

Agilent Eagleware-Elanix Genesys による

RF サブシステムレベルにおけるレシーバ解析

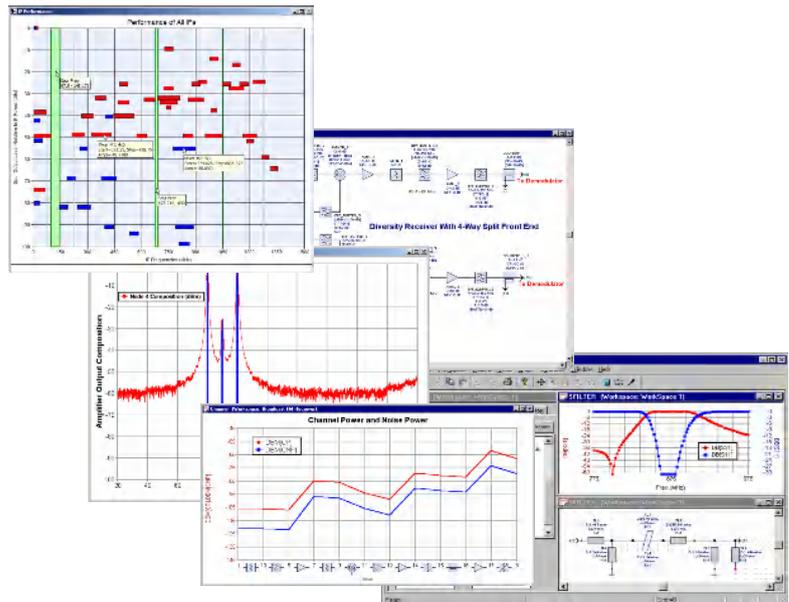
Genesys WhatIF と Spectrasys



Genesys Application Note 3

GENESYS

A Seamless
Design Flow with
Outstanding Price and
Performance



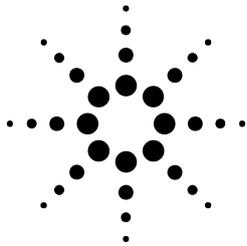
SPECTRASYS™
SPECTRAL DOMAIN SYSTEM SIMULATOR

From Start To Finish
using SPECTRASYS



Agilent Technologies

RFサブシステムレベルにおけるレシーバの解析 Genesys WhatIFとSpectrasys



アジレントテクノロジー株式会社

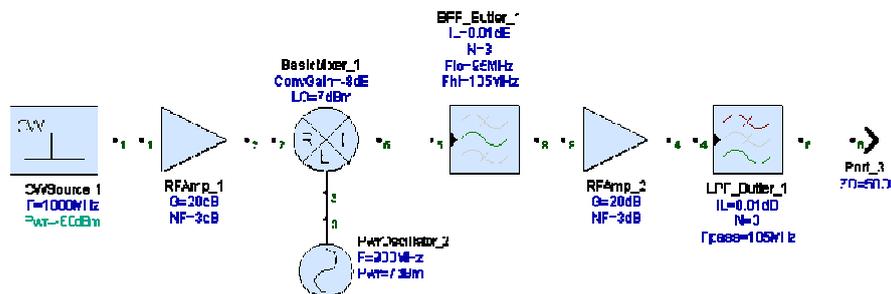
はじめに:

RFサブシステムレベルの設計を行うには、エクセルなどの表計算ソフトを利用しながら各段におけるゲイン変化などを検証することが多いと思われます。確かにこの方法は、簡単な回路構成の場合の解析には向いていますが、回路構成を変更したり、各段のインピーダンスを変化させたり、回路が複雑化した場合、さらに長期にわたってメンテナンスする場合には不向きな場合があります。

ここでご紹介するGenesysのSpectrasysは、カスケードゲイン、NFなどの解析に加え、スペクトラム表示をさせてそのスペクトラムの発生経路をビジュアルに表示させたり、回路合成機能をRFサブシステムレベルから呼び出しフィルタを合成するなど、表計算ソフトではカバーできない機能を持っています。

本アプリケーションノートでは、これらの機能、利用方法について順を追ってご紹介いたします。

基本設計

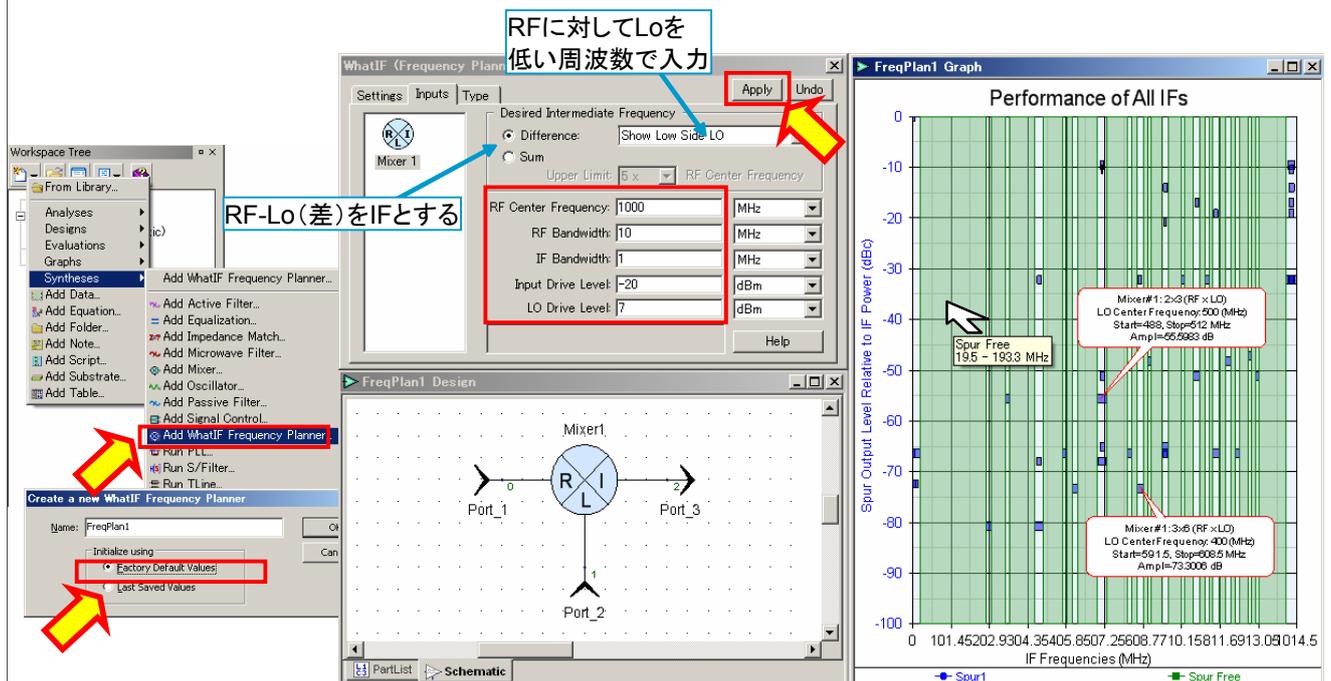


RF Operating Center Frequency	1GHz
RF Bandwidth	10 MHz
IF Frequency	100 MHz
Sensitivity	-80 dBm
Noise Figure	5
Min output power	-10 dBm
Nominal Impedance	50 ohms

ビヘイビアブロックの入力:

表のような仕様で、レシーバを組み上げます。この仕様を満たすように、ビヘイビアブロックを組み上げます。

IF周波数帯域におけるスプリアスの影響



Page 3



Agilent Technologies

Rev.1.0

WhatIFを利用したスプリアス解析:

WhatIFを利用して、IF周波数帯域における相互変調歪みの浸食によるスプリアスの影響を解析します。

さきほどの表に示された仕様を満たすように、“Input”タブ内に情報を入力します。

今、RFとLoの関係は、RF周波数よりも低い周波数でLoを入力するとして、その差をIFとすることになります。RF中央周波数、帯域は表に書かれているように1000MHz、10MHzと入力します。IFの帯域は1MHz程度として、RFの入力は-20dBm、Loの入力は7dBm程度としておきます。ここでは、大まかにIF周波数帯域におけるスプリアスの影響をみるのが目的であり、これらの設定をそれほど厳密に行う必要はありません。

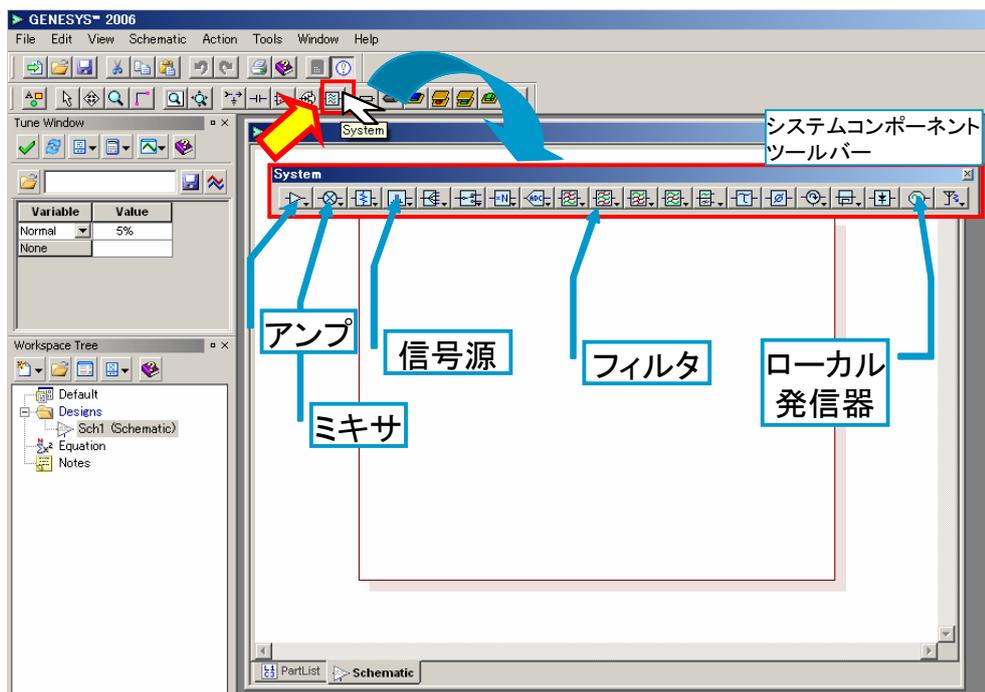
“Apply”ボタンをおして、グラフ表示させます。

グリーンに書かれた部分がスプリアスフリー領域、ブルーがスプリアス領域で、横軸周波数、縦軸がIFに対するスプリアスの大きさを示しています。

今、100MHzをIFの周波数としたいため、100MHz近辺をマウスカーソルでなぞります。すると19.5MHzから193.3MHzまでグリーンのスプリアスフリー領域であることが確認できます。

以上でWhatIFを利用したIF周波数帯域における相互変調歪みの浸食の影響の解析を終えます。

ビヘイアブロックの入力 ツールバーの説明



ここでは、ビヘイアブロックを入力するためのエディタの説明をします。

スキマティックウィンドウをアクティブにしたときに表示されるツールバーからシステムコンポーネント用のツールバーを呼び出し、ビヘイアブロックの入力を行います。

ビヘビアブロックの入力 信号源の設定

The screenshot displays the 'System' menu with 'CW Source' selected. The 'CWSource_1 Properties' dialog box is open, showing the following parameters:

Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
PORT	Port Number	1	()	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F	Center Frequency	1000	(MHz)	100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pwr	Power (Average)	-60	(dBm)	-20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PH	Phase Shift	0	(deg)	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R	Source Resistance	50	(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Below the dialog box, a schematic symbol for a CW source is shown with the text: CWSource_1 F=1000MHz Pwr=-60dBm

信号源の追加:

“Sources”カテゴリから“CW Source”を選択します。この信号源は、指定された周波数の信号をシングルトーンとして発生することができます。ここでは、1000MHz、-60dBmの信号とし、パワーはチューニングできるように設定します。チューニングパラメータはライトグリーンになります。

また、マルチトーン設定をする場合は、A;Bのように周波数をセミコロンで区切ります。

ビヘイビアブロックの入力 RFアンプの設定

The screenshot shows the 'RF Amp. 1' Properties dialog box with the 'Parameters' tab selected. The 'EIN' (Input Impedance) and 'EOUT' (Output Impedance) fields are highlighted in blue. A callout box points to these fields with the text: '入出力インピーダンスを任意に設定できます。[complex(A,B)で設定可能]今回は、デフォルトの50Ωを利用します。'

Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
G	Gain		(dB)	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
NF	Noise Figure		(dB)	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OP1dB	Output P1dB		dBm	60	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OPSAT	Output Saturation Power		dBm	63	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OIP3	Output IP3		dBm	70	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OIP2	Output IP2		dBm	80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RISO	Reverse Isolation		(dB)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FC	Corner Frequency		MHz	1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SLOPE	Rolloff Slope in dB/Decade		()	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EIN	Input Impedance		(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EOUT	Output Impedance		(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

アンプの追加:

アンプは“RF Amplifiers”カテゴリから“RF Amplifier-2nd 3rd order”を選択します。このモデルには、アンプの線形、非線形領域を設定するために、1dBコンプレッション、IP3などを設定することが可能です。

