

ミニコンを用いたプリント回路基板自動配線設計システム

Minicomputerized Automatic Layout System for Two-Layer Printed Wiring Boards

西岡 郁夫 [*]	栗本 卓治 [*]	西田 久生 [*]	山本 誠司 [*]	久保 博 [*]
Ikuo Nishioka	Takuji Kurimoto	Hisao Nishida	Seiji Yamamoto	Hiroshi Kubo
白川 功 ^{**}	尾崎 弘 ^{**}			
Isao Shirakawa	Hiroshi Ozaki			

* シャープ(株)中央研究所
Sharp Co. Central Lab.

** 大阪大学 工学部
Faculty of Engineering, Osaka Univ.

1. ま え が き

プリント配線基板の配線設計問題については、従来から多くの提案がなされており、特に大型電算機の設計など基板の標準化・規格化の進んだ分野ではすでにいくつかのシステムが実用されている。しかしながら標準化・規格化の困難な分野も多く、そこでは依然として配線の自動化が達成されていないのが実情である。そこで筆者らはこのような場合にも有効に活用しうる極めて機動性に富んだ設計システムをミニコンを用いて開発した。

2. システムの概要

2-1 設計対象とする基板

このシステムは、2層プリント基板の自動配線を目的とし、標準ICのピン間隔($\frac{1}{10}$ インチ)に1本の配線を許す。したがって基板全面を $\frac{1}{20}$ インチ(1.27mm)の基本格子に区切り全ての部品又は生成される線分、点(スルーホール)は自動設計段階ではこの格子に乗るものとする(会話型修正ルーチンGRAPH-Cでこの制限を解除)。部品のピンは両面いずれにても接続可能とし、スルーホール及びピンは隣接する格子点に同時

に存在してはならないが、対角位置には存在可能とする(同一ネット中では隣接も許す)。又、回路的特性を考慮しての配線経路への制限はないものとする。

2-2 ハードウェアの構成

ハードウェアの構成をFig. 1に示す

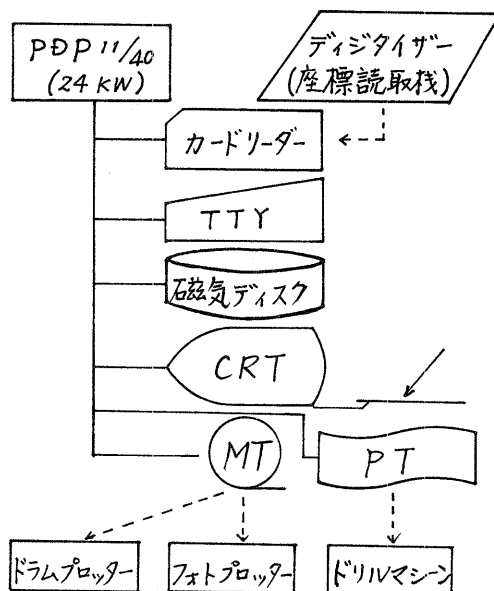


Fig. 1 Hardware Configuration

使用したミニコンは P D P 11 / 40 (24 K W , I W = 16bits) であり、 1.2 M W の磁気ディスク及び M T を備えている。グラフィック・ディスプレイとしては TEKTRONIX の 4014 型 C R T とグラフィック・タブレット (4953) を装備して「マンマシン会話型システム」を構成している。システムの入力はカード又は紙テープでありデジタイザーにより出力される。

2 - 3 ソフトウェアの構成

ソフトウェアの構成を Fig.2 に示す。C R T デイスプレイによる「会話型システム」とするためミニコンを用いているのが特徴で、線分探索法、迷路法などの配線設計ルーチンも含め、すべてミニコンで処理されている。

本システムではデータ・ファイルとして、(a)入力データ処理ルーチンで読み込まれた原始データ・ファイル。(b)部品配置データ、接続データ、および配線処理で生成された線分・点データを格納するマスター・ファイル。(c)フォトプロッター、ドリルマシンなどに直結するアートワーク・ファイル。の3種類より構成される。線分探索法処理ルーチンと迷路法処理ルーチンおよび配線修正処理ルーチンはいずれもマスター・ファイルを中心に独立に連結されているため設計処理手順は配線状況を考慮してオペレーターが自由に選択することが出来る。通常は線分探索処理に続いて迷路探索処理を実行し、この段階で100%の配線率が得られない場合には、配線状況を

