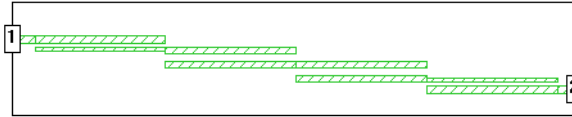


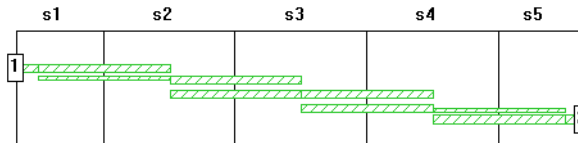
Chapter 3 Circuit Subdivision Tutorial

このチュートリアルでは、サブディビジョンラインの追加方法、回路をサブディバйтする方法、そして最終的なネットリストの解析方法を学びます。サブディビジョンの結果の正確さとメモリを節約できるということを説明するために、このサブディビジョンの結果と完全な回路の解析を比較してみます。回路のサブディビジョンと subdivider の使用法の詳細は **Sonnet User's Guide** の第 13 章 “Circuit Subdivision” をご覧ください。

縁部が電磁結合したマイクロストリップバンドパスフィルタであるこの回路は、1-ポードがサブdivideする回路の1つのシンプルな例です。更に、これはあまりよいフィルタの設計ではありません。この回路は回路のサブdivideの説明を明快にしようという目的で選ばれました。



以下のようにこの回路を5つのセクションに分割するために4本の垂直なサブdivideラインを使ってみましょう。

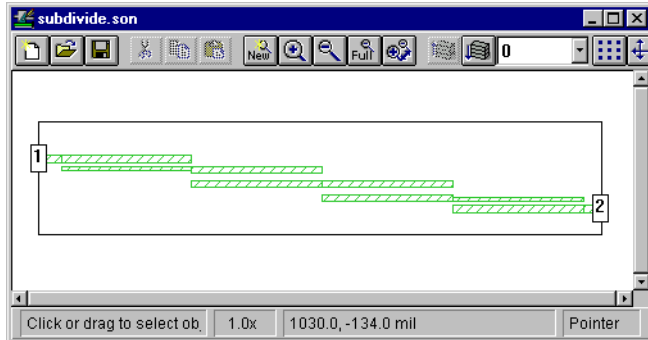


Obtaining the Example File

この例題では、例題ファイル [subdivide.son](#) を使用します。このファイルは Sonnet の例題から入手することができます。Sonnet の例題ファイルの入手方法については、いずれかのプログラムメニューから Help ⇒ Examples を選択し、次に **Instructions** ボタンをクリックします。PDF フォーマットを使ってこの節をお読みになっている場合は、上のリンクをクリックしてください。

1 Project editor でプロジェクト `subdivide.son` をオープンします。

以下のような回路が表示されます。



Adding the Subdivision Lines

回路のサブディビジョンの最初のステップは、**Sonnet User's Guide** の 207 ページの “Choosing Subdivision Line Placement” で述べたとおり、回路を分割したいと思う場所を示すサブディビジョンラインを置くことです。

サブディビジョンラインは、そのラインに渡って電磁結合が問題とならない位置に置くべきです。ここで使用する例題の中でサブディビジョンラインを置くのに最もよい場所は回路中の結合線路上の不連続部からできるだけ離れた地点です。従って、対になっている各々の結合した図形のまん中に垂直のサブディビジョンラインを置きます。

各々の対になっている図形は x 方向が 595 mil です。サブディビジョンラインはグリッド上に置かなくてはなりません。これがグリッド上にある状態で中間点までの最も近い値は 295 mil です。1 本めの subdivider のために、長さが 100 mil の給電線を考える必要があります。従って、1 本めのサブディビジョンラインは、左のボックス壁から $100 \text{ mils} + 295 \text{ mils} = 395 \text{ mil}$ のところに置くべきです。