アンプに限らず基本的に各コンポーネントでは、入出力のインピーダンスを任意に設定することも可能です。

ビヘイアブロックの入力 ミキサの設定

目的の周波数がLoとの和であるか
差であるかを指定します
今は、デフォルトのRFinとLoの差です
周波数変換後のチャネル帯域を追跡する
ために必要な情報です

System

- Basic Mixer
- Double Balanced Mixer
- Table Mixer

Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
ConvGain	Conversion Gain	-8	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SUM	Desired Output 0-Difference,1-S	0	()		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LO	LO Drive Level	7	dBm		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISIDE	Image Side to Reject 0-Below,1-	0	()		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IR	Image Rejection	0	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NF	Noise Figure		(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IP1dB	Input P1 dB	1	dBm		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PSAT	Input Saturation Power	2	dBm		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IP3	Input IP3	11	dBm		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IP2	Input IP2	21	dBm		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RTOI	RF to IF Isolation	100	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LTOR	LO to RF Isolation	30	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LTOI	LO to IF Isolation	30	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZR	RF Port Input Impedance	50	(Ohm)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZI	IF Port Input Impedance	50	(Ohm)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZL	LO Port Input Impedance	50	(Ohm)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IP3noise	Output IP3 Noise Isolation	30	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ミキサの追加:

ミキサは、強い非線形性により周波数を変換するコンポーネントなので、その非線形性を決定するために1dBコンプレッション、IP3などを設定する項目があります。

ビヘイアブロックの入力 バンドパスフィルタの設定

BSF_Butter_1' Properties

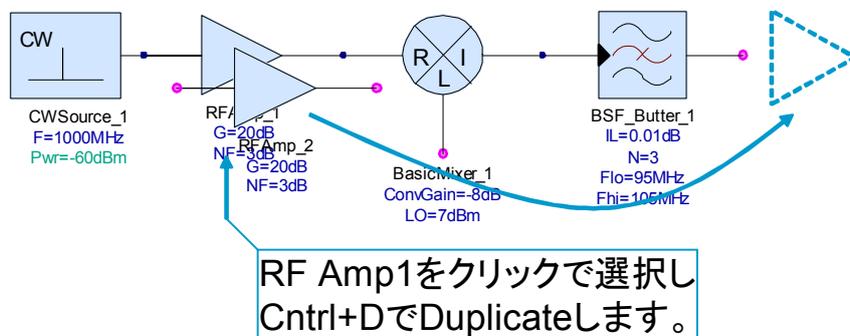
Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
IL	Insertion Loss		(dB)	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
N	Filter Order		()	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Flo	Lower Passband Edge	95	(MHz)	475.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fhi	Higher Passband Edge Frequency	105	(MHz)	525.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Apas	Attenuation at Passband		(dB)	3.0103	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Astax	Max. Attenuation in stopband		(dB)	100.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z1	Ref Impedance Port 1		(Ohm)	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z2	Ref Impedance Port 2, (Default=		(Ohm)	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TYPE	Input Stopband Impedance 0-sho		()	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

BSF_Butter_1
IL=0.01dB
N=3
Flo=95MHz
Fhi=105MHz

バンドパスフィルタの追加:

このフィルタは、IFフィルタの役目を果たします。IFは100MHzに設計予定なので、パスバンドを95MHzから105MHzとします。

ビヘイビアブロックの入力 IFアンプの設定・デュープリケート機能



アンプの追加:

このアンプは、先ほど追加したアンプを複製し、フィルタの先に追加します。GenesysにはDuplicate機能があり、Cntrl+Dで指定したコンポーネントと同じものがDuplicate(複製)されます。

ビヘイビアブロックの入力 ローパスフィルタの設定

The screenshot displays the 'LPF_Butter_1' Properties dialog box with the following parameters:

Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
IL	Insertion Loss		(dB)	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
N	Filter Order		()	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fpass	Passband Edge Frequency	105	(MHz)	200.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Apass	Attenuation in Passband		(dB)	3.0103	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amax	Max Attenuation in stopband		(dB)	100.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z1	Ref Impedance Port 1		(Ohm)	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z2	Ref Impedance Port 2, (Default=		(Ohm)	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TYPE	Input Stopband Impedance 0-sho		()	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ローパスフィルタの追加:

このローパスフィルタは、前段のIFアンプから発生する可能性のある高調波をカットするために追加します。100MHzのIFを通すために、カットオフ周波数を105MHzとします。

ビヘイビアブロックの入力 ローカル発振源・ポートの設定

PwrOscillator_2 Properties

Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
PORT	Port Number	2	()	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F	Carrier Frequency	900	(MHz)	90	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pwr	Carrier Power	7	(dBm)	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PH	Carrier Phase	0	(deg)	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EnablePN	Enable Phase Noise (0-Off, 1-On)	0	None	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foff	Frequency Offset List		KHz	1,10,100,1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PhaseN	Phase Noise List (dBc/Hz)		(dB)	-70,-90,-100,-105	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R	Source Resistance		(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

チューニングによってIF周波数、スプリアスを考察できるようにします。

ローカル発振源の追加:

このコンポーネントも、はじめに追加したシングルトーン発振源と同様に信号源として動作します。1GHzのシングルトーンがRFとして入力され、IFを100MHzにするためには、900MHzのローカル周波数にする必要があります。ここでは、RFに対して低いローカル周波数によってIFを取り出します。

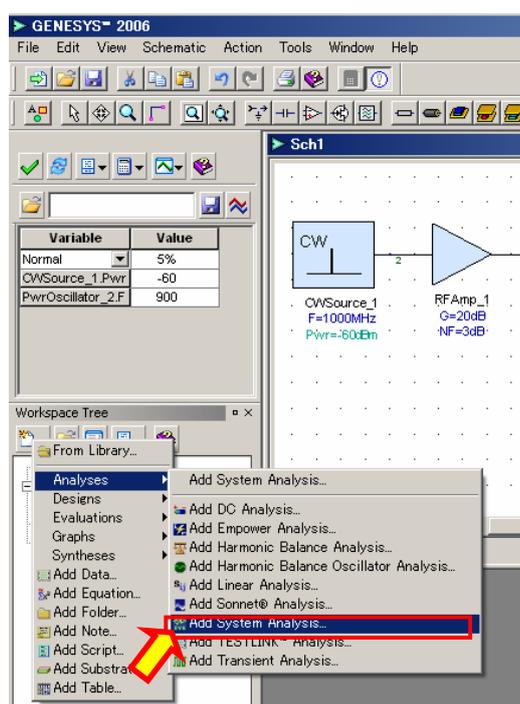
ローカル周波数はチューニングできるようにチューニング欄にチェックを入れます。後ほどのスペクトラム表示で、ローカルを振ったときのIF、相互変調歪みの出力変化を確認できるようになります。

