

概要

Tutorial
TU0106 (v1.0) December 9, 2003

このチュートリアルでは、回路シミュレーションを行う為に、アナログフィルタデザインの回路図を作成して設定を行い、解析を実行し、結果を波形アナライザに表示するまでの手順を紹介します。

このチュートリアルでは、回路シミュレーション解析を実行する為に回路図を作成することから始めます。最初に新規プロジェクトファイルを作成してからブランクの新規回路図シートを追加します。

新規プロジェクトの作成

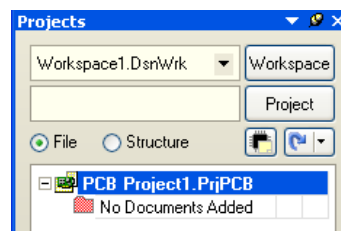
チュートリアルを開始するには、新規 PCB プロジェクトを作成します：

1. メニューから **File » New » PCB Project** を選択します。または、**Files** パネルの **New** のところにある **Blank Project (PCB)** をクリックします。もし、このパネルが表示されていない場合は、デザインマネージャパネルの下部の **Files** タブをクリックします。

あるいは、タスク画面 (**View » Tasks**) の Pick a Task の項目の **Printed Circuit Board Design** を選択してから **New Blank PCB Project** をクリックします。

2. **Projects** パネルが表示されます。新規のプロジェクトファイル (PCB Project1.PrjPCB) がここに **No Documents Added** としてリスト表示されます。

3. **File » Save Project As** を選択して、新規のプロジェクトファイル (拡張子.PrjPCB) の名称を変更します。ファイル名を Filter.PrjPCB と入力し、プロジェクトの保存先を指定し、**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。この回路図は、フィルタ回路になります。もし、回路図を作成する時間が無い場合は、\Program Files\Altium2004\Examples\Circuit Simulation\Filter フォルダに保存されている類似のプロジェクト (Filter.PrjPCB) を開きます。

新規回路図シートの作成

新規の回路図シートを作成するには、次のステップを実行します：

1. **File » New » Schematic** を選択します。回路図エディタのデザインウィンドウに Sheet1.SchDoc というブランクのシートが表示され、**Projects** パネル内のプロジェクトの名が表示されている下の **Source Documents** に回路図シートのアイコンが表示されます。

回路シミュレーション解析の設定と実行

2. **File** » **Save As** を選択して、新規の回路図ファイル（拡張子.SchDoc）の名称を変更します。ハードディスク上で回路図を保存したい場所を指定し、ファイル名の項目で Filter.SchDoc と入力して **Save** をクリックします。

回路図の作成

図 1 に示すフィルタ回路を作成します。シミュレーションを実行する前に、回路図に付属の SIM モデルを持つコンポーネントやフィルタに供給する電源ソース、入力ソース、グラウンドシンボル、そして波形を表示したい場所にネットラベルを配置する必要があります。

チュートリアルこの項目では、コンポーネントを配置し、それらの属性を設定してからワイヤを接続します。

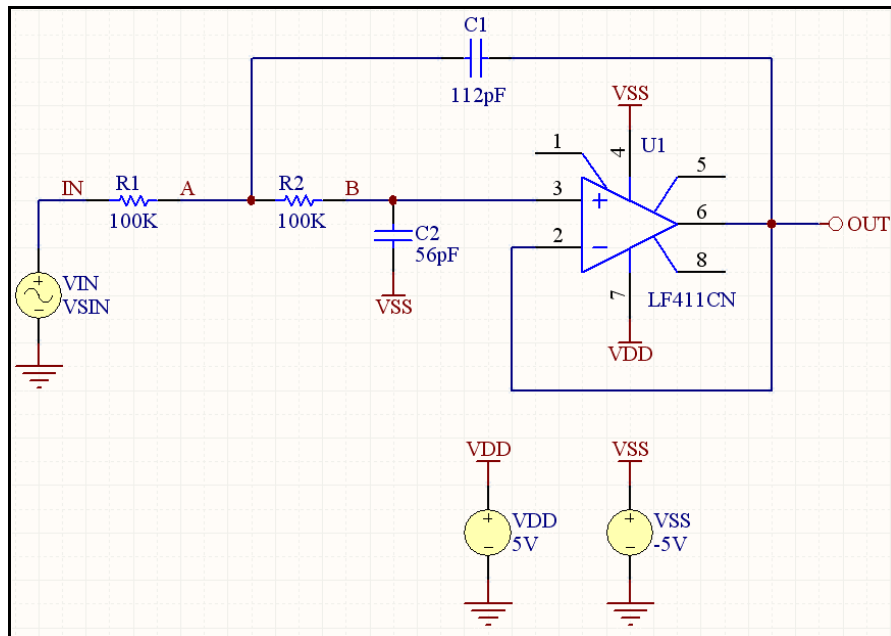


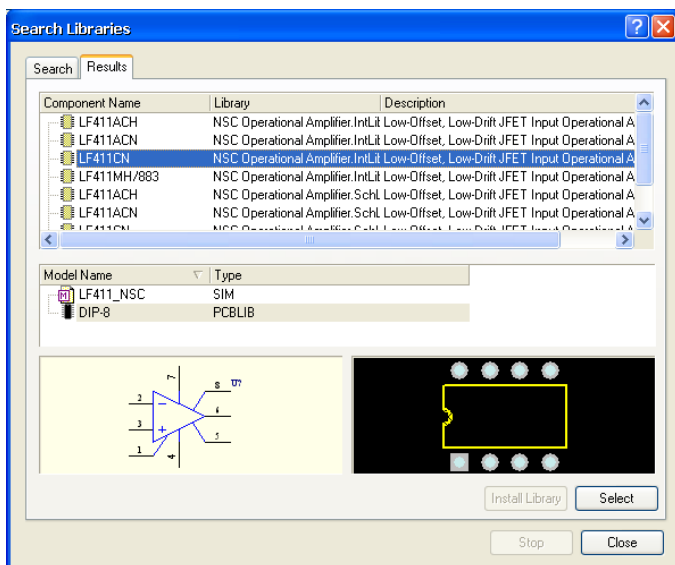
図 1. Filter.SchDoc

コンポーネントの配置とライブラリの読み込み

最初に LF411CN というオペアンプのコンポーネントを検索します。

1. **Libraries** タブをクリックして **Libraries** ワークスペースパネルを表示させます。
2. **Libraries** パネルの **Search** ボタンを押すか、**Tools** » **Find Component** を選択します。 **Search Libraries** ダイアログが開きます。
3. **Scope** を **Libraries on Path** に設定し、**Path** の欄でこれから検索するパスが指定されているか確認します。インストールの際、デフォルトディレクトリを適用した場合、パスは、C:\Program Files\Altium2004 (SP2)\Library になるはずですが、**Library** フォルダを確認する為にフォルダアイコンをクリックします。 **Include Subdirectories** ボックスが選択（チェック）されていることを確認します。

4. LF411に関連する全ての部品を検索する為に、**Search Criteria** の **Name** の項目に *LF411* と入力します。* シンボルは、メーカーごとに異なる接頭辞や接尾辞が挿入されていることを考慮して使用するワイルドカードです。
5. **Search** ボタンをクリックすると検索が開始されると同時に **Results** タブが表示されます。検索に一致するライブラリが **Results** タブに表示されます。



6. NSC Operational Amplifier.IntLib ライブラリを選択します。そして、このライブラリを **Libraries** パネルから利用できるようにする為に **Install Library** をクリックします。 **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。上部のリストのライブラリ名をクリックすると、そのライブラリのコンポーネントが下にリスト表示されます。パネル内のコンポーネントフィルタは、ライブラリ内のコンポーネントをすばやく検索する為に使用します。