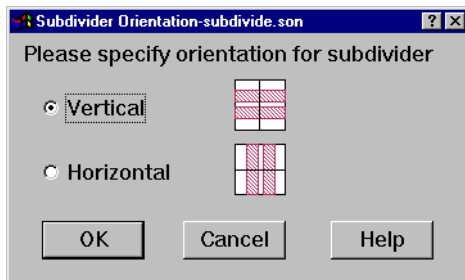
- 2 ツルキを押したまま project editor のメニューから Tools ⇒ Add Subdivider を選択します。



TIP

ツルキを押したままにすると、複数回コマンドを選択する必要なく、複数のサブディビジョンラインを入力することができます。

Add Subdivider コマンドを選択した時には、回路の中にはサブディビジョンラインはなかったので、Subdivider Orientation ダイアログボックスが画面に表示されます。



回路の中では、すべての subdivider は、基板上では垂直（上下）方向または水平（左右）方向になっているはずです。

- 3 Vertical ラジオボタンをクリックして、subdivider に垂直方向を選択します。

これにより、回路に連続して追加されるすべての subdivider にこの方向が設定されます。

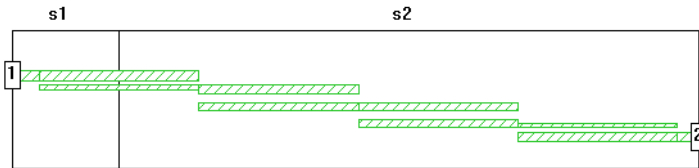
Tools ⇒ Add Subdivider を選択すると、このダイアログボックスは再び表示されることはありません。新しい subdivider は同じ方向であると仮定します。すべての subdivider が回路から削除されると、Add Subdivider コマンドが再び使用される時にこのダイアログボックスが表示されます。

- 4 OK ボタンをクリックしてこれらの選択を適用しダイアログボックスを閉じます。

加算が変わって、サブディビジョンラインを追加していることを示します。そして、加算とともに動く1本の線が現れます。

- 5 ステータスバーに表示されるカーソル位置の X 座標が 395.0 になるまでカーソルを移動し、クリックします。

Subdivider を示す 1 本の線が、画面でクリックした点を通る垂直面として表示されます。回路の各セクションには、今 “s1” と “s2” とラベルがつけられています。サブディビジョンのセクションは左から右へ、または上から下へと、その方向によってラベルがつけられます。これらのラベルは常に連続した数字であり、修正はできません。

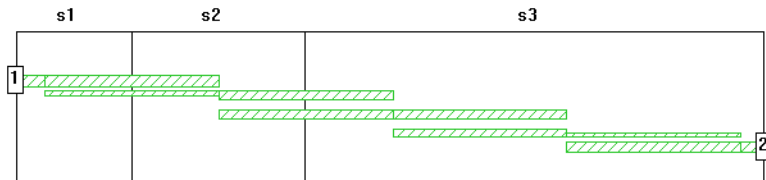


サブディビジョンラインは常にグリッドにステップされ、お互いの上に置くことはできません。いったん subdivider が回路へ追加されると、図形の中で他のオブジェクトを編集するのと同じように、subdivider を編集できます。Subdivider をクリックして、移動することができます。project editor のメニューから View ⇒ Object Visibility を選択して起動される Object Visibility ダイアログボックスの中で、subdivider の線やラベルの表示をコントロールすることもできます。

結合線路の各々の線分が 595 mil で、その中間地点にサブディビジョンラインを置きたいとしたら、その後に置く各サブディビジョンラインは、回路の右方向へ更に 595 mil のところに置くべきです。従って、2 本めのサブディビジョンラインは左のボックス壁から 990 mil のところへ置くべきです。

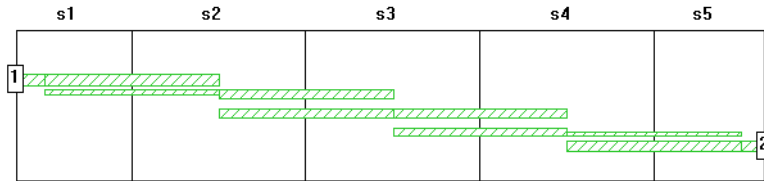
- 6 ステータスバーに表示される X 座標が 990.0 になるまでカーソルを移動し、クリックして 2 本めのサブディビジョンラインを置きます。

画面にサブディビジョンラインが表示され、各セクションは以下のようにラベルがつけ直されます。



- 7 左のボックス壁から 1585 mil と 2180 mil のところに subdivider を追加します。

すべてのサブディビジョンラインを追加し終わったら、エスケープキーを押して、pointer モードに戻ります。今、回路は以下のようになっているでしょう。



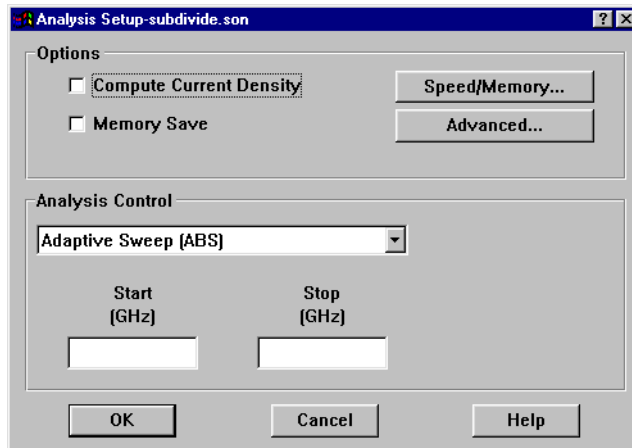
Setting Up Circuit Properties

この例題では、ボックスのサイズ、誘電体層、金属の材質などの回路のプロパティは既に例題回路の中に入力されています。サブディバイドの結果として作成されたすべてのサブプロジェクトに使用されるプロパティがあるので、サブディバイドを実行する前に回路のプロパティを入力しておくことが大切です。所望のすべてのプロパティを入力していないと、各サブプロジェクトの中で別々にそれらのプロパティを入力したり、またはおおもとのプロジェクトを修正してサブディバイドを再び実行しなくてはなりません。

この例題では、Hierarchy Sweep を on にして adaptive スイープ (ABS) を使ってネットリストを解析します。Hierarchy Sweep オプションを使用すると、ネットリストのすべてのサブプロジェクトを解析するためにネットリストの解析コントロールの設定が使用されます。回路の所望の周波数帯域は、2.3 GHz から 2.5 GHz まで解析されます。Adaptive スイープはおよそ 300 のデータ点を出力します。Adaptive Band Synthesis の技法についての詳細は、Sonnet User's Guide の第 9 章 “Adaptive Band Synthesis (ABS)” をご覧ください。

- 8 メニューから Analysis ⇒ Setup を選択します。

Analysis Setup ダイアログボックスが画面に表示されます。

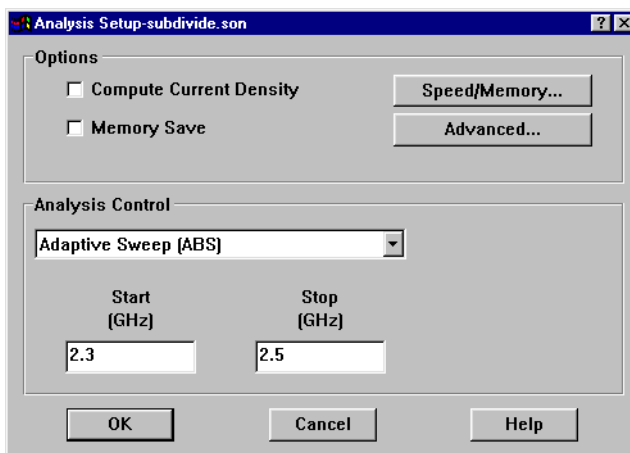


- 9 まだ選択されていないならば、Analysis Control ドロップリストから Adaptive Sweep (ABS) を選択します。

これにより adaptive スイープが解析の種類に選択されました。Adaptive スイープでは指定された周波数帯域に渡って細かい分解能の応答データを得ることができます。選択された解析の種類によって、テスト入力ボックスが更新されることにご注目ください。

