接続性とマルチシートデザイン

概要

Article
AR0123 (v1.1) December 9, 2004

このアーティクルでは、マルチシートデザインの構造と接続について紹介します。また、シート間を渡るネット接続を確認する為のツールについても紹介します。

エンジニアは様々な理由でマルチシートデザインに切り替えます。第一の理由は、プロジェクトの規模で、単純にプロジェクトが大きい場合、あるいは一枚のシートでは、かえって複雑になる場合もあります。しかし、小さなデザインでも、マルチシートの設計手法を取ることで得られるメリットがあります。例えばデザインには、いくつかのモジュールが含まれています。これらのモジュールを別々のドキュメントに分割し、複数のエンジニアで同時にひとつのプロジェクトで作業ができます。また、マルチシートデザインは、レーザープリンタを使って、小さな用紙での印刷が可能です。

基本的にマルチシートプロジェクトでは、2 つのことを決定する必要があります。ひとつはシートの構造的な関係とその構造内で使用されるネット識別子の適用範囲（スコープ）です。どのような形にするかは、各プロジェクトのサイズとタイプ、個人的な好みによります。

シート構造

マルチシートプロジェクトがコンパイルされると、シートの構造的な枠組みが作成されます。これはトップシートから始まるツリー構造で、その他の全シートはそこから分岐し、同じレベルか、またはいくつかのレベルに含まれる形になります。シートとシート間の関係は、デザイン内に配置されるシートシンボルによって決定されます。[1]

次の図に 2 つの構造が示されています。最初のものは、Sheet2 と Sheet3 の 2 つのシートシンボルが同じトップシート（Sheet1）に配置され、作成されています。2 番目は、Sheet1 にシートシンボル Sheet2 が、Sheet2 にシートシンボル Sheet3 が配置されています。

デザインの階層構造をナビゲートするには、Navigator パネルでシートアイコンをクリックするか、シートシンボル上で Ctrl + ダブルクリックします。

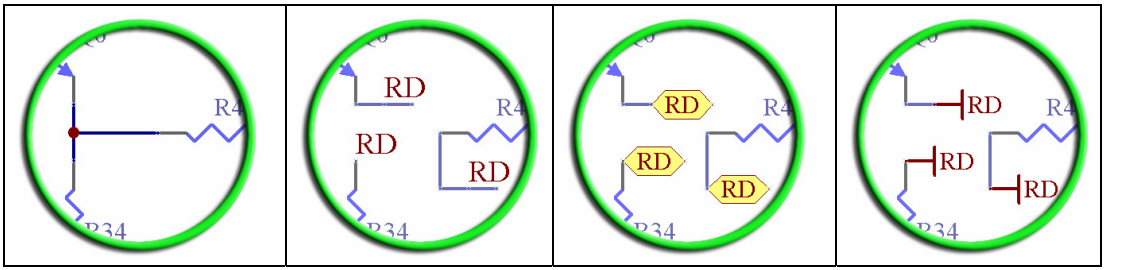
1 Protel の以前の回路図エディタでは、サブシートを表現する為、シートシンボルの代わりにコンポーネントを使用することができました。以前のデータベースを DXP でオープンすると、このようなコンポーネントは、適切なシートエントリが配置されたシートシンボルに自動的に変換されます。

平面（フラット）と階層の接続性の詳細については、後ほど紹介しますが、これらの基本的な違いは、階層デザインが作成されたシート構造によって信号がシート間を中継されていくのに対し、平面デザインは、シートの構造的な配列は考慮しまないという点です。

たとえ平面デザインであってもすべてのデザインは、構造的な枠組みが必要となります。例えば、マルチシートのプロジェクトをコンパイルした後、Navigator パネルに一枚のシートだけが表示されていた場合は、シートシンボルに何か間違いがあることを示しています。プロジェクトには、トップシートは、一枚だけで残りのシートは、シートシンボルで参照されている必要があります。シートに対応するシートシンボルが存在しない場合など、これによって構造が解析できなくなります。

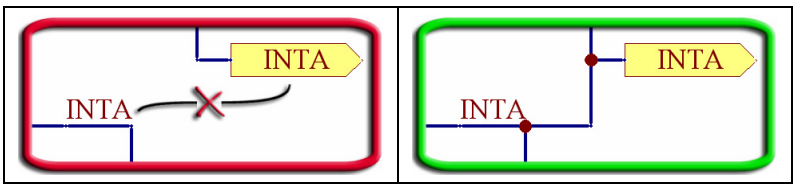
ネット識別子と識別範囲

プロジェクト内のシート間で信号を渡すには、ネット識別子が必要になります。これらのオブジェクトは、（ワイヤを使った）物理的な接続によらず、あるところから別のところへ論理的な接続が行えます。もちろん、ネット識別子は下図に示す様に一枚のシート内でローカルな接続にも使えます。