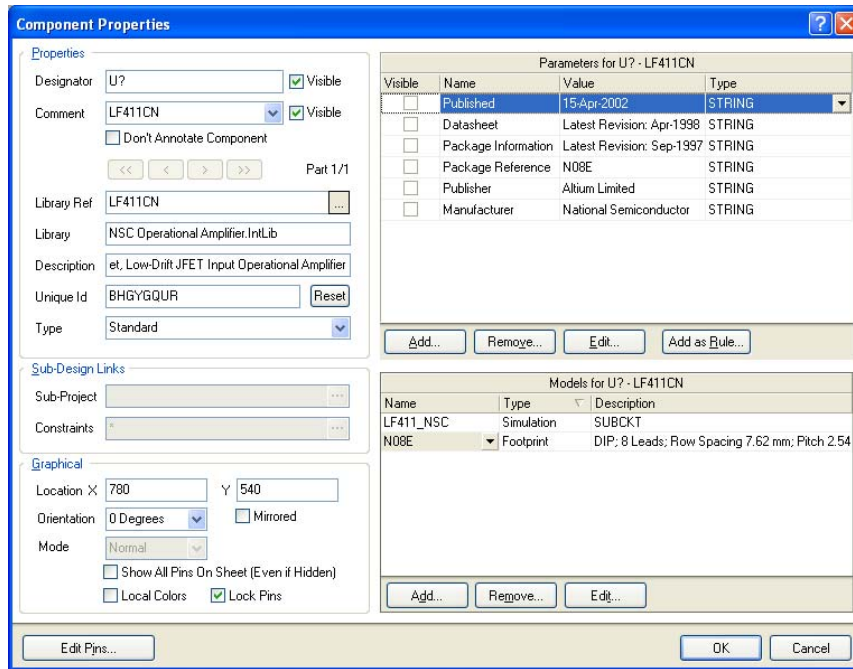
シミュレーション用コンポーネントの配置

最初にオペアンプ U1 のコンポーネントを回路図に配置します。回路の一般的なレイアウトに関しては、図 1 に示した回路図を参照して下さい。

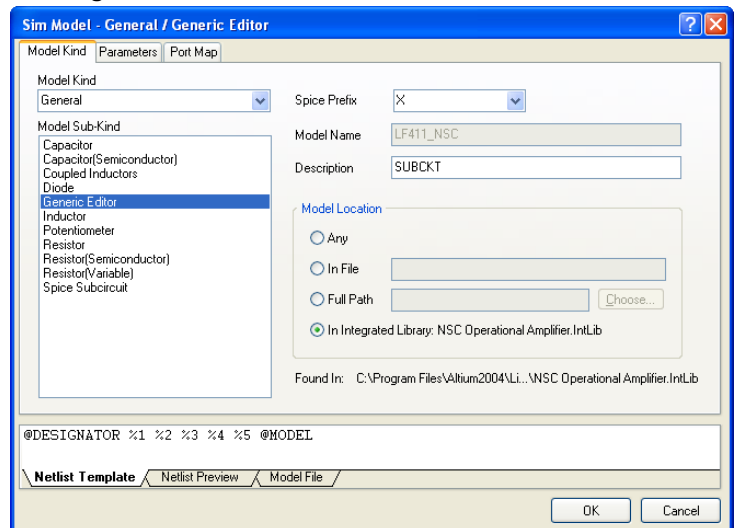
1. **Libraries** タブをクリックして、**Libraries** パネルが表示されることを確認します。
2. ライブラリをアクティブにする為に、NSC Operational Amplifier.IntLib を選択します。
3. 必要なコンポーネントを素早く検索する為にフィルタを使用します。デフォルトのワイルドカード (*) は、ライブラリに保存されている全てのコンポーネントをリスト表示します。ライブラリ名の下のフィルタ欄に *LF411* と入力してフィルタを設定します。 **Library Ref** の項目の一部に “LF411” という文字が含まれているコンポーネントのリストが表示されます。
4. リスト内の LF411CN を選択してから **Place** ボタンをクリックします。あるいは、コンポーネント名をダブルクリックします。オペアンプの外形がカーソルのところに移動できる（フローティング）状態が表示されます。今、部品を配置するモードになっています。

回路シミュレーション解析の設定と実行

- 回路図に部品を配置する前に、最初はその属性を編集します。オペアンプがカーソル上にフローティングで表示されている間に **TAB** キーを押し、このコンポーネントの **Component Properties** ダイアログを開きます。



- ダイアログの **Properties** のところにある **Designator** 欄に U1 と入力してコンポーネントデジネータの値を最初に設定します。
- 次にシミュレーションを実行時に使用する **SIM** モデルを確認します。このチュートリアルでは、回路シミュレーションの推奨モデルが既に含まれている統合ライブラリを使用しています。 **Component Properties** ダイアログの **Models** リストの LF411_NSC を選択し、 **Edit** をクリックして **SIM Model - General / Generic Editor** ダイアログを表示させます。
- モデルファイルパス名が、NSC Operational Amplifier.IntLib 統合ライブラリで検索され、設定されていることに注目して下さい。



回路シミュレーション解析の設定と実行

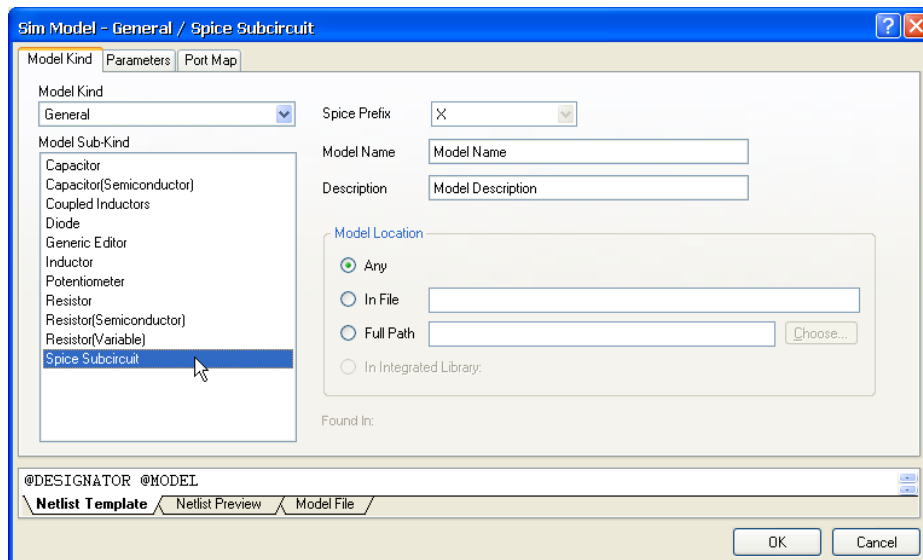
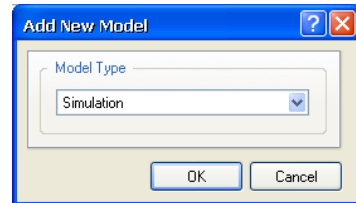
- 出力フォルダ（統合ライブラリを開いた時に作成されたフォルダ）からプロジェクトを含むフォルダに、モデルファイルをコピーします。このモデルを追加し、**Sim** エディタを使用して修正することができます。

試しに \Program Files\Altium2004\Examples\Circuit Simulation\Filter フォルダに保存されている他の **SPICE** モデル (LF411C.ckt) を追加します。

- LF411C.ckt をコピーし、**Windows** エクスプローラを使用して、作成したプロジェクトファイルが存在するフォルダにこのファイルを貼り付けます。
- Projects** パネル内のプロジェクト名 (Filter.PrjPCB) を選択して、右クリックし **Add Existing to Project** を選択して、プロジェクトにモデルファイルを追加します。モデルファイルを選択し **Open** をクリックします。**SPICE** モデルファイル (LF411C.ckt) が、**Projects** パネル内の **Libraries\Advanced SIM** サブサーキットフォルダ下のプロジェクトに追加されます。

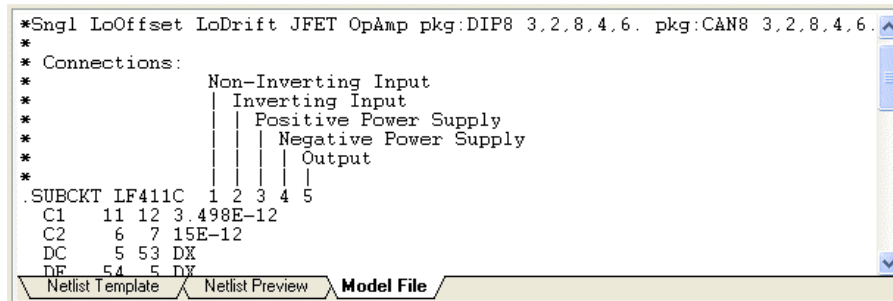
これで回路図内のコンポーネントへモデルを追加することができます。もし、必要ならばこのコンポーネントの回路図ライブラリにもモデルを追加することができます。

- オペアンプをダブルクリックして **Component Properties** ダイアログを開きます。**Models** の項目で設定されている **SIM** モデルを削除します。削除するには、**SIM** モデルを選択して **Remove** をクリックし、**Confirm** ダイアログで **Yes** をクリックします。
- Models List** の項目の **Add** をクリックして **Add New Model** ダイアログを表示させます。
- 図にあるように **Model Type** のドロップダウンリストから **Simulation** を選択し、**OK** をクリックします。**SIM Model – General / Generic Editor** ダイアログが表示されます。
- Model Sub-Kind** リストから **Spice Subcircuit** を選択して **Spice Prefix** を **X** に設定し、**Model Location** の項目を表示します。ダイアログ名は、**Model Sub-Kind** に変更されます。



回路シミュレーション解析の設定と実行

これらは、**Model File** タブに表示される .SUBCKT ヘッダーと対応します。これらの番号は、このモデルファイルでの設定で、他のモデルでは同じように一致するとは限りません。



```
*Sngl LoOffset LoDrift JFET OpAmp pkg:DIP8 3,2,8,4,6. pkg:CAN8 3,2,8,4,6.
*
* Connections:
*           Non-Inverting Input
*           Inverting Input
*           Positive Power Supply
*           Negative Power Supply
*           Output
*
.SUBCKT LF411C 1 2 3 4 5
C1 11 12 3.498E-12
C2 6 7 15E-12
DC 5 53 DX
DF 54 5 DX
```

Port Map タブの **Model Pin** 欄で、1(1), 2(2), 3(3), 4(4), 5(5), とリスト表示されます。最初の番号

Schematic Pin	Model Pin
5 (BAL)	5 (5)
3 (IN+)	3 (3)
2 (IN-)	2 (2)
6 (OUT)	Not Connected
7 (V+)	Not Connected
4 (V-)	4 (4)
8 (NC)	Not Connected
1 (BAL)	1 (1)

元のピンマッピング

が、モデルピン番号で (**Netlist Template** の %1, %2, など)、サブサーキットヘッダーに対応するノード名/番号は、括弧で囲まれます。

サブサーキットヘッダー内の実際の番号は、重要ではありません。重要なのは、**Spice** ネットリストに表示される接続の順番です。これらは、**.SUBCKT** のヘッダー内の順番、(例えば、**Non-Inverting Input (IN+)**、**Inverting Input (IN-)**、**Positive Power**

Schematic Pin	Model Pin
5 (BAL)	Not Connected
3 (IN+)	1 (1)
2 (IN-)	2 (2)
6 (OUT)	5 (5)
7 (V+)	3 (3)
4 (V-)	4 (4)
8 (NC)	Not Connected
1 (BAL)	Not Connected

修正したピンマッピング

Supply (V+)、**Negative Power Supply (V-)**、そして **Output (OUT)**) と一致する必要があります。

ネットリストヘッダーは、各ピンの機能について記述されています。それらを適切な回路図ピンにリンクさせる為にこの情報を使用します。例えば：

1(1)は、+ input (**Non-Inverting Input**)ですので、回路図ピン **3(IN+)**にリンクさせます。また **5(5)**は、**Output** ですので、回路図ピン **6(OUT)**にリンクさせます。

10. ピンマッピングを修正したら、**OK** をクリックして全てのダイアログを閉じます。

シミュレーションを行う為に、**Filter** 回路図の設定を続けます。

シミュレーション用の抵抗設定

次に2つの抵抗を配置します。

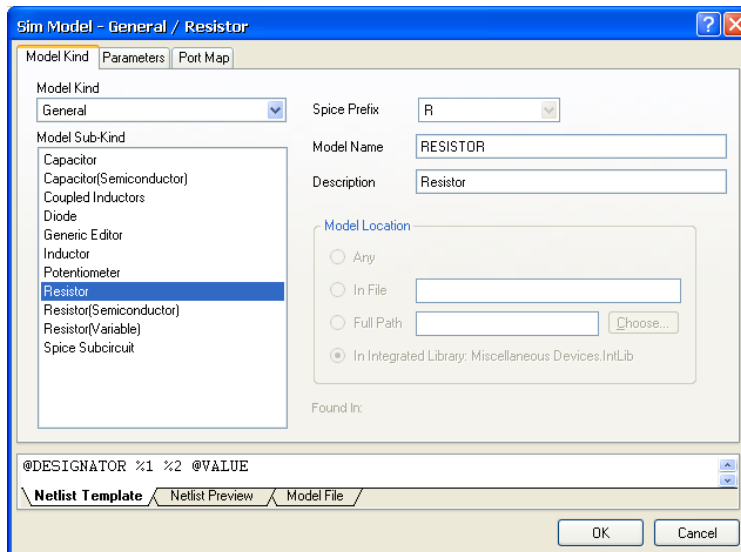
1. **Libraries** パネルで、**Miscellaneous Devices.IntLib** ライブラリがアクティブになっていることを確認します。
2. ライブラリ名の下フィルタの項目に **res1** と入力しフィルタを設定します。
3. コンポーネントリストの **RES1** を選択し、**Place** ボタンをクリックします。カーソル上に抵抗のシンボルが表示されます。
4. 抵抗の属性を編集する為に、**TAB** キーを押します。ダイアログの **Properties** 内の **Designator** に **R1** と入力し、最初のコンポーネントデジグネーターの値を設定します。

5. 回路図上に表示する為、また、この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時に使用する為に抵抗のパラメータの項目を設定します。Value パラメータは、一般的なコンポーネント情報に使用されますが、ディスクリートコンポーネントは、シミュレーションを行う時にそれを使用します。

もし、コンポーネント属性に既存パラメータとして Value が無い場合は、パラメータリストの **Add** ボタンをクリックし、**Parameter Properties** ダイアログを表示させます。Name に Value、Value に 100k と入力します。パラメータタイプとして **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 ボタンをクリックします。

この RES1 コンポーネントは、既に Value パラメータが設定されていますので、Value の項目に 100k と入力するだけです。

6. ダイアログの **Properties** の項目で、**Comment** の項目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。DXP では、**Comment** 欄をパラメータの内容で置き換える「間接的参照」をサポートしており、(パラメータの Value と **Comment** の項目で) 値を 2 回入力する必要はありません。このデータは、2 回入力しなくても PCB と部品表に転送することができます。
7. **Models** リストで SIM モデル (RESISTOR) を確認します。Models リストでモデル名を選択し、**Edit** をクリックして **Sim Model - General/Resistor** ダイアログを表示させます。このタイプの抵抗は、モデルファイルは必要とせず、Value パラメータで入力した Netlist Template の Value を参照します。



OK をクリックしてダイアログを閉じ、**Component Properties** ダイアログに戻ります。OK をクリックします。

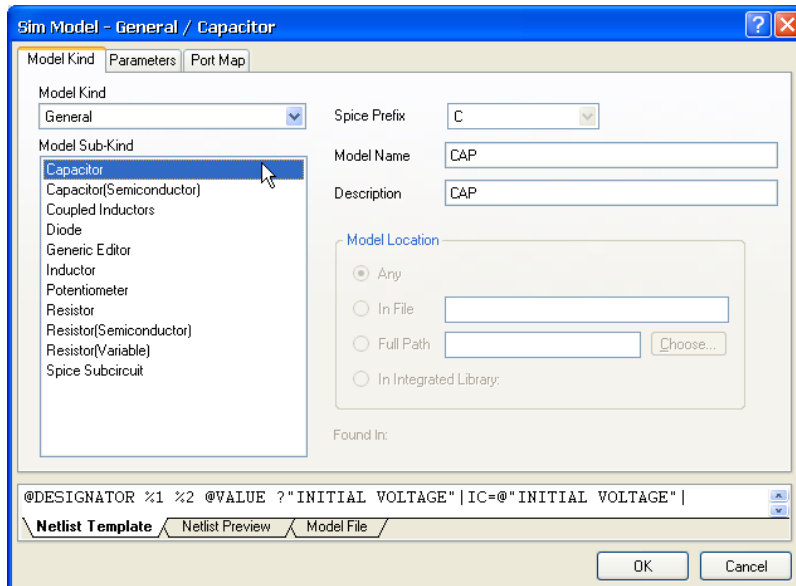
8. 抵抗を配置する位置を決めて (図 1 の回路図参照)、左クリックまたは **ENTER** を押し、部品を配置します。
9. 次に R2 の抵抗を配置します。そのまま続けて配置すると、デジグネーターは自動でインクリメントされます。

10. 抵抗を配置した後に、右クリックまたは **ESC** を押して部品配置モードを解除します。

シミュレーション用のコンデンサ設定

次に 2 つのコンデンサを検索し、配置します。

1. コンデンサの部品は、**Libraries** パネルで既に選択されている Miscellaneous Devices.IntLib ライブラリにあります。**Libraries** パネル内のコンポーネントのフィルタ欄に cap と入力します。コンポーネントリスト内の **CAP** をクリックし、**Place** ボタンをクリックします。
2. **TAB** キーを押して、コンデンサの属性を編集します。**Component Properties** ダイアログの **Properties** の **Designator** 欄を C1 と設定します。
3. **Value** パラメータの **Value** の項目を 112pF に変更します。**String** が、パラメータタイプとして選択されていて、**Value** の **Visible** ボックスにチェックが入っていることを確認して下さい。
4. ダイアログの **Properties** の項目で **Comment** の項目をクリックし、ドロップダウンリストから **=Value** スtring を選択し、**Visible** のチェックをはずします。
5. 統合ライブラリから **Models** リストに追加されている **SIM** モデル (CAP) を確認します。**Models** リストでモデル名を選択し、**Edit** をクリックして **Sim Model – General/Capacitor** ダイアログを表示させます。このコンデンサは、モデルファイルを必要とせず、**Value** パラメータからの **Value** を参照します。