- 10 Start ボックスに 2.3、Stop ボックスに 2.5 と入力します。

これで解析する周波数帯域が設定されます。サブディバイドが実行されると、この解析の設定はメインのリストとすべての図形サブプロジェクトの中に複写されます。以下のような Analysis Setup ダイアログボックスが表示されます。



- 11 OK ボタンをクリックしてこの解析の設定を保存し、ダイアログボックスを加えます。
- 12 メニューから File ⇒ Save を選択します。

サブディバイドを実行する前にファイルを保存する必要があります。サブディビジョンはもとのプロジェクトの一部として保存されます。

Subdividing Your Circuit

実際のプロジェクトのサブディビジョンはソフトウェアによって行われますが、その結果できるメインのリストファイルと生成されるサブプロジェクトのために名前を入力しなくてはなりません。またオプションによって、サブプロジェクトへ追加される給電線の長さも定義します。

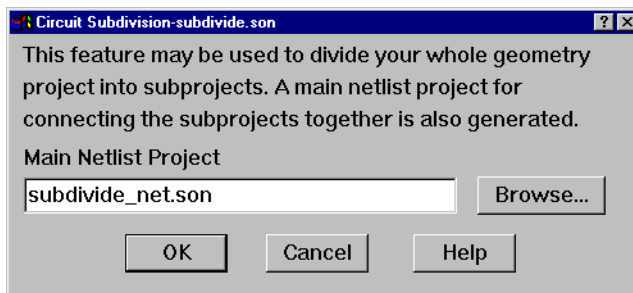
不連続部とボックス壁が相互作用することを避けるために、回路のいろいろな部分の不連続部をボックス壁から離れた所に移動する必要がある時には、給電線をサブプロジェクトに追加するべきです。

このことにより、回路の各部分のより高い精度の解析結果を得られます。追加される給電線はどんな金属の種類が割り当てられていても、無損失の金属です。

Sonnet のソフトウェアは、給電線にデフォルトで推奨値を提示しますが、ユーザが値を入力することもできます。

13 Project editor のメニューから Tools ⇒ Subdivide Circuit を選択します。

Circuit Subdivision ダイアログボックスが画面に表示されます。



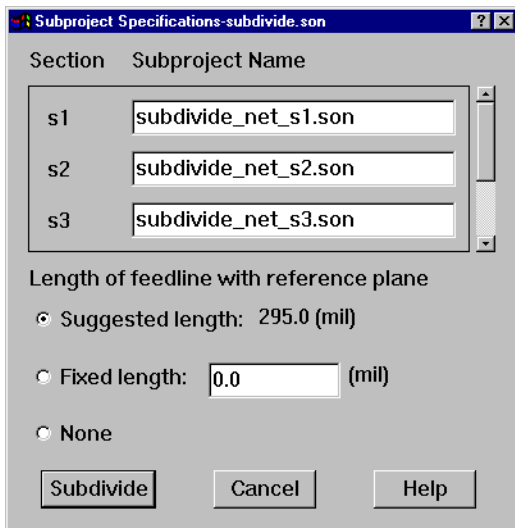
14 デフォルトで“subdivide_net.son”という名前が Main Netlist Project テキスト入力ボックスに入ります。

この名前は、サブディバイドによってできた図形プロジェクトを連結するメインのネットリストに使用されます。デフォルトの名前は、ソースプロジェクトのベース名に“_net”をつけ加えたものです。使いたいプロジェクト名を使用できますが、ソースファイルのプロジェクト名とは異なる名前にしてください。