これらの図では、ネットラベルやポート、パワーポートをそれぞれ再配置することで、どのように接続するかを示しています。これらは、**ネット識別子** と呼ばれ、次のセクションで詳細を説明します。

次に示す図は、（ネットラベルとポートのように）異なるタイプのネット識別子は、名前が一致していれば論理的に接続される、というよくある間違いを示しています。実際は、その反対が正しく：異なるネット識別子は、名前が違っても一緒に配線することで、ひとつのネットが形成されます。



これらの図はすべて、単独のシート内で物理的な接続をネット識別子で置き換えたものです。これは、ネット識別子がマルチシートプロジェクトでネットをシート間で自由に転送できるということは示していません。これはデザインで使用するネット識別子と識別範囲の設定によります。

ネット識別子

最も基本的なネット識別子は、**ネットラベル**です。ネットラベルの一番の機能は、シート上のワイヤ接続を減らすことです。場合によっては、シート間の接続にも対応していますが、一般的にネットラベルは、ローカル（シート内）での接続を行う為のものと考えてください。

ポートは、ネットラベルのように常に同じドキュメントの同じ名称のポートとローカルに接続されます。しかし、ポートはネットラベルとは違い、特にシート間の接続を行うためにデザインされたもの

です。これで水平方向や垂直方向の接続を行います。水平方向は、もっとも幅広いオプションで、マルチシート構造に関係なく、同じ名称のポートをすべて接続します。垂直方向の接続は、よりコントロールされており、サブシートとその親シート間の信号だけを接続します。垂直方向の接続は、ポート同士の一致に代わって親シートに配置されたシートシンボル内の**シートエントリ**とサブシートのポートによって作られます。このシートエントリは、特定のサブシートと関連付けされたシートシンボルに配置されている必要があります。

オフシートコネクタ（DXP から追加） は、プロジェクト内のシートをグループ化したものを水平方向で接続します。シートをグループ化する方法は、一枚のシートシンボルの Filename 欄に複数のシート名を入力します。これらのグループ化されているシートで接続したい信号にオフシートコネクタを配置します。オフシートコネクタは、親のシートシンボルでグループ化したシート内で一致しているオフシートコネクタを接続します。シートシンボルに一枚のシートしか割り当てられていない場合は、そこに配置されているオフシートコネクタは、プロジェクト内のどこにも接続されません。

パワーポート（または、パワーオブジェクト）は、プロジェクトの構造に関係なく、リンクされている全シートで一致しているパワーポートを接続します。**ヒドゥンピン** もこれと同じで、Connect To 欄に入力した値と同じものが接続されます。DXP で導入されたヒドゥンピンのこのオプションは、プロジェクトを通してグローバルな接続を作らない為に導入されたものです。ヒドゥンピンを持った以前のデザインをインポートすると、ネット名は、自動的にこの欄入力されます。

ネット識別子リファレンス

NetLabel	**Net label** （ネットラベル）	ポートと併用することで、ポートとシートシンボルにより、Hierarchical か Automatic の識別範囲が適用されることで垂直方向に接続されます。Flat が適用されると、一致しているすべてのネットラベルを水平方向で接続します。
Port	**Port** （ポート）	Hierarchical か Automatic の識別範囲が適用され、親シートのシートシンボルのシートエントリと一致していれば、垂直方向の接続が行われます。Flat か Ports Global の識別範囲が設定されると、一致しているすべてのポートを水平方向で接続します。
Entry	**Sheet Entry** （シートエントリ）	シートシンボルが参照しているシート上のポートと垂直方向の接続を行います。
OffSheet	**Off-Sheet Connector** （オフシートコネクタ）	一致しているオフシートコネクタ同士を水平方向に接続します。ただし、参照するシートは、一枚のシートシンボルから分割されたサブシートに限定されます。
	Power Port （パワーポート）	プロジェクト全体で一致するすべてのパワーポートを接続します。
	Hidden Pin （ヒドゥンピン）	Connect To の値が一致しているプロジェクト内のすべてのヒドゥンピンを接続します。

識別範囲設定

デフォルトでは、新規 PCB プロジェクトを作成すると、ネット識別範囲は、Automatic（自動検出）が適用され、階層か平面デザインのどちらかになります。

回路図プロジェクトにシートエントリが存在すれば、自動的に垂直的な接続である Hierarchical（階層）識別範囲が選択されます。ネットラベルとポートは、（これは常に）各シートでローカルに接続されます。但し、ポートは、一致するシートエントリがあれば、各シート間の接続を行います。階層スコープが有効であれば、ポートもネットラベルもローカルに接続が行われ、別のプロジェクトシートにある一致しているものとは接続されません。

回路図プロジェクトにポートが含まれていて、シートエントリが一つもなければ、識別範囲は自動的に Ports Global に設定されます。これはプロジェクトの構造に関係なく、名称が一致するポートをすべて同じネットとみなし、ポートをプロジェクト全体で水平的に接続します。ネットラベルは、そのままローカルな接続だけを行います。

最後に、回路図プロジェクトにポートとシートエントリの両方が無ければ、ネットラベルをグローバル適用します。

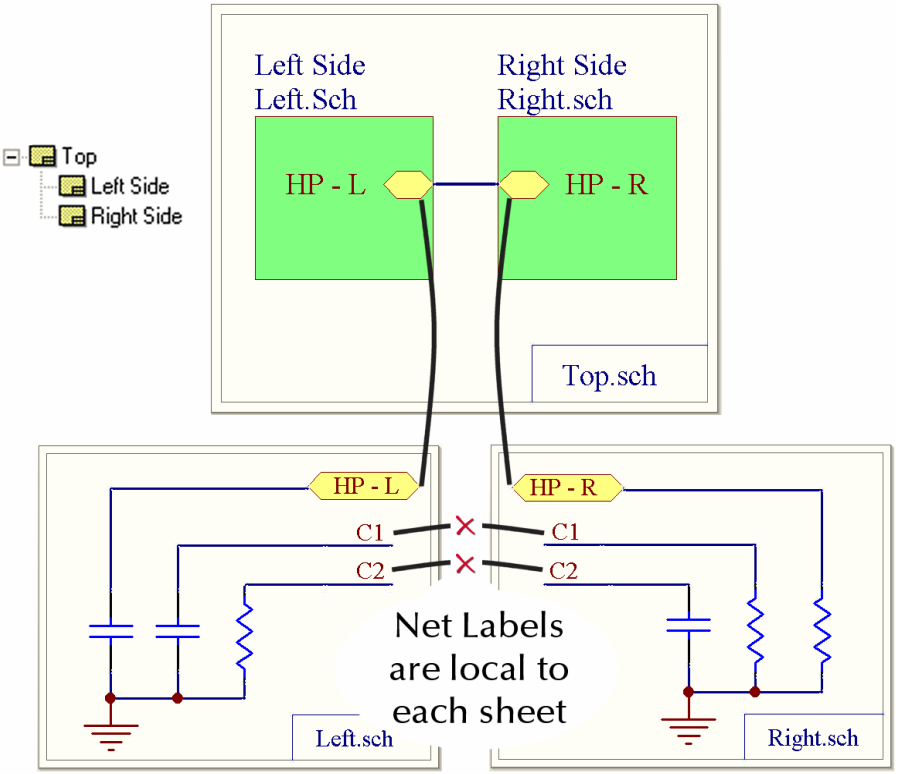
プロジェクトの内容によらず Automatic の設定を無視して、プロジェクト全体で特定の識別範囲設定を適用させたい場合は、Project Options ダイアログで行ってください。ここでは、プロジェクト全体でネットラベルとポートの両方をグローバルにするという、以前のデザイン用の範囲設定も用意されています。

オフシートコネクタ、パワーポート、ヒドゥンピンは、ネット識別範囲に関係なく、常に同じ方法で扱われます

接続のサンプル

次の 4 つの図は、同じシート構造で、どのようにスコープを選択するか、またその結果、ネットラベルとポートの接続に影響するかを示しています。4 番目は、オフシートコネクタがどのように動作するかを示しています。