6. **OK** をクリックし、**Component Properties** ダイアログで更に **OK** をクリックし、配置モードに戻ります。
7. 抵抗の配置と同じ方法で、2 つのコンデンサを配置する位置を決めて配置します。**C2** は 56pF に **Value** を変更し、スペースキーを押してシンボルを回転し、配置します。
8. 右クリックするか **ESC** を押して配置モードを解除します。

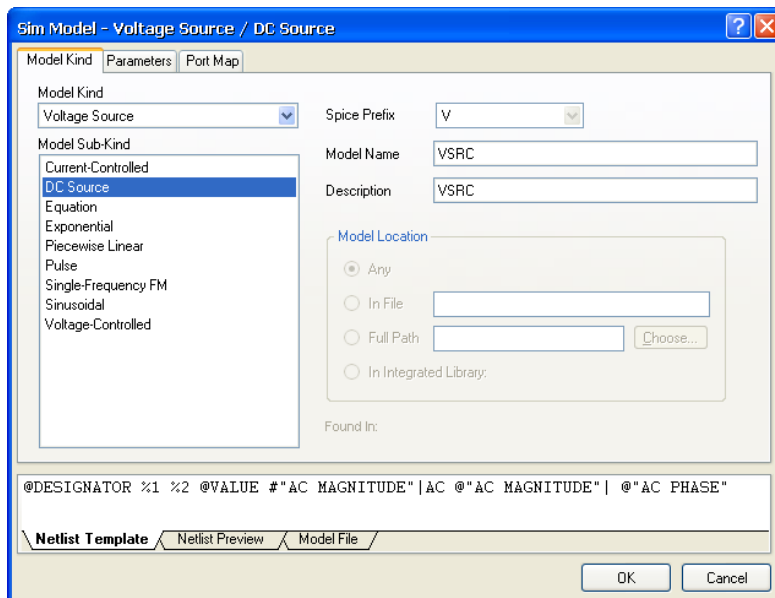
電源の追加

シミュレーションを行う時に必要であるデザインに供給する電源を追加します。

1. 最初に VDD 電源を配置します。 **Libraries** パネルで **VSRC** コンポーネントを検索し、 **Available Libraries** リストに **Simulation Sources.IntLib** ライブラリを追加します。他のシミュレーションライブラリは、`\Project Files\Altium2004\Library\Simulation` フォルダに保存されていることに注意して下さい。

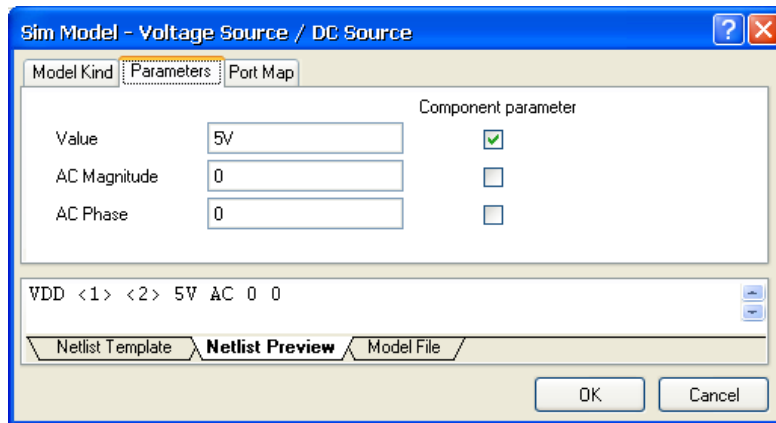
電源を配置する際に、**TAB** キーを押して属性を編集します。

2. **Component Properties** ダイアログの **Models** リストで **SIM** モデル (VSRC) をクリックし、 **Edit** をクリックします。 **Sim Model – Voltage Source/DC Source** ダイアログで、 **Model Kind** が **Voltage Source** に、 **Model Sub-Kind** が **DC Source** に設定されていることを確認して下さい。



3. **Parameters** タブをクリックし、必要な電圧値を設定します。 **Value** の項目に 5V と入力し、 **Component Parameter** ボックスにチェックを入れます。チェックを入れると、自動で **Component Properties** ダイアログのパラメータに 'Value' が作成されます。他の項目は、0 に設定しておいて下さい。

回路シミュレーション解析の設定と実行



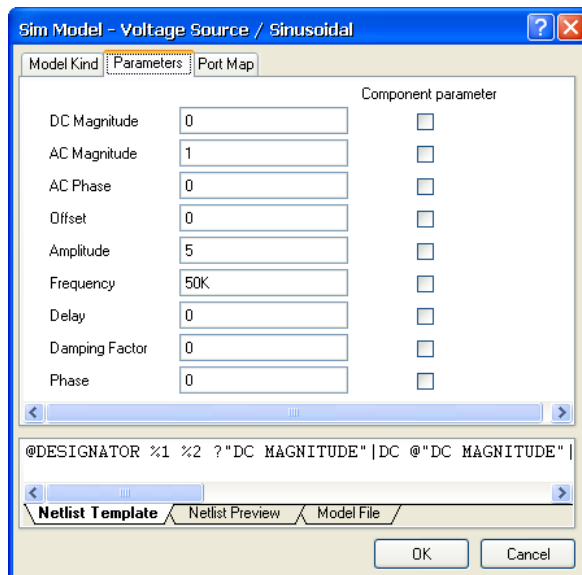
OK をクリックし、全てのダイアログを閉じます。回路図上でクリックし、この電源を配置します。右クリックか **ESC** を押して、配置モードを解除します。

4. 次にモデルファイルパラメータの **Value** を $-5V$ に設定して **VSS** の電源を配置します。

5. 最後に Simulation Sources.IntLib からサイン波 (Sinusoidal Voltage Source : VSIN) を追加します。配置する前に **TAB** キーを押して、属性を編集します。この例では、1KHz から 50KHz に周波数を変更します。 **Component Properties** ダイアログで、Models リストの SIM モデル (VSIN) をクリックし、**Edit** をクリックします。

Sim Model - Voltage Source / Sinusoidal ダイアログで、Model Kind が **Voltage Source** に、Model Sub-Kind が **Sinusoidal** に設定されていることを確認して下さい。

6. **Parameters** タブをクリックし、必要な電圧値を設定します。 **Sim Model - Voltage Source / Sinusoidal** ダイアログ (右図) を参照して、パラメータ値を入力して下さい。



Netlist Template は、この情報を使用して評価され **Netlist Preview** に表示されます。

OK をクリックして全てのダイアログを閉じ、クリックして回路図にこの電源を配置します。右クリックか **ESC** を押して、配置モードを解除します。

7. 回路図を保存します[ショートカット **Ctrl+S**]。

パワーポートの追加

図 1 を参照して、Filter 回路図にパワーポートを追加します。

1. **Place » Power Port** を選択します。TAB を押して、*Power Port* ダイアログで属性を設定します。
2. コンポーネントのピンに付けられたポートについては、対応するネット名（例えば、vss）を入力し、**Style** を **Bar** に設定します。**OK** をクリックし、左クリックか **ENTER** を押して、パワーポートを配置します。配置中にポートを回転するには、スペースバーを使用します。
3. パワーポートの配置を続けます。電源(VIN、VDD や VSS)にパワーポートを追加する際に、**Style** を **Power Ground** に、**Net** を GND に設定します。OUT ポートは、**Net** を OUT に、**Style** を **Circle** に設定します。
4. パワーポートを配置し終わったら、右クリックか **ESC** を押して配置モードを解除します。

専用のツールバーからパワーポートを配置するには、**View » Toolbars » Utilities** を選択し、必要なパワーポートボタンをクリックして下さい。

回路の配線

配線は、回路の様々なコンポーネント間の接続を作成する過程です。回路図の配線を行うには、図 1 を参照して下さい。

1. ワイヤ配置モードにするには、**Place » Wire** [ショートカット **P, W**]を選択するか、*Wiring Tools* ツールバーから **Wire** ツールをクリックします。回路の配線についての詳細はチュートリアル「*PCB 設計入門*」を参照して下さい。
2. ワイヤ配置モードを解除するには、右クリックするか **ESC** を押します。

ネットとネットラベル

シミュレーションを実行する為の最後の操作は、表示したい信号を容易に確認できるように回路上の適切な場所にネットラベルを配置することです。チュートリアルの回路で注目する信号は、IN と OUT ネットです。OUT ネット名が OUT パワーポートから読み込まれている一方、IN ネットは、ネットラベルで認識されます。図 1 のように必要な要求されたネット上にネットラベルを配置するには:

