、あらかじめ決められた経路パターンで配線可能か、そのパターンを一つ一つ調べるにより行う。すべてのパターンが配線不能であった場合は、迷路法^[3]により、可能な最短経路を求めている。また、出力端子と入力端子が一対多の場合については、最初に、入力端子の一つから出力端子までの経路を探索し、次に他の入力端子からその前までに発見された配線経路にたどりつくパターンを調べていく。

次に、仮配線では経路内に必要なセグメントを作成して、処理を終了する。図2に、図1の端子AとB、Cを結線する際の仮配線の結果を示す。各セグメントの位置は、mesh単位で決定している。しかし、端子に直結しているセグメントを除いてmesh内の位置については決定していない。

4. 本配線

ここでは、仮配線でmesh内の位置が未決定のセグメントの最終的な位置の決定を行う。ここでのセグメントの位置決定は、他のセグメントの中で、経路の重なるものとの、「見易さ」を考慮した、交差の少ない位置関係を求めることにより行う。そして、求めた位置関係を満足するように、各セグメントを整列する。

この位置関係は、経路の重なる同方向(縦または横)のセグメントのペアに対して求める。具体的には、縦のセグメントであれば、どちらが右にあるべきか、横のセグメントであれば、どちらが上にあるべきかを求める。縦のセグメントS1とS2について、S2がS1の右にあるべきであることを、以後、S1→S2と表記する。以下、縦のセグメントについてだけ話を進めるが、90度回転すれば、横のセグメントについてもその手法を適用できる。

縦のセグメントについては、S1←S2かS1→S2であるかは、できるだけ下の角(セグメントの下の端点がつながった配線の折れ曲がり点)の形を基準に決定している。両セグメントの下の角の組み合わせによって決定される位置関係を表1に示す。

表1 セグメントの位置関係

	Sj	┘	┐	┌
Si	┘	↓	→	→
	┐	←	?	→
	┌	←	←	↑

←: S1←Sj
 →: S1→Sj
 ↓: 角の位置が下の方を右へ
 ↑: 角の位置が上の方を右へ
 ?: 下の角では決定不能(上の角で決定)

位置関係の調査は縦のセグメントについてはmeshの列単位に、横のセグメントについてはmeshの行単位に調べていく。

例えば、図3のS1, S2, S3, S4 という縦セグメントが同一列にあったとすれば、表1を基準に、それらの間で重なっている対について望ましい位置関係を調べていく。図3の場合、S1→S4, S2←S3, S2→S4, S3→S4が望ましい位置関係となる。(S1とS2, S3は経路が重なっていないので位置関係は調べない。)

この位置関係を基に有向グラフ(以後、位置関係グラフと呼ぶ)を作成し、各セグメントを並列する。位置関係グラフは、各セグメントをノードとし、位置関係に対応するアークをノード間につけたものである。図3の位置関係グラフは図4のようになる。

位置関係グラフから最初に分かることは、両端に置くべきセグメントである。左端に置くべきセグメントは、S1←SjとなるセグメントSjが存在しないセグメントである(図4ではS1とS3)。左からセグメントを並べていく場合には、次にそれらのノードをグ

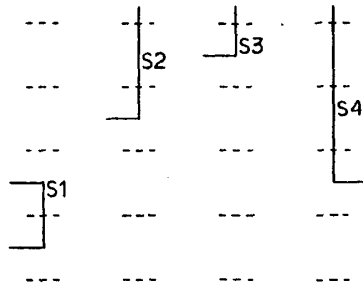


図3 同一経路内のセグメント例

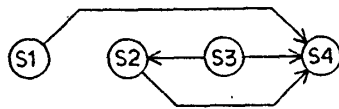


図4 図3の位置関係グラフ

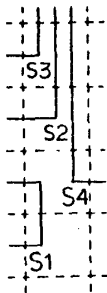


図5 図3のセグメントの並列結果

ラフ上から除去し、それらの右どなりに並べるべきセグメント(残ったグラフ上で、左端に置くべきもの)を探す。以下、同様の処理をくり返せばよい。図4のグラフ上で、この処理を行った結果は図5のようになる。

5. 結果

A3サイズ5種の図面(シンボル数7~51)について、本アルゴリズムの実験を行った結果、人手に比べてセグメント数は同程度、セグメントの交差数は約一割増で配線できた。図面生成結果の例を図6に示す。

6. おわりに

論理回路図などの図面用の自動配線アルゴリズムを開発した。その特徴は次の三つである。

- (1) 二段階で配線を行うため、セグメントを交差数が少なくなるように整列でき、「見易い」配線を行える。
- (2) 図面上の固定の位置に配線領域を必要とせず、図面に応じて配線経路を探すため、図面生成用のページ分割、配置処理に対する制限が少ない。
- (3) 少ない記憶容量で高速に配線を行えるため、小さい計算機上でも実現できる。

なお、これから、図面生成システム全体から見た評価、改良を行っていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 増淵他、自動論理合成システムLUNAを用いた論理回路設計、第33回情報全大3R-6、1986
- [2] 真鍋他、機能論理設計用自動図面生成システムの概要、第30回情報全大4H-14、1985
- [3] C.Y.Lee, An Algorithm for Path Connections and its Applications, IRE Trans. on EC, vol.EC-10, no.3, p.346-365, 1961

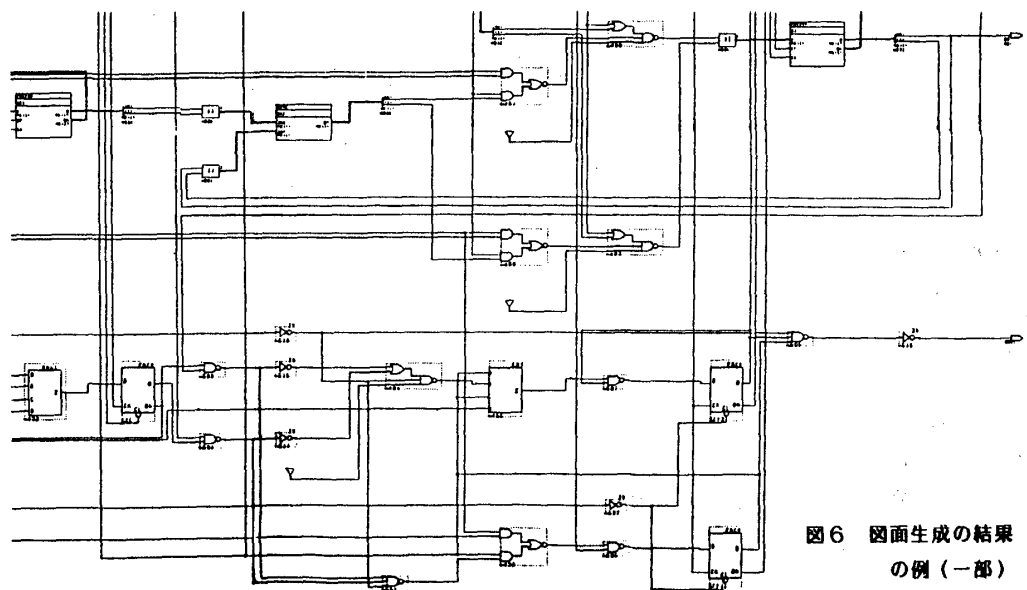


図6 図面生成の結果の例(一部)