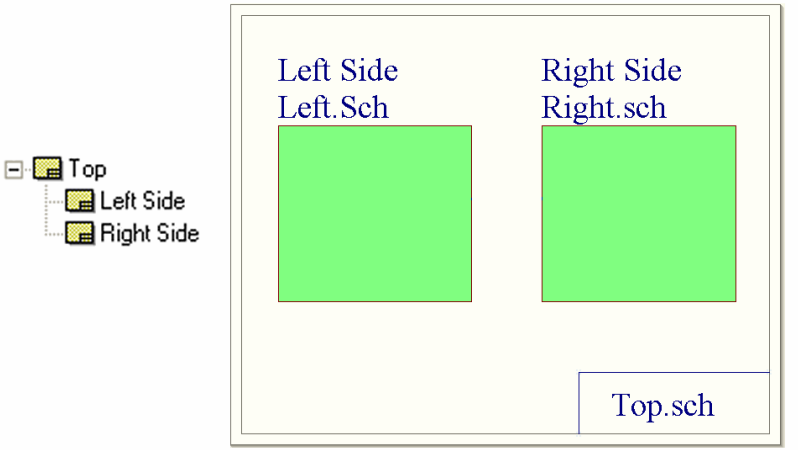
例 1 – 階層

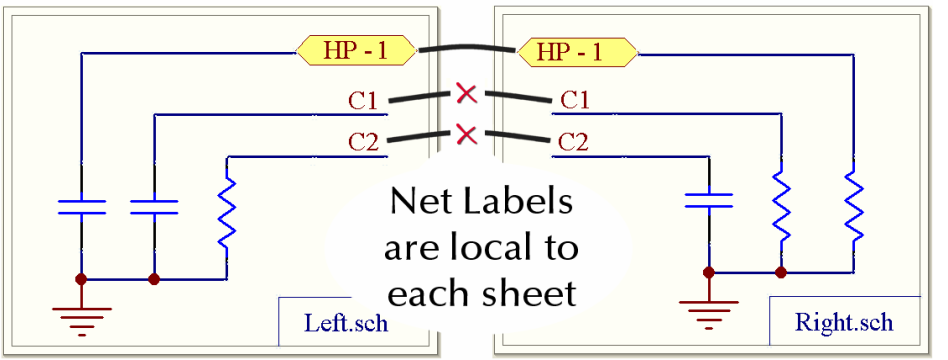


この回路図プロジェクトは、親シートに配置されているシートシンボル内のシートエントリの存在によって、自動的に階層スコープが適用されます。各サブシートにあるネットラベル C1 と C2 は、他のサブシートで一致しているものとは接続されません。但し、ローカルシート内では接続されます。この例でポート名は一致していませんが、たとえ一致していたとしても階層的スコープの影響で、水平的な接続は行われません。それに代わり、ポートは親シートに配置されているシートを介して、シート間の接続を行います。この動作をさせる為、サブシートに配置されているポートは、シートシンボル内のシートエントリに対応しているものが必要となります。これは、ピンや他のネット識別子から親シート上のシートエントリへ結線を行うことで接続されます。

この例では、親シート上のシートエントリ同士が接続されています。（名称が一致しない点に注意してください；これは、物理的に接続を行っており、論理的な接続ではありません）より高度なデザイン構造では、これらの信号は、ポートとそれに一致した、その上の階層の親シート上のシートシンボル内のシートエントリと配線されているかもしれません。

例 2 – ポートグローバル





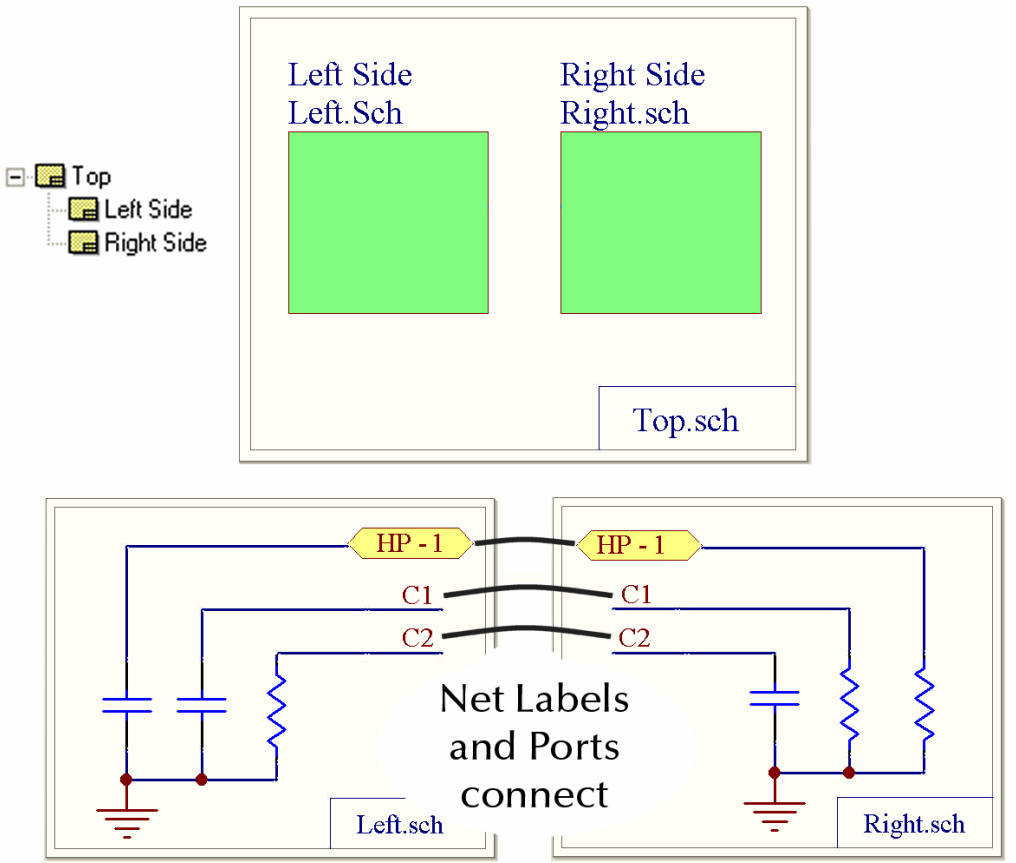
このデザインでのポートの存在しますが、シートエントリが無いことで識別範囲は、自動的に Ports Global になります。これは基本的にポートに関しては、平面構造のプロジェクトになります。プロジェクト内で名称が一致しているすべてのポートは論理的な接続が行われます。ネットラベルは、これと同じ機能は持っていません。各シートでローカルに接続されます。

重要なアップデート!

