

Agilent NFAシリーズ雑音指数アナライザによる 周波数コンバータの雑音指数測定

Application Note 1487



Agilent Technologies

はじめに

今日の複雑なRFシステム用のサブシステムやコンポーネントを設計、製造する場合、製品の雑音指数を仕様化する必要が高まっています。競争の激しい市場では、こうした雑音指数の仕様が、製品を差別化するための重要な手段となります。しかし、測定の要件は常に変化しています。雑音指数の仕様が厳しくなるにつれて、より高い測定確度が求められます。特に急成長を遂げているRF/マイクロ波通信市場では、周波数がどんどん高くなっています。メーカー間の競争が熾烈であるため、より高速かつ効率的な測定器やプロセスが設計／製造テストで求められています。

Agilent NFAシリーズ雑音指数アナライザ(NFA)は、様々な測定モードを備えています。このアプリケーション・ノートでは、Agilent NFAの増幅器モード(測定周波数がNFAの動作範囲外)、ダウンコンバータ・モード、アップコンバータ・モードを使用した測定について、例を示して詳細に説明します。

1.0 NFAについて

Agilent NFAシリーズ雑音指数アナライザ(NFA)は、2000/2001年に8970雑音指数計および8971雑音指数テスト・セットの後継機種として発売されました。NFAシリーズは、最高26.5GHzのデバイスの特性評価が可能な単体の測定器ソリューションです。

Agilent NFAシリーズ・ファミリには、次のモデルがあります。

- N8972A (10MHz～1.5GHz)
- N8973A (10MHz～3.0GHz)
- N8974A (10MHz～6.7GHz)
- N8975A (10MHz～26.5GHz)

NFAシリーズの詳細については、以下のサイトをご覧ください。

www.agilent.co.jp/find/nf

1.1 測定対象のデバイス

NFAは、様々な測定モードを備え、測定するデバイスのタイプに応じて最適な測定モードを利用できます。

増幅器モード：被試験デバイス(DUT)が周波数変換をまったく行わない場合に用いられます。このモードで測定されるデバイスの例としては、増幅器、フィルタ、アッテネータがあります。

この測定モードでは次の2つを選択できます。

- DUTの測定周波数がNFAの動作周波数レンジ内の場合、測定を実行するのに外部機器は不要です。
- 測定周波数がNFAの動作周波数レンジ外の場合、測定周波数をNFAの周波数レンジ内にするには、ミキサや局部発振器などの外部機器が必要になります。

ダウンコンバータ・モード：DUTが周波数をダウンコンバートする場合に用いられます。このモードで測定されるデバイスの例としては、ミキサやレシーバがあります。

アップコンバータ・モード：DUT(トランスミッタなど)が周波数をアップコンバートする場合に用いられます。DUTとしては、単一コンポーネントまたは複合回路があります。

注記：

これはNFAの基本動作モードです。

2.0 測定始める前に

測定の前に必要な機器を検討します。被試験デバイスにテスト信号を印加するには、ノイズ・ソースが必要です。また、周波数コンバータの測定、すなわち、NFAの周波数レンジ外での測定には、局部発振器が必要です。フィルタが必要な場合もあれば、プリアンプが必要になる場合もあります。さらに、これらの機器の選択基準も考慮する必要があります。

2.1 適切なノイズ・ソースの選択

ノイズ・ソースを選択する際には、測定周波数レンジをカバーしていること、ENR (過剰雑音比) レンジが測定する雑音指数に適していることを確認します。Agilentでは、同軸または導波管コネクタを備えた、10MHz~50GHzの周波数をカバーするノイズ・ソースを用意しています。現在提供しているAgilentノイズ・ソースを表1に示します。

表1. Agilentノイズ・ソース

モデル番号	コネクタ・タイプ	周波数レンジ	ENRレンジ (dB)
346A	同軸	10MHz~18GHz	4.5~6.5
346B	同軸	10MHz~18GHz	14~16
346C	同軸	10MHz~26.5GHz	12~17
346C (K01)	同軸	1GHz~50GHz	6~21
R347B	導波管	26.5GHz~40GHz	10~13
Q347B	導波管	33GHz~50GHz	6~13
N4000A	同軸	10MHz~18GHz	4.5~6.5
N4001A	同軸	10MHz~18GHz	14~16
N4002A	同軸	10MHz~26.5GHz	12~17

アダプタを使用するのではなく、DUTに適合したコネクタを備えたノイズ・ソースを常に使用してください。アダプタを使用する場合は、アダプタ損失を考慮するために、NFAの損失補正機能を使って補正する必要があります。

Agilent 346B、346C、N4001A、N4002Aは、汎用アプリケーション用で、最大30dBの雑音指数測定に使用できます。346B/CのENRを最大21dB (公称値) にするスペシャル・オプション (オプションH01) が用意されています。このオプションを搭載すれば、最大35dBの雑音指数測定が可能です。

346AおよびN4000Aは、最大20dBの雑音指数測定に使用できます。低雑音指数デバイスの測定には、低ENRレンジのノイズ・ソースを用いることをお勧めします。低ENRのノイズ・ソースを使用すると、ディテクタの直線性誤差を最小限に抑えられます。346AおよびN4000Aは、ノイズ・ソースの切り替え時に生じるごくわずかなインピーダンスの変化に起因したポート整合の影響を受けやすいデバイスの測定にもお勧めします。

2.2 局部発振器 (LO) の選択

周波数コンバータの測定やNFAの標準周波数レンジ外での測定には、LOが必要です。LOを選択する際には、以下を考慮してください。

- DUTの周波数レンジに対応する周波数レンジ、IFレンジ、側波帯の選択
- ミキサをドライブするのに十分なパワー (+7dBm、代表値)
- 雑音特性
- GPIB接続
- SCPIへの適合 (推奨)

ほとんどの場合、Agilentや他社の高性能信号発生器やシンセサイザをLOとして、NFAと併用することができます。

2.2.1 LOの雑音特性

信号発生器/シンセサイザの位相雑音、スペクトル純度、ノイズ・フロアが雑音指数測定の結果に影響を与えるため、LOの性能は重要な要素となります。信号発生器またはシンセサイザを使用して、正確な雑音指数測定を行うには、フィルタが必要になる場合もあります。なお特定のLOの適合性を判断するには、現状実際に試すしかありません。

2.2.1 LOのGPIB制御

NFAは、リア・パネルのLO専用GPIBポートで、LOを制御することができます。NFAは、SCPIコマンドを使って、周波数やパワー・レベルなどのLOパラメータを設定します。LO GPIBのコマンド・リストは、‘System’、‘External LO’、‘LO Commands’ にあります。デフォルト・コマンドのリストについては、表2を参照してください。

表2. デフォルト・コマンド

コマンド	SCPI
パワー・プレフィックス	POW
パワー・サフィックス	DBM
周波数プレフィックス	FREQ
周波数サフィックス	HZ
補助コマンド	OUTP:STAT:ON

例えば、NFAはGPIB経由で ‘FREQ 10000000HZ’ を送信してLOを10MHzに設定したり、‘POW 7DBM’ を送信してLOパワー・レベルを設定できます。

補助コマンドは、NFAが使用するのに最適な状態にLOを設定するのに用いることができます。上の表に示されているデフォルト・コマンド ‘OUTP:STAT:ON’ は、LO RF出力を ‘ON’ に設定します。多くのAgilent信号発生器/シンセサイザのデフォルトは、RF出力を ‘OFF’ に設定した状態です。

LOのデフォルト状態は、NFAとの併用時の適切な動作に不可欠です。すなわち、LOのデフォルト状態が ‘SWEEP’ の場合は、適切なLOコマンドを使ってLOを ‘CW’ に設定するように補助コマンドを使用する必要があります。同様に、LOの変調がデフォルトで ‘ON’ に設定されている場合は、変調を ‘OFF’ に設定するように補助コマンドを使用する必要があります。各コマンドは、変更することも、最大255文字まで含めることも可能です。コマンドを変更した場合は必ず、外部LOコマンド・セットを ‘SCPI’ から ‘Custom’ に変更してください。

2.2.3 LO機能の設定

NFAは様々なLO機能を制御することができます。例えば、LOとの通信に使用するLOセトリング時間を変更することができます。NFAは、何らかのリモート・コマンドを送信した後にセトリング時間を待ってから、処理を続行します。最低周波数と最高周波数で、外部LOの性能が分かります。NFAはこれらの値を、外部LOに送信する周波数のリミット値として使用します。

外部LOを使用する測定の場合、NFAはLO GPIB経由でLOを制御します。ただし、固定の外部LOを使用している場合は、外部LOの制御をオフした方が便利な場合があります。LOがGPIB経由で制御できない場合、すなわちLOがDUT（例えば、レシーバ）に組み込まれている場合がそれに相当します。LOを制御できない場合は、LO周波数をNFAに入力して、適切なENR周波数が使用されるようにする必要があります。

2.2.4 LOの通倍機能

多くの信号発生器やシンセサイザは、出力周波数を上げるために通倍機能を利用できます。さらに、信号発生器やシンセサイザからの出力を増加させるための外部デバイスも利用できます。NFAは、これらのデバイス（外部または信号発生器／シンセサイザ）とともに動作するように設定できます。LOの通倍機能は、‘System’、‘External LO’ 下にあります。

次の例では、LO周波数が24~27GHzの範囲で掃引され、LOの最大通倍数は4倍です。NFAは、GPIB経由でLOを制御します。LOを24~27GHzの範囲で掃引するようにLOの通倍数を3xに設定します。LOの通倍機能は、NFAの通倍数と同じ値の3倍に、手動で設定してください。NFAはこの通倍数を考慮して、LOを8~9GHzの範囲で掃引します。

LOの通倍数を使用する場合は、LOの最小／最大周波数（‘System’、‘External LO’）は、DUTへの通倍周波数入力を表します。例えば、通倍数4、10MHz~20GHzの範囲で動作可能な外部LOを用いた場合は、上限値と下限値を40MHzと80GHzに設定します。

2.2.5 周波数変換DUTのLOフィードスルー

注記：

できれば、LO周波数をNFAの動作周波数レンジ外にして、DUTからのLOパワー・リーケージの影響を最小限に抑えてください。

周波数コンバータの測定を行っている場合は、NFAのユーザ校正にはLOは含まれていません。NFAの入力アッテネータは、ユーザ校正中に測定されたパワーに応じて設定されます。LOパワーは、通常、DUTの動作範囲の最大入力信号より大きくなります。DUT出力からのLOパワー・リーケージは、測定中の信号レベルに比べて高くなります。LOがNFAの測定レンジ内である場合は、LOリーケージがあると、入力アッテネータがレンジを変更してしまい、測定結果が不正確になる可能性があります。場合によっては、NFAへの入力でフィルタを使用して、LOフィードスルーを防ぐ必要があります。

2.3 フィルタの必要性

雑音指数測定を実行する場合は、フィルタが必要な場合があります。実際のフィルタの必要性は、実行する測定の種類や使用する外部機器の性能によって異なります。図1に例を示します。

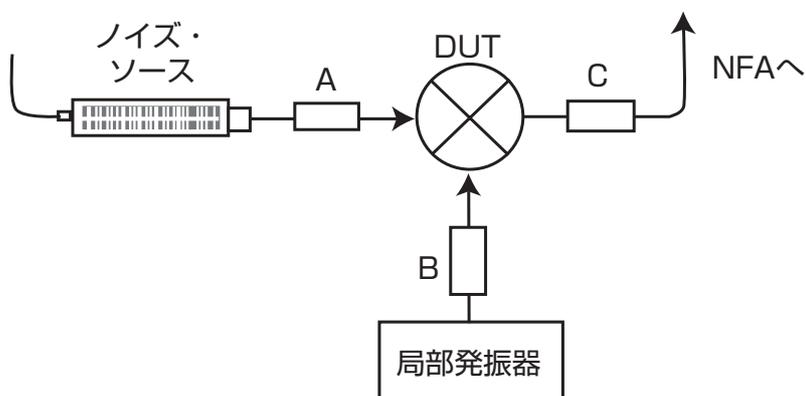


図1. フィルタが必要な場所

位置A：単側波帯測定を行う場合は、ここにフィルタが必要です。NFA内蔵のフィルタ機能とこのフィルタにより不要な側波帯を除去できます。

位置B：LOの雑音特性が悪い場合は、ここにフィルタが必要です。これにより、LOからの不要信号が測定結果に影響を及ぼさないようにできます。

位置C：DUTからのリークによる（LOまたはDUT入力からの）不要信号を除去するには、ここにフィルタが必要です。

2.4 プリアンプの必要性

DUTの利得がほとんどまたはまったくない場合、または測定システムの雑音指数が高い場合は、測定の不確かさを減らすために、低雑音プリアンプが必要な場合があります。プリアンプは、DUTの雑音指数を打ち消すだけの十分な利得を備えていなければなりません。プリアンプによってNFAのダイナミックレンジが制限されるので、プリアンプの利得を制限する必要があります。

ノイズ・ソースに適合した適切なコネクタを備えたプリアンプを選択し、第2ステージの雑音指数を測定する校正セットアップの一部としてプリアンプを組み込んでください。

3.0 測定周波数の プランニング

雑音指数／利得測定では、通常、周波数が掃引されます。測定は、RF (DUTへの入力)、IF (DUTからの出力)、LOという用語で定義します。

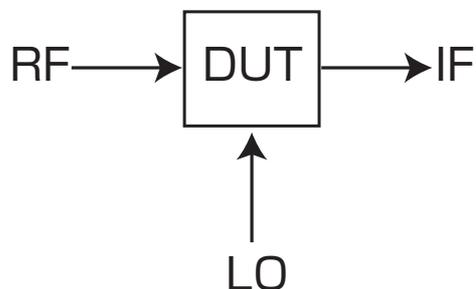


図2. 周波数ポートで用いられる用語

DUTが周波数変換を行う場合、つまりNFAの動作周波数より上の動作周波数を持つ場合は、周波数をNFAのレンジ内のIFまで下げるために、ダウンコンバータが必要です。測定する周波数レンジは、入念にプランニングする必要があります。

3.1 固定LOと固定IF

NFAには、LOまたはIFを一定の値に設定する測定オプションがあります。

3.1.1 可変LOと固定IF

可変LOと固定IFを使用して、DUTのRF応答を調べます。入力周波数と同期して掃引するようにLOを設定することができます。NFAは固定IF周波数に設定します。IF周波数とレンジが設定されると、NFAはLO掃引の周波数を計算します。

3.1.2 可変IFと固定LO

可変IFと固定LOを使用して、DUTのIF応答を調べます。LOを一定の値にすることができます。NFAの入力周波数は、入力周波数と同期して掃引するように設定することができます。LO周波数とRF入力周波数レンジが設定されると、NFAはIF (測定器) 掃引の周波数を計算します。

3.2 側波帯の選択

ミキサからの出力は、RF周波数とLO周波数の和と差になります。任意の出力周波数とLO周波数に対して、出力周波数に変換される2種類の入力周波数が存在します。雑音指数測定に用いられるノイズ・ソースは広帯域なので、NFAが同調するIF出力バンドに変換される上側と下側の両方の入力周波数バンドに、ノイズが生じます。

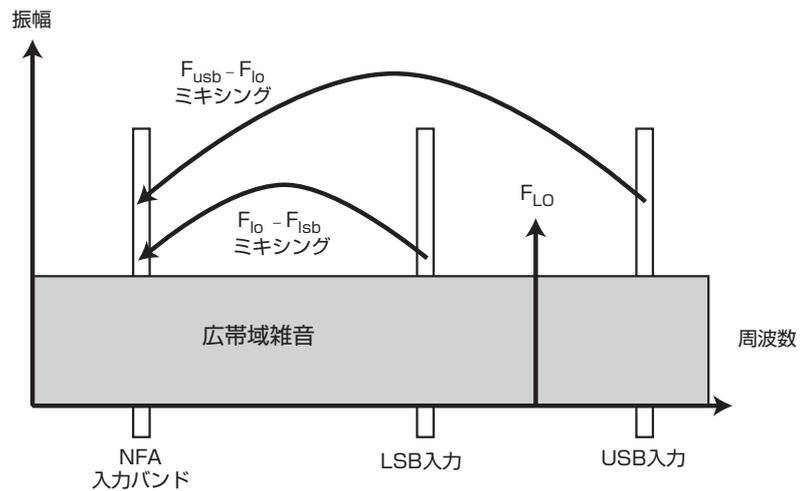


図3. 側波帯の選択

NFAには、結合された2つの入力周波数バンド(ノイズ・ソースによって生成された)からのノイズが追加されます。2つの変調成分がこのような結合される測定は、両側波帯(DSB)と呼ばれます。入力周波数バンドの1つを除去すると、単側波帯(SSB)測定になります。NFAは、SSBとDSBの両方の測定を行うことができますが、特定の測定に最適なタイプを選択する際に注意が必要です。

3.2.1 両側波帯 (DSB) 測定

イメージ除去フィルタのデザインや特性評価をする必要がないので、DSB測定は、単側波帯 (SSB) 測定より簡単であると考えられています。DSB測定の測定結果は、 $LO+IF$ と $LO-IF$ で測定された雑音指数の平均値になります。上側波帯と下側波帯のノイズ・パワーに違いがある場合は、DSB測定ではそれを検出することができないので、誤差が生じます。最良の結果を得るためには、IFを正確に選択してください。

DSB測定は以下の場合にお勧めします。

- アプリケーションがDSBである
- DUTが広帯域である
- SSBシステムのデザインが困難または高価
- 使用可能なSSBフィルタがない

3.2.2 単側波帯 (SSB) 測定

SSB測定は、DSB測定よりも確度が高いと考えられていますが、セットアップが困難です。SSB測定を行うには、不要な側波帯を除去するためのフィルタが必要です。

フィルタを使用する場合は、それに起因する損失が既知であり、NFAの損失補正機能を使って補正する必要があります。

SSB測定は以下の場合にお勧めします。

- アプリケーションがSSBである
- DUTが狭帯域である
- SSBフィルタを利用できる

SSB測定の結果をDSB測定に基づいて解釈する場合は、注意が必要です。理想条件では、DSBの利得はSSBの場合より3dB高く、DSBの雑音指数はSSBの場合より3dB低くなります。

4.0 許容周波数の調整

NFAは、各測定モードごとに周波数調整を行う支配方程式を持っています。このセクションでは、RF、IF、LOの調整、側波帯の選択、各モードごとの制限について詳細に説明します。

NFAによる測定は、ユーザが選択した周波数に依存します。

4.1 増幅器モード

DUTがNFAのレンジ外の動作周波数を備えている場合は、周波数を制御可能なIFまで下げるために、周波数をダウンコンバートする必要があります。周波数のダウンコンバートは、ダウンコンバータ(例えば、Agilent N8975AオプションK40またはK50)かミキサを使用することによって行うことができます。

利得の高いデバイスを測定するには、アッテネータを使ってNFAの入力を保護し、NFAの損失補正機能を使って、損失を補正します。

4.1.1 可変LOと固定IF

NFAに対する入力周波数をRF(DUTへの入力)周波数として指定します。RF周波数はENRの周波数でもあります。LOはNFAのリア・パネルのLO GPIBポートに接続してください。ユーザ校正はRF周波数で行われ、ミキサのRF出力ポートに直接接続されているノイズ・ソースによって実行されます。次に、DUTを図4のように挿入し、測定を実行します。SSB測定には、追加のフィルタが必要になる場合があります。この測定は、8970Bのモード1.1と等価です。

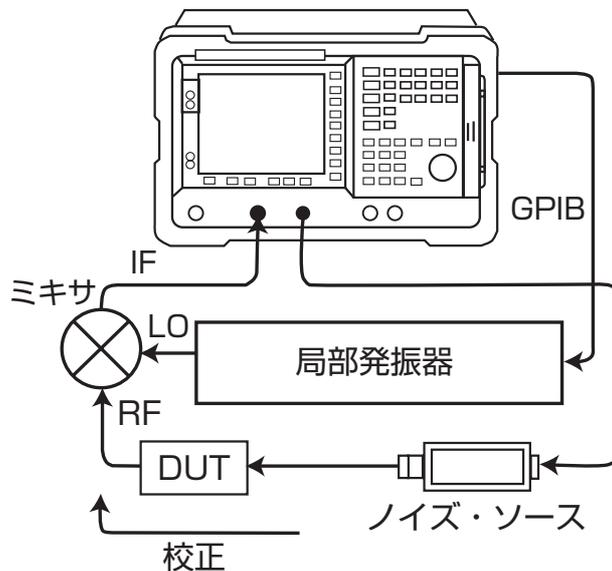


図4. システム・ダウンコンバータとして用いられているミキサ

4.1.1.1 下側波帯 (LSB) の測定

支配方程式：

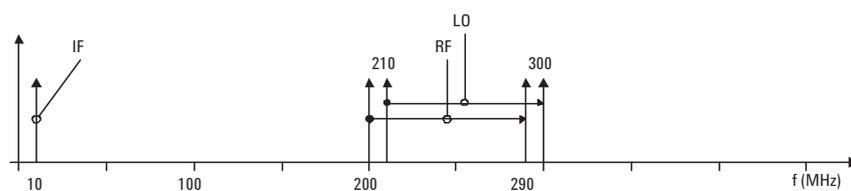
$$LO = RF + IF$$

セットアップ：

$$f_{\text{START}} = 200\text{MHz}$$

$$f_{\text{STOP}} = 290\text{MHz}$$

$$f_{\text{FIF}} = 10\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを210～300MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数を下回っているため、下側波帯が選択されます(上側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{\text{START}} = f_{\text{LO (MIN)}} - f_{\text{FIF}}$$

$$f_{\text{STOP}} = f_{\text{LO (MAX)}} - f_{\text{FIF}}$$

- $f_{\text{RF (START)}} > f_{\text{FIF}}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー；スタート周波数は固定IF周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を下げるか、 $f_{\text{RF (START)}}$ を上げます。

4.1.1.2 上側波帯(USB)測定

支配方程式：

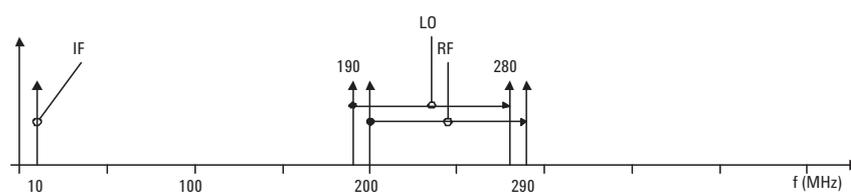
$$LO = RF - IF$$

セットアップ：

$$f_{\text{START}} = 200\text{MHz}$$

$$f_{\text{STOP}} = 290\text{MHz}$$

$$f_{\text{FIF}} = 10\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを190~280MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数を上回っているため、上側波帯が選択されます(下側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{\text{START}} = f_{\text{LO (MIN)}} + f_{\text{FIF}}$$

$$f_{\text{STOP}} = f_{\text{LO (MAX)}} + f_{\text{FIF}}$$

- $f_{\text{LO (START)}} > f_{\text{FIF}}$

この制限を超えると、エラー305(「モード・セットアップ・エラー：スタートLO周波数は固定IF周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を下げるか、 $f_{\text{RF (START)}}$ を上げます。

4.1.1.3 DSB測定

支配方程式：

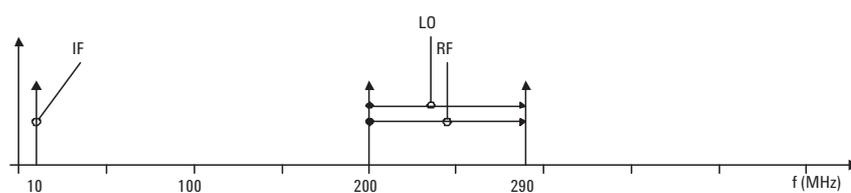
$$LO = RF$$

セットアップ：

$$f_{START} = 200\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 290\text{MHz}$$

$$f_{FIF} = 10\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを200～290MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数と同じであるので、上側波帯と下側波帯の両方が選択されます（両方の側波帯にフィルタなし）。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{LO(MIN)}$$

$$f_{STOP} = f_{LO(MAX)}$$

- $f_{RF(START)} > f_{FIF}$

この制限を超えると、エラー305（「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数は固定IF周波数より大きくなければなりません」）が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を下げるか、 $f_{RF(START)}$ を上げます。

4.1.2 可変IFと固定LO

LOとNFAの間のGPIB接続はオプションです。NFAが必要に応じてLOを制御することも、LOを手動で制御することも可能です。図5には、SSBフィルタが示されています。これは、不要な側波帯を除去するために用いられています。

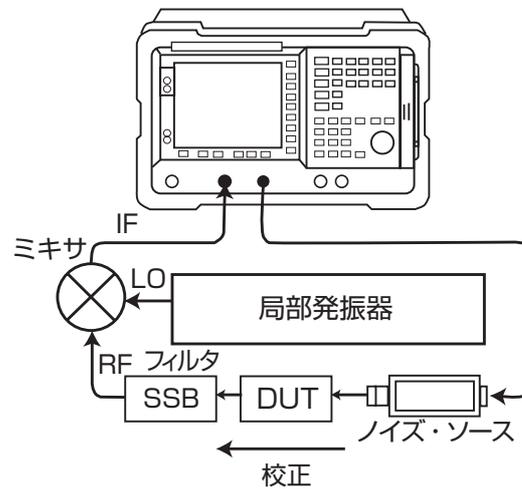


図5. システム・ダウンコンバータとして用いられているミキサ(固定LO、GPIB制御なし)

NFAに対する入力周波数をRF (DUTへの入力) 周波数として指定します。RF周波数はENRの周波数でもあります。ユーザ校正はRF周波数で行われ、ミキサのRF入力ポートに直接接続されているノイズ・ソースによって実行されます。フィルタも含まれています。この測定は、8970Bのモード1.2と等価です。

IF掃引を使って増幅器モードを使用する場合、NFAでDSB測定を行うことはできません。

4.1.2.1 LSB測定

支配方程式：

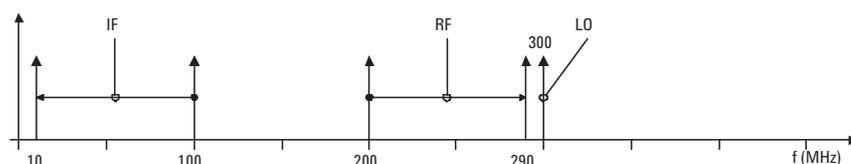
$$IF = LO - RF$$

セットアップ：

$$f_{START} = 200\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 290\text{MHz}$$

$$f_{FLO} = 300\text{MHz}$$



NFAは、IF (NFAの同調周波数) を100~10MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数を下回っているため、下側波帯が選択されます(上側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{SIM (MIN)}$$
$$f_{STOP} = f_{LO (MAX)} - f_{SIF (MIN)}$$

- $f_{RF (STOP)} < f_{FLO}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数は固定LO周波数より小さくありません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{RF (STOP)}$ を下げます。

- $f_{RF (START)} > f_{IF (START)}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数はスタートIF周波数より大きくありません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を下げるか、 $f_{RF (START)}$ を上げます。

- $f_{FLO} - f_{RF (STOP)} > f_{SIF (MIN)}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：LOストップ周波数は最小システム入力周波数以上でなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{RF (STOP)}$ を下げます。

4.1.2.2 USB測定

支配方程式：

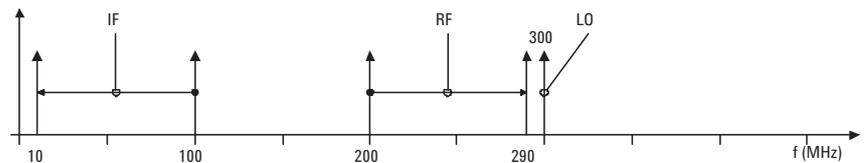
$$IF = RF - LO$$

セットアップ：

$$f_{START} = 310\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 400\text{MHz}$$

$$f_{FLO} = 300\text{MHz}$$



NFAは、IF (NFAの同調周波数) を10~100MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数を上回っているため、下側波帯が選択されます(下側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{RF(MIN)} = f_{LO(MIN)} + f_{SIF(MIN)}$$

$$f_{RF(MAX)} = f_{LO(MAX)}$$

- $f_{RF(START)} > f_{FLO}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数は固定LO周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を下げるか、 $f_{RF(START)}$ を上げます。

- $f_{IF(STOP)} < f_{FLO}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップIF周波数は固定LO周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{RF(STOP)}$ を下げます。

- $f_{RF(START)} - f_{FLO} > f_{SIF(MIN)}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート-LO周波数は最小システム入力周波数以上でなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を下げるか、 $f_{RF(START)}$ を上げます。

4.2 ダウンコンバータ・モード

DUTが周波数変換を行うので、ダウンコンバータは不要です。DUTの測定周波数を、NFAの通常の動作範囲内にすることが可能です。テスト・セットアップを図6に示します。

4.2.1 可変LOと固定IF

LOはNFAのリア・パネルのLO GPIBポートに接続してください(図6を参照)。NFAに対する入力周波数をRF (DUTへの入力) 周波数として指定します。RF周波数はENRの周波数です。ユーザ校正が必要なのは固定IFにおいてのみです。ユーザ校正はDUTなしで行い、DUTを挿入して測定を行います。SSB測定には、追加フィルタが必要な場合があります。この測定は、8970Bのモード1.3と等価です。

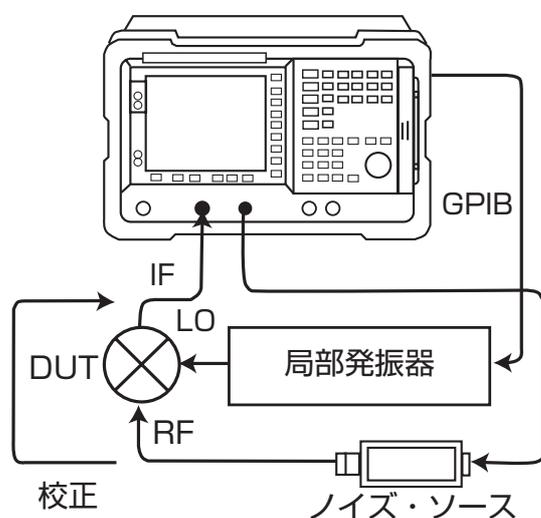


図6. ダウンコンバータ・モード用のセットアップ

4.2.1.1 LSB測定

支配方程式：

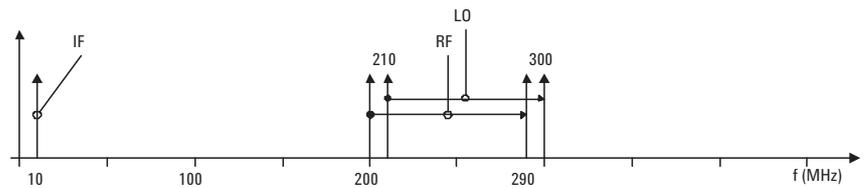
$$LO = RF + IF$$

セットアップ：

$$f_{\text{START}} = 200\text{MHz}$$

$$f_{\text{STOP}} = 290\text{MHz}$$

$$f_{\text{FIF}} = 10\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを210～300MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数を下回っているため、下側波帯が選択されます(上側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{\text{START}} = f_{\text{LO (MIN)}} - f_{\text{FIF}}$$

$$f_{\text{STOP}} = f_{\text{LO (MAX)}} - f_{\text{FIF}}$$

- $f_{\text{RF (START)}} > f_{\text{FIF}}$

この制限を超えると、エラー305(「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数は固定IF周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を下げるか、 $f_{\text{RF (START)}}$ を上げます。

4.2.1.2 USB測定

支配方程式：

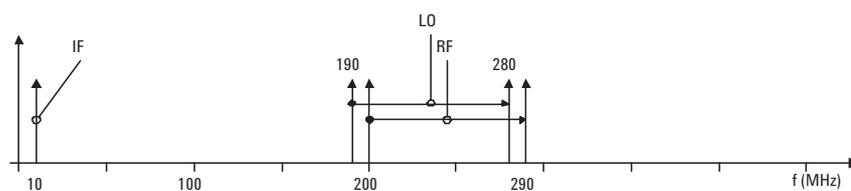
$$LO = RF - IF$$

セットアップ：

$$f_{START} = 200\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 290\text{MHz}$$

$$f_{FIF} = 10\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを190~280MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数を上回っているため、上側波帯が選択されます(下側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{LO(MIN)} + f_{FIF}$$

$$f_{STOP} = f_{LO(MAX)} + f_{FIF}$$

- $f_{LO(START)} > f_{FIF}$

この制限を超えると、エラー305(「モード・セットアップ・エラー：スタートLO周波数は固定IF周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を下げるか、 $f_{RF(START)}$ を上げます。

4.2.1.3 DSB測定

支配方程式：

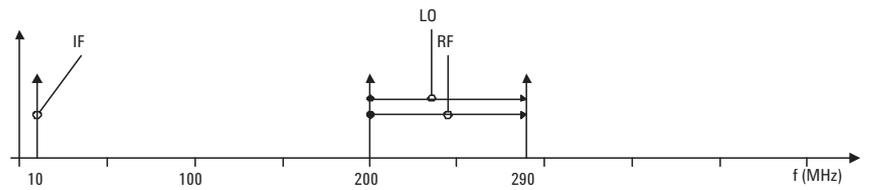
$$LO = RF$$

セットアップ：

$$f_{START} = 200\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 290\text{MHz}$$

$$f_{FIF} = 10\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを200～290MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。RF周波数が常にLO周波数と同じであるため、上側波帯と下側波帯の両方が選択されます。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{LO (MIN)}$$

$$f_{STOP} = f_{LO (MAX)}$$

- $f_{RF (START)} > f_{FIF}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数は固定IF周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を下げるか、 $f_{RF (START)}$ を上げます。

4.2.2 可変IFと固定LO

図7に測定セットアップを示します。LOとNFAの間のGPIB接続はオプションです。NFAが必要に応じてLOを制御することも、LOを手動で制御することも可能です。RF周波数はENRの周波数です。指定のIF周波数でユーザ校正が必要です。SSB測定には、追加フィルタが必要な場合があります(図7には、SSBフィルタが示されています)。この測定は、8970Bのモード1.4と等価です。

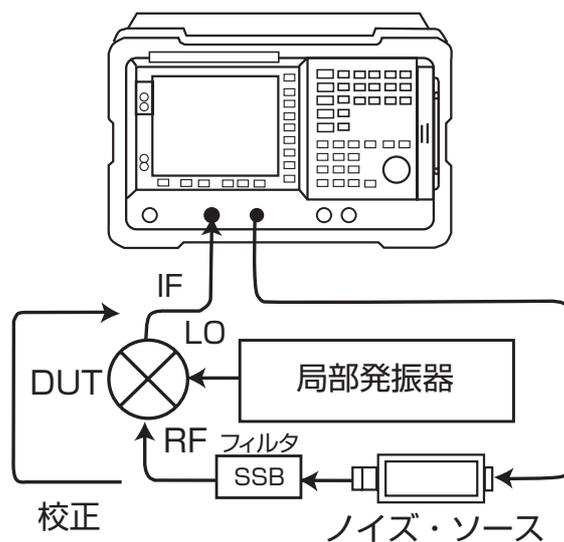


図7. ダウンコンバータ・モードの固定LOのIF掃引

ユーザは、NFAに対する入力周波数をIF (DUTからの出力) 周波数として指定します。

4.2.2.1 LSB測定

支配方程式：

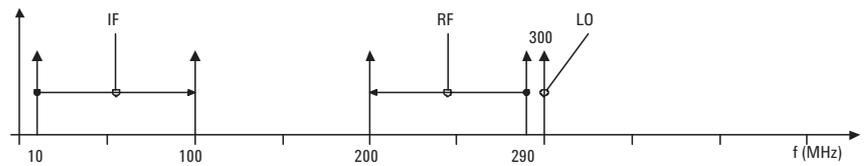
$$RF = LO - IF$$

セットアップ：

$$f_{\text{START}} = 10\text{MHz}$$

$$f_{\text{STOP}} = 100\text{MHz}$$

$$f_{\text{FLO}} = 300\text{MHz}$$



NFAは、ENRの周波数が290~200MHzの範囲で動作すると判断します (IFが10~100MHzの範囲で掃引されるため)。RF周波数が常にLO周波数を下回っているため、下側波帯が選択されます (上側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{\text{START}} = f_{\text{SIF (MIN)}}$$

$$f_{\text{STOP}} = f_{\text{SIF (MAX)}}$$

- $f_{\text{IF (STOP)}} < f_{\text{RF (STOP)}}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数はストップRF周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{\text{IF (STOP)}}$ を下げます。

4.2.2.2 USB測定

支配方程式：

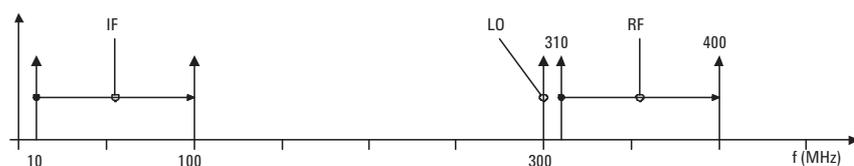
$$RF = LO + IF$$

セットアップ：

$$f_{\text{START}} = 10\text{MHz}$$

$$f_{\text{STOP}} = 100\text{MHz}$$

$$f_{\text{FLO}} = 300\text{MHz}$$



NFAは、ENRの周波数が310～400MHzの範囲で動作すると判断します (IFが10～100MHzの範囲で掃引されるため)。RF周波数が常にLO周波数を上回っているため、上側波帯が選択されます (下側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{\text{START}} = f_{\text{SIF (MIN)}}$$

$$f_{\text{STOP}} = f_{\text{SIF (MAX)}}$$

- $f_{\text{IF (STOP)}} < f_{\text{FLO}}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数は固定LO周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{\text{IF (STOP)}}$ を下げます。

4.2.2.3 DSB測定

支配方程式：

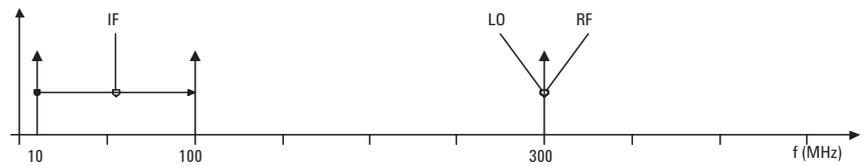
$$RF=LO$$

セットアップ：

$$f_{START}=10\text{MHz}$$

$$f_{STOP}=100\text{MHz}$$

$$f_{FLO}=300\text{MHz}$$



NFAは、ENRの周波数が300MHzで固定であると判断します (IFが10~100MHzの範囲で掃引されるため)。RF周波数が常にLO周波数と同じであるため、上側波帯と下側波帯の両方が選択されます (どちらかの側波帯にもフィルタはなし)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START}=f_{SIF(MIN)}$$

$$f_{STOP}=f_{SIF(MAX)}$$

- $f_{IF(STOP)} < f_{RF(STOP)}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数はストップRF周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{IF(STOP)}$ を下げます。

4.3 アップコンバータ・モード

アップコンバータ測定は、8970Bでも可能でしたが、制限がありました。NFAでは、それらの制限のいくつかが解消されています。ユーザ・インタフェースからアップコンバータの選択が可能になり、8970BではUSBしかサポートされていなかったのが、LSBとUSBの両方がサポートされています。

NFAは、アップコンバータへの入力周波数をRF、アップコンバータからの出力周波数をIFとして測定します。

アップコンバータ・モードで測定を行う場合、NFAではDSB測定を行うことはできません。

4.3.1 可変LOと固定IF

LOをNFAのリア・パネルのLO GPIBポートに接続してください。NFAへの入力周波数をRF (DUTへの入力) 周波数として指定します。RF周波数はENRの周波数でもあります。ユーザ校正が必要となるのは固定IFにおいてのみです。テスト・セットアップを図8に示します。

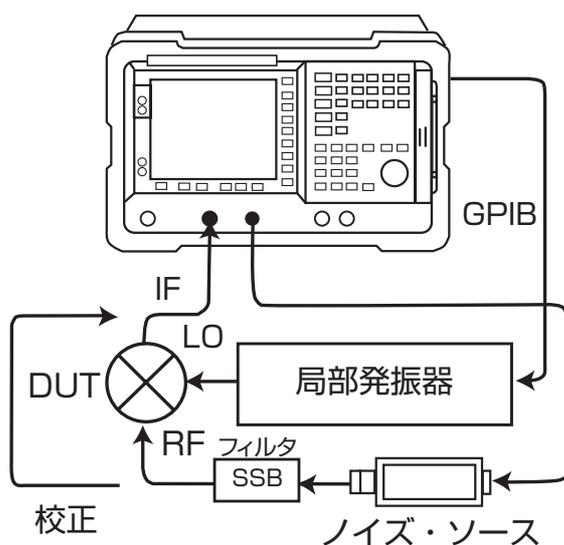


図8. アップコンバータ測定

ユーザ校正はDUTなしで行い、DUTを挿入して測定を行います。SSB測定しかできないので、フィルタが必要です。側波帯がUSBの場合、この測定はSUM側波帯の場合の8970Bのモード1.3と等価です。

4.3.1.1 LSB測定

支配方程式：

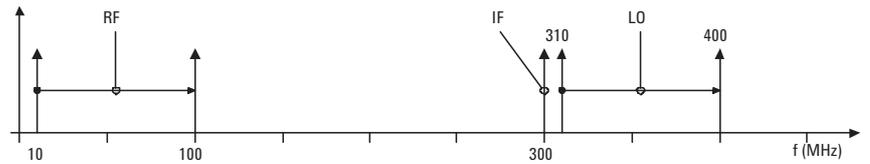
$$LO = RF + IF$$

セットアップ：

$$f_{\text{START}} = 10\text{MHz}$$

$$f_{\text{STOP}} = 100\text{MHz}$$

$$f_{\text{FIF}} = 300\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを310~400MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。IF周波数が常にLO周波数を下回っているため、下側波帯が選択されます(上側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{\text{START}} = f_{\text{UPCRF}}(\text{MIN}) \text{ (アップコンバータの最小RF周波数。ここでは1Hz)}$$

$$f_{\text{STOP}} = f_{\text{SIF}}(\text{MAX})$$

- $f_{\text{RF}}(\text{STOP}) < f_{\text{FIF}}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数は固定IF周波数より小さくしなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を上げるか、 $f_{\text{RF}}(\text{STOP})$ を下げます。

4.3.1.2 USB測定

支配方程式：

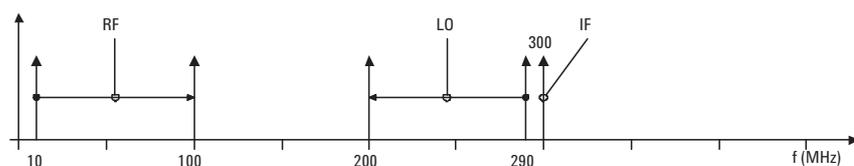
$$LO = IF - RF$$

セットアップ：

$$f_{START} = 10\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 100\text{MHz}$$

$$f_{FIF} = 300\text{MHz}$$



NFAは、外部LOを290~200MHzの範囲で掃引する必要があると判断します。IF周波数が常にLO周波数を上回っているため、上側波帯が選択されます(下側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{UPCRF(MIN)} \text{ (アップコンバータの最小RF周波数。ここでは1Hz)}$$

$$f_{STOP} = f_{SIF(MAX)}$$

- $f_{RF(STOP)} < f_{LO(STOP)}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数はストップLO周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FIF} を上げるか、 $f_{RF(STOP)}$ を下げます。

4.3.2 可変IFと固定LO

LOとNFAの間のGPIB接続はオプションです。NFAが必要に応じてLOを制御することも、LOを手動で制御することも可能です(図9を参照)。RF周波数はENRの周波数です。指定のIF周波数でユーザ校正が必要です。

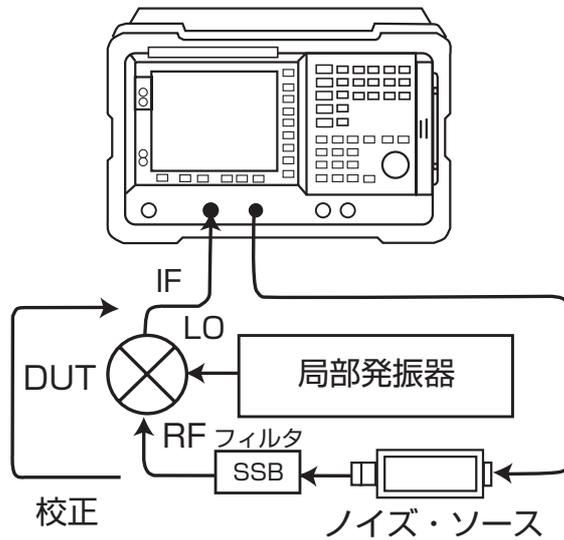


図9. 手動制御のLO

ユーザ校正はDUTなしで行い、DUTを挿入して測定を行います。SSB測定しかできないので、フィルタが必要です。側波帯がUSBの場合、この測定はSUM側波帯の場合の8970Bのモード1.4と等価です。

NFAへの入力周波数をIF (DUTへの入力) 周波数として指定します。

4.3.2.1 LSB測定

支配方程式：

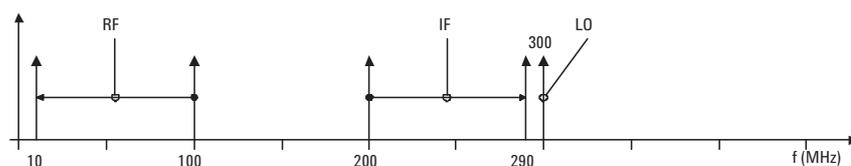
$$RF = LO - IF$$

セットアップ：

$$f_{START} = 200\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 290\text{MHz}$$

$$f_{FLO} = 300\text{MHz}$$



NFAは、ENRの周波数は100～10MHzの範囲で掃引されると判断します (IFが200～290MHzの範囲で掃引されるため)。IF周波数が常にLO周波数を下回っているため、下側波帯が選択されます (上側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{SIF (MIN)}$$

$$f_{STOP} = f_{LO (MAX)} - f_{UPCRF (MIN)}$$

- $f_{IF (STOP)} < f_{FLO}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数は固定LO周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{IF (STOP)}$ を下げます。

- $f_{IF (START)} > f_{RF (START)}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数はスタートRF周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を下げるか、 $f_{IF (START)}$ を上げます。

4.3.2.2 USB測定

支配方程式：

$$RF = IF - LO$$

セットアップ：

$$f_{START} = 310\text{MHz}$$

$$f_{STOP} = 400\text{MHz}$$

$$f_{FLO} = 300\text{MHz}$$

NFAは、ENRの周波数は10~100MHzの範囲で掃引されると判断します (IFが310~400MHzの範囲で掃引されるため)。IF周波数が常にLO周波数を上回っているため、上側波帯が選択されます (下側波帯にはフィルタを使用)。

制限：

- 周波数レンジの制限

$$f_{START} = f_{LO(MIN)} + f_{UPCRF(MIN)}$$

$$f_{STOP} = f_{SIF(MAX)}$$

- $f_{IF(START)} > f_{FLO}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数は固定LO周波数より大きくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を下げるか、 $f_{IF(START)}$ を上げます。

- $f_{RF(STOP)} < f_{FLO}$

この制限を超えると、エラー305 (「モード・セットアップ・エラー：ストップRF周波数は固定LO周波数より小さくなければなりません」)が発生します。このエラー状態を解消するには、 f_{FLO} を上げるか、 $f_{IF(STOP)}$ を下げます。

5.0 測定例

以下に示す測定例では、NFAに関連している場合は、次の用語が用いられています。太字の角括弧内に示されているコマンドはすべて、ハードキーを押すことを示しています(例：**[Hard Key]**)。太字の中括弧内に示されているコマンドはすべて、ソフトキーを押すことを示しています(例：**{Soft Key}**)。太字体で示されている他のステートメントはすべて、表示設定または値を表します(例：**Bold Text**)。

5.1 N8975AオプションK40を用いた増幅器モード測定

N8975AオプションK40ブロック・ダウンコンバータは、N8975A NFAと併用するように設計されています。K40は、NFAの上限測定周波数を26.5GHzから40GHzに拡大します。ダウンコンバータは、内蔵の44.5GHz LOを使って、NFAの測定範囲のIFに入力信号をダウンコンバートします。

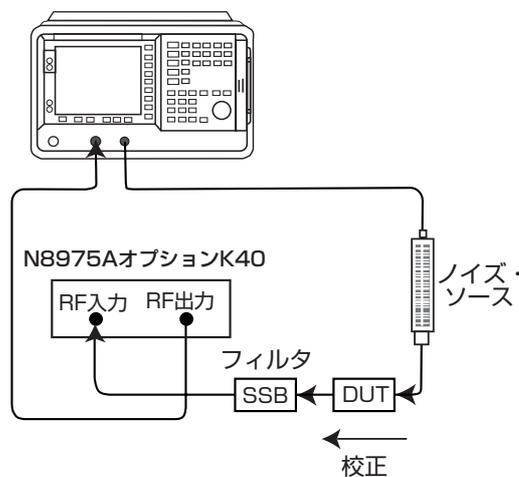


図10. システム・ダウンコンバータとしてのN8975A

図10に測定セットアップが示されています。K40は独自のLOを内蔵しているため、固定LO/IF掃引測定が必要です。NFAがLOを制御することができないので、GPIB接続は不要です。

この例では、LSB測定が、28~34GHzの範囲で250MHzごとに(25個の測定ポイントで)DUTに対して実行されます。ノイズ・ソースは28~34GHzをカバーする動作周波数レンジを備えている必要がありますので、Agilent 346C K01(1~50GHz)またはAgilent R347B(26.5~40GHz)を使用する必要があります。ユーザ校正はDUTなしで行いますが、SSBフィルタとK40を用いてください。

5.1.1 NFAのセットアップ

1. N8975AおよびK40のスイッチを入れて、1時間ウォームアップします。
2. NFAのプリセットが出荷時設定に設定されていることを確認し、**[System]**、**{More}**、**{Power On/Preset}** を押して、**{Power On}** が**Preset**に、**{Preset}** が**Factory**に設定されていることを確認します。
3. **{Preset}** を押して、ルーチンが完了するのを待ちます。
4. 使用されているノイズ・ソースのENRテーブルをロードします。
5. **[System]**、**{External LO}** と続けて押して、テンキーを使って **{Max Freq}** を **[5] [0]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
6. 増幅器の選択が済んでいない場合は、**[Meas Mode]**、**{Amplifier}** と続けて押します。

NFAは、「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数はスタートIF周波数より大きくなければなりません」というメッセージが表示されます。

7. **[Tab]** を押してSystem Downconverterを強調表示し、これを **{On}** に切り替えます。
8. LO Modeを **{Fixed}** に設定します。
9. **[Mode Setup]** を押し、**[Tab]** を使ってLO Frequencyを選択します(選択していない場合)。
10. テンキーを使ってLO周波数を **[4] [4] [.] [5]** と入力し、**{GHz}** を選択します。
11. Sidebandを **{LSB}** に設定します。LO Controlは **{Off}** でなければなりません。External LO Power Levelