

Sパラメータ等価回路フィッティング

最適化を利用した回路定数の決定



はじめに

伝送線路などの S パラメータをネットワークアナライザによって測定した後、その等価回路を生成したい場合があると思われます。

本アプリケーションノートでは、手元にある S パラメータから、与えられたトポロジの回路定数を最適化によって求める方法をご紹介します。



図1 Sパラメータ等価回路フィッティングのコンセプト

Sパラメータ等価回路フィッティングのコンセプト

図1に S パラメータ等価回路フィッティングのコンセプトをまとめました。まず、フィッティング元の S パラメータを touchstone フォーマットで用意し、対応する等価回路トポロジを Genesys の回路情報として用意します。用意されたフィッティング元の S パラメータと、等価回路より解析された S パラメータを比較し、その差がなくなるように回路素子の定数を最適化機能により決定していきます。

フィッティング元 S パラメータファイルの指定

はじめに、用意されたフィッティング元の S パラメータを Genesys に読み込みます。図 2 のように File/Import/S-Data File コマンドを利用し、touchstone ファイルを指定します。touchstone ファイルは、Genesys 内部に touchstone のファイル名でデータセットとしてワークスペース内に保存されます。

図 2 右下はフィッティング元の S パラメータをグラフ表示させた例です。今回の S パラメータはローパスフィルタです。

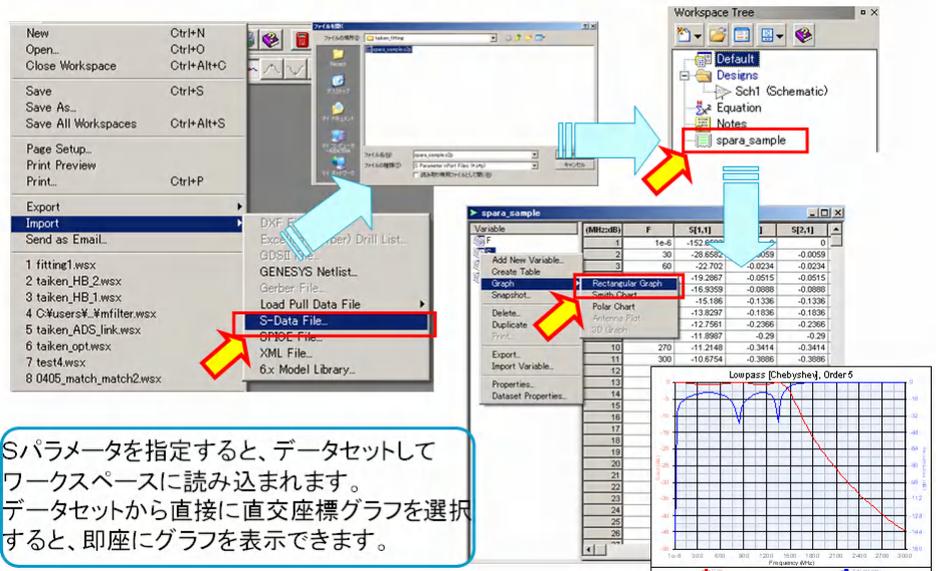


図2 フィッティング元Sパラメータの指定

等価回路の入力

次に、等価回路を Genesys の回路図エディタ上で入力します。いま、与えられた S パラメータのトポロジが 5 次のローパスフィルタで、ポートに依存性がなく、対称になっていると仮定します。

回路定数も左右対称にさせるため、数式を導入します。図 3 のように数式により複数の回路定数をひとつのパラメータで設定することで、チューニング

や最適化するためのパラメータ数を減らし、フィッティングをしやすくします。

回路定数をチューニング

ここでは、入力された等価回路の回路定数を最適化前にあらかじめチューニングで、フィッティング元の S パラメータになるべくあうようにします。このことで最適化を円滑に行えるようにします。

まず、さきほど入力した回路に対して S パラメータを算出するため線形解析を行います。線形解析の掃引範囲は、フィッティング元の S パラメータと同じに設定します。後に、最適化を行う時に線形解析で算出される S パラメータとフィッティング元の S パラメータの差を求める必要が出てきます。この作業を行うことで、2つのパラメータ数が同じになり、差を求める行列演算ができるようになります。

比較のために、図 4 のようにフィッティング元の S パラメータと回路を線形解析した結果を重ねて表示させます。

Dataset 名、パラメータ名と表記すると、default dataset 名以外のデータを参照することができます。

先ほど数式内でパラメータとして定義した回路定数をチューニングパラメータに設定します。図 5 のように、数値の前にクエスチョン“?”マークを追加することで、チューニングパラメータにすることができます。

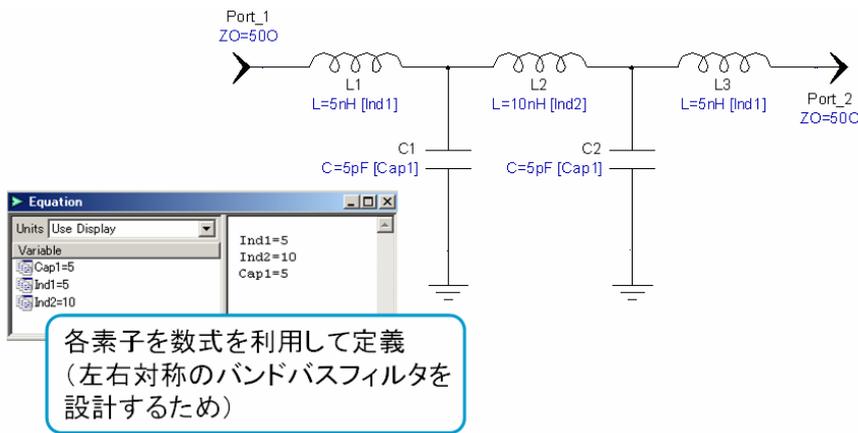


図 3 等価回路の入力と定数の指定

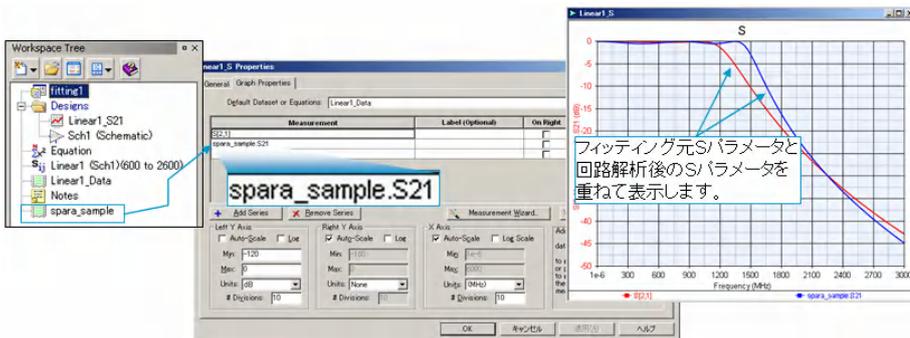


図 4 グラフ上での S パラメータの重ね表示



クエスチョンマーク“?”を数値の前に追加することで、チューニングパラメータになります。

図 5 チューニングパラメータへの変換

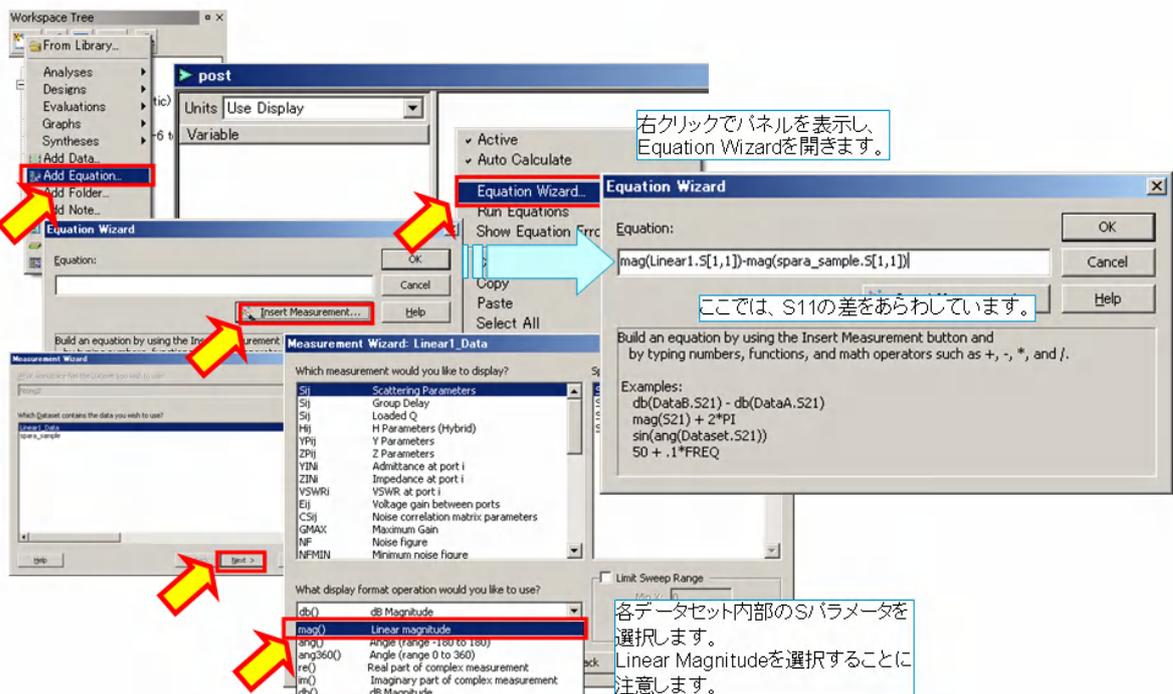


図 6 数式による S パラメータの差分表記

チューニングウィンドウでパラメータを変更し、フィッティング元の S パラメータの応答に近づけていきます。

最適化

チューニングによって、おおよそのあたりをつけた後、最適化を行います。

最適化のゴールを設定するために、フィッティング元の S パラメータと等価回路の線形解析で算出された S パラメータの差を数式を利用して計算します。データセットからパラメータを指定するには、図 6 のように数式ウィンドウから数式ウィザードを利用すると便利です。単位フォーマットを mag にすることに注意します。数式を図 7 のように完成させます。ここでは、左右対称の回路トポロジを前提にしているので、 $S_{22}=S_{11}$ 、 $S_{12}=S_{21}$ と仮定しています。

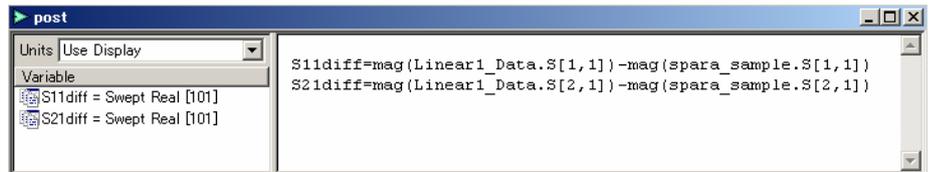


図 7 完成した数式 (Sパラメータの差)

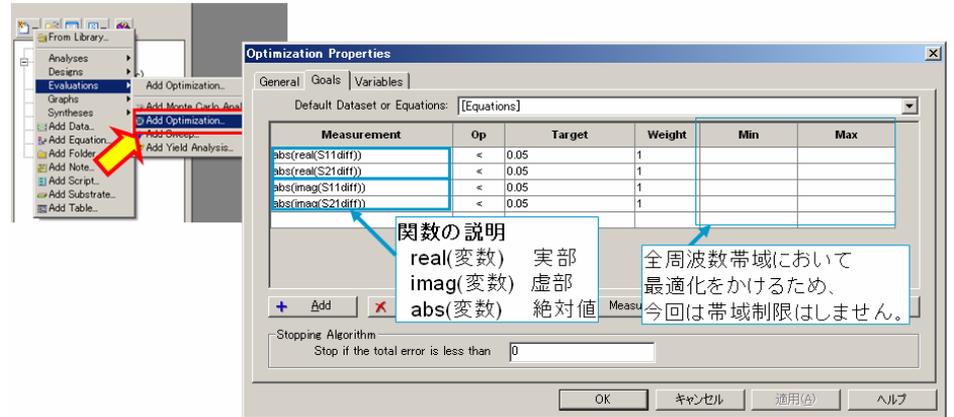


図 8 最適化ウィンドウのゴール設定

次に、最適化ウィンドウで、ゴール設定を行います。図 8 をご覧ください。ゴール設定には、数式ウィンドウに入力した S11diff と S21diff を利用します。S パラメータの比較には、振幅だけでなく、位相も考慮する必要があります。そこで、S パラメータを実部と虚部に分けてゴール設定をします。実部、虚部と振幅、位相についての対応を図 9 にまとめました。

具体的に以下のようにゴールの関数を設定します。

- abs(real(S11diff))
- abs(real(S21diff))
- abs(imag(S11diff))
- abs(imag(S21diff))

図 8 の中にも説明があるように、real、imag、abs は Genesys の内部関数で、それぞれ実部、虚部そして絶対値の算出をします。

ゴールを設定した後、最適化されるパラメータを設定します。図 10 をご覧ください。最適化されるパラメータは既にチューニングパラメータとして設定されていますので、“Get Tuned Variables” ボタンを押すことで、自動的に一覧に挿入することができます。

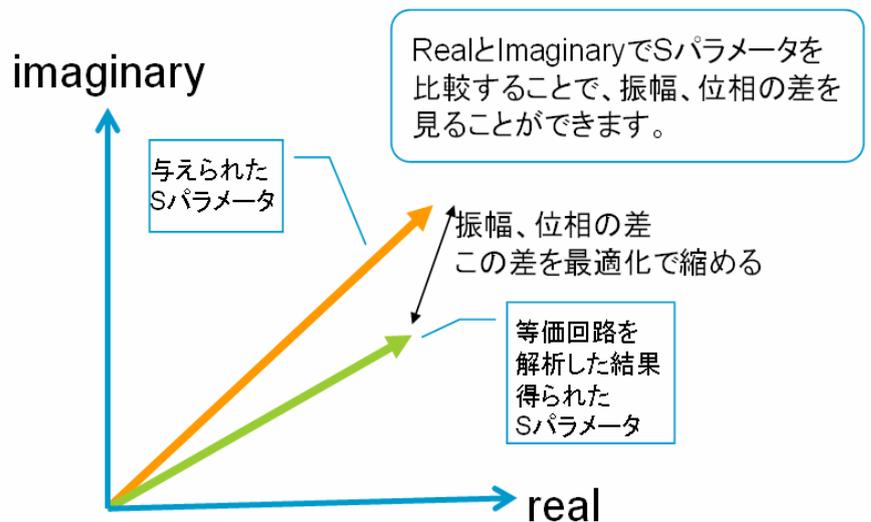


図 9 虚部と実部を分けて指定する意味

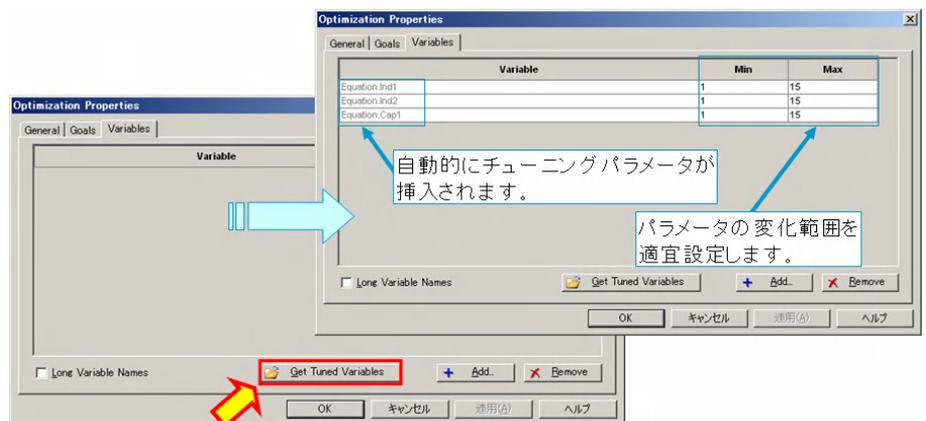


図 10 最適化されるパラメータの設定

パラメータの変化範囲を適宜指定します。今回は周波数も高いため、それほど大きな値にならないと予想できます。そこで、1~15nH, pF になるように設定します。

最適化を行うためには、General タブ内の “Calculate Now” ボタンから MiniMax:Automatic を選択するか、ワークスペースウィンドウ内の最適化アイコンを右クリックし、MiniMax:Automatic リストを選択します。

しばらくするとフィッティング元の S パラメータと等価回路によって算出された S パラメータが重なり合うことがグラフから読み取れます。

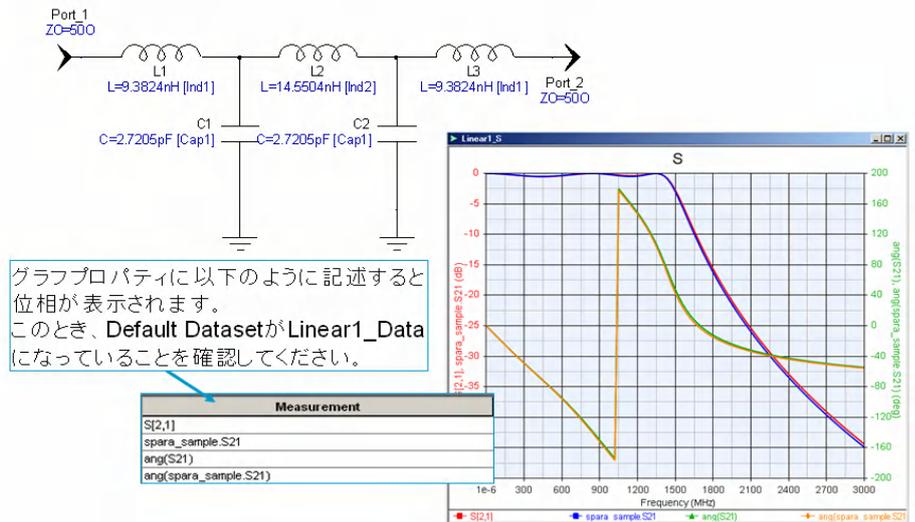


図 11 最適化後の等価回路定数とその応答

(Agilent EDA ナリッジセンタより入手可能)

完成

フィッティング元の S パラメータと最適化後の等価回路の S パラメータを振幅と位相に関して重ねて表示させた結果を図 11 に示しました。実部と虚部で S パラメータを分離したため、位相を含めて最適化が行われたことがわかります。

この段階で結果に満足がいかない場合は、最適化のプロパティでゴールの SxxDiff に対する絞り込み値をさらに小さくして最適化をかけ直したり、チューニングで追い込んで行くこともできます。

まとめ

今までご紹介したように、Genesys の最適化機能を応用することで、回路定数のフィッティングを行うことができました。

Genesys の最適化では、Genesys で扱うことのできるすべてのパラメータを最適化の対象とすることができます。数式と組み合わせることで、比較的複雑な最適化問題を解くことも可能です。本アプリケーションを活用することで、他の事例にも Genesys の最適化機能が利用できれば幸いです。

参考文献

- [1] ADS Test Lab を用いた S パラメータ等価回路フィッティング

ワークスペース一覧

本アプリケーションノートで利用している Genesys ワークスペースファイルは弊社の Web よりダウンロードできます。以下の一覧は、ワークスペースファイル名と解析内容との対応を示します。

1. 等価回路トポロジと定数
fitting1.wsx
2. フィッティング元 S パラメータと等価回路の線形解析結果
fitting2.wsx
3. 最適化の設定
fitting3.wsx
4. 最適化後の等価回路定数とその応答
fitting4.wsx

すべてのワークスペースは、Genesys2006.10 を利用して作成されています。

アジレント・テクノロジー株式会社
本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測
お客様窓口 受付時間 9:00~19:00
(土・日・祭日を除く)
※FAXは24時間受け付け

TEL ☎ 0120-421-345
(0426-56-7832)

FAX ☎ 0120-421-678
(0426-56-7840)

E-mail: contact_japan@agilent.com

Agilent EEs of EDA ホームページ
<http://www.agilent.co.jp/find/eda>

- 記載事項は変更になる場合があります。ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2006
アジレント・テクノロジー株式会社

Agilent Technologies December, 2006