

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

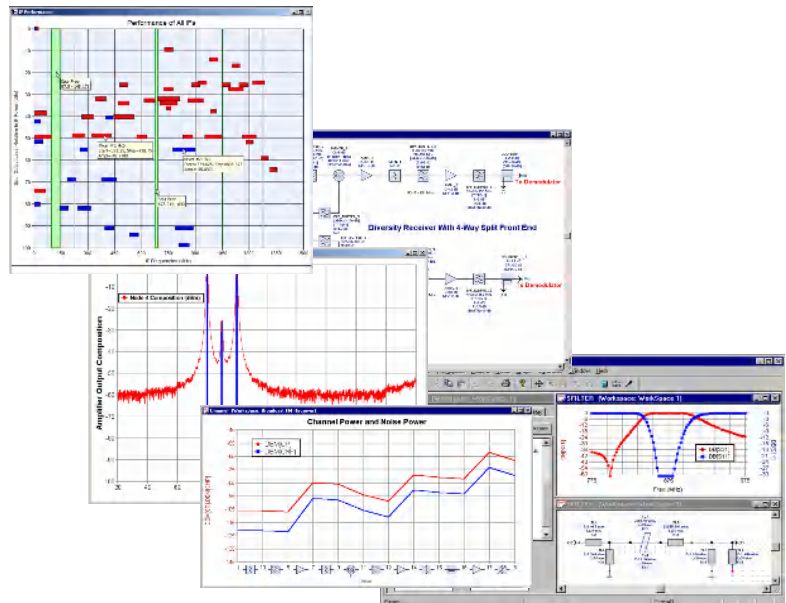
Genesys WhatIF と Spectrasys



Genesys Application Note 3

GENESYS

**A Seamless
Design Flow with
Outstanding Price and
Performance**



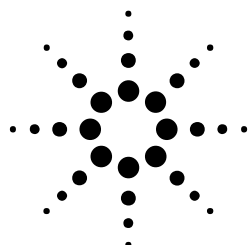
SPECTRASYS™
SPECTRAL DOMAIN SYSTEM SIMULATOR

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



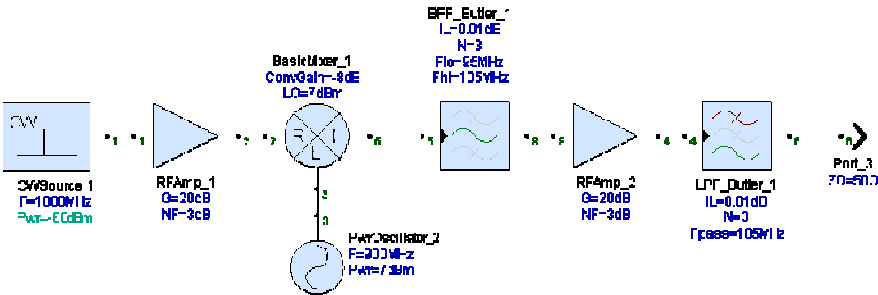
はじめに:

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

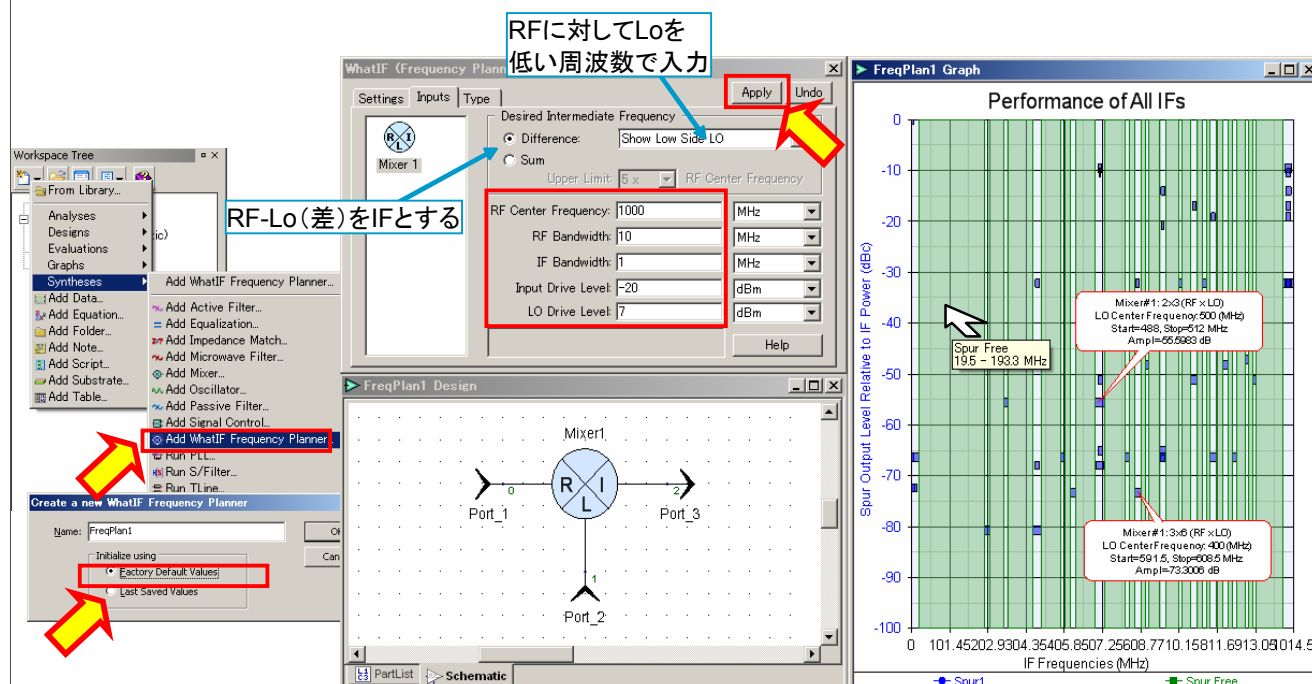


RF Operating Center Frequency	1GHz
RF Bandwidth	10 MHz
IF Frequency	100 MHz
Sensitivity	-80 dBm
Noise Figure	5
Min output power	-10 dBm
Nominal Impedance	50 ohms