1. **Place » Net Label** [ショートカット **P, N**]を選択し、**TAB** を押してネットラベル名を入力します。クリックしてネットラベルを配置します。ネットラベルの配置についての詳細は、チュートリアル「*PCB 設計入門*」を参照して下さい。
2. ネットラベル配置モードを解除するには、右クリックか **ESC** を押します。
3. **File » Save** [ショートカット **Ctrl+S**]を選択して、回路を保存します。**Projects** パネルのプロジェクト名を選択し、右クリックし、**Save Project** を選択して同様にプロジェクトを保存します。

プロジェクトのコンパイル

プロジェクトのコンパイルは、デザインドキュメントの描画や電気的なルールエラーを確認します。*Options for Project* ダイアログ (**Project » Project Options**) の Error Checking や Connection Matrix タブで既に設定されているデフォルトのルールを使用します。

1. Filter 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。

回路シミュレーション解析の設定と実行

- プロジェクトがコンパイルされると、警告やエラーが **Messages** パネルに表示されます。エラーがある場合は、回路を見直し、全ての配線や接続が正しいか確認して下さい。

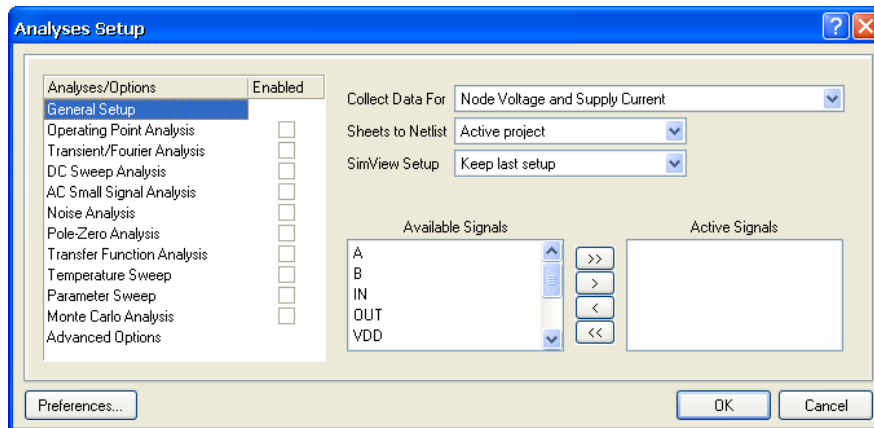
解析の設定

DXP では、回路図から直接シミュレーションを実行することが可能です。チュートリアル次の項目では、**Filter** 回路で作成された出力波形をシミュレートします。

シミュレーションは、**Simulate** メニューコマンドを使用するか、**Mixed Sim** ツールバー (**View** » **Toolbars** » **Mixed Sim** を選択して表示される) の適切なボタンをクリックして設定し実行します。

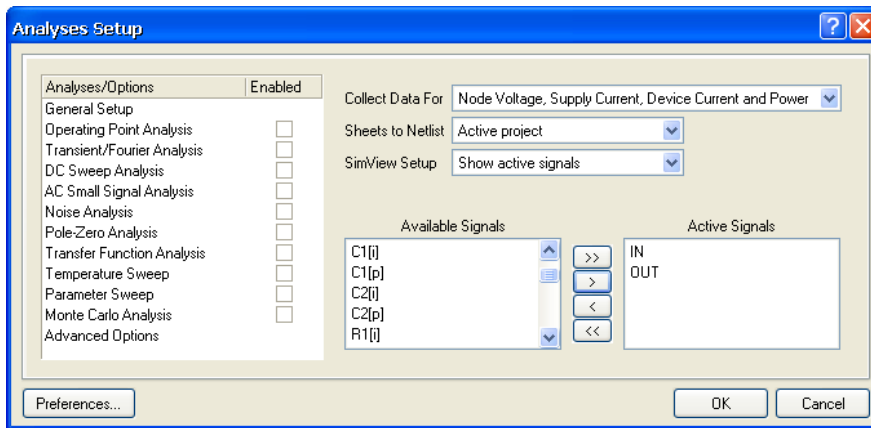


- 回路図エディタで `Filter.SchDoc` を開いて、**Design** » **Simulate** » **Mix Sim** を選択し、**Analyses Setup** ダイアログの **General Setup** ページを表示させます。



全てのシミュレーションオプションは、ここで設定します。シミュレーションの範囲 (ネットリストを出力するシート) やシミュレーションが完了する時に自動で表示される信号 (**Active Signals**)、シミュレーションで実行したい解析形式を含みます。これらのオプションは、プロジェクトファイル (保存した時) に保存され、シミュレーションが実行される時に使用される **SPICE** ネットリスト (*.nsx) の作成に使用されます。

- 最初に計測したい回路のノードを設定します。**Collect Data For** の項目で、リストから **Node Voltage, Supply Current, Device Current and Power** を選択します。このオプションでは、シミュレーションを実行中に計算したいデータの形式を定義します。このオプションでは各ノードでの電圧、各電源の電流と各デバイス電流・電力のデータが保存されます。**SimView Setup** を **Show Active Signals** に設定します。
- Available Signals** の項目で、**IN** と **OUT** の信号名をダブルクリックします。各信号をダブルクリックすると、信号名が **Active Signals** の項目に移動します。また、信号リスト上でクリックしマウスをドラッグするか、信号をクリックしている間 **SHIFT** と **CTRL** キーを使用して、**Available Signals** リストから複数の信号を選択することができます。選択後、**>** ボタンを使用して **Active Signals** リストに信号を移動します。**Active Signals** のシミュレーション結果は、シミュレーションが実行された時、自動で波形解析画面に表示されます。



4. (Analyses/Options の項目にリスト表示された) 各解析形式は、**Analyses Setup** ダイアログの各ページで設定されます。各解析の設定ページをアクティブにするには、解析名をクリックして下さい。

詳細なヘルプを表示させるには、各解析設定ページで F1 を押しします。

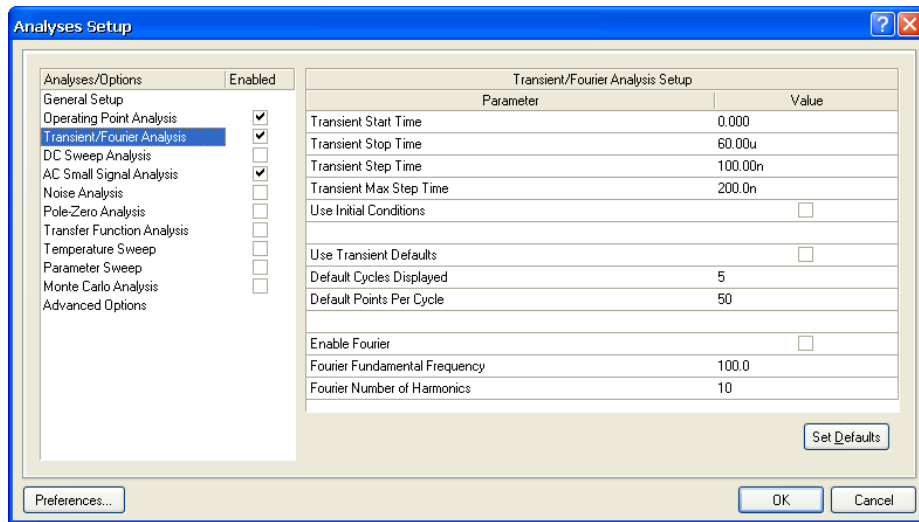
過渡／フーリエ解析の設定

過渡／フーリエ解析は、ユーザが指定した時間間隔で過渡出力変数（電圧、電流または電力）を計算し、オシロスコープに表示されるような出力を作成します。

動作点解析は、**Use Initial Conditions** オプションが有効で無い限り、回路の DC バイアスを定義する為に過渡解析より先に自動で実行されます。もし、このオプションが有効ならば、DC バイアスは回路に定義した初期状態から計算されます。初期状態は、回路図内の各適切なコンポーネントに、または、回路に .IC デバイスを配置して定義することができます。

50KHz の入力ソースを 6 周期表示するには、波形画面で表示が 60u になるように設定します。

1. **Analyses Setup** ダイアログ内の **Transient/Fourier** チェックボックスが有効になっている（チェックが入っている）ことを確認して下さい。もし、**Transient/Fourier Analysis Setup** ページが自動で表示されない場合、**Analyses/Options** リスト内の **Transient/Fourier Analysis** をクリックして下さい。