最後に出力ポートを追加します。

このポートは、アルファベットのOキー (Outputの意) を押すと、シンボルが追加できるようになります。

これで、ビヘイビアブロックの入力が終了しました。

Spectrasysコントローラの追加

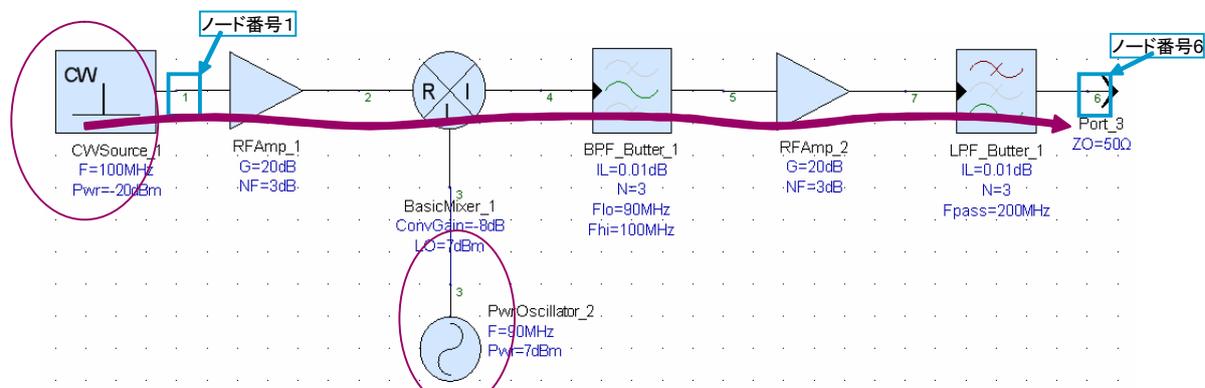


シミュレーションコントローラの追加:

次に、SpectrasysのSystemシミュレーションコントローラを追加します。

左下のWorkspaceTreeウィンドウにあるAdd New ItemからAnalysesを選択し、Add System Analysisを選択します。

信号源、パス、ノード番号



SPECTRASYSでバジェット解析の設定をするには、はじめに、どのパスに対して解析を行うのかを設定します。ここでは、ノード番号1番から6番までの経路について、バジェット解析を行うことにします。パスと並んで、どのようなソースがいくつあるのかも重要です。

**注意: ノード番号は、コンポーネントを置く順番によって変化します。
解析したいパスのノード番号を確認して下さい。**

ここで、信号源とパス、ノード番号についてまとめます。

Spectrasysの解析では、これらの3要素が大変重要な役割を果たします。

信号源:

Spectrasysでは、信号源から発生した信号をトラックしていき、どのように周波数変換されるのか、高調波が出るのか、増幅、減衰されるのかを解析します。また、発生経路を表示しますので、どの信号源から出ているパワーであるのかを設定することは、必須になります。

パス:

カスケードゲイン、NFを表示するためにどのパスのコンポーネントによる変化なのかを表示させるために、パスの設定が必須になります。

ノード番号:

パスを設定するために、パスの始め、終わりをノード番号で指定します。コンポーネントを追加したり、削除するとノードの割り振りが変更されることがありますので、注意が必要です。回路図を変更させた場合には、ノード番号の確認をするように心がけてください。

システムシミュレーション・コントローラ設定画面 General

解析を行う回路図を設定します。今は、“Sch1”しか存在しません。

解析結果を保存するデータセット名デフォルトはシステムコントローラ名+Dataです。

パワー表示の為にインピーダンス通常、50Ohm系の場合はデフォルト値のまま用います。

システムコントローラのアイテムをダブルクリックし、コントローラ設定画面を表示させます。

回路図に存在するすべてのソースが自動的に表示されます。

ソースのノード番号

何階層までのサブサーキットまでパスデータを保存するかを指定します。1とは、トップレベルのみを指しています。

ソースのプロパティを編集できます

Spectrasysでは、パワーを算出するために、チャンネルという概念を用います。

周波数がミキサによって変換されても、チャンネル帯域は、ソースのチャンネル周波数(次ページ参照)に対して割り当てられます。

Factory Defaults OK キャンセル ヘルプ

Page 14 Agilent Technologies Rev.1.0

システムコントローラの設定画面について

Generalタブ:

WorkspaceTreeウィンドウのSystem1をダブルクリックすると、システムシミュレーション用のコントローラウィンドウが開きます。

回路図に存在する信号源はすべて自動的に表示されます。ここから、Editボタンを押すと、ソースのプロパティウィンドウを開いて編集を行うこともできます。

ここで、特に重要なチャンネルの概念についてまとめます。

Spectrasysでは、パワーを算出するためにチャンネルという概念を用います。発信源からのトーン周波数の周りをチャンネル帯域として指定した部分とそれ以外の部分に分けます。ミキサによって周波数変換が行われますが、その場合にもチャンネル帯域はトラックされません。

システムシミュレーション・コントローラ設定画面 Calculate

算出する高調波の次数。
相互変調歪みの次数も、この高調波に依存します。

2Tone入力時にInput Intercept Point、Output Intercept Pointなどを算出するために必要になるパラメータです。
今回の演習では利用しません。

高調波算出

相互変調歪み算出

NFなどノイズ計算をする場合はチェックする

ソースで設定されるフェーズノイズを算出する場合はチェックします。
ソースのコンポーネントにもフェーズノイズを出力するかどうかの設定があるものもあります。
例として、ミキサのローカル発信器のコンポーネントには、この設定があります。

Calculateタブ:

このタブ内部では、スペクトラム表示において高調波、相互変調歪を算出させるかどうか、高調波の次数の設定、NF、ノイズフロア、フェーズノイズの算出をさせるか等の設定を行います。NFの計算を行わせる場合には、必ず**Calculate Noise**のチェックボックスにチェックします。算出させる周波数帯域が広いなどの理由で、解析時間が遅くなる場合以外では、**Calculate Harmonics**、**Calculate Intermods**、**Calculate Noise**、**Calculate Phase Noise**のチェックボックスにチェックを入れておきます。

リストによるSpectrasysの解析結果の表示

The screenshot illustrates the process of calculating and displaying analysis results in Spectrasys. It shows a circuit diagram with components like CW, BPF, and RF Amp. A red arrow points to the 'Calculate' button in the toolbar, which is highlighted with a red box and the text 'Calculateボタンを押します'. Below the diagram, a context menu is open, listing various analysis options. A red arrow points to the 'Add New Graph / Table' option, which is highlighted with a red box and the text 'みたい出力のノードを右クリックします'. The context menu also includes options like 'Format', 'View', 'Find Part In Layout', 'Show Part Text', 'Show Properties', and 'Properties...'. A mouse cursor is shown clicking on the 'Add New Graph / Table' option. The context menu items are as follows:

- System1_Data: New Power Plot at Node 6
- System1_Data: New Voltage Plot at Node 6
- System1_Data: New Phase Plot at Node 6
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of CP (Channel Power)
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of CGAIN (Cascaded Gain)
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of GAIN (Stage Gain)
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of CNDR (Carrier to Noise and Distortion Ratio)
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of CNP (Channel Noise Power)
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of CNF (Cascaded Noise Figure)
- System1_Data_Path1: New Level Diagram of SDR (Stage Dynamic Range)
- System1_Data_Path1: New Table of Measurements

Annotations in the image include:

- このようなリストが表示され、即座にレベルダイアグラム・スペクトラムを確認することができます。
- パワー表示のスペクトラム
- チャンネル帯域の積算パワー
- カスケードゲイン
- カスケードNF
- 1dBコンプレッションまでのヘッドルーム

解析結果の表示:

パスの設定を行った後、赤くなっている**Calculate**ボタンを押し、解析を実行します。解析を行うと、解析結果がデータセットという形式で、**WorkspaceTree**ウィンドウ内に保存されます。

結果を表示するには、ポートを右クリックし、クイックリストを表示させて解析結果を呼び出す方法と、グラフウィンドウから**Measurement**ウィンドウを利用して解析結果を呼び出す方法があります。ここでは、前者のクイックリストによって解析結果を呼び出す方法を紹介しています。

ここでは、カスケードゲインを表示させることにします。

カスケードゲイン、NFのグラフ表示

1)カスケードゲインのグラフ上でダブルクリックをしてグラフプロパティを出します

2)“Measurement Wizard”を利用

3)CNF(カスケードNF)を選択

4)CNFに“On Right”をチェック

5)アンプの出力段のNFをマウスでなぞってみると、NF=3(アンプのプロパティで設定されている)であることがわかります。

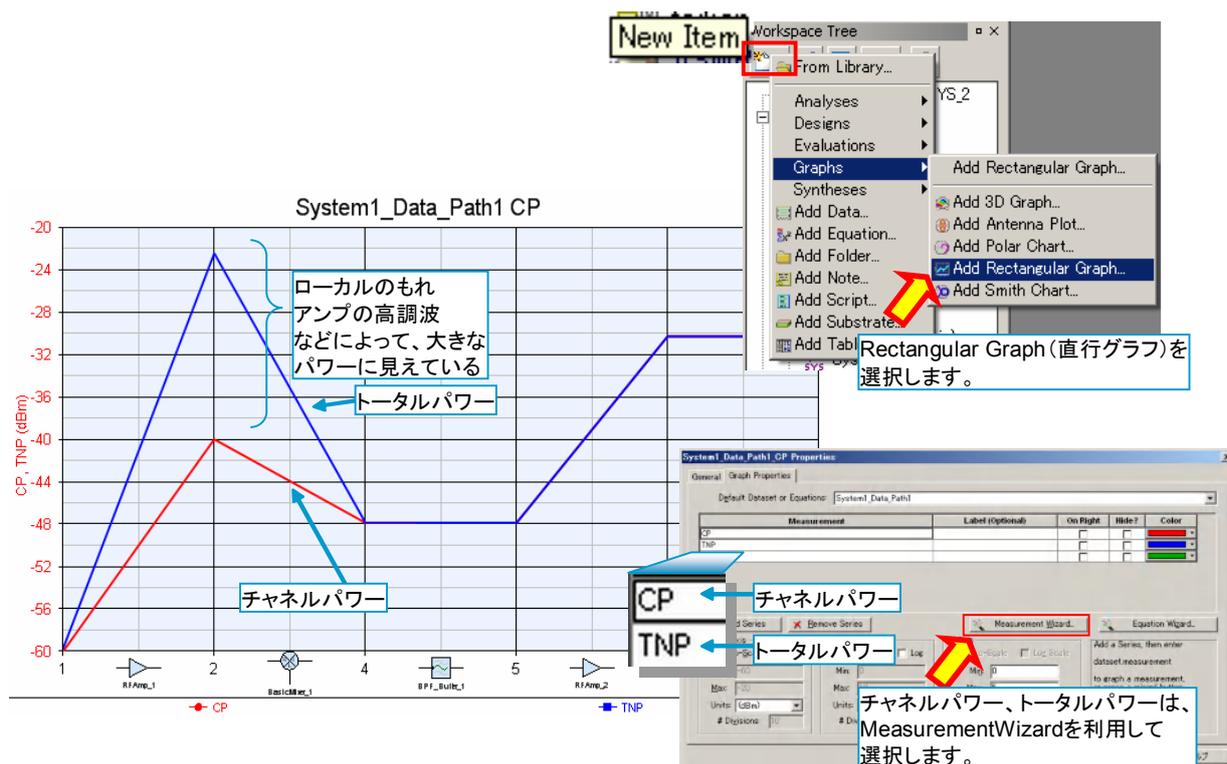
ブルーがNFゲインにNFが重ねて表示されるようになりました。

グラフの重ね書き:

さきほど表示させたカスケードゲインのグラフにカスケードNFのグラフを以下の手順で重ね書きさせます。

- 1)カスケードゲインのグラフをダブルクリック
→するとプロパティウィンドウが表示されます。
- 2)Measurement Wizardを開きます。
→データセットの選択ウィンドウが開き、デフォルトのSystem1_Data_Path1のままNextを押す
- 3)CNF(カスケードNF)を選択しFinishを押す
- 4)プロパティウィンドウにもどり、CNFの欄のOnRightにチェックを入れ、NF用のY軸を右側に新たに設定します。
- 5)OKボタンを押すと、カスケードゲインにカスケードNFが重ね書きされたグラフが表示されます。初段アンプの出力部分のNFをマウスをなぞってみると、NF=3になっていること(アンプのプロパティで設定されている)を確認します。