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



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。

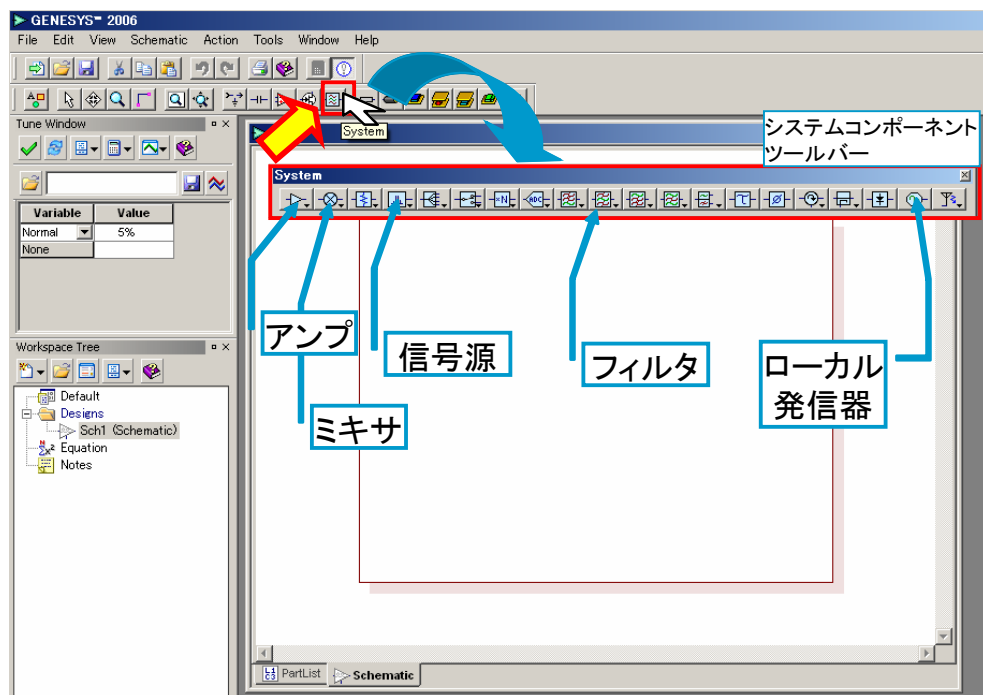
“Apply”ボタンをおして、グラフ表示させます。

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。

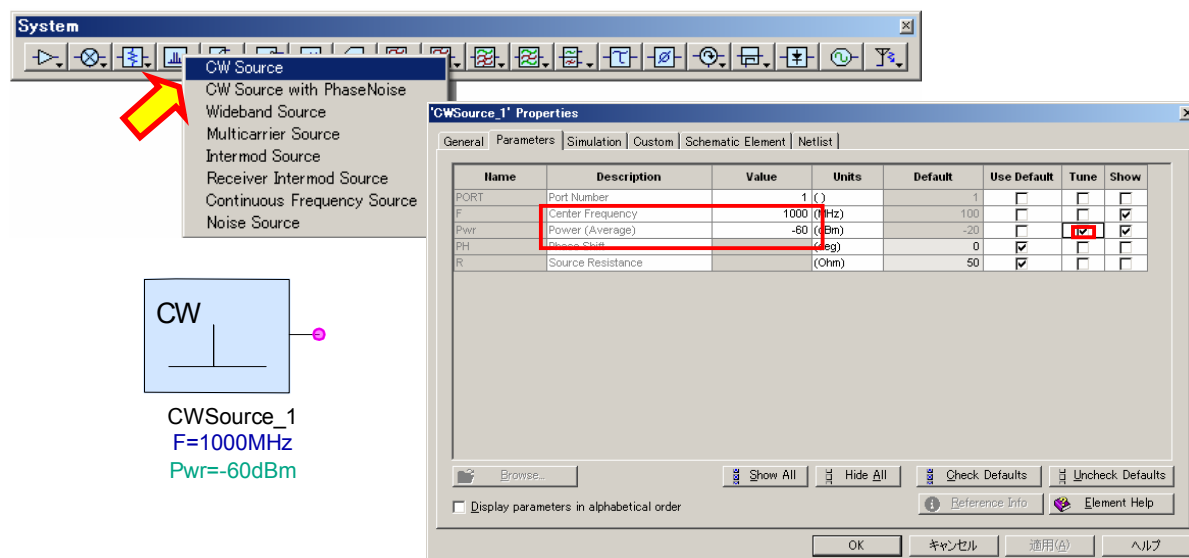
ビヘイビアブロックの入力 ツールバーの説明



ここでは、ビヘイビ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、ビヘイビ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



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

System

RF Amplifier - 2nd 3rd Order
RF Amplifier - High Order
Variable Gain Amplifier

CWSource_1
F=1000MHz
Pwr=-60dBm

RF Amp_1
G=20dB
NF=3dB

RF Amp_1 Properties

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"/>
ZIN	Input Impedance		(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZOUT	Output Impedance		(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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。

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、非線型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。



ビヘビアブロックの入力 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

BasicMixer_1 Properties

Name	Description	Value	Units	Default	Use Default	Tune	Show
ConvGain	Conversion Gain	-8	(dB)	-8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SUM	Desired Output 0-Difference, 1-S	0	()	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LO	LO Drive Level	7	dBm	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISIDE	Image Side to Reject 0-Below, 1-	0	()	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IR	Image Rejection	0	(dB)	0	<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	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IPSAT	Input Saturation Power	2	dBm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IP3	Input IP3	11	dBm	11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IP2	Input IP2	21	dBm	21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RTOI	RF to IF Isolation	100	(dB)	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LTOR	LO to RF Isolation	30	(dB)	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LTOI	LO to IF Isolation	30	(dB)	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZR	RF Port Input Impedance	50	(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZI	IF Port Input Impedance	50	(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZL	LO Port Input Impedance	50	(Ohm)	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ISIDE_IS	Output to Image Rejection Isolation	200	(dB)	200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

BasicMixer_1
ConvGain=-8dB
LO=7dBm

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。



Agilent Technologies

Rev.1.0

ビヘビアブロックの入力 バンドパスフィルタの設定

System

'BSF_Butter_1' Properties

General | Parameters | Simulation | Custom | Schematic Element | Netlist

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		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"/>
Apass	Attenuation at Passband	3.0103	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amax	Max. Attenuation in stopband	100.0	(dB)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z1	Ref Impedance Port 1	50.0	(Ohm)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z2	Ref Impedance Port 2, (Default=	50.0	(Ohm)		<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"/>