DXP 2004 製品のサービスパック 2 では、 フラットデザインについてのアップデートがあり、フラットなプロジェクトでは、トップシートが不要となりました。プロジェクトファイルという考えが無かったときには、そのプロジェクトで使用されているシートをソフトウェアが判断するのにトップシートに配置されているシートシンボルで決定していたので、トップシートが必要でした。トップシートが無い状態でプロジェクトをテストするには、**Projects** パネル内のファイル名の上で右クリックし、ポップアップメニューから **Remove from Project** を選んでください。

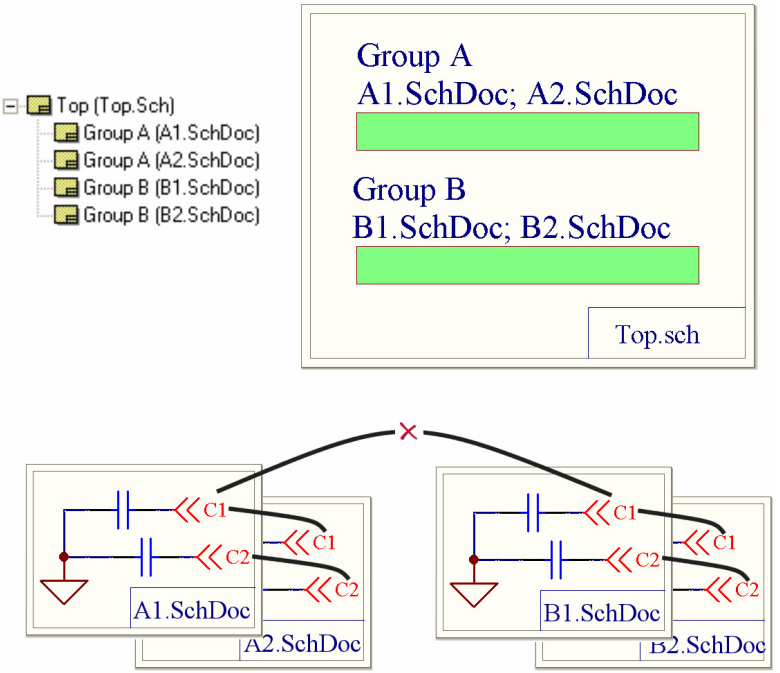
この変更により、このアーティクルの例 2、例 3 は、トップシートがプロジェクトから削除されても動作するようになりました。また、プロジェクトにトップシートが含まれていても正常にコンパイルされます。

例 3 – ネットラベルとポートグローバル



この識別範囲は、以前のデザイン用として引き続き DXP でもサポートされていますが、自動的に検出はされません。これはネットラベルとポートが一致しているネット識別子同士でグローバルな接続を作成します。この接続オプションに設定するには、Project Options ダイアログの Options タブを表示し、Net Identifier Scope のところで Global (Net Labels and Ports Global) を選択します。

例 4 – オフシートコネクタ



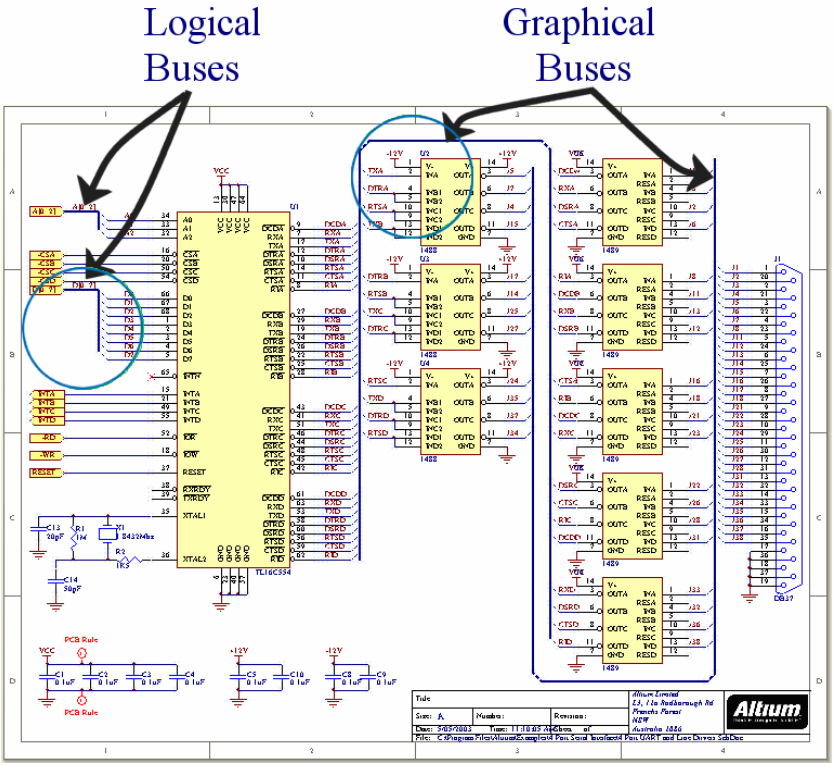
この例は、トップシートは 2 つのシートシンボルで 4 つのサブシートを参照しています。これは、シートシンボルの Filename 欄に複数の回路図ファイルを入力し、セミコロン（;）で区切ることで実現しています。オフシートコネクタは、*プロジェクト内の他のシートで垂直的な接続手法が取られていても*、1 つのシートシンボル内でグループ化したすべてのシート間で平面的な接続を行います。