結果のファイルが作成されるディレクトリを変更したい場合は、Browse ボタンをクリックしてブラウザウィンドウをオープンします。既に存在するプロジェクトファイルを選択すると、既に存在するそのファイルを上書きしたいかどうかというメッセージが表示されます。

15 OK ボタンをクリックしてその名前を設定し、ダイアログボックスを加えます。

以下のような Subproject Specifications ダイアログボックスが画面に表示されます。このダイアログボックスでサブディバイドの実行によってできた各々の図形サブプロジェクトに名前を入力することができます。セクション番号のついたメインのネットリストプロジェクト名から構成されるデフォルト名が用意されますが、これは編集できません。この例題ではデフォルト名を使います。



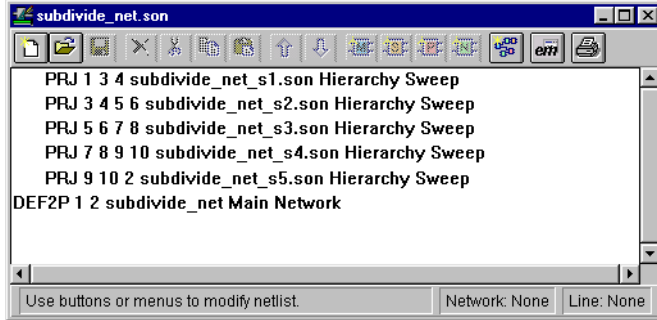
サブプロジェクトの名前はユニーク（他で使っていない）で、ソースプロジェクト名やメインのネットリスト名とは異なる名前であってはいけません。

給電線の長さには推奨の長さが既に選択されています。無損失の金属でできたこの給電線は、サブディバイドが実行された時に生成されるポートに追加されます。

ユーザが自分で給電線の長さを入力する時は、fixed length オプションを選択し、それに対応するテキスト入力ボックスの中にその値を入力します。給電線を追加したくない場合は、None オプションを選択します。

16 Subdivide ボタンをクリックしてサブデバットを実行します。

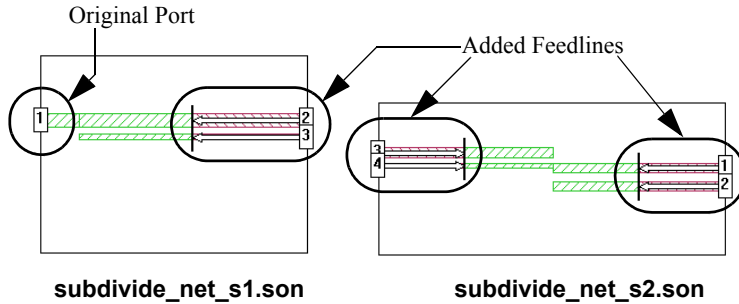
ユーザが入力した名前を使ってメインネットリストとサブプロジェクトが作成されます。メインネットリストプロジェクトが project editor の中でオープンされます。



メインのネットワークは subdivide_net として定義され、2つのポートを持っています。これは、ソース回路に対応しています。各サブプロジェクトに1つのプロジェクト (PRJ) 入力行があります。プロジェクト行には、解析周波数のソースの設定が含まれています。Hierarchy sweep がデフォルトで on になっていますが、この時ネットリストの周波数スイープは、すべてのプロジェクト素子に適用されます。これを off にした場合は、ユーザのスイープを使用したプロジェクトのデフォルト設定が表示されます。

以下ははじめの2つのセクション subdivide_net_s1.son と subdivide_net_s2.son の図形を描いたものです。subdivide_net_s1.son では、参照面のついた給電線はサブデバットによって作成されたポート2とポート3だけで、ソースプロジェクトに含まれているポート1にはつけられていないことに注意し

てください。subdivide_net_s2 のすべてのポートは、それらはすべてサブディバイドによって作成されたので、給電線を持っています。給電線はすべて無損失の金属であることに注意してください。



Analysis of the Network File

このフィルタの解析を完了する最後のステップは、サブディバイドによって作成されたネットリストプロジェクトを解析することです。もとのプロジェクトに入力した解析コントロールは、ユーザーがネットリストを解析するために使用したいと思うコントロールなので、解析の設定は既に終了しています。ネットリスト上で 2.3 GHz から 2.5 GHz までの adaptive スイープが実行されます。

- 17 ネットリストを含む project editor ウィンドウをクリックし、これをアクティブファイルにします。

これは、ネットリストのタイトルバーが強調表示されることによって、アクティブになったことが示されます。



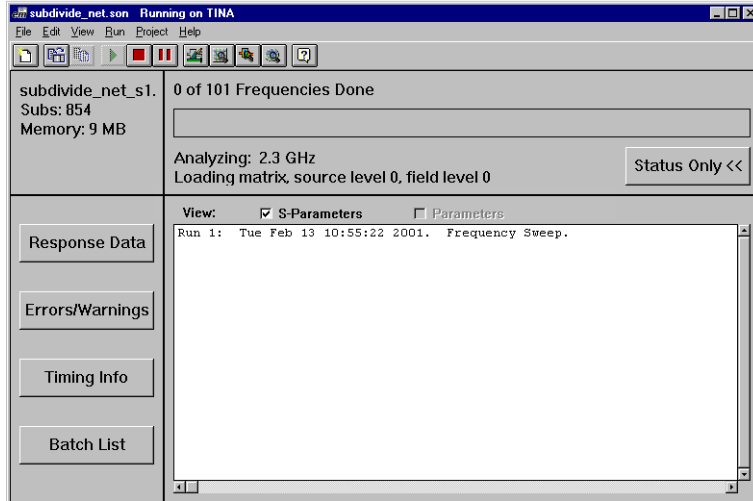
TIP

プロジェクトウィンドウのタイトルバーの上をクリックするか、またはメニューの Windows メニューからプロジェクト外を選択することによって、project editor のアクティブなファイルをアクティブでないファイルに切り替えることができます。



18 Analyze ボタンをクリックして、ネットリストの解析を実行します。

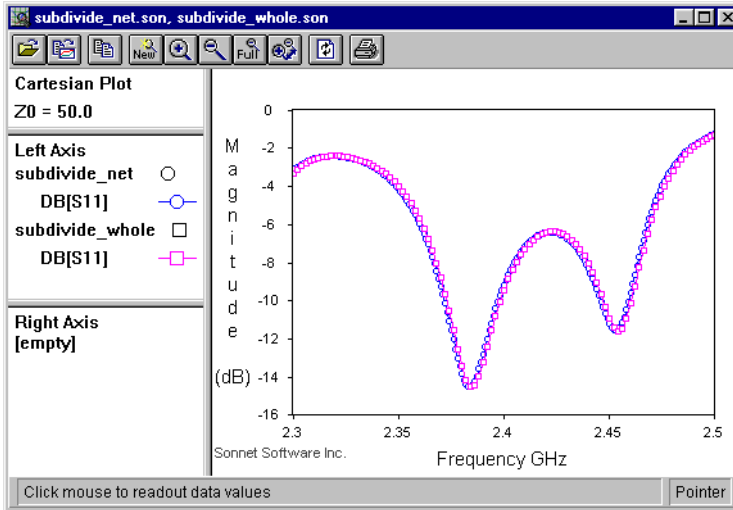
解析モニターが画面に表示されます。



プロット以外の legend は subdivide_net_s1.son が解析されていることを示しています。Em は 5 つのサブプロットを adaptive スイッチし、それから得たデータを使ってネットワークを解析します。プロットの下にステータスメッセージが表示されます。

2 つの著しい結果が見られます。ネットリストの解析データともとなる回路からの解析データ比較と、各々の解析に使用された時間とメモリの量の比較です。Sonnet の例題から入手できる例題 [sub_whole.son](#) の中に、解析データを含んだソースプロジェクトのファイルが用意されています。