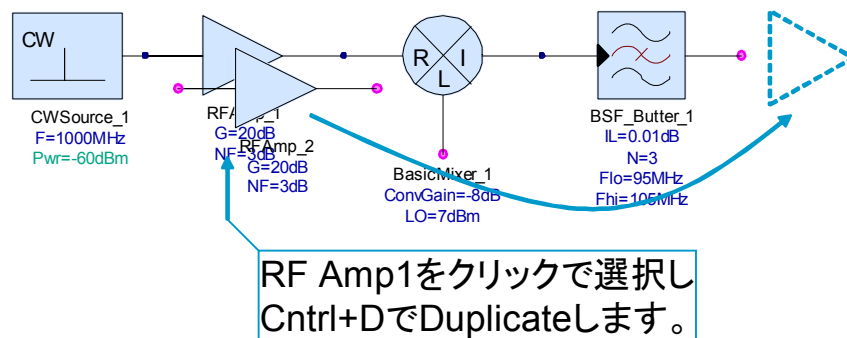
Bandpass Butterworth Filter
Bandpass Bessel Filter
Bandpass Chebyshev Filter
Bandpass Elliptic Filter
Bandpass Pole Zero Filter

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 shows the 'LPF_Butter_1' Properties dialog box with the 'Parameters' tab selected. The 'Passband Edge Frequency' is set to 105 MHz. A red box highlights this value. A red arrow points to the 'Lowpass Butterworth Filter' block in the schematic.

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	()	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	Passband Attenuation	3.0103	(dB)	3.0103	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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	50.0	(Ohm)	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z2	Ref Impedance Port 2, (Default=	50.0	(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"/>

The schematic shows a signal path starting with a CW source (CWSource_1) at 1000 MHz, followed by an RF amplifier (RFamp_1) with a gain of 20 dB and noise figure of 3 dB. The signal then passes through a mixer (R/L) and a bandpass filter (BSF_Butter_1) with an insertion loss of 0.01 dB and a center frequency of 95 MHz. Finally, it passes through another RF amplifier (RFamp_2) with a gain of 20 dB and noise figure of 3 dB, and a lowpass filter (LPF_Butter_1) with an insertion loss of 0.01 dB, order of 3, and a passband edge frequency of 105 MHz.

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		(dBm)	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PH	Carrier Phase		(deg)	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EnablePN	Enable Phase Noise (0-Off, 1-On)		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の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。

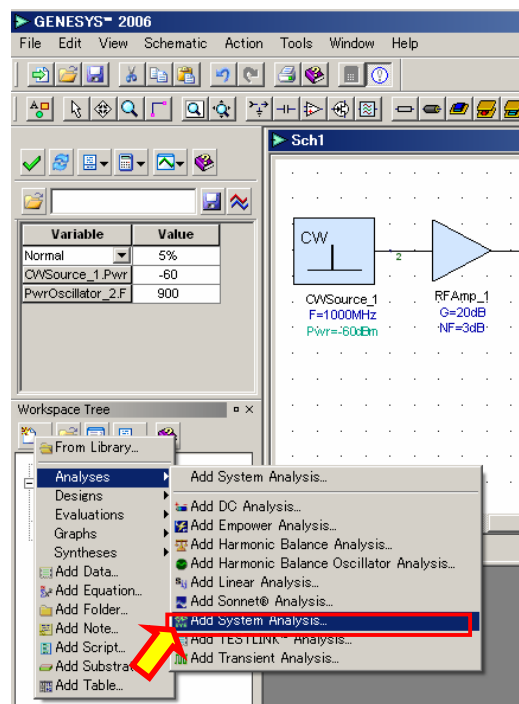
ローカル周波数はチューニングできるようにチューニング欄にチェックを入れます。後ほどのスペクトラム表示で、ローカルを振ったときのIF、相互変調歪みの出力変化を確認できるようになります。

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

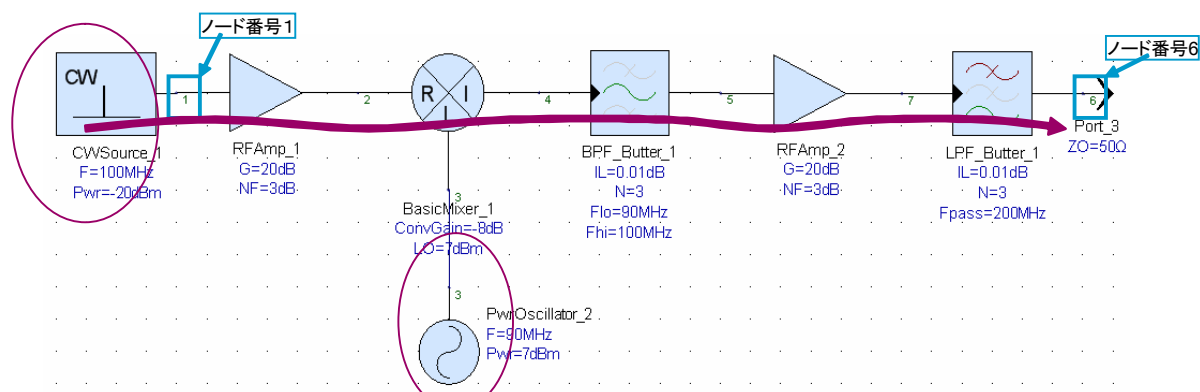


シミュレーションコントローラの追加:

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

Workspace Tree

- Receiver ADS
 - Basic Receiver
 - Graphs
 - Cascaded Gain
 - Cascaded Noise Figure
 - Output Spectrum
 - Path Data
 - System1_Data_Path1
 - Equation
 - ReadMe
 - Sch1 (Schematic)
 - System1 (Sch)
 - System1_Data
 - System1_Data_Path1_Measurements

System Simulation Parameters

General | Paths | Calculate | Composite Spectrum | Options

Design To Simulate: Sch1

Dataset: System1_Data

Nominal Impedance: 50 Ohms

Measurement Bandwidth

Channel: 10 MHz

Retain: 1

Level of Data

Calculate Now

☒ Automatic Recalculation

Schematic Source Summary:

Name	Net Name	Description	
CWSource_1	1	Source: CW - Pwr	Edit...
PowerOscillator_2	3	Oscillator: Power	Edit...

☐ Minimum number of source data points: 2

Factory Defaults

OK

キャンセル

ヘルプ

Annotations:

- 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。
- パワー表示のためのインピーダンス。通常、50Ohm系の場合はデフォルト値のまま使います。
- 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

Figure: Out of Channel vs In Channel

Figure showing Power Spectral Density (PSD) vs Frequency (MHz). The x-axis ranges from 998 to 1002 MHz. The y-axis ranges from -100 to 0 dBm. A green curve represents the 'Out of Channel' noise floor, and a red curve represents the 'In Channel' signal. The 'In Channel' signal is significantly higher than the 'Out of Channel' noise floor.