チャンネルパワー、トータルパワーの表示

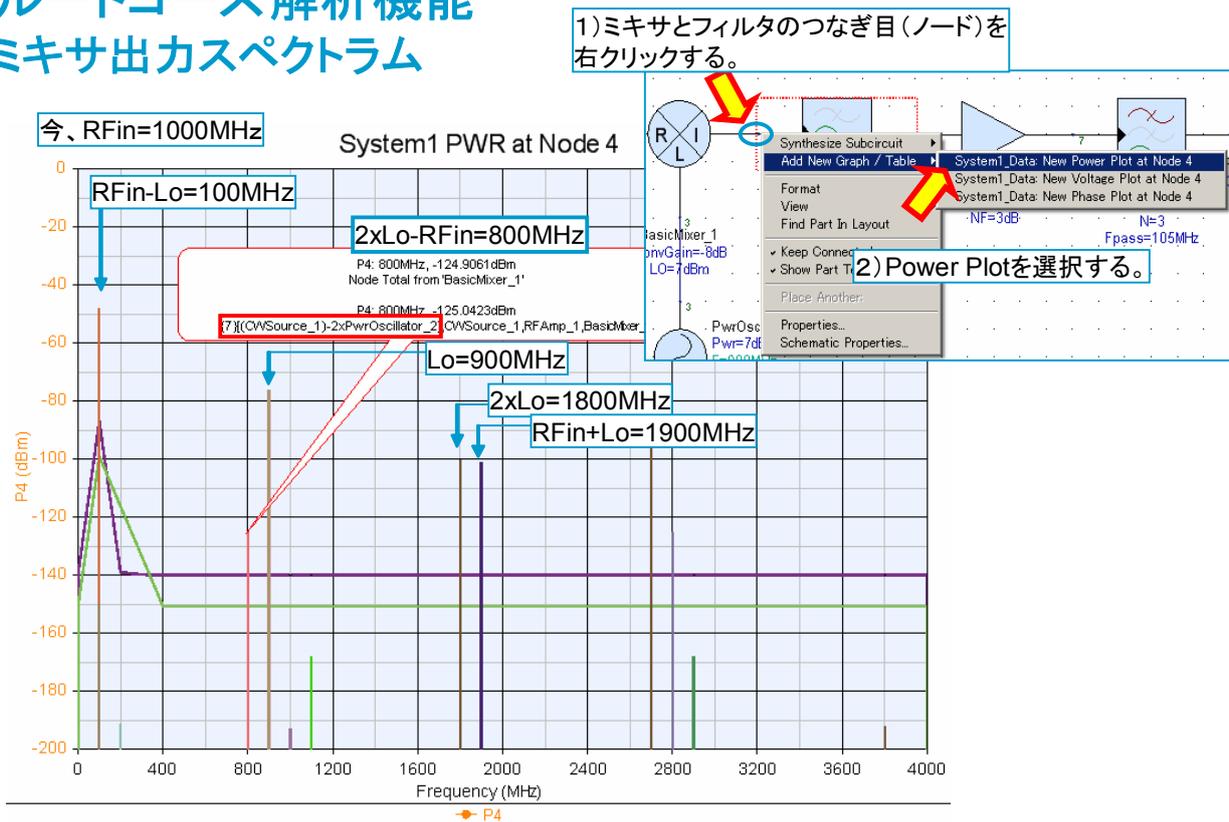


チャンネルパワーとトータルノードパワー：

チャンネルパワーは、System解析コントローラで指定されたチャンネル帯域内部のパワー積算値、トータルノードパワーは、チャンネル帯域に関係せず、全帯域のパワーの積算値を表します。

WorkspaceTreeウィンドウのNewItemボタンから、Rectangular Graphを選択し、直行グラフのグラフプロパティを表示させます。チャンネルパワー、トータルノードパワーそれぞれは、Measurement Wizardを利用してそれぞれ選択します。(略記号はCPとTNP)

ルートコース解析機能 ミキサ出力スペクトラム



スペクトラム表示とルートコース解析:

ミキサは非線形性の高いコンポーネントであり、その出力には様々な周波数成分が含まれています。ここで、ミキサの出力をスペクトラム表示させ、どのような周波数成分が発生しているか、ルートコース解析機能を利用して見ていきます。

- 1) ミキサとフィルタのつなぎ目(ノード)を右クリック
→ Add New Graph のリストが出てくることを確認
- 2) そのリスト中の System_Data New Power Plot at Node X を選択

すると、図に表示されているようなスペクトラムが現れます。スペクトラムにマウスをあわせると、スペクトラムの発生経路、周波数の成り立ちについてバルーン表示されます。

一番大きなパワーは、RFイン-ローカル周波数 = 100MHz です。

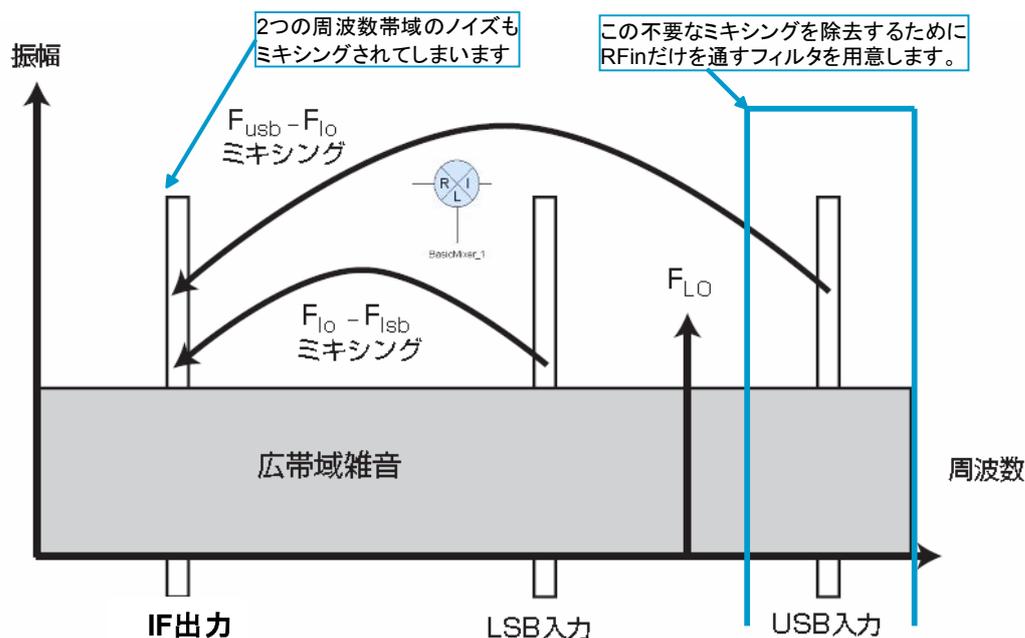
- 3) 800MHz のスペクトラムにマウスをあわせませます。
→ (2xローカル周波数-RFイン) が 800MHz の周波数を構成していることと、RFイン (CWSource_1) から発生していることがわかります。

この 800MHz の周波数成分は、一見 RFインとローカル周波数の関係から想像が付きにくいですが、ルートコース解析機能を利用することで、視覚的に確認をおこなうことができます。

次にローカル周波数と IF の関係を視覚的に調べます。

- 4) チューニングウィンドウから PwrOscillator_2 の 900 を選択し、チューニングを行い、100MHz の IF がどのように変化するか、また高調波、相互変調歪みがどのように変化するかを確認します。
- 5) PwrOscillator_2 の値を 900 に戻します。

ミキサによるIFへのノイズの影響とNFの悪化



イメージリジクションフィルタ:

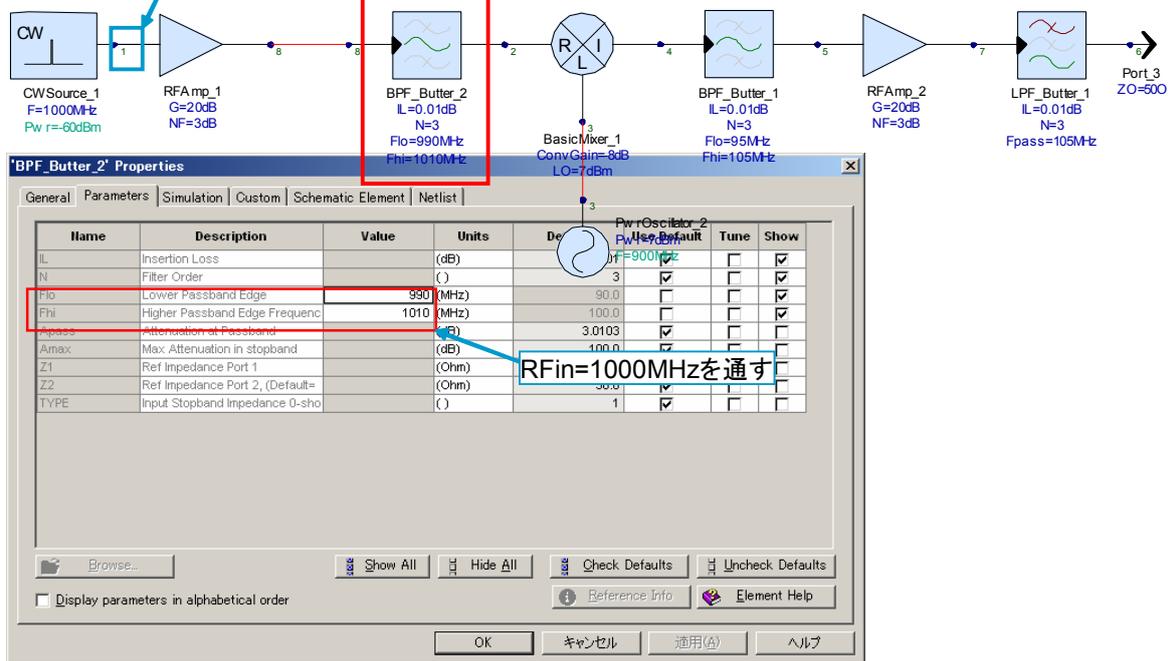
今まで解析を行ったレシーバのブロックダイアグラムには、イメージリジクションフィルタがありません。このフィルタがないとどのような弊害があるか、ここでまとめます。

イメージリジクションフィルタの感覚的な動作は、スーパーヘテロダイン構成のレシーバでミキサによってダウンコンバートするときに、**USB**もしくは**LSB**側の利用しない帯域に存在するスプリアスを除去することです。しかし、このイメージリジクションフィルタは、スプリアス除去だけでなく、明示的なスプリアス信号が存在しなくても、利用されない帯域に存在する雑音をミキサによってダウンコンバートされることを防ぐ役割も持っています。

ここで、カスケードNFを確認すると、ミキサ段の部分でNFが急激に増加していることがわかります。これはイメージリジクションフィルタが存在しないために、上記の理由からNFが悪化してしまっていることを示しています。

イメージリジェクションフィルタの追加

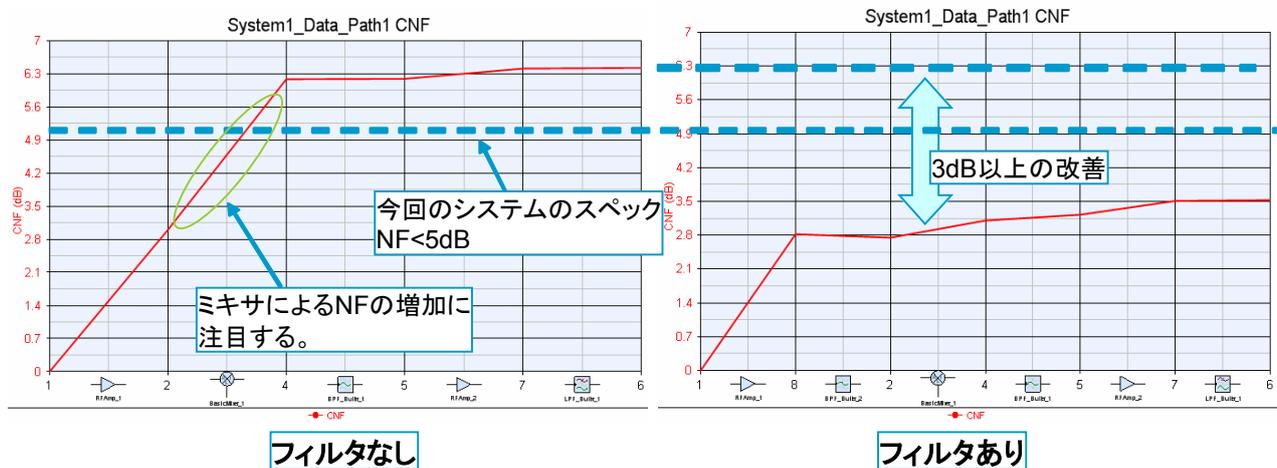
ノード番号1
ノード番号が変化していないことを
確認してください。
変化した場合は、Systemコントローラ
Pathの指定で、開始パスノードを
変更します。



イメージリジェクションの追加:

- 1) CWSource_1とRF Amp_1を選択し、ALTキーを押しながらミキサ(BasicMixer_1)から切り離します。
- 2) RF Amp_1とBasicMixer_1の間にバンドパスフィルタを挿入します。
- 3) N=3段、カットオフをそれぞれ990MHz、1010MHzとし、1000MHzのRFイン信号(USB)のみを通過させるようにします。
- 4) CWSource_1のノード番号、出力ポート(Port3)のノード番号をみて、フィルタを追加した前後で変化がないか確認します。
- 5) もし、変化があった場合にはパスの指定も変化してしまっていますので、SystemコントローラのPathタブでCWSource_1からPort3までの経路が指定されるようにノード番号を指定し直します。
- 6) 赤くなっているCalculateボタンを押し、解析をし直します。

イメージリジエクションフィルタの効果



イメージリジエクションフィルタの効果を比較した図を示しました。左側が、イメージリジエクションフィルタなしの場合、右側がフィルタを追加した場合です。

イメージリジエクションフィルタがないときには、ミキサにおいてNFが急激に悪化していましたが、イメージリジエクションフィルタを追加した後では、NFの悪化がかなり改善されていることがわかります。

今回の設計仕様では、NFを5dB以下に抑えることを目標にしてきました。イメージリジエクションフィルタを追加することにより、この目標を達成できました。

トップレベルにおける回路合成 分布定数フィルタ

以下のよう画面が変わり、ビヘイビアで設定された定数で、分布定数フィルタが即座に合成されます。

ヘアピン形式を選択しました。

レイアウトを起こします。

オプションタブを開き、Create a Layoutにチェックします。

Select Manufacturing Processを押します。

Page 24 Agilent Technologies Rev.1.0

分布定数フィルタ合成:

トップレベルのビヘイビアブロックを回路合成機能を利用して、回路に置き換える方法をご紹介します。

先ほど追加したイメージリジェクションフィルタを分布定数フィルタに置き換えてみます。

- 1) イメージリジェクションフィルタを右クリックし、**Synthesize Subcircuit**のリストを表示させます。
- 2) **As Microwave Filter**を選択します。
→すると分布定数フィルタの回路合成ツールが起動します。
- 3) **Topology**タブで**Type**を**Bandpass**に設定し、**Subtype**を**Hairpin**にします。
→即座にヘアピンの回路が合成され、線形解析結果が表示されます。

ここまでで、インピーダンスと電気長を利用したTLINによる回路合成は終了です。ここからは、この合成された回路を、実際の物理パターンに変換する操作を行っていきます。

- 4) **Option**タブの**Create Layout**チェックボックスをチェックします。
- 5) **Option**タブで、大きめのボタンである**Select Manufacturing Process**を押し、実装方法を選択します。
→次のページに続く

続き

Convert Using Advanced TLIN

Process:

- Coax
- Square Coax (Square Conductor)
- Square Coax (Round Conductor)
- Coplanar
- Coplanar With Ground
- Ideal (Zo & Degrees)
- Ideal (Zo & Physical Length)
- Microstrip (Standard)**
- Microstrip (Inverted)
- Microstrip (Susp)
- Stripline (Round)
- Stripline (Standard)
- Stripline (Offset)

Substrate:

Conversion Frequency: 2000 MHz

Automatically add DisCos About Discos

Use chamfered corners

Advanced TLIN will convert the selected schematic elements to the process chosen above.

If "Automatically add DisCos" is selected, then discontinuities (e.g., tee, step, bend) will be added to the schematic. If "Absorb DisCos" is checked, TLIN will adjust line lengths to compensate for the addition or removal of DisCos.

Substrate Needed

You have used a component or feature that requires a substrate. GENESYS will now allow you to add a substrate.

Please load an existing substrate from a library or create your own.

Note: If you do not want this substrate, you can later remove any elements using it and delete the substrate.

Substrate Properties

Name: Unlabeled 1

Description:

Units: (mm)

Parameters:

- (Er) Dielectric Constant: 4.6
- (Tand) Loss Tangent: 0.011
- (Rho) Resistivity: 1
- (Thick) Metal Thickness: 0.0361 (mm)
- (Sr) Metal Roughness: 0.0024
- (Height) Substrate Height: 1.4986

Design Filter Design

TeeとBend等が入り、物理形状が決定され、最終的なフィルタが合成されます。

BPF Filter 3 Design

デフォルトでFR4の基板特性が設定されますのでOKを押します。

6) 実装ProcessとしてMicrostripを選択します。

7) Substrate(基板特性)は空欄のままにしておきます。(まだ設定していないため、選択できる候補がない)

8) OKを押すと、小さいウィンドウでSubstrate Neededの表示が出てきますので、右側のCreate New Substrateボタンを押します。

9) 基板特性のウィンドウが表示され、デフォルトでFR4基板特性の値が入っていますので、そのままOKを押します。

10) 回路図ウィンドウは、インピーダンスと電気長だけのTLIN部品から、MLINやMTEE等の物理形状+基板特性による部品に置き換わります。

11) 回路図ウィンドウ下にあるLayoutタブを選択すると、図のようなレイアウトが生成されていることがわかります。

このレイアウトは、DXFファイルなどとして外部のCADへExportすることが可能です。

まとめ

1. WhatIFを利用してIF帯域のスプリアスの影響がないことを確認
2. ビヘイビアブロックの入力
3. Spectrasysコントローラの設定
4. バジェット解析(カスケードゲイン・NF・チャンネルパワー)
5. スペクトラム表示とルートコースズ解析
6. イメージ帯域のミキサによるNF劣化
7. トップレベルからの回路合成

まとめ:

ここまでで、決められた特性のレシーバを、上に示された順序でSpectrasysを利用しながら設計、検証を行ってきました。本アプリケーションノートでご紹介した内容は、Spectrasysの基本的な利用方法と基本操作のみを網羅しています。カスケードゲイン、NF、チャンネルパワー以外にも、多数の解析項目があり、検証することができます。詳しくはマニュアルをご覧ください。

参考: 信号源パワー分布の設定

The screenshot displays the Genesys software interface for configuring a signal source. On the left, a 'Cont Freq' block is shown with a power spectrum graph. Below it, the 'Dataset=GSM' is selected, with parameters: Freq=1750 MHz (FDesired), Symbol Rate=100 kSym (PRB). A 'Workspace Tree' on the left lists various signal sources, with 'GSM' selected. A 'Filter By:' window is open, showing a list of signal sources including Bluetooth, CDMA2K, CDMA2K_3Carrier, Edge, GSM, IS95A_Fwd, IS95A_Rev, NADC, PDC, PHS, SampleSource, WCDMA, and WCDMA_3Carrier. A context menu is open over the 'GSM' block, showing options like 'Add New Variable...', 'Delete...', 'Duplicate', 'Graph', 'Print...', 'Export...', 'Properties...', and 'Dataset Properties...'. The 'Graph' option is selected, showing a 'Rectangular Graph' menu. A 'GSM_Power' graph is displayed, showing Power (dBm) vs. Frequency (MHz). The graph shows a power spectrum with a peak at 51.5 MHz. A table below the graph shows the power distribution for various frequency components.

Variable	Power	
BW=200000	1	-74.87
Center Freq=...	2	-74.97
Freq	3	-74.86
Nominal Phas...	4	-74.87
Nominal Pow...	5	-74.61
Phase	6	-74.44
	7	-74.01
	8	-72.22
	9	-72.1
	10	-72.1
	11	-69.0
	12	-47.8
	13	-37.5
	14	-62.3
	15	-59.58
	16	-57.29
	17	-54.97
	18	-52.41
	19	-49.76
	20	-46.54

変調信号は任意に編集可能

参考:

この図は、SPECTRASYSの信号源の設定方法を示しています。

変調信号を扱う場合、主要な波形はあらかじめライブラリとして登録されていますので、簡単に呼び出すことが可能です。

また、必要に応じて任意に編集することも可能です。



・参考文献

周波数コンバータの雑音指数測定
(弊社アプリケーションノート#1487)

・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. ビヘイビアブロック
spectrasys1.wsx
2. カスケードゲイン・NF、スペクトラム表示
spectrasys2.wsx
3. イメージリジクションフィルタによるNFの改善
spectrasys3.wsx

・改訂履歴

2007,1月初版

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 EEsof 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