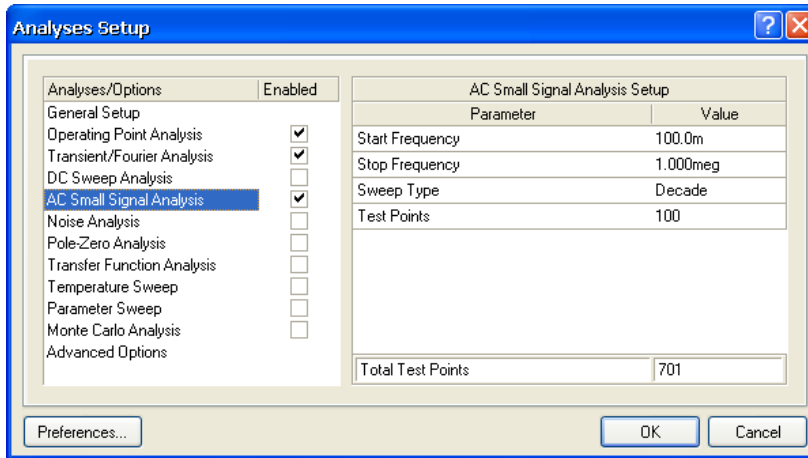
2. **Use Transient Defaults** オプションが無効になっていることを確認して下さい。これで過渡解析パラメータを変更することができます。
3. シミュレーション画面を 60u に指定するには、**Transient Stop Time** を 60u に設定します。
4. **Transient Step Time** の項目を 100n に設定します。これは、シミュレーションが 100ns の地点ごとに計算されることを表します。
5. シミュレーション中の実際のタイムステップは、収束と必要な精度を満たす為に自動で変更されます。**Maximum Step** の項目は、タイムステップサイズの変化を制限しますので、**Transient Max Step Time** を 200n に設定します。

AC 小信号解析の設定

AC 解析は、周波数関数として小信号の AC 出力変数を計算し、回路の周波数応答を示す出力を作成します。AC 小信号解析で要求される出力は、通常、伝達関数（例えば、電圧利得）です。

回路図には、SIM モデル AC Magnitude パラメータの値が設定された AC ソースが少なくとも 1 つ必要です。AC Magnitude の値、周波数と振幅についてはサイン波ソース (VSIN) のパラメータで既に設定しています。詳細については、電源ソースの設定を参照して下さい。

1. **Analyses Setup** ダイアログで、**AC Small Signal Analysis** が有効になっていることを確認して下さい。



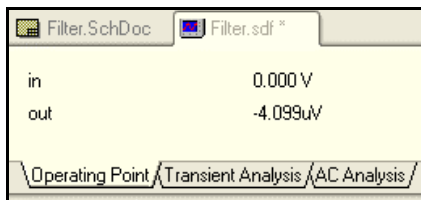
2. 上図のようにパラメータ値を入力します。
3. この解析が実行されると、回路の DC バイアスを決定する為に動作点解析が先に実行されます。その後、信号ソースは振幅が固定された正弦波ジェネレータに置き換えられ、指定した周波数範囲内で、**Test Points** と **Sweep Type** の値を元に解析されます。

シミュレーションの実行



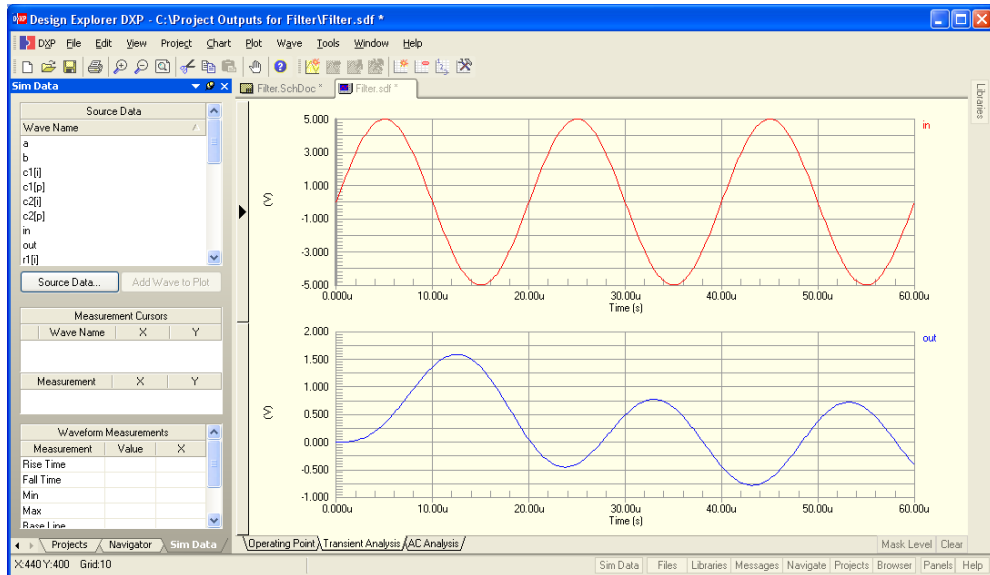
これで設定を有効にした解析を実行する準備ができました。今後は、毎回 **Analyses Setup** ダイアログで入力をせずに、**Mixed Sim** ツールバーの **Run Simulation** ボタンをクリックするだけでシミュレーションが実行できます。

1. シミュレーションを実行するには、**Analyses Setup** ダイアログの下部にある **OK** ボタンをクリックします。
SPICE ネットリストの生成、または実際のシミュレーション過程中に作成された警告やエラーは、**Messages** パネルに表示されます。次に進む前にエラーを修正して下さい。
2. 回路にエラーが無ければ SPICE ネットリスト (*.nsx) が作成されシミュレータに渡されます。ネットリストは、シミュレーションが実行される度に再生成されることに注意して下さい。
3. シミュレーションが開始され、シミュレーションデータファイル (*.sdf) が開きます。各解析の結果は、**SimData** エディタの波形解析画面で個別のチャートとして表示されます。動作点解析は、回路の DC バイアスを定義する為に最初に実行されます。
4. シミュレーションが終了すると、以下の図のような出力を確認できるはずでず。

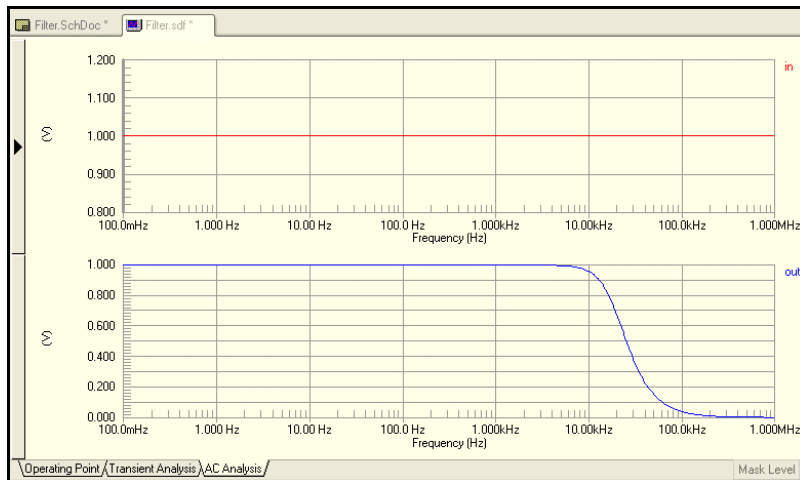


オペレーティングポイント解析

回路シミュレーション解析の設定と実行



過渡解析波形



AC 小信号解析波形

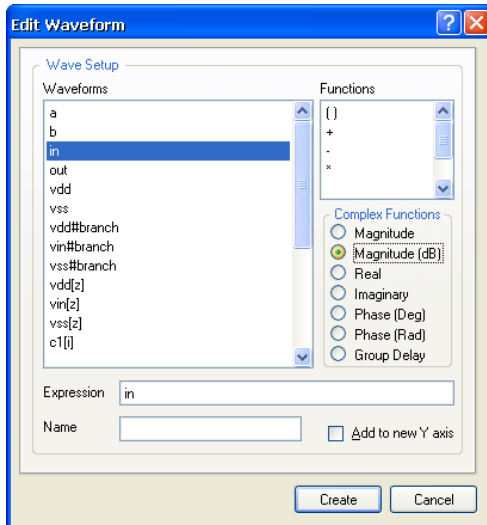
5. 波形アナライザと **Sim Data** パネルの使用方法についての詳細は、チュートリアル「シグナルインテグリティ」内の **波形解析画面の使用** を参照して下さい。波形表示とパネルの操作は両方のツールで同じ画面を使用します。

ボードプロットの作成

ボードプロットは、周波数の対数関数として 2 つの曲線（利得と位相の対数）で構成されています。Y 軸はデシベル（dB）で利得と位相をリニアにプロットし、X 軸は Log スケールでいくつかの周期を

