

# イントロダクション

このユーザガイドでは、アドバンスルートのインタラクティブやバッチオートルータの使用法について説明されています。読者はWindowsの操作に慣れていること、そして読者のパソコンにWindowsが既にインストール済みであることを前提に書かれています。また、読者にはある程度の回路設計の経験があり、使用中のボードレイアウトCADやオートルータの操作に慣れていることが前提になっています。しかし、もしご自分のWindowsやボードレイアウトCAD、オートルータの経験がそれ程でもないとお思いの場合でも、あまり気にしないでください。このユーザガイドはアドバンスルートの自動配線のプロセスを通して多くの詳細な説明がされています。読者はこのマニュアルを読み終わるころにはアドバンスルートの操作に慣れて、うまく使用できるようになります。

このユーザガイドは3つのセクションからなります。

## セクション1 アドバンスルートについて

アドバンスルートは新しいコンセプトのオートルータで、アドバンスルートの開発における一般的な考え方を説明しています。時間があればお読みいただくことをお勧めします。

## セクション2 ユーザトレーニング

このセクションが本ユーザガイドの中心部分です。このセクションにはいくつかの章があり、2層スルーホール基板や多層スルーホール基板、表面実装基板の設計を通してアドバンスルートのメニューを段階的に説明します。このセクションでは、Interactive Route Editor や Test Point Generator、更に Advanced Route Batch Autorouter が説明されます。

## セクション3 付録A, B, C, D, E

セクション3には以下の付録があります。

- ・ データベース・プリパレーション・チェックリストと一般のデータベース・エラー
- ・ プロテル・ユーザに対する注意
- ・ PDIFファイルの作成
- ・ あなたの設計が配線されない場合どうするか
- ・ ニューラルネットに関する参考文献

このユーザガイドはWindows3.1 /3.11又は、WindowsNT、Windows95で使用されるアドバンスルートについて解説しています。

\* アドバンスルートは日本語Windows3.1では使用できません。

\* 文中で「アドバンスルート3」は「アドバンスルート」と表記されています。

PCB3本体に付属している印刷された日本語マニュアルは、全89ページで構成されていますが、このアクロバットによるオンラインマニュアルは、アクロバットプログラムでの変換上の問題により、全64ページに限定されています。65ページから89ページまでの内容については、印刷されたマニュアルをご覧ください。

# アドバンスルートについて

多くの人々がそうであるように、すぐにトレーニングセクションに移りたいとお考えだと思います。そのような場合、以降の章に移り、ソフトウェアをインストールしトレーニングを始めてください。時間の空いているときに、この章を読んで背景を理解してください。

## アドバンスルートとは何か？

最近30年間のオートルータの開発の歴史の中で、アドバンスルートは基板ルータの中でも最も新しい世代に属するものです。アドバンスルート以前は、オートルータの主な目的は(1)基板の配線を100%行う、(2)配線時間を短くする、という2点でした。アドバンスルートも高速に100%の結線を行う事を目的に開発されましたが、仮に今日のデスクトップEDAで使用できる最もパワフルで最も速いオートルータがアドバンスルートではないとしても、アドバンスルートには3番目の目的があります。それは、"配線の品質"です。

今まで基板設計技術者の多くは、自動配線された基板の配線は手配線された基板の配線よりも品質が悪いと考えていました。例えば、ビアが多すぎるとか基板周囲のトラックのふらつき、水平セグメントの多い垂直レイヤ又はその逆、トラックが均一でない、オートルート基板は変更が難しいなどです。多くの問題はX-Y直行配線に対する斜め配線に関するものです。熟練した設計者は斜め配線を用います。一方、オートルータはX-Y直行形式で配線するのが普通です。斜め配線は外観が美しいだけでなく、X-Y形式で配線されたものよりも多くのトラック・セグメントを限られた領域内に配置できます。従って、一般に、難しい高密度の基板の場合は、斜め配線の方が優っています。

要約すると、アドバンスルートには100%自動配線、配線のスピード、配線の品質(熟練した基板設計者なみ)の3つの目的があります。これらの目的を達成するためにアドバンスルートには、従来からの技術はもちろんですが数々の新しい技術が使われています。新しい技術は、ニューラル・ネットやニューラル・コスト、ニューラル・シェイプのニューラル・ユーティリティで構成されます。また、アドバンスルートの目的を支援するために大きく拡張された多くの従来から使用されている配線アルゴリズムも使用されています。

ニューラル・ユーティリティは、いわゆる知識を"コスト"に置き換えて表現して配線アルゴリズムに与え、配線速度の向上や自動配線率の向上そして最も重要な配線の高品質化を実現しています。

## ニューラル・ネットとは何か？

ニューラル・ネットとは人工知能技術の一つです。アドバンスルートは、ニューラル・ネットを配線知能として利用しています。アドバンスルートは、初めてEDAアプリケーションの中に人工知能を用いたCADソフトの中の一つです。

ニューラル・ネット又はニューラル・ネットワークは、正確で明解な正解を導くのが困難であるような問題を分析するために使用されます。このような問題には、その一方で、あるものは他よりは良いというような多くの正解が存在します。プリント回路基板の配線の場合は基板のどこに配線することができるかという問題になります。配線可能な答えのいくつかは他よりは良いというもので、ネットが最良なものを決定します。このような機能が、最良の配線を行う知能を持ったアドバンスルートの中のニューラル・ネットやその他ニューラル・ユーティリティが行う機能です。

ニューラル・ネットワークの考え方はEDA に対しては新しいものですが、他の分野では広く使われています。よく知られているものの一つには、金融市場があります。そこではニューラル・ネットワークは、株式の市場動向の分析や予測に使用されています。ほとんどすべての金融会社と売買会社がニューラル・ネットワークを投資の道具として利用しています。他の分野でニューラル・ネットワークが広く利用されているのは、特徴認識や連続音声認識の分野です。

ニューラル・ネットが答えを生成するためには、答えとなるデータに近いデータ群いくつかで構成される入力データが必要になります。ニューラル・ネットはこれらのデータを学習します。したがって、"ニューラル・ネットの学習"が必要になるわけです。金融市場の解析や予測の例では、答えは株の値段や通貨、指数値などの予測で、入力データは対象株に関連する変動要因の時系列のデータ値、更に対象株の時系列のデータ値が必要です。例えば、もし明日のインテル社の終り値を予測したい場合、インテル社の終り値の予測に影響すると思われる関連要因の値とインテル社の終り値の値を200～300日以前から用意する必要があります。加えて、プライム・レートやユーロダラー、ドイツマルク、円などの経済要因も必要になるでしょう。最終的には、一見あまり関連のなさそうな家屋の新築を示す値までが必要になることがあります。

金融の予測の場合、ニューラル・ネットワークは入力データに合わせ続けようとしません。その結果、変動要因と値段を予測する商品との関係を同定します。Essoにおける原油の値段のような直接関係のあるものについては明らかです。しかし、例えばファーストフード店の終り値の変動と、南米のコーヒー豆生育地域の季節毎の降雨量の平均からの変動との関係のように直接関係のないものについては明らかではありません。要するにニューラル・ネットワークを使用すると、比較的短い時間で、人間が決して見つけたり利用したりできないような予測を行うことができるということです。

金融市場を分析するニューラル・ネットに学習が必要なように、アドバンスルートのニューラル・ネットにも学習が必要です。

この学習とは、熟練した設計技術者が経験的に手配線された多くの配線済みの基板をアドバンスルートに提示することです。これらの基板には、今日の実装技術に対応した密度やサイズの単層基板や2層基板、多層基板、DIPS、SMT、PGA、BGAなど、今日使用されているすべての基板が含まれます。

アドバンスルートの学習に使用される基板は、すべて高品質の配線が施されています。すなわち、ダイアゴナル形式の配線、レイヤ毎の主方向の指定、最少のビア数、最小のワンダリング、バス構造などです。これらの特徴はニューラル・ネットによって習得され、そしてニューラル・コストが形成されます。

アドバンスルート・ニューラル・ネットの"学習"では、各種のトレーニング基板の物理的特性の関連性を学習します。ここで決定された関連性のデータが、自動配線される基板の"最適"のニューラル・コストを決定するために利用されます。"ニューラル・コスト"を決定したネットワークはそれぞれのアドバンスルートのオートルータにあります。

## ニューラル・コストとは何か？

オートルータはすべて配線アルゴリズムの知識の元として"コスト"と呼ばれる特性を使用しています。オートルータに与えられた仕事を実行する上でどのくらい簡単(安く)か、又は難しい(高い)かが"コスト"によって決定されます。例として、ビアを使って説明します。1 ~ 100メモリあるとして、ビアのコストが1であればビアを設定することは非常に簡単であることとなります。そして他のコストが存在しない場合、非常に多くのビアのあるボードとなります。その一方で、ビアのコストが100の場合非常に制限され、ビアが必要な部分でさえ設定が制限されることとなります。

今日のオートルータはViaやRight Way-Wrong Way、Squeeze、Meander、Wanderなど標準的なコストを使用します。これらのコストは"静的"な状態で適用されるための最適なコストでは決してありません。Viaコストの例で説明します。オートルータにViaコスト50(1 ~ 100のスケールの中間の値)が割り付けられる場合、このViaコスト50は基板全体にわたり適用され、基板の表面のエリアによる基板密度の違いは考慮されません。基板のある部分では、接続の"ホット・スポット"が存在し、そこではあるViaコストの値が"ホット・スポット"として適用されます。すなわち、基板の"ホット・スポット"以外のその他のエリアでは、異なるViaコストの値の方が良いことがあります。したがって、基板上のあるエリアについて正しい静的なViaコストの値一つだけではその基板上の他のエリアについては正しくないということがあるということがわかります。また、"静的"なコストを使用すると、多くの場合その値は"決して最適値ではない"ということがわかります。似たような状況はRight Way-Wrong Wayなどの他のコストについても起こります。

"静的"なコストには、その他の好ましくない状況もあります。配線作業が進み接続がトラックに変換されるときに、基板密度は変化し続けます。静的コストは配線作業が進む間変化しません。しかし、その代わり最初のコストを保持しています。アドバンスルートは、"コスト"の値をかなり違う形式でアドレスします。まず、"コスト"は配線作業の間のいろいろな所で利用されます。それらの中でいくつかのものはオートルータの標準のコストで、その他がどのように使用されるかはアドバンスルートの特許になっています。

ニューラル・コストは静的ではなく、動的に適応するものです。再びViaコストを参考にすると、アドバンスルートViaコストは基板のエリアに渡り変動します。密集したエリアでは、Viaコストには密集したエリアの配線に相応する値が適用されます。それ程密集していないエリアでは、それ相応のViaコストが設定されます。基板全体にわたる密度と同じような動的な適応機能はすべてのコストが持っています。従って、動的に適応するコストは、特定のエリアによらず基板上の表面全体について最適な値となります。

ニューラル・コストは配線時に変動し、定数ではありません。これらにはある値が始めに割り付けられていますが、接続がトラックに変換されるときに基板の密度変化に応じて値が調整されます。

## ニューラル・シェイプとは何か？

シェイプやシェイプに基づく配線とは今日のオートルータではグリッドに基づいた配線と置き換えられます。従来のシェイプは、配線スピードや配線の自由度に大きく貢献していました。しかし、従来のシェイプは配線の品質については悪い影響を与えていました。

アドバンスルート・ニューラル・シェイプの考え方は"配線の品質"に貢献するというものです。特に、アドバンスルート・ニューラル・シェイプは、多角形で構成されます。これにより、従来のオートルータにあるようにレイヤ毎に配線方向を選択できる機能に加えて、熟練設計者が不満に思っていた品質も改善することができました。

## 配線アルゴリズム

従来からの配線アルゴリズムがアドバンスルートでの使用されています。

特に、アドバンスルートで使われているアルゴリズムを示すと、Heuristicルータ、Two-Layer Power and Groundルータ、Memoryルータ、Dispersionアルゴリズム、FanOutアルゴリズム、Patternルータ、PushN'Shove配線アルゴリズム、Rip-Upアルゴリズムです。上記のアルゴリズムは、すべてアドバンスルートのすべてのバージョンで使用でき、ニューラル・コストや基板の配線により管理されます。

これらのアルゴリズムはニューラル配線に適合するように変更が加えられています。

## レイヤ毎の配線角度の意味するもの

多層基板でレイヤ毎にある特定の角度で配線することは実際に熟練した基板設計者が行う配線方法です。しかし、以前のアドバンスルートでは、自動配線するとそのようなことはできませんでした。

簡単に言うと、"レイヤ毎に一定の角度"で配線するということはユーザがレイヤ毎に割り付けた角度や接続の"傾き"に基づいて配線を行うということです。それから、その傾きに沿ってトラックを配線します。

"レイヤ毎に一定の角度"で配線することの有効性は、(1)トラックの長さがX-Y方向に沿ったトラックよりも短くできる、(2)ビアの数を少なくできる、ということです。トラックの長さを短くできると、部品の配置の自由度が大きくなります。更に接続当たりのビアの数が少ないということは、高速論理回路の自動配線に重要になります。

高速論理回路以外の回路(高速論理回路も同様)での"レイヤ毎に一定の角度"の配線ができる有効性は、自動配線が100%完了する率が高くなるということです。

レイヤ毎にどの角度で配線するかを決定するのは設計者の考えで行われます。従って必要であれば、従来の水平/垂直だけで配線することもできます。自動配線中に、シーケンサがそれぞれのレイヤの角度に最も近い角度の接続を選びだし接続します。

以下の図は、6層基板の中の45°アップと45°ダウンのレイヤを示しています。基本的な動きは、45°の斜めのセグメントに直行セグメントを加えて選択された方向に合うようにしています。

この部分の挿し絵については、印刷されたマニュアルをご覧ください。

45° アップ

45° ダウン

## 時間、性能、品質の比較値

オートルータの重要な性能である配線時間、配線性能、配線品質を比較しその優位性を以降に示します。

## 配線時間

従来、オートルータを評価する上で配線時間は重要な基準でした。しかし、今日配線時間を判断基準として重要視することはあまり意味が無くなってきています。ソフトウェアと高性能ハードウェアの急速な発展により、特に配線時間については上記のようなことが起こりつつあります。今日のソフトウェア・アーキテクチャは、より高速になりました。5～7年前だと、難しい基板になると数日を要していた配線時間も、486/66やPentiumなどの高速のハードウェアと高速の配線アルゴリズムにより数時間に短縮されました。

ク Pentium-PC と組み合わせると、接続数が4000～5000の6～8層基板を、トップクラスのオートルータでは、概算5～15CPU時間で配線します。

従って、今日のトップクラスのオートルータと高速のPCを使用すれば、配線時間は、5～7前に比べると格段に速くなっています。

## 配線性能

接続の100%(100%近く)を配線する能力である配線性能は、非常に重要な"選択"基準です。おそらく、2、3年前よりも現在の方がより重要視されています。配線時間よりも重要になっていると考えます。

オートルータが95～96%を配線すると、残りの配線されなかった4～5%を手配線して接続を完成するのに要する時間は、オートルータが最初に95%を自動配線する時間よりも長くかかる、ということを設計者はよく知っています。実際、"オートルータが90～93%しか配線しなかったら、それをあきらめて始めから自分で手配線した方がましだ。"と言うことが言われています。

今日では、オートルータが99～100%の自動配線率を達成することは以前に比べてとても重要になっています。これには2つの論理的な理由が存在します。まず一番目は、2～4年前と比べて基板の密度が非常に高くなっていることです。密度が高くなると配線されたトラックを手作業で調整して配線されなかった接続のために隙間をつくるのが難しくなることを意味します。二番目の理由は、今日のレイアウトCADシステムに含まれている手配線ツールは本質的にどれも同じで5～7年前のツールよりも強力になっています。従って私たちは、"配線性能"は最も重要な基準であると考え、オートルータは接続の99～100%の自動配線能力が必要であると判断しています。

アドバンスルータの新しい機能に"contention(競合)"配線があります。ここでの考え方はルータが初期の配線作業時に他の配線と競合を行い、その後この競合を取除いていくという考え方です。このやり方は高密度の配線のときに効果を発揮し、自動配線の最後の段階で手配線の必要な"競合"のある配線がされます。ここで「接続を配線されないままにしておくのが良いのか、それとも競合のある配線されたトラックとするのがよいのか？」という疑問があります。熟練した設計者は、配線されない接続の状態よりも競合のある配線されたトラックの方が良いと考えていることが明らかになっています。というのは、競合が起こるのは一般にトラックの一部のエリアに限られており、その部分だけの修正であれば、配線全体を手作業で行うよりも簡単に行えるからです。アドバンスルータはこのような特徴を持っており、"競合"を残したままの単なるイベントにもこのような優位性があることをわかってもらえるものと考えています。

## 配線品質

配線品質というものは測定できるものではない、という点で配線時間や配線性能とは違います。目的の基準は"目で"見て判断されます。ある設計者は"配線の品質を定義することは難しいことではあるが、配線品質は見れば判断できるものである。"とっています。

私達の品質の定義は、それ程厳密なものではないかもしれませんが、"高品質の配線とは熟練の基板設計者が行う配線のように配線することである。"というものです。

私たちはかなりそれを明らかにすることができました。すなわち、X-Y直行セグメントよりも45°の斜め配線の方がよいことやそれぞれのレイヤに(X方向やY方向以外の)特定の方向が使える方がよいこと、基板上の二つのエリアを結ぶ接続をまとめること、基板上の二つの部品を同じ様なトラック・パターン of 束でまとめること、ビアの数を少なくすること、ワンダリングの数を少なくすること、です。これらは、熟練の設計者が高品質の配線に必要な要素と考えていることです。

## 配線時間 / 配線率の予測 - それはどのくらい正確か？

アドバンスルートには、配線される接続数のパーセンテージと配線時間を予測する機能があります。この機能はニューラル・ネットを予測の基本に利用しています。ユーザは"どのくらい予測が正確なのか？"という疑問を当然持ちます。

この疑問の答えはニューラル・ネットの予測の"学習"にあります。予測する基板がニューラル・ネットの学習の範囲内にある基板であれば、予測は十分に信用できるものになります。その反対に、ネットが学習していない基板の予測をしようとする場合、結果は信用できないものになります。

私たちが学習に使用した基板は今日使用されている典型的な基板で - 2層、4、6、8、10、16層までの基板、スルーホール、SMTトップ、SMTボトム、均一ピッチSMT、PGAです。また、パラメータ(パッド・サイズ、配線間隔、ビア・サイズ等)は、設計/製造の現場で実際に良いとされているものを使用しました。

ニューラル・ネットは、16層を越える基板や20インチ×20インチを越える基板、今日一般に使われている設計パラメータ値以外のパラメータ(75milのビアやICパッド等)は学習していません。

要約すると、予測ツールを使用すると、実際に基板の配線作業にはいる前に配線時間や配線率(更には最小のレイヤ数など)を信頼できる精度で決定することができます。ただし、その基板は学習されている必要があります。現実的でない状況で予測ツールを使用したり、うまく設計していない場合は、予測結果は当然悪くなります。

# 必要なシステム

この章では、アドバンストルートを実行するために必要なPCの種類について説明します。

## オペレーティング・システム

アドバンストルートは、Windows、WindowsNT、Windows95上で動作します。

### Windows3.1 又は3.11

アドバンストルートにはバージョン3.1あるいはそれ以降のWindowsが必要です。Windowsで動作させるためには、アドバンストルートはマイクロソフトのWIN32Sが必要です。WIN32Sのディスクはアドバンストルートのディスク・セットに含まれていますので、アドバンストルートをインストールする前にロードしてください。詳しいことは"アドバンストルートのインストール"の章を参照してください。

\* 日本語Windows3.1ではお使いになれません。

### WindowsNT

アドバンストルートにはバージョン3.5/3.51/4.0あるいはそれ以降のWindowsNTが必要です。

### Windows95

アドバンストルートはWindows95で動作します。ダイアログボックスやメニューの表示形式はWindows95仕様になるためWindows3.1とは若干異なります。

## ビデオ

アドバンストルートにはVGA又はそれ以上の解像度のモニタ(VGA、SVGA又はそれ以上)が必要です。EGAでは、画面からはみ出してしまうダイアログボックスがあるかもしれません。

## CPU とメモリ

アドバンストルートは、16Mバイト以上のRAMを搭載した386又はそれ以上のPCが必要です。しかし、16Mバイトでは小規模の2層基板を配線することしかできません。より規模の大きな基板(4層で接続数2000)を配線するためには、更に大きなメモリが必要になります。一般的な使い方をするためには32Mバイト以上のRAMが必要です。非常に規模の大きな基板(6層あるいはそれ以上のレイヤで接続数2500以上)を配線するためには、48Mバイト以上のRAMが必要です。

アドバンスルートは他のルータに比べて10～15%多くのメモリを必要とします。この追加のメモリは、アドバンスルートの配線の品質を向上するための斜め配線を可能にするニューラル・シェイプを形成するために使用されます。従来のルータはメモリをあまり消費することはありませんが、直角の自動配線しかできません。

メモリが不足してオートルータが配線できなくなると、スクリーンに "Not Enough Memory" というメッセージが表示されます。オートルータが配線をしなくなった場合、エラーメッセージがあるかどうかLOGファイルを確認してください。

NTの場合、それ自身がほとんど16Mバイトのメモリを必要とします。アドバンスルートが必要とするメモリはこの16Mバイトに加えて必要になります。

アドバンスルートは大量の計算を必要とします。従って、処理速度の速いCPUを使うことを推奨します。ちなみに、アドバンスルートはPentium100を搭載したPC上で開発されました。比較的小規模の基板(14ピンのIC相当で100個、2～4層程度の基板)の配線以外は、486/66(あるいはより高速)のCPUを使用することを推奨します。

"Not Enough Memory" というメッセージが表示された場合、基板を配線するためのメモリを確保するために別のアプリケーションが使用しているメモリを開放して使用することができるかもしれません。これを調べるために、以下に進んでください。

アドバンスルートは仮想メモリを使用している場合、十分な物理メモリを使用できないかもしれません。

PC上で使用できるメモリの量を調べるには、Windowsを出てDOSプロンプトでmemと入力してください。"Total Memory"とある行の"Total"と"Used"、"Available"の値を調べてください。

PCに32Mバイトのメモリが実装されており、"Total"が32Mバイトで"Free"が少ない(5～6Mバイト)場合、このメモリをいくらか使用することができます。そのためには、どこでメモリが使用されているかを調べて開放してやる必要があります。

config.sysファイルの中に"RAMDrive"用の"device"コマンドがある場合、多くのメモリを使用しているかもしれません。RAMドライブの容量を減らすか、行頭に"REM"と入力してRAMドライブを取り除いてください。この変更を有効にするためにはWindowsを再起動する必要があります。アドバンスルートを使い終わって、その他のアプリケーションが元の容量のRAMドライブを必要とする場合、RAMドライブを元の容量に戻してください。

同様に、config.sys又は、autoexec.batファイルで"SmartDrive"をロードしていると、多くのメモリを使用しているかもしれません。この量を減らすか行頭に"REM"と入力してSmartDriveを取り除いてください。Windowsがこのメモリを使用できるようにするには、PCを再起動する必要があります。

もし、これらの変更を行っても"Avaivable"が2～3Mバイトしか増えなかった場合、何か他のものがconfig.sysかautoexec.batファイルによりロードされています。メモリをたくさん使用している他のプログラムがないかconfig.sys又はautoexec.batファイルを探してください。アンチウィルス・プログラムやデバイス・ドライバのようなTSRは、普通"conventional"又は"upper memory"にロードされていますが、これらのTSRが問題になることはあまりありません。

これらのステップを実行してもメモリ問題が無くならない場合、現象を詳しく書いたfaxをプロテル社の販売会社へお送りください。

## ハードディスクの容量

アドバンスルートはハードディスク上に約4Mバイトの空き容量が必要です。加えてアドバンスルート基板ファイル(.PRF)用に更に必要になります。14ピン相当のIC100個で4層程度の基板の場合、.PRFファイルは約400Kバイトの大きさになります。非常に大規模な基板(10層、接続数3000)の場合、配線された.PRPFファイルは3～5Mバイトになります。

## マウス

アドバンスルートにはマウスが必要です。Windowsで動作するマウスであればすべてアドバンスルートで使用できます。

## ハードウェア・キー

アドバンスルートには起動のためのハードウェア・キーは必要ありません。



# アドバンスルートのインストール

アドバンスルートのディスク・セットにはフロッピーディスクが4枚あります。  
WIN32S                      マイクロソフトからのソフトウェア(Windows3.1/3.11を使用する場合に必要です。)  
アドバンスルート          アドバンスルートをインストールします。

## Windows3.1/3.11

Windows3.1/3.11のアドバンスルートにはマイクロソフトのWIN32Sが必要です。WIN32Sによりアドバンスルートを32ビットアプリケーションとしてWindows上で動作させることができます。必ずWIN32Sをインストールしてからアドバンスルートをインストールしてください。

WIN32Sをインストールするには、

1. DISK1をAドライブ又はBドライブに挿入し、WindowsのプログラムマネージャでFile-Runを選択してください。
2. ダイアログボックス内に"a:¥setup"又は"b:¥setup"と入力し、OKをクリックして質問に答えていってください。
3. 指示に従って、DISK2をインストールしてください。

## アドバンスルートのインストール

アドバンスルートをインストールするには

1. DISK1をAドライブかBドライブに挿入し、WindowsのプログラムマネージャでFile-Runを選択してください。
2. ダイアログボックス内に"a:¥setup"又は"b:¥setup"と入力し、OKをクリックしてください。
3. インストールが完了するまで画面に表示される指示に従ってください。DISK2をロードするように指示されます。
4. インストール作業の最後に"Run Calibration?(校正を実行しますか?)"と聞かれます。"Yes"とすれば基板がロードされ配線が行われます。ただし、部品には影響ありません。校正が実行される時間は約1分ですが、使用されているCPUによって多少違います。この校正によりCPUハードウェアが識別され

ニューラル・ネットが基板の配線時間を推定できるようになります。  
ニューラル・ネットの推定機能を利用する場合、校正を必ず実行してください。

\* 日本語Windows3.1ではお使いになれません。

アドバンスルートのインストール・プログラムはプログラム・グループとアイコンをWindowsのプログラム・マネージャに自動的に作成します。もし、インストール中の質問にNOと答えた場合は作成されません。

## ソフトウェアを使えるようにするには

アドバンスルートを使えるようにするには、ホストCADシステムに配線済みのデータを出力できるようにしなければなりません。アドバンスルートを使用可能な状態にするには以下を実行してください。

- 1 . アドバンスルートのアイコンをダブルクリックしてください。

アドバンスルートが起動され、基板ファイルのロード待機状態になります。

- 2 . Open Fileダイアログボックス上のCancelボタンを押します。
- 3 . メニューからHelp- Access Codeを選択してください。

Access Codeダイアログ・ボックスがポップアップ表示されます。アドバンスルートのライセンス番号がダイアログ・ボックスの中央部に表示されます。この番号はプロテルのディストリビュータからテクニカル・サポートを受ける場合に必要です。

- 4 . Access Codeダイアログ・ボックスにあなたのアクセスコードを入力し、OKをクリックしてください。アクセスコードはプロテルのディストリビュータから与えられます。

アクセスコードの文字は大文字と小文字が区別されます。アクセスコードは正確に入力してください。

TESTボタンを押すと、アクセスコードが正しく入力されたかどうか、Informationの部分に表示されます。

## 画面表示に問題がある場合

WIN32Sをインストールした後で画面表示に問題がある場合、ビデオ・ボードのドライバがWIN32Sの最新バージョンと互換性がない可能性があります。高解像度のビデオ・ボードでは、このようなことはあまり起こりません。

画面表示に問題がある場合、

1. すぐに使いたい場合、Windowsのセットアップの解像度を下げてください。例えば、1024 x 768の解像度で表示していてWIN32Sをインストールした後で問題が起きた場合、"SVGA"又は"VGA"のレベルまで解像度をさげてください。たいていは、これで正しく表示されるようになります。
2. 高解像度での動作に戻すには、ビデオ・ボードの発売元に相談し最新のWindowsのドライバについて聞いてみてください。

## プログラムが初期化に失敗した場合

最も起こりそうな原因は、PCのソフトウェアの競合です。典型的にはハードウェアの容量や性能をソフトウェアで置き換えているような場合です。

RAM Doublerはアドバンスルートの初期化が実行されるのを妨げます。従って、必ずこの種のソフトウェアを切離してからアドバンスルートを初期化してください。

WINDOWS DISK DOUBLERは、アドバンスルートの初期化に影響しないことが確認されていますが、他のディスク・ダブラは確認がとれていません。

アドバンスルートが新しくインストールされたWIN95をクラッシュさせるという報告があります。このクラッシュの状態はRetryすることで解決されます。



# トレーニングに入る前に

アドバンスルートを使えるようになるためのトレーニングの方法は、"Train-by-Doing(使うことで教える)"ということをいろいろな基板の配線を通して行う方法です。その過程の中でアドバンスルートで使われるメニューを(章ごとに)紹介していきます。

トレーニング・コースを以下に示します。

| 章                       | 内 容   | 使用する練習基板             |
|-------------------------|---|----------------------|
| ユーザインタフェース              | ユーザインタフェースについて  |                      |
| Fileメニュー                | Fileメニューについて  | Board1               |
| Editメニュー                | Editメニューについて  | Board1               |
| Option                  | 4層基板のオートルータのセットアップ  | Board1(4層)           |
| Toolsメニュー               | オートルータメニューについて  | Board1(4層)           |
| 2層基板の配線                 | 2層基板の自動配線   | Board1(2層)<br>Board2 |
| 多層基板の配線                 | 多層基板の自動配線   | Board3               |
| Route Editorを用いた会話形式の配線 | Route Editor (Sketch-A-Track、コンポーネント単位の配線、エリア単位の配線、手配線)について | Board1<br>Routedit   |
| テスト・ポイント自動生成器           | 設計にテスト・ポイントを生成する方法について                                      | Board1(2層)           |



# ユーザインタフェース

本章では既にアドバンスルートがインストール済みで、Board1を配線してトレーニングを開始する準備ができていることを前提としています。

1. WindowsのプログラムマネージャでProtel Design Systemをクリックしてください。これによりアドバンスルートが入っている Protel Design System Program グループが開かれます。 (Windows3.1 英 / NT3.51 以前の場合、Windows95/NT4.0以降はStartメニューを使用)

Protel Design System ProgramグループにはRoute LOGと呼ばれるアイコンがあります。このアイコンを使用して基板の配線作業の履歴を得ることができます。Route LOGアイコンはまた、トランスレータや配線エラーを分析するにも便利です。

2. Protel Design System Programグループ内で、アドバンスルートアイコンをダブルクリックしてください。アドバンスルートがロードされユーザインタフェースが表示されます。

User Interface 画面には、3つの主なエリアがあります。(1)Main Menu バー、(2)Workingエリア、(3)Statusバー、の3つです。

Mainメニュー・バーには、アドバンスルートの主なメニューがあります。メイン・メニュー・バーの上のTitleバーにはプログラム名(AdvancedRoute)が表示されます。また、Titleバーには、基板ファイルがロードされている場合、そのファイル名が表示されます。

7つのメイン・メニューは以下の通りです。

File、Edit、View、Tools、Options、Reports、Helpです。

配線される基板はMainメニュー・バーの下のWorking Areaに表示されます。Workingエリアにはマウス・カーソルがあります。マウス・カーソルには2種類あります。自動配線中では無い場合、カーソルは従来のWindowsの"矢印"カーソルです。アドバンスルートが自動配線しているときは、"走る人"がカーソルに表示されます。大規模で高密度の基板の場合、一本の長い接続を配線するのに1~2分かかります。この間スクリーン上には経過時間しか表示されません。この"走る人"により、難しい配線がされようとしている時にCPUがロック状態ではないことがわかります。

Workingエリアの下はStatusエリアです。この部分は4つに分割されています。1番左の部分では、自動配線の進捗を表わすグラフが表示され、左から2番目の部分

には配線済みの本数と残りの本数、及び結線率とViaの数が表示されます。その次の部分には経過時間が表示され、最後の部分には現在配線に使用されているアルゴリズムが表示されます。ここで今どのアルゴリズムが使用されているのかを見ると、配線がどの段階まで進んでいるのかという事を確認する事ができます。

# File メニュー

Fileメニューには以下の機能があります。

- ・ ホストCADシステムからファイルの取り込みや吐き出し
- ・ 既存のアドバンスルート.PRFファイルのオープン
- ・ 自動セーブ機能のコントロール
- ・ 基板のプリンタへの出力

## ホストCADシステムからのファイルの取り込み

ホストCADシステムからトレーニングBoard1を取り込みます。

以下へ進む前にインストール時にトレーニング・ファイルをロードしたか確認してください。

- 1 . Fileメニューを選択してください。
- 2 . Open メニュー・アイテムを選択してください。Open PCB File ダイアログ・ボックスが表示されます。
- 3 . ファイルの種類を選択するウィンドウで、ホストCADの種類を選択した後、ファイル名、Board1を選択して下さい。
- 4 . Open(開く)をクリックし、基板を取り込んでください。

トレーニングBoard1がディスクからメモリへ読み込まれ、モニタに表示されます。

データベース・エラーのためにホストCADシステムから基板データベースの取り込みがうまくいかないことが時々あります。この場合、取り込み作業は中断され、“not successful”というメッセージが表示されます。取り込みがうまくいかない場合はたいてい、基板データベースの問題または特殊な記述がトランスレータにより認識されたか、あるいは拒絶されたために起こります。このような確認作業はトランスレータの機能で、エラーのない基板を取り込むようにするために行われます。エラーのある基板を自動配線すると自動配線時間が無駄になります。

トランスレーションに失敗すると、失敗の理由がAdvroute.logと呼ばれるファイルに記録されます。Advroute.logは、Client¥Advrouteディレクトリにあり、自動配線作業に関する情報を提供します。ワープロやテキスト・エディタであればどんなものでもAdvroute.logを開いて問題を確認することができます。

付録Aに、トランスレータがデータベースを取り込めなくなるような潜在的なデータベース・エラーやオートルータの潜在的エラーについて触れています。トランスレーション中や自動配線中に問題が発生した場合、付録Aを参照してください。

## .PRF ファイルの作成

アドバンスルートフォーマットのフォーマット(.PRF)で取り込まれたファイルをセーブしハードディスクに保存します。これにより、ホストCADシステムからそのファイルを取り込む必要がなくなります。

- 1 . Fileメニューを選択してください。
- 2 . Save Asをクリックすると、Save Asダイアログ・ボックスが表示されます。
- 3 . .PRFファイルを作成するときに同じ基板名を使用するなら、OKをクリックしてください。その他の場合、名前を入力してOKをクリックしてください。

アドバンスルートファイルにはすべて拡張子 ".PRF" が使用されます。

## ホストへの出力

この機能を使用すると、.PRFファイルをホストCADシステムへ取り込むことができます。前述の取り込みルーチンとよく似ています。

取り込が成功するためにはホストCADシステムのカレント・ディレクトリにオリジナルのASCIIファイルが存在している必要があります。アドバンスルートがファイルを作れない場合、ダイアログ・ボックスが表示され、オリジナルのASCIIファイルを作成する場所を聞いてきます。

- 1 . Fileメニューを選択してください。
- 2 . To hostメニュー・アイテムを選択してください。Host CAD System forダイアログ・ボックスが表示されます。
- 3 . ホストCAD、例えばPADS、Protel、PCAD等を選択し、OKをクリックしてください。

上部にホストCADシステムの名前のついたOutputダイアログ・ボックスが表示されます。吐き出されたファイルには拡張子.ROUが使われています。このファイルは、ホストCADシステムの"ASCII IN"機能で読み込むことができるファイルです。ホストCADシステムにファイルを取り込む場合、ファイルの拡張子が.ROUであることを確認してください。

- 4 . 所望のファイル・ディレクトリを選択してください。
- 5 . Save(保存)をクリックすれば、配線データが吐き出されます。

## Design ファイルのオープン

File-OpenによりホストCADのデータだけでなく、以前に保存された.PRJファイルも読み込む事ができます。

## Autosave

3種類のAutosave機能を使用してAutosaveと呼ばれる大変重要なファイル生成機能をコントロールします。設定した時間毎にAutosave.prjと呼ばれる.PRJファイルを自動的に作成するのが目的です。Autosaveファイルは、以前のAutosaveファイルに上書きされていきます。Autosave機能により停電時やハードウェアの故障時に自動配線シーケンスの最新の段階まで元にもどることができます。Autosave時間は10分くらいに設定することを推奨します。

- 1 . File-Autosave Intervalメニュー・アイテムを選択してください。
- 2 . 時間を10分に設定してください。

## Print

この機能は配線されたファイルをホストCADシステムへ戻さなくてもプリントアウトできるので大変便利です。Plotによりアドバンスルートから直接プリントアウトできます。また、PlotはFile-Print Setupで指定されたプリンタへ出力します。あるレイヤだけをプロットする場合、Option - Displayを使用して必要なレイヤを選択してください。

この機能は、確認用に使用してください。基板の製造に使用するにはX - Y座標の精度が不足しています。



# Edit メニュー

この章では、4層基板の配線を例として取り上げオートルータをセットアップします。トップとボトムのレイヤは信号の接続のために使用され、残りの2つのレイヤは電源/グランド用に使用されます。

このEditメニューでは、ネットアトリビュートの設定やネット及び部品情報の検索、また配線の編集結果に対するアンドゥやリドゥを行う事ができます。ここでは4層のうち2層に信号線を配線し、残りの2層を電源とグランドプレーンに使用するために必要な設定を行います。

Board1を表示してください。

- 1 . Editメニューを選択してください。

Editメニューが表示されます。

## Undo

編集結果の取り消しを行います。設定の段階では使用せず、配線の過程で使用します。

## Redo

Undoで取り消した編集結果を復帰させます。設定の段階では使用せず、配線の過程で使用します。

## Net Attributes

オートルータをセットアップする最初のステップは、接続を適切に設定することです。この例では、信号線がトラックにより配線され、電源とグランドが内層に接続されません。この設定は以下のように行います。

- 1 . Edit-Net Attributesを選択するとNet Attributesダイアログ・ボックスが表示されます。

Net Attributesはスプレッドシート・フォーマットです。データベース内のすべてのネットの名前は左端に一覧表示されます。ネット名は、スクロール・バーを使用して選択するか、ダイアログ・ボックスの下部にあるFind Netボックスにネット名を入力してください。ネット名を入力するとスプレッド・シートの最上部にネットは移動します。

## Net Attribute機能

### Display

ネットを表示するかしないかの設定です。

### Routing Priority

Routing Priorityを使用して20ネットまでの配線の順序を選択することができます。あるネットに1を選択すると、最初に配線されるネットになり、2を選択すると2番目に配線されるネットになります。配線の優先順位を設定したくない場合、ニューラル・ネットが決定して配線します。

### Length Minimize

Length Minimizeは各ネットの設定に応じて自動配線が設定されます。

|             |   |
|-------------|---|
| None:       | Length Minimizeは機能しません。                       |
| Min Dist:   | 全長が最短になるように接続が再配置されます。                        |
| Daisy:      | 基板データベースの "from-to" シーケンスが保存されます。             |
| Horizontal: | Netの接続が水平方向を基準に再配置されます。電源とグラウンドのネットに主に使用されます。 |
| Vertical:   | Netの接続が鉛直方向を基準に再配置されます。電源とグラウンドのネットに主に使用されます。 |

### Route Action

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Default:              | ネットがDefaultで設定されていたりSMDパッドに設定されていたり、2層以下のレイヤの場合、ネットはSMDパッドから展開されないで配線されます。3層以上のレイヤがある場合、ネットは展開され、それから配線されます。デフォルトはノーマル・モードで、特別な目的がない限りデフォルトを使用してください。 |
| Route: ネット            | がRouteに設定されるとシステムはネットを展開しないで配線します。  |
| No Route:             | ルータはネットを無視します。  |
| Locked:               | 以前に完全に配線されたネットがロックされます。Lockedが選択されると、ネットは再配線されません。部分的に配線されたネットをロックすることはできません。   |
| Fan Out/<br>Route: 配線 | SMDパッド又はエッジ・フィンガーパッドからネットを展開して、ネットを配線します。   |
| Fan Out/<br>Plane:    | エッジ・フィンガー・パッド又はSMTパッドからネットは展開されますが、配線されない状態のままになります。(電源とグラウンドのレイヤに使用されず。)   |

## Routing Layer

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| All Routing Layers: | 接続はすべて指定された配線レイヤを使用します。 |
| Top:                | 接続は最上位のレイヤだけを使用します。     |
| Bottom:             | 接続は最下位のレイヤだけを使用します。     |

## Track Width

水平のスクロール・バーを使用して Net Attributes ダイアログ・ボックスの Track Width カラムを表示してください。デフォルトでは Options - AutoRouter - Parameters で設定されたトラック幅が設定されています。ネットは以前設定された幅とは違う幅が設定されているかもしれません。

## Training Activity

電源(VCC)とグランド(GND)ネットを設定するために Net Attributes を使用します。このために Net Attributes-Route Action カラムを使用します。

- 1 . Find Net 機能を使用して GND ネットを検索してください。Route Action プルダウン・メニューをクリックしてください。5 つのオプションが表示されます。

GND ネットを展開する必要があります。

- 2 . GND ネットの Route Action を Fan Out/Plane に設定します。
- 3 . VCC ネットも同様に設定します。
- 4 . OK をクリックして Net Attributes ダイアログ・ボックスを閉じてください。

Net Attributes での設定を要約すると、データベースのネットはすべて配線されますが、VCC と GND は配線されません。また、ネットの SMD パッドや Edge Finger 接続は内層への引き出しが行われますが他の接続はそのままになります。

## 情報検索機能

アドバンスルートにはインフォメーション機能が4つあります。すなわち、FindとHighlight Net、Identify Net、Identify Pinです。これらの機能によりデータベース内のネットやピンに関する情報を得ることができます。

セットアップの段階でこの機能は、自分が設定しようとしているネットをハイライトさせて確認したい場合に使用する事ができます。また逆にセットアップしたいネットの名前をFindやIdentify Net/Pinを使って探すことができます。

### Find

基板上の部品やコンポーネント・パッド、位置を見つけるために使用されます。部品参照名(U1)や参照名、ピン番号(U7.13)又はX, Y座標位置(1.25,3.4)を入力してください。

### Highlight Net

Highlight Netダイアログ・ボックスの一覧からネットを選択してください。

### Identify Net

カーソルをネットの接続の一つに置きマウスの左ボタンを押してください。ネットがハイライト表示され名前がスクリーン下部に表示されます。

### Identify Pin

カーソルをピンに置いてマウスの左ボタンをクリックしてください。ピン名がスクリーン下部に表示されます。

# Optionメニュー

Optionメニューは頻繁に使用される重要なメニューです。オートルータをコントロールする各種の設定は、ほとんどこのOptionメニューで実行します。メニュー構成の上ではToolsの次ですが、実際の運用では配線の前に必要な設定の段階で使用しますので、ViewやToolsメニューより先に説明を行います。

ここでも、引き続いて4層基板を例に取って設定を行います。

1. Optionを選択してください。Optionメニューが表示されます。

Optionメニューには以下のものがあります。

**Auto Router - Parameters:** レイヤの数やレイヤ上のトラックの方向、初期のパッドサイズのようなオートルータにより使用される各種のパラメータを変更したり確認したりするために使用されます。

**Auto Router - Routing Passes:** 配線される基板に使用したい配線パスを設定することができます。アドバンスルーティングに慣れてない間はデフォルトの設定で使用することを推奨します。

**Auto Router - Test Points:** テストポイントのための設定です。後の項で詳しく説明されますのでここでは説明を省きます。

**Batch Router:** 複数の基板を連続配線する場合の設定です。

**Display:** 各層ごとの表示の色設定を行います。

## AutoRouter - Parameters

ネットの属性を設定すると、次の段階はデータベース・パラメータの設定です。この例題ではトップとボトム・レイヤの他のネットすべてを配線します。

1. Option-Auto Routerを選択し表示されたダイアログボックスのParametersタブを押しParameters設定のページ(Parametersダイアログボックス)を開きます。

パラメータ・ページ(Parametersダイアログボックス)には、LayersとDatabase Parameters、Analyze Parametersの3つの主なセクションがあります。

## Layers

使用できる基板のレイヤは取り込まれたデータベースから識別され、Parametersダイアログ・ボックスのLayersの部分に表示されます。それぞれのCADシステムに応じてレイヤ名のフォーマットは違います。これで各種のオプションをレイヤに割り付けることができます。詳細を以下に示します。

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Vertical                   | トラックは鉛直方向に偏ります。  |
| Horizontal                 | トラックは水平方向に偏ります。  |
| Plane                      | ホストCADに戻った時にレイヤをプレーンとして使用するようになります。選択された場合、そのレイヤは表示されません。  |
| Neural                     | ニューラル・ネットがレイヤの方向を決めることを許可します。  |
| Any Direction              | 配線はどの方向にも偏りません。3層基板の3番目のレイヤに使用することを推奨します。二つ以上のレイヤに使用しないでください。  |
| Fan Out                    | SMDパッドのあるレイヤを展開するけれど、そのレイヤの配線を制限したい場合に使用してください。  |
| Angled Direction Per Layer | 45°アップや45°ダウン、1時の方向、2時の方向、4時、5時の方向など、選択された方向にレイヤをビアします。多層基板のレイヤすべてに使用できます。ただし、トップ/ボトムレイヤは通常Horizontal/Verticalです。Angled Direction Per Layerは熟練した基板設計者がトラックの長さを短くしたりビアの数を少なくするために使用するテクニックです。この機能は、多層基板の場合だけで機能します。 |

トレーニング基板のレイヤを設定します。

4つのレイヤが表示されます。アドバンスルートへ取り込まれたときにホストCADシステムでBoard1のデータベースがどのように設定されていたかわかります。

Board1(4層)の最初のバージョンでは、レイヤ2と3をプレーンに設定します。レイヤをプレーンに設定するには、

1. レイヤ2をマウス・カーソルで選択してください。配線に関するいろいろな設定や配線方向に関するオプションのあるプル・ダウン・メニューが表示されます。この場合、配線方向等は無視して、プレーンに注目します。Planeを選択するとレイヤ2が、プレーンとして使用されるように設定されます。

これにより配線中にレイヤ2にはトラックが配線されることはありません。ホストCADシステムからのデータベースに4層基板として設定されていても2層をプレーンとして設定してホストCADシステムへ戻されます。

2. レイヤ3についても同様に操作してください。

つぎに、トップとボトムのレイヤを水平又は鉛直に設定します。

- 3 . トップ・レイヤを Horizontal に設定し、ボトム・レイヤを Vertical に設定してください。
- 4 . OK をクリックして Preferences ダイアログ・ボックスを閉じてください。

レイヤが Plane に設定されると Parameters ダイアログ・ボックスは閉じられません。そのレイヤはもはや Parameters ダイアログ・ボックスに表示されません。

#### Database Parameters

Parameters のデータは、ホスト CAD システムから取り込まれた基板データベースから取り出され、Parameters ダイアログ・ボックスに表示されます。

CAD システムの中には、これらのパラメータが変換可能な書式ですべて用意されていないものもあります。Parameters ダイアログ・ボックスが適切に設定されているかその都度確認するようにしてください。パラメータが希望通りでない場合、そのパラメータを正しく修正してください。

#### Units

このフィールドでは、ホスト CAD システムから取り込まれたデータベースで使われるユニットが示されます。自動配線には各種のユニットを選択することができます。ただし、ホスト・データベースから変換されたユニットを使用することを推奨します。

#### Via Type

Via Type には Thruhole Only、No Vias、Any Type があります。更に、Any Type には Mixture of Thruhole、Blind Vias、Buried Vias があります。ホスト CAD システムがどのタイプもサポートしていることを確認してください。

トレーニングでは、ビア・タイプはホスト CAD システムから取り込まれたとして使用してください。Thruhole Only になっているはずです。

#### Via Under SMD

SMD パッドでは、ビアを展開するかパッドのしたにビアを置くかどちらでも選択できます。ビアをパッドの下に置くと、高密度の基板の場合、オートルータへの負担が軽減されます。SMD パッドの下にビアを置く場合、Enable the Via Under オプションを使用してください。

#### Channel

アドバンスルータは、グリッドレス・ルータ又はルーティング・チャンネル・ルータのどちらでも設定できます。ルーティング・チャンネルの大きさは、primary track

widthやclearanceのパラメータ値を元にシステムが自動的に最適ルーティング・チャンネルを設定します。

ルーティング・チャンネルはホストCADシステムのシステム・グリッドではなく、アドバンスルートが独自に計算したものです。

グリッドレスで配線する場合、ルーティング・チャンネルをグリッドレスに変更してください。グリッドレス・ルータの一般的なグリッドは1mil(1インチの1/1000)です。

ルーティング・チャンネルの考え方を詳しく見てみます。

#### 1. チャンネル・ドロップ・ダウン・リストを選択してください。

ルーティング・チャンネルの値が10個示されます。これらは、トラック幅やクリアランス、CADレイアウト・システムの特性に応じて設定されます。更に、システムはトラック幅やクリアランスの基準値や、ホストCADシステムが使用するデータベース・ユニットに配線結果を合わせるための基準値をデフォルトで設定します。この調整はCADシステムで行われ、ホストCADシステムのシステム・グリッド上にトラックを配置し、配線結果を簡単に修正できるようにする上で大切なことです。調整値はCADシステムに応じて0から1milで変化します。例えば、アドバンスPCBではトラック幅は6milでクリアランスも6milです。従って、普通12.5milのルーティング・グリッドで配線されます。データベースが調整された時、アドバンスルートはルーティング・チャンネルを12.5milに調整します。この調整は自動的に行われ、部品に影響はありません。

Board1をトラック幅12milでクリアランス13milで配線します。ルーティング・チャンネルの結果は25milとなります。

ルーティング・チャンネルはなぜこのような考え方なのか？なぜ、グリッドレスではないのか？その答えは、自動配線に成功するかどうかということです。配線した後に、ホストCADシステムで配線を編集する場合があります。CADシステムには25mil、20mil、16 1/3mil等ある値のシステム・グリッドが設定されています。アドバンスルートのチャンネル・グリッドは、CADシステムのシステムグリッドと合うようにします。これによりトラック・セグメントがシステムグリッド上に配置され、編集が簡単になります。例えば、ホストCADのシステム・グリッドが25milでアドバンスルートが25mil以外で基板を配線した場合、25milのルーティング・チャンネルで配線されたものと比べて編集が面倒になります。

上で述べられたことについて必要を感じない場合でも、システムが決定したルーティング・チャンネルを使用することを推奨します。

質問：グリッドレス配線はどのような場合に使用すればよいか。

答え：グリッドレス配線はいつ使ってもかまいません。ただし、上で述べられているようにグリッドレスで配線された基板はホストCADのシステムグリッド上に乗らない可能性があります。

質問：グリッドレス配線とルーティング・チャンネル配線との間に配線速度や配線率、配線品質の点で違いがあるか。

答え：システムが決定したデフォルトのルーティング・チャンネルを使用した場合、両者の間に違いはありません。一方、デフォルトのルーティング・チャンネルを使わずにそれ以外の値を使用した場合、ルータの性能に悪影響を与える可能性があります。このために、自動配線にはシステムが決定したルーティング・チャンネルを使用することを推奨します。

2. ボード1のルーティング・チャンネルが25milになっていることを確認してください。

#### Primary Pad Width

Primary Pad Widthは、基板上のスルーホール・パッドの直径です。スルーホール・パッドが無い場合、Primary Pad WidthはSMTパッドの最大の寸法になります。

#### Primary Via Width

Via Widthは、ホストCADシステムからのデータベースにあるスルーホールのビア幅です。

#### Primary Track Width

Primary Track Widthは、CADデータベースの接続の幅の値です。信号線が12milで、電源やグラウンドが50milのマルチ・トラック幅の場合、電源やグラウンド線よりも信号線の方が多くを仮定してPrimary Track Widthには12milが設定されます。

#### Primary Clearance

Clearanceはトラックとトラックの間の空隙です。

#### Setting the Parameters

Primary Track WidthやPad Width、Via Width、Channelは、ホストCADシステムがASCII出力ファイルにデータを持っていれば、直接ホストCADシステムから取り出されます。しかし、CADシステムの中には、調整が必要なものもあります。

Primary Track WidthとPrimary Pad Widthの両方またはどちらかを変更する場合、ルーティング・チャンネルはParametersのOKボタンが押された後、再計算されます。値を変更するかどうかの確認が表示されます。

1 . Board1は以下の設定で配線します。

|           |   |       |
|-----------|---|-------|
| Pad       | = | 60mil |
| Via       | = | 55mil |
| Track     | = | 12mil |
| Clearance | = | 13mil |

これらの設定を自動配線の前に変更することがあるかもしれません。アドバンスルートの特徴の一つはこのような変更をホストCADシステムに戻らずにアドバンスルートの中で簡単に行うことができるということです。

アドバンスルートはシェイプ・ベースト・ルータです。基板上のパッドの多くで使用されるPrimary Pad Widthが障害になることがあります。

アドバンスルートの中でこれらのパラメータを変更できますが、トラック幅だけはホストCADに戻って変更してください。その他のパラメータを変更した場合、基板データをホストCADに戻した時に変更したデータを必要に応じて修正してください。

ホストCADのデータを戻した時に設計ルール違反が発生した場合、パラメータを自動配線で使用したように変更していない可能性があります。

## Perform Analysis

PerformAnalysis 機能は、アドバンスルート独特の機能です。この機能により、現在のデータベースのパラメータで配線にかかる時間や、配線率の予測ができます。また、この機能により、"レイヤを少なくした場合どうなるか？、トラック幅を広げたら？、パッドを大きくしたら？"など実際に基板を配線しないで予測ができます。

1 . PerformAnalysisを選択すると、画面の下部に配線時間と配線率が表示されま  
す。

予想に使用するNeural Netは標準的な基板パラメータを使用して学習されていることに注意してください。特殊なパラメータ(ピア・パッドに75milを設定するなど)が使用されている場合、予測精度が悪くなります。

## AutoRouter - Router Passes

Optionメニューの次のアイテムはRouter Passesです。Routing Passesダイアログ・ボックスを使用して自動配線中に使用されるルータ・パスを操作することができます。

- 1 . Option-Auto Routerを選択しRouter Passesタブを押すことにより、Routing Passes ページ(Routing Passes ダイアログ・ボックス)を表示してください。

#### Memory

このパスは、基板上のMemory ネットのすべてを選択します。このアルゴリズムは、HeuristicでSearchのアルゴリズムです。メモリ部品が基板上にない場合でも常に実行されます。

#### Fan Out Used SMD Pins

このパスを使用して、SMD やEdge Finger 部品からビアを展開します。ファン・アウト・ビアは大きさや形を利用できる便利なスルーホール・ビアです。Fan OutパスはHeuristicでSearchのアルゴリズムで、トップまたは、ボトム・レイヤ、あるいはその両方に片面の部品がある場合に使用されます。Fan Outの失敗は中心にXが黄色い小さい丸として表示されます。

トップ・レイヤとボトム・レイヤにSMD 部品のある高密度の基板では、Fan Outが難しい場合があります。Fan Outパスだけ単独で実行し動作を確認した後自動配線を実行してください。ピンの90%以上が展開に成功しないと、配線率が100%になることはほとんどありません。このような場合、Fan Outに失敗している基板領域で部品の再配置を行ってください。

#### Pattern

ある基板についての接続パターンは無限にあります。これらのパターンの配線に成功するかどうかはパターンを配線する時に接続がどのように選択されるかによります。Patternルータは特定のパターンの型を持った各種のアルゴリズムを持っています。この意味で、PatternルータはSearchルータです。これは自動配線中に利用されます。

#### Shapre Router Push and Shove

Push N'Shoveルータはアドバンスルータの中の軸となるルータです。しかし、従来使用されてきたPush N'Shoveとはいろいろな点で洗練され、性能が上がっている先進のアルゴリズムです。

#### Shapre Router Ripup

アドバンスルータは"競合排除"のルータです。Push and Shove Passの競合においては、空隙違反の競合が残っているかもしれません。競合は画面上の小さな黄色い丸として表示されます。一般に、各種の配線アルゴリズムの連続するパスはこれらの競合を取除いてしまいます。難しい基板の場合、すべてのアルゴリズムが終了した後も競合が残っているかもしれません。Ripupルータは競合の残ったまま配線されたトラックの競合を取除くように再配線するルータです。

## Routing Contention

"競合"という言葉は自動配線では目新しい言葉ですが、その重要性について以下で説明します。アドバンスルートの配線アルゴリズムはすべて競合ルータと呼ばれるものです。すなわち、他のトラックやビアと空隙違反を起こすような位置にトラックやビアを配置することをアルゴリズムに許可しています。このような既存のトラックやビア、パッドとオートルータがトラックを配線しようとする位置との間の競合が空隙違反です。競合は以下のような形で起こります。あるトラック・セグメントが他のネットのトラック・セグメントと交差したり、別のトラック・セグメントの上にあるトラック・セグメントが置かれたり、あるトラック・セグメントが既存のビアやパッドと空隙違反を起こしたり、他のビアやパッド、トラック・セグメントとあるビアが空隙違反を起こしたりする場合があります。競合が発生した場合、直径約.01インチの小さな中空の丸が競合の発生した場所に表示され、競合が解消するまでそれは消えません。後に続くルータ・パスが競合が発生した場所のトラックの配置を変えたり、各種の操作をしてこの競合を取除こうとします。競合を取除くためにトラックの位置を変えたり再配線するだけの空隙がない場合、競合はデータベースにそのまま残され、ホストCADに戻されます。

競合の数は画面下部のStatusラインに表示されます。画面上の黄色の丸(競合)の数とStatusラインに表示された数が違うことが時々あります。これは、画面は接続が配線されると、すぐに更新されますが、Statusラインはルーティング・パスが終了するまで更新されないからです。

妥当な理由がない限り、デフォルトのルータ・パスの設定を変更しないでください。

以下に、デフォルトのルータ・パスの設定を使用しない例を挙げます。

例1：高密度のSMD基板の場合で、現在の配置のままでパッドのすべてが展開されるかどうか分からない。このような場合にはFan Outパスだけを選択しその他のルータを外します。自動配線を開始しFan Outルータを起動してください。展開のエラーが中心にXのついた黄色の小さな丸で表示されます。展開に失敗したピンが全体の約10%より多くなると、配線率が100%になることはほとんどありません。この場合、Fan Outの失敗が発生した基板の領域で部品の再配置を行ってください。

例2：基板上にメモリ・バンクがあり、それをどこに、どのような方向で配置するか決まっている。このような場合、Memoryパスだけを選択しメモリ・パターンを評価してください。

1. Routing Passesダイアログ・ボックスを閉じる前に、All Routing Passesを選択してください。

## Manufacturing Impurovement

これらのパスには、ビアを小さくしたり、空隙を均一化したり、トラックの角を留め継ぎをしたりします。これらのパスは、Primary Routingパスの競合に関するルータの設定に含まれます。いずれにしても、Primary Routingパスだけを起動して基板を調べてからEase of Manufacturingパスを起動してください。

### Minimize Vias

この機能は配線アルゴリズムに統合されており、配線時にビアとセグメントの数が少なくなるように処理されます。このため特別なパスによる処理や、設定項目としては存在しません。

### Evenly Spaced Tracks

このパスは以下のような場合にパッドの間の空隙を均一化するために使用されます。ルーティング・パラメータでICパッド間に2トラックの空隙を設定して、パッドの間に1トラックしか配線されなかった場合、ICパッドの近くには20milのチャンネルが配置されています。Evenly Spaced Tracksが設定されている場合、ICパッドの間の空隙の中央にトラックが移動されます。

### Add Testpoint

配線が終了した後、テストポイントを自動生成するためのパスが起動します。

### Track Corners

配線時に、90度あるいは45度の角のどちらかを選択できます。

## Batch

Batch機能によって、何枚かの基板を"積み上げて"おいて、それらを夜の間とか週末、休日等に順番に配線を行うことができます。

バッチ機能を使用するには2つのステップがあります。第一はバッチ処理する基板を設定することです。これを行うには、Options-Batch Routerを選択し、Router Batch Editorを呼び出します。この下部にあるAddボタンを押すと、Add to Batch Fileダイアログ・ボックスがポップアップ表示されます。バッチ処理したいファイルをカーソルで選択してOKをクリックしてください。その後Save Routed Design File Asダイアログ・ボックスが表示されバッチ処理で自動配線された後のファイル名が表示されます。必要ならば、ファイル名を変更してください。OKを選択するとそのファイルがバッチ・リストに加えられます。

バッチ処理を開始するには、Run Batchを選択してください。これですべて最初に登録されているレイアウトから順に自動配線が始まるはずですが、バッチ処理の順序を入れ換えたい場合にはDemoteとPromoteボタンを使用します。

多層基板のバッチ・シーケンスを開始する前に以下の作業を行ってください。各基板をアドバンスルートに読み込んで、自動配線シーケンスを2～3分間実行してください。これにより、自動配線ができなくなるようなエラーが基板にないことが確認できます。従って、バッチ・ルーチンに選択された場合でも、それぞれの基板は確実に自動配線されます。

Advroute.logファイルを見れば、Batch処理の結果がわかります。

## Display

Options - Displayによりレイヤのデフォルトの色をカスタマイズして表示することができます。また、どのアイテムを表示するかをコントロールできます。

### Color Palette

Display Optionsダイアログ・ボックスの最上位で利用できる16色が表示されます。レイヤや表示されるアイテムのデフォルト色を変更するには、まずパレットから色をクリックして選択してください。選択されたカラー・ボックスが黒色の輪郭で囲まれます。色を変更したアイテムをクリックしてください。アイテムの表示色が選択された色に変更されます。

### Layers

ホストCADシステムから取り込んだ基板ファイルのレイヤはアドバンスルートのデフォルト色で表示されます。Options - Displayダイアログ・ボックスのカラーボックスを使用してレイヤの色を変更したり、レイヤの内容を表示したり消したりできます。一つのレイヤの配線を詳しく見てみたいような場合に自動配線中にレイヤの内容を表示しないようにできる機能は便利です。

### Display Items

ここには表示用のアイテムが10個用意されています。これらの表示状態はColor Displayダイアログ・ボックスで設定できます。必要に応じてこれらのアイテムの色や表示を変更できます。

"contention" は、自動配線中にエラーが入られる仮のスペースです。競合(contention)が発生したことが分かるように常に競合が見えるようにしておいてください。

Background colorダイアログ・ボックスをクリックするとバックグラウンドの色を黒と白の間で切替えることができます。

# View メニュー

Viewメニューは表示をコントロールしたり表示情報のメニューで、画面上に表示されている基板の表示をコントロールしたり、表示状態の情報を取得したりできます。

Board1を表示してください。

- 1 . Viewメニューを選択してください。

Viewメニューが表示されます。

## Full Board

Full Boardにより瞬時に基板全体が表示されます。

## Zoom Point

Zoom機能を使用して基板の詳細をより緻密に調べることができます。

- 1 . Zoom Pointを選択してください。
- 2 . 拡大したい部分の中心にカーソルを置いて、マウスの左ボタンを押しながらカーソルを任意の方向へドラッグしてください。表示する領域を囲むズーム・ボックスが表示されます。
- 3 . マウスの左ボタンを放してください。拡大された領域が表示されます。

密度の高い基板を自動配線していたり、オートルータが長い接続を配線している場合、ViewやZoom Pointを選択しても表示が遅れる可能性があります。このような場合、作業中の接続の配線が完了してからズーム表示されるので、数秒間後にズーム表示が実行されます。

## Zoom In

Zoom Inにより、マウスで指定したポイントが瞬時に拡大表示されます。

このコマンドは通常ショートカットキー「PgUp」により起動します。

## Zoom Out

Zoom OutはZoom In機能を使用して拡大表示した後に、もう一度、拡大率を戻したい場合に使用します。

Zoom Outにより瞬時に拡大率が小さくなり、広い範囲が表示されます。

このコマンドは通常ショートカットキー「PgDn」により起動します。

## Pan

Panを使用して基板の指定の領域をモニタ画面の中央へ移動することができます。

このコマンドは通常ショートカットキー「Home」により起動します。

## Redraw

Redrawを使用して基板の表示をリフレッシュする事ができます。

このコマンドは通常ショートカットキー「End」により起動します。

## Erase Screen

Erase Screenを使用して基板の表示を消す事ができます。

このコマンドは通常ショートカットキー「Backspace」により起動します。

## Density

Densityにより基板の密度の高い領域は赤く表示され、密度の低い領域は青く表示されます。配線前の基板の学習のときにこの密度マップがニューラル・ネットへの主な入力となります。アドバンスルート密度マップにはレイヤ数やパッドの大きさ、トラック幅、クリアランスなどの基板情報のすべてが反映されます。ホストCADシステムが密度マップを計算できるかどうかはわかりませんが、いずれにしてもアドバンスルートの密度マップを使用してください。その理由は(1)非常に正確で、(2)配線のときの主な配線知識(情報)の元になるからです。密度マップを使用して問題が発生しそうな配線領域が判断できます。そして、その部分を配線したり配置を変更したりできます。

1. View- Densityを選択してください。基板の密度マップが表示されます。

# Tools メニュー

Toolsメニューには、オートルータの起動/休止/停止などの制御や、インタラクティブに配線をコントロールするためのコマンドが用意されています。

前章までで、Board1をトップとボトム・レイヤを信号の接続に使用し、中間のレイヤをプレーンとする4層基板として配線するために設定をしました。この章では、この設定で自動配線を行います。

Autorouterメニューには2つの機能があります。

- Autorouterを開始や停止、ポーズ、更に再開します。
- 配線前又は配線中のデータベースに関する情報を表示します。

## Start AutoRouter

オートルータが起動し"Neural Learn"が完了した後、自動配線が停止され、"One or more connections cannot be routed"というメッセージが表示されることがあります。

データベースの間違いを検査するフィルタによりルータが停止させられました。間違いが訂正されない場合、使用できない基板ができてしまうかもしれません。このために、ルータを停止して、作業を進める前に間違いを訂正できるようにしています。エラーの発生はAdvroute.log(LOGアイコンを使用してください。)を調べると分かります。

ホストCADシステムで間違いを訂正してつぎへ進んでください。

Start 機能により、Setup-Routing Passesメニューで設定された自動配線シーケンスが初期化されます。

1. データベース・パラメータやPre-Route Synopsis で示されたSetupシーケンスを確認済みの場合、Startを選択してください。

自動配線中、オートルータの以下の様子に注目してください。

- ・ エッチ・フィンガー・コネクタの展開 (Fan Out ルータ)
- ・ Board1 のメモリ・アレイに Memory ルータが使用されてる。
- ・ Board1 のその他の信号配線が直行配線と斜め配線の組み合わせで配線されている。
- ・ 電源 / グランドのネットが I/O コネクタから展開されても、プレーンにそれらが配線されない。

ルータを観察していると、トラックが時々小刻みにぶれることがあることに気づくと思います。これは、あまり気にする必要はありません。アドバンスルートには、配線中のトラックのぶれやビアを取除く Ease of Manufacturing Straighten Pass が組み込まれているために、このようなトラックの小さなブレやビアを取除くために配線後に修正する必要がありません。

画面の下部にはステータス・ウィンドウがあり、基板の状態を逐次表示します。上部には7つの小さなウィンドウがあり、ルータや配線パスの現在の状態を表示します。最初のウィンドウはNeural Learnです。この表示は自動配線プロセスが開始された時点でアクティブになり、Neural Learn プロセスが完了するまでアクティブのままになります。このプロセスには、アドバンスルートの Neural Net があります。この Neural Net により自動配線される基板のいろいろなパラメータや特性が学習され、Neural Net が学習した他の基板と比較されます。

Neural Learn プロセスにかかる時間は基板のサイズや内容に比例します。小さい基板であれば90秒くらいで、少し大きくなると1分かそれ以上、配線済みの大規模な基板を学習する場合で2~4分程度かかります。Neural Learn は、最終的に Neural Map を作成し、Neural Cost File を選択します。

Neural Learn が終了すると、ルータは、Options - Autoroute - Routing Passes と Neural Costs で決められた配線アルゴリズムに従って作業を進めます。特定の小ウィンドウが点灯すると、表示されたアルゴリズムが機能中であることを表わします。

上から2番目には、赤の配線率メータが表示されます。このメータは左から右へ動いて現在のアルゴリズムの配線の進み具合を表わします。

また、下部には 競合を残したままの配線の数や配線のパーセンテージ、ビアの数、競合の数、配線時間が表示されます。この表示は逐次表示されるため、ルータのこのような情報を得るためにルータを一時停止して表示する必要はありません。

## Contentions

"競合"という言葉は自動配線では目新しい言葉ですが、その重要性について以下で説明します。アドバンスルータの配線アルゴリズムはすべて競合ルータと呼ばれるものです。すなわち、他のトラックやビアと空隙違反を起こすような位置にトラックやビアを配置することをアルゴリズムに許可しています。このような既存のトラックやビア、パッドとオートルータがトラックを配線しようとする位置との間の競合が空隙違反です。

競合は以下のような形でおこります。あるトラック・セグメントが他のネットのトラック・セグメントと交差したり、別のトラック・セグメントの上にあるトラック・セグメントが置かれたり、あるトラック・セグメントが既存のビアやパッドと空隙違反を起こしたり、他のビアやパッド、トラック・セグメントとあるビアが空隙違反を起こしたりする場合です。

競合が発生した場合、直径約.01インチの小さな中空の丸が競合の発生した場所に表示され、競合が解消するまでそれは消えません。後に続くルータ・パスが競合が発生した場所のトラックの配置を変えたり、各種の操作をしてこの競合を取除こうとします。競合を取除くためにトラックの位置を変えたり再配線するだけの空隙がない場合、競合はデータベースにそのまま残され、ホストCADに戻されます。

競合の数は画面下部のStatusラインに表示されます。画面上の黄色の丸(競合)の数とStatusラインに表示された数が違うことが時々あります。これは、画面は接続が配線されると、すぐに更新されますが、Statusラインはルーティング・パスが終了するまで更新されないからです。

- 1 . 配線パスを繰返す内にルータに慣れてくると、修正は簡単にできるようになります。Toolメニューの、Unroute All Netsを選択してください。トラックが接続に戻されます。
- 2 . オートルータ・シーケンスを再開してください。

ルータの進み具合を視覚的により詳しく調べるために、パッドやビア、トラックだけを表示するConnectionsやReference Designationsを消したくなるかもしれません。これを行うには、Options Displayの所で、ConnectionsやReference Designationsを消してください。

# Reports メニュー

## Pre-Route Synopsis

Pre-Route Synopsisを使用すると、データベースのパラメータに関する詳細とオートルータが使用するルーティング・パスがどのように設定されているかがわかります。オートルータの設定を完了した時点で使われがちですが、自動配線を開始する前に使用するようしてください。これにより、配線前にパラメータの詳細を確認して、パラメータの設定ミスによる配線時間の浪費を防ぐことができます。

- 1 .Pre-Route Synopsisを選択してデータを確認してください。

付録 A に自動配線がうまくいかない時の基板データベースの間違いを解決するチェック・リストがあります。自動配線を実行してから問題が発生しないようにするためにこのチェック・リストを利用して基板を確認することを確認してください。

## Current Routing Statistics

このレポートによりルータが自動配線中の進行具合が分かります。

## Reports

Report機能により7種類の基板情報を見たり、プリントアウトしたりできます。これらの情報を用いると基板を完全に分析することができます。以下に出力可能な基板情報を示します。

- ・ プリルートの概要
- ・ 現在の配線の統計情報
- ・ 配線されなかった接続
- ・ ファンアウトされなかった接続
- ・ ビアの集計情報
- ・ レイヤ当たりの銅面積
- ・ テストポイント

## 2層基板の配線

### Board1を2層基板として配線するには

信号線や電源、グラウンドをすべてトップとボトムのレイヤに配線するようにBoard1を配線して2層基板の配線手順を学びます。

1. File - Open によりOpen PCB File ダイアログボックスでDesign Fileを選択して、Board1をロードしてください。

Board1は、ホストCADシステムで4層基板として設計されています。従って、2層基板の設定に変更する必要があります。

2. Option - Auto Router - Parameterを選択してください。
3. Layersのところ、レイヤ2をPlaneに設定してください。
4. 続いて、レイヤ3をPlaneに設定してください。OKをクリックしてParametersダイアログ・ボックスを閉じてください。

トップとボトム以外のレイヤにDisableを使用してもよいのですが、この場合、実行時間が多少長くなります。基板が2層で配線される必要があることがわかっている場合、DisableよりもPlaneを使用してください。

5. 再び、Option - Auto Router - Parametersを選択してください。今度は、トップとボトムのレイヤだけが表示されます。
6. トップ・レイヤの配線方向を水平方向(horizontal)に設定し、ボトムの配線方向を鉛直方向(vertical)に設定してください。

電源とグラウンドのネット(VCCとGND)のRoute Action ネットの属性をPlaneではなくてRouteに変更してください。

7. Edit - Net Attributesを選択してください。
8. ネットをVCCに配置し、Route ActionをRouteに設定してください。
9. GNDネットについても同様に設定してください。

アドバンスルートには電源やグラウンドのトラックに最適のパターンを作成できるPower/Groundルータがあります。このパターンは、レイヤ上のICのピン列の内部に、ICの主方向に沿って、電源/グラウンドのトラックを配置します。例えば、現在

Board1上の多くのICは鉛直方向に配置されています。レイヤ1の配線方向は、水平 (Horizontal) でレイヤ2は鉛直 (Vertical) に設定されています。電源とグラウンドの配線はレイヤ2に配置され、それぞれのICのピン列の内部に鉛直に配線されます。レイヤ1には鉛直のトラックやICの電源/グラウンドと接続される水平のトラックが配線されます。

つぎに、Neural Analysisを使用して基板が2層基板に配線できるかどうか調べます。

10 . Option - Auto Router - Parameterを選択してください。

11 . Perform Analysisボタンをクリックしてください。

配線率や配線時間の推定値がダイアログ・ボックスの下に表示されます。

これから、配線を開始します。

13 . Reports - Pre Route Synopsisを選択してください。

14 . 表示された情報を確認した後、Tools - Start Autorouterを選択してください。

自動配線中のルータをみると、25milの電源やグラウンドのトラックがトップやボトム・レイヤ上の信号の接続に沿って配線されます。

## Board2

Board2はホストCADシステムで2層基板として作成され、信号や電源/グラウンドのトラックをすべてトップとボトム・レイヤ上に配線するように設定されています。

- 1 . File - Open により Open PCB File ダイアログボックスで Design File を選択して、Board2 をロードしてください。
- 2 . Net Attributes や Layer Defaults が正しく設定されているかどうか確認してください。
- 3 . パラメータが以下のようにになっているか確認してください。
  - Track Width 12 mil
  - Clearance 13 mil
  - Via 55 mil
  - Pad 60 mil
  - Layers:
    - Top Horizontal
    - Bottom Vertical
- 4 . 準備が整いしだい、Board2の自動配線を始めてください。

# 多層基板の配線

この章の主な目的は、多層基板(3層以上の基板)の配線とレイヤ毎の配線方向について説明することです。

この章では、4層の配線レイヤと4層のプレーンを持つ8層のSMT基板を配線します。部品はすべてSMT部品で、トップとボトムのレイヤに実装されます。この基板は複雑な基板ですので、配線するには32Mバイト以上のメモリが必要です。

## 手順

1. File - Open で表示されるOpen PCB File ダイアログボックスでDesign File を選択し、Board3を読み込んでください。

Board3をロードできたら、つぎは信号を配線するためにネットの属性を設定し、電源/グラウンドの接続をプレーンに割り当てます。

2. Edit - Net Attributesを選択してください。

Plane NetはGNDとGND1、VDD、VDD1です。

3. GNDとGND1、VDD、VDD1のネットのRoute ActionがFan Out/Planeに設定されていることを確認してください。

その他の信号のネットのルート・アクションはDefaultに設定されていることを確認してください。

4. OKをクリックしてNet Attributesダイアログ・ボックスを閉じてください。

つぎに、Parametersの設定を行います。

## Layers

アドバンスルートには、レイヤ毎の配線方向を設定する方法が2種類あります。どちらを選択するかは、配線時間を重要視するか配線の品質(ビアの数やトラックの長さ等)を重要視するかのどちらかによります。

1. 配線時間を速くするには

配線時間を重要視する場合、すべてのレイヤについて水平(horizontal)又は鉛直(vertical)方向に配線するように設定してください。4つの配線レイヤについては、信

号のレイヤを水平、鉛直、水平、鉛直、又はその逆の配線方向に設定してください。斜め (diagonal) のセグメントでも水平 / 鉛直のセグメントでも、レイヤ毎の主な配線方向は水平 (horizontal) 又は鉛直 (vertical) のどちらかになります。斜めの配線方向を使用するのと比較して、配線時間はかなり短くなります。

## 2. レイヤ毎に斜めの配線方向を設定するには

配線時間をあまり重要視しない場合、水平 / 鉛直方向の配線を使用しないでレイヤ毎に斜めの配線をして、ビアの数を減らしたりトラックの長さを短くしたりできます。45° アップや 45° ダウン、1時の方向、2時の方向、4時の方向、5時の方向の配線方向を組み合わせると、高品質の配線を行うことができます。4層の基板には鉛直 (Vertical) と 45° アップ、45° ダウン、水平 (Horizontal) を使用します。

始めに水平 (Horizontal) / 鉛直 (Vertical) の配線方向だけを使用して配線してみて、それから斜めの配線のためしてみます。

1. AutoRouter - Parameter ダイアログ・ボックスで4つの配線レイヤ(1、2、7、8)を Vertical、Horizontal、Vertical、Horizontal に設定してください。
2. レイヤ 3、4、5、6 は Planes に設定してください。
3. 各パラメータを確認してOKをクリックしてください。

つぎに、Routing Passes を設定します。

4. Option - Auto Router - Routing Passes を選択してください。
5. Routing Passes ダイアログ・ボックスですべてのルーティング・パスをONにしてください。
6. Reports - Pre Route Synopsis を選択してください。表示されるレポートを見てデータベース・パラメータが正しく設定されているかどうか確認してください。
7. Tools - Start Autorouter を選択し自動配線を開始してください。

## レイヤ毎に方向を指定するには

Board3 を、Vertical、45° アップ、45° ダウン、Horizontal の配線方向で4層基板として配線します。また、電源 / グランドの接続はプレーンに割り当てます。

1 . File-Openを選択してください。

2 . Board3を選択してください。

Board3をロードできたら、つぎに信号線の配線の設定を行います。

3 . Edit - Net Attributeを選択してください。

Plane NetsはGND、GND1、VDD、VDD1です。

4 . GNDとGND1、VDD、VDD1のネットのRoute ActionがFan Out/Planeに設定されていることを確認してください。

その他の信号のネットはDefaultに設定されていることを確認してください。

5 . OKをクリックし、Net Attributesダイアログ・ボックスを閉じてください。

つぎに、パラメータを設定します。

6 . Option - Auto Router - Parametersを選択し、Layersを以下のように設定してください。

TOP: Vertical

L2: 45 ° up

L7: 45 ° down

L8: Horizontal

7 . Reports - Pre Route Synopsisを選択し、表示されるレポート見て、データベース・パラメータが正しく設定されているかどうか確認してください。

8 . Tools - Start Autorouterを選択し自動配線を開始してください。

配線された結果を確認してください。

Angle Direction by Layer の考え方はアドバンスルートに固有のもので、これにより、ビアの数を少なくしたり、トラックの長さを短くしたり、配線率を向上したりというオートルータにとって重要な要素を実現しています。更に、Angled Derection by Layerを使用すると簡単に各種の設定を行うことができることがわかんと思います。

斜め配線のための目安として以下の表を使用してください。

| 4 層配線基板  | 6 層配線基板  |
|--|--|
| Top: Horizontal 又は Vertical  | Top: Horizontal 又は Vertical                                  |
| Inner1: 45° アップ又は 1 時方向又は 2 時方向<br>Inner2: 45° ダウン又は 4 時方向又は 5 時方向 | Inner: 45° アップ又は 45° ダウン又は 1 時方向<br>又は 2 時方向又は 4 時方向又は 5 時方向 |
| Bottom: Horizontal 又は Vertical ( Top と逆 )                          | Bottom: Horizontal 又は Vertical ( Top と逆 )                    |

すべてを 45° アップと 45° ダウンに設定しないでください。45° と 6 時の方向を混ぜて使用してください。

# RoutEdit を用いた会話形式の配線

RoutEditと呼ばれる大変強力な機能を使用する方法を習得します。

RoutEditは、CADシステムとアドバンスルートのBatch Autoroutingの間の橋渡しをする機能を持っています。RoutEditを用いると自動配線の設定をBatchルータよりもきめ細かく行うことができます。RoutEditでは、つぎのようなことができます。

- ・ Autorouteを、選択したシーケンスに個別に関連付けることができます。
- ・ トラックを配置したいときに、Sketch-A-Track機能を使用して、オートルート进行操作できます。
- ・ 手でトラックを配線できます。この場合でもDesign Rule Check(DRC)により空隙違反の可能性がある場合、警告がでます。
- ・ 一つの部品に関連付けられた接続を自動配線できます。
- ・ 定義されたエリア内で接続を自動配線できます。

RoutEditにより、基板全体の配線のアンルートやネット全体のアンルート、コネクション単位のアンルート、セグメント単位のアンルートができます。

## AutoRoute Connection

AutoRoute Connection オートルータは、Batch Autorouter とほぼ同じ配線アルゴリズムを使用します。この場合設計者がオートルータが配線する順番を選択できます。Batch AutorouteアルゴリズムのすべてがAutoroute Connectionで使用されるわけではないので、この方法で基板全体を配線することはできません。

Board1を使用してTools-Autoroute Connection機能の使用法を説明します。

- 1 . Board1をロードしてください。

今まで習得したことを使用して、2つのレイヤが配線されないようにBoard1を設定してください。

- 2 . Autoroute Connectionを選択してください。Batch Autorouterでは、まず最初にNeural Learnを実行する必要があることに注意してください。
- 3 . 配線したい接続のどれかにカーソルをおいてマウスの左ボタンをクリックしてください。

- 4 . 接続が自動配線されます。
- 5 . つぎの接続に移り、配線してください。
- 6 . Autoroute Connectionの機能が理解できると思います。

## AutoRoute Net

カーソルをネットのなかのどこかの接続に置いて、クリックすると、ネットの接続がすべて配線されます。

## AutoRoute Component

部品を選択すると、部品のStartingからEndingまでのピンの接続がすべて配線されます。ネットの中では、選択された部品の開始から終了の接続だけが配線されます。

## AutoRoute Area

カーソルを使用して、配線される領域を描きます。指定された領域の開始から終了の接続がすべて配線されます。

## Sketch-A-Track Autorouter

この機能を使用して、配線の経路を"描く"ことができます。AutoRouteは描かれた経路に合わせて配線をします。

まず、接続の始めと終わりをSketch-A-Trackの細い線で描きます。この線を描くと、Autorouterが使用する座標が作成されます。この線は、全く自由に描くことができます。Windowsのペイント・プログラムのペイント・ブラシのように描くことができます。Autorouterは描かれた線に近づけるように配線しようとします。

Sketch-A-Trackを使用するために、ルータに慣れるまで、少し自分で時間をかけてみたいと思うかもしれません。そのために、Sketch-A-Trackのトレーニング基板(Routedit.prf)が用意されています。

- 1 . File-Openにより、Routedit.prfをロードしてください。

接続がグループになっており、それぞれのグループでSketch-A-Trackの機能が説明されます。

それぞれの機能に慣れるまでは、正確に指示に従ってください。そうすれば、自分のものになっていきます。

この部分の挿し絵については、印刷されたマニュアルをご覧ください。

## RouteEdit トレーニング・ダイアグラム

### 簡単な接続

まず始めに、簡単な接続から始めます。( 図のRouteEdit トレーニング・ダイアグラムを参照してください。Routedit.prfの中にあります。)

- 1 . グループ A の周囲を拡大表示してください。( 基板の左上にあります。)
- 2 . Tools-Sketch-A-Track を選択してください。
- 3 . 配線を描きたい接続のピンの上に、カーソル置いて接続を選択し、マウスの左ボタンをクリックしてください。ネットの中の接続や、ピン、セグメントがすべてハイライト表示されます。マウスのボタンを押したままにし、カーソルを動かしてください。これにより、最も近いピンの付近から Sketch-A-Track のマーカ線が開始されます。線を描いている間、終わりのピンまで、マウスのボタンを押したままにしてください。ボタンを放すと ” 描いた ” 経路に沿って Router が配線を行います。マウスの右ボタンをクリックすると終わります。

4. このようにしてグループ A の接続を配線してください。

ピンとピンを配線する場合、アドバンスルートはICパッド列の間の真ん中を通そうとします。

グループ A で水平( Horizontal )に接続をしている場合、システムはHorizontal ( 青 )のレイヤを選択します。逆に鉛直( Vertical )の接続の場合、Vertical( 赤 )のレイヤを選択します。

### 描かれたトラックの消去

トラックを描いてからそれを一部消去するには、消したい所までトラックを戻してください。グループ A で試してみてください。

### 遠回りのパス

始めと終わりのピンを描いたパスよりも、Autorouterはもっと直接的なパスを通しません。

Autorouterのパスをどのようにオーバーライドするのでしょうか。直接的でないパスを通したい場合、Routerを学習させる必要があります。これを行うには、短い刻みで回り道のパスを描いてください。マウス・ボタンを放すと最初の点までのパスが自動配線されます。2番目の短いパスでも同様に行ってください。このような短いセグメントの学習をパスが希望通りに通るようになるまで行ってください。

グループ A とグループ B の接続で試してみてください。

### トラック/ネットの長さ

Sketch-A-Trackを使用して配線している時に配線された接続の長さを知りたい場合があります。

長さを知るには、接続の配線が行われている時に、画面下部のステータス・ラインを見てください。

"U13.12 to U6.6 4.325 \$\$\$1348" の表示はネット \$\$\$1348 の表示のピンの長さが 4.325インチであることを示します。

### レイヤの変更

Sketch-A-Trackにより自動的に選択されたレイヤは最初のピンからパスを描いた方向で決まります。これを別のレイヤに変更したい場合、Sketch-A-Trackで接続を選択した後すぐに使用したい新しいレイヤを入力してください。例えば、1を押すとRoutedit.prfの基板のトップ・レイヤに変更されます。2を押せばボトム・レイヤに変更されます。

1. 上記の作業をグループCの接続で試してみてください。現在使用されているレイヤから他のレイヤに変更してください。

## ビア

ビアをトラックの途中に入れたり、トラックをあるビアの位置に描きたい場合、マウス・ボタンを放して再配置したいレイヤの番号を入力してください。パッドやトラックは新しいレイヤの色に変更されます。マウス・ボタンを放した場所の近くにトラックやビアが配置されるまで続けてください。

1. グループDで試してみてください。D1の配線されたトラックがブロック化するまでD1、D2をレイヤ1(赤)に配線してください。この時点で2(レイヤ2)を入力するとパッド/トラックは青に変更されます。ビアはレイヤを変更した場所の付近に置かれます。

## T配線

T配線により多接続ネットで、ピンからトラックへの接続が可能になります。

1. RoutEditトレーニング・ダイアグラムのグループEを見てください。E1は図のように配線されています。E2の配線を開始のピンから初めて、終わりのピンではなく、配線されたE1まで引っ張り、マウス・ボタンを放してください。E2はE1と"T"の字に接続されます。
2. E3でも試してください。

## 電源/グラウンド

グループFは50milのネットです。Sketch-A-Trackで配線してみてください。

## Push Aside

Sketch-A-Trackを使用して既存のトラックを押しつけて配線することができます。グループGを見てください。グループGを拡大表示しG1を2つのトラックの間に配線します。G1が配線されたためにトラックが押しつけられます。途中でG1の配線を中断しRoutEdit-Undoを選択しG1を接続にもどしてください。他のルータでは押しつけるトラックを編集する必要がありますが、アドバンスルータでは必要ありません。Undoを選択し、すべてが最初の状態になるようにしてください。

## セグメントの変更

Sketch-A-Track機能を使用して既存のトラックを変更することができます。セグメントを変更する手順には3つの段階があります。

1. 変更を始める点を指定してください。

2. 新しい配置をSketch-A-Trackを使用して描いてください。
3. 変更の終わりの点を指定してください。

接続ピンのどれか又は配線されたトラック上のどこかにカーソル置いて変更を開始する点を指定し、マウスの左ボタンを押してください。接続とピンがハイライト表示されます。Sketch-A-Trackを使用して新しいトラックを描いてください。変更の終了を指定するには、カーソルをドラッグしてSketch-A-Trackの線の変更を終了する場所まで引っ張りそこでマウスのボタンを放してください。Autorouterは変更の最初と最後の点の間の既存のトラックを消去し、変更後のトラックが有効になります。

1. グループA又はグループBの配線されたトラックのあるRoutEdit基板を使用して、Tools-Sketch-A-Trackを選択してください。変更するトラックを選択してください。トラックがハイライト表示されます。マウスの左ボタンをクリックし、変更を終了します。トラック上の点までSketch-A-Trackの線をドラッグしてください。マウスの左ボタンを放してください。グループFの配線されているトラックが再配置され、グループFの配線されていない接続が配線されます。

## マウスの右ボタン

Sketch-A-Trackでは、マウスの右ボタンに関連付けられたメニューに慣れるようになります。

## 手動配線

手動配線では Autorouter は使用されません。代わりに、人間がトラックを配置します。オンラインの Design Rules Checks(DRC)により、空隙違反が発生した場所に小さな黄色い丸が表示されます。

手動で配線するには、配線を始めたいピンの上にカーソルを置いて接続を選択し、マウスの左ボタンをクリックしてください。

カーソルを目的の場所までドラッグしてください。レイヤの色の点線が描かれます。

コーナー取りはマウスの左ボタンをクリックしカーソルを必要な方向に移動してください。コーナーからのセグメントはOrthogonal(直交)でもDiagonal(斜め)でも、かまいません。

ビアを設定するには、設定したい場所に移動し、新しいレイヤの番号を入力してください。ビアが最後のコーナーに置かれます。

配線されたトラックの一部を消去する場合、Undo(マウスの右ボタン)を使用してください。

現在の幅で配線されたトラックを表示するには、マウスの右ボタンをクリックしてください。

トラックをピン又はその他の配線されたトラックで完結させるには、最後のピンのパッドの直近でマウスのボタンを放してください。

- 1 . 設計ファイルRoutEdit.prfを開いてください。
- 2 . 拡大表示してください。
- 3 . Tools-Manual Routeを選択してください。
- 4 . 適当な接続を手動で配線してみてください。
- 5 . 空隙違反を発生させてみて、エラーの表示を確認してください。



# テスト・ポイントの自動生成

Automatic Test Point機能で以下のことができます。

- ・ 5つの違ったタイプのテスト・ポイントを自動的に生成できます。
- ・ テスト・ポイントやそれらの位置を識別する Test Point Report を生成します。このレポートはASCII形式のファイルで Automatic Testing装置で使用されます。(テスト・ポイントの ASCII ファイルの名前は Advroute.RPT です。)

テスト・ポイント・ジェネレータは以下の5つのタイプのテスト・ポイントをサポートします。

- ・ 既存ビア
- ・ コンポーネント・パッド(ボトム側のみ)
- ・ オートルータが挿入したスルーホール・テスト・ポイント・パーツ
- ・ オートルータが挿入したボトム・サイド・テスト・ポイント・パーツ
- ・ オートルータが挿入したトップサイド・テスト・ポイント・パーツ

一般に、最初の2つのテスト・ポイントはベア・ボードのテストで使用されます。一方、残りの3つのテスト・ポイントはイン・サーキット・テストで使用されます。このことは必ずそうでなければならないものではありません。また、一つの基板に5つのタイプのテスト・ポイントが混在してもかまいません。

自動 Test Point Generatorには以下の事項が必要です。

- ・ 基板データベースに、テスト・ポイントの "種(seed)" が必要です。
- ・ テスト・ポイントのタイプを選択することと、Test Point Setupメニューでの優先順位を決定する必要があります。
- ・ Options AutoRoute-Routing Passesの Manufacturing Improvementパスでテスト・ポイントの配線パスを選択する必要があります。

最初の2つのテスト・ポイントのタイプ(既存ビアと既存コンポーネント)を使用するには、特になにも必要ありません。

しかし、残りのテスト・ポイントを使用する場合、ホストCADの中で行っておかなければならないことが2点あります。

- ・ "種(seed)" のテスト・ポイントを3つの部品として作成し、ホストCADシステムのライブラリに保存する必要があります。(使用するテスト・ポイントだけを作成してください。)
- ・ 基板を作成してテスト・ポイントを使用するたびに、アドバンスルートに取り込む前に基板データベースにテスト・ポイントを配置する必要があります。

## ライブラリへのテスト・ポイント部品の作成

ホストCADシステムのパーツ・エディターを使用して3つのタイプのパーツを作成します。

### テスト・ポイント・パーツ TPA

ライブラリ・パーツ名TPAのパーツを作成します。TPAはTest Point Allレイヤを意味します。すべてのレイヤにパッド付きのワンパッドのコンポーネントを作成することでこのパーツを作成します。部品のアウトラインは任意です。パッドの形には丸を選択することを推奨します。穴開けは任意です。パッドの大きさも任意ですが32milを推奨します。

ライブラリにパーツを保存してください。

基板にパーツを持ってきてパーツの確認をしてください。

テスト・ポイント・パーツを基板に追加してください。

### テスト・ポイント・パーツ TPB

ライブラリ・パーツ名TPBのパーツを作成します。TPBはTest Point Bottomレイヤを意味します。Bottomレイヤだけにパッド付きのワンパッドのコンポーネントを作成することでこのパーツを作成します。部品のアウトラインは任意です。パッドの形には丸を選択することを推奨します。穴開けは任意です。パッドの大きさも任意ですが32milを推奨します。

ライブラリにパーツを保存してください。

基板にパーツを持ってきてパーツの確認をしてください。

テスト・ポイント・パーツを基板に追加してください。

### テスト・ポイント・パーツ TPT

ライブラリ・パーツ名 TPT のパーツを作成します。TPT は Test Point Top レイヤを意味します。Top レイヤだけにパッド付きのワンパッドのコンポーネントを作成することでこのパーツを作成します。部品のアウトラインは任意です。パッドの形には丸を選択することを推奨します。穴開けは任意です。パッドの大きさも任意ですが 32mil を推奨します。

ライブラリにパーツを保存してください。

基板にパーツを持ってきてパーツの確認をしてください。

テスト・ポイント・パーツを基板に追加してください。

## 基板にシード・テスト・ポイントを設定する

シード・テスト・ポイントを設定するには以下のように行います。

1. ホスト CAD レイアウト・システムで、基板上に使用したい必要なテスト・ポイント・パーツ (TPA 又は TPB、TPT) を置いてください。基板の外形の外に置くこともできます。

参照する名前には TP1 や TP2 といった名前を付けることを推奨します。

基板上にテスト・ポイントが置かれるように要求されると、アドバンスルートはこれらのテスト・ポイント・パーツをコピーし、基板上のそれぞれのネットに Testpoint メニューで指定した優先順位に従ってそれらを配置します。

アドバンスルートが生成したテスト・ポイントは、拡張子 .ROU の配線された基板データベースのパーツとしてホスト CAD システムにもどされ、デザイン上に残ります。

## テスト・ポイント・ジェネレータの設定

1. ホスト CAD システムから基板を取り込んでください。
2. Options - Auto Router メニュー・アイテムを選択して Testpoint ページを選んでください。
3. 5 つのテスト・ポイントの選択肢をクリックして必要なテスト・ポイントのタイプを選択してください。

- 4 . テスト・ポイントを選択した後、1 から 5 の優先順位を割り当ててください。優先順位の選択は、使用するテスト・ポイントのタイプの好みを表わします。例えば、優先順位 1 はできるだけ多くこのタイプのテスト・ポイントを使用することをジェネレータに指示します。そして、この優先順位ですべてのネットにテスト・ポイントを割り当てることができない場合、優先順位 2 のテスト・ポイントに進みます。
- 5 . Test Points が配置される Grid を設定します。選ばれたグリッドはテスト・エキップメントによってサポートされるグリッドにより決まります。
- 6 . 参照名を設定します。RefDes は Test Point Reference Designation ( TP1 や TP2 ) のことで、アドバンスルートが Test Point パーツに割り当てます。最初の 2 つの Test Point Type にはパーツとして RefDes は割り当てられません。Test Point の標準の名前として TP を使用することを推奨します。

Lock Down を使用して、以前の配線から既存のテスト・ポイントを使用することができます。

## テスト・ポイント・ジェネレータの練習

- 1 . Board1 に移動し、2 つの配線レイヤと 2 つのプレーンを持つ 4 層基板に設定してください。
- 2 . Options - Auto Router メニュー・アイテムを選択して Testpoint ページを選んでください。
- 3 . テスト・ポイントのタイプを選択し、優先順位 1 を設定してください。
- 4 . OK をクリックし Test Point Setup ダイアログ・ボックスを閉じてください。
- 5 . Options - AutoRoute を選択し、Routing Passes ページの Test Point Passes が ON に設定されていることを確認してください。
- 6 . Tools を選択し、Start Autorouter を起動してください。

終了したら、基板の Test Point を確認してください。Reports-Reports を選んで、Testpoint チェックボタンをチェックを入れる事により、Test Point Report を出力できます。そのファイル名は Advroute.RPT です。