Figure: Channel Bandwidth (BW) vs Frequency (f)

Figure showing Channel Bandwidth (BW) vs Frequency (f). The x-axis ranges from 1GHz to 200MHz. The y-axis ranges from 1GHz to 200MHz. A blue curve represents the 'Channel BW' at 1GHz, and a red curve represents the 'Channel BW' at 200MHz. The 'Channel BW' at 1GHz is significantly higher than the 'Channel BW' at 200MHz.

Text:

Spectrasysでは、パワーを算出するのに、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。

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す。

システムシミュレーション・コントローラ設定画面 Paths

System Simulation Parameters

General | **Paths** | Calculate | Composite Spectrum | Options

Add All Paths From All Sources | Add Path | Delete All Paths

Name	Path (from Node, thru Node, to Node)	Channel Frequency at Start Node (MHz)	
Path1	1,6		Delete

バジェット解析を行うパスの名前

パスの設定
始点, 終点
始点, 通過点, 終点
の表記方法があります。
始点, 終点において複数のパスが存在する場合は、明示的に指定されない限り短い距離のパスが選択されます。

ここに指定された周波数を中心に Generalタブで設定されたチャネル帯域のパワーが算出されます。
何も指定しない場合は、始点のソースに指定されている周波数が、チャネル周波数として設定されます。
ただし、複数の周波数がソース周波数に設定されている場合は、一つを明示的に指定する必要があります。

Add All Paths
を選択すると、回路図上で考えられるすべての経路を選択することができます。

Factory Defaults | OK | キャンセル | ヘルプ

Pathタブ:

このタブでは、パスの設定をします。パスには、始点、終点のノード番号を記入します。また、どの周波数をチャネル帯域内にトラックするかを設定します。通常、始点に設定されている信号源の周波数を指定します。何も指定しない場合は、自動的に始点に設定される信号源の周波数が設定されます。

ノード番号は、コンポーネントを追加、削除するときに変更される場合がありますので、意図せず指定したパスも変更される場合があります。コンポーネントの追加、削除を行ったら、ノード番号の変化の有無を確認するようにして下さい。

Add All Pathボタンを押すと、信号源と出力ポートの考えられうる組み合わせすべてが選択されます。

システムシミュレーション・コントローラ設定画面 Calculate

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。

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。

System Simulation Parameters

General | Paths | **Calculate** | Composite Spectrum | Options

Harmonics and Intermod

☒ Calculate Harmonics

☒ Calculate Intermod

☒ From Sources Only

☐ Odd Orders Only

☒ Coherent Addition

☒ Fast Intermod Shape

(These settings affect the amount of data generated by Spectrasys, as well as simulation speed.)

Maximum Order: 3

Intermod Along Path

Interferer Frequency: 10 MHz

Note: This is the absolute frequency used to calculate the path frequency must be set to the frequency of

☒ Calculate Noise

System Temperature: 27 ° Thermal Noise = -173.83 dBm/Hz

Noise Points for Entire Bandwidth: 11

Add extra noise points in MHz bandwidth at each signal frequency. (Defaults to channel bandwidth)

☒ Calculate Phase Noise

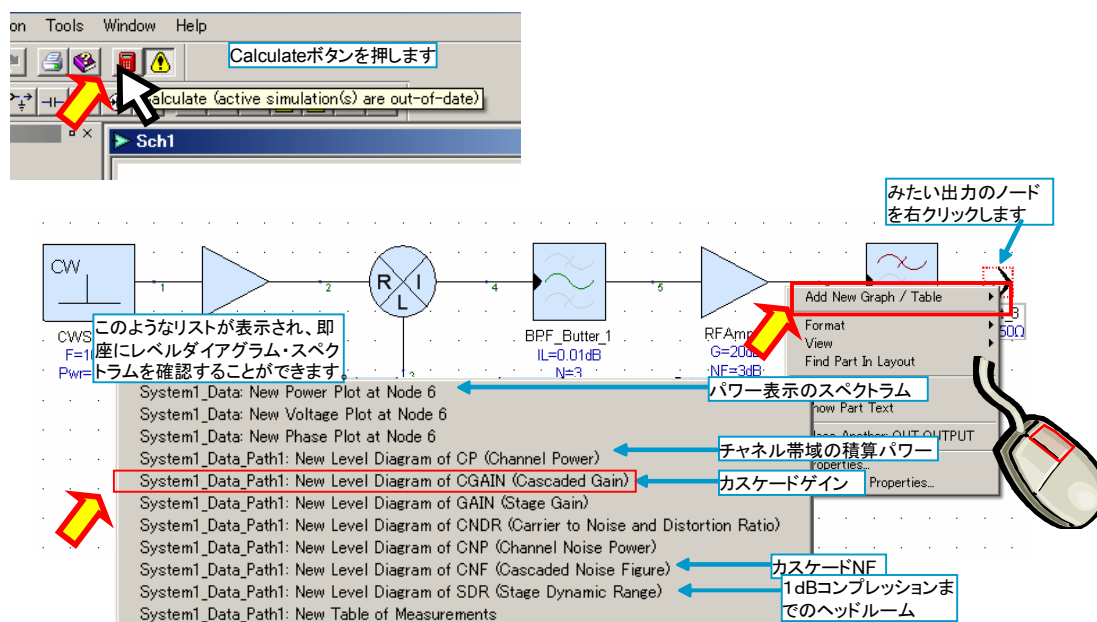
Factory Defaults

OK キャンセル 適用(Alt) ヘルプ

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 Intermod**、**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