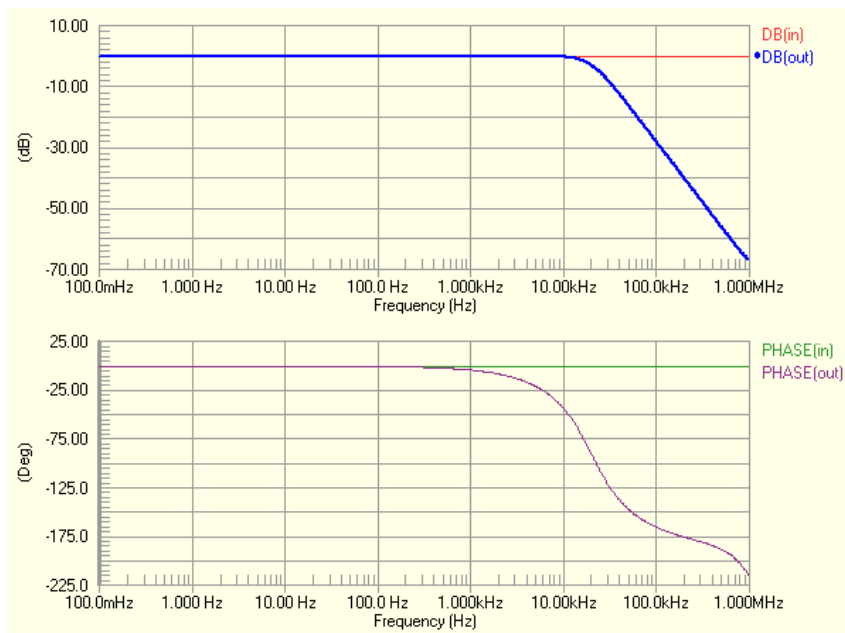
持つチャートが作成されます。各周期は、周波数の 10 の因数を表します。このボードプロットは、**Edit Waveform** ダイアログで利用できる **Waveform** 機能を使用して作成することができます。

1. 波形解析画面の **AC Analysis** タブに、dB(in), dB(out), PHASE(in),PHASE(out)を表示します。
2. 波形解析画面で、ネット in をクリックします。選択したネットを右クリックし、**Edit Wave**（または、**Wave » Edit Wave**）を選択します。**Edit Waveform** ダイアログが表示されます。選択した波形の形式が **Expression** の項目に表示されます。

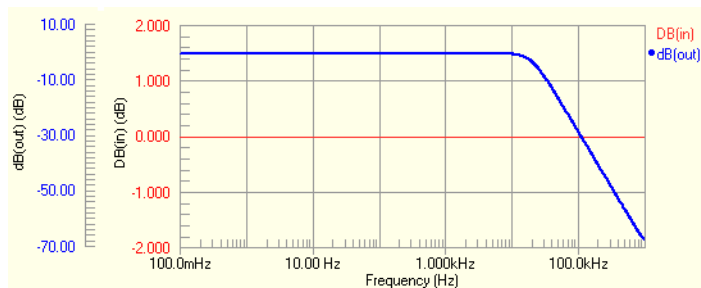


3. **Complex Functions** リスト（例えば、**Magnitude (dB)**）から機能を選択します。プロット上で dB (net_name) の波形を見るには、**Create** をクリックします。
4. dB(out)を作成するには、プロット上で右クリックし **Add Wave to Plot** を選択します。**Edit Waveform** ダイアログと同じ方法で設定できる **Add Wave to Plot** ダイアログが表示されます。
5. 2 番目のプロットに **PHASE(in)**と **PHASE(out)**を作成するには、4.の操作を繰り返して下さい (**Add Wave to Plot** ダイアログの **Complex Functions** の項目は、**Phase (Deg)**を選択します)。

回路シミュレーション解析の設定と実行



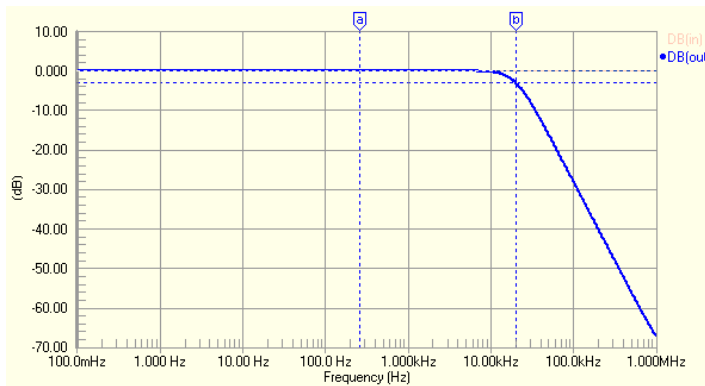
6. これらの波形は必要に応じ、*Edit Waveform* ダイアログの **Add to new Y axis** を選択することで、異なる Y 軸を追加表示させることができます。追加した Y 軸を削除する場合、この軸にプロットされた全ての波形と波形に付けられた計測カーソルも削除されますので、注意してください。Undo 機能はありません。新たに Y 軸を追加した場合、以下の図の様に表示されます。



計測カーソルの使用

計測カーソルを使用して、3dB の位置を指定してみます。

1. **DB(out)**のネット名をクリックして、波形解析画面の波形を選択します。
2. 右クリックし、**Cursor A** (または、**Wave » Cursor A** を選択します) を選択します。マーカーをドラッグして、カーソル A をローパスの部分に移動します。
3. 右クリックし、**Cursor B** (または、**Wave » Cursor B** を選択します) を選択します。**Sim Data** パネルの **Measurement** の項目で **B-A = -3** と表示される位置になるようにカーソル B を移動します。



4. **Sim Data** パネルの **Measurement Cursors** の項目のカーソル **B** の **X** 値を確認して下さい。3dB point = 20kHz であることが分かります。

Measurement Cursors			
	Wave Name	X	Y
A	DB(out)	259.29	-77.643u
B	DB(out)	20.267k	-3.0863
Measurement		X	Y
B - A		20.007k	-3.0862
Minimum A...B		-3.0863	
Maximum A...B		222.20u	
Average A...B		-720.54m	

5. カーソルをクリアするには、カーソルマーカーを選択し、右クリックして **Cursor Off** を選択します。

パラメータスイープ解析の実行

いくつか解析を設定し、実行しましたが、次に周波数応答でいくつかのコンデンサ/抵抗の値を変更した結果を見る為にパラメータスイープを設定してみます。

パラメータスイープ解析は、定義した指定した範囲でデバイスの値をスイープさせます。パラメータスイープ解析を実行するには、**AC**、**DC** または過渡解析のどれかを有効にする必要があります。有効にした解析は、パラメータスイープして複数回シミュレータが実行されます。

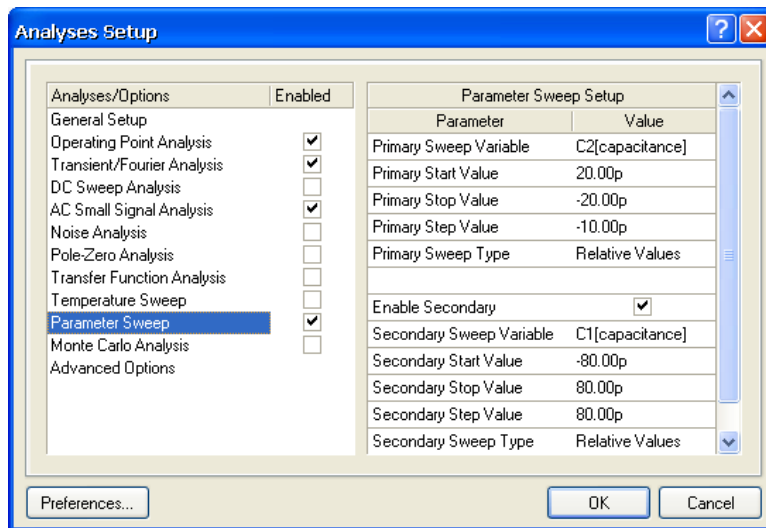
この解析は、基準のコンポーネントの値とモデルパラメータを変更することができますが、サブサーキットデータは、解析中変更できません。

1. **Filter.SchDoc** タブをクリックして、デザイン画面で回路図を利用できるようにします。
Design » Simulate » Mixed Sim を選択します。**Analyses Setup** ダイアログの **General Setup** ページの **SIMView Setup** で **Show Active Signals** が選択されていることを確認して下さい。
2. **Analyses Setup** ダイアログの **Analyses/Options** の項目で **Parameter Sweep** をクリックして、この解析形式を有効 (**Enabled** にチェックを入れます) にします。
3. **Primary Sweep Variable** の項目でスイープさせる為のパラメータを入力します。この例では、プライマリスイープパラメータをドロップダウンリストから選択して **C2[capacitance]** にします。
4. **Primary Start Value** を **20p** に、**Primary Stop Value** を **-20p** に設定して、スイープの値の範囲を定義します。**Primary Step Value** を **-10p** に設定して、増加ステップを定義します。