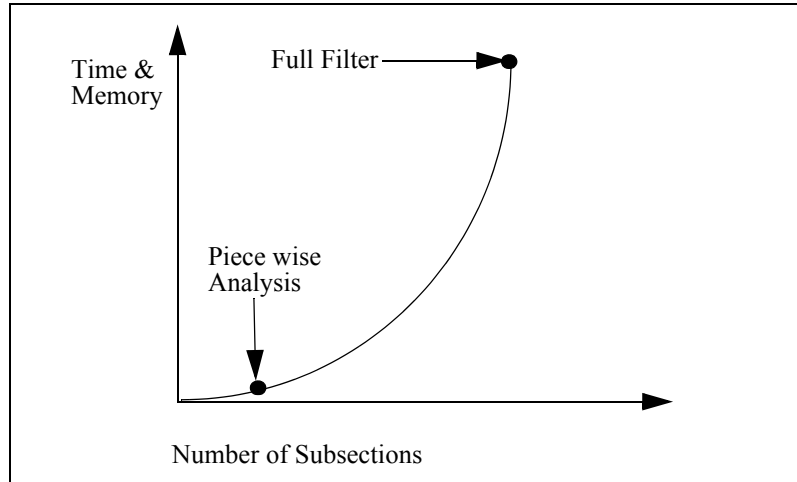
下のグラフはネットリストの解析結果と、サブポートの解析結果を示しています。



ご覧のように、この2つの解析結果には大変よい一致が見られます。ネットリストに要した時間は、その回路を全体として解析するのに要した時間よりは長くなりました。これはわかりやすくするために選ばれたシンプルな例なのですが、回路のサブディビジョンの利点は、より大きな回路でのみわかります。

回路のサブディビジョンを使用すると、大きな回路の解析に必要なメモリ量が少なくなります。各々のサブポートは、全体の回路よりも少ないサブセクションを解析するだけですみます。この効果は、次のチャートで示すように、サブセクションの数が増えるに従って、計算時間と必要メモリ容量が急激に増えるので、どのような解析でもサブセクション数が減るといった結果となります。

す。この例では、フィルタの回路全体には、2,006 サブセクションが必要でしたが、最も大きな部分には、1,400 サブセクションそして最も小さな部分には 854 サブセクションだけが必要でした。



多くの大きな回路では、Sonnet の自動回路サブディビジョン機能を使用すると、*em* を使う効果が大変向上します。

Additional Improvements

回路をより効果的につくる方法が他に 2 つあります。自動の給電線を追加しないこと、そしていくつかのサブプロジェクトは実質的には同じものであるという事実を利用できます。

説明のために、このチュートリアルは、推奨の長さを使ってサブディバイドの実行によって生成されるすべてのポートに給電線を追加しました。給電線は、相互作用を防ぐために、サブプロジェクトの不連続部を、ボックス壁から十分に離れたところに移動するために追加されます。この例題の場合、不連続部が存在しないか、または不連続部は既にボックス壁から十分に離れているので、給電線を追加する必要はありません。

Subprojects Specifications ダイアログボックスで None を選択することによって、給電線を除外すると、ネットリストの解析は以前よりも 1.5 倍速くなります。

処理時間を減らす最後の方法は、ネットリストの中でより少ないサブプロジェクトを使って回路を作成する方法です。回路の図形と応答データを観察すると、subdivide_net_s1.son と subdivide_net_s5.son は事実上、同一のもので、subdivide_net_s2.son と subdivide_net_s4.son にも同じことがいえます。3つのファイル subdivide_s1.son、subdivide_net_s2.son、subdivide_net_s3.son のみを使用して、回路全体を作成するためにメインのネットリスト subdivide_net.son を編集することができます。このことにより、5つのサブプロジェクトのうち、2つのデータを計算する必要がなくなります。この解析は、給電線と5つのすべてのサブプロジェクトを使う解析よりも2倍速くなります。