シートのグループ化によって、オフシートコネクタ以外のネット識別子は、影響を受けません。それは単にオフシートコネクタによって、平面構造の接続が作成されます。但し、一致しているオフシートコネクタ間だけで起こります。また、この接続は、グループ化されてものだけで保たれる点に注意してください。オフシートコネクタの名称が一致しても、別のグループを超えて接続はされません。

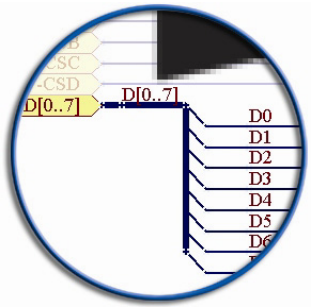
多くの設計者は、このオフシートコネクタを使用したことが無いかもしれません。これは DXP から導入されたものですが、元々は、他の設計ツールのデザインをシームレスにインポートする為のものです。しかし、これが役に立つ状況があるかもしれません。例えば、デザイン内にシート単位で多くのモジュールがある場合を考えてください。シートシンボルの配置だけでは希望する接続は作成されませんが、他のエンジニアにデザイン全体をすばやく理解してもらうことができます。ここで、これらの機能ブロックの 1 つの回路が一枚のシートを超える場合を想像してください。それを階層に納めるにはネットラベルをシート間を接続するためにポートに置き換え、シートエントリと一致させ、ワイヤで接続する必要があります。単にシートが小さく、2 つのシートシンボルが論理的な違いが無ければ、これは面倒な解決方法です。別の正しい方法としては、通常、デザインの接続性をネットラベルで作成している部分をオフシートコネクタに置き換えることです。複数シートのグループ化は、プロジェクトのロジック全体においてもデザインのブロックダイアグラムフローを保ちます。

バス

多くの回路図には、信号をグループ化したバスが存在します。それらは区別し易くするために通常、ワイヤより太く作画されます。グラフィカルな局面から見ても、バスは便利なツールですが、バス化された信号は、先に述べた一般的なルールに従ってシート間で信号を受け渡しすることができます。



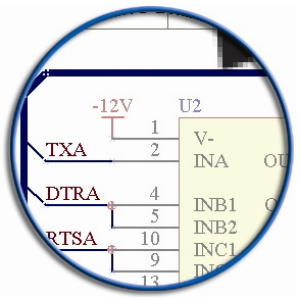
上図は、Altium2004\Examples\Reference Designs\ フォルダにある、4 Port Serial Interface のサンプルで、4 つのバスが含まれています。2 つはグラフィカルなもので、もう 2 つは論理的なものです。論理的なバスは、バス構文が使用されたネット識別子（ネットラベル、ポート）が付属しています。バス構文を理解する為、このサンプルの論理的なバスをもっと詳しく見てみます。



ここには、バス化するのに適してた 8 つのノードがあります。なぜならそのネットラベルは、同じプリフィックス（接頭語）が付けられ、そのあとに数字続いています。論理的なバスを作成するためのネットラベルの構文は、D[0..7]となり、D を共有プリフィックス、数字の 0 と 7 がサフィックス（接尾語）となります。負の値は、サフィックスとしては使用できません。また、順序は、同じバス上に接続しているネット識別子と名称が一致させるという点だけで重要です。例えば、ネットラベルは、D[0..7] から D[7..0] へ変更することもできます。その場合、接続しているポートとトップシートのシートエントリの順序も変更してください。

論理的なバスは、バスオブジェクトではなく、ネットラベルによって作成される点に注意してください。バスの電気的な機能は、これらのネット識別子によって接続が行われます。異なる種類のネット識別子は、同じ名称であっても別のものとは自動的に接続されないことを覚えておいてください。これはバス構文が設定されたネット識別子に当てはまります; ネットのラベル D[0..7] は同じ名前のポートに自動的に接続されません。バスはそれらを一緒に接続しなければなりません。

