

ICAD/PCBにおける実装設計

河村 薫 白石 博
(株式会社富士通研究所)

岡 常雄 浦口 久司
(富士通株式会社)

1. はじめに

近年エレクトロニクス産業界においては、プリント基板設計の標準化が強力に推進される反面、標準化の困難なものは、多様化・高密度化の傾向が強くなっている。

さらに、製品のサイクルは、ますます短くなり、如何に早く信頼性の高いプリント基板の設計・製造を行うかが、各企業にとって非常に重要な鍵となっている。

我々は、先に、プリント基板の統合的な設計支援システムICAD/PCB (Integrated Computer Aided Design System for Printed Circuit Boards) を発表した。[1,2]

ICAD/PCB は、回路設計・論理シミュレーション・実装設計・製造データ作成といったプリント基板設計の全プロセスを一貫して支援している。システムは、自動処理と会話処理の二つの機能からなり、両者の有機的結合により、設計者の意志が十分に反映できる高度な設計を行える。

本文では、会話型レイアウトプログラムPattern Editor (以下では、PE と略す) を中心に [3,4] , 自動配置・配線等、ICAD/PCB の実装設計部分について詳細を報告する。

2. ICAD/PCB における設計の流れ

図1にICAD/PCBのプリント基板設計の流れを示す。

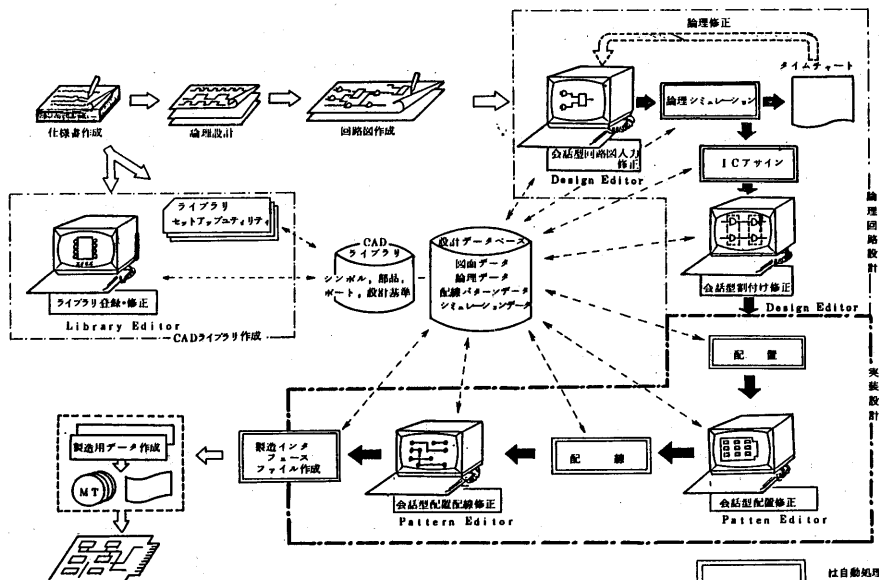
回路図の入力を行った後、論理シミュレーションを実行し、必要に応じて回路図の修正を行う。論理が正しいと確認されると、実際に部品の割付を行う。回路図の入力・修正等の回路設計作業は、Design Editor [5] を用いて会話的に行うことができる。

実装設計では、与えられた設計基準・接続関係を満足する配置・配線を如何に効率よく行うかが問題となる。配置・配線は、自動処理プログラムを用いて一括処理するか、あるいはPEを用いて会話的に行う。

全ての配置・配線が終了すると、データは、設計データベースに格納され、製造データ作成を行う。製造データとしては、アートワークデータ・ドリルデータ・チェックデータ・レジストデータ等が出力できる。

ICAD/PCB を用いてプリント基板設計を行うためには、あらかじめライブラリに、設計条件・部品・ボード等のデータが定義されている必要がある。ライブラリの作成・修正等の作業は、Library Editor [6] を用いて会話的に行うことができる。

図1. ICAD/PCB におけるプリント基板設計の流れ



3. 実装設計における基本思想

プリント基板の集積度の向上・多様化・製品の短納期化に伴い、より柔軟で、拡張性・信頼性・自由度の高い効率的なCAD システムが求められている。

実装設計においては、従来より自動配置・配線を中心とした自動設計技術の研究・開発が行われており設計時間の大幅な削減・信頼性の向上に寄与している。

しかしながら、100 %自動処理により設計できるまでには至っておらず、ほとんどの場合人間の介入を必要とし、そのため、設計全体の中でも、実装設計のフェーズは、誤りが起こりやすく、設計工数もかなり大きなものとなっている。

このような問題のなかで、我々は、実装設計プログラムの開発において、以下のことが重要であると考えた。

(1) データベースの一元化

ホスト計算機として汎用計算機を使用し、設計データを一元的に管理する。

従来のミニコンベースのシステムでは、プリント基板の設計の途中で、データの変換を行うことが多く、誤りが入りやすい・手間がかかる等の問題があった。データの一元化を行うことにより、このようなデータの変換は不要となり、データの管理が容易になるうえ、回路データとパターンデータ・パターンデータと製造データ等が全て矛盾しないことが保証される。

(2) 自動処理と会話処理の有機的結合

バッチ処理型の自動配置・配線プログラムおよび会話処理型の配置・配線プログラムPattern Editorを開発する。

また、両者の間に密接な関連をもたせ、会話処理の任意の時点で自動処理プログラムを起動できるようにする。

実装設計においては、人手による部分が大きな工数を占めるため、それをできるだけ効率的に・正確に行う機能が極めて重要である。

(3) 自由度の高い・充実した会話処理機能の実現

PEにおいては、設計基準を満たす限り、設計者の意図するほとんど全てのデータを扱えることとする。

たとえば、1 / 1000mmの精度で任意点へのパターンの入力、任意の斜め線・任意幅の配線パターン、任意形状の領域パターン、多様な形状のランド等が編集可能とする。

ただし、設計標準化推進の立場から、使用する線

幅・ランド形状・パターン間クリアランス等は、あらかじめライブラリに登録されているもののみを用いる。

(4) 設計基準チェック

PEでは、パターン全体の設計基準のチェックをコマンドとして提供するほか、設計者の全ての操作に同期して設計基準のチェックを行い、設計途中でエラーが混入しないように監視する。

従来のシステムでは、パターン設計終了後、人手またはチェックプログラムにより設計基準のチェックを行っている場合が多く、このためのフィードバックによる工数の増大が避けられなかった。

PEでは、設計結果にエラーが存在しないことを保証する。

プリント基板が高密度化・多層化するに従い、このような方式で、設計者の心理的負担を軽減することは、大きな意義があると思われる。

(5) 制限事項の少ないシステムの実現

100 部品以下の小さなプリント基板から数千部品にもおよぶ高密度多層プリント基板の設計を可能とするため、プリント基板によりデータ量が変動するものについては、プログラムの実行時に動的に必要な量を確保するものとする。

従来、部品数・ネット数・線分数等は、システム毎に扱える量に制限が存在したが、今後の技術進歩により、プリント基板の高集積化が進むと思われるので、システムの持つ制限は、できる限り少なくすることが重要である。

(6) 設計変更への対処 (7)

設計データの履歴を管理し、回路の変更が行われた場合でも、関係する最小限のパターンの修正で済むようにする。

プリント基板のように頻繁に設計変更が行われるような場合、それにできるだけ早く正確に対処する必要がある。

4. ハードウェア構成

図2に、ICAD / PCBにおけるハードウェア構成を示す。

設計は、汎用のM シリーズ計算機に接続されたワークステーションで行う。キャラクタディスプレイはコマンドのエコー・各種設計情報・メッセージの出力に使用する。タブレットはコマンド入力・座標入力に使用する。グラフィックディスプレイとしては、標準的には20インチカラーグ

ラフィックディスプレイを使用する。

5. ソフトウェア構成

図3に、ICAD / PCBにおけるソフトウェア構成を示す。
自動配置・配線プログラム、PEは共にデータベース管理機構を通して設計データベースにアクセスする。

PEは、ICAD / SDS (Integrated Computer Aided Design and manufacturing system / Standard Design System)

〔8〕の一つのアプリケーションとして実現されている。

ICAD / SDSを利用することにより、次のような利点が考えられる。

- 1) 標準的な会話機能・コマンドはそのまま流用できるためプログラム開発の手間が大幅に削減される。

たとえば、コマンド解釈部・シンタックスチェック部、再表示・拡大表示コマンド、メニュー解釈、座標・文字列のやりとり等は、全てICAD / SDSの標準機能をそのまま使っている。

- 2) さらに、デバイス依存部分は全てICAD / SDSに吸収されるため、PE自身は完全にデバイス独立となる。

現在のように、技術進歩が著しく、毎年のように新しいデバイスが開発される時、アプリケーションがデバイス独立であることは、非常に重要なことである。

6. 自動配置・配線プログラム

6.1 配置

配置プログラムは次のようなステップで実行される。

- STEP1) 基板を幾つかのブロックに分割する。
- STEP2) 接続関係により各ブロックに核となる部品を配置する。
- STEP3) クラスタ成長法により核部品の周囲に他の部品を配置する。
- STEP4) ベクトル緩和法により配置の改善を行う。

配置プログラムの機能としては、

- ・指定された領域内に指定された部品を配置する。
 - ・指定された格子上に指定された部品を整列配置する。
- 等がある。

6.2 配線

自動配線プログラムは、固定ビア方式と浮動ビア方式の2つが存在しそれぞれ図4に示すような特徴を持つ。

これらは、設計者が、その用途に応じて自由に使用できる。また、これまでの社内の平均実績として、95 ~ 99%程

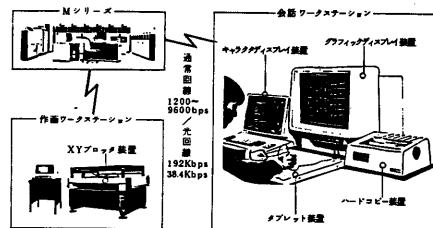


図2. ハードウェア構成

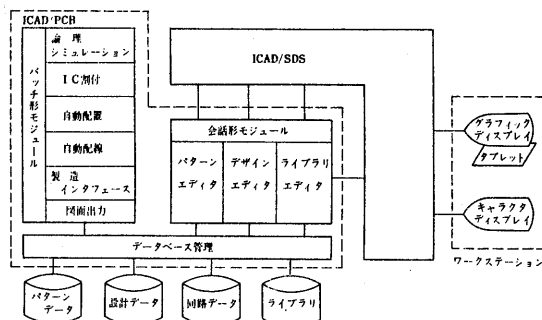


図3. ソフトウェア構成

度の配線率が得られている。

7. Pattern Editorによるパターンへの入力・編集

7.1 処理対象基板

ICAD / PCBで対象とするプリント基板は、つぎのような特徴を持つ。

- 1) ミリ系・インチ系および両者の混在したプリント基板。
- 2) 扱えるデータは、部品・ランド・ビア・配線パターン・領域パターン・文字列・各種禁止領域とし、データ量の制限は特にない。
- 3) 層数は、最大24層とし、その構成は自由である。
- 4) 基板のサイズは特に制限がない。
- 5) 部品・ランド・ビア・基板等の形状は、Library Editorにより自由に定義できる。
- 6) 任意の線幅が使用できる。
- 7) 任意の斜め線が使用できる。
- 8) ランド・ビアは、円・矩形・長円のなかから任意の形状を選択し、層毎にその形状が異なってもよい。
- 9) 領域パターン・禁止領域は閉領域であればよく、内抜きがあってもよい。
- 10) 全ての入力は、1 / 1000mmの精度でおこなえる。

7.2 コマンド体系

PEのコマンドは、次のように分類される。

- ・部品の配置・配置解除・移動・回転
- ・配線パターンの入力・削除・移動・複写・層変更
- ・ランド・ビアの入力・削除・移動
- ・文字列の入力・削除
- ・領域パターン・禁止領域の入力・削除
- ・属性のリスト
- ・画面の再表示・拡大・移動
- ・指定要素のチェック・全体のチェック
- ・配置・配線の評価
- ・システム制御

コマンドは、タブレットのメニューから入力する。メニューは使用者が自由に定義でき、メニューの一マス内に幾つかのコマンドをまとめてマクロ化することもできる。

7.3 PEのチェック機能

PEでは、コマンドとしてのチェック・設計者の操作に同期した即時チェックを行っているが、具体的なチェックの内容を次に示す。

1. 部品の交差
2. 異ネットパターンの交差・ニアミス
3. 部品と実装禁止領域・パターンとパターン禁止領域の交差
4. 文字列同志の交差・文字列とパターンの交差
5. 非絶縁部品下のパターンの通過
6. 実装可能領域・パターン可能領域外への要素のはみだし
また、コマンドとして次のようなチェック機能がある。
7. 未接続区間の検出・表示
8. 過剰・ループパターンの検出・表示

PEでは、エラーを検出すると、エラーメッセージを出力し、エラーを犯した要素の色を変更して設計者の注意を促す。

7.4 PEの処理機能の例

PEには、配置・配線が効率的に行なえるように多くの機能が用意されている。ここでは、これらの機能の例を紹介する。

(1) 未配置部品の表示

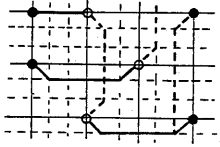
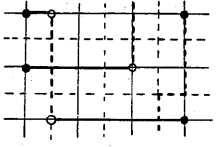
	固定ビア自動配線	浮動ビア自動配線
ビアの発生位置	グリッドラインの交点上のみ	配線可能ラインの交点上どこでも可
配線層数	2～24層	2層まで
チャンネル数	グリッド間4本まで	グリッド間1本
アルゴリズム	パターン限定法	線分探索法、迷路法
参考図		

図4. 自動配線プログラム

未配置部品を基板図と同時に表示する(図5)。

図6は、配置しようとしている部品の形状・接続関係・最適配置位置を示すものである。これらの表示は、部品をどこに、どういう方向で配置すべきかを知るうえで大きな助けとなる。

(2) 会話型自動配置

図7に自動配置の例を示す。図では、指定した領域内にダイオードを、指定した格子上にICを自動配置した。

(3) 配置の評価

配置の評価は、ベクトルによるもの・ヒストグラムによるもの・未配線区間によるものの三つがある。図8,9にそれぞれの例を示す。

(4) ビアの自動発生・消去

ビアは必要に応じてPEが自動発生し、また不要となったビアは自動的に消去される。

(5) 設計例

図10,11に実際にICAD/PCBで設計されたプリント基板の例を示す。図10は、最も標準的な中規模6層プリント基板の実装図出力例であり、自動機能を中心に設計を行った。図11は、高密度2層プリント基板のパターン図の画面ハードコピーであり、ほとんど会話機能だけを用いて設計を行っている。

7. あとがき

ICAD/PCBの実装設計部は、自動機能と会話機能からなり両者の有機的結合により効率的な設計を行うことができる。

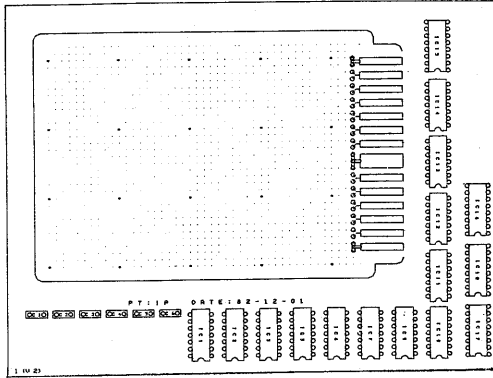


図5. 未配置部品の表示-1

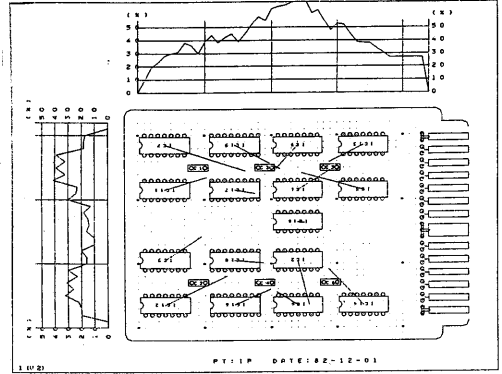


図8. 配置の評価-1

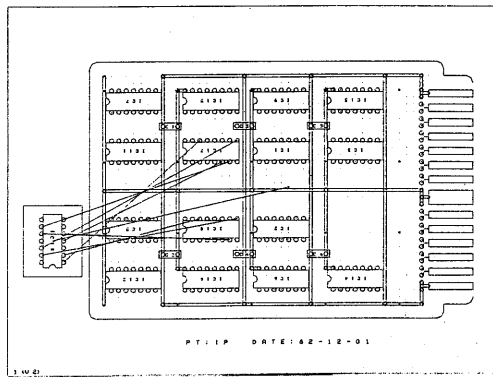


図6. 未配置部品の表示-2

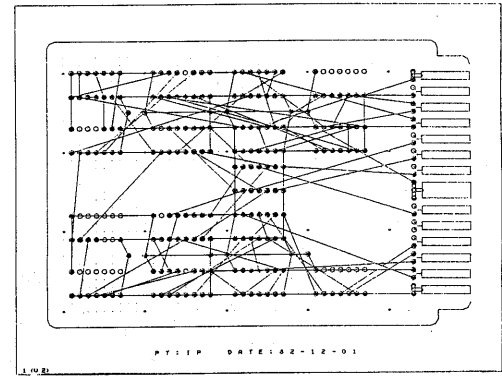


図9. 配置の評価-2

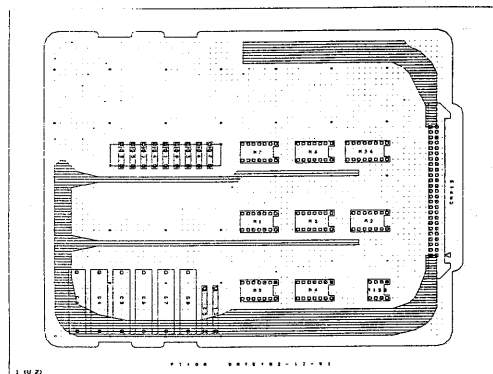


図7. 会話型自動配置

また、ワークステーションにカラーグラフィックディスプレイを使用することは、実装設計のように、多様なデータが大量に存在する場合、非常に有効であることが確かめられた。

今後、次のような点の改善・研究を行いたいと考えている。

1) TSS 使用による応答時間の問題

PEはTSS 環境下で動くため、ミニコン使用の場合と比べて応答時間にばらつきが見られる。

通常は0.3 ～0.5 秒で応答が得られる処理においても、CPU の負荷が増大すると2 秒程度かかることがある。これは、会話処理においては大きな問題であり、CPU負荷の軽減を計る必要がある。

2) 自動機能の充実

自動配置・配線のレベルアップを計る。

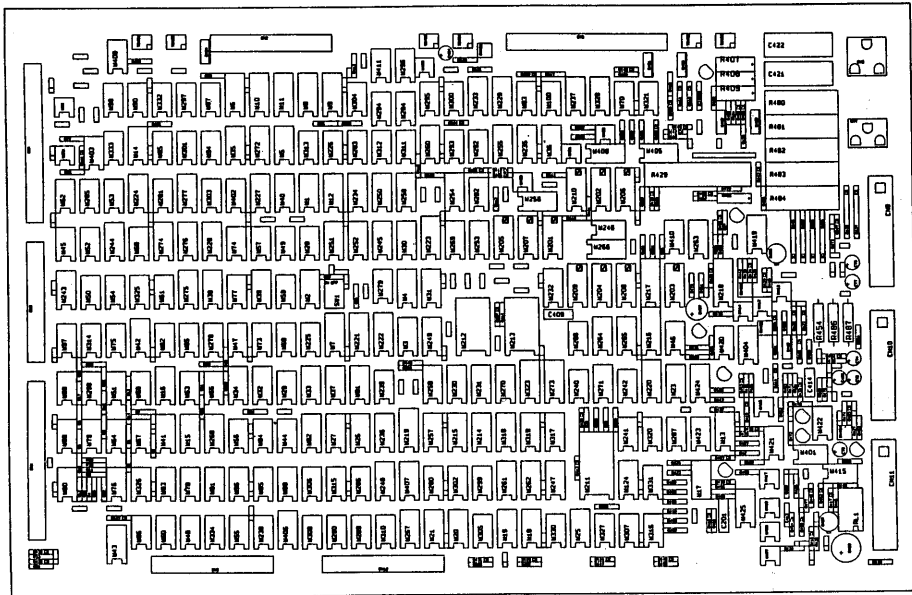


図10. 設計例-1

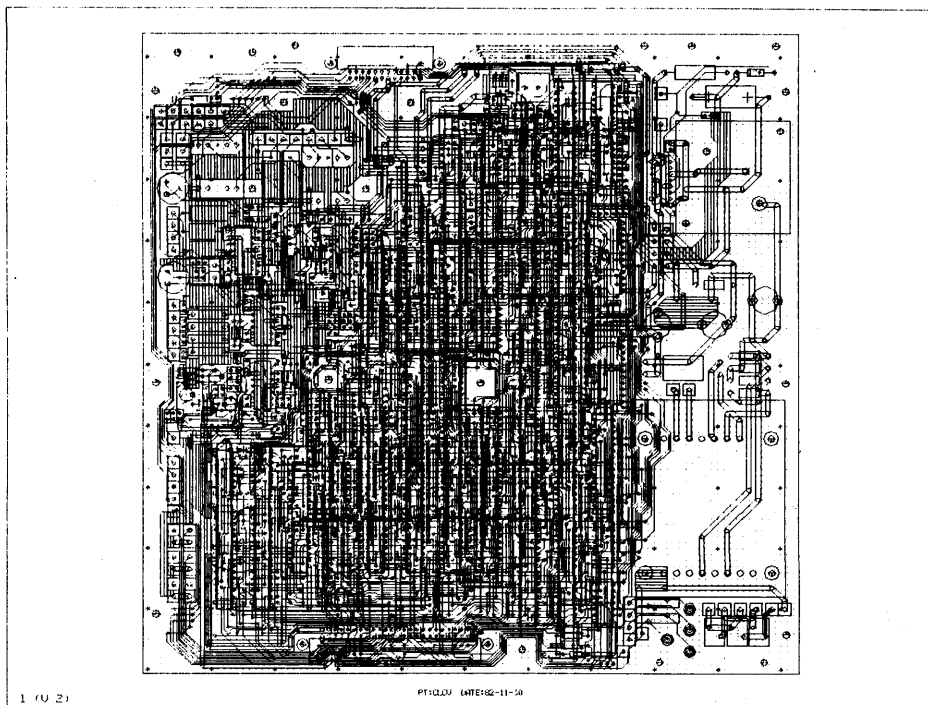


図11. 設計例-2

現在、未配線区間の埋め込みに最も時間を要している。たとえば、総配線区間数が2000として、自動配線で99%の結線率が得られたとしても、20の未配線区間が残る、この埋め込みには数時間を必要とする。この間、設計者とワークステーションは占有されるわけであり、この時間をできるだけ小さくしなければならない。

謝辞 最後に本システムの開発を進めるにあたり御指導いただきましたDA開発部 永峰部長、田村調査役、第二伝送技術部 角田課長、システム研究部 佐々木部長（当時）、石井室長、御意見、御討論いただいた開発グループの各位、システムのテストに御協力いただいた運用グループの各位、ICAD/SDS 開発グループの各位に深謝いたします。

参考文献

- [1] H. Shiraishi, et al., "ICAD/PCB : Integrated Computer Aided Design System for Printed Circuit Boards", Proc. 19th DAC, 1982, pp. 729-732
- [2] 白石他, "ICAD/PCB : プリント基板設計のCAD システム", 昭和57年度電子通信学会総合全国大会 364 (1982)
- [3] 河村他, "会話型プリント板CAD におけるパターンチェック方式", 昭和56年度電子通信学会総合全国大会 1502 (1981)
- [4] 河村他, "ICAD/PCB における会話型パターン設計 -Pattern Editor-", 昭和57年度電子通信学会総合全国大会 366 (1982)
- [5] 伊藤他, "ICAD/PCB における論理設計", 情報処理学会設計自動化研究会資料 13-2 (1982)
- [6] 鹿毛他, "ICAD/PCB における会話型ライブラリ作成 -Library Editor-", 昭和57年度電子通信学会総合全国大会 367 (1982)
- [7] 白石他, "プリント板CAD システム ICAD/PCB における設計変更への対処", 第23回情報処理学会全国大会 2C-1 (1981)
- [8] 吉村他, "ICADにおける高速表示手法", 第24回情報処理学会全国大会 6J-1 (1982)