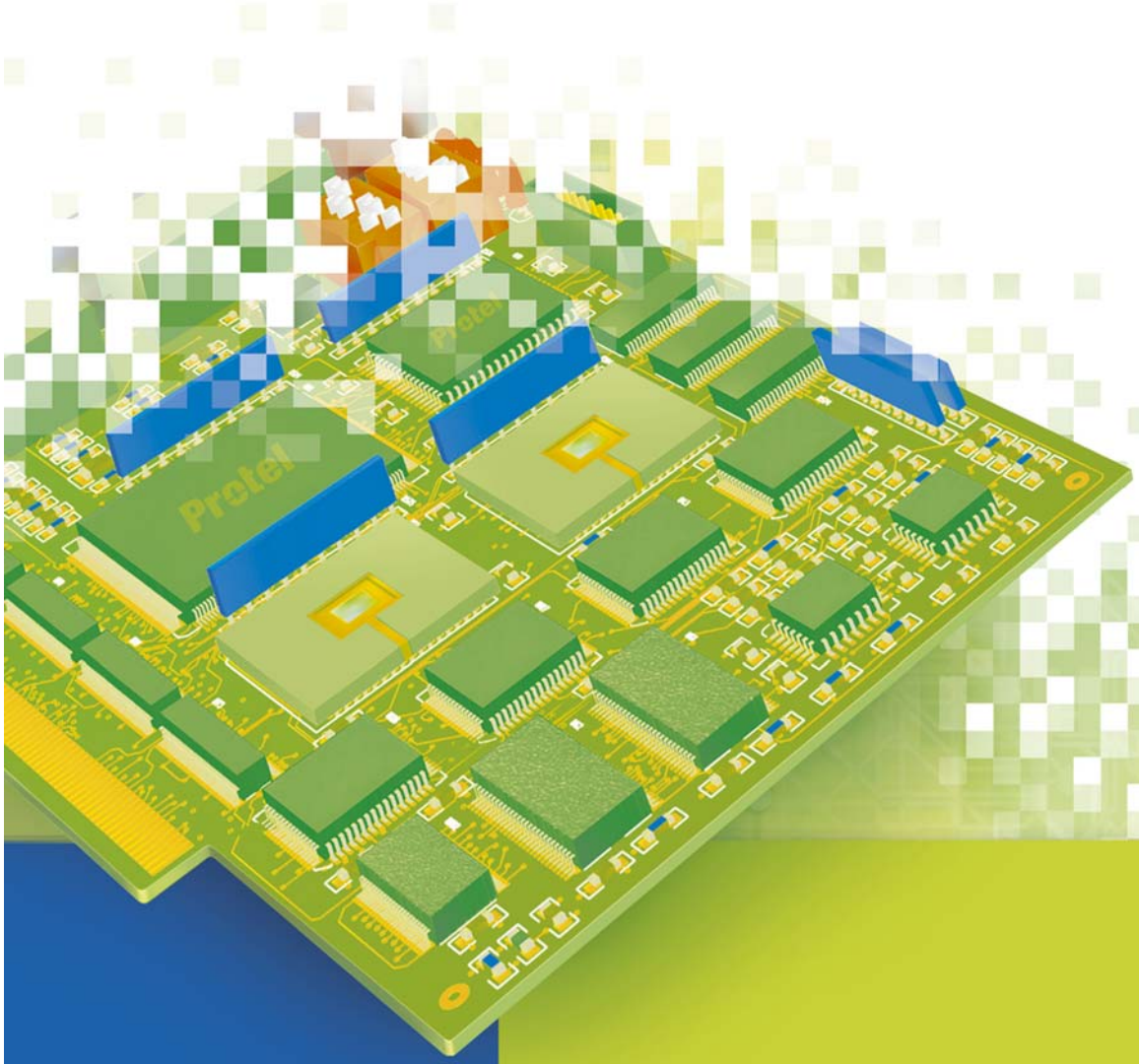
DESIGN EXPLORER
DXP
TECHNOLOGY BY ALTIUM

Introducing

Protel DXP™

チュートリアル



Protel®
Board-level design system from Altium.

A step-by-step introduction to
Altium's complete board-level design system

目次

Protel DXP へようこそ 3
Protel DXP デザインエクスプローラ 3
　デザインドキュメントの保存方法 5
新規プロジェクトの作成 5
　回路図シートの新規作成 5
　回路図シートのプロジェクトへの追加 6
　回路図オプションの設定 6
　回路図の作成 7
　部品の取り出しとライブラリの登録 7
　回路図上に部品を配置する 8
　回路の接続 11
プロジェクトのオプション設定 13
　回路図の電気属性のチェック 13
プロジェクトのコンパイル 16
PCB ドキュメントの新規作成 17
　新しい PCB をプロジェクトに追加 18
デザイン情報の転送 18
　PCB の更新 18
PCB の設計 19
　PCB ワークスペースの設定 19
　レイヤースタックとその他のレイヤーの設定 20
　新しいデザインルールの設定 21
　PCB 上への部品配置 24
　ボードのマニュアル配線 27
　ボードの自動配線 29
　ボードデザインの確認 30
プロジェクトアウトプットの設定 32
　Windows プリンタによる印刷 32
　製造用出力ファイルの作成 33
回路のシミュレーション 35
　シミュレーションの設定 35
　トランジェント解析の実行 36
より詳細な調査のために 38
　アドオンツール 38
ショートカットキー 39
　デザインエクスプローラショートカット 39
　回路図とＰＣＢで共通のショートカット 39
　回路図のショートカット 40
　PCB のショートカット 40

Protel DXP へようこそ

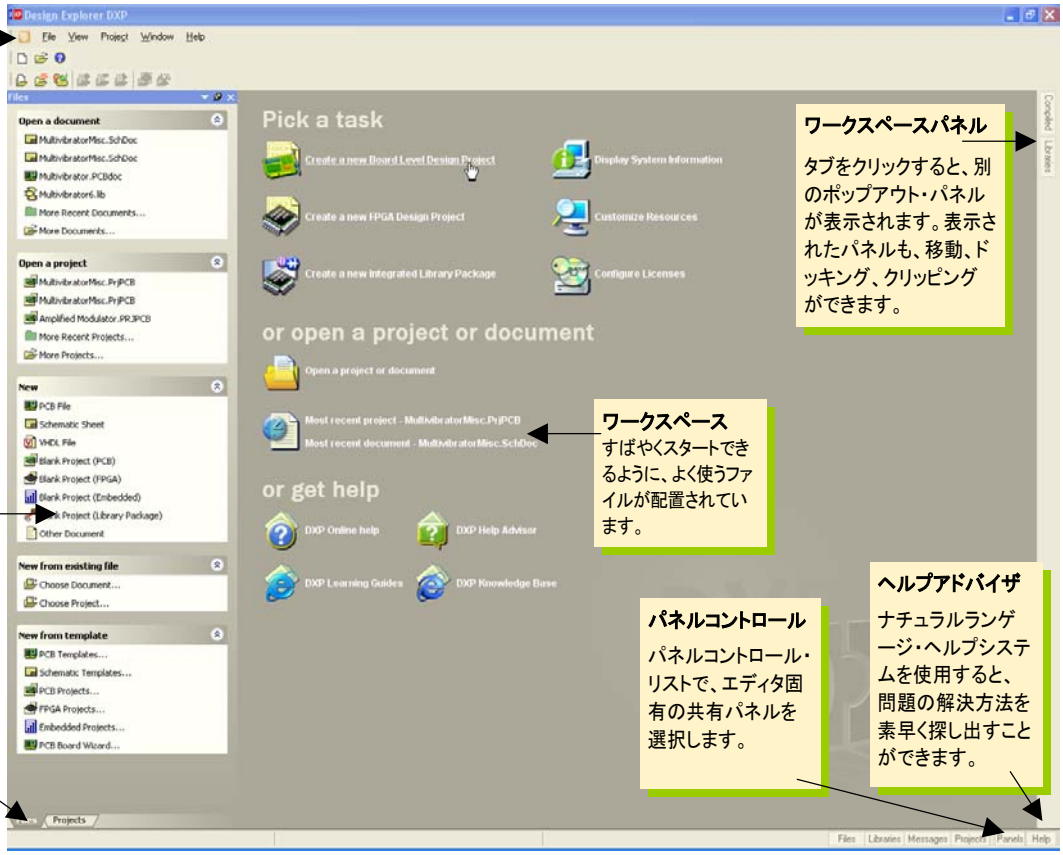
Windows 2000/XP 用の 32bit 電子設計システム、Protel DXP の世界へようこそ。この Protel DXP では、最初のコンセプトの段階から最終のボードレイアウトまでのすべてを容易に実現できる、統合された開発環境が提供されます。

DXP は、全てのツールを *デザインエクスプローラ* という単一のアプリケーション環境で使用することができます。Protel DXP を起動しデザインエクスプローラがオープンした後は、タブを選択するだけですべてのデザインツールを使用することができます。また、共通化された操作性とカスタマイズ可能なユーザー環境を手に入れることができます。

このチュートリアルでは、回路図の作成方法、デザイン情報を PCB に更新する方法、製造用出力ファイルを作成する方法について概略を説明します。また、プロジェクト、統合ライブラリ、および回路シミュレーションのコンセプトについても説明します。

Protel DXP 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オープンするには、Windows のスタートメニューから **Programs » Altium » Protel DXP** をセレクトします。DXP をオープンすると、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。



システムメニュー
下向矢印のアイコンをクリックしてシステムメニューを表示し、システム環境を設定します。その他のメニューとツールバーは、編集するドキュメントのタイプに応じて自動的に切り替わります。

ワークスペースパネル
タブをクリックすると、別のポップアウト・パネルが表示されます。表示されたパネルも、移動、ドッキング、クリッピングができます。

ワークスペースパネル
ファイルパネル、プロジェクトパネル、ヘルプアドバイザ・パネルで構成されています。パネルのタイトルをクリックして新しい場所にドラッグすると、移動、ドッキング、クリッピングができます。
パネル下部のタブをクリックすると内容が表示されます。

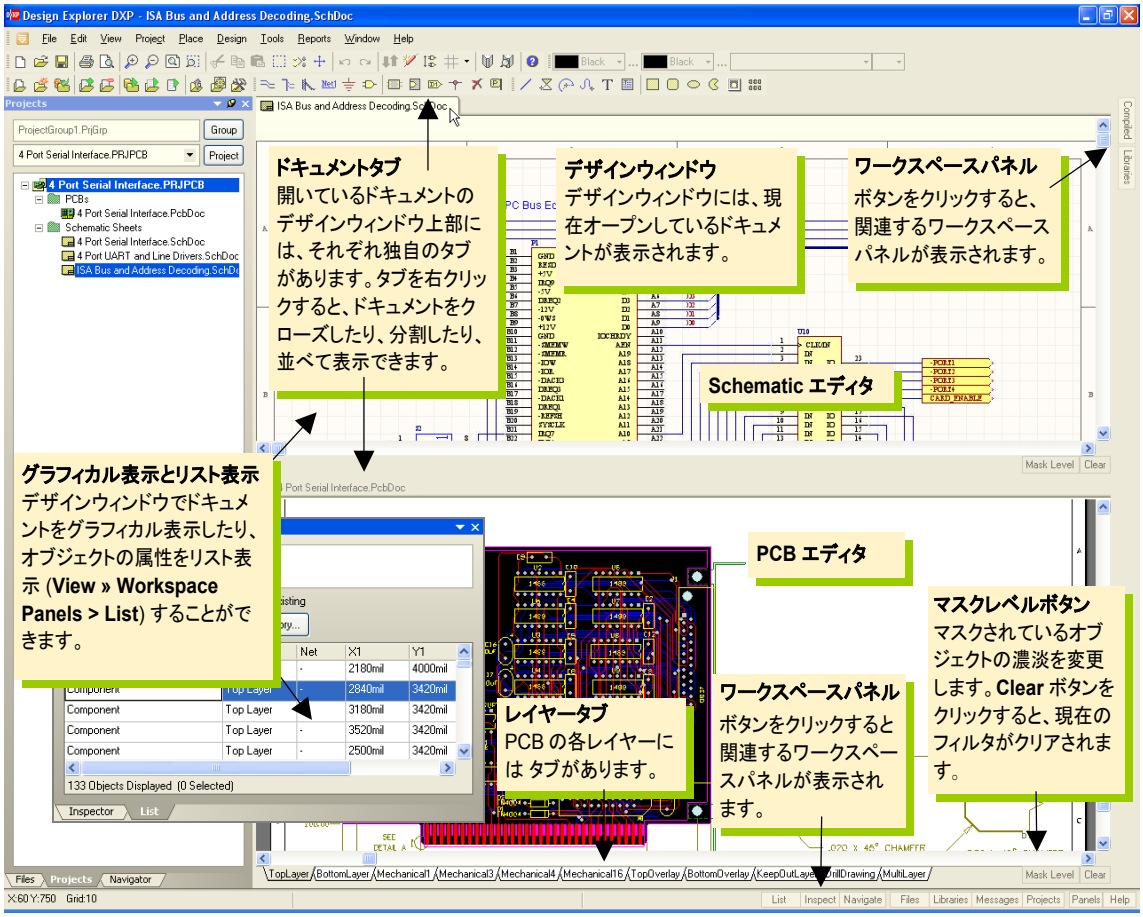
ワークスペース
すばやくスタートできるように、よく使うファイルが配置されています。