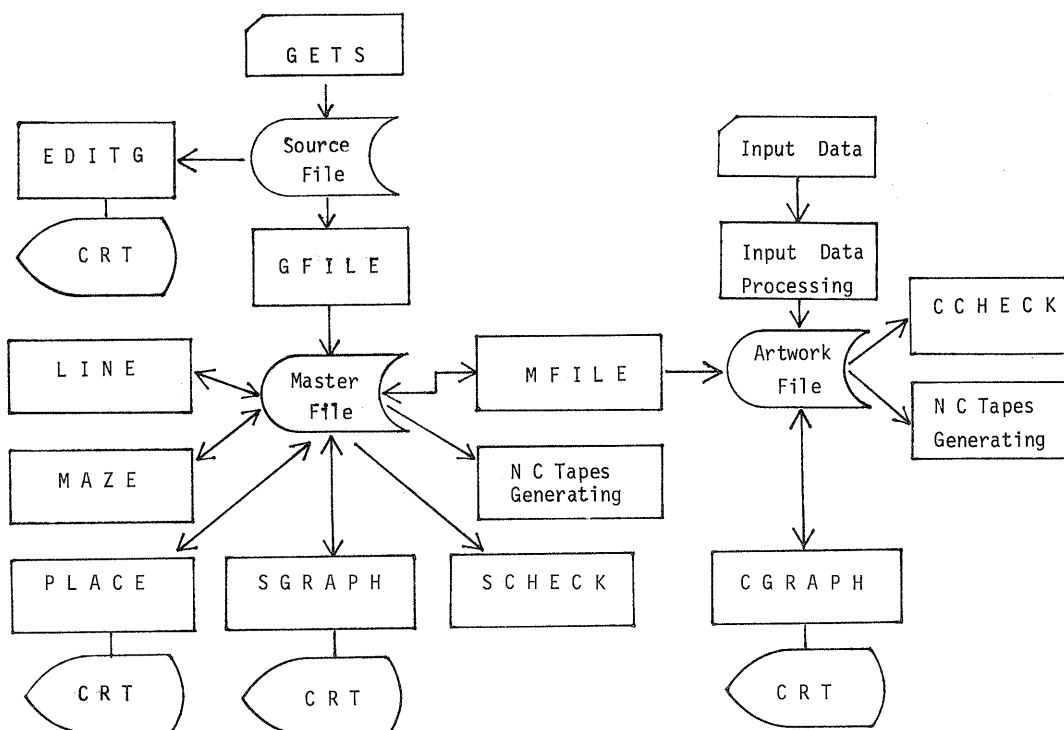


Fig. 2 Software Configuration (表1参照)

チェックし配線修正ルーチンにより経路の変更を実施する。この後、先に未配線として残されたシグナル・ネットについてのみ迷路探索処理をリランする。一般に、発見的配線手法では処理順序が後になる結線をあらかじめ考慮しつつ前の結線を進めていくことは困難であり、しかも、一度決定した経路は以下の結線の障害物として取り扱うため未配線を発生させることが多い。本システムでは上記のように配線修正 → 迷路法リランの手順を簡便に繰り返すことが可能であり、発見的手法の欠点を補っている。なお、この目的に用いるため、迷路探索ルーチンが生成する経路はあらかじめ概略の予想が可能であることが望ましく、このため生成される経路にクセのある迷路法をも用意して使い分けている。以下に配線手法を簡単に説明する。詳細は参考文献 [4-8] を参照されたい。

3. 配線手法

[3],[7]

3.1 線分探索法

線分探索法は線分ごとのおおまかな探索によつて経路を見いだそうとする手法であり従来よりいくつかの提案がなされている。本システムで用いた線分探索法は、基板上の2点間の配線経路を求める対点ルーチンを基本とする。この対点ルーチンは2点間を3本以下の水平線分と2本以下の垂直線分から成る配線経路が可能ならば必ず発見するという特徴を持っている。なお多端子ネットの配線においても、対点ルーチンを繰り返し使用しながら対点線の経路の存在をチェックし、もし存在すればその中の最短経路を選択し結線する。このようにして簡略な手順により望ましい対点線配線を実現している。配線可能な最大エリアは511メツシュ×511メツシュ(649mm×649mm)であるが、255メツシュ×255メツシュに相当する面積内についてはincoreで高速に処理できる。

[8]-[12]

3.2 迷路法

本システムで用いた迷路法はJ. M. Geyerの手法を基本にした。ただし前述のように、会話型修正ルーチンによる配線変更後、迷路法をリランする場合に生成される経路があらかじめ予想しうるようなクセづけの可能な迷路法を用いている。この場合のクセづけとは、A面内での垂直線分およびB面内での水平線分が指定した長さを越えることを禁止するものである。この為ある配線状況の下で1つの未接続ネットに着目した場合、クセを解除した時には結線可能なものが、クセづけのために結線不能になることが起こり得る。そのかわり1つのネットで生成された例外線分が他のネットの障害となることを防ぐことができる。なおこのクセはパラメーターで自由に設定でき、最終ランに際してはクセを解除することが通常である。

4. 配線の処理順序

配線データの処理順序は配線率の良否を決定的に左右する。本システムでは入力データの順序に従つて処理するデータ群とプログラムで適切に順序を決定するデータ群を分類し、オペレーターが順序を指定し得る余地を残している。通常は外部端子が含まれるネットなど特に優先的に処理したいネットを前者のデータ群として扱っている。プログラムによる順序決定については仮想配線長よりもむしろ端子の位置関係に着目し、同一X座標又はY座標を持つネットおよびそれに準じるネットから順に優先度を決定した。

* 例外線分と呼ぶ。

5. 配線修正ルーチン

会話型配線修正ルーチンの目的は配線処理において障害となる経路を変更することと設計終了後に規格外部品に関するキメ細かい修正作業をすることである。前者の処理ルーチンをGRAPH-S、後者をGRAPH-Cと呼ぶ。GRAPH-Sは前の配線処理において100%の配線率が得られなかつた時にCRT上で配線状況を調べ未配線に終った端子の環境を検討して適切な経路変更を実行するルーチンである。この後、迷路法をリランして未配線ネットの結線を行なう。この一連の操作は配線が完了するまで繰り返すことができる。この目的のため (1)画面の拡大・縮小・移動・消去 (2)線分・点の移動・追加・消去 (3)指定したネットに属する線分・点の表示など38種のコマンドを備えている。(表2参照)

一方GRAPH-Cは設計の仕上げをするためのものである。特に外部端子やスイッチ類などミリ規格部品に対する詳細な修正作業を実行するためのルーチンであり、このため、GRAPH-Sの全ての機能が最小0.01ミリの分解能で実施し得る。又、GRAPH-Sでは描画がシンボル表示であるのに対し、GRAPH-Cでは線巾とランド径を有する実体表示である。(Fig 3 ~ 5 参照)

6. むすび

本システムは実用システムとして社内で運用され実施例はすでに300例に達している。今後の課題としては、部品配置や接続データ作成の省力化のため論理回路図からの回路割付け、部品配置設計、端子割付けを含めて完全自動化を図り、あわせて論理シミュレーションや故障診断まで包含したシステムに発展させたい。

最後に、本システムの開発において有益な助言を頂いた大阪大学工学部 尾崎研究室の皆様、シャープ産業機器事業本

部三坂主査に感謝します。

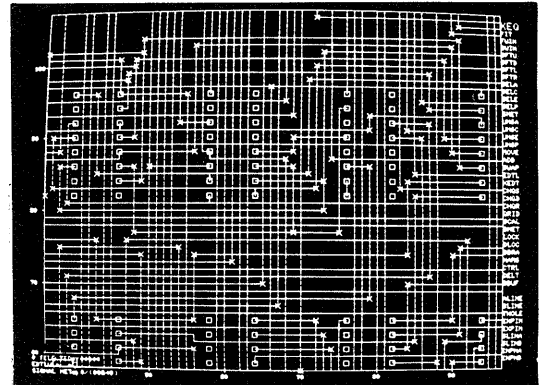


Fig. 3 Layout Pattern on CRT Screen
- both sides

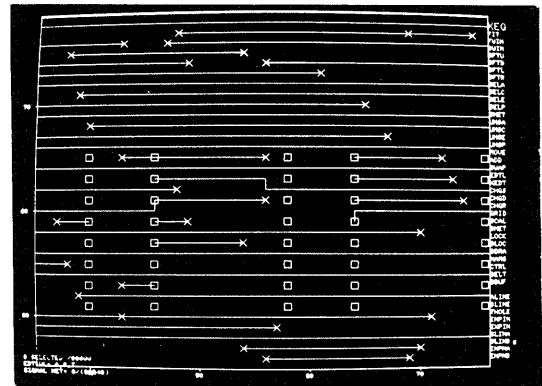


Fig. 4 Wire Pattern - A side (enlarged)

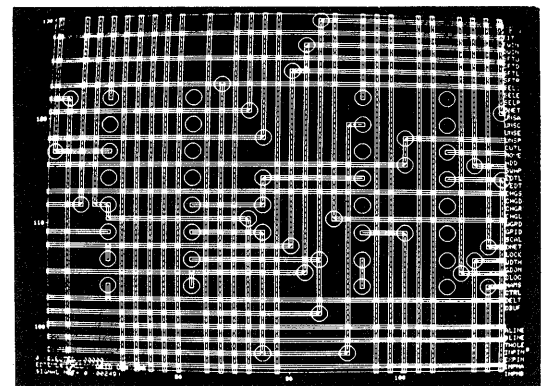


Fig. 5 Stereoscopic Pattern on CRT Screen

表 1 各処理ルーチンの機能一覧表

ルーチン名	機 能
G E T S	入力データを読み込み部品配置データと接続データに分類してデータファイルを作成する。分類する目的は同一部品配置のもとで異なる接続データの取扱いを可能にすることである。
E D I T G	G E T S で作成したデータファイルをグラフィックディスプレイを用いて会話的に修正・変更を実行する。
G F I L E	G E T S で作成したファイルに対し各種のデータチェックを加え、ミスがなければ指示によりマスターファイルを作成する。
M F I L E	バックアップファイルの作成又は読み込み、2種類の配線パターンデータの合成、配線結果のリステイングなど一連のマスターファイルの管理を行なう。
L I N E	線分探索法を用いて自動配線を行なうルーチン。
M A Z E	迷路法を用いて自動配線を行なうルーチン
S G R A P H	配線設計過程において配線の変更・追加・削除など各種の修正作業をグラフィックディスプレイを用いて会話的に実行する。
C G R A P H	配線設計終了後、規格外部品(ミリ部品)などに伴う修正作業をグラフィックディスプレイを用いて会話的に実行する。
S P L O T	ペンプロッターを用いてシンボル図面を作画するためのNCテープ作成ルーチン。
C P L O T	ペンプロッターを用いて線巾・ランド径を含めたチェック図面を作画するためのNCテープ作成ルーチン。
P P L O T	フォトプロッター用NCテープ作成ルーチン。
D R I L L	ドリリングマシン用NCテープ作成ルーチン。
S C H E C K	配線作業終了後、同一ネット内のオープンミス及び異なるネット間のショートミスの検査を実行する。
C C H E C K	C G R A P H による仕上げ作業後、設計ルールに基づく検査を実行する。
P L A C E	部品再配置処理ルーチン

表2 配線修正処理ルーチンにおけるコマンド一覧表

(1) コントロール・モード

コマンド	機能
X E Q	(Execute) Command Buffer 内の Command を実行
M K D R	Master File(M・F) から実行用の Drawing File(DF) を作成
S T O R	指定した DF から保存用の Backup File(BF) を作成
L O A D	指定した BF から実行用の DF を作成
E D I T	Editting Mode (修正実行モード) に入る
E X I T	Editting Mode を終了し、Control を D O S に戻す。
D B U F	この時点で Buffering されている Command を抹消する

(2) エディティング・モード

A. エディットコントロール・モード

X E Q	Command Buffer 内のコマンドを実行し、画面をディスプレイする
D B U F	この時点で Buffering されている Command を抹消する
C T R L	コントロール・モードに戻る

B. 画面操作モード

F I T	C R T の画面に図面全体を表示する (Buffering されない)
F W I N	指定する矩形領域内の図面を画面全体に拡大して表示する
D W I N	現在の画面の 2 倍の範囲 (面積で 4 倍) を表示する
S H F U	画面を上へ移動 (移動量は画面の $\frac{1}{2}$)
S H F D	" 下 " (")
S H F L	左
S H F R	右

C. 表示レベルの操作コマンド

E D T L	ディスプレイする層の指定 (A : A 面 , B : B 面)
X E D T	ディスプレイしない層の指定 (P : ピン , T : スルーホール) (ただし層の指定なきときは全層とみなす。又、ディスプレイされていない層についてのエディットは有効でない)

D. 素子選択コマンド (エディット・レベルにある素子にのみ有効)

S E L A	すべての素子を選択し、選択マークを付ける (以下も同様)
S E L C	指定した矩形領域内に含まれる素子を選択する
S E L E	指定した矩形領域内に端点を有する素子の当該端点を選択する
S E L P	指定した矩形領域内にあるピン、スルーホールを選択する
S N E T	指定した座標にある素子が属するシグナル・ネットを選択する
U N S A	すべての選択を解除する
U N S C	指定した矩形領域内にある素子の選択を解除する
U N S E	指定した矩形領域内にある端点の選択を解除する
U N S P	指定した矩形領域内にあるピン、スルーホールの選択を解除する

E. 移動・追加・消去・変更コマンド

M O V E	選択されている素子及び端点を指定した分だけ移動する
D E L T	選択されている素子を消去する
A D D	メニューから選択した素子を指定した座標に追加する

コマンド	機能
S W A P	選択されている線分が存在する面を交換する (A 面線分 ↔ B 面線分)
C H G S	選択すべきシグナル・ネット番号を変更する (番号はキーインする)
C H G D	選択されたピン , スルーホールに対応するドリル機の穴径を変更する
C H G R	選択されたピン , スルーホールに対応する写真のスポット径を変更
C H G L	選択された線分に対応する写真のスポット径を変更
C U T L	指定した線分を指定した座標で 2 本の線分に切断する
W G R D	画面上の基本格子の変更をおこなう (最小 0.01mm まで指定可能)
W D T H	画面上の表示を線巾・ランド径を持つた実体表示に変更する
D R U L	指定した 2 点間に 0.1mm 単位を目盛りをもつルーラーを表示する
D T B L	使用部品の明細表 (ドリル径 , スポット径 , 線巾 及び規格外部品などのテーブル) を表示する。この時点でテーブルの内容の変更が可能

(参考文献)

- [1] A.Hashimoto,J.Stevens: " Wire routing by optimizing channel assignment within large aperture", Proc. Design Automation Workshop, pp.155-169, 1971
- [2] K.Mikami, K.Tabuchi: " A computer program for optimal routing of printed circuit conductors", IFIP Congress, pp.1475-1478, 1968
- [3] D.W.Hightower: " A solution for line-routing problem on the continuous plane", Proc. Design Automation Workshop, PP.1-24, 1969
- [4] 坂本, 千葉, 井手, 白川, 尾崎, 山村, 杉田, 西岡, 栗本: "プリント基板自動配線プログラム OSACA について", 信学会回路とシステム理論研資, CST74-58, 1974
- [5] 坂本, 千葉, 白川, 尾崎, 杉田, 栗本, 西岡: "プリント基板自動配線システム OSACA", 情報処理, pp.486-493, 1976
- [6] 西岡, 栗本, 西田, 久保, 永川, 白川, 尾崎: "ミニコンを用いたプリント回路基板自動配線システム", 信学会回路と理論研資, CST76-77, 1976
- [7] 山村, 白川, 尾崎: "二層プリント基板上の配線問題に対する線分探索の一手法", 信学論, 57A, pp. 671-678, 1974
- [8] 千葉, 井手, 白川, 尾崎: "二層配線に対する迷路法の一手法", 信学論, 59A, pp.247-253, 1976
- [9] 千葉, 白川, 尾崎: "配線問題における迷路法の多層基板適用への拡張", 信学論, 60A, pp.33-40, 1977
- [10] G.Y.Lee: "An algorithm for path connection and its application", IRE Trans. EC-10, pp. 346-365, 1961
- [11] J.M.Geyer: " Connection routing algorithm for printed circuit boards", IEEE Trans. CT-18, pp.95-100, 1971
- [12] F.Rubin: " The Lee path connection algorithm", IEEE Trans. C-23, pp.907-914, 1974