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。

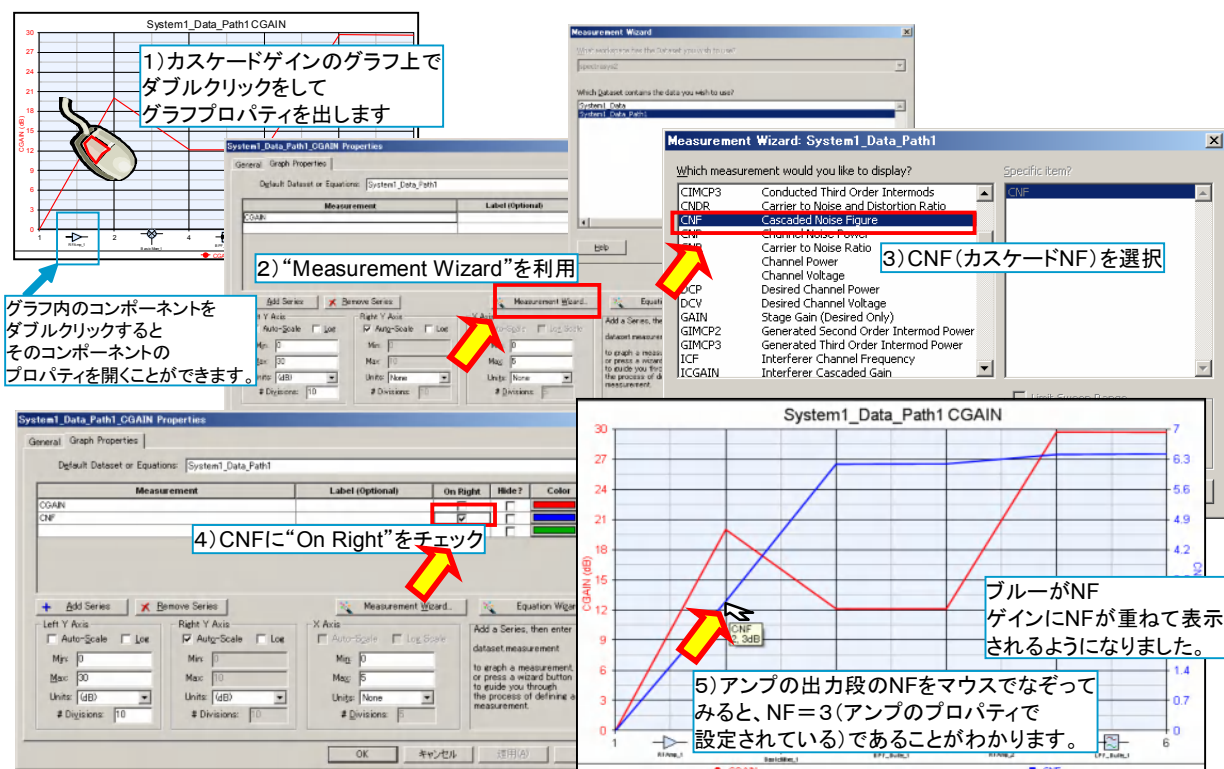
ここでは、カスケードゲインを表示させることにします。



Agilent Technologies

Rev.1.0

カスケードゲイン、NFのグラフ表示

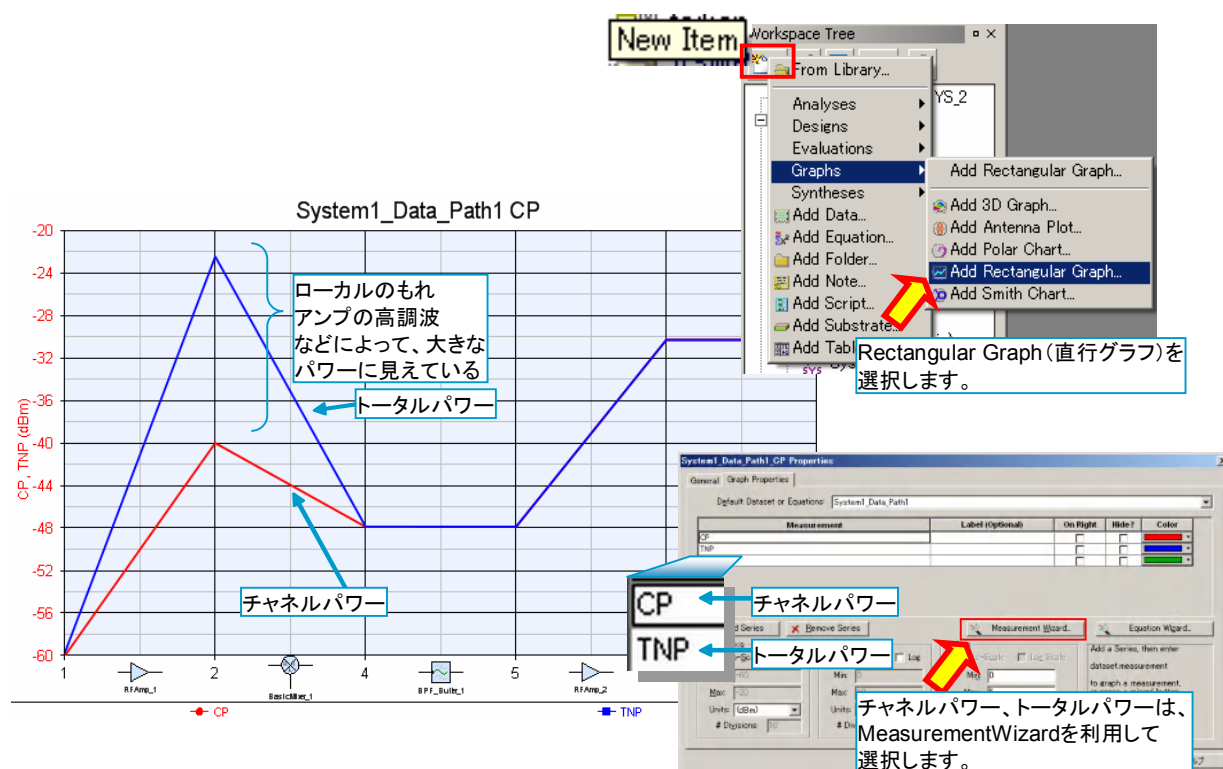


グラフの重ね書き:

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

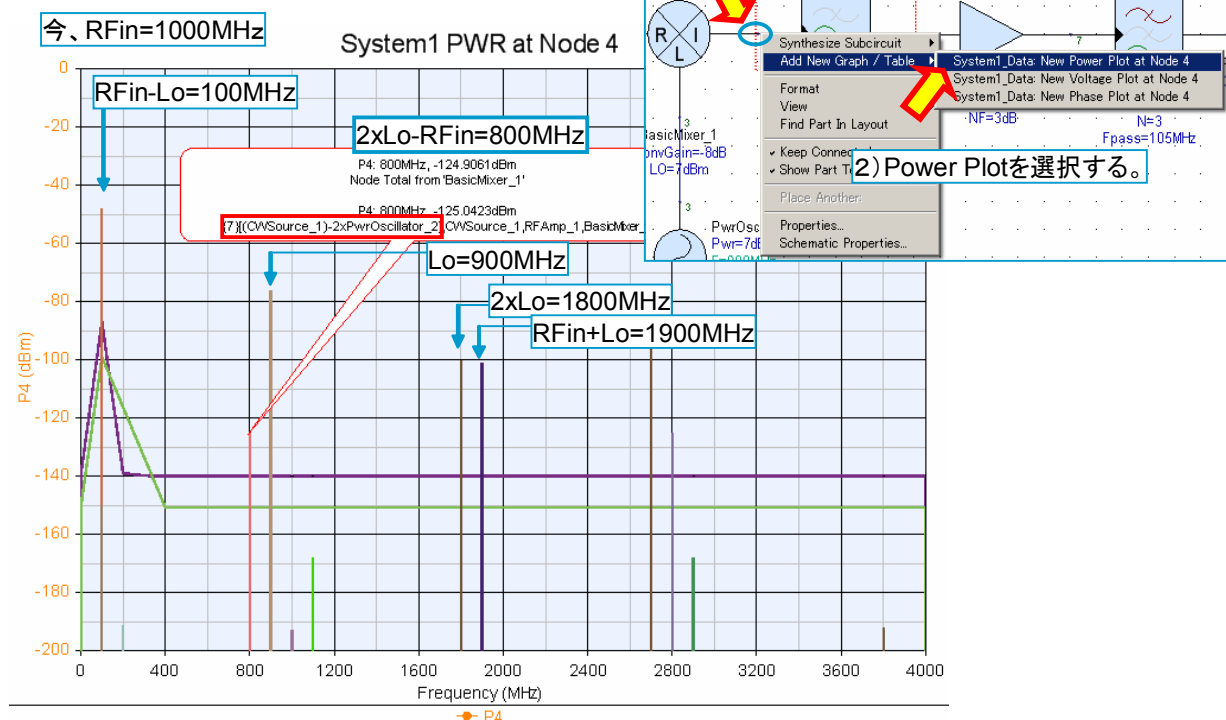


チャンネルパワーとトータルノードパワー：

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、MeasurementWizard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。

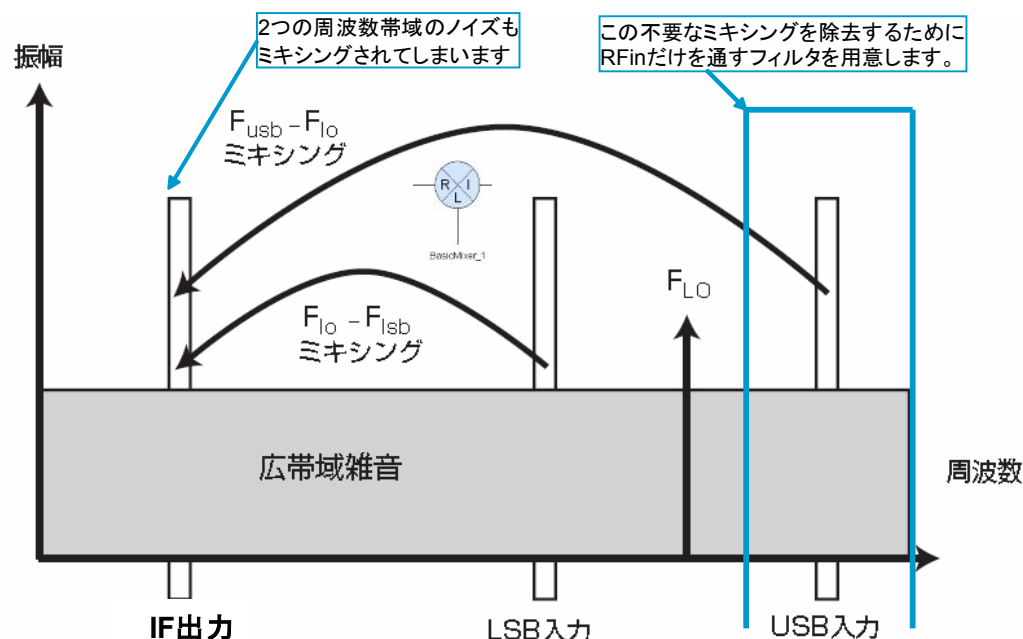
この800MHzの周波数成分は、一見RFインとローカル周波数の関係から想像が付きにくいですが、ルートコース解析機能を利用することで、視覚的に確認をおこなうことができます。

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



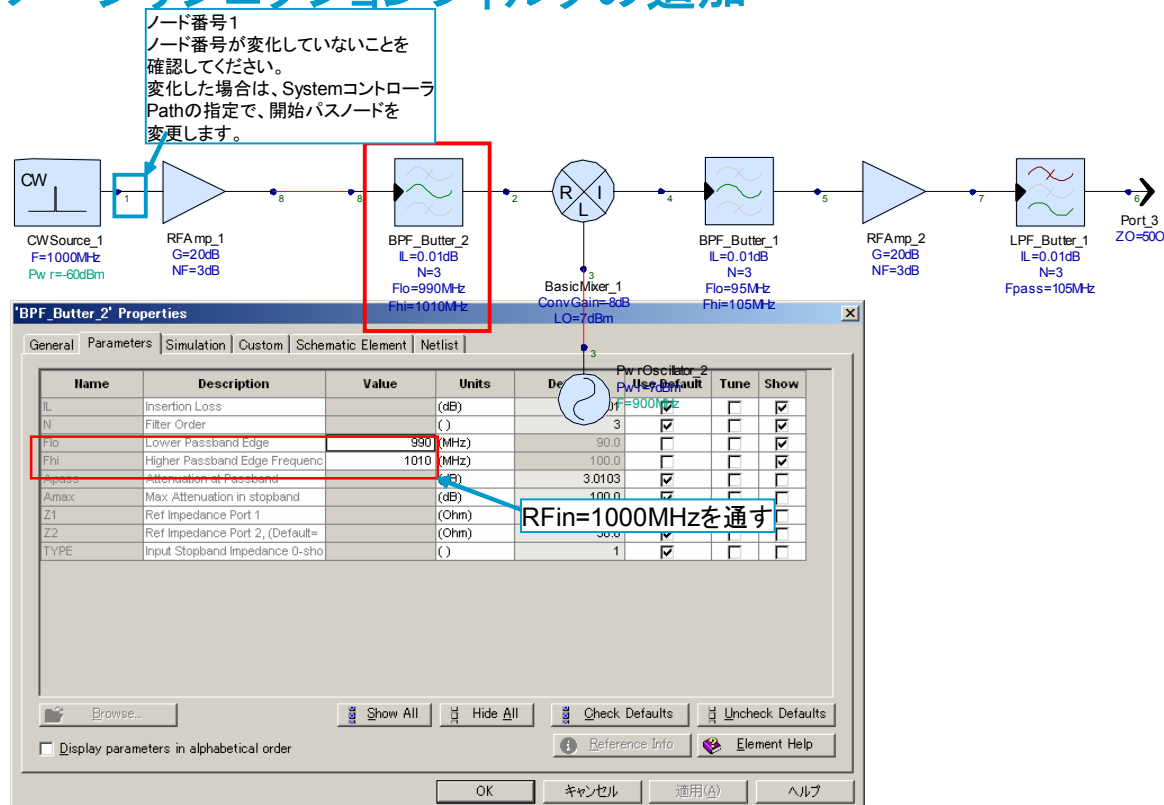
イメージリジェクションフィルタ:

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、イメージリジェ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。

イメージリジェ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、このイメージリジェ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ェ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

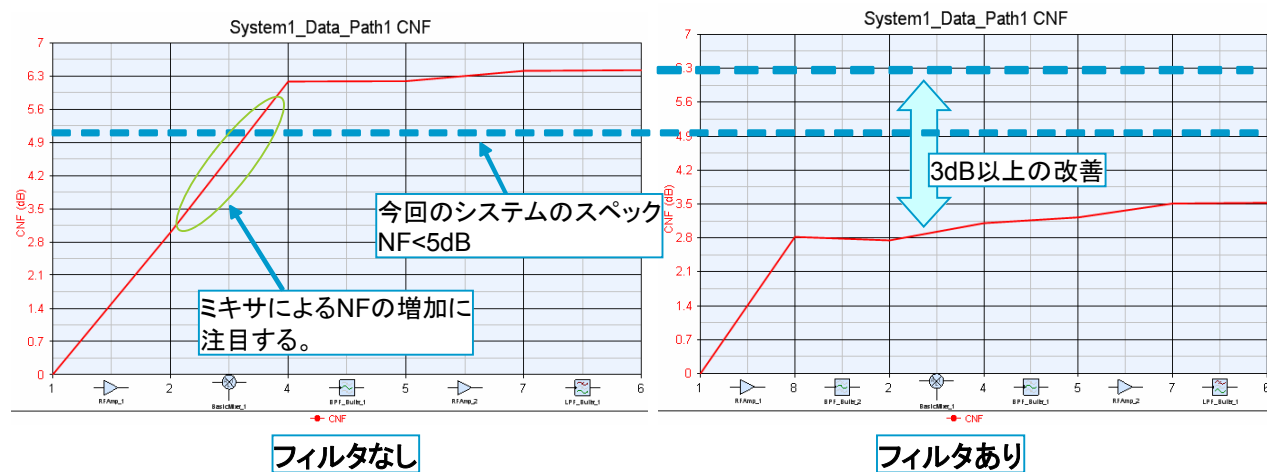


イメージリジェクションの追加:

- 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。



イメージリジェクションフィルタの効果



イメージリジェ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、イメージリジェ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。

イメージリジェ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、イメージリジェ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。イメージリジェ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

以下のように画面が変わり、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렉션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렉션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

Substrate: OK Cancel Help

基板特性を指定せず、OKを押します。

Conversion Frequency: 2000 MHz

☒ Automatically add DisCos ☐ About DisCos

☒ Use chamfered corners

☒ Microstrip (Standard)

マイクロストリップラインでレイアウトを生成することになります。

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.

Create New Substrateを選択し、新たに基板特性を設定します。

Substrate Properties

Name: Untitled 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

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。

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

Rev.1.0

- 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。

まとめ

- ビヘビアコンポーネント
入出力インピーダンス設定

ミスマッチによる影響を考慮した
伝送特性を解析できます

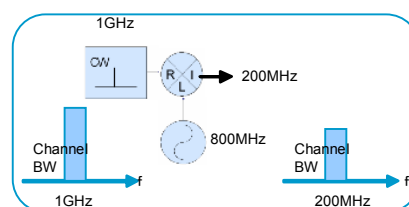
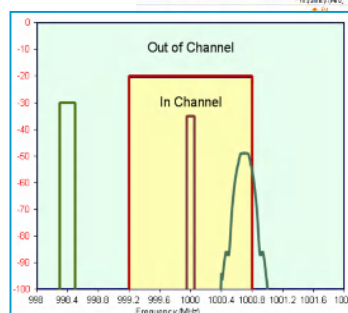
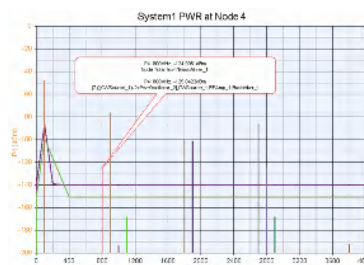
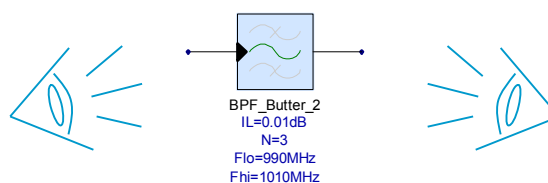
- スペクトラム表示
ルートコーズ解析機能

信号の発生箇所を追跡できます

- “チャンネル”帯域の概念

チャンネル内外のパワーを
周波数変換を考慮しながら
分けて解析できます

complex(A,B)

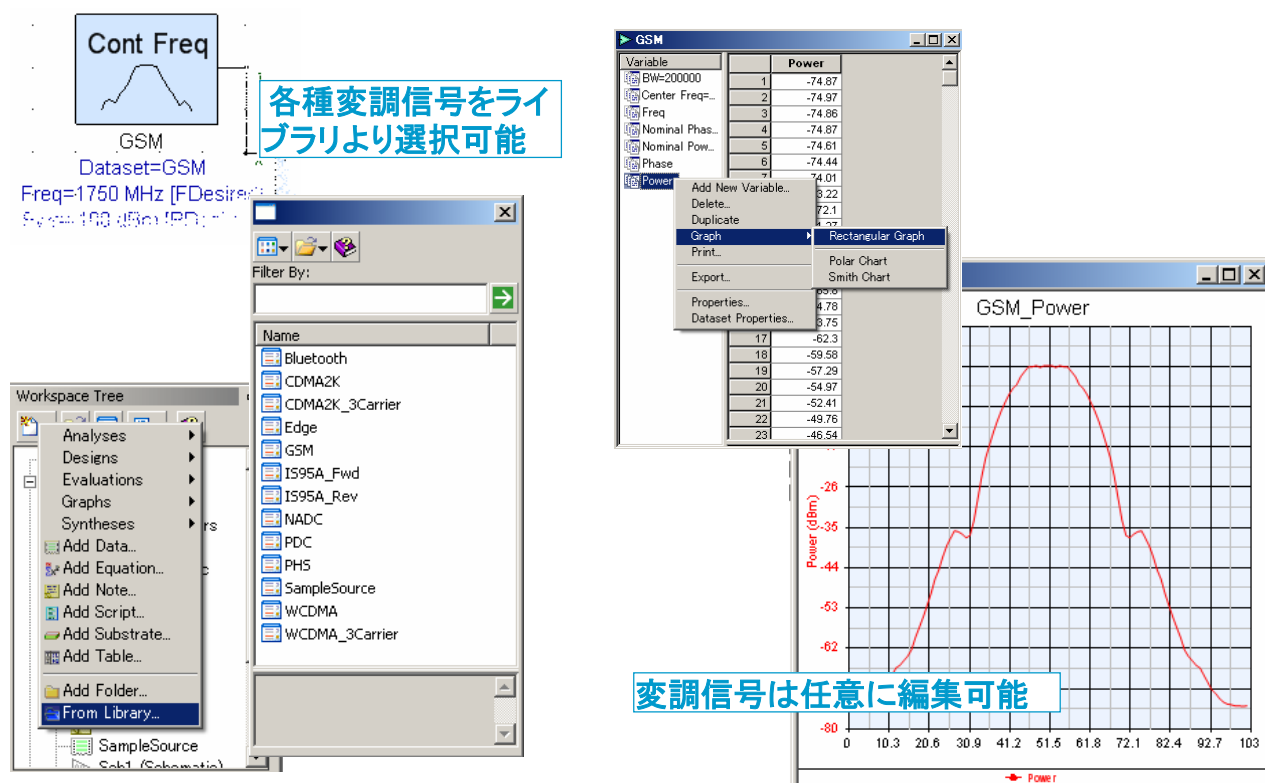


まとめ:

ここでは、表計算ソフトではカバーできない機能についてまとめてみました。

これらの機能を用い、さらに幅広い用途、多角的な解析にSpectrasysをご利用いただければ幸いです。

参考: 信号源パワー分布の設定



参考:

この図は、SPECTRASYSの信号源の設定方法を示しています。

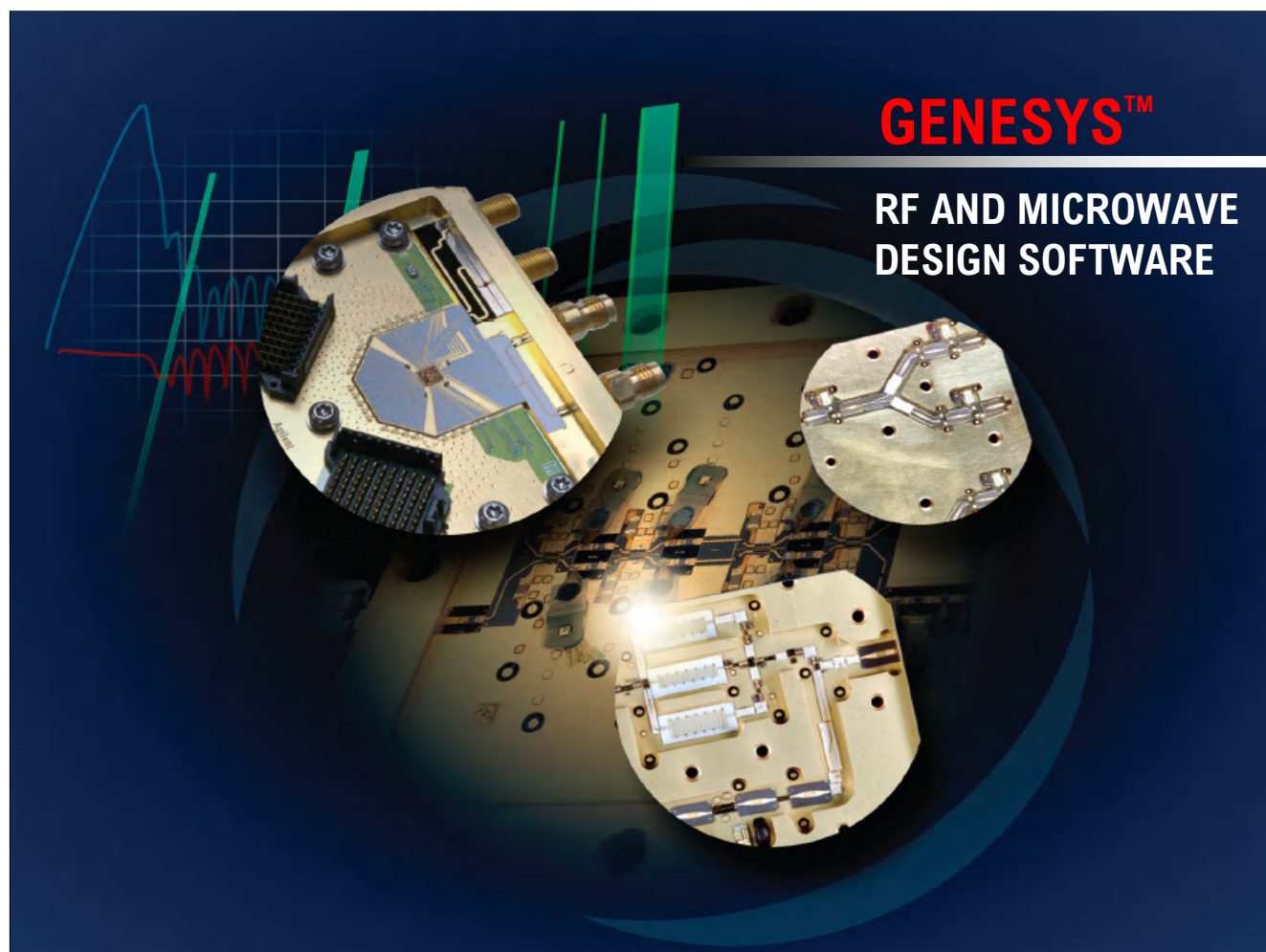
変調信号を扱う場合、主要な波形はあらかじめライブラリとして登録されていますので、簡単に呼び出すことが可能です。

また、必要に応じて任意に編集することも可能です。



Agilent Technologies

Rev.1.0



・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. イメージリジエ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