パネルコントロール
パネルコントロール・リストで、エディタ固有の共有パネルを選択します。

ヘルプアドバイザ
ナチュラルランゲージ・ヘルプシステムを使用すると、問題の解決方法を素早く探し出すことができます。

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。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。

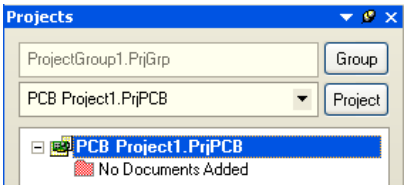
プロジェクトの新規作成プロセスは、すべてのプロジェクトタイプで同じです。ここでは PCB プロジェクトの例で説明します。まずプロジェクトファイルを作成し、次にブランクの回路図シートを作成して空のプロジェクトを新しく追加します。このチュートリアルの後半ではブランクの PCB を作成し、同様にプロジェクトに追加します。

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. デザインウィンドウの **Pick a Task** セクションで、**Create a new Board Level Design Project** をクリックします。

   または、**Files** パネルの **New** セクションで **Blank Project (PCB)**をクリックします。このパネルが表示されていない場合は、ワークスペース右下の **Files** ボタンをクリックするか、またはデザインマネージャのパネル下部にある **Files** タブをクリックします。

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** をセレクトし、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。

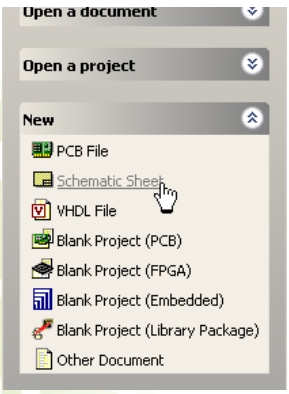
次に、空のプロジェクトファイルに追加する回路図を作成します。

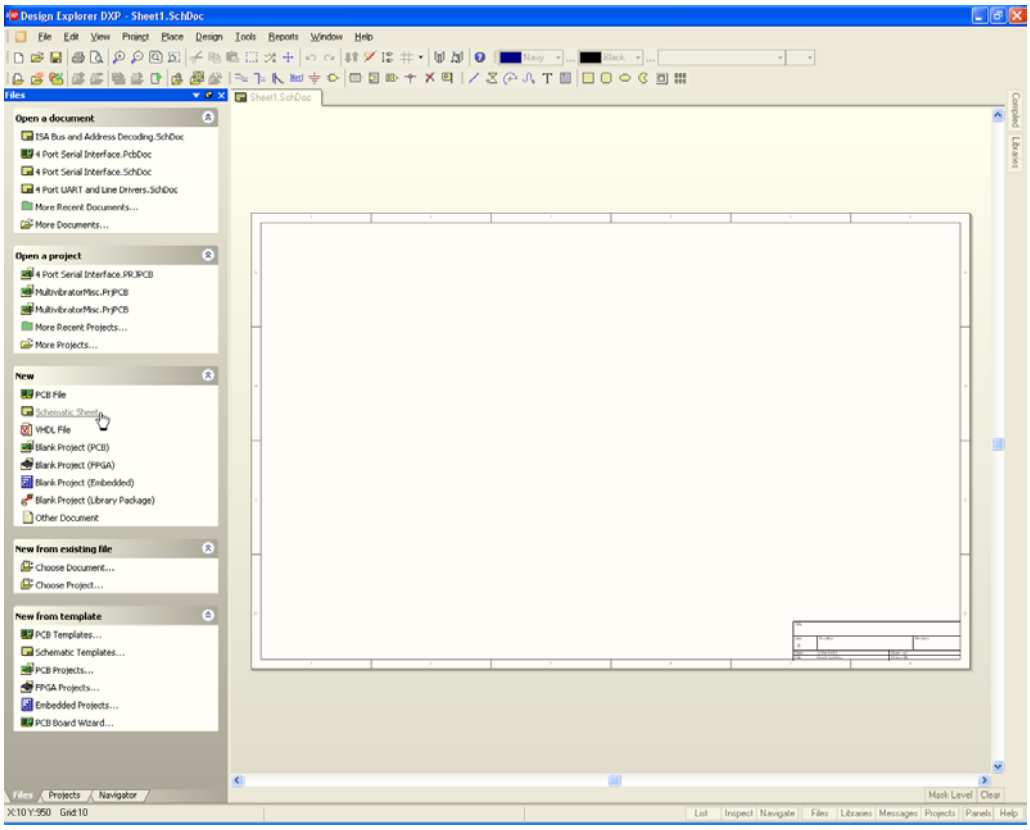
ここでは、非安定マルチバイブレータの回路図を作成します。

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** をセレクトするか、**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ます。





2. **File » Save As** をセレクトし、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、フローティングツールバーの位置を変更できます。位置を変更するには、ツールバーのタイトル部分をクリックしたまま新しい位置までドラッグします。ツールバーをドッキングするには、メインウィンドウの上下左右の端まで移動させます

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

回路図シートのプロジェクトへの追加

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オープンされている場合は、**Projects** パネルの Free Documents セクションにある回路図ドキュメント上で右クリックを行い、**Add to Project** をセレクトします。回路図シートは、**Projects** タブでプロジェクト名が表示されている下側の **Schematic Sheets** のところに移動し、プロジェクトとリンクします。

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** をセレクトすると、*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 に設定するには、スクロールバーを使ってスクロールアップします。

3. 設定ができたら OK ボタンをクリックしてダイアログボックスをクローズしてください。図面の大きさが A4 に更新されます。

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。

4. 図面全体を表示するには **View » Fit Document** をセレクトします。

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** をセレクトするには、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** 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. メニューから **Tools »Schematic Preferences** [ショートカット **T**, **P**]をセレクトします。これにより *Preferences* ダイアログボックスが表示されます。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。

回路図シートはドキュメントテンプレート(.dot) プとして保存し、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。

2. **Default Primitives** タブをクリックして **Permanent** にチェックを入れます。設定ができたら **OK** ボタンでダイアログボックスをクローズしてください。
3. 回路の作成を始める前に、**File » Save** [ショートカット **F**, **S**]をセレクトしてこの回路図シートを保存します。

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。

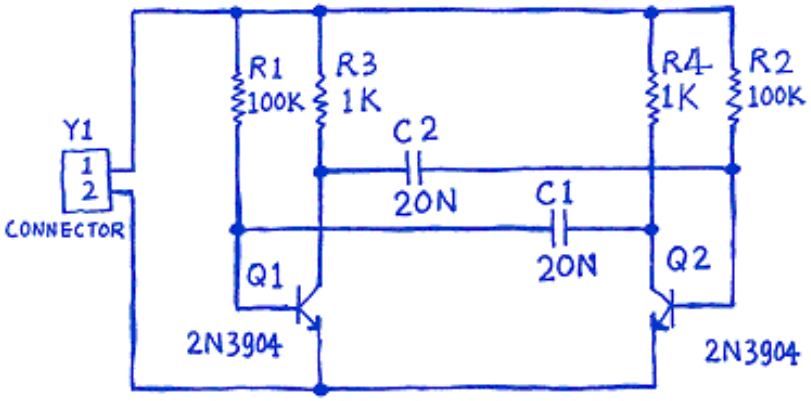


図 1. 非安定マルチバイブレータ

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。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ってください。

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** をセレクトします。*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、Library Type が Integrated に設定されていること(すべての部品情報を含む統合ライブラリのみを検索するため)、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。ライブラリへのパスは、DXP インストール時のデフォルトでは `C:\Program Files\Altium\Library\`となります。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)。

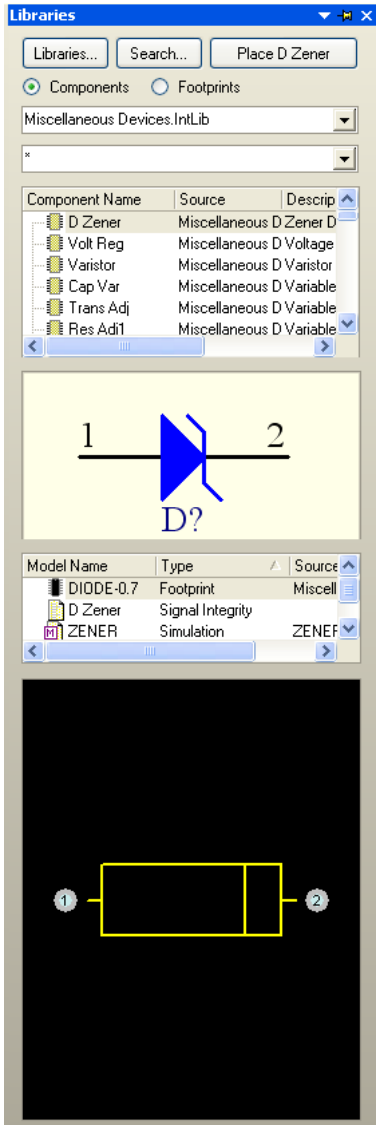
5. **Search** ボタンをクリックして検索を開始します。検索を開始すると **Results** タブが表示されます。正しく記入されていればライブラリファイルが検索され、*Search Libraries* ダイアログに表示されます。

6. `Miscellaneous Devices.IntLib` をクリックしてセレクトします。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* ダイアログをクローズします。

   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。



回路図上に部品を配置する

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**]をセレクトし、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。

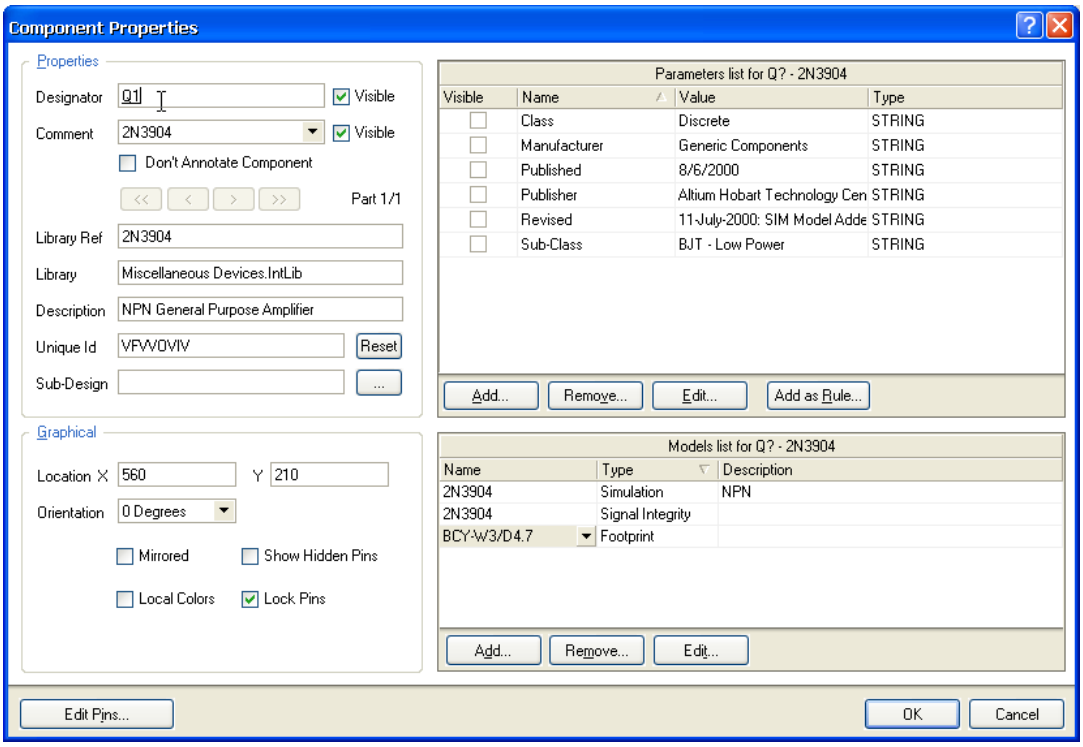
4. フィルタ機能を使用することにより、必要な部品をすばやく見つけ出すことができます。ワイルドカード(*)を使用すると、ライブラリの部品がすべてデフォルトで表示されます。フィルタを設定するには、ライブラリ名の下にあるフィルタフィールドに`*3904*`と入力します。Component Name フィールドの一部に “3904” という文字がある部品のリストが表示されます。

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、まず必要なプロパティを記入します。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。

回路図の部品と PCB の部品との関連付けは Footprint(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。



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統合ライブラリを使用したため、フットプリントや回路シミュレーションには推奨モデルが使用されています。Models リストに `BCY-W3/D4.7` という型番が表示されていることを確認します。その他のフィールドは、すべてデフォルト値のままにしておきます。

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。

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。

プレートカーソルで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。

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)** ボと続けて押し、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。

次に抵抗を 4 個配置します。

1. **Libraries** パネルの `Miscellaneous Devices.IntLib` 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。
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。 パラメーターValue 欄をクリックし、値（Value）を `100k` としてください。（**Parameters** リストで Value の名前を選択している場合は、**Edit** を押します。）

   （このコンポーネントでは、Value というパラメーターが含まれているはずですが、もし、無い場合は Parameter リストの下にある **Add** をクリックし、*Parameter Properties* ダイアログを表示します。`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** を選択します。Value の **Visible** はチェックし、**OK** をクリックします。）
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、ダイアログをクローズし、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。
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 `Miscellaneous Devices.IntLib` にあり、すでに **Libraries** パネルで選択されています。
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て、値が 20n の Comment パラメータを作成します。
5. Parameter フィールドの設定が回路図に表示されます。Parameter リストの Value 欄をクリックし、値（Value）を `20n` としてください。（このコンポーネントも、Value というパラメーターが含まれているはずですが、もし、無い場合は Parameter リストの下にある **Add** をクリックし、

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* ダイアログをオープンします。

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放すとその位置に部品が置かれます。

Parameter Properties ダイアログを表示します。`Value` という名称を入力し、値を `20n` とします。パラメーターのタイプとして **String** を選択します。Value の **Visible** はチェックし、**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. 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。

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. 配置するのは 2 ピンのコネクタです。フィルタを `*2*` に設定します。
2. パネルのリストから **HEADER2** をマウスでセレクトし、**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、**Designator** を `Y1` に、PCB フットプリントモデルを `HDR1X2` に設定します。設定ができたら **OK** ボタンをクリックしてダイアログをクローズします。
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。その後でコネクタを回路図上に配置します
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**]をセレクトし、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配置することができないためです。そのように配置すると、どちらのピンもワイヤに接続されてしまいます。

移動するに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。

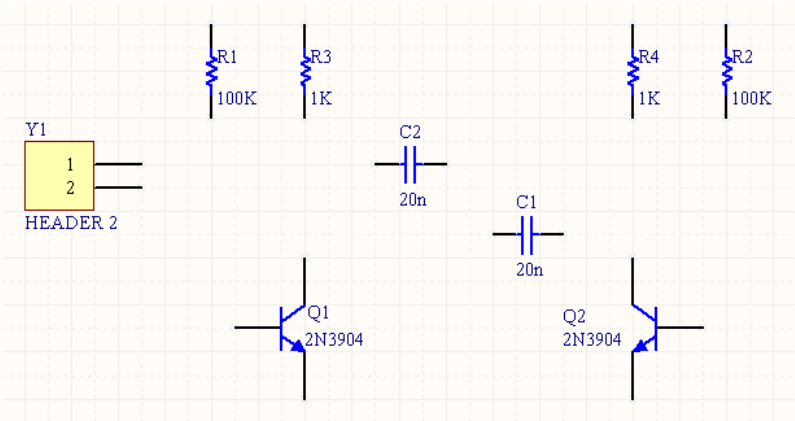


図 2. 全部品が配置された回路図.

回路の接続

次に、配置した部品間をワイヤによって接続します。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. メニューから **View » Fit All Objects** [ショートカット **V, F**]をセレクトして、回路図シートの全体を表示します。
2. まず、次の方法でトランジスタ Q1 のベースに抵抗 R1 を配線します。メニューから **Place » Wire** [ショートカット **P**, **W**]をセレクト、またはワイヤリングツールバーから **Wire** ボタンをクリックしてワイヤの配置を開始します。カーソルの形状が十字型に変わります。
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、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 の左側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折れ曲がります。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. カーソルを Q1 のベースに置くと、赤い接続マーカーに変わります。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. 右クリックするか **ESC** キーを押すと、このワイヤの配置は終了します。ただし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 **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。

配置されたワイヤの形状や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、DXP により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折れ曲がります。
- BACKSPACE を押すとワイヤ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。

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。

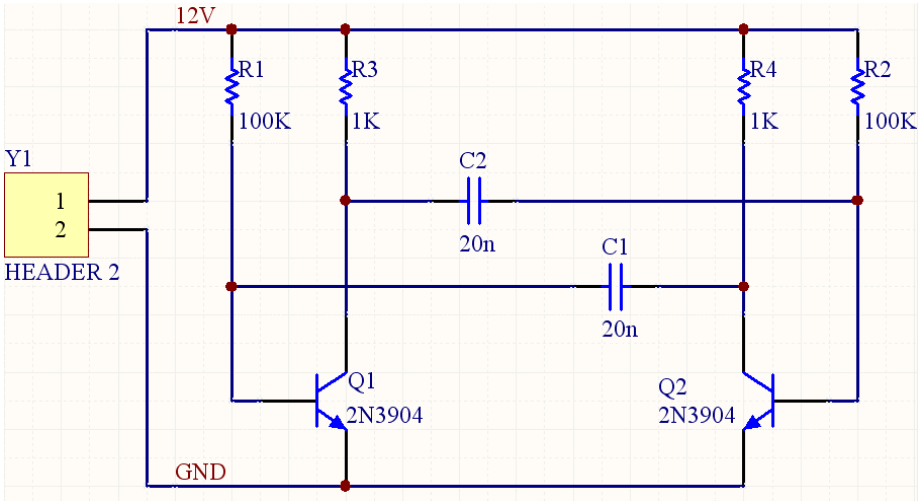


図 3. 配線が完了した回路図

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箇所を簡単に識別するために*ネットラベル*が追加できます。

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. メニューから **Place » Net Label** をセレクトします。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クローズします。
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。
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、**OK** ボタンをクリックしてダイアログをクローズし、ネットラベルを配置します。
7. **File » Save** [ショートカット **F**, **S**]をセレクトして回路を保存します。

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、プロジェクトのオプションを設定します。

プロジェクトのオプション設定

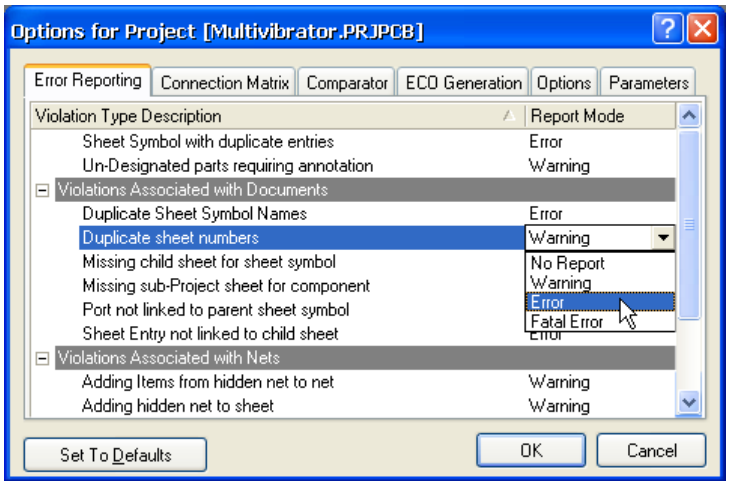
プロジェクトのオプションには、エラーチェック用のパラメーター、接続マトリックス、Comparator 設定、ECO 生成、サーチパスがあり、サーチパスでは、ライブラリのようなドキュメントや指定するプロジェクトパラメータをプログラムが検索するフォルダを表示します。DXP では、こうした設定を使用してプロジェクトをコンパイルします。

プロジェクトがコンパイルされると、全体的なデザインルール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。

ネットリスト、シミュレータ、ドキュメント(印刷)、組立と製造アウトプット、レポートなどのプロジェクトアウトプットはすべて *Outputs for Project* ダイアログで設定します。詳細は、「プロジェクトアウトプットの設定」を参照してください。

1. **Project » Project Options** をセレクトします。*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すべてこのダイアログで設定します。

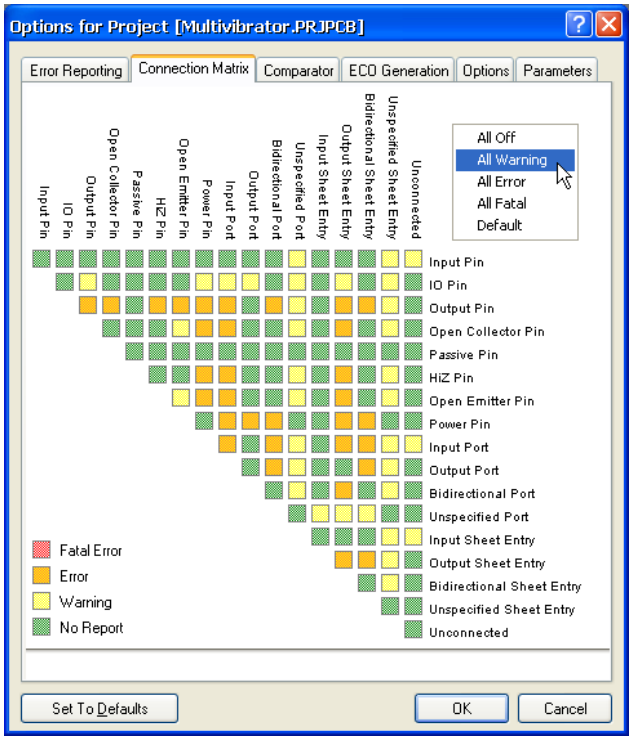
回路図の電気属性のチェック

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、DXP の 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



エラーレポートを実行して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、*Options for Project* ダイアログボックスの Connection Matrix タブに、発生したエラーの程度が表示されます。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。

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。

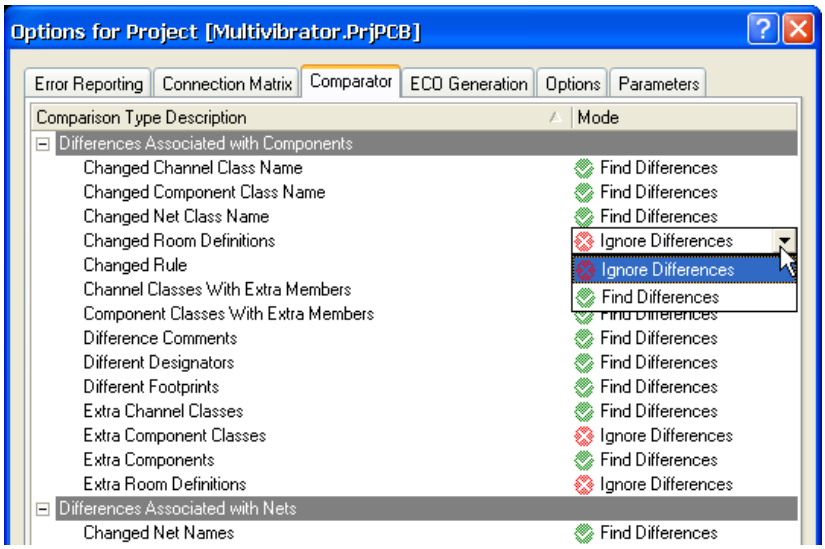
このチュートリアルで作成した回路には、Passive Pins(抵抗、コンデンサ、コネクタのピン)と Input Pins (トランジスタのピン)のみが使用されています。この接続マトリックスで、未接続のパッシブピンを見つけられるかチェックしてください。

1. マトリックスの横の列から **Passive Pin** を見つけてください。次に縦の列から **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ています。

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、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。

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. 右側にある Mode 列で、ドロップダウンリストから **Ignore Differences** をセレクトします。



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、*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** をセレクトします。
2. プロジェクトのコンパイル時に発生したエラーは、デザインウィンドウ下部の Messages パネルに表示されます。コンパイルしたドキュメントは **Compiled** パネルに一覧表示され、水平階層、リスト表示された部品とネット、閲覧可能な接続モデルも同時に表示されます。

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. C1 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選択した色で表示されます。ワイヤを削除するには **DELETE** キーを押します。
3. **Project » Compile PCB Project** をセレクトしてプロジェクトを再コンパイルし、エラーメッセージがないか確認します。

   Messages パネルがオープンし、回路に未接続の入力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。また、*Project Options* ダイアログの **Error Reporting** タブのオプションにより、入力ピンがフローティング状態になっている場合のエラーを検出できます
4. Messages パネルのエラーをクリックすると、*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。

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** を実行します。

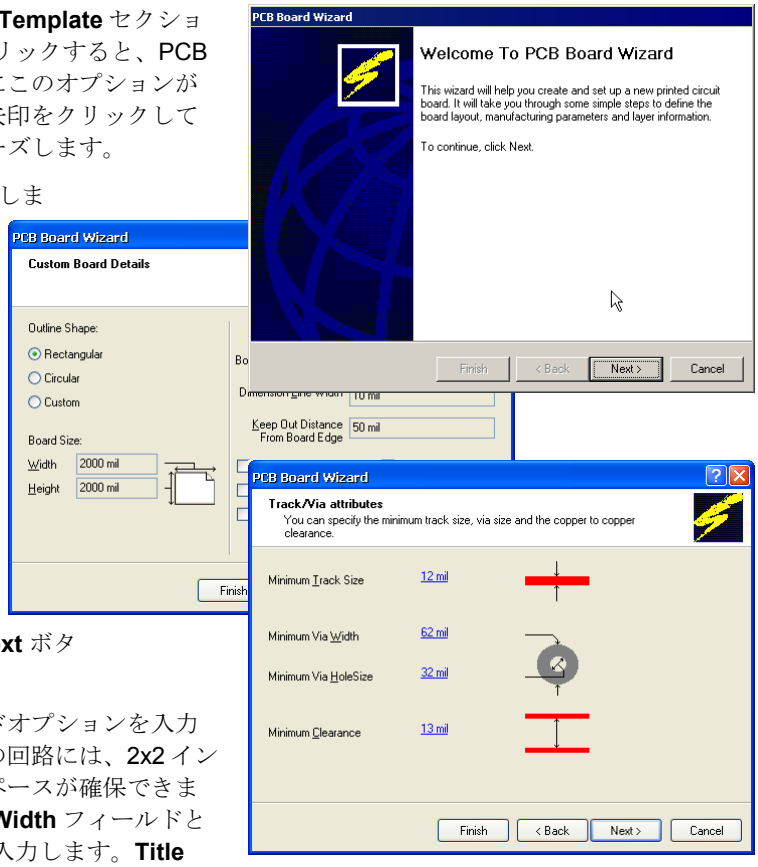
では、このセクションを終了する前にエラーを修正してください。

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 **E**, **U**]をセレクトします。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、**Project » Compile PCB Project** をセレクトしてプロジェクトを再コンパイルし、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。
4. メニューから **View » Fit All Objects** [ショートカット **V, F**]をセレクトして回路図を復元し、エラーのない回路図を保存します。

PCB ドキュメントの新規作成

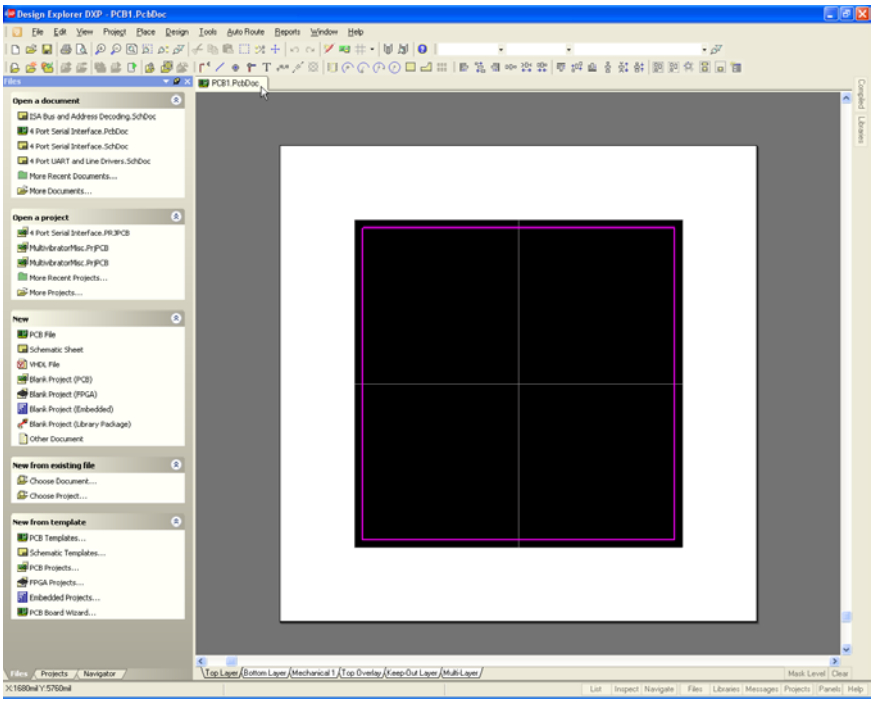
回路図エディタから PCB エディタへデザイン情報を転送する前に、基板外形のみが含まれているブランクの PCB ファイルを作成する必要があります。DXP で PCB ファイルを新規作成するには、PCB ウィザードを使用する方法があります。ウィザードでは標準規格の基板外形がサポートされており、カスタムサイズの基板も作成可能です。ウィザードでは、いつでも **Back** ボタンを押して前の画面に戻り、内容の確認や修正ができます。

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** をクリックすると、PCB を新規に作成できます。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クローズします。
2. PCB Board Wizard がオープンします。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. 単位を Imperial（インチ系）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ー数を指定します。ここではシグナルレイヤーが 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、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. この最後の画面では、作成するカスタムボードをテンプレートとして保存し、入力したパラメータによるボードを新規に作成できます。チュートリアルではテンプレートとして保存しないため、このオプションにはチェックを入れません。**Finish** ボタンをクリックし、ウィザードを終了します。
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無地の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** をセレクトし、*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。

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 & Tutorials のリンクをクリックして下さい。

13. シートを非表示にし、**View » Fit Board** [ショートカット **V**, **F**]をセレクト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 **PCBs** のところに移動します。

14. **File » Save As** をセレクトして新しい 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、ファイル名を `Multivibrator.PcbDoc` として保存します。

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 としてオープンされている場合、Projects パネルの Free Document 内の PCB ドキュメントを右クリックし Add to Project をセレクトします。Projects タブにあるプロジェクト名の PCBs に PCB ドキュメントが追加されます。

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. 回路図を表示し、**Design » Update PCB** (`Multivibrator.PcbDoc`)をセレクトします。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。

2. **Validate Changes** をクリックします。変更がすべて確認されると、Status リストにチェックが表示されます。変更内容が確認されなければ、ダイアログをクローズして **Messages** パネルをチェックし、エラーがあればクリアします。

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

3. **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。
4. **Close** をクリックすると対象とする PCB がオープンし、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 **V, D**（**View Document**）を使ってください。

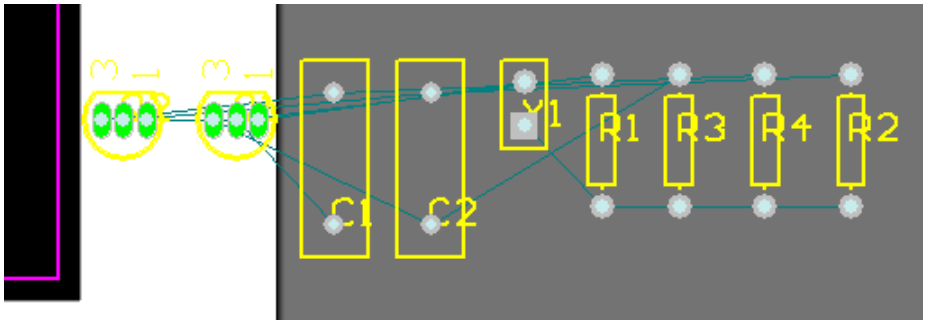


図 4. ボードの横に並べられた配置前の部品

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、レイヤー、デザインルールなどの PCB ワークスペースの設定を行います。

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。

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** をセレクトすると、単位系が切り替わります。

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。

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. メニューから **Design » Board Options** [ショートカット **D**, **O**]をセレクトします。*Board Options* ダイアログが表示されます。
2. **Grids** タブで、**Snap X**、**Snap Y** 、**Component X** 、**Component Y** の値を `25mil` に設定します。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クローズします。

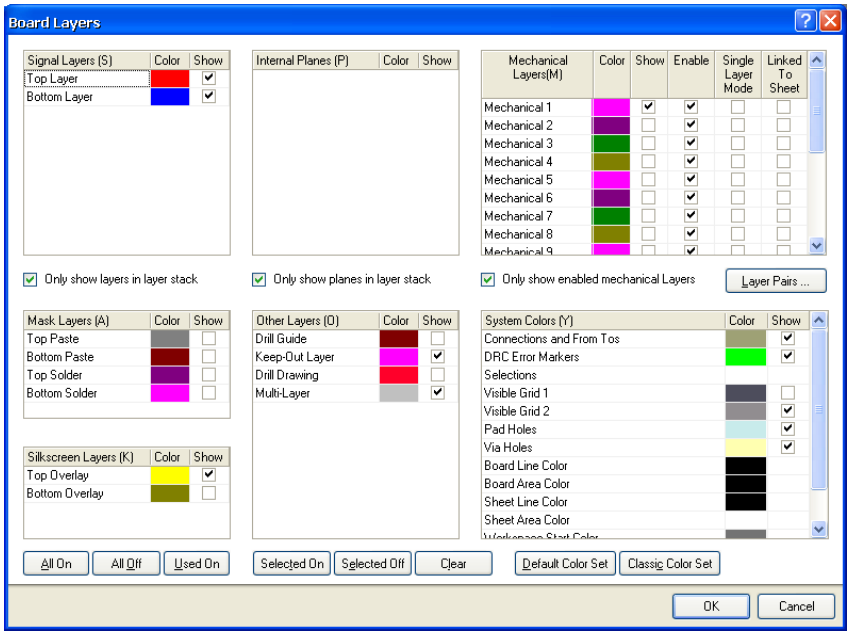
部品の配置をより容易に行うために、他のいくつかの設定を行います。

1. メニューから **Tools » Preferences** [ショートカット **T**, **P**]をセレクトし、*System Preferences* ダイアログをオープンします。**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。これで部品を掴んだとき、カーソルが部品の基準点に移ります。

2. *System 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、ダイアログをクローズします。

レイヤースタックとその他のレイヤーの設定

PCB ワークスペースの下部には、レイヤー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ーを扱いますが、ほとんどの編集作業は特定のレイヤーに対して操作を行うことになります。**Design » Board Layers & Colors** をセレクトすると Board Layers ダイアログが表示されます。このダイアログでは、レイヤーの表示、追加、削除、リネーム、および色の設定を行います。



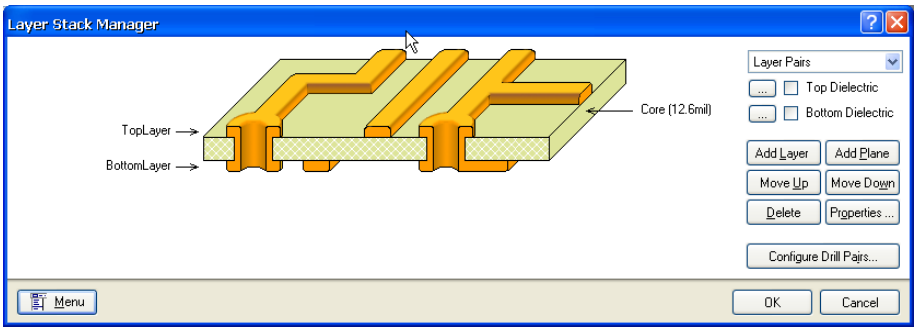
PCB エディタには、次の 3 種類のレイヤーがあります：

- **電気的なレイヤー** – 電気的なレイヤー - 電気的なレイヤーには、32 のシグナルレイヤーと 16 のプレーンレイヤーがあります。電気的なレイヤーは、レイヤースタック・マネージャ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** をセレクトすると表示されます。
- **メカニカルレイヤー** – 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ーは、16 層用意されています。これらのレイヤー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。メカニカルレイヤーの追加、削除、名前の設定は、*Board Layers* ダイアログで行います。
- **特別なレイヤー** – 特別なレイヤーとしては、トップとボトムシルクスクリーンレイヤー、ソルダーマスクレイヤー、ペイストマスクレイヤー、ドリルレイヤー、キープアウトレイヤー(電気的な領域を示すために使用されます)、マルチレイヤー(マルチレイヤーのパッドとビアに使用されます)、接続レイヤー、DRC エラーレイヤー、グリッドレイヤー、ホールレイヤーがあります。これらの特別なレイヤーの表示設定は、*Board Layers* ダイアログで行います。

レイヤースタック・マネージャ

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、レイヤースタック・マネージャでレイヤーを追加します。

1. **Design » Layer Stack Manager** をセレクトし、*Layer Stack Manager* ダイアログを表示します。



2. 新たにレイヤー、およびプレーンレイヤーを追加する場合、新しいレイヤーは現在選択されているレイヤー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** ボタンをクリックしてダイアログをクローズします。

この新しいボードで使用しないレイヤーが表示されている場合には、不必要なレイヤーを非表示にしてください。

レイヤー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の **L** を押して *Board Layers* ダイアログを表示します。
2. 右クリックして **Used On** をセレクトすると、オブジェクトが配置されていないレイヤーは非表示になります。
3. 4 つのマスクレイヤー（**Mask**）とドリルドローイング・レイヤー（**Drill Drawing**）は、それぞれのレイヤー名の隣にある 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クローズします。

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。

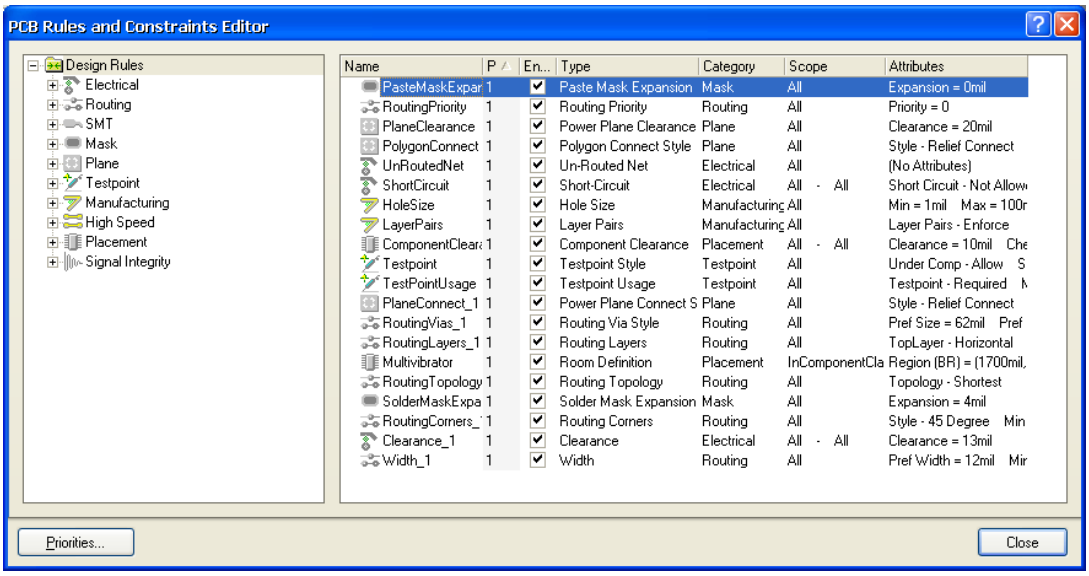
ではデザインルールを設定したあと次の作業に進み、どのようにデザインエラーが表示されるか確認してみましょう。

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。

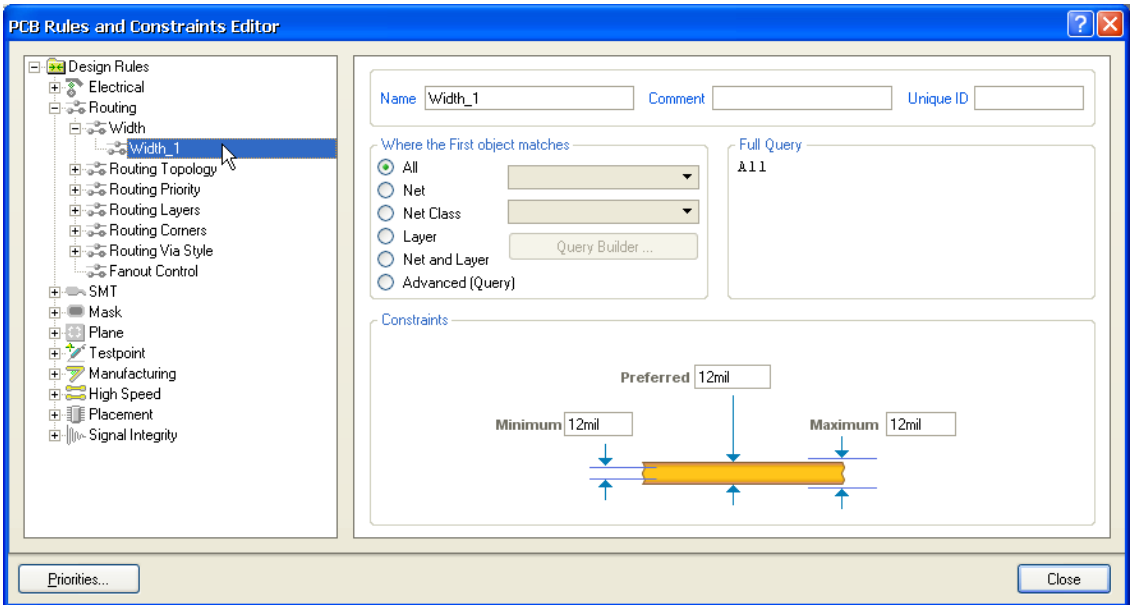
これらのルールを設定するには、以下の手順を実行して下さい：

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** をセレクトします。
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。

ここでは 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）に適用されています。次に、12V ネットと GND ネットに新しい 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：

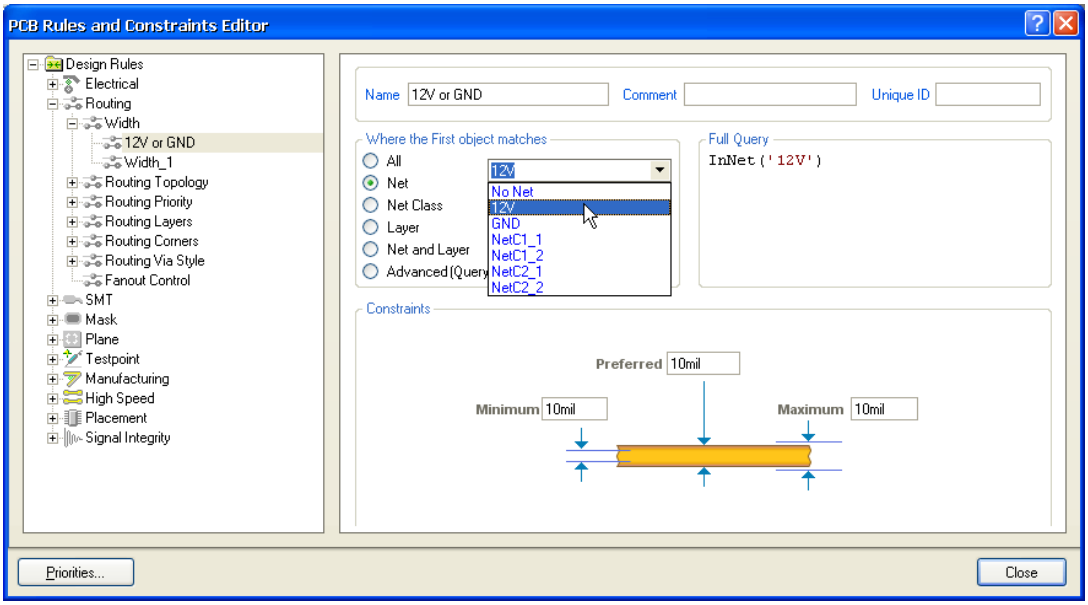
1. **Design Rules** パネルで **Width** カテゴリを選択し、右クリックして **New Rule** を選択し、12V ネットだけを対象に Width constraint ルールが新しく追加します。

   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。

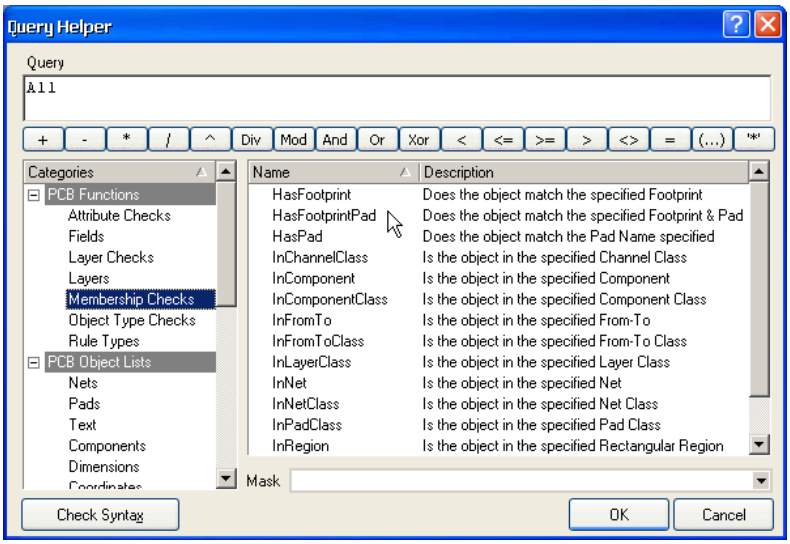
2. Name フィールドに `12V or GND` と入力します。PCB Rules and Constraints Editor ダイアログをクローズすると、**Design Rules** パネルの名前が更新されます。

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。

   Where the First object matches セクションで **Net** をクリックします。**Query Kind** セクションに `InNet( )` と表示されます。**All** ボタンの隣のドロップダウンリストクリックして使用できるネットのリストから **12V** を選択します。構文が `InNet ('12V')` に更新されます。



4. 次に Query Helper でスコープを拡張し、ネット GND に対しても同じ設定を行ないます。**Advanced (Query)** をクリックし、更に **Query Helper** をクリックします。*Query Helper* ダイアログが表示されます。



5. **Query** セクションの `InNet('12V')` の後でクリックし、**Or** ボタンをクリックします。構文が `InNet('12V') or` に変わります、`Or` で別のネットにルールが適用できるようになります。

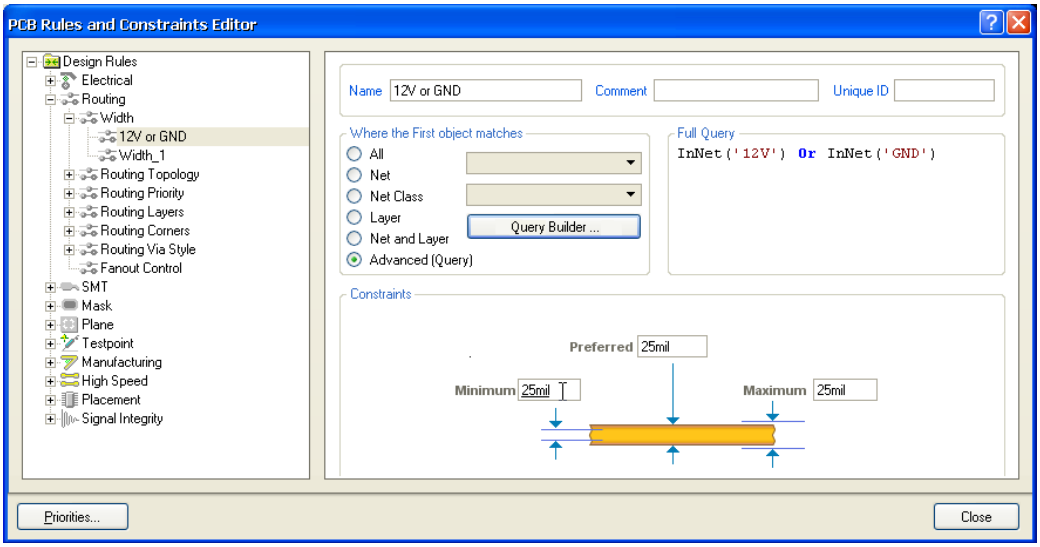
6. PCB Functions カテゴリの **Membership Checks** をダブルクリックし、Name セクションから **InNet** をダブルクリックします。

7. Query セクションに新しい構文 `InNet( )` が追加され、括弧内に利用可能なネット名が表示されます。そこで **GND** をクリックして選択します。あるいは、PCB Objects List カテゴリの **Nets** をクリックし。リストから **GND** を選びます。`InNet('12V') or InNet('GND')` という構文が作成されます。

8. **Check Syntax** をクリックして構文が正しいことを確認し、**OK** をクリックして 表示されたメッセージをクローズします。エラーメッセージが表示された場合は構文を修正します。

9. これらの確認が終われば、**OK** ボタンをクリックして *Query Helper* ダイアログをクローズします。**Full Query** セクションのスコープが更新されます。

10. *PCB Rules and Constraints Editor* dialog ダイアログの一番下のセクションにある **Minimum**, **Preferred**, **Maximum** 幅フィールドで、これまでのルールである 10mil をクリックして新しい値を入力し、`25mil` に変更します。Minimum の値を変更する前にまず、Maximum の値を変更する必要がありますので、注意してください。新しいルールが設定され、別のルールを選択するかダイアログをクローズすると保存されます。



11. 最後にオリジナルの `Width` という名前の Board スコープ幅ルールが Minimum、Maximum、Preferred の幅フィールドが `12mil` に設定されていることを確認します。**OK** ボタンをクリックして *PCB Rules and Constraints Editor* ダイアログをクローズします。

この設定で配線を行なうと、GND と 12V のトラック幅は 25mil で、それ以外はすべて 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。画面を拡大してボードを表示します。.

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 を配置するため、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。

3. 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。

4. コネクタをドラッグ中に **SPACEBAR** を押すと、コネクタが 90° ずつ回転し、図 5 のようにボードの左端に配置することができます(部品が、ボードの内側に配置されていることを確認します)。

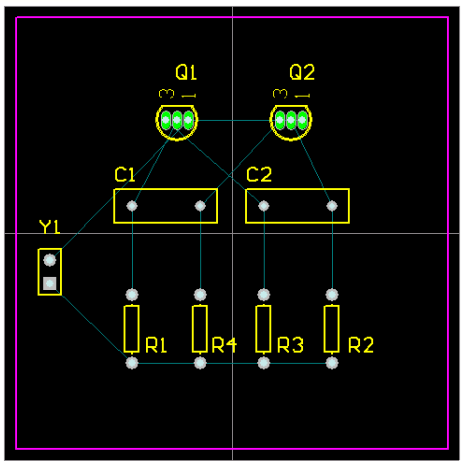


図 5. 部品が配置されたボード

5. 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。
6. 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。文字の位置を修正する前に次のセクションでは、DXP の強力なグローバル編集機能を使って、最終的なボードで特に必要のない部品のコメント(値)を非表示にします。

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。

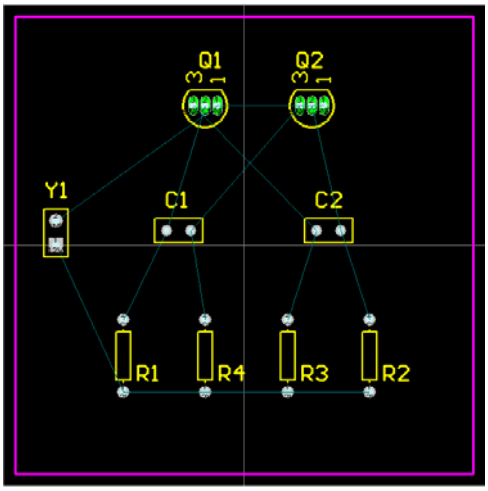
DXP には、強力なインタラクティブ配置ツールが含まれています。これらの機能を使用し、4 つの抵抗を等間隔に整列させてみましょう。

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** をセレクトします。
2. Component Placement ツールバーの **Align Components by Top** ボタンをクリックします。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. 次に、Component Placement ツールバーの **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ーリストから `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。**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。

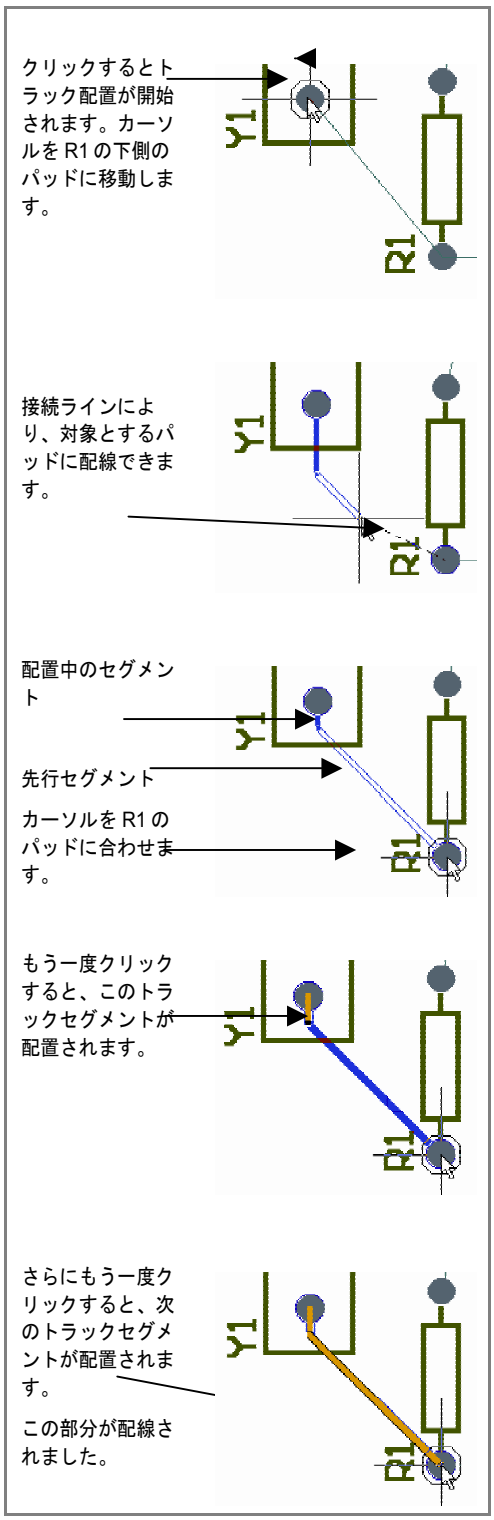
ボードのマニュアル配線

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、ボトムレイヤー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、ボトムレイヤー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. メニューから **Place » Interactive Routing** [ショートカット **P, T**]をセレクトするか、または **Placement** ツールバーの **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。

2. ドキュメントワークスペースの下部にあるレイヤー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ーにトラックを配置するので、レイヤーを切り換えます。キーボードより * キーを押してください。使用できるシグナルレイヤーが切り替わります。今度は **BottomLayer** タブがアクティブになります。

3. 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。

4. 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。次のセグメント(カーソルが置かれている)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。

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** をセレクトします。*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。

5. 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、ボトムレイヤー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

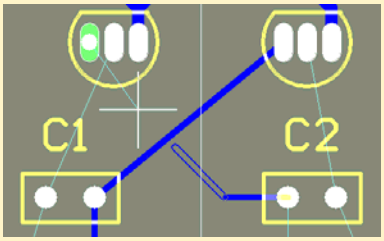
わかります。すなわち、次にマウスをクリックすると配置される青色のセグメントと、トラックの配置に役立つアウトライン表示された "先行" セグメントです。

6. 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。

7. 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。

8. 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。



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。

9. 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。

10. 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。

11. 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。

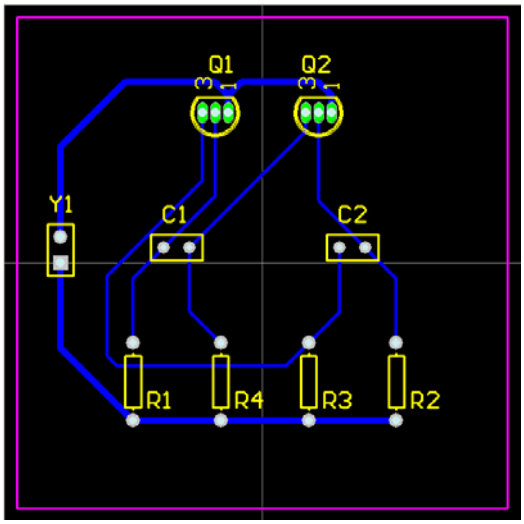


図 6. ボトムレイヤーにマニュアル配線された状態

12. デザインを保存します。

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)、そのレイヤー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ー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。
- **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、接続違反がな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。セグメントの編集ハンドルが表示され、残りのトラックはハイライト表示されます。**DELETE** キーを押すと、トラックセグメントの選択がクリアされます。
- 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**]をセレクトし、ボードを未配線の状態に戻します。
2. メニューから **Autoroute » All** [ショートカット **A**, **A**]をセレクトします。
3. 自動配線が終了したら、**END** キーを押して画面を再描画します。

   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。
4. **File » Save** [ショートカット **F**, **S**]をセレクトし、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ーで、青はボトムレイヤーを示しています。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ーに配線を行います。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。

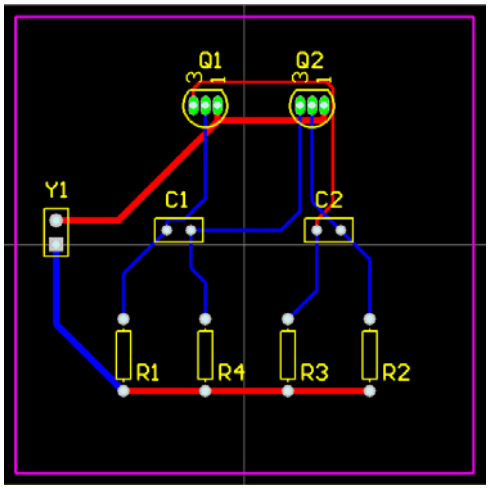


図 7. 自動配線によるボード

この PCB は、PCB 作成ウィザードではじめに定義したように、トップレイヤーとボトムレイヤー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**]をセレクトし、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、配線中にレイヤーを切り換えるには *キーを押します。レイヤーを切り換えると、DXP は自動的にビアを挿入します。

ボードデザインの確認

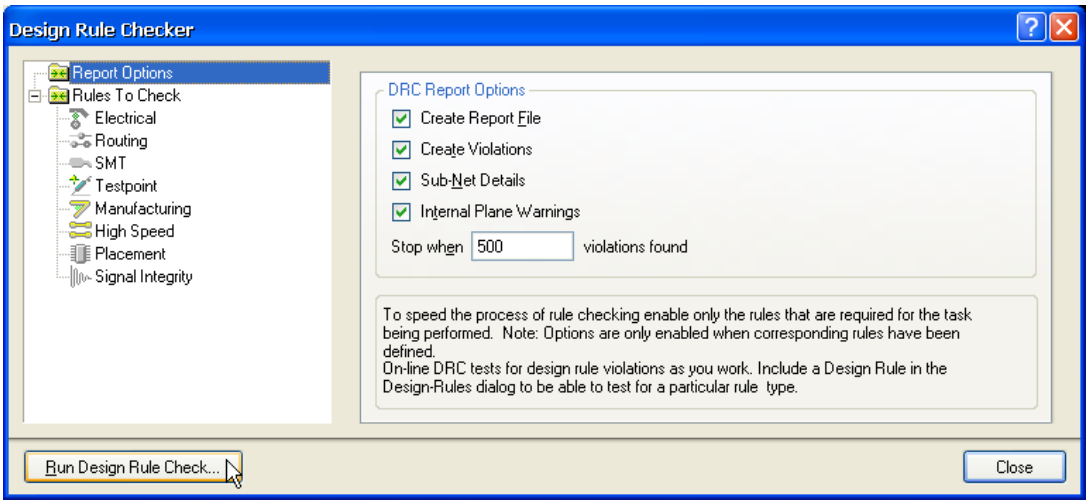
DXP は、PCB をより完全なものにするために多くのデザインルールのタイプを定義することができる、ルールドリブン設計環境です。一般的に、デザインプロセスの開始時にデザインルールを設定し、設計終了時にルールに従ってデザインが作成されているか確かめます。

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：

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。ルールスコープはルールの優先順位を確定します。

1. **Design » Board Layers & Colors**[ショートカット **L**]をセレクトし、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。DRC エラーマーカーがある場合、これが表示されます。
2. メニューから **Tools » Design Rule Check** [ショートカット **T**, **D**]をセレクトします。On-line および 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。



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、結果が Messages パネルに表示されます。また、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. 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。

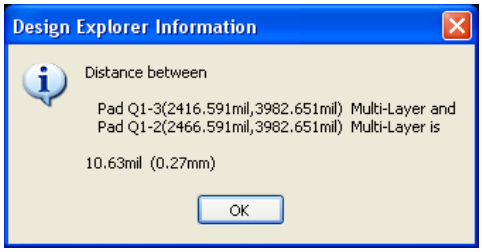
PCB をレイアウトする前に、ルーティングテクノロジや実際のデバイスの特性を確認し、Clearance ルールを設定します。エラー箇所に対しては、現在のクリアランスデザインルールを再検討し、対策を決定します。

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、**PAGEUP** 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**]をセレクトします。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. カーソルをもう一方のトランジスタ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. 情報ボックスをクローズし、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**]をセレクトし、*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_1` 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** タイプをセレクトし、右クリックして **New Rule** をセレクトして clearance constraint ルールを新しく追加します。

3. 新しい Clearance ルールをダブルクリックし、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 の構文を作成するか、または Expression フィールドに次のような構文を入力します：
   `HasFootprintPad('BCY-W3/D4.7','*')`
   *(アスタリスク)は BCY-W3/D4.7 のフットプリントの '任意のパッド' を示します。

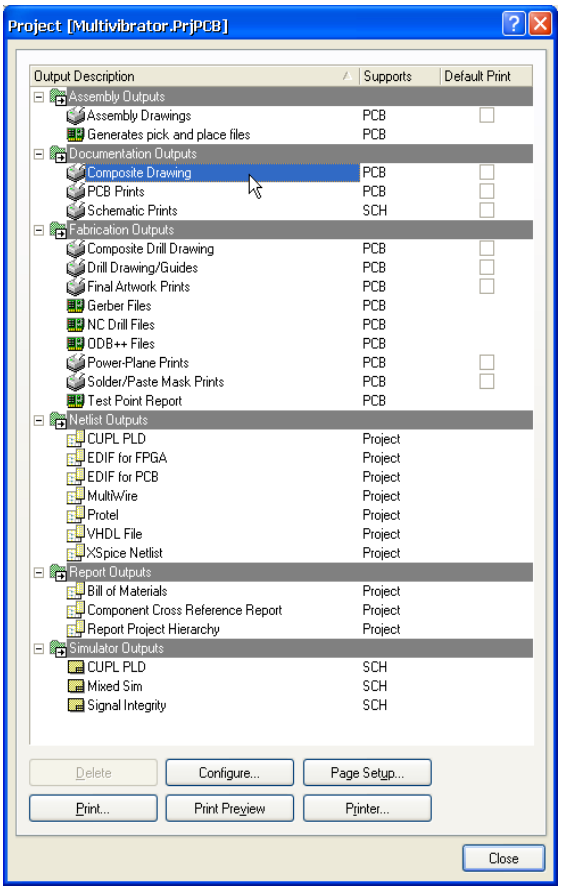
5. **OK** ボタンをクリックしてダイアログをクローズします。

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。

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

プロジェクトアウトプットには印刷用ファイルや出力ファイルがあり、*Outputs for Project* ダイアログで設定します。



1. **Project » Project Options** をセレクトします。*Project [project_name]*ダイアログが表示されますので、**Default Print** タブをクリックします。
2. 設定するアウトプットをクリックします。**Configure** ボタンがアクティブであれば(グレー表示でなければ)、そのアウトプットの設定を変更できます。
3. 設定が終了したら **Close** ボタンをクリックします。
4. アウトプットをタイプに応じて個別のフォルダに保存するには、**Project » Project Options** をセレクトして **Options** タブをクリックし、**Use separate folder for each output type** をクリックしてから OK をクリックします。

出力ファイルを作成しても自動的にオープンしないようにするには、**Project » Project Options** をセレクトし、**Options** タブをクリックし、**Open Outputs after compile** を選択解除します。

Windows プリンタによる印刷

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ために、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 レイヤー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。

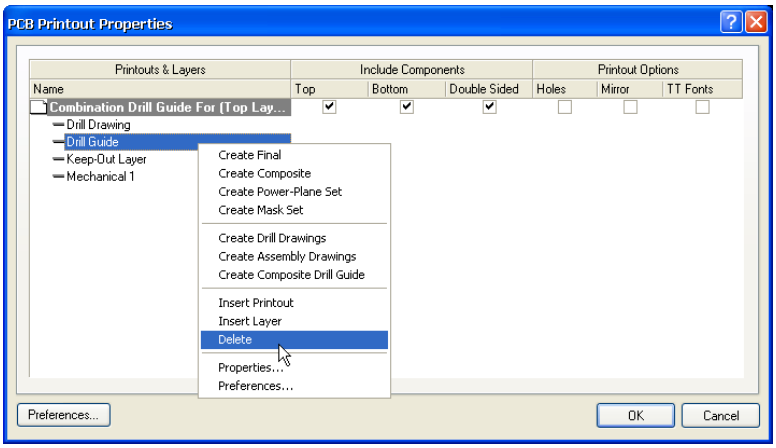
ここではデフォルトの出力設定を使用してプレビューを作成し、次に設定を変更します。

1. PCB のメニューから **File » Print Preview** をセレクトします。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. プリント出力内に含まれる PCB レイヤーのセットを確認するには、**File » Default Prints** をセレクトします。Outputs for *Project* ダイアログの **Default Print** タブが表示されます。**Composite Drawing** をセレクトし、**Configure** ボタンをクリックします。*PCB Printout Properties* ダイアログが表示されます。右クリックメニューのオプションでレイヤーの追加や削除ができます。**OK** ボタンをクリックしてダイアログをクローズします。
3. *Project* ダイアログをクローズする前に、Combination Drill Guide のレイヤー設定を変更します。**Fabrication Outputs** セクションで **Composite Drill Drawing** をセレクトし、**Configure** ボタンをクリックします。デフォルトでは、このプリント出力には穴位置を小さな十字で表示するドリルガイドと、穴径を特別な形状で示すドリルドローイングの両方のレイヤーが含まれています。

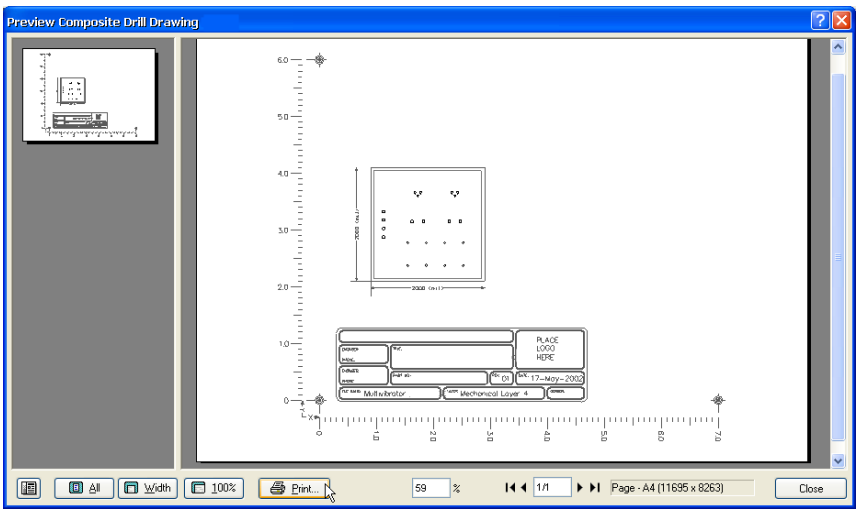
   ドリルガイドレイヤーは一般的なドリル図面には必要ありません。このレイヤーを削除するには、Printouts & Layers の列の DrillGuide レイヤーを右クリックし、ポップアップメニューから **Delete** をセレクトします。**OK** ボタンをクリックしてダイアログをクローズします。

プリントプレビューで右クリックメニューから **Edit » Copy** from the をセレクトすると、現在のプリント出力をクリップボードにコピーして他のアプリケーションに貼り付けることができます。

File » ExportMetafile をセレクトすると、プリント出力を WMF ファイルとしてハードディスクにエクスポートできます。



4. Default Print にチェックを入れ、ダイアログを閉じます。次に **File » Print Preview** を実行し、ドリル図面を表示します。**Print** ボタンをクリックするとプリンタの設定が表示され、**OK** ボタンをクリックすると指定したプリンタに図面が送信されます。



5. **Close** ボタンをクリックしてプリントプレビューウィンドウをクローズします。
6. 出力先のプリンタを変更してページの向きと縮尺を設定するには、*Project* ダイアログで **Page Setup** ボタンをセレクトするか、またはメニューから **File » Page Setup** をセレクトします。プリンタを選択し、印刷の向きを横に設定します。
7. 設定が終了したら、すべてのダイアログをクローズします。

製造用出力ファイルの作成

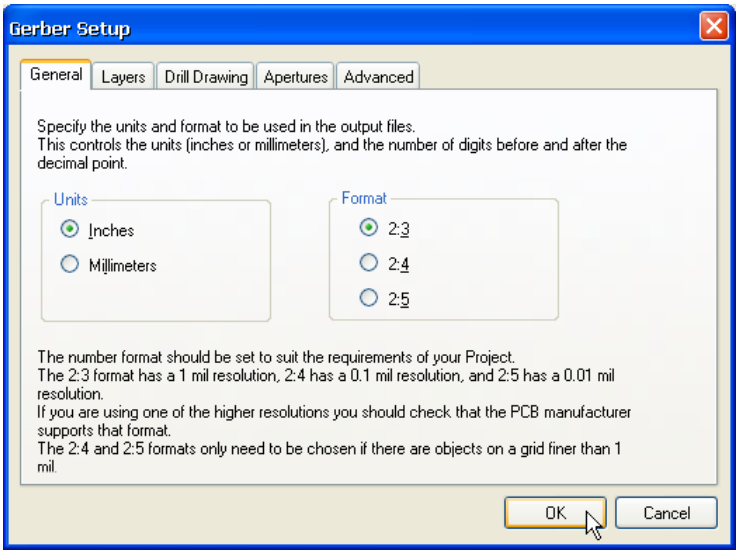
PCB 設計プロセスの最終段階は、製造用ファイルの作成です。主なファイルとしては、ガーバーファイル、NC ドリルファイル、部品位置情報ファイル、部品表、およびテストポイントファイル等の、製造と実装用のデータがあります。出力ファイルは **File » New » Output Job File** で設定するか、または **File » Fabrication Outputs** メニューでコマンドを入力して設定します。製造用ドキュメントの設定は、プロジェクトファイルの一部として保存されます。

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ー、ボトムシグナルレイヤー、ソルダーマスク等の各ガーバーファイルは、実際の PCB の各レイヤーにそれぞれ対応します。なお、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：

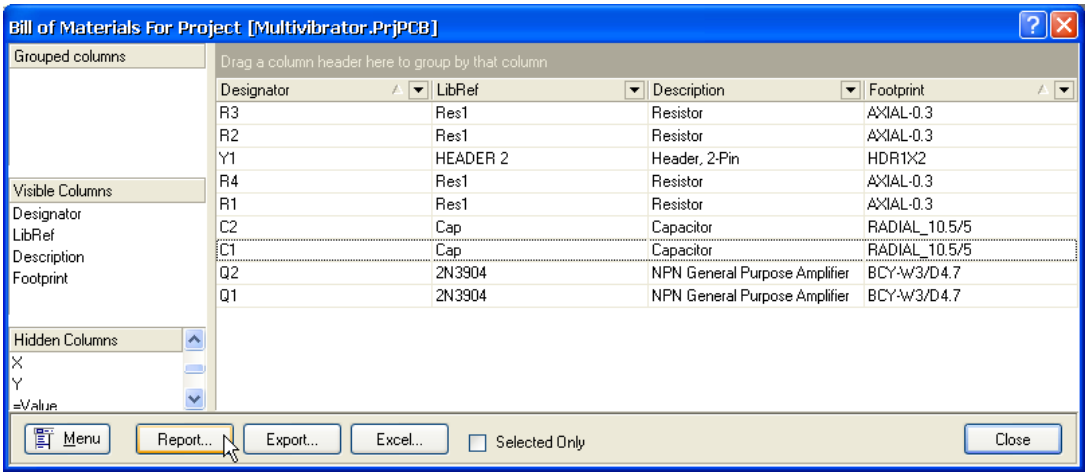
1. PCB をアクティブなドキュメントにし、**File » Fabrication Outputs »Gerber files** をセレクトします。*Gerber Setup* ダイアログが表示されます。



2. **OK** ボタンをクリックしてデフォルト設定を適用します。ガーバーファイルが生成され、CAMtastic がオープンし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。ファイルにはレイヤー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。

部品表

1. 部品表を作成するには、**Report » Bill Of Material** をセレクトします。
2. このダイアログでは、部品表レポートに必要な情報をドラッグにより設定できます。Other Column セクションで必要無い情報は Show のチェックを外します。



3. **Report**…ボタンをクリックすると、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指定したファイル形式(例えば Microsoft Excel の.xls)でエクスポートできます。
4. ダイアログをクローズします。

これで PCB の設計プロセスがすべて完了しました。

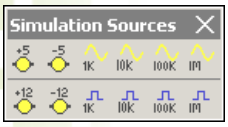
回路のシミュレーション

DXP は、回路図から直接回路シミュレーションを実行できます。チュートリアルの次のセクションでは、マルチバイブレータ回路の出力波形を検証してみます。

シミュレーションの設定

シミュレーションを実行する前に、マルチバイブレータの電力用電圧ソースやシミュレーション用のグランドリファレンス、さらに回路上に波形表示する各ポイントに対してはネットラベルを追加する必要があります。

1. ウィンドウ上部の `Multivibrator.SchDoc` タブをクリックして、回路図をアクティブにします。
2. コネクタを電圧ソースに置き換えます。コネクタを削除するにはコネクタ本体をクリックし、コネクタの周りにセレクションボックスが点線で表示されたら **DELETE** キーを押します。
3. その際に、電圧ソースの配置に必要なスペースを確保するためにワイヤの終端を移動します。12V のワイヤの終端を移動するため、ワイヤをクリックして選択します。小さな四角い編集用ハンドルが表示されたら、ワイヤ終端のハンドルをクリックし、向きが変わるまでハンドルを上に移動します。もう一度クリックするとハンドルの表示が消えます。
4. 同じ要領で、GND ワイヤの終端をシートの下部へ移動します。



5. **View » Toolbars » Simulation Sources** をセレクトして Simulation Sources ツールバーを表示します。
6. Simulation Sources ツールバーで**+12V** のボタンをクリックします。電圧ソースのシンボルがカーソル上に表示されます。**TAB** キーを押して属性を編集します。表示されたダイアログで **Attributes** タブをクリックし、Designator フィールドを V1 にします。**OK** ボタンをクリックしてダイアログをクローズし、12V と GND ワイヤの間に電圧ソースを配置します。
7. 12V と GND ワイヤの先端を同じ方法でもう一度移動し、図 9 のように電圧ソースに配線します(図 9 はシミュレーションの準備が完了した回路図)。

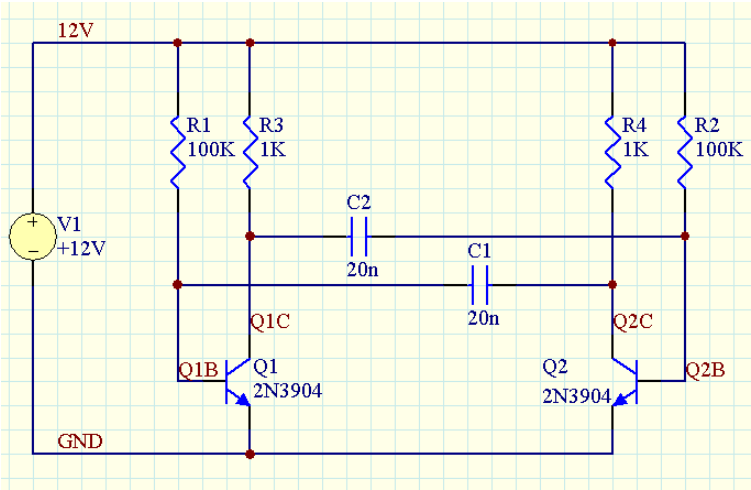


図 9. シミュレーションの準備が完了した回路図

シミュレーションを行う前に、最後の設定として回路内で波形を計測するポイントにネットラベルを配置します。それにより、解析後目的の波形を容易に表示できます。チュートリアルの回路では、2 つのトランジスタのベース、コレクタを対象とします。

1. メニューから **Place » Net Label** [ショートカット **P**, **N**]をセレクトします。**TAB** キーを押すとネットラベルの属性を編集できます。*Net Label* ダイアログで **Net** フィールドを `Q1B` に設定し、ダイアログをクローズします。

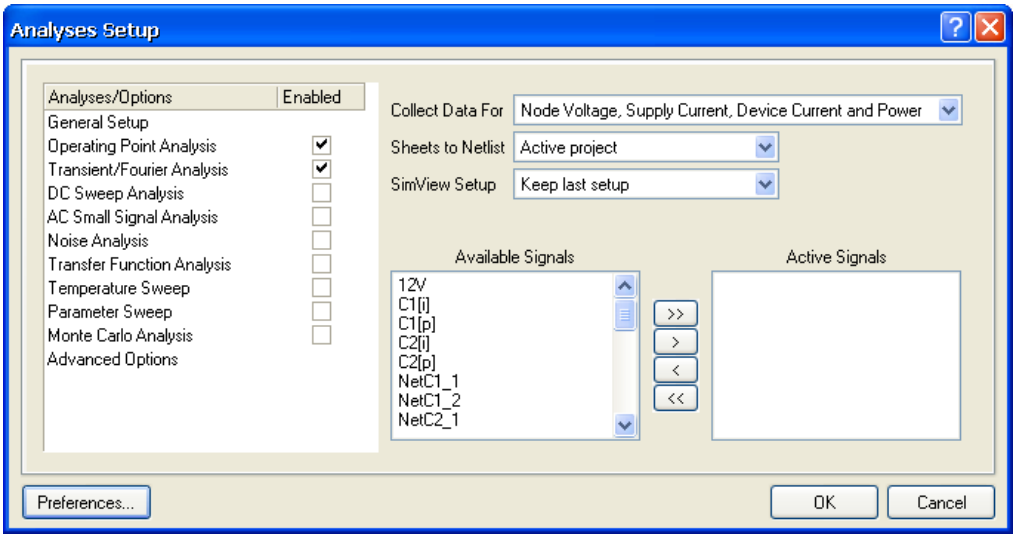
ネットラベルの電気的な接続点は、左下の隅の部分になります。この部分がワイヤに接続されているか注意してください。

2. カーソルを Q1 のベース側から出ているワイヤ上に置きます。ネットラベルの配置については、図 9 を参照してください。左クリックするか **ENTER** キーを押すと、ワイヤにネットラベルが配置されます。
3. **TAB** キーを押し、**Net** フィールドを `Q1C` に変更します。
4. カーソルを Q1 のコレクタ側から出ているワイヤ上に置いて左クリックし、2 つ目のネットラベルを配置します。
5. 同様に、Q2B と Q2C の部品番号を持つネットラベルを Q2 のベース側とコレクタ側にそれぞれ配置します。
6. ネットラベルの配置が完了したら、右クリックするか **ESC** キーを押して配置モードを終了します。
7. シミュレーションを行う前に、別の名前で回路を保存します。**File » Save As** [ショートカット **F**, **A**] をセレクトし、*Save As* ダイアログに `Multivibrator simulation.SchDoc` と入力します。

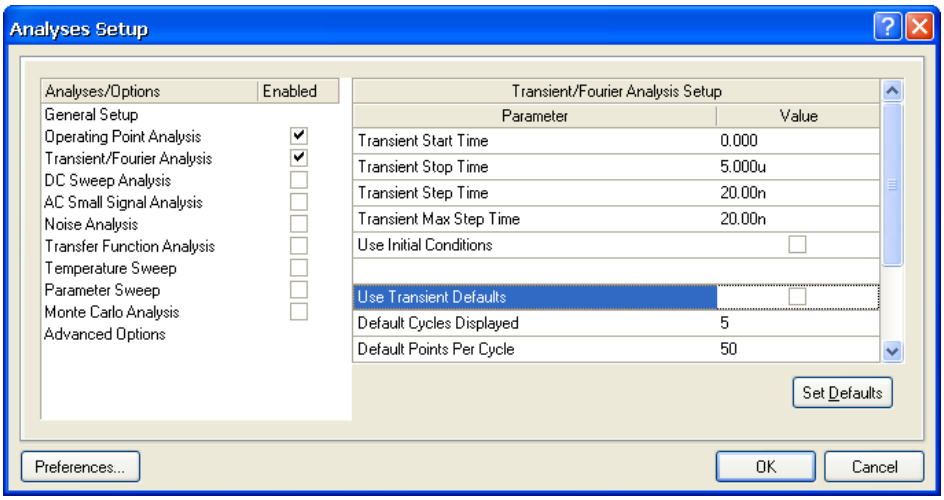
トランジェント解析の実行

必要な準備がすべて揃いましたので、トランジェント解析の設定を行います。チュートリアルの回路では、RC 時間定数は 100 k x 20 n = 2 ms です。5 つの振動のサイクルを表示するために波形表示の間隔を 10 ms とします。

1. メニューから **Design » Simulate » Mixed Sim** をセレクトし、*Analyses Setup* ダイアログを表示します。シミュレーションのオプションはすべてこのダイアログで設定します。



2. まず回路内で計測するノードを設定します。**Collect Data For** フィールドのリストから **Node Voltage and Supply Current** を選択します。このオプションでは、シミュレーション実行中に計算するデータのタイプを指定します。
3. **Active Signals** フィールドで、シグナル名 **Q1B**、**Q2B**、**Q1C**、**Q2C** をダブルクリックします。ダブルクリックされた信号は **Active Signals** フィールドに移動します。
4. この解析では、**Operating Point Analysis** と **Transient/Fourier** にチェックが入っていることを確認します。Transient/Fourier Analysis Setup が自動的に表示されない場合は、解析名の **Transient/Fourier** をクリックします。
5. **Use Transient Defaults** オプションが無効になっていることを確認します。無効になっていれば Transient Analysis パラメータが使用できます。



6. 10m のシミュレーションウィンドウを指定するには、**Transient Stop Time** フィールドを `10m` に設定します。

7. **Transient Step Time** フィールドを `10u` に設定し、シミュレーションが 10u ごとのポイントを表示するようにします(全部で 1000 ポイントあれば、正確な結果を得るには十分です)。

8. シミュレーションを行う際、実際のタイムステップは、収束させるために自動的に変更されます。**Maximum Step** フィールドは、タイムステップのサイズの変化を制限します。**Transient Max Step Time** を `10u` に設定します。

以上でトランジェント解析を行う準備が整いました。

1. *Analyses Seup* ダイアログの下側にある **OK** ボタンをクリックし、シミュレーションを実行します。

2. シミュレーションが終了すると、図 10 に示すような出力波形が表示されます。

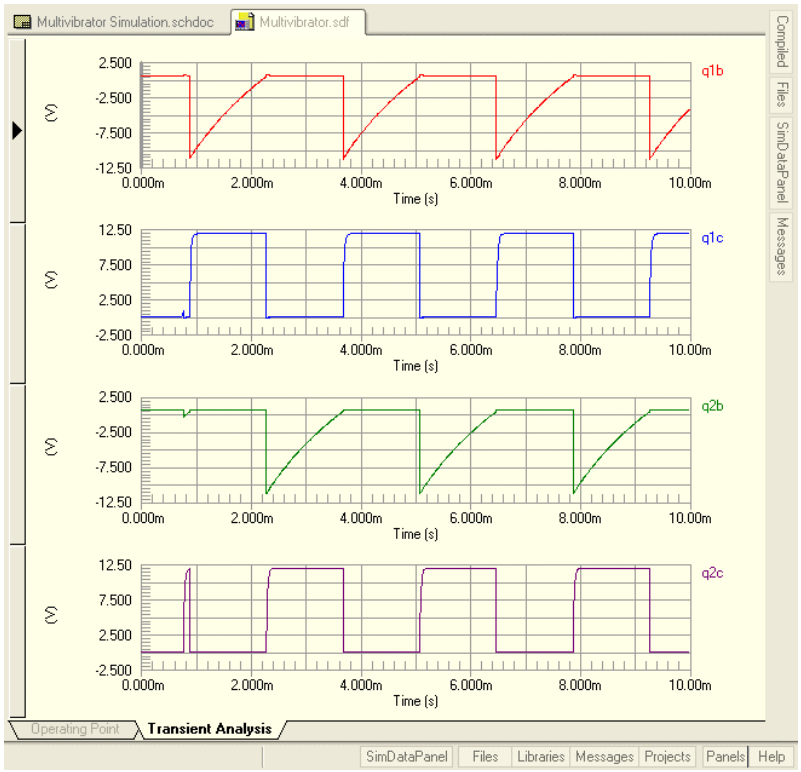


図 10. マルチバイブレータの出力波形

以上でシミュレーションおよび波形表示が終了しました。

回路上の部品の値を変更する場合は、再度シミュレーションを実行します。それでは、C1 をダブルクリックして属性を編集し、値を 47n に変更してトランジェント解析を再度行ってみます。出力波形のマーク/スペース比が不均等になります。.

より詳細な調査のために

このチュートリアルでは、DXP の強力な機能の一部を紹介したにすぎません。これまで DXP の統合ツールを使用し、回路図の作成、デザインのトランジェントシミュレーションの実行、PCB の設計と配線を行いました。しかし、このチュートリアルで紹介された部分は、DXP が備えている能力のごく一部です。

DXP を調べるとすぐに、設計を容易にするための優れた機能に気がつくはずです。ソフトウェアの様々な機能を理解して頂くために、多くのサンプルファイルが含まれています。これらのサンプルは、デザインエクスプローラのメニューから **File » Open** をセレクトするとオープンできます。サンプルは、`\Program Files\Altium\Examples\`フォルダにインストールされています。このフォルダには PCB デザインのサンプルがあります。またサブフォルダには DXP の各機能を体験できるサンプルが含まれています。

`\Circuit Simulation\`サブフォルダには、DXP のアナログ/デジタルシミュレーション機能を使ったサンプル回路が収録されています。アナログのサンプルのほかに、アンプや電源を使ったサンプル、混在回路サンプル、数学的サンプル、線形、非線形サンプル、真空管サンプルなどが含まれています。

スイッチングロジックやクロックスピードの高速化により、デジタル信号の品質は更に重要になっています。DXP は、洗練された伝送線路解析ツールが装備され、ボードレイアウトを正確に解析します。この伝送線路解析では、インピーダンス、オーバーシュート、アンダーシュートやスロープが、PCB デザインルールで定義され、標準的にチェックされます。

各ネットに対して詳細を検証する場合は、**Tools » Signal Integrity** をセレクトします。Signal Integrity Analyzer が起動し、Reflection や Cross talk シミュレーションを実行できます。解析結果は、オシロスコープの様な波形で表示され、この波形から値を読み取ることもできます。

アドオンツール

Protel のデザインエクスプローラはオープンクライアント/サーバーアーキテクチャに基づいて開発されているため、Protel やサードパーティから供給されるアドオンツールを利用して、DXP の機能を拡張することができます。アドオンツールはデザインエクスプローラ環境下で統合され、新しい機能やサービスの提供により DXP デザインツールの能力を向上させます。Protel の Web サイト`www.protel.com` では、最新のアドオンツールのリストを参照することができ、この中のほとんどのツールは直接ダウンロードすることができます。

以上で DXP 入門チュートリアルの説明を終了します。ご利用いただきありがとうございました。

ショートカットキー

デザインエクスプローラショートカット

左クリック	カーソル下のドキュメントを選択
ダブルクリック	カーソル下のドキュメント編集
右クリック	ポップアップメニューの表示
Ctrl + F4	アクティブなドキュメントをクローズ
Ctrl + Tab	オープンしているドキュメントの切り替え
下記の所から Drag & Drop	
• あるプロジェクトから別のものへ	選択したドキュメントを移動
• エクスプローラから DXP へ	選択したドキュメントをフリードキュメントして開く
Alt + F4	DXP を閉じる

回路図とＰＣＢで共通のショートカット

Shift	スクロール中の速度を高速にする
Y	オブジェクトの移動中、 Y 軸に沿って反転
X	オブジェクトの移動中、 X 軸に沿って反転
Shift+ ↑↓← →	矢印キーの方向に 10 グリッドづつカーソルを移動
↑↓← →	矢印キーの方向に 1 グリッドづつカーソルを移動
Space	再描画中止
Esc	現在の作業を中止
End	画面の再描画
Home	カーソル位置が画面の中心に来るように再描画
PageDown または Ctrl + ホイール	ズームアウト
PageUp または Ctrl + ホイール	（カーソル位置を中心に）ズームイン
マウスホイール	上下にスクロール
Shift + マウスホイール	左右にスクロール
Ctrl + Z	アンドゥ
Ctrl + Y	リドゥ
Ctrl + A	すべてを選択
Ctrl + S	カレントドキュメントの保存
Ctrl + C	コピー
Ctrl + X	切り取り
Ctrl + V	貼付け
Ctrl + R	選択したオブジェクトをコピーし、繰り返し貼付け
Delete	セレクションの削除
V, D	ドキュメントの全体表示
V, F	オブジェクトの全体表示
X, A	セレクトされたのもをすべて解除
右クリックし続ける	スライダーハンドで画面をスライド
左クリック	オブジェクトのフォーカス／セレクト
右クリック	メニューのポップアップ／現在の操作の中止
オブジェクト上で右クリックし、 Find Similar をセレクト	Find Similar ダイアログの表示
左クリックし、そのままドラッグ	エリアの内側を選択
左クリックし続ける	オブジェクト／セレクションの移動
ダブルクリック	オブジェクトの編集

Shift + 左クリック	オブジェクトの選択／選択解除
TAB	配置中の属性編集
Shift + C	フィルターの解除
Shift + F	オブジェクトをクリックし、Similar Objects ダイアログを表示
Y	Quick Queries メニューのポップアップ
F11	Inspector パネルの表示／非表示
F12	List パネルの表示／非表示

回路図のショートカット

Alt	元の位置に対して垂直及び水平方向にオブジェクトを移動
G	スナップグリッドの設定切替え
Spacebar	移動中のオブジェクトを 90°ずつ回転
Spacebar	配置中のワイヤ／バス／ラインのスタート／エンドモード切替え
Shift + Spacebar	配置中のワイヤ／バス／ラインのプレースメントモードを切替え
Backspace	配置中のワイヤ／バス／ラインの直前の頂点を削除
左クリックし続け Delete	フォーカスされているワイヤの頂点を削除
左クリックし続け Insert	フォーカスされているワイヤに頂点を追加
Ctrl + 左クリックしドラッグ	オブジェクトのドラッグ移動

PCB のショートカット

Shift + R	配線モード（Ignore, Avoid, Push obstacle）の切替え
Shift + E	エレクトリカルグリッドオン／オフ切替え
Ctrl + G	スナップグリッドダイアログを表示
G	スナップグリッドメニューを表示
N	コンポーネントの移動中、ラッツネストを非表示にする
L	移動中のコンポーネントの配置レイヤー切替え
Backspace	配置中のトラックの直前の頂点を削除
Shift + Space	配置中のトラックのプレースメントモードを切替え
Space	配置中のトラックのスタート／エンドモードを切替え
Shift + S	シングルレイヤーモードオン／オフ切替え
O, D, D, Enter	すべてのプリミティブをドラフトモードにする
O, D, F, Enter	すべてのプリミティブをファイナルモードにする
O, D	*Preferences* ダイアログの Show/Hide タブ表示
L	*Board Layers* ダイアログ表示
Ctrl + H	配線済みコパーの選択
Ctrl + Shift + 左クリック	トラックの折り曲げ
+（numeric keypad）	アクティブレイヤー切替え（インクリメント）
-（numeric keypad）	アクティブレイヤー切替え（デクリメント）
*（numeric keypad）	シグナルレイヤー切替え
M, V	ポリゴンプレーンの頂点移動
Alt	配線モードを Avoid-obstacle から Ignore-obstacle モードへ切替え
Ctrl	配線中、エレクトリカルグリッド一時的に無効にする
Ctrl + M	距離の測定
Shift + Space	移動中のオブジェクト回転（時計回り）
Space	移動中のオブジェクト回転（反半時計回り）
Q	単位の切替え（mm 系／インチ系）