

## 回路構造の抽出とプリント基板配置への応用

## 5V-5

梅田 政信

河村 薫

富士通研究所

## 1 はじめに

実装技術の進歩に伴い、CAD システムで扱う回路規模は増加の一步をたどっており、設計の自動化は不可欠なものとなりつつある。この中において、プリント基板の配置設計は、特殊化されたプリント基板を除いて、その多くを人手に頼っているのが実情である。様々な形状の部品を含む大規模な回路を、人手結果に匹敵する質で配置できる手法が強く望まれている。

本論文では、部品の機能的な情報とその間の接続関係を基に回路を機能的な単位にクラスタリングし、更にそれぞれのクラスタの機能に応じて部品を配置する手法を提案する。

## 2 配置手法

回路が大規模化するに従い、全ての回路を一度に取り扱うことは難しくなっている。更に、通常のプリント基板では、様々な形状の部品が存在する為に、全ての部品を同じように扱うことは困難である。クラスタリング手法は、回路を現実的な規模に分割し、処理を簡単化する上で有効な方法である。

クラスタリング手法では、用いる評価関数によって配置結果の質が大きく異なってくる [1]。Odawara [2] は、人手配置における方法を基に、バス構造に着目してクラスタリングする手法を提案している。

我々は、この手法を一般化し、部品の機能的な情報とその間の接続関係から機能的にまとまりのある部分回路を抽出し、さらにその回路の機能的な特徴に応じて部品を配置する手法を試みた。自動的に抽出する回路は、次に示す四つのものである。尚、ゲートレベルの回路に対する同様の手法は、Odawara [3]、Hirsch [4] 等によっても提案されている。

- メモリー
- データバス
- 制御回路
- コネクタ周辺回路

以下では先ず、機能的なまとまりを抽出する為に必要な回路データについて説明する。次に、人手設計において論理回路の特徴を利用して配置していることが特に顕著に見受けられる、データバス部分のクラスタリング手法について説明する。

## 3 回路データ

論理回路から機能的な単位を抽出する為に必要な、回路データについて説明する。

**部品の機能** 部品の機能的な特徴は、回路全体から機能的にまとまりのある部分回路を抽出する上で、重要な手掛かりとなる。本手法では、部品の持つ機能を flip-flop や counter と言った機能レベルで分類し、各部品の機能的特徴をこの分類項目の集合で表現している。表 1 に、分類項目の代表的なものを示す。

表 1 部品の機能	
メモリ系	RAM, ROM, FIFO
レジスタ系	flip-flop, counter, latch
バッファ系	buffer, driver, receiver, transceiver
ロジック系	gate, encoder, decoder, multiplexer, demultiplexer, selector, comparator

**ピン集合** 部品内部で機能的にまとまりのあるピンの集合を表す情報である。例えば、複数の AND ゲートを含む部品では、一つの AND ゲートを構成するピンが一つのピン集合となる。

**信号の入出力方向** ピンの信号の入出力方向は、次の三つに分類する。

IN, OUT, IN/OUT

**ピンの機能** ピンの機能は、次の四つに分類する。

DATA, CONTROL, GROUND, POWER

## Extraction of Design Structure and Its Application to PCB Layout

Masanobu UMEMA, Kaoru KAWAMURA  
Fujitsu Laboratories LTD.

DATA は、データ信号やアドレス信号等の、制御に直接関係のないピンにつけられる。一方、CONTROL は、クロックやリセット、ライト・イネイブル等の主に制御に関係するピンに対してつけられる。

ネットの種類 ネットの種類は、次の三つに分類する。

SIGNAL, GROUND, POWER

#### 4 データバスの抽出

与えられた回路からデータバスを抽出するアルゴリズムを、図 1 を用いて説明する。

1. 先ず、コンデンサ、抵抗、コネクタ等を除く任意の部品 (例えば部品 A) をキーとして、これに接続している同一種類の部品 B, C からなるクラスタ CL1 を生成する。クラスタリング対象となる部品は、表 1 の機能分類の中で transceiver を除く何れかの機能を持つものである。
2. 次に、ステップ 1 で生成されたクラスタ CL1 に含まれる任意の二つの部品 (この場合は部品 B, C) をキーとして、それぞれに接続している同一種類の部品 D, E からなるクラスタ CL2 を生成する。
3. 最後に、クラスタ CL1 と CL2, そしてこれらに接続している部品 A との間の接続関係をトレースして、データバス DP を生成する。

ステップ 1, 2 において、二つの部品のどちらかが既にクラスタリングされている時は、そのクラスタに併合する。

部品によっては、ゲート部品等のように、同じ機能の回路が複数搭載されているものがある。この為、部品割り付けのアルゴリズムによっては、相互に関係のない回路の一部が、一つの部品を共有することもある。プリント基板では、ゲートレベルの回路と異なり、このような共有された部品の取り扱いが難しい。部品がデータバスの構成要素となる為の条件を次に示す。

#### ピンの機能

- メモリ系, レジスタ系, バッファ系の部品は、DATA ピンについてのみ注目する。

#### 信号の向き

- buffer, driver の機能を有する部品は、そこからの出力信号が複数のデータバスに分配されている可能性が高いので、出力方向のネットは無視する。
- receiver の機能を有する部品は、逆に複数のデータバスからの入力信号を受け取っている可能性が高いので、入力方向のネットは無視する。

#### ネットの本数

- ピンと信号の向きについての条件を満たすネットの中で、その半数以上がキーとなる部品との間の接続に用いられていれば良しとする。
- ただし、キーとなる部品が gate の機能を有する場合、二つの部品によって一つ以上のピン集合が共有されているか、キーとなる部品につながるネットの中で、ピンと信号の向きについての条件を満たすものが、半数以上その接続に関係してはいなくてはならない。

#### 5 おわりに

約 300 部品からなるバスコントローラ・ボードに対して本手法を適用した所、回路図から認識できるデータバスのほぼ全て (約 100 部品) を抽出することができた。抽出されたデータバスは、人手配置の結果においても隣接して配置されており、人手による結果とも良く一致している。

現在、このクラスタリング結果を基に、各クラスタの機能的な特徴を生かして部品を配置するシステムを開発中である。

#### 参考文献

- [1] 梅田 他. バス構造に着目した知識ベースフロアプランシステムの試作. 設計自動化 39-6, 1987.
- [2] G. Odawara et. al. *A Rule-Based Placement System for Printed Wiring Boards*. In Proceedings of DAC, pp.777-785, 1987.
- [3] G. Odawara et. al. *Partitioning and Placement Technique for CMOS Gate Arrays*. IEEE Transactions on CAD, pp.355-363, 1987.
- [4] M. Hirsch et. al. *Automatically Extracting Structure from a Logic Design*. In Proceedings of IC-CAD, pp.456-459, 1988.

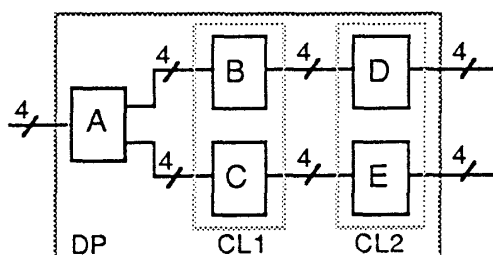


図 1: データバスの例