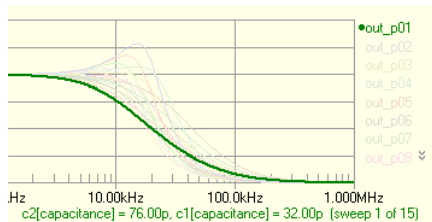
回路シミュレーション解析の設定と実行

- Primary Sweep Type オプションを **Relative Values** に設定します。Primary Start Value, Primary Stop Value, Primary Step Value の項目で入力した値は、パラメータの既存またはデフォルトの値に追加されます。
- Enable Secondary** をクリックして、**Secondary Sweep Values** を追加します。セカンダリ パラメータを定義した場合、プライマリ パラメータは、セカンダリ パラメータの各値でスイープされます。

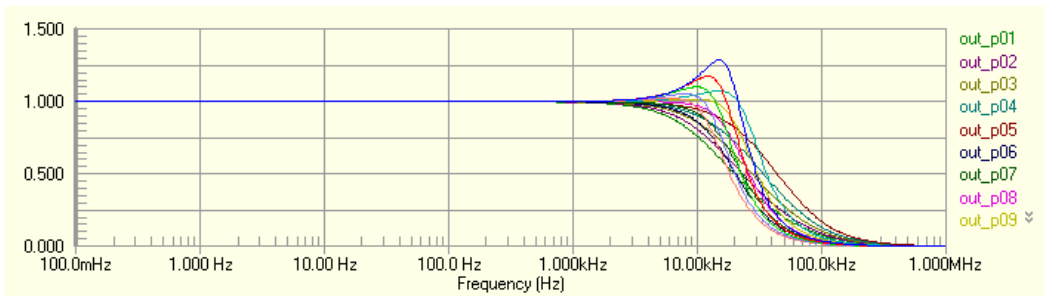
Secondary Start Value を -80p に、Secondary Stop Value を 80p にして C1[capacitance] のセカンダリ スイープを設定します。Primary Step Value を 80p に設定し、増加ステップを定義します。Secondary Sweep Type を **Relative Values** に設定します。



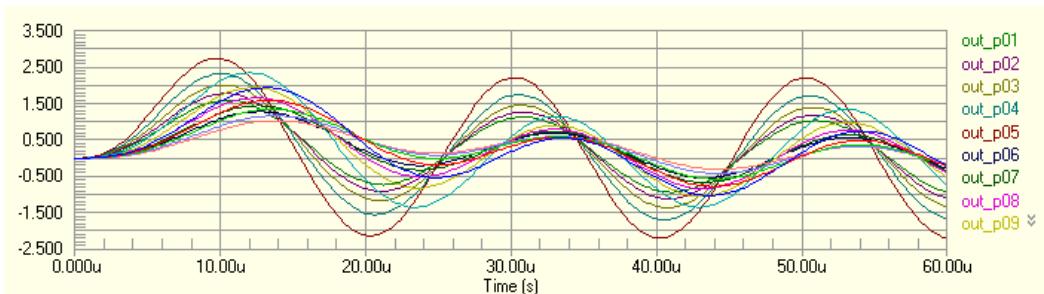
- OK** ボタンをクリックして、シミュレーションを実行します。各プライマリ スイープは、波形解析画面の **AC Analysis** と **Transient Analysis** タブ内の新しいプロットに `<net_name_p<sweep_number>` の表記 (例えば、out_p01) で波形として表示されます。詳細情報を表示するには (例えば、out_p01 をクリックすると、プロットの下にスイープ情報が表示されます)、スイープ パラメータ名をクリックして下さい。



以下の図で、このパラメータ スイープによってカットオフ周波数の周りの周波数応答を大きく変化させることが判ります。



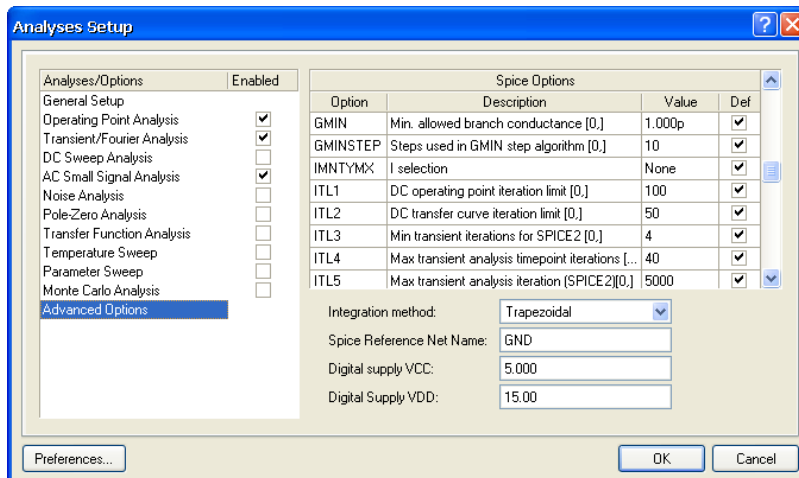
AC Analysis タブでのパラメータスイープ結果



Transient Analysis タブでのパラメータスイープ結果

アドバンストオプションの使用

Analyses Setup ダイアログの **Advanced Options** のページは、エラーの許容度や繰り返し制限のようなシミュレーション計算を達成する為に設定できる **SPICE** 内部のオプションのリストになっています。



SPICE オプションの値を変更するには（例えば、ITL1 の繰り返しの値）：

1. 変数（例えば、ITL1）を選択します。Value の項目に新しい値を入力するか、表示される矢印スクロールをクリックして値を選択します。

2. **Enter** を押すか、他の項目をクリックすると、デフォルト (Def) オプションが無効になります。また、このページから異なる積分方法を選択することができます。例えば、回路デザインに予期しない高周波の発振がある場合、標準的な積分法の **Trapezoidal** (台形法) から **Gear** (ギヤ法) へ変更することができます。台形法は、比較的早く正確ですが、ある条件下で振動する傾向があります。理論上、高次ギヤ法の方が、結果はより正確ですがシミュレーション時間が長くなる欠点があります。

シミュレーション用の SPICE ネットリストの使用

他の回路図キャプチャツールと組み合わせて DXP シミュレータが使用できるように、SPICE ネットリストから直接、シミュレーションを実行することができます。これを行うには：

1. プロジェクトファイル(.PrjPcb)にネットリストを保存します。これでシミュレーションセッション中の設定情報を保存することができます。設定情報は、回路図を含むプロジェクトと同じ方法でプロジェクトファイルに保存されます。プロジェクトファイルは、P-CAD から最初にシミュレーションを実行する時に自動で追加されることに注意して下さい。もし、ネットリストがフリードキュメントとして開いた場合、設定情報は、DXP に保存されません。
2. DXP シミュレーションエンジンは、設定情報と同様にコンポーネント情報、デザイン接続、モデルデータを含んだネットリストが必要です。もし、ネットリストにシミュレーション設定情報が無い場合、**Simulate » Setup** を選択すると新しいネットリストが<original filename>_tmp.nsx という名称で作成されます。このファイルは、元の.nsx ファイルからのネットリスト情報とプロジェクトファイルからの設定情報を含みます。

もし、ネットリスト中にシミュレーション情報がある場合、シミュレーションはネットリストを変更しないで直接、実行されます。これは、ネットリストで直接、設定を変更したいユーザには役立ちます。もし、ネットリストに設定情報が既に含まれている場合、**Analyses Setup** ダイアログを使用して、設定情報を追加または設定できないことに注意して下さい。

もし、ネットリストにシミュレーション設定情報が無く、プロジェクトに回路図ドキュメントがある場合、ネットリストは、回路図ドキュメントとプロジェクトの設定情報から再生成されます。これは、ネットリストから設定情報を削除してシミュレーションを行おうとした場合にのみ発生します。
3. 一度、設定情報が無いネットリストをプロジェクトに追加すれば、**Simulate » Setup** を選択して解析を設定することができます。
4. シミュレーションを実行するには、メニューから **Simulate » Run** を選択します。シミュレーション波形は、.sdf ドキュメントに表示されます。
5. 次回シミュレーションを実行する時に上書きされないように、ネットリストファイルの名称を変更して下さい。

回路図からネットリスト(.nsx)を作成するには、回路図がアクティブドキュメントであることを確認して下さい。**Design » Netlist For Project » XSpice** を選択して下さい。

更新履歴

Date	Version No.	Revision
9-Dec-2003	1.0	New product release

Software, documentation and related materials:

Copyright © 2003 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.