

## Chapter 10                      Parameterization and Optimization of a Geometry Project

---

仕様に合わせるためには、回路設計をいく通りも行ふことがしばしば必要です。これらの反復の一部は設計中の回路のある部分の寸法や属性を変更することです。パラメタライゼーションとオプティマイゼーションはこの作業をより効果的に行うために使用することができます。主要な部分の長さが異なった回路をいくつもつくるのではなく、設計中の回路の寸法を選び、それらをパラメータとして定義することができます。各値で別の回路ファイルを設定するのではなく、解析の中で、パラメータの値を自動的に変えることができます。回路をパラメタライズすることは、project editor ですばやく容易に寸法を変える方法でもあります。

回路にパラメータを追加し、オプティマイゼーションを実行する方法を説明したチュートリアルが用意されています。Sonnet Supplemental Tutorials の第 2 章 “Parameter Sweep and Optimization Tutorial” をご覧ください。

解析エンジン *em* は、2 つある方法のうちの 1 つでパラメータの値を調整します。1 つめの方法はパラメータスイープで、これにより *em* は、ユーザの定義した範囲でパラメータ値をスイープします。2 つめの方法は最適化で、これにより解析エンジンは、ユーザの定義した範囲内でユーザが定義したゴールに到達するように、パラメータ値をコントロールします。図形のパラメータ化最適化も同時に、解析周波数の範囲を超えて実行することができます。

パラメータスイープまたは最適化の実行の最初のステップは、project editor でパラメータを定義することです。

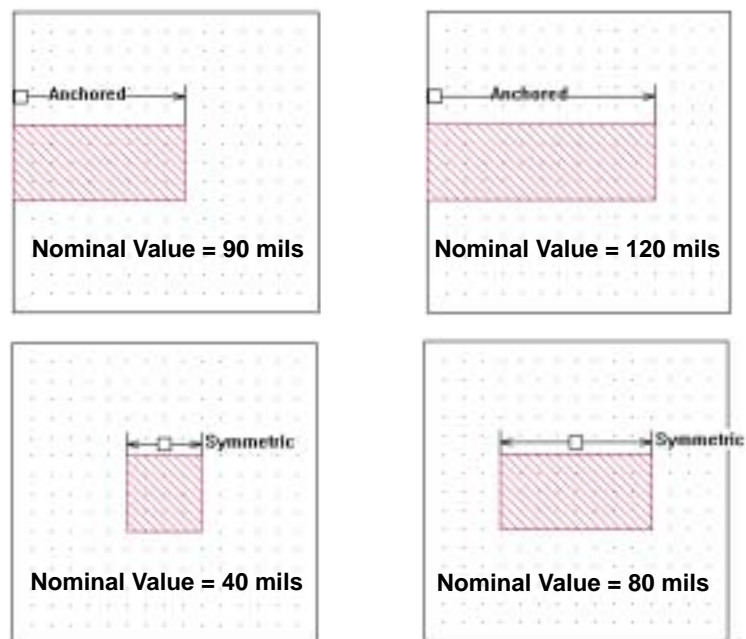
## Parameters

パラメータとは、パラメータスイープと最適化を実行するために、解析エンジンに回路を修正させる、ユーザ定義の回路の属性のことです。Project editor にはユーザがパラメータ機能ですばやく寸法を変える方法もあります。例えば、伝送線路の長さには、パラメータ“L”を割当てることができます。伝送線路の長さを変えるには、“L”の値を修正します。

パラメータを設定するために、まず、project editor に回路を入力します。寸法を選び、それらをパラメータとして定義します。これで、解析をしながらこれらの寸法を変えることができます。パラメータの初期値は回路に現われる長さです。これは、パラメータの名目値 (nominal value) です。もしこの名目値を変えると、この回路はその長さで再表示されます。

## Chapter 10 Parameterization and Optimization of a Geometry Project

パラメータには2つの種類があります。Anchored パラメータと symmetric パラメータです。Anchored パラメータは、パラメータの片端を固定し、その点から発生する長さを変えることができます。Symmetric パラメータは、パラメータの中心点を固定し、その両側からの距離を変えることができます。この2つの種類のパラメータは次の節で詳しく説明します。



### Anchored Parameters

Anchored パラメータは、ある固定された点、アンカーから調整可能なポイントへのびるパラメータです。これは3つのものから構成されます。それはアンカー、参照ポイント、調整可能なポイントです。パラメータを定義する時は、次のステップを実行します。

- 最初にアンカーを選びます。これはこのパラメータのための固定されたスターティングポイントです。
- 参照ポイントを選びます。これは調整可能なポイントの1点で

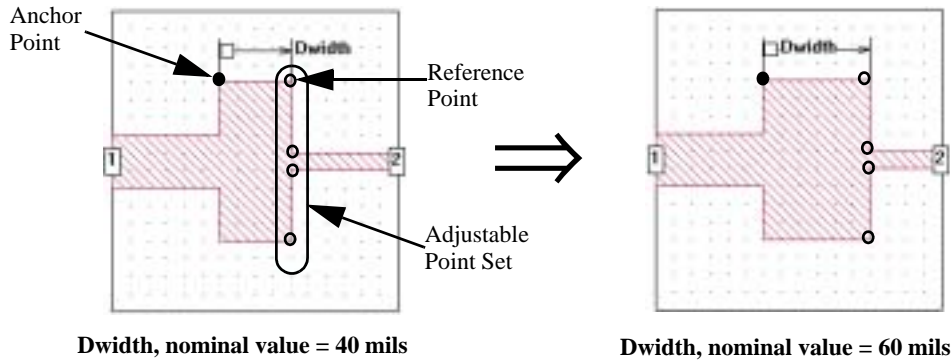
す。アンカーポイントから参照ポイントまでの距離がパラメータ値です。パラメータ値が変更されると、アンカーは同じ位置のままですが、参照ポイントは新しい位置へ移動します。

- 3 つめのステップでは、回路の中で参照ポイントが移動した時に移動させたいと思う位置に、追加の点を選びます。パラメータ値が変更されると、参照ポイントは調整可能なポイントセットの残りと同様に、それに従って移動されます。

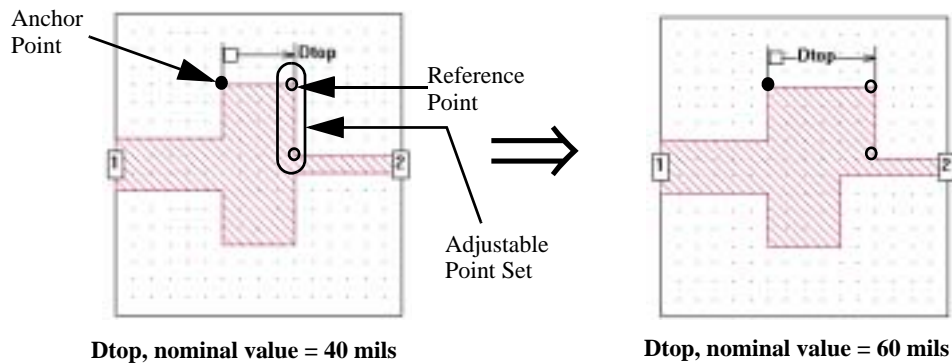
このパラメータは常にアンカーと参照ポイントの X 方向または Y 方向の距離として定義され、決してそれらの対角の距離として定義されることはないということに注目してください。

Anchored パラメータの 2 つの例題、ともに 2 つの異なる名目値での例題を以下に示します。

## Chapter 10 Parameterization and Optimization of a Geometry Project



上と下の例題は同一のアンカーと参照ポイント、そして開始、および終了の名目値になっていますが、調整可能なポイントセットが異なっているので、下の例題の図形と異なることに注目してください（ポイントは楕円で強調表示されています）。



### Symmetrical Parameters

Symmetric パラメータは固定されたまん中から、2つの参照ポイントとそれぞれの調整可能なポイントセットへ伸びたパラメータです。これは4つのものから構成されています。それは、1つめの参照ポイント、1つめの参照ポイントの調整可能なポイントセット、2つめの参照ポイント、2つめの参照ポイントの調整可能なポイントセットです。固定されたまん中の点は、このパラメータが定義されたに、

2つの参照ポイントの間の中点として定義されます。1-ザは symmetric パラメータにアンカーポイントを定義しません。パラメータを定義する時には、次のステップを実行してください。

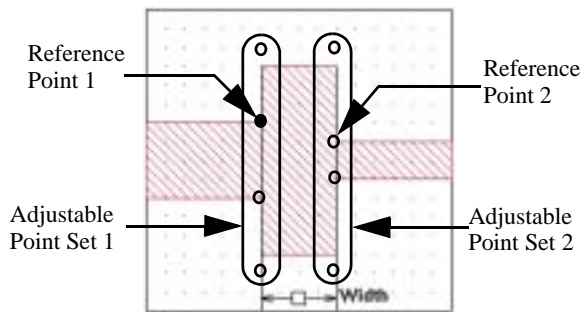
- 1つめの参照ポイントを選ぶ。
- 1つめの参照ポイントとともに動く調整可能なポイントセットを選ぶ。
- 2つめの参照ポイントを選ぶ。このパラメータの値は2つの参照ポイントの間の距離となる。
- 2つめの参照ポイントとともに動く調整可能なポイントセットを選ぶ。

この値が変更されると、各ポイントセットは、中間点から現在の値と前の値との差の半分の距離だけ動きます。

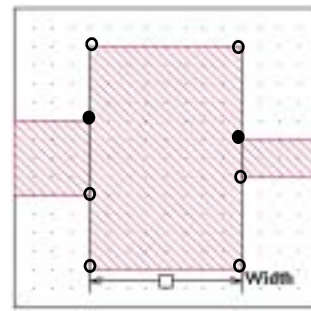
このパラメータは常に参照ポイント間の X 方向または Y 方向の距離として定義され、決してそれらの対角の距離として定義されることはないということに注目してください。

## Chapter 10 Parameterization and Optimization of a Geometry Project

Symmetricパラメータの2つの例題、ともに2つの異なる名目値での例題を以下に示します。

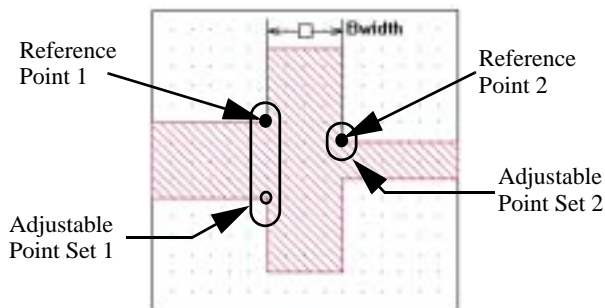


Width, nominal value = 40 mils

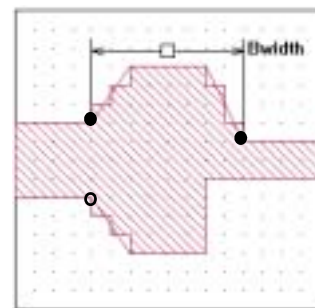


Width, nominal value = 80 mils

上と下の例題は同一の参照ポイントと、開始、および終了の名目値になっていますが、調整可能なポイントセットが異なっているので、下の例題の図形と異なることに注目してください（ポイントは楕円で強調表示されています）。



Bwidth, nominal value = 40 mils

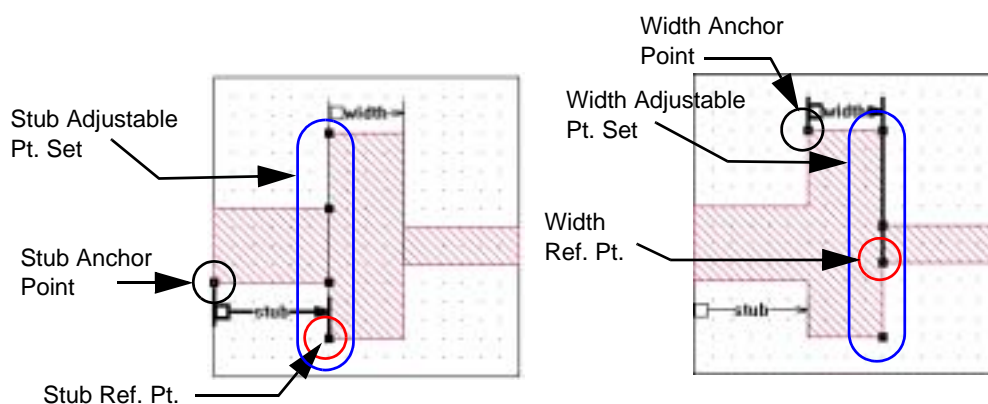


Bwidth, nominal value = 80 mils

### Dependent Parameters

2つめのパラメータのためのアンカーポイントと（または）参照ポイントが、1つめのパラメータのための調整可能なポイントセットの部分であるならば、1つのパラメータは、もう1つのパラメータの値に依存して変わります。主となるパラメータの値が変更された時に、回路全体に与える影響を考慮できるように

dependent (依存する) パラメータに気をつける必要があります。主となるパラメータが変更されると、dependent パラメータが調整されます。つまり、アンカーポイントまたは参照ポイントは、それが依存している主となるパラメータに従って移動されます。強調表示されたアンカーポイント、参照ポイント、ポイントセットと dependent パラメータの説明図を以下に示します。



パラメータ “width” は、パラメータ “stub” に依存しています。パラメータ “width” のためのアンカーポイント (右) は、パラメータ “stub” (左) のための調整可能なポイントセットの部分です。

Dependent パラメータがあるかどうかを判断するために、project editor で Select Dependents コマンドを使うことができます。Project editor でプロジェクトをオープンし、以下のことを行なってください。

- 1 回路の中の 1 つのパラメータをマウスの右ボタンでクリックします。

パラメータ名とそのポイントセットが強調表示され、画面にポップアップメニューが表示されます。

- 2 ポップアップメニューから “Select Dependents” を選択します。

図形の中に dependent パラメータがあれば、その dependent パラメータが強調表示されます。

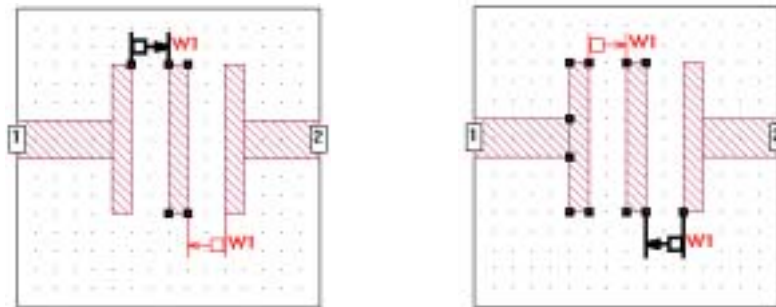


## Chapter 10 Parameterization and Optimization of a Geometry Project

### Circular Dependencies

回路に circular dependency ( 循環する依存 ) を形成していないようにパラメータを追加する時には注意が必要です。2 つのパラメータがお互いに依存しあっている時に circular dependency が形成されます。これは、2 つのパラメータまたは複数のパラメータに起こることがあります。複数のパラメータの場合は、その依存は 1 つめのパラメータが最後のパラメータに依存するまで、1 つめのパラメータからすべてのパラメータに広がります。

Project editor が 1 つの circular dependency を発見したら、すべての関係のあるパラメータが赤色で表示され、それらの名目値は固定されます。Circular dependency の 2 つの例を以下に示します。



Circular dependency はエラー条件であり、回路の解析を行なう前に直さなくてはなりません。Circular dependency が存在する限り、そのパラメータには使われない名目値以外はそのパラメータに値を使うことはできません。他のパラメータに依存しないように、パラメータの 1 つを再定義する必要があります。

### Reference Planes

設計中の回路をパラメタライズする時には、参照面に気をつけてください。ある参照面が回路上の 1 点にリンクしており、その点が調整可能なポートの部分として選択されると、パラメータの長さの変更にとまって、参照面は長さが変わります。

## Parameter Sweep

回路をパラメライズすると、そのパラメータを使ってパラメータスイープを実行することができます。パラメータスイープは一回のステップで、異なるパラメータ値で一組の解析を一通り実行することができます。これにより、回路での変更が回路の応答にどう影響しているかを見ることができます。

パラメータスイープの設定は3つのパートから構成されています。それは、解析周波数の設定、どのパラメータを変えるのかの選択、そして選択されたパラメータのデータ範囲の設定です。

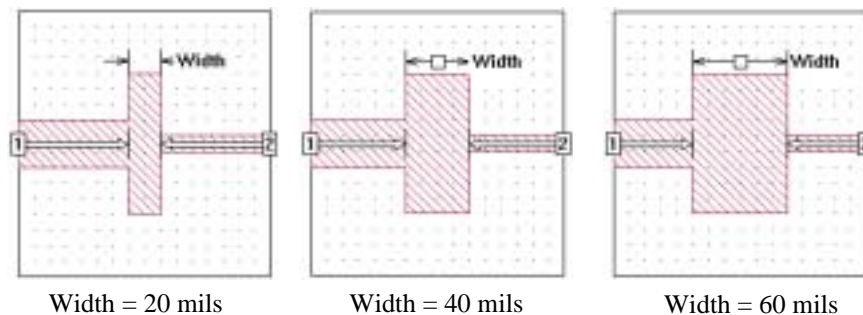
パラメータスイープのための解析周波数は、開始周波数、終了周波数、そして解析周波数の間隔からなるシブルスweepとして定義されます。この周波数セットは各パラメータ値に使用されます。

パラメータスイープの実行時には、1つまたは複数のパラメータを選ぶことができます。選ぶ各々のパラメータについて、開始値、終了値、パラメータ値を設定する必要があります。

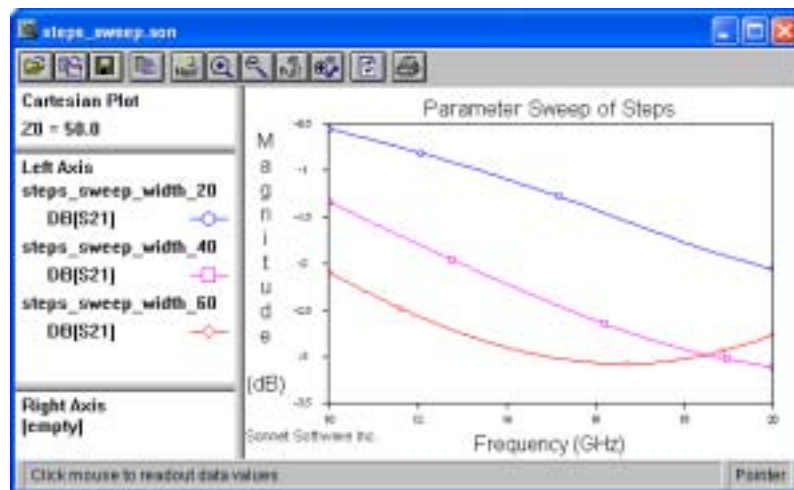
パラメータスイープは project editor の Analysis Setup ダイアログボックスで設定します。このダイアログボックスは project editor のメニューから Analysis ⇒ Setup を選択すると表示されます。このダイアログボックスの使い方はオンラインヘルプをご覧ください。

## Chapter 10 Parameterization and Optimization of a Geometry Project

例えば、下図は1つのパラメータ“Width”が定義された回路“steps”のパラメータスイープを示しています。パラメータスイープは幅が20 milの値で始まり、パラメータ値が60になるまで20のステップで増えます。*Em*はパラメータスイープが実行される時に、自動的に以下のような各回路で各々指定された周波数で解析を実行します。



このスイープの場合、10 から 20 GHz で ABS の解析が実行されました。パラメータ化レーションの応答データを下図に示します。



各パラメータ値の組み合わせそれぞれについて、設定されたそれぞれの解析周波数で回路の解析が実行されるので、データの範囲の選択時には、注意を払ってください。解析周波数の数とパラメータ値が多いほど、*em* で計算しなくてはならない解析の数が多くなります。設定された組み合わせの数は project editor に表示されます。

## Optimization

パラメータを使って、回路上で最適化を実行することもできます。最適化することによって、ゴールつまり所望する回路の応答と、応答を求めているパラメータのデータの範囲を設定することができます。このソフトウェアは、共役勾配法を用いて、複数のパラメータ値に渡って、ユーザのゴールを満たす最良の組の探索を反復します。

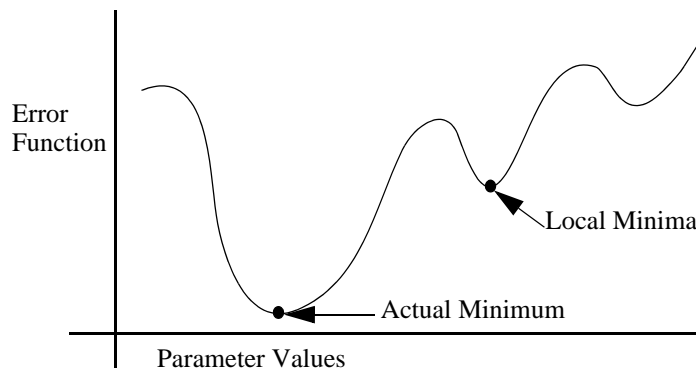
共役勾配の最適化は、名目パラメータ値で回路を解析することから始まります。次に各パラメータを個々に摂動し、一方、他のものは名目値に固定しつつ、そのパラメータのための誤差関数の勾配を決定します。いったん各パラメータを摂動すると、すべてのパラメータのための誤差関数を減らす方向へ探索を行います。この探索をいくつか反復した後で、最適化はすべてのパラメータを現在の“ベスト”な値から摂動させることによって、すべてのパラメータのための勾配を再び計算します。これに従って、新しい探索が実行されます。これは、次の3つの条件の1つが満たされるまで続きます。1) 誤差がゼロになる。2) 現在の探索の後の誤差が前の探索から出された誤差よりもよくない。3) 反復の最大数が到達された。これらの3つの条件の1つが満たされた時に、最適化は停止します。

最適化の設定は5つのパートから構成されています。

- 最適化周波数を設定する
- ゴールを設定する
- どのパラメータを変えるかを選ぶ
- 選ばれたパラメータのデータの範囲を設定する
- 反復の最大数を設定する

## Chapter 10 Parameterization and Optimization of a Geometry Project

パラメータ化するパラメータの名目値の設定時には注意が必要です。パラメータ化は名目値から開始し、その名目値に最も近い最小値で収束します。従って、パラメータ化が開始された時に名目値が必ず正しい値の範囲内にあるように、パラメータ化を行う前に、いくつか事前に解析することを強くお勧めします。そうしないと、以下に示すようにパラメータ化は、誤差が最終的に達成できる最小値ではなく、局所的な最小値で収束するかもしれません。



ある特定の測定と、それに求められる値を指定することによってゴールを設定します。例えば、 $S_{11} < -20$  dB のように指定します。設定するゴールは、満たされないかもしれないということを覚えておいてください。Em は最小の誤差で、その解決方法を見つけます。

また、1つのネットワークの測定と、別のネットワークまたはファイルでの測定を同等にするようなゴールを設定することもできます。例えば、ネットワーク“Model”で得られる  $S_{11}$  を、ネットワーク“Measured”で得られる  $S_{11}$  と等しくなるように設定することができます。同様に、ネットワーク“Model”のための  $S_{11}$  を、データファイル“meas.s2p”の  $S_{11}$  と等しくすることができます。

1つまたは複数のパラメータをパラメータ化で選ぶことができます。選ぶ各々のパラメータについて、最小と最大の限界を設定する必要があります。解析では、パラメータは設定された限界の範囲内のものに限りします。

反復数を設定します。各反復について *em* はパラメータ化に含められた各々のパラメータの値を選び、次にゴールで設定された各々の周波数で回路を解析します。回路の複雑さや解析周波数の数、パラメータの組み合わせの数

によっては、最適化は処理時間が著しく長くなるかもしれません。反復の数がこの処理のコントロールの評価を示します。反復の数は最大値であることに注目してください。最適化のゴールが達成されたかまたは、最小値を見つけた場合（つまり更に多く反復しても誤差に改善がない場合）、最適化は少し反復した後で止まることができます。

最適化が完了すると、*em* の解析から得たパラメータに最適な値のどれかを選ぶことができます。最適化の結果が受け入れられた場合（つまり、パラメータの名目値として使用される場合）、project editor で表示されている実際の金属導体は、現在のグリッドの設定に最も接近している位置にあることをご注意ください。実際のところは、*em* はグリッドに“スナップされた”回路を解析し、グリッドにぴったり接していない回路の応答を出すために補間します。グリッドについての詳細は、第4章の“Subsectioning”をご覧ください。