もう一方のバスは、個別のネットを束ねたもので、グラフィカルな意味だけで重要です。バスエントリは、接続的な属性は持ちませんが、バスの両側からワイヤを接続する場合を考慮してクリアランスを保つ為に利用します。（2 つワイヤがバス上の同じところで接触するとショートします。）



サンプル回路の 2 番目のバスは、グラフィカルなもので、ネット識別子が接続されていません。このケースでは実際の接続は、一致しているネットラベルで行われます。このようなバスを削除しても、シートの接続には何の影響もありません。（一見した場合、接続が判りにくくなるかもしれません。）

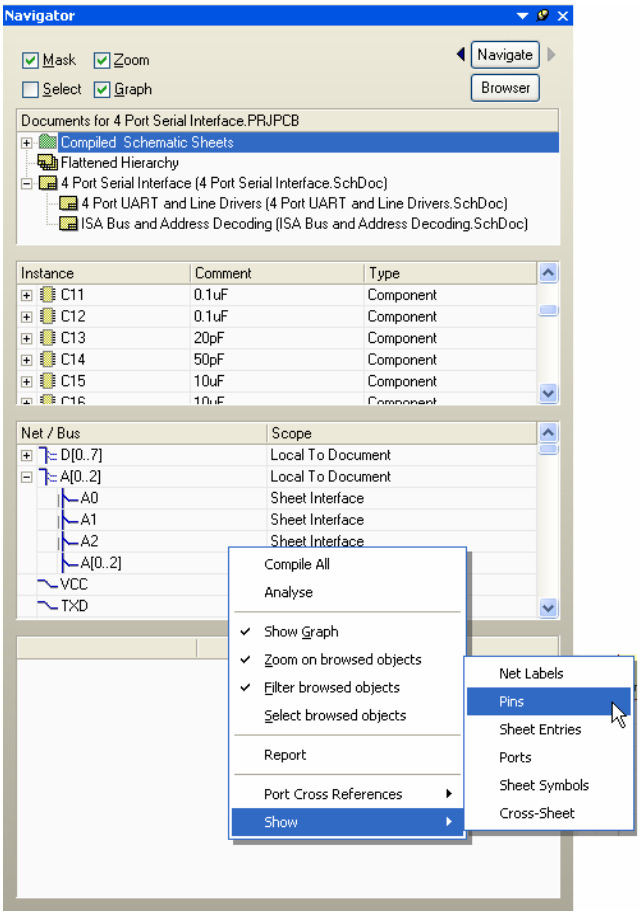
このサンプルのネットは、実際、論理的なバス接続としては不適格です。なぜならそれらの名前は、必要とされるバス構文と一致していません。バスにまとめるすべてのネットは同じプリフィックスを持ち、数字の差フィックスを付けて区別するようにしてください。

ナビゲーション

回路図プロジェクトが終了したときに、ネットリストを生成したり、苦労して各ネットを手動でチェックする必要はありません。デザインのすべての接続情報は、Navigator パネルにインタラクティブに表示することができます。

Navigator パネルは、デザインのネット接続で最も重要なものです。上部には、プロジェクトシートが 1 つはコンパイルしたシートのリストとして、1 つは階層を平面化したものとして、最後は構造化されたツリー表示として、3 つの方法で並んでいます。マルチシートプロジェクトをコンパイル後、シートシンボルの定義によって意図した構造になっているか、ツリーですぐにチェックができます。

Navigator パネルの次の 2 つのセクションは、プロジェクトのインスタンスとネット／バスを表示します。ここもツリー形式で表示され、シートシンボルには複数のシートエントリやコンポーネントには複数のパラメータやモデル、ピンなどが含まれています。同じように論理的なバスでは、そこに含まれるネットが表示されます。



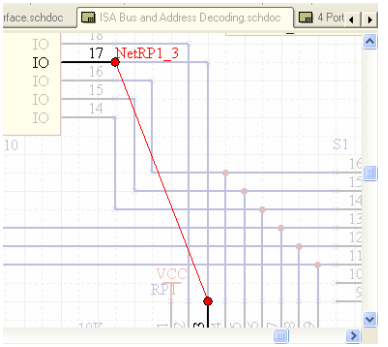
Navigator パネルの最後のセクションは、ナビゲートしたオブジェクトと表示設定したオブジェクトの 2 つによって決定されます。表示させたいオブジェクトのマスターリストは、Project Options ダイアログ（Options タブ）の Navigation セクションにありますが、Navigator パネル上で右クリックし、Show のサブメニューから個別に項目を選択できます。

上部のセクションでシートをクリックすると、下側にポートが表示されるはずです。次のセクションで、コンポーネントをクリックすると、下側にはそのピンがレポートされます。コンポーネントのツリーをオープンし、そのピンをクリックすると、下側にはこのピンと同一ネットのその他のピンとネット識別子が表示されます。これはバスやネットオブジェクトをクリックした場合も同じになります。

オブジェクトをクリックしたときに下側のセクションだけがアップデートされる訳ではありません。ナビゲートされたオブジェクトと関連するものがあれば、Navigator パネルの各セクションのリストは、対応するオブジェクトにジャンプします。

その他にワークスペースも更新されます。Navigator パネルの上部には、**Mask**, **Zoom**, **Select**, **Graph** の 4 つのハイライトオプションが用意されています。これらはデザインの各要素へナビゲートする場合、プロジェクトドキュメントの動作を決定します。

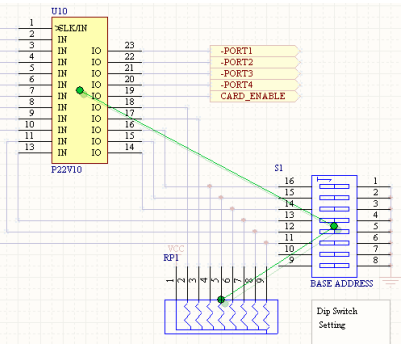
最初の 3 つのオプションは、List パネルを含む、その他の DXP パネルにも用意されています。これらは、その名称の通りで、これらのオプションが選択されていると、シートに含まれているオブジェクトがアクティブになり、オブジェクトがすべて表示されるサイズにズームされます。マスクは、アクティブなシートに配置されているその他の全オブジェクトを薄暗く表示し、選択したオブジェクトを区別するのに役立ちます。（ワークスペース右下の Mask Level ボタンでマスクされたオブジェクトのコントラストが調整できます。）



ネットとコンポーネントの 2 種類のグラフがあります。ネットオブジェクト（バス、ネット、ピン、バスライン、ワイヤ、ネット識別子）をナビゲートすると、ネットグラフが表示されます。このラインは、赤色で表示され、表示設定を行ったネットオブジェクトの全接続を表示します。

この図は Masking と Graph オプションの両方を有効にし、（そして Selection オプションは、無効にして）このネットをナビゲートしたものです。ラインは実線で表示されていますが、これはピンが物理的に接続されていることを意味しています。論理的に接続されている場合は、点線で表示されます。

コンポーネントグラフは、緑色で表示され、ナビゲートしたコンポーネントと直接接続されているその他のコンポーネントと表示します。



ナビゲーションツールはまた、複数シートで同時に操作することができます。バスやネットをナビゲートすると、ハイライトオプションは、すべてのシートで適用されます。これは画面全体に一枚のシートしか表示されていない場合は、気づかないかもしれません。プロジェクトドキュメントが並んで表示されていれば、クロスシートハイライトは、便利な機能です。

その他のナビゲーション方法

論理的ナビゲーション—Navigation パネルのツリー構造をクリックするのが、デザインの接続モデルをブラウズする唯一の方法ではありません。

空間的なナビゲート

Navigation パネルの右上には、Navigate ボタンがあります。これをクリックすると、アクティブな回路図シート上でカーソルが十字に変わります。これによって Navigation パネル上に表示されている論理的なリストに変わって、空間的なナビゲートができます。ネット属性を持ったすべてのオブジェクトからハイライトさせたいネットをクリックします。例えば、ポート上でクリックすると、それが接続されているシートエントリへジャンプします。選択したオブジェクトによって、Navigation パネルの内容が更新されます。右クリックか ESC キーを押すまで、カーソルは、このナビゲーションモードのままです。

回路図と PCB 間でのクロスプローブ

回路図プロジェクトから PCB を設計するには、非常に多くの繰り返しの過程（回路図と PCB エディタを行ったり来たりして、完成に導く）がある為、Navigator は、回路図と PCB ドキュメント間でのクロスプローブが可能となっています。PCB ドキュメントをオープンし、Alt キーを押したまま、オブジェクトをナビゲートすると、ナビゲートしている回路図とそれに対応する PCB オブジェクトが同じオプションでハイライト されます。

Tool メニューにあるクロスプローブコマンドを使うのとは、若干違うクロスプローブが Navigation パネルから実行できます。Tool メニューのコマンドは、回路図、PCB の両方に用意されていますが、Navigation パネルのツールは、プロジェクトの回路図から実行します。クロスプローブツールは、対応するオブジェクトが表示されるだけで、ドキュメントに対して現在のハイライト設定は適用されません。また、クロスプローブツールでオブジェクトをクリックした際、対応するオブジェクトにジャンプするには、Ctrl キーを押さえ続けます。これは Navigation パネルから行う場合と違い、PCB をハイライトしますが、ドキュメントをアクティブにしません。

更新履歴

Date	Version No.	Revision
9-Dec-2003	1.0	New product release
9-Dec-2004	1.1	Information added on flat designs no longer needing a top sheet

Software, documentation and related materials:

Copyright © 2004 Altium Limited.

Copyright © 2005 Altium Japan.

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, 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.