PCB デザイン入門

概要

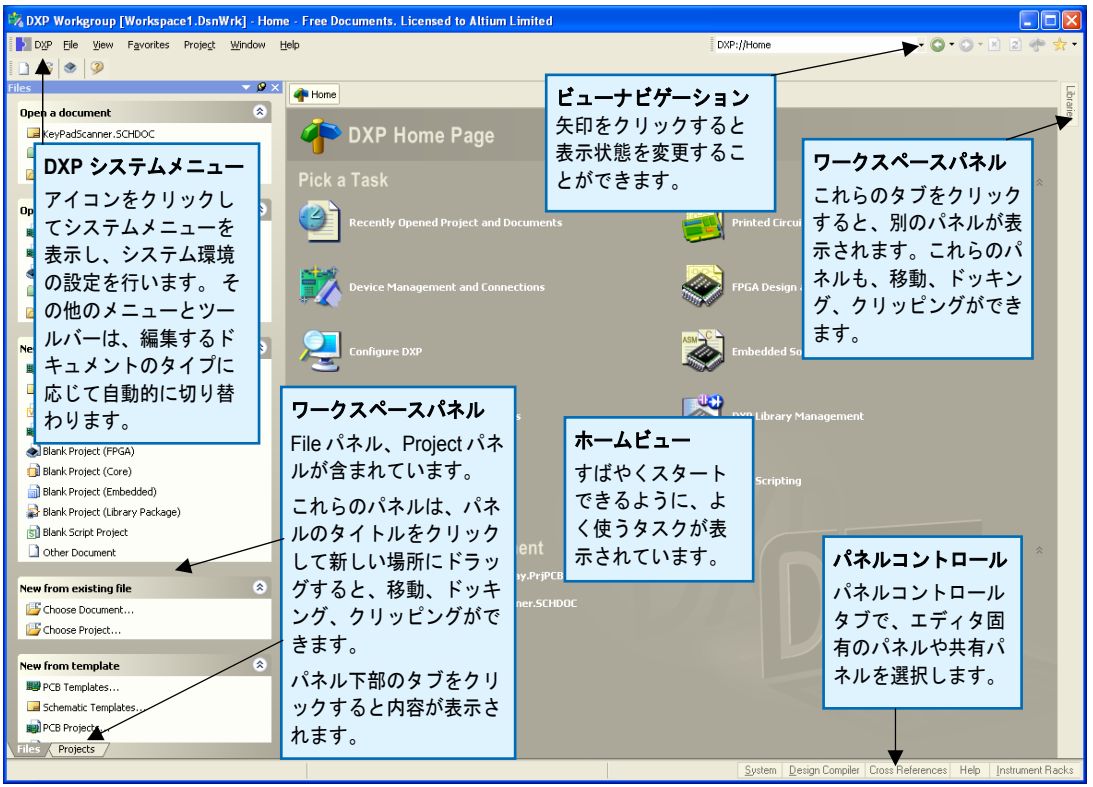
Tutorial
TU0117 (v1.0) January 22, 2004

このチュートリアルでは、回路図を作成する為の方法、PCB にデザイン情報を更新する方法、製造用出力ファイルを作成する方法について概要を説明します。また、プロジェクトや統合ライブラリの概念についても説明します。

Windows 2000/XP 用の 32bit 電子設計システムである DXP の世界へようこそ。このチュートリアルでは、マルチバイブレータのデザインを例に PCB を作成してみます。

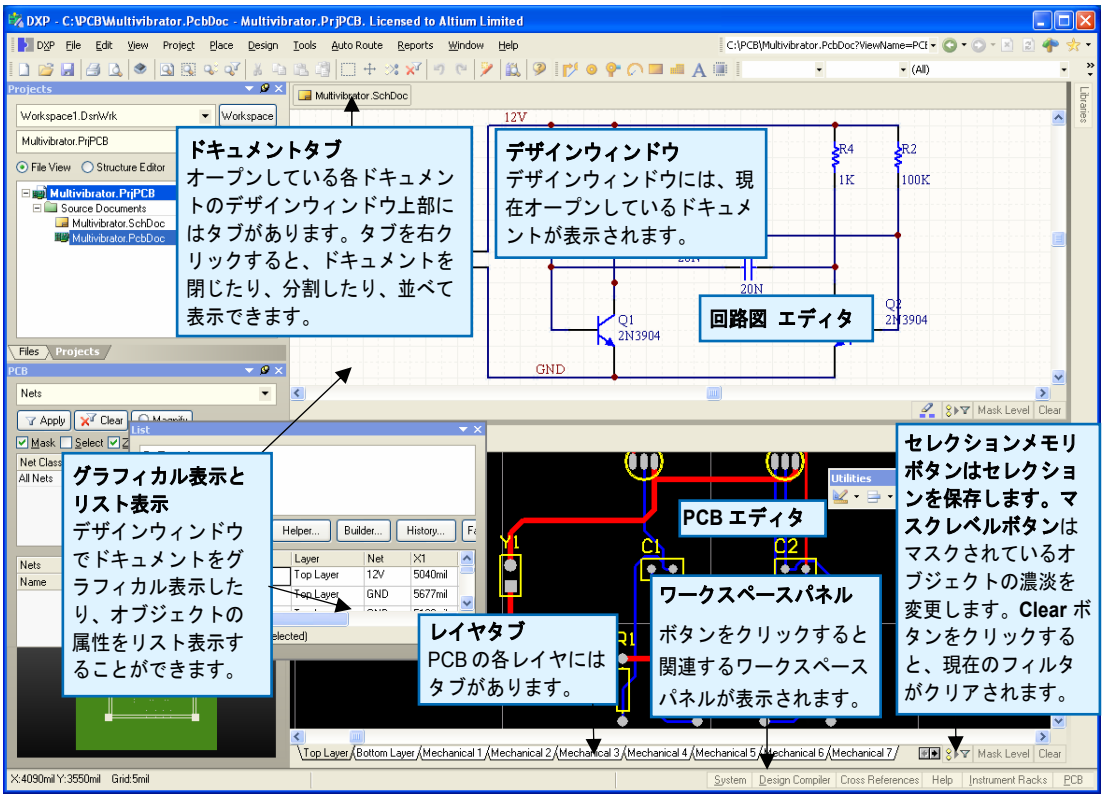
デザインエクスプローラ

デザインエクスプローラは、設計者とデザインツールとのインターフェイスです。DXP をスタートし、デザインエクスプローラを開くには、Windows のスタートメニューから **Programs » Altium » DXP 2004** を選択します。DXP を開くと、最も一般的な初期タスクが表示され、すぐに利用することができます。



例えば、デザインドキュメントの作成時に回路図エディタと PCB エディタとを容易に切り換えることができます。このとき、デザインエクスプローラのツールバーとメニューは作業中のエディタに応じて変わります。ワークスペースパネルには、名前が最初にワークスペースの右下に表示されるものもあります。名前をクリックするとパネルが開き、作業環境に応じて移動、ドッキング、クリッピングができます。

次に示すデザインエクスプローラでは、複数のドキュメントとエディタが同時にオープンされ、ウィンドウが並べて表示されています。



デザインドキュメントの保存方法

DXP のあらゆるデザインドキュメントや出力ファイルは、ユーザーのハードディスク上に個別ファイルとして保存されます。これらのファイルは、Windows エクスプローラで検索できます。プロジェクトファイルを作成するとデザインドキュメントへのリンクが設定されます。プロジェクトファイルは、デザインを検証して各ファイルの同期を取るために必要なファイルです。

新規プロジェクトの作成

DXP のプロジェクトは、デザインに関連するすべてのドキュメントと設定へのリンクで構成されています。プロジェクトファイル(例えば `xxx.PrjPCB`)は、プロジェクトのドキュメントや関連する出力設定(印刷や CAM など)を ASCII テキストファイルで表示したものです。プロジェクトに関連付けられていないドキュメントを 'フリードキュメント' と呼びます。PCB、FPGA、埋め込みパッケージ(VHDL)やライブラリパッケージなど、回路図シートや対象とするアウトプットへのリンクは、プロジェクトに追加されます。プロジェクトをコンパイルすると、デザインを検証し、ファイル間の同期を取り、比較を行うことができます。例えば、オリジナルの回路図や PCB などを変更すると、プロジェクトのコンパイル時に更新されます。

プロジェクトの新規作成プロセスは、すべてのプロジェクトタイプで同じです。ここでは PCB プロジェクトの例で説明します。まずプロジェクトファイルを作成し、次にブランクの回路図シートを作成

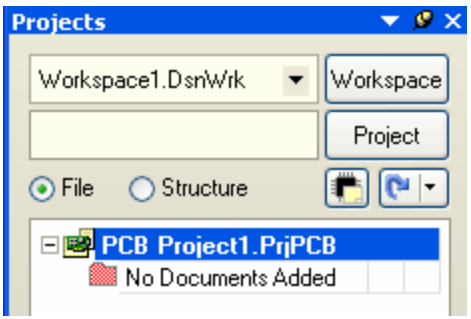
して空のプロジェクトを新しく追加します。このチュートリアルの後半ではブランクの PCB を作成し、同様にプロジェクトに追加します。

チュートリアルを開始するため、次の操作を実行して PCB の新規プロジェクトを作成します。

1. メニューから **File » New » PCB Project** を選択するか、**Files** パネルの **New** の項目で **Blank Project (PCB)**をクリックします。もし、このパネルが表示されない場合、Design Manager パネルの下部にある **Files** タブをクリックします。

   あるいは、Tasks 画面(**View »Tasks**)の Pick a Task の項目で **Printed Circuit Board Design** を選択し、**New Blank PCB Project** を選択します。

2. **Projects** パネルが表示されます。パネルには新しいプロジェクトファイルである `PCB Project1.PrjPCB` が表示されますが、ドキュメントは追加されません。



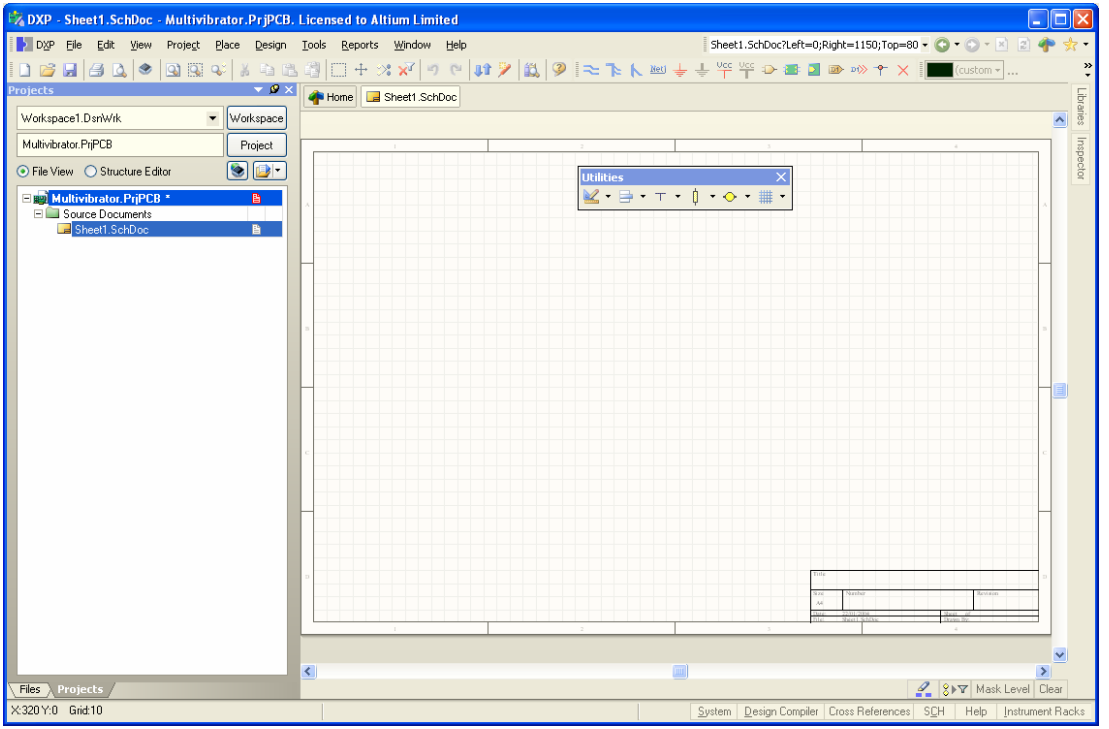
3. **File » Save Project As** を選択し、新しいプロジェクトファイルをリネームします(拡張子は`.PrjPCB`)。プロジェクトを保存するハードディスク上のディレクトリに移動し、File Name フィールドでファイル名 `Multivibrator.PrjPCB` を入力して **Save** をクリックします。

   次に、空のプロジェクトファイルに追加する回路図を作成します。ここでは、非安定マルチバイブレータの回路図を作成します。

回路図シートの新規作成

以下の手順で回路図シートを新規に作成します。

1. **File » New » Schematic** を選択するか、**Files** パネルの **New** セクションで **Schematic Sheet** をクリックします。デザインウィンドウに、`Sheet1.SchDoc` というブランクの回路図シートが表示され、回路図ドキュメントは自動でプロジェクトに追加（リンク）されます。回路図シートは、**Projects** タブ内でプロジェクト名の下の **Source Documents** フォルダ内にリストされます。



2. **File » Save As** を選択し、新しい回路図ファイルをリネームします(拡張子は`.SchDoc`)。回路図を保存するハードディスク上のディレクトリに移動し、File Name フィールドでファイル名 `Multivibrator.SchDoc` を入力して **Save** をクリックします。

ブランクの回路図シートがオープンすると、ワークスペースが回路図エディタに切り替わります。メインツールバーには新しいボタンが追加され、新しいツールバーが表示されてメニューバーに新しいアイテムが加わります。これが回路図エディタです。

このワークスペースをいろいろな形にカスタマイズすることができます。例えば、パネルやツールバーの位置を変更したり、またはメニューやツールバーコマンドをカスタマイズすることができます。

これでプロジェクトに新しい回路図を追加できました。次にデザインを取り込みます。

プロジェクトへ回路図シートを追加

プロジェクトに追加したい回路図シートがフリードキュメントとして開いている場合は、**Projects** パネルでプロジェクト名を右クリックし、**Add Existing to Project** を選択します。フリードキュメント名を選択し、**Open** をクリックします。あるいは、Projects パネルのプロジェクトドキュメントリストの中のフリードキュメントをドラッグアンドドロップします。回路図シートは、Projects タブでプロジェクト名の下の Source Documents の下にリストされ、プロジェクトファイルにリンクされます。

回路図オプションの設定

回路図を作成する前に、使用するドキュメントオプションの設定を行います。以下の手順で設定します。

1. メニューから **Design » Document Options** を選択すると、*Document Options* ダイアログが表示されます。このチュートリアルでは A4 の大きさの図面を使用しますので、**Sheet Options** タブの **Standard Styles** フィールドを A4 に設定します。隣にある矢印をクリックすると、シートスタイルが表示されます。
2. **A4** を選択します。ダイアログを閉じてシートサイズを更新する為に **OK** ボタンをクリックします。
3. ドキュメントを全体表示する為に **View » Fit Document** を選択します。

DXP には、マルチレベルのアンドゥ機能があり、何度でも操作をやり直すことができます。アンドゥの最大回数はユーザーが設定できますが、使用するコンピュータの空き容量によって制限されます。

DXP では、メニューホットキー(メニュー名の下線が引かれた文字)を押すとそのメニューが表示されます。また、いくつかのサブメニューにもキーが割り当てられています。例えば、**View » Fit Document** を選択する為のショートカットはキーボードから **V** キーを押し、続いて **D** キーを押します。多くの場合、**Edit » DeSelect** のようなサブメニューは直接呼び出すことができます。例えば **Edit » DeSelect » All on Current Document** メニューを実行するには、**X** キーを押して DeSelect メニューを直接呼び出し、続いて **A** キーを押します。

次に、回路図の環境設定を行います。

1. *Preferences* ダイアログを開く為に、メニューから **Tools »Schematic Preferences** [ショートカット **T**, **P**]を選択します。このダイアログでは、作業する回路図シートすべてに適用するグローバル環境を設定します。
2. **Default Primitives** タブをクリックし、**Permanent** をチェックします。設定ができたら **OK** ボタンをクリックしダイアログを閉じます。
3. 回路の作成を始める前に、**File » Save** [ショートカット **F**, **S**]を選択して、この回路図シートを保存します。

回路図シートはドキュメントテンプレート(.dot) として保存し、会社のタイトルブロックやロゴ等の固有の情報を含めることができます。

回路図の作成

これで回路図を作成する準備ができました。このチュートリアルでは図 1 の回路を使用します。ここでは、2 個の 2N3904 トランジスタを使用した自動起動型の非安定マルチバイブレータ回路を作成します。

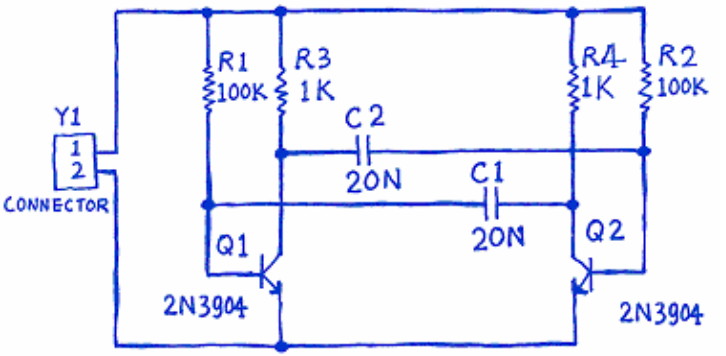
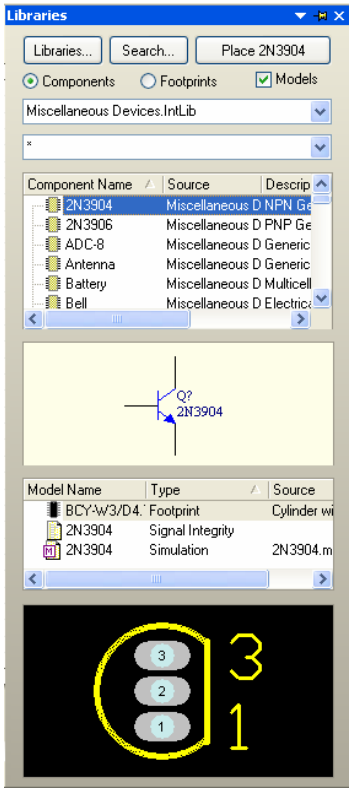


図 1. 非安定マルチバイブレータ

部品の取り出しとライブラリの登録

DXP の回路図エディタには、数多く用意されている回路図シンボルを管理するための高度なライブラリ検索機能が装備されています。必要とするコンポーネントは、デフォルトで登録されているライブラリ内にありますが、コンポーネントを見つける為にライブラリを検索する方法を知ることは重要です。以下の手順を実行し、このチュートリアルの回路を作成するために必要なライブラリの登録を行います。



まずトランジスタを検索します。使用するトランジスタは両方とも 2N3904 です。

1. **Libraries** タブをクリックすると、**Libraries** ワークスペースパネルが表示されます。
2. **Libraries** パネルで **Search** ボタンを押すか、または **Tools » Find Component** を選択します。*Search Libraries* ダイアログが開きます。
3. Scope が **Libraries on Path** に設定されていること、そして **Path** フィールドには使用するライブラリへのパスが正しく入力されていることを確認します。もし、DXP 2004 をインストールする際にデフォルトディレクトリを指定した場合、ライブラリへのパスは、`C:\Program Files\Altium2004\Library\`となります。ライブラリフォルダをブラウズする為にフォルダアイコンをクリックします。ここでは **Include Subdirectories** ボックスにチェックが入っていないことを確認します。
4. 部品の名前に 3904 という文字がある部品をすべて検索してみます。まず Search Criteria セクションで **Name** のテキストフィールドに `*3904*` と入力します(メーカーによって異なるプリフィックスやサフィックスがつけられていることを考慮し、ワイルドカードのシンボル * を使用します)。
5. **Search** ボタンをクリックして検索を開始します。検索が始まると **Results** タブが表示されます。正しく記入されていればライブラリファイルが検索され、*Search Libraries* ダイアログに表示されます。
6. `Miscellaneous Devices.IntLib` をクリックして選択します。このライブラリにはシミュレーション用の BJT トランジスタが入っています。
7. **Install Library** ボタンをクリックして、このライブラリを回路図エディタに登録します。但し、このライブラリはデフォルトで既に登録されていますので、ボタンはグレイになっているはずです。
8. *Search Libraries* ダイアログを閉じます。

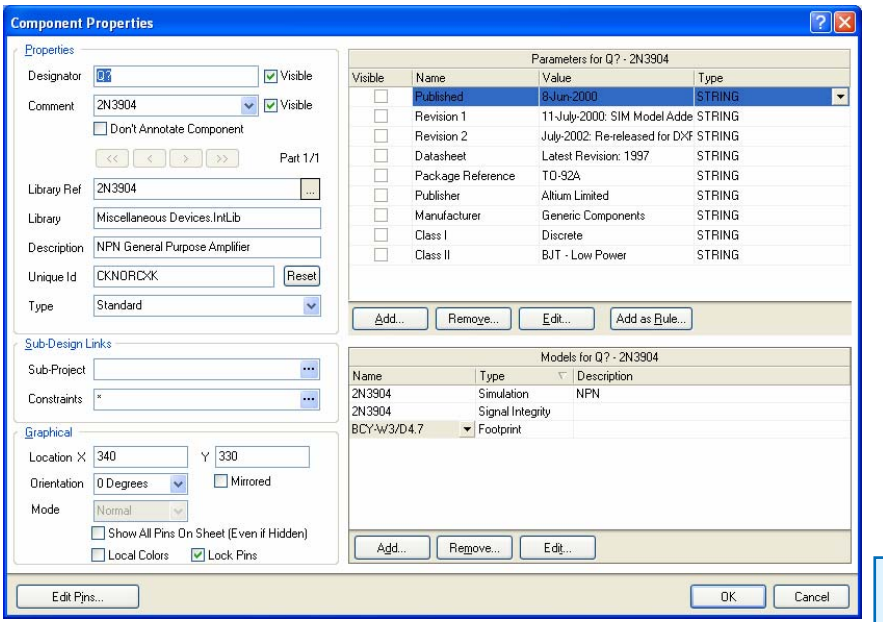
追加したライブラリは Libraries パネルの上部に表示されます。上部のリストボックスでライブラリ名をクリックすると、下側のリストには、そのライブラリに含まれている部品の一覧が表示されます。パネルの Filter を使うとライブラリ内の部品をすばやく見つけることができます。

回路図にコンポーネントを配置

最初に Q1 と Q2 の 2 つのトランジスタを配置します。配置する位置は図 1 を参考にしてください。

1. メニューから **View » Fit Document** [ショートカット **V**, **D**]を選択し、回路図シート全体を表示します。
2. ワークスペースパネルの **Libraries** タブをクリックすると、**Libraries** パネルが表示されます。
3. Q1 と Q2 は BJT トランジスタです。このライブラリをアクティブにするため、`Miscellaneous Devices.IntLib` をクリックします。
4. フィルタ機能を使用することにより、必要な部品をすばやく見つけ出すことができます。ワイルドカード(*)を使用すると、ライブラリの部品がすべて表示されます。フィルタを設定するには、ライブラリ名の下にあるフィルタフィールドに`*3904*`と入力します。Component Name フィールドの一部に “3904” という文字がある部品のリストが表示されます。
5. リストから **2N3904** をクリックし、**Place** ボタンをクリックします。または、部品名をダブルクリックします。

   カーソルが十字型に変化し、トランジスタの輪郭がカーソル上に現れます。この状態が部品配置モードです。カーソルを動かすと、トランジスタの輪郭がそれに応じて移動します。
6. 図面上に部品を配置する前に、最初にその属性を編集します。トランジスタがカーソルと一緒に移動している間に、**TAB** キーを押します。部品の *Component Properties* ダイアログが表示されます。以下のようなダイアログオプションを設定します。



7. ダイアログの **Properties** セクションで、**Designator** フィールドに `Q1` と入力して最初の部品番号を設定します。
8. 次に、PCB の部品を表すフットプリントを確認します。このチュートリアルでは、フットプリントや回路シミュレーションの推奨モデルが含まれている統合ライブラリを使用します。Models リストに `BCY-W3/D4.7`（訳注：実際の名称は `BCY-W3/E4` です。）という型番が表示されていることを確認します。その

回路図の部品と PCB の部品との関連付けは、フットプリントにより行われます。回路図で指定したフットプリントは、ネットリストを読み込む際、PCB ライブラリから読み込まれます。フットプリントを設定するには、回路図上の部品をダブルクリックしてください。

他のフィールドは、すべてデフォルト値のままにしておきます。**OK** をクリックしダイアログを閉じます。

これで部品を配置する準備が完了しました。

1. カーソルをシートの中央から少し左に(トランジスタも一緒に)、移動します。
2. 位置が決まったら、左クリックするかまたは **ENTER** キーを押して回路図にトランジスタを配置します。
3. カーソルを移動すると、先に配置されたのと同じトランジスタが現れます。部品配置モードの状態が継続されているため、同じ部品を連続して配置することができます。それでは 2 個目のトランジスタを配置してください。このトランジスタは先に配置したトランジスタと同じですので、属性を設定する必要はありません。DXP で同じ部品を続けて配置する場合、部品番号が自動的にインクリメントされます。この場合、次のトランジスタは Q2 になります。
4. 図 1 を見ると、Q2 のトランジスタは Q1 のトランジスタと逆向きに配置されていることがわかります。トランジスタの向きを変えるには、カーソルでトランジスタを移動しているときに **X** キーを押します。これにより水平方向に向きが変わります。

> 編集モードや部品の配置モード(カーソルが十字になっているとき)では、カーソルがドキュメントのウィンドウの端に来ると、画面が自動的にスクロールします。
>
> スクロールし過ぎた場合、キーボードを **V, F (View » Fit All Objects)** と続けて押し、配置されているオブジェクトがすべて表示されているようにします。オブジェクトの配置中でも表示に関する操作を実行することができます。

5. カーソルを Q1 の右側に移動してください。部品を配置する位置を正確に指定したい場合には、**PAGEUP** キーを押して図面を拡大してください。図面を拡大すると、グリッドが表示されます。
6. 部品を配置する位置が決まったらマウスを左クリック、または **ENTER** キーを押します。Q2 のトランジスタが配置されます。引き続き配置モードになり、カーソルと一緒にトランジスタが表示されます。
7. これですべてのトランジスタの配置が完了したので、マウスを右クリックするか、または **ESC** キーを押して部品の配置を終了します。カーソルが通常の矢印に戻ります。

> 部品を移動しているときには、次の操作ができます:
>
> **Y** キーを押すと部品の向きが上下逆になります。
>
> **X** キーを押すと部品の向きが左右逆になります。
>
> スペース キーを押すと 90° ずつ回転します。

次に抵抗を 4 個配置します。

1. **Libraries** パネルで、`Miscellaneous Devices.IntLib` ライブラリがアクティブになっていることを確認します。
2. ライブラリ名の下にあるフィルタフィールドに `res1` と入力してフィルタを設定します。
3. 部品リストで **RES1** をクリックし、**Place** ボタンをクリックします。これによりカーソルの上に抵抗が表示されます。
4. **TAB** キーを押して、抵抗の属性を設定します。ダイアログの **Properties** セクションで、**Designator** フィールドに R1 と入力して最初の部品番号を設定します。

> 図面上に配置された部品の属性を変更するには、部品をダブルクリックし、*Component Properties* ダイアログを開きます。

5. Models リストに `AXIAL-0.3` と表示されていることを確認します。
6. 抵抗のパラメーターフィールドを設定し、回路図に表示します。この値はチュートリアルの後半で回路シミュレーションを実行する際に使用します。=Value パラメーターは、コンポーネントの一般的な情報として使用する事が可能ですが、ディスクリート部品ではシミュレーションの際にこの値を使用します。また、PCB エディタでコメント情報として割り当てられている Comment を設定する事も可能です。DXP では、Comment フィールドの内容をパラメーターで置き換える、間接的

な参照をサポートしており、同じ値を二回設定する（パラメーター=Value と Comment フィールド）必要はありません。

もし、コンポーネント属性に Value パラメーターが存在しない場合は、Parameters リストで **Add** をクリックして *Parameter Properties* ダイアログを表示させます。`Value` という名称を入力し、値を `100k` とします。パラメーターのタイプとして **String** が選択され、Value の **Visible** にチェックが入っている事を確認します。**OK** をクリックします。

この RES1 のコンポーネントは、既に Value パラメーターが設定されているので、Value フィールドに `100k` と入力します。

7. ダイアログの **Properties** セクションで Comment フィールドをクリックし、ドロップダウンリストから **=Value** を選び、**Visible** のチェックをはずします。**OK** ボタンをクリックし、ダイアログを閉じ、部品配置モードに戻ります。
8. 抵抗を 90° 回転するには **SPACEBAR** を押します。
9. 図 1 のように抵抗を Q1 のベース側へ配置します。マウスを左クリックするか、または **ENTER** キーを押すことで部品が配置されます。

   この時点では、トランジスタと抵抗の接続について考える必要はありません。部品間の接続は後で行います。
10. 次に 100k の抵抗 R2 を Q2 のベース側へ配置します。2 つ目の抵抗を配置すると、部品番号が自動的にインクリメントされます。
11. 残りの R3 と R4 の 2 つの抵抗は値が 1k ですので、**TAB** キーを押して Component Properties ダイアログを表示し、Value の値を `1k` に変更します。**OK** をクリックしてダイアログを閉じます。
12. 図 1 の回路図を参考にして R3 と R4 を配置します。
13. 抵抗をすべて配置したら、右クリックするかまたは **ESC** キーを押して部品配置モードを終了します。

次にコンデンサを 2 個配置します。

1. コンデンサも、既に **Libraries** パネルで選択されている `Miscellaneous Devices.IntLib` にあります。
2. **Libraries** パネルの部品のフィルタフィールドで `cap` と入力します。
3. 部品リストから **CAP** をクリックし、**Place** ボタンをクリックします。これによりカーソルの上にコンデンサが表示されます。
4. **TAB** キーを押して、コンデンサの属性を設定します。*Component Properties* ダイアログの **Properties** セクションで **Designator** を `C1` に設定し、PCB フットプリントモデル `RAD-0.3` が **Models** リストに追加されていることを確認します。
5. Value パラメーターの **Value** フィールドを `20n` に変更します。パラメータータイプとして **String** が選択されていて、Value の **Visible** ボックスにチェックが入っていることを確認します。**OK** をクリックします。
6. ダイアログの **Properties** セクションでコメントフィールドをクリックし、ドロップダウンリストから **=Value** を選択し、**Visible** のチェックをはずします。**OK** ボタンをクリックし、部品配置モードに戻ります。
7. 2 つのコンデンサも抵抗と同じ方法で位置を決めて配置します。
8. 右クリックするか、または **ESC** キーを押して配置モードを終了します。

オブジェクトを移動するには、カーソルをオブジェクト上に移動し、マウスの左ボタンを押さえたままカーソルを移動します。そしてマウスの左ボタンを放すとその位置に部品が置かれます。

最後にコネクタを配置します。コネクタは `Miscellaneous Connectors.IntLib` にあります。

1. **Libraries** パネルのライブラリリストから `Miscellaneous Connectors.IntLib` を選びます。配置するのは 2 ピンのコネクタですので、フィルタを `*2*` に設定します。
2. パネルのリストから **HEADER2** をマウスで選択し、**Place** ボタンをクリックします。**TAB** キーを押して属性を編集します。**Designator** を `Y1` に設定し、PCB フットプリントモデルが `HDR1X2` に設定されていることを確認します。回路シミュレーションを実行する時、Value パラメーターが無いコンポーネントは、電源ソースに置き換える必要があります。**OK** ボタンをクリックしてダイアログを閉じます。
3. コネクタを配置する前に、**X** キーを押してコネクタを正しい向きに修正します。クリックして回路図にコネクタを配置します。
4. 右クリックするか、または **ESC** キーを押して配置モードを終了します。
5. メニューから **File » Save**[ショートカット **F**, **S**]を選択し、回路図を保存します。

これですべての部品の配置が完了しました。図 2 に示すように、部品間には配線を行うためのスペースが必要です。これはピンの下を横切って、その向こうにあるピンにワイヤを接続することができないためです。そのように接続すると、どちらのピンもワイヤに接続されてしまいます。

コンポーネントを移動する場合は、部品をクリックし、マウスを押さえ続けたままカーソルを移動します。

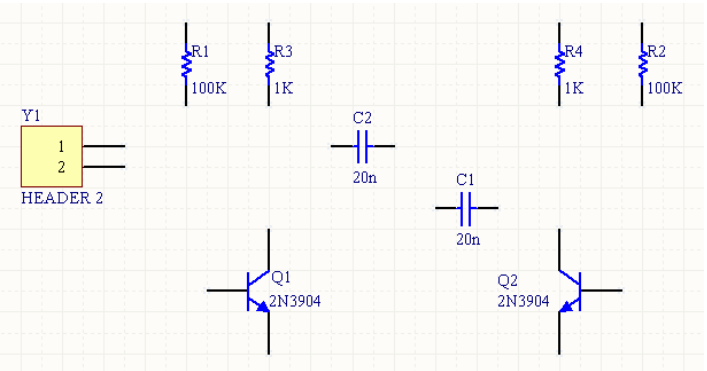


図 2. 全部品が配置された回路図

回路の接続

回路の接続は、さまざまなコンポーネント間の接続を構築する為の過程です。部品間の接続を行うには、図 1 を参照して以下の手順を行ってください。

1. 回路図シートの画面表示を編集し易い画面にする為に、PAGE UP キー（拡大）または、PAGE DOWN キー（縮小）で調整します。**Ctrl** キーを押したままマウスホイールを使用しても拡大、縮小することができます。
2. 最初に、次の方法でトランジスタ Q1 のベースに抵抗 R1 を接続します。ワイヤを配置する為に、メニューから **Place » Wire** [ショートカット **P**, **W**]を選択するか、*Wiring* ツールバーから **Wire** ツールをクリックします。カーソルが十字に変わります。

3.カーソルを R1 の下端に移動します。カーソルを適切な位置に移動すると、

配置されたワイヤの形状や他のオブジェクトを変更するには、カーソルをワイヤやオブジェクトの上に移動し、マウスをクリックします。

ワイヤが部品の接続点を横切ったり、ワイヤ同士を接続した場合には、自動的にジャンクションが配置されます。

ワイヤの配置中には以下の操作が可能です:

- マウスを左クリックまたは ENTER キーを押すと、カーソルの位置でワイヤが確定されます;

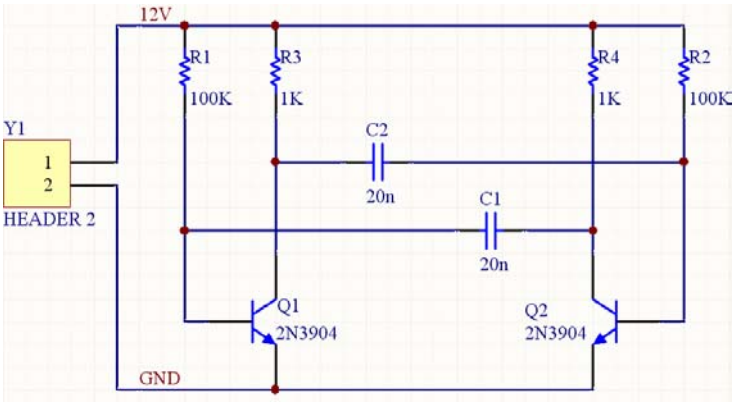
- BACKSPACE を押すとワイヤの最後の頂点が削除されます;

-最後のワイヤを配置したら、右クリックするか、または ESC キーを押してワイヤ配置を終了します。カーソルが十字のままであれば、引き続き他のワイヤを配置することができます。

- もう一度右クリックするか、または **ESC** キーを押すとワイヤ配置モードを終了します。

赤い接続マーカー(大きなアスタリスク)が現れます。これは、カーソルが部品の電気的な接続点にあることを示しています。

4. ワイヤを開始する点で左クリックするか、または **ENTER** キーを押します。カーソルを移動すると最初にクリックした点から、現在のカーソル位置へワイヤが引かれるのが確認できます。
5. カーソルを R1 下のトランジスタ Q1 のベースまで垂直に移動します。左クリックするか **ENTER** キーを押すと、クリックした位置でワイヤが確定されます。最初にクリックした位置とこの位置の間にワイヤが配置されます。
6. カーソルが赤い接続マーカーに変わる位置で Q1 のベースにカーソルを配置します。左クリックするか **ENTER** キーを押すと、Q1 のベースにワイヤが接続されます。
7. カーソルが十字になったままであることに注意して下さい。これは、ワイヤの配置モードであることを表します。もう一度右クリックするか **ESC** キーを押すと配置モードが終了してカーソルの形状が矢印に戻りますが、今はこのままにしておきます。
8. 次に C1 を Q1 と R1 に配線します。カーソルを C1 の左の接続点に移動して左クリックするか、または **ENTER** キーを押すと、新たに配線が開始されます。
9. Q1 のベースと R1 が接続されているワイヤ上まで水平にカーソルを移動します。接続マーカーが表示されます。
10. 左クリックするか **ENTER** キーを押してワイヤを配置し、次に右クリックするか **ESC** キーを押して配線を終了します。2 本のワイヤが自動的に接続されます。
11. 残りの回路を接続すると、結果は図 3 のようになります。



ワイヤがピンの終端と交差している場合は、ジャンクションを削除しても接続されます。先に進む前に回路図が図 3 のように作成されているか確認してください。

図 3. 配線が完了した回路図

12. 配線がすべて完了したら、右クリックするか **ESC** キーを押して配線モードを終了します。カーソルが通常の矢印に戻ります。

ネットとネットラベル

接続されるそれぞれの部品ピンの集まりを*ネット*といいます。例えば、あるネットには Q1 のベース、R1 のピン、C1 のピンが含まれます。

デザイン中の重要なネットを簡単に識別するために*ネットラベル*を追加できます。2 個の電源ネットにネットラベルを配置するには、次の操作を実行します:

1. **Place » Net Label** [ショートカット **P**, **N**]を選択します。カーソル上に点線の箱が表示されます。

2. 配置する前にネットラベルを編集するため、**TAB** キーを押して *Net Label* ダイアログを表示させます。
3. **Net** フィールドに 12V と入力し、**OK** ボタンをクリックしてダイアログを閉じます。
4. ネットラベルの左下がワイヤと接触するように配置します。ネットラベルがワイヤに接触すると、カーソルは赤い十字に変わります。もし、十字マークが薄いグレイ表示ならば、それはピンに配置しようとしていることを表します。
5. 最初のネットラベルを配置した後も、ネットラベルの配置モードが継続されます。2 つめのネットラベルを配置する前に編集するため、再度 **TAB** キーを押します。
6. **Net** フィールドに GND と入力します。**OK** ボタンをクリックして、ダイアログを閉じてネットラベルを配置します。右クリックまたは ESC キーを押してネットラベル配置モードを終了します。

7.**File » Save** [ショートカット **F**, **S**]を選択して回路を保存します。プロジェクトも同様に保存します。

これで回路図が完成しました。

この回路図をプリント基板にする前に、プロジェクトオプションを設定します。

プロジェクトオプションの設定

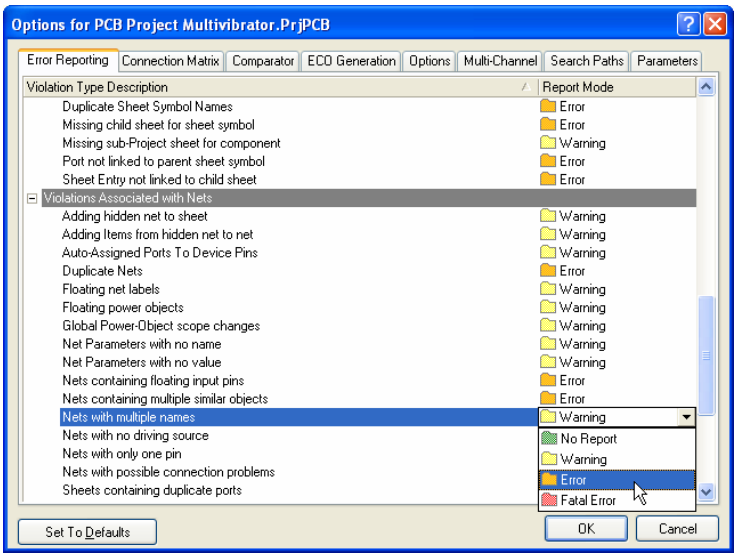
プロジェクトオプションには、エラーチェック用のパラメーター、接続マトリックス、Comparator 設定、ECO 生成、出力パス、ネットリストオプション、プロジェクトパラメーターの設定があります。DXP では、こうした設定を使用してプロジェクトをコンパイルします。

プロジェクトがコンパイルされると、全体的なデザインや電気的なルールに基づいてデザインが検証されます。エラーの修正が終わると、回路図が再コンパイルされ、生成された ECO によって PCB ドキュメントなどの対象とするドキュメントに読み込まれます。プロジェクトの Comparator によりソースファイルとターゲットファイルの相違点を見つけ、双方向で更新する(ファイルの同期を取る)ことができます。

エラーチェック、ドキュメント比較、ECO 作成など、プロジェクトに関連する操作はすべて *Options for Project* ダイアログ(**Project » Project Options**)で設定します。

組立と製造出力、レポートなどのプロジェクト出力は File メニューオプションから設定することができます。Job Options ファイル(**File » New » Output Job File**)でジョブオプションを設定することもできます。詳細は、*Project Outputs の設定* を参照して下さい。

1. **Project » Project Options** を選択します。*Options for Project* ダイアログが表示されます。



プロジェクトに関連するオプションは、このダイアログで設定します。

回路図の電気属性のチェック

DXP の回路図エディタは単なる図面作成ツールではありません。これには回路の電気的接続情報も含まれており、この機能を利用して設計した図面を検証することができます。プロジェクトをコンパイルする際、Error Reporting タブと Connection Matrix タブで設定したルールに従ってエラーがチェックされ、違反があった場合は Messages パネルに表示されます。

Error Reporting の設定

Options for Project ダイアログの **Error Reporting** タブで、作画上のチェック項目を設定します。Report Mode は違反の程度を示します。Report Mode を変更するには、変更する違反項目の隣にある Report Mode をクリックし、ドロップダウンリストで程度を選択します。このチュートリアルでは、デフォルトの設定を使用します。

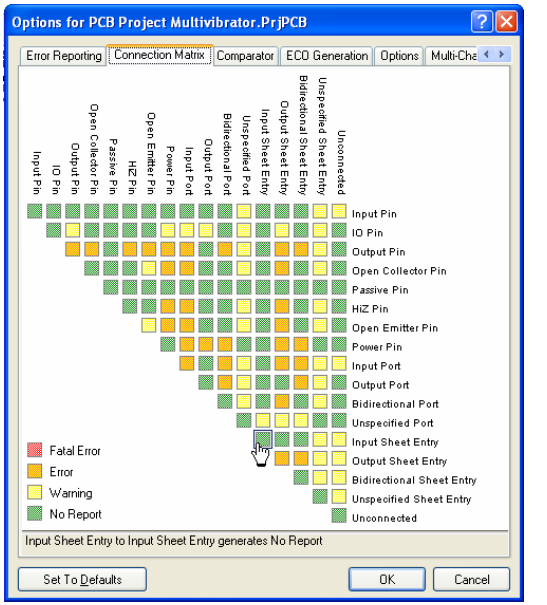
Connection Matrix の設定

デザイン内の電気的接続(ピン、ポート、シートエントリ間の接続)をチェックすると、**Connection Matrix** タブ(*Options for Project* ダイアログ)で設定したエラーの程度でエラーレポートが作成されます。マトリックスでは、回路図に使用されている様々なピンの種類の接続状態をチェックすることができます。

例えば、マトリックスの右側に **Output Pin** があります。この列と **Open Collector Pin** とが交差する位置に注目してください。交差する場所がオレンジ色で表示されています。これは、出力ピンがオープンコレクタピンと接続されていた場合に、プロジェクトのコンパイル時にエラーが発生することを示しています。

エラータイプは、報告しないものから致命的エラーまで、エラーの程度によって設定できます。全体のマトリクスをコントロールするメニューオプションを表示する為に、右クリックします。

Connection Matrix を変更するには、次の操作を実行します:



1. *Options for Project* ダイアログで **Connection Matrix** タブをクリックします。
2. 2 つの接続タイプ、例えば Output Sheet Entry と Open Collector Pin が交差する場所をクリックします。
3. 交差するボックスの色が凡例で示したエラーの色に変わるまでクリックします。例えば、オレンジ色はその接続によってエラーが発生することを表します。

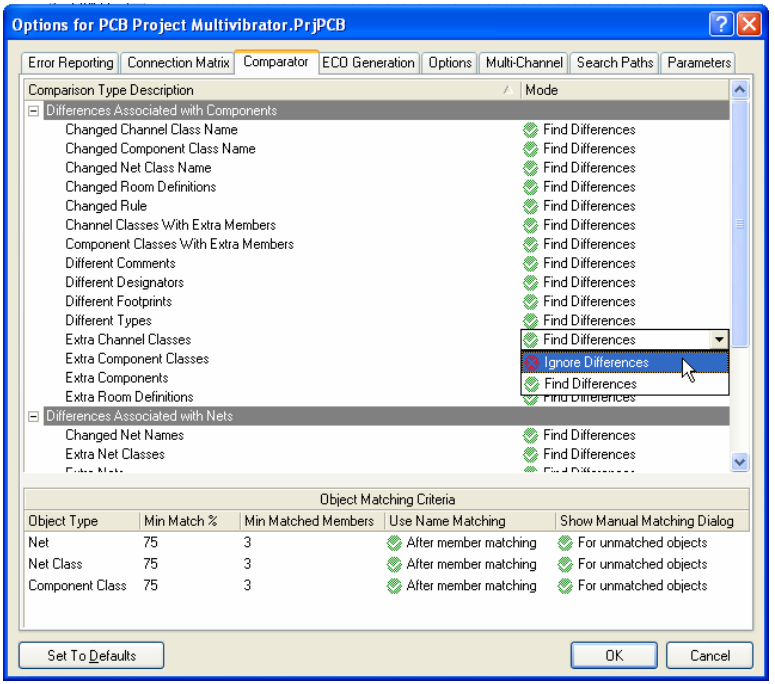
このチュートリアルで作成した回路には、Passive Pins のみが使用されています。この接続マトリックスで、未接続のパッシブピンを見つけられるかチェックしてください。

1. マトリックスの縦の列から **Passive Pin** を見つけてください。次に横の列から **Unconnected** を見つけてください。両方の列が交差する所には、パッシブピンが未接続の場合のエラー状態が示されます。デフォルトでは緑色なので、エラーレポートは作成されません。
2. 次にこのボックスを黄色になるまでクリックし、パッシブピンが未接続だとプロジェクトをコンパイルした場合にワーニングを報告するようにします。ここでは、このチュートリアルの後半でチェックするために、意図的にエラーが出るようにします。

Comparator の設定

Options for Project ダイアログの **Comparator** タブでは、プロジェクトのコンパイル時にファイル間の相違点を報告するか、しないかを設定します。このチュートリアルでは、ルームのような階層的な回路設計のみに基づく機能面での違いを表示する必要はありません。コンポーネントクラスについても同様です。

1. **Comparator** タブをクリックし、Difference Associated with Components セクションで **Changed Room Definitions**, **Extra Room Definitions**, **Extra Component Classes** を見つけます。
2. これらのオプションの右側にある Mode 欄のドロップダウンリストから **Ignore Differences** を選択します。



これでプロジェクトをコンパイルしてエラーをチェックする準備ができました。

プロジェクトのコンパイル

プロジェクトをコンパイルすると、デザインドキュメントの作画上のエラーや電気的ルールのエラーをチェックして、デバッグを行えるようになります。このチュートリアルでは、既に *Options for Project* ダイアログの Error Reporting タブと Connection Matrix タブでルールを設定しています。

1.Multivibrator プロジェクトをコンパイルするには、**Project » Compile PCB Project** を選択します。

2. プロジェクトのコンパイル時に発生したエラーは、**Messages** パネルに表示されます。エラーをチェックする為に、このパネルをクリックします。コンパイルしたドキュメントは、フラット階層（コンポーネントやネットがリスト表示され、接続モデルをブラウズできます）で **Navigator** パネルにリスト表示されます。

正しく回路図が作成された場合、Messages パネルはブランクになります。エラーメッセージが表示された場合は回路をチェックし、すべてのワイヤと結線が正しいか確認してください。

それでは故意にエラーが発生するように回路図を変更した後、プロジェクトを再コンパイルしてみましょう:

1. デザインウィンドウ上部にある `Multivibrator.SchDoc` タブをクリックし、回路図をアクティブドキュメントにします。

2. R1 とトランジスタ Q1 のベースを接続しているワイヤをクリックします。小さな四角の編集ハンドルがワイヤの両端に表示され、ワイヤに沿って選択状態を示す点線が Selection の色で表示されます。ワイヤを削除するには **DELETE** キーを押します。

3. プロジェクトを再コンパイル(**Project » Compile PCB Project**)し、エラーメッセージがないか確認します。

   Messages パネルが開き、回路に未接続のピンがあるというワーニングメッセージが表示されます。

4. Messages パネルのエラーやワーニングをダブルクリックすると、*Compile Error* ウィンドウに違反の詳細が表示されます。このウィンドウでエラーをクリックすると違反しているオブジェクトが回路図に表示され、エラーのチェックや修正ができます。

では、このセクションを終了する前にエラーを修正してください。

1. 回路図シートのタブをクリックし、アクティブにします。
2. メニューから **Edit » Undo** [ショートカット **Ctrl+Z**]を選択します。削除したワイヤが復元されます。
3. アンドゥを実行してワイヤが復元されたら、プロジェクトを再コンパイル（**Project » Compile PCB Project**）し、エラーが表示されないことを確認します。Messages パネルにはエラーメッセージが表示されないはずです。

Messages パネルのメッセージをクリアするには、ウィンドウを右クリックして **Clear All** を選択します。

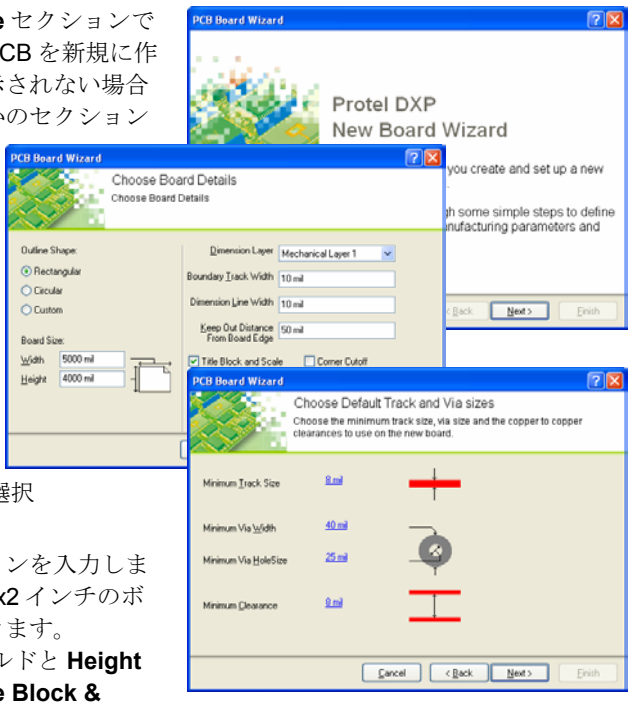
4. メニューから **View » Fit All Objects** [ショートカット **V, F**]を選択して回路図画面を復元し、エラーのない回路図を保存します。
5. 回路図とプロジェクトファイルを保存します。

回路図が完成し、チェックも終了しました。次に、PCB を作成します。

PCB ドキュメントの新規作成

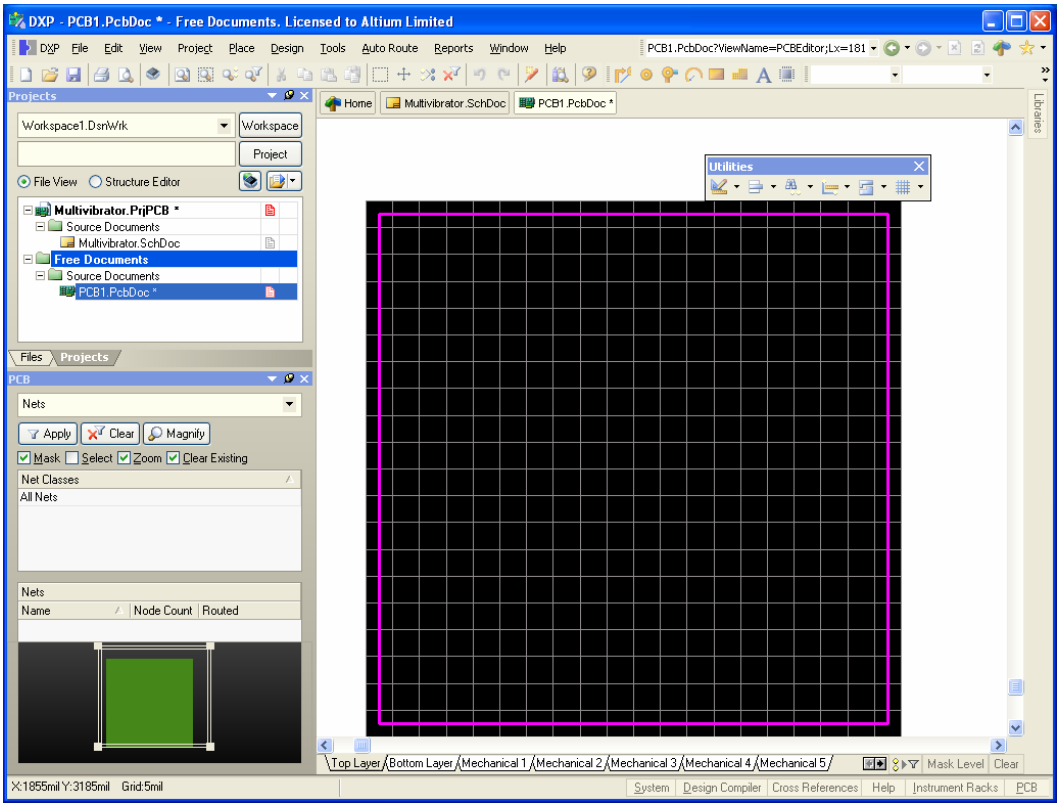
回路図エディタから PCB エディタへデザイン情報を転送する前に、基板外形のみが含まれているブランクの PCB ファイルを作成する必要があります。 DXP で新規の PCB ファイルを容易に作成するには、PCB ウィザードを使用する方法があります。ウィザードでは標準規格の基板外形がサポートされており、カスタムサイズの基板も作成可能です。ウィザードでは、いつでも **Back** ボタンを押して前の画面に戻り、内容の確認や修正ができます。

PCB ウィザードで新規 PCB を作成するには、次の手順を実行します:



1. **Files** パネル下部の **New from Template** セクションで **PCB Board Wizard** をクリックして、PCB を新規に作成します。画面にこのオプションが表示されない場合は、上向き矢印をクリックしていくつかのセクションを閉じます。
2. PCB Board Wizard が開きます。まずイントロダクション画面が表示されます。**Next** ボタンをクリックして次に進みます。
3. 単位系を **Imperial** に設定します。1000 mils が 1 インチです。
4. 次の画面では使用する基板外形を選択します。このチュートリアルでは、独自の基板サイズを設定することにします。基板外形のリストから **Custom** を選択して **Next** ボタンをクリックします。
5. 次の画面では、カスタムボードオプションを入力します。このチュートリアルの回路には、2x2 インチのボードであれば充分なスペースが確保できます。**Rectangular** を選択して **Width** フィールドと **Height** フィールドに 2000 と入力します。**Title Block & Scale**、**Legend String**、**Dimension Lines** は選択解除します。**Next** ボタンをクリックして次に進みます。
6. この画面ではボードのレイヤ数を指定します。ここではシグナルレイヤが 2 つ必要ですが、パワープレーンは必要ありません。**Next** ボタンをクリックして次に進みます。
7. **Thru-hole vias only** を選択してデザインで使用するビアスタイルを指定し、**Next** ボタンをクリックします。
8. 次の画面では、部品およびトラックテクノロジ(配線)のオプションを設定します。**Thru-hole components** オプションを選択し、Number of tracks between adjacent pads を **One Track** に設定します。**Next** ボタンをクリックして次に進みます。
9. 次の画面では、Track/Via サイズなどのボードに適用するデザインルールを設定します。この画面のオプションはデフォルトのままにしておきます。**Next** ボタンをクリックして次に進みます。
10. **Finish** ボタンをクリックしてウィザードを閉じます。

11. PCB ウィザードにより、ボードを新規作成するために必要な情報がすべて揃いました。PCB エディタに新しい PCB ファイル `PCB1.PcbDoc` が表示されます。



12. PCB ドキュメントには、デフォルトサイズの白いシートとブランクのボードシェイプ(黒い領域とグリッド)が表示されます。シートを非表示にするには、**Design » Board Options** を選択し、*Board Options* ダイアログの **Display Sheet** を選択解除します。

    DXP で提供されている他の PCB テンプレートから、独自の外形線、グリッド設定、タイトルブロックを追加できます。ボードシェイプ、シート、テンプレートの使い方の詳細は、*ボードシェイプとシートのチュートリアルを参照してください。*

13. シートを非表示にし、**View » Fit Board** [ショートカット **V**, **F**]を選択してボードシェイプのみを表示します。

14. PCB ドキュメントは、自動的にプロジェクトに追加（リンク）され、**Projects** タブ内のプロジェクト名下側の Source Documents の下にリスト表示されます。

> さらにチュートリアルが必要な場合は、**F1** を押すと DXP ヘルプとオンラインドキュメントが表示されます。Articles と Tutorials のリンクをクリックして下さい。

15. **File » Save As** を選択して、新しい PCB ファイルをリネームします(拡張子は、`.PcbDoc`)。PCB を保存するハードディスク上のディレクトリに移動し、ファイル名に `Multivibrator.PcbDoc` と入力し、**保存** をクリックします。

新しい PCB をプロジェクトに追加

プロジェクトに加えたい PCB が Free Document として開いている場合、Projects パネルの内の PCB プロジェクトファイル上で右クリックし、**Add Existing to Project** を選択します。新しい PCB ファイル名を選択し、**開く**をクリックします。Projects タブにあるプロジェクト名の下の Source Documents のフォルダの下に PCB ドキュメントが追加され、プロジェクトファイルにリンクされます。プロジェクトファイルを保存します。

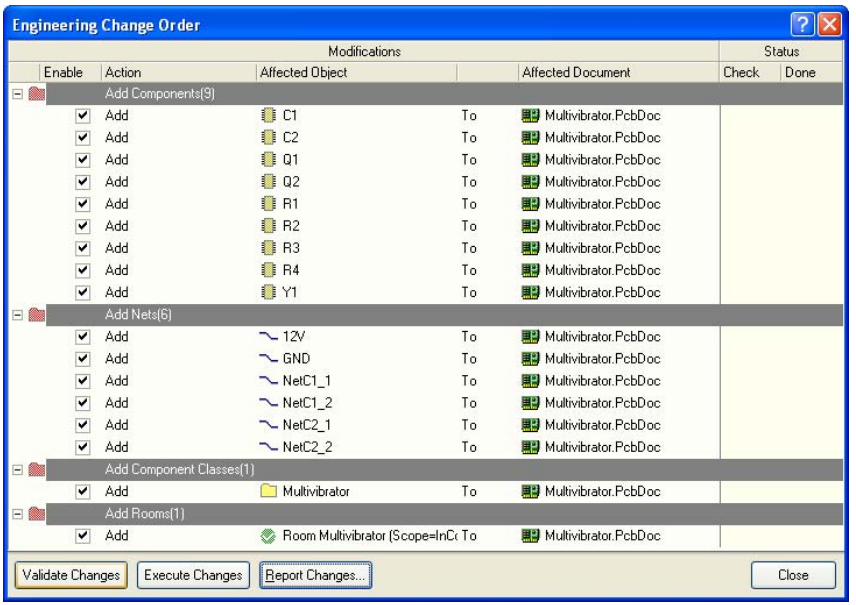
デザイン情報の転送

ブランクの新しい PCB に回路情報を転送する前に、すべてのライブラリが回路図と PCB の両方で使用できることを確認します。このチュートリアルではデフォルトの統合ライブラリだけを使用しているため、あらかじめフットプリントも含まれています。プロジェクトをコンパイルして回路図のエラーを修正したら、**Update PCB** コマンドを使用して ECO を生成し、対象とする PCB に回路情報を転送します。

PCB の更新

プロジェクトで対象とする PCB に回路情報を送るには、次の操作を実行します:

1. `Multivibrator.SchDoc` の回路図ドキュメントを開きます。
2. **Design » Update PCB Document** (`Multivibrator.PcbDoc`)を選択します。プロジェクトがコンパイルされ、*Engineering Change Order* ダイアログが表示されます。



3. **Validate Changes** をクリックします。変更がすべて確認されると、緑色のチェックマークが Status リストに表示されます。変更内容が確認されなければ、ダイアログを閉じて **Messages** パネルをチェックし、エラーをクリアにします。

Report Changes ボタンをクリックすると、ECO のレポートを作成して印刷できます。

4. **Execute Changes** をクリックすると、変更内容が PCB に送られます。完了すると、Status が Done に変わります。
5. **Close** をクリックすると対象とする PCB が開き、図 4 に示すように部品をボードに配置できる状態になります。コンポーネンが表示されない場合は、ショートカットキー**V, D**（View Document）を使ってください。

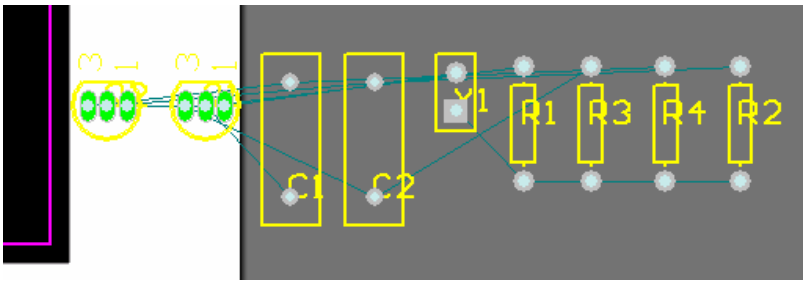


図 4. ボードの横に並べられた配置前の部品

PCB の設計

PCB に部品を配置し、ボードに配線を行います。

PCB ワークスペースの設定

ボードの部品配置を始める前に、グリッド、レイヤ、デザインルールなどの PCB ワークスペースの設定を行う必要があります。

グリッド

部品配置を始める前に、配置グリッドが正しく設定されていることを確認します。 PCB ワークスペースにあるすべてのオブジェクトは、*スナップグリッド*上に配置が行われます。このグリッドは配線条件に合うように設定する必要があります。

このチュートリアルの回路では、パッド最小間隔が 100 mil の標準的なインチ系の部品を使用します。この部品のパッド間隔をグリッドに合せるためには、スナップグリッドを 50、25 mil のように 100 mil の分数で設定してください。この PCB では、トラック幅とクリアランスをそれぞれ 12 mil と 13 mil (PCB ボードウィザードのデフォルト値)に設定することにより、平行なトラックのセンター間が 25 mil になります。以上のことから、ここでもっとも適したスナップグリッドサイズは、25 mil になります。

> PCB エディタでサポートされている単位系はインチとメートルです。**View » Toggle Units** を選択すると、単位系が切り替わります。

次の手順に従い、スナップグリッドを設定してください:

1.**Design » Board Options** [ショートカット **D**, **O**]を選択し、*Board Options* ダイアログを開きます。

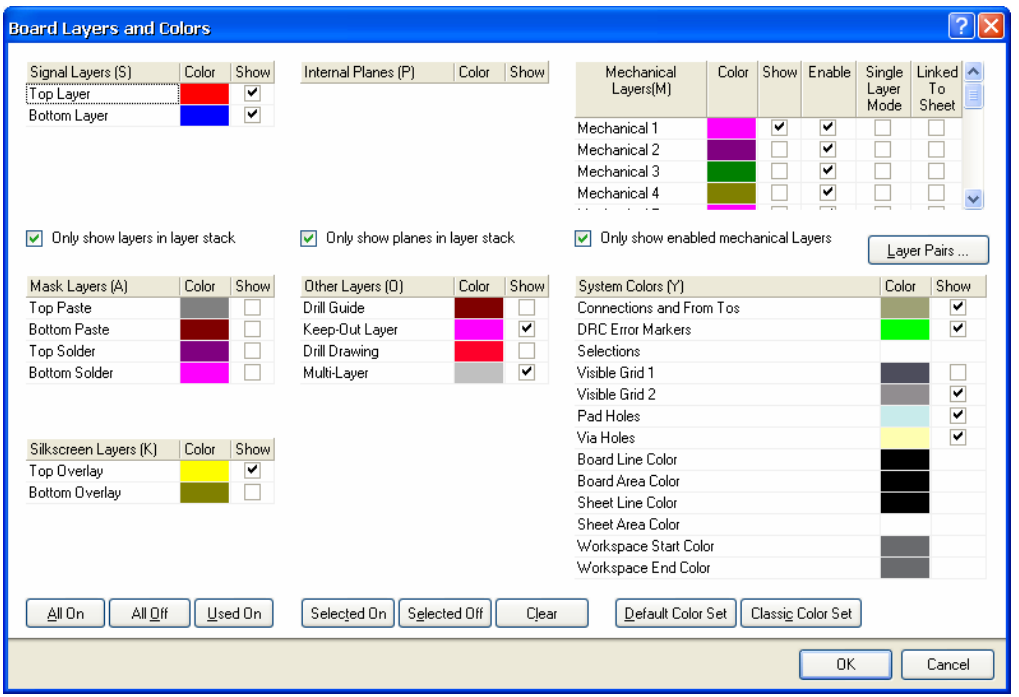
2. ドロップダウンリストを使用して、**Snap X**、**Snap Y** 、**Component X** 、**Component Y** の値を `25mil` に設定するか、値を直接、入力します。このダイアログでは、エレクトリカルグリッドの設定も行えます。エレクトリカルグリッドは、電気的なオブジェクトを配置する場合に、スナップグリッドに関係なく電気的なオブジェクトに引き込む機能です。**OK** ボタンをクリックしてダイアログを閉じます。

部品の配置をより容易に行うために、他のいくつかの設定を行います。

1. メニューから **Tools » Preferences** [ショートカット **T**, **P**]を選択し、*Preferences* ダイアログを開きます。**Options** タブの Editing Options セクションで、**Snap to Center** のオプションにチェックが入っていることを確認します。これで部品をつかんだとき、カーソルが部品の基準点に移ります。
2. *Preferences* ダイアログの **Display** タブをクリックしてアクティブにします。このタブの **Show** セクションで、**Show Pad Nets**、**Show Pad Numbers**、**Via Nets** オプションのチェックをはずします。このダイアログの **Draft Thresholds** セクションで、**Strings** の値を 4 ピクセルに設定し、**OK** をクリックしてダイアログを閉じます。

レイヤスタックとその他の非電気的なレイヤの設定

PCB ワークスペースの下部には、レイヤタブがいくつか表示されています。PCB エディタでは複数のレイヤを扱いますが、ほとんどの編集作業は特定のレイヤに対して操作を行うことになります。**Design » Board Layers & Colors** [ショートカット **L**]を選択すると *Board Layers & Colors* ダイアログが表示されます。このダイアログでは、レイヤの表示、追加、削除、リネーム、および色の設定を行うことができます。



PCB エディタには、次の 3 種類のレイヤがあります:

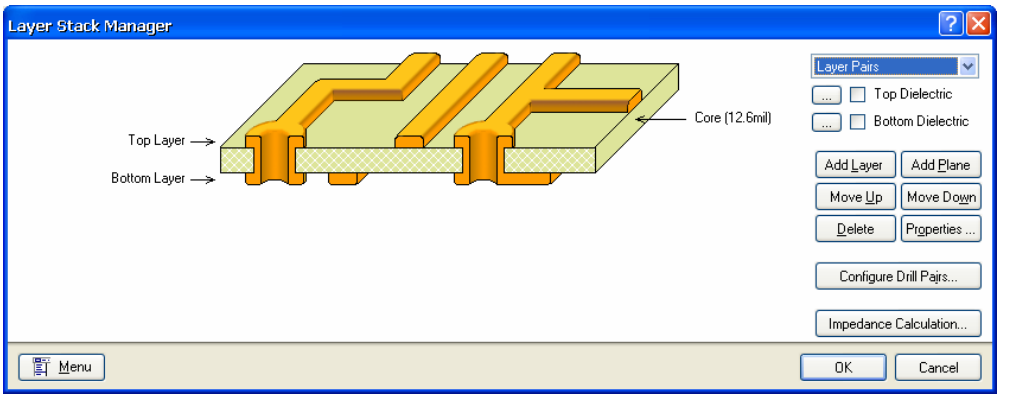
- **電気的なレイヤ** – 電気的なレイヤには、32 のシグナルレイヤと 16 のプレーンレイヤがあります。電気的なレイヤは、Layer Stack Manager により追加や削除が行えます。このダイアログは、**Design » Layer Stack Manager** を選択すると表示されます。
- **メカニカルレイヤ** – 基板外形の定義や寸法線、組立の詳細、その他の機構的な情報等に使用されるメカニカルレイヤは、16 層用意されています。これらのレイヤはプリントアウトやガーバー出力に加えることができます。メカニカルレイヤの追加、削除、名前の設定は、*Board Layers & Colors* ダイアログで行います。

- **特別なレイヤ –** 特別なレイヤとしては、トップとボトムシルクスクリーンレイヤ、ソルダーマスクレイヤ、ペイストマスクレイヤ、ドリルレイヤ、キープアウトレイヤ(電気的な領域を示すために使用されます)、マルチレイヤ(マルチレイヤのパッドとビアに使用されます)、接続レイヤ、DRC エラーレイヤ、グリッドレイヤ、ホールレイヤがあります。これらの特別なレイヤの表示設定は、*Board Layers & Colors* ダイアログで行います。

レイヤスタックマネージャー

このチュートリアルのデザインは簡単なので、片面基板か両面基板で配線することができます。デザインが複雑になれば、Layer Stack Manager でレイヤを追加します。

1. **Design » Layer Stack Manager** [ショートカット **D**, **K**]を選択し、*Layer Stack Manager* ダイアログを表示します。



2. 新たにレイヤ、およびプレーンレイヤを追加する場合、新しいレイヤは現在選択されているレイヤの下に加えられます。Copper thickness や Dielectric properties 等のレイヤープロパティは、伝送線路解析に使用されます。**OK** をクリックしてダイアログを閉じます。

この新しいボードで使用しないレイヤが表示されている場合には、不必要なレイヤを非表示にしてください。レイヤを非表示にするには、以下の手順を実行します:

1. ショートカットキー**L** キーを押して *Board Layers & Colors* ダイアログを表示します。
2. **Used On** をクリックすると、オブジェクトが配置されていないレイヤのチェックが外れます。
3. 4 つの **Mask** レイヤと **Drill Drawing** レイヤは、それぞれのレイヤ名の隣にある **Show** ボタンのチェックをはずすと非表示になります。**OK** ボタンをクリックしてダイアログを閉じます。

新しいデザインルールの設定

DXP の PCB エディタは、ルールドリブン設計環境です。この設計環境では、PCB エディタでトラックの配置、部品の移動、自動配線の実行などを行ってデザインを変更した場合、PCB エディタはそれぞれの操作をモニターし、デザインルールが守られているかどうかをチェックします。そしてルールが守られていない場合には、その箇所を違反としてハイライト表示します。

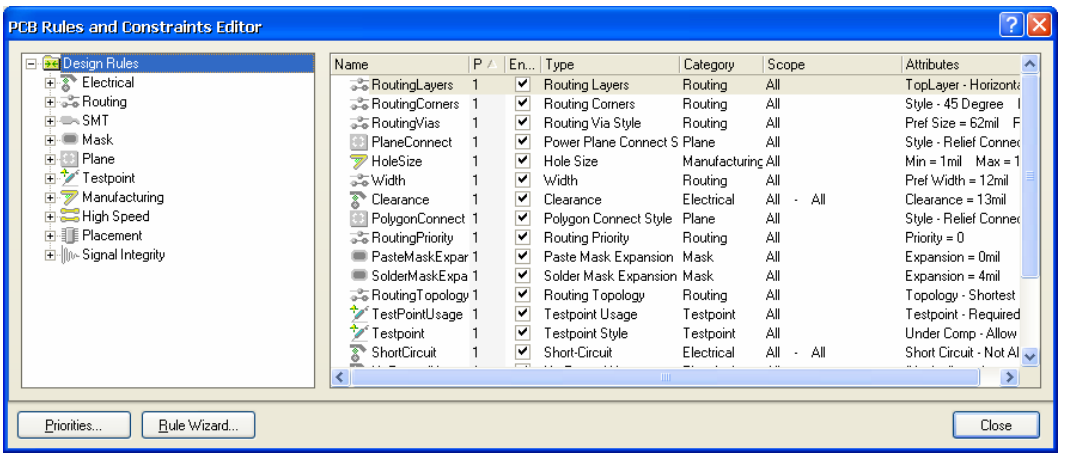
ではデザインルールを設定したあと次の作業に進み、どのようにデザインエラーが表示されるか確認してみましょう。

デザインルールには 10 のカテゴリがあり、さらにデザインルール・タイプに細かく分類されています。デザインルールは、電気的(Electrical)、配線(Routing)、製造(Manufacturing)、配置(Placement)、伝送線路解析(Signal Integrity)をカバーしています。

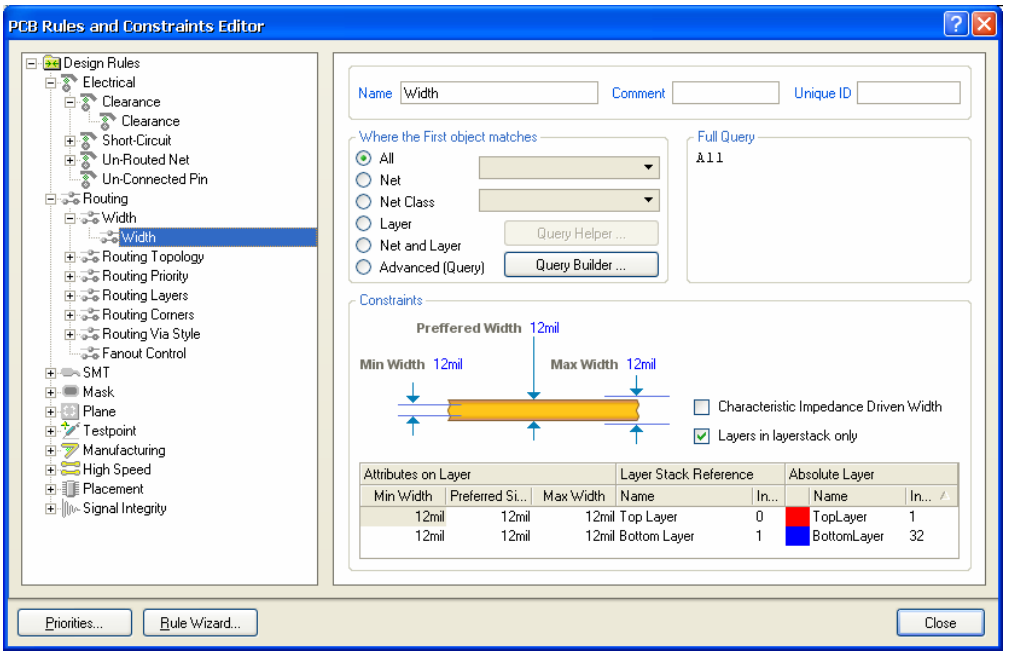
それでは、電源のネットに関する線幅を指定するデザインルールを設定してみます。

これらのルールを設定するには、以下の手順を実行して下さい:

1. PCB をアクティブなドキュメントにして、メニューから **Design » Rules** を選択します。
2. *PCB Rules and Constraints Editor* ダイアログが表示されます。ダイアログの左側にある Design Rules パネルに、ルールの各カテゴリが表示されます。**Routing** をダブルクリックするとカテゴリが展開され、配線ルールが表示されます。次に **Width** をダブルクリックすると、利用可能な線幅ルールが表示されます。



3. Design Rules パネルの各ルールをクリックします。各ルールをクリックすると、ダイアログの右上セクションにはルールのスコープ(ルールの対象とするもの)が、右下セクションにはルールの内容が表示されます。これらのルールには、デフォルトのものと、PCB ドキュメントを新規作成したときに Board Wizard で設定したものとがあります。
4. **Width** をクリックすると、このルールのスコープと内容が表示されます。このルールはボード全体に適用されます。



DXP の強力な機能の 1 つであるデザインルール・システムは、同じタイプのルールをそれぞれ異なるオブジェクトに対して、複数設定することができます。ルールの対象となるオブジェクトの集まりは、ルールのスコープで指定します。ルールシステムでは、あらかじめ定義された階層に基いて各オブジェクトに対してルールが与えられます。

例えば、Width constraint ルールが Whole board(すべてのトラックがこの幅であることを意味します)で、2 つめの Width constraint ルールがグランドネットの場合、このルールは前のルールを無視します。さらに 3 番目がグランドネットの特定のセグメントに関するものであれば、このルールは前の 2 つのルールを無視します。ルールは優先順に表示されます。

現在、Width constraint ルールは 1 つしか設定されておらず、これが Whole board（基板全体）(width = 12 mil)に適用されています。次に、12V ネットと GND ネット(width = 25 mil)の新しい Width constraint ルールを追加します。Width constraint ルールを新たに追加するには、以下の手順を実行して下さい:

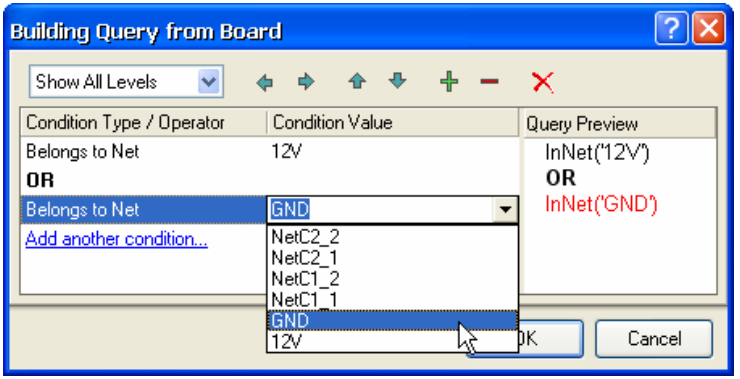
1. **Design Rules** パネルで **Width** カテゴリを選択し、右クリックして **New Rule** を選択し、12V ネットだけを対象に Width constraint ルールを新しく追加します。

   新しいルール名 `Width_1` が表示されます。**Design Rules** パネルでこの新しいルールをクリックして、スコープと内容を修正します。

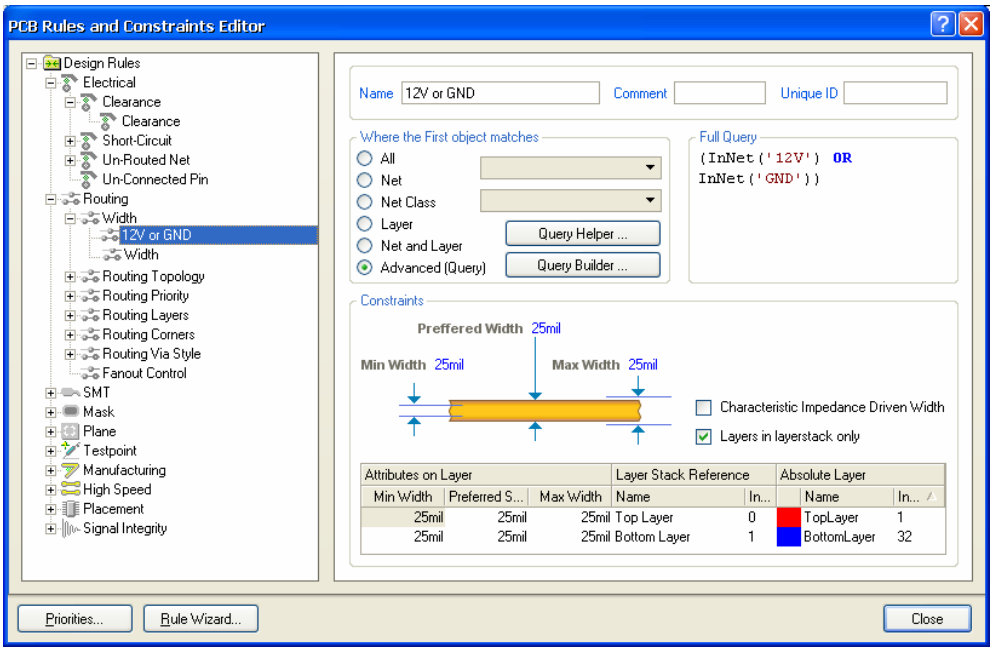
2. Name フィールドに `12V or GND` と入力します。PCB Rules and Constraints Editor ダイアログを閉じると、**Design Rules** パネルの名前が更新されます。

3. 次に Query Builder を使ってルールスコープを設定します。正しい構文が判っていれば、スコープに直接入力できます。もし、クエリが解らない場合は、**Advanced** ボタンをクリックし Query Helper を使用します。

4. **Query Builder** ボタンをクリックして、*Building Query from Board* ダイアログを開きます。



5. **Add first condition** をクリックし、ドロップダウンリストから **Belongs to Net** を選択します。Condition Value フィールドでリストからネット **12V** を選択し、クリックします。Query Preview に `InNet ('12V')` と記述されます。
6. GND ネットを追加する為に、**Add another condition** をクリックしてスコープを拡張します。**Belongs to Net** を選択し、Condition Value で **GND** を選択します。
7. オペレータ'AND'をクリックして、ドロップダウンから **OR** を選択しオペレータを変更します。Query Preview に `InNet('12V') OR InNet('GND')` と記述されていることを確認します。
8. **OK** をクリックして *Building Query from Board* ダイアログを閉じます。これで、**Full Query** セクションのスコープが新しいクエリに更新されました。
9. *PCB Rules and Constraints Editor* ダイアログの下のセクションで、**Minimum**、**Preferred**、**Maximum** Width フィールドに既に設定されている値(10mil)をクリックして、`25mil` に変更します。Minimum value を変更する前に、最初に、Maximum Width フィールドを設定しなければならないことに注意して下さい。Design Rules パネルで他のルールを選択するかダイアログを閉じた時に、ここで設定した内容が保存されます。



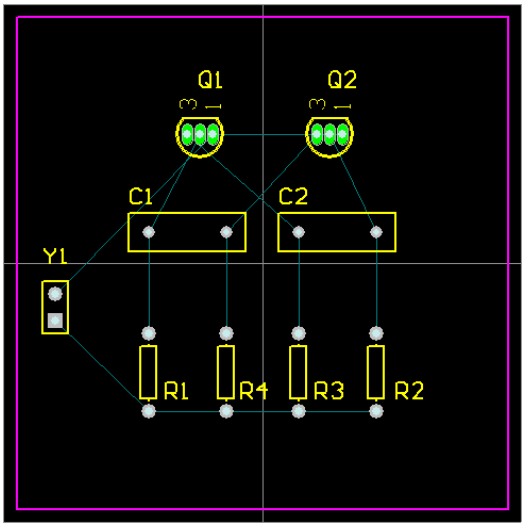
10. 最後に、全体のスコープである `Width` のルールをクリックし、Minimum、Maximum、Preferred Width フィールドが全て `12mil` に設定されていることを確認します。**Close** をクリックし、*PCB Rules and Constraints Editor* ダイアログを閉じます。

ボードを手動または自動で配線する時に、GND と 12V のトラック幅は 25mil になり、それら以外のトラック幅は全て 12mil になります。

PCB 上への部品配置

部品を正しい位置に配置します。

1. ショートカットキーの **V, D** を押すと画面が拡大され、ボードと部品が表示されます。
2. コネクタ Y1 を配置する為、カーソルをコネクタのアウトラインのところに移動し、マウスの左ボタンを押し続けます。カーソルの形状が十字に変わり、部品の基準点に移動します。マウスボタンを押した状態でマウスを移動し、部品をドラッグします。
3. 図 5 の様に、ボードの左端の方へ（コンポーネントの全体がボードの範囲内に配置される様に）フットプリントを配置します。



接続ラインは、部品を移動すると自動的に最適化が行われます。これによって、接続ラインは最適な配置を行うためのガイドとして使用することができます。

図 5. 部品が配置されたボード

4. マウスボタンを放すと、その位置に部品が配置されます。部品と共に接続ラインが移動する点に注意してください。
5. 図 5 を参考にして残りの部品を配置します。部品を回転する必要があれば **SPACEBAR** を使用し、接続ラインは図 5 の様になります。接続ラインは、部品を移動すると自動的に最適化が行われます。

   部品の文字も同じ要領で配置が行えます。カーソルを文字の上に移動してドラッグすれば移動でき、**SPACEBAR** で回転できます。

DXP には、強力なインタラクティブ配置ツールが含まれています。これらの機能を使用し、4 つの抵抗を等間隔に整列させてみましょう。

1. **SHIFT** キーを押さえたまま、4 つの抵抗それぞれを左クリックします。選択した抵抗のまわりに、Selections のシステムカラーで設定した色のセレクションボックスがそれぞれ表示されます。セレクションボックスの色を変更するには、**Design » Board Layers & Colors** [ショートカット **L**]を選択します。
2. Utilities ツールバーから **Align Components by Top Edges** ボタン をクリックするか **Tools » Interactive Placement » Align** メニューから選択します。4 つの抵抗は、一番上の抵抗を基準にして整列されます。
3. Utilities ツールバーで **Make Horizontal Spacing of Components Equal** ボタンをクリックします。
4. デザインウィンドウで任意の場所をクリックし、すべての抵抗のセレクトを解除します。4 つの抵抗は、等間隔で整列されます。

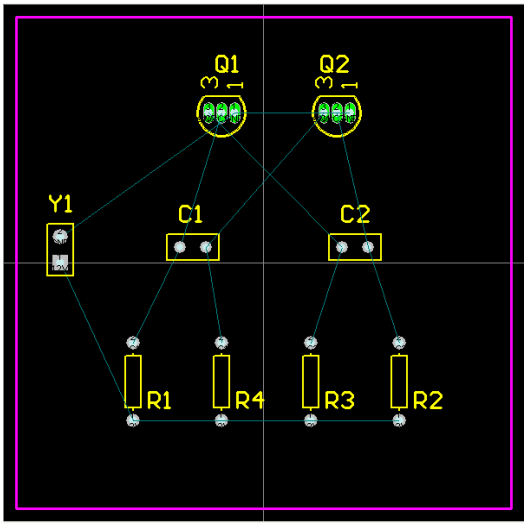
フットプリントの変更

今、フットプリントが配置されていますがコンデンサのフットプリントが大きめになっています。コンデンサのフットプリントを小さいものに変更します。

1. まず、新しいフットプリントを探してみます。**Libraries** パネルをクリックしライブラリリストから `Miscellaneous Deivices.IntLib` を選択します。**Libraries** パネル内の **Footprints** をクリ

ックし、フットプリントの一覧を表示させます。コンデンサを検索する為に Filter フィールドに `rad` と入力します。フットプリント名をクリックするとフットプリントが下に表示されます。RAD-0.1 が小さいフットプリントに相当します。

2. コンデンサをダブルクリックし、*Component* ダイアログの Footprint を `RAD-0.1` に変更して下さい。直接、新しいフットプリント名を入力するか、**...** ボタンをクリックし *Browse Libraries* ダイアログからフットプリントを選択します。**OK** をクリックすると新しいフットプリントがボードに現れデジグネーターが置き換えられます。
3. 下図のような PCB デザインになるはずです。



全てコンポーネントが配置され、トラックを引く準備ができました。

ボードのマニュアル配線

配線とは、ボード上にトラックとビアを配置することにより部品間を接続することです。DXP では、配線作業を簡単にするために、洗練されたマニュアル配線ツールと、強力な Situs トポロジカル自動配線ツールが新たに用意されています。この自動配線ツールでは、ボード全体や一部の高品質な配線をボタン 1 つで行うことができます。

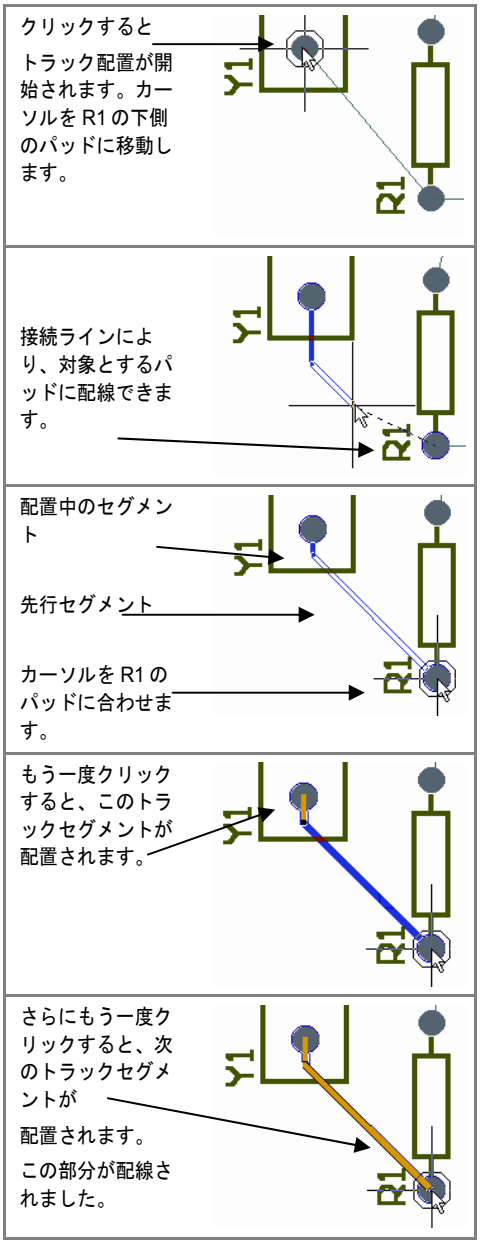
自動配線機能を使うと簡単にボードを配線することができますが、トラックを正確に配置したい場合や、決められた経路で配線を行いたい場合には、マニュアルによる配線を行う必要があります。こうした場合には、ボードの一部または全体をマニュアルで配線できます。チュートリアルのこのセクションでは、ボトムレイヤのみを使用しボード全体の配線をマニュアルで行います。

接続情報の "ラッツネスト" をガイドに、ボトムレイヤにトラックを配置してみます。

DXP の PCB では、トラックは連続したセグメントによって形成されています。配置方向を変化させる度に、新しいトラックセグメントが始まります。また、DXP は、トラックを垂直、水平、45° 等に配置できるため、熟練技術者のような配線が容易に行えます。尚、ここで紹介する操作はデフォルトの設定を使用していますが、必要に応じてカスタマイズすることが可能です。

1. Bottom Layer を表示させ、使用できるようにする為に、ショートカットキー**L** キーを押して *Board Layers & Colors* ダイアログを表示させます。Signal Layers セクションの Bottom Layer の隣の **Show** のチェックボックスをクリックします。**OK** をクリックすると Bottom Layer タブがデザインウィンドウに表示されます。

2. メニューから **Place » Interactive Routing** [ショートカット **P**, **T**]を選択するか、または **Interactive Routing** ボタンをクリックします。カーソルの形状が十字に変わり、トラック配置モードになります。
3. ドキュメントワークスペースの下部にあるレイヤタブを確認してください。現在、**TopLayer** タブがアクティブになっています。今回はボトムレイヤにトラックを配置するので、レイヤを切り換えます。キーボードのテンキーより * キーを押してください。使用できるシグナルレイヤが切り替わります。今度は **BottomLayer** タブがアクティブになります。
4. カーソルをコネクタ Y1 の一番下のパッドに合わせます。トラックの開始点で左クリックするか、または **ENTER** キーを押します。
5. カーソルを抵抗 R1 の下側のパッドに移動します。トラックがどのように配置されているか、注意して下さい。デフォルトでは、トラックは垂直、水平、45° 方向に制限されます。また、トラックが 2 つのセグメントになっていることに気づくはずです。最初の（パッドからスタートした）部分は青色になっています。これが実際に配置するトラックセグメントです。（カーソルが置かれている）次のセグメントは先行セグメントで、アウトラインで表示されています。このセグメントにより、次に配置するトラックセグメントの場所を決めて、トラックの向きは 45° または 90° のままで簡単に配置できます。
6. カーソルを抵抗 R1 の下側のパッドの中心に移動した後、左クリックするか **ENTER** キーを押して下さい。この時、最初のトラックセグメントは青色になり、ボトムレイヤに配置されたことを示します。カーソルを少し動かしてみると、まだカーソル上に 2 つのトラ



ックセグメントがあることがわかります。すなわち、次にマウスをクリックすると配置される青色のセグメントと、トラックの配置に役立つアウトライン表示された "先行" セグメントです。

7. 再度カーソルを R1 の下側のパッドに置きます。前のセグメントからパッドまでのセグメントが青色で表示されます。左クリックして青色のセグメントを配置します。

   これで最初の配線が完了しました。

8. カーソルを抵抗 R4 の下側のパッド上へ移動します。青色のセグメントが R4 に伸びています。左クリックしてこのセグメントを配置します。

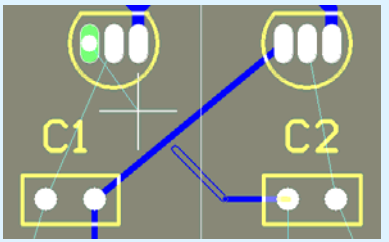
9. カーソルを抵抗 R3 の下側のパッドに移動します。このセグメントは青色ではなく、アウトライン形状の先行セグメントで表示されています。トラックセグメントの配置では、垂直/水平または 45° 角の配置モードを相互に切り換えることができます。現在は、45° モードになっています。**SPACEBAR** を押すと、セグメントのスタートモードが水平/垂直に切り替わります。セグメントは現在青色で表示されています。左クリックするか **ENTER** キーを押すと、セグメントが配置されます。

10. カーソルを抵抗 R2 の下側のパッドに移動します。もう一度 **SPACEBAR** を押してセグメントをスタートモードに切り換えます。左クリックするか **ENTER** キーを押すと、セグメントが配置されます。

11. 以上で最初のネットの配線が終了しました。右クリックするか、または **ESC** キーを押してトラックの配置を終了します。カーソルの形状は十字のままでトラック配置モードであることを示しており、引き続き次のトラックを配置できます。**END** キーを押すと画面が再描画され、配線したネットを確認できます。

12. 残りの部分も、この手順と同じ方法で配線できます。図 6 にマニュアル配線したボードを示します。

トラックの配置の際、大きな十字のカーソルを使用することができます。カーソルのサイズを変更するには、**Tools » Preferences** を選択します。*Preferences* ダイアログの **Options** タブにある Cursor Type から **Large 90** を選択してください。



先行セグメントがクリッピングしており、カーソルから離れています。PCB エディタでは、誤って他のオブジェクトを横切ってトラックを配線し、エラーが発生しないようになっています。この場合は、コンデンサを迂回して配線します。

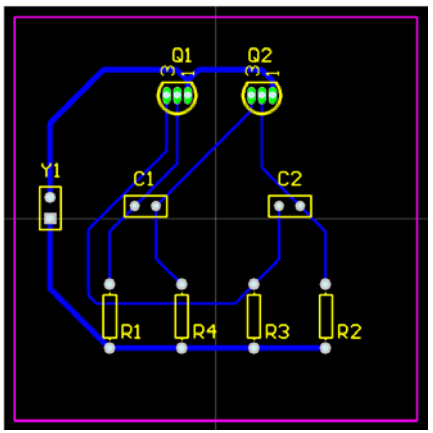


図 6. ボトムレイヤにマニュアル配線された状態

13. デザインを保存します[ショートカット **F**, **S** または **Ctrl+S**]。

トラック配置のキーポイント

トラックを配置する際のキーポイントを次に示します:

- マウスを左クリックすると（または **ENTER** キーを押すと）、そのレイヤの色のトラックセグメントが配置されます。アウトライン表示されているセグメントは、先行トラックを表しています。配置されたトラックはそのレイヤの色で表示されます。
- **SPACEBAR** を押すと、配置するトラックセグメントの水平／垂直スタートモードと 45° スタートモードが切り替わります。
- **END** キーを押すと画面が再描画されます。
- ショートカットキー**V, F** を押すと、再描画されすべてのオブジェクトが画面に表示されます。
- **PAGEUP** キーや **PAGEDOWN** キーを押すと、カーソル位置を中央にして画面表示の拡大、縮小を行います。マウスホイールを使用すると画面のスクロールができ、Shift キーを押しながらマウスホイールを動かすと左右にスクロールし、**Ctrl** キーを押しながらホイールを使用すると、画面表示の拡大、縮小を行います。
- **BACKSPACE** キーを押すと、最後に配置したトラックセグメントを削除します。
- 右クリックするか、または **ESC** キーを押すとトラックの配置が終わり、新たにトラックを配置できます。
- ネットが異なる箇所へは配線できません。DXP は、接続違反が無いか絶えず監視しており、違反があった場合には警告します。
- トラックセグメントを削除するには、左クリックします。クリックしたトラックに編集ハンドルが表示されます。**DELETE** キーを押すと、トラックセグメントが削除されます。
- DXP では簡単に再配線できます。それまでの冗長なトラックセグメントは右クリックすると自動的に削除され、新しいトラックセグメントが配線されます。
- PCB のトラックがすべて配線されたら、右クリックするか **ESC** キーを押して配線モードを終了します。カーソルが通常の矢印に戻ります。

以上でボードのマニュアル配線が終了しました。

ボードの自動配線

DXP で自動配線がいかに簡単に行えるかを、以下の手順で確認します:

1. まずメニューから **Tools » Un-Route » All** [ショートカット **U**, **A**]を選択し、ボードを未配線の状態に戻します。
2. **Autoroute » All** [ショートカット **A**, **A**]を選択します。*Situs Routing Strategies* ダイアログが表示されます。**Route All** をクリックします。Messages パネルに自動配線の過程が表示されます。

   このように DXP の自動配線では、簡単に熟練した PCB 設計者と同様の配線結果が得られ、また PCB ウィンドウで直接配線が行われるため、配線ファイルのエクスポートやインポートといった作業が不要となります。
3. **File » Save** [ショートカット **F**, **S**]を選択し、保存します。

自動配線されたトラックは、2 種類の色で表示されています。赤は部品面を示すトップレイヤで、青はボトムレイヤを示しています。自動配線は **Routing Layers** デザインルールで規定されているレイヤに配線を行います。これは PCB Board Wizard によって設定されています。また、2 種類の電源ネッ

トのトラック幅が太くなっていますが、これは新たに 2 つの Width デザインルールを設定したためです。

配線結果は部品の位置によって変わり、図 7 と同じにはならない可能性があります。

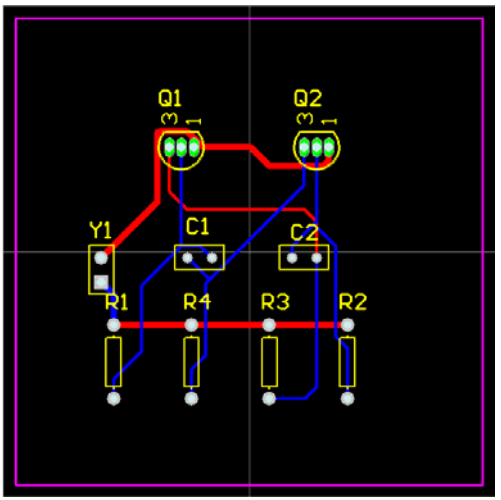


図 7. 自動配線によるボード

この PCB は、PCB 作成ウィザードではじめに定義したように、トップレイヤとボトムレイヤを使用する両面基板として配線することができます。メニューより **Tools » Un-Route » All** [ショートカット **U**, **A**]を選択し、ボードを未配線の状態に戻します。これまでと同じ要領で配線を行いますが、配線中にレイヤを切り換えるには*キーを押します。レイヤを切り換えると、DXP は自動的にビアを挿入します。

ボードデザインの確認

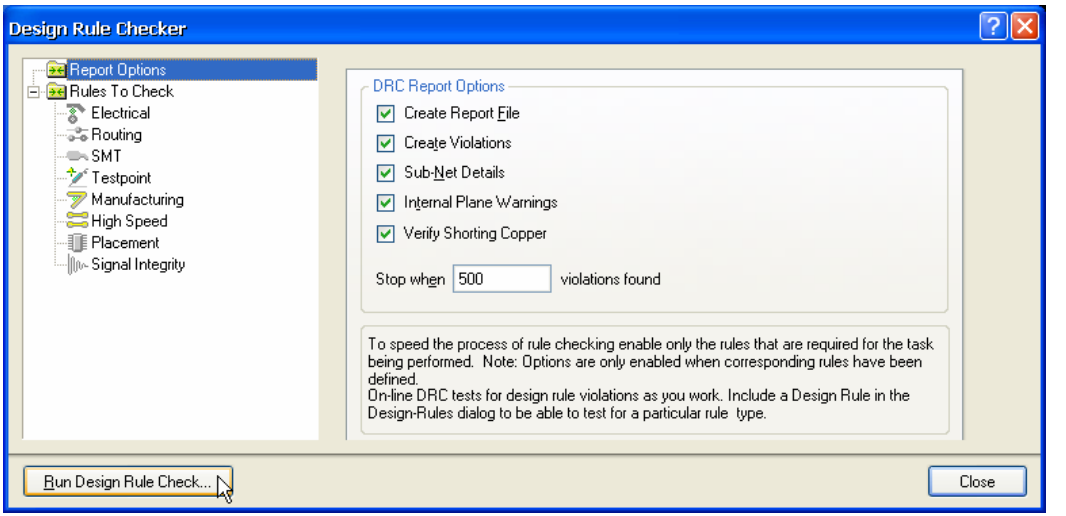
DXP は、PCB をより完全なものにするために多くのデザインルールのタイプを定義することができる、ルールドリブン設計環境です。一般的に、デザインプロセスの開始時にデザインルールを設定し、設計終了時にルールに従ってデザインが作成されているか確かめます。

チュートリアルの前半で、配線デザインルールを追加し、トラック幅に関するルールを追加しました。その他の多くのルールはすでに PCB Board Wizard によって作成されています。

配線が終了した PCB に対して、デザインルールに合致しているか確認するためデザインルールチェック(DRC)を実行します:

1. **Design » Board Layers & Colors** [ショートカット **L**]を選択し、System Colors セクションの **DRC Error Markers** オプションの隣にある **Show** ボタンにチェックが入っていることを確認します。もし、エラーがある場合は DRC エラーマーカーが表示されます。
2. メニューから **Tools » Design Rule Check** [ショートカット **T**, **D**]を選択します。オンライン及び、バッチ DRC の双方のオプションは、*Design Rule Checker* ダイアログ内で設定できます。カテゴリをクリックするとすべてのルールが表示されます。

DXP は、階層的デザインルールをサポートしています。定義された各スコープや同じクラスの多くのルールをセットする事ができます。ルールの priority はルールの優先順位を決定します。

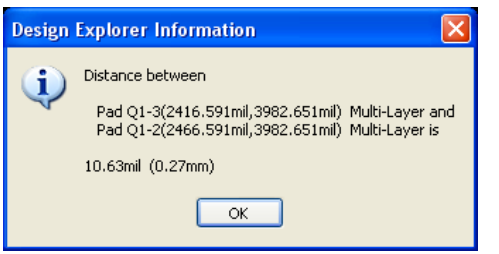


3. すべてのオプションをデフォルトの状態で **Run Design Rule Check** ボタンをクリックします。DRC が起動し、レポートファイル（`Multivibrator.DRC`）が開きます。その結果は、Messages パネルにも表示されます。PCB ドキュメントをアクティブにする為にクリックすると、デザインルールに違反しているトランジスタのパッドは、緑色にハイライト表示されています。
4. **Messages** パネルでエラーリストを調べます。リストには PCB デザインで発生した違反が表示されています。**Clearance Constraint** ルールの下に 4 つの違反箇所が記載されている点に注目して下さい。トランジスタ Q1 と Q2 のパッドが、13 mil のクリアランスルールに違反していることがわかります。
5. Messages パネルのエラーをダブルクリックすると、PCB での配置場所に移動します。

PCB をレイアウトする前に、ルーティングテクノロジや実際のデバイスの特性を確認し、Clearance Constraint ルールを設定します。エラー箇所に対しては、現在のクリアランスデザインルールを再検討し、対策を決定します。

トランジスタのパッド間の実際のクリアランスを調べるには、次の操作を実行します:

1. PCB ドキュメントをアクティブな状態にした後、カーソルをトランジスタの 1 つに合わせ、**PAGE UP** キーを押して拡大表示します。
2. **Reports » Measure Primitives** [ショートカット **R, P**]を選択します。カーソルの形状が十字に変わります。
3. カーソルをトランジスタの左側のパッドの中心に移動した後、左クリックするか **ENTER** キーを押します。パッドにトラックが接続されている場合、いずれかの選択を促すポップアップメニューが表示されるので、トランジスタのパッドを選択します。
4. カーソルをトランジスタの中央のパッドの中心に移動して左クリックするか、または **ENTER** キーを押します。もう一度ポップアップメニューからトランジスタのパッドを選択します。情報ボックスが表示され、パッド間の最短距離は 10.63mil と表示されます。



5. 情報ボックスを閉じ、右クリックか **ESC** キーで測定モードを終了します。さらにショートカット **V, F** で、ドキュメント全体を表示します。

現在のクリアランスデザインルールを見てみます。

1. メニューから **Design » Rules** [ショートカット **D**, **R**]を選択し、*PCB Rules and Constraints Editor* ダイアログを表示します。**Electrical** カテゴリをダブルクリックすると、ダイアログの右側に電気的なルールがすべて表示されます。ダイアログの右側で **Clearance** をダブルクリックし、`Clearance` をクリックすると、クリアランスのルールが表示されます。ダイアログの下側にルールが 1 つ表示され、ボード全体の最小クリアランスが 13 mil に設定してあることがわかります。トランジスタのパッド間のクリアランスはこの幅よりも小さく、これが DRC を実行した際エラー表示された原因です。

   トランジスタのパッド間は 10 mil よりやや大きいことがわかっているため、トランジスタだけはデザインルールのクリアランスを 10 mil に設定します。
2. Design Rules パネルで **Clearance** タイプを選択し、右クリックして **New Rule** を選択し、clearance constraint ルールを新しく追加します。
3. 新しい Clearance ルール（`Clearance_1`）をクリックします。表示されたダイアログの **Constraints** セクションで **Minimum Clearance** を 10 mil に設定します。
4. **Advanced (Query)**をクリックし、次に **Query Helper** をクリックして Memberships Checks から構文を作成するか、もしくは直接、Query フィールドに以下の構文を入力します:
   `HasFootprintPad('BCY-W3/E4','*')`
   *(アスタリスク)は BCY-W3/E4 のフットプリントの '任意のパッド' を示します。
5. Second Object のスコープは All のまま、**Close** をクリックし *PCB Rules and Constraints Editor* ダイアログを閉じます。
6. *Design Rules Checker* ダイアログ(**Tools » Design Rule Check**)の **Run Design Rule Check** ボタンをクリックし、DRC を再実行してみます。ルール違反はない筈です。
7. PCB とプロジェクトファイルを保存します。

これで PCB レイアウトが完全なものになりましたので、次はドキュメントの出力です。

プロジェクトアウトプットの設定

印刷用ファイルや出力ファイルのようなプロジェクトアウトプットは、他のプロジェクトにコピーや貼り付けを行うことができ、修正が可能な Output Job ファイルで設定します。もしくは、File メニューから個々のコマンドを選択し設定します。

1. **File » New » Output Job File** を選択します。そして、設定したい出力を選択してからダブルクリックし、その出力設定を変更します。設定が完了したら Output Job ファイルを保存します。
2. 出力ファイルを、出力タイプによって個々のフォルダに送りたい場合は、**Project » Project Options** を選択し、**Options** タブをクリックします。そして、**Use separate folder for each output type** をクリックしチェックマークを入れ、**OK** をクリックします。

印刷

PCB のレイアウトと配線が終了したことにより、出力ドキュメントを作成する準備が整いました。これらのドキュメントには、PCB の製造データ、実装図面、部品の位置情報等が含まれます。

これらの図面を作成する為に、DXP には洗練されたプリントエンジンが含まれており、印刷工程を完全にコントロールすることができます。一緒に出力する PCB レイヤを細かく設定したり、図面（プリントアウト）をプレビューして縮尺や印刷方向を設定し、印刷する前に正確な出力イメージを捉えることができます。

ここではデフォルトの出力設定を使用してプレビューを作成します。

1. PCB のメニューから **File » Print Preview** を選択します。PCB が解析され、デフォルト状態のプリント出力がプリントプレビューウィンドウに表示されます。**Close** をクリックします。
2. プリンタにコンポジット図面を送る為に、**File » Print** を選択します。
3. ターゲットプリンタや印刷方向、縮尺を変更するには、メニューから **File » Page Setup** を選択します。使用したいプリンタを選択し、Printer Paper が Landscape に設定されていることを確認します。高度な印刷オプションは、このダイアログからも利用できます。

製造用出力ファイルの作成

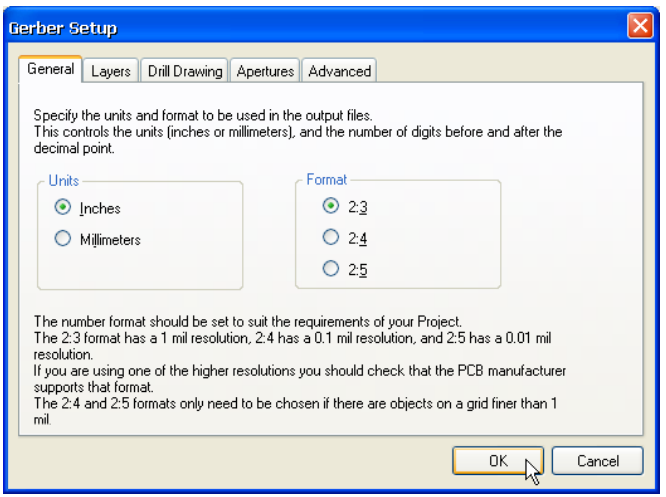
PCB 設計プロセスの最終段階は、製造用ファイルの作成です。主なファイルとしては、ガーバーファイル、NC ドリルファイル、部品位置情報ファイル、部品表、およびテストポイントファイル等の、製造と実装用のデータがあります。出力ファイルは **File » New » Output Job File** で設定するか、または **File » Fabrication Outputs** メニューでコマンドを選択して設定します。製造用ドキュメントの設定は、プロジェクトファイルの一部として保存されます。

ガーバーファイルの生成

コンポーネントオーバーレイ、トップシグナルレイヤ、ボトムシグナルレイヤ、ソルダーマスクレイヤ等の各ガーバーファイルは、実際の PCB の各レイヤにそれぞれ対応します。尚、ガーバーファイルや NC ドリルファイルを生成する前に、PCB の製造業者へ必要なデータの形式について問い合わせておく必要があります。

このチュートリアルの PCB 製造ファイルを作成するには、次の操作を実行します:

1. PCB をアクティブなドキュメントにして、**File » Fabrication Outputs » Gerber files** を選択します。*Gerber Setup* ダイアログが表示されます。

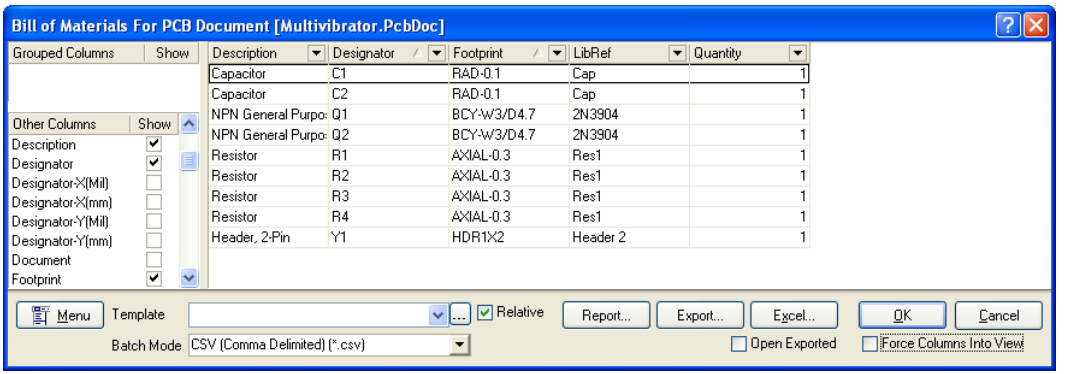


もし、出力ファイルを作成した時に自動で開きたくない場合は、**Project » Project Options** を選択し、**Options** タブをクリックして **Open Outputs after compile** のチェックをはずして下さい。

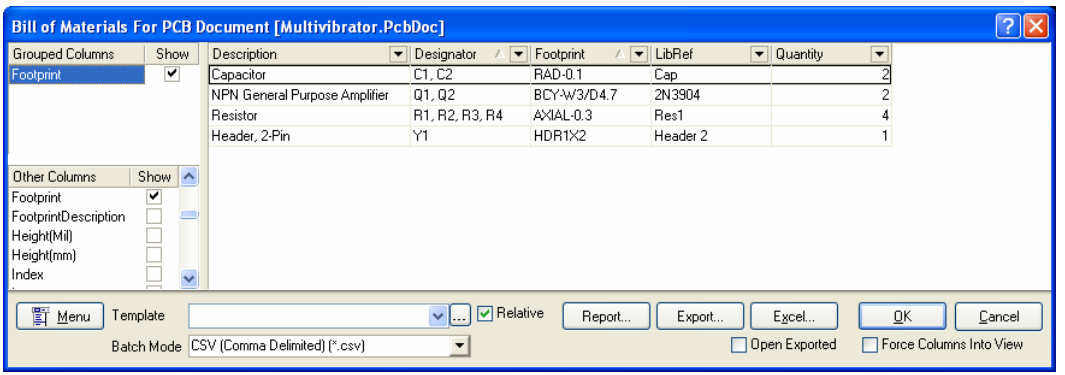
2. **Layers** タブをクリックして出力したいレイヤを選択します。右クリックして **Plot Layers** を選択し、**Used On** を選択します。他はデフォルト設定を適用しますので **OK** をクリックします。
3. ガーバーファイルが生成され、CAMtastic! が開いてファイルが表示されます。ガーバーファイルは `Project Outputs` フォルダに保存されます。このフォルダは、プロジェクトファイルが保存されているフォルダに自動的に作成されます。各ファイルにはレイヤ名に対応したファイルの拡張子が追加され、例えば、Gerber Top Overlay のファイルは `Multivibrator.GTO` となります。これらのファイルは、Projects パネルの `Generated Documents` のフォルダの下に追加されます。

部品表の作成

1. 部品表を作成するには、PCB ドキュメント（`Multivibrator.PcbDoc`）をクリックし、**Reports » Bill of Materials** を選択します。*Bill of Materials for PCB* ダイアログが表示されます。



2. このダイアログで部品表を作成します。部品表に追加したい項目の隣にある **Show** をクリックします。
3. 部品表の欄でコンポーネントをグループ化するには、グループ化したい項目を Other Columns で選択し、Grouped Columns にドラッグ移動して下さい。例えば、Footprint でグループ化するには、Other Columns で **Footprint** を選択し Grouped Column にドラッグして下さい。リストは Footprint ごとに分類されます。



4. **Report** をクリックすると、部品表のプリントプレビューが表示されます。**Print** ボタンをクリックするとこのプレビューが印刷できます。また、**Export** ボタンをクリックすると Microsoft Excel の`.xls` のようなファイル形式でエクスポートできます。ダイアログを閉じます。

これで PCB の設計プロセスがすべて完了しました。

より詳細な調査のために

このチュートリアルでは、DXP の強力な機能のいくつかを紹介しました。ここでは回路図を作成し、デザインの過渡シミュレーションの実行し、PCB での設計や配線を行いました。これらは全て DXP に搭載されている統合ツールです。しかし、これらは DXP で供給されている強力なデザイン機能の一部に過ぎません。

一度、DXP の機能について調べると、より簡単に設計できる機能を発見することができます。ソフトウェアの機能を実証する為に、多くのサンプルファイルが含まれています。メニューから **File » Open** を選択し、通常の方法でサンプルファイルを開くことができます。サンプルファイルは、`\Program Files\Altium2004\Examples\`のフォルダに保存されています。このフォルダ内には、ボードデザインのサンプルファイルの他に、DXP の特別な機能を備えたサンプルファイルが保存されている多くのサブフォルダも含まれています。

DXP のアナログ、デジタルシミュレーションの機能を検証する為に、`Circuit Simulation` サブフォルダを確認します。アンプや電源などのアナログのサンプルファイルと同様に、混在モード、関数、ソース依存型線形・非線形のサンプルや真空管などの様々なサンプルファイルがあり、回路デザインを検証することができます。

ロジックのスイッチング、デザインクロックスピードの更なる高速化に伴い、デジタル信号の質は、より重要になります。DXP には、ボードレイアウトを正確に設計し分析できる洗練された伝送線路解析ツールが含まれています。インピーダンス、オーバーシュート、アンダーシュート、スロープなどの伝送線路解析に必要な設定は PCB デザインルールで定義され、標準のデザインルールチェックで検査されます。

もし、より詳細な解析が必要なネットがある場合は、反射やクロストーク解析が実行できる Signal Integrity Analyzer へデザインを渡す為に **Tools » Signal Integrity** を選択します。その結果は、実行した内容を検証でき、波形から直接、測定できるオシロスコープのような波形アナライザに表示されます。

この入門チュートリアルをご覧頂きありがとうございます。

更新履歴

Date	Version No.	Revision
22-Jan-2004	1.0	New product release

Software, documentation and related materials:

Copyright © 2004 Altium Limited.

All rights reserved. Unauthorized duplication, in whole or part, of this document by any means, mechanical or electronic, including translation into another language, except for brief excerpts in published reviews, is prohibited without the express written permission of Altium Limited. Unauthorized duplication of this work may also be prohibited by local statute. Violators may be subject to both criminal and civil penalties, including fines and/or imprisonment. Altium, DXP, Design Explorer, nVisage, Nexar, Protel, P-CAD, CircuitStudio, NanoBoard, NanoTalk, Tasking, CAMtastic, Situs and Topological Autorouting and their respective logos are trademarks or registered trademarks of Altium Limited. All other registered or unregistered trademarks referenced herein are the property of their respective owners and no trademark rights to the same are claimed.