

ESPARにおける自動配線

5M-7

上野美由紀*

植村博一**

* 松下電器産業(株)FA開発センター

** 同 情報通信研究センター

1. はじめに

商品の高機能化やLSI技術の発展により、プリント基板は高密度化、複雑化してきており、人手による設計が困難になっている。これに対して、現在様々な自動配置配線システムが市販されているが、そのほとんどが部品が主としてICであり、水平垂直の配線が中心であるデジタル基板を対象としており、部品の形状や配線パターンが複雑な、最近の高密度なディジアナ混在基板を対象とするシステムは実用化されていない。そこで、AI(人工知能)的アプローチを用い、設計者の持つノウハウを知識ベースとして構築し、この知識をもとに自動配置配線を行なうシステムESPAR(Expert System of Placement And Routing)を開発した。ここでは、自動配線機能について報告する。

2. システムの概要

ESPARは、プリント基板設計における配置・配線を自動化することを目的としており、基板設計の専門家がなくても、電気的な機能を把握しながらそれにあったレイアウトを自動的に行うことを目標としている。ESPARのシステム構成を図1に示す。

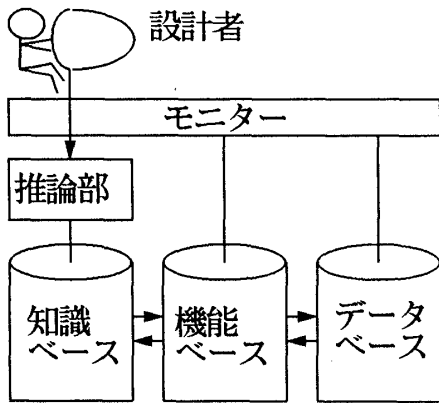


図1. システム構成図

これまでのシステムと大きく異なる点は、知識ベースと機能ベースを導入したことである。知識ベースには熟練設計者のノウハウが分かり易い日本語で表現したルールとして格納され、機能ベースには、各種アルゴリズムをはじめとしたプログラムが格納されている。知識ベースをもとにした推論部の判断に基づき、機能ベースに用意されているさまざまなプログラムが次々

と実行され、設計作業が自動的に進んでいく。従来、設計者が逐一指定していた部分を推論部が自動的に代行して作業が進んでいくことになる。

知識ベースを追加・修正することは自由であり、これにより、種々の基板や実装技術の変化に対応することができる。

自動配置では、配線のことも考慮した知識を利用し、自動配線は、知識が有効に活かされるような個別のルータを用意することにより、種々の基板に対応する。

3. 自動配線

3.1 データ構造

自動配線は、A面、B面の2層ずつのペアで行なう。2層以上の基板については、2層の配線を繰り返して行なう。基板を等間隔のグリッドで分割したセルを基本として処理を行なう。各セルは、ピン、箔、禁止などの基板の状態と、自動配線で使用する情報を持つ。データに対応した柔軟な配線を行なうため、禁止を原因によって分けるなどの工夫をしている。

3.2 自動配線のアルゴリズム

線分探索法、迷路法を基本として、数種類のルータを開発した。部品種類、配線パターンなどから、適当なルータを選択する。基板上で優先順位の高い配線から、順番に配線を行なう。

(1) メモリルータ

メモリ部分では、繰り返しパターンが多く存在するので、パターンを限定し、片面で優先的に処理する。

(2) FLPLルータ

フラットパッケージでは、4方向に片面のピンが存在する。また、ピンのピッチが自動配線用のグリッドからずれる場合も多いので、配線用のグリッドまで片面で引き出すという処理を行なう。このとき、両面で配線できるように、引出し箔の端点にビアをあけておき、配線後、不要であれば、削除する。

(3) バスルータ

従来の自動配線では、水平配線と垂直配線の面を変えることにより交差を防いでいたが、この手法では最近の高密度基板には対応できない。そこで、基板上には、データバス、アドレスバスのような束になって走る信号線が多く存在し、また、配線率を上げるために、束状の配線を行なう場合も多いことに注目し、ディジアナ混在基板にも有効なバスルータを開発した。

バスルータでは、まず、束にして配線できるピンペアの選択を行ない、次に、そのピンペアに応じた配線処理を行なう。

詳細な手順は以下のようなになる。

- a. 束にして配線するピンペアのグループを選ぶ。基本的に1, 2, 3, 4の優先順位で処理する。

バスの選択条件は以下ようになる。

1. 信号線名によりバスであるもの。
 2. 水平垂直に並んでいるもの。ピッチが異なる場合も許す。
 3. 同一部品同士の配線（ピンの並び方の方向、ピッチによらない）。
 4. 配線長に対して、小さな値 ϵ を設定し、両方のピンが ϵ の範囲内にあるペア。
- b. 配線方向を考慮し、バス配線同士が邪魔をしないように配線順序を決める。
- c. 方向の違うピンの場合、あらかじめ方向、ピッチの揃う点まで引出し、配線の端点とする。
- d. 1つのバスグループを代表するピンペアを選び、N本の配線が並行して通れるエリアを検索し、存在すれば、そのペアを配線する。
1. 始終点となるデータの面、配線方向、配線エリアの形状などから、探索開始面を決める。
 2. 2本目以降のピンペアに対して、以下のような条件により仮配線を設定し、探索する。
 - ・バスが交差する場合以外は、できる限り同一面で配線する。
 - ・隣接するピンペアの箔との距離は、探索中の箔が端点にビアを持つ場合、最小箔ビア間隔、持たない場合は、最小箔間隔とする。
 - ・仮配線の始終点の座標値は、隣接するピンペアとの距離から計算する。
 3. N個のピンペアに対する仮配線がすべて配線可能な場合、1個目のピンペアを配線する。
- e. 他のピンペアを1本目と同じ配線パターンで、これに沿うようにして配線する。
- f. 配線パターンを配線グリッドぎりぎりに圧縮し、配線経路が占める領域を圧縮する。

(4) 片面ルータ

完全に片面の配線を行う場合、配線順序が重要になる。片面ルータでは、基板上のピンペアの位相関係に注目した配線順序、配線方法により片面配線を行なう。まず、配線に必要なエリアを確保し、次に最短の配線を行なう。

詳細な手順は以下ようになる。

- a. 基板上の全ピンペアを、配線が上部にくるように配線順序を決める。
- b. ピンペアを上から順番に、できるだけ基板の上方向に圧縮されたパターンで配線する。
- c. 配線されたピンペアを下から順番に、既配線をはずし、最短のパターンで配線する。

図2にバス配線の例を示す。

(4) R I P - U Pルータ

他の自動配線後、未結線が残った場合、邪魔をして既配線経路を引きはがし、配線順序を変更して結線することを繰り返しながら配線を行なう。

3. 3 自動配線の流れ

配線の優先順位を考慮し、メモリ配線→バス配線→F L P配線→全体配線（線分探索法）→全体配線（迷路法）の順番に配線を行なう。

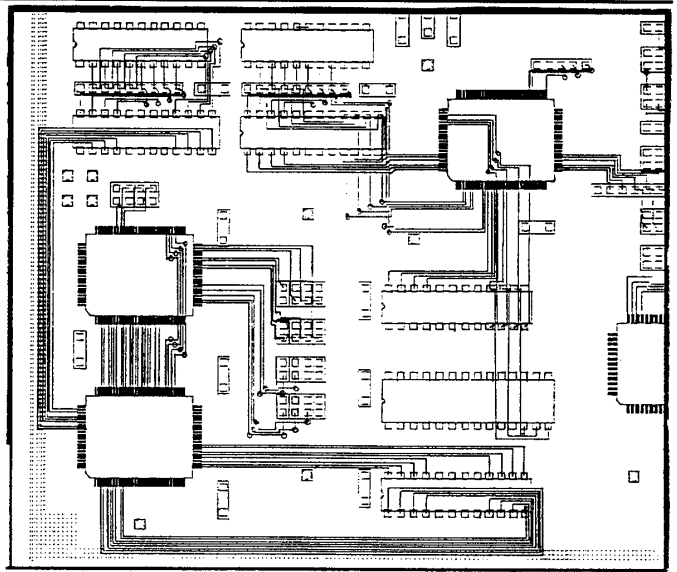


図2 バス配線

4. 配線結果

本システムを用いて、自動配線を行なった結果を表1に示す。この基板は、350mm*110mm、部品数329、ピン数2153、ネット数516の基板である。配線率、処理時間の向上とともに、パターン性能が向上（ビアの減少、箔の短縮）している。

	本システム	他社システム
処理時間	2時間	5時間
配線率	95.1%	90.7%
未結線数	61本	116本

表1

5. まとめ

高密度ディジタル混在基板に対応できる自動配線システムを開発し、有効であることを確認した。今後、実用化に向けて、バージョンアップを行なっていく予定である。今後の課題としては、バスルータ、R I P - U Pルータ、片面配線の機能アップ、電気的特性を考慮した配線の検討などがあげられる。また、自動配線への知識処理の導入などの取り組みも検討し、自動配置配線という流れでの処理を考えていく。

6. 参考文献

- (1) 阪本他, "プリント基板自動配置エキスパートシステム E S P A R", 情処37全大, 1988
- (2) 大岩他, "プリント基板自動配置への知識応用", 情報処理学会設計自動化研究会, 1989
- (3) M.Tsuchida et al, "Expert System of Placement And Routing for Print Circuit Board", IFIP CAPE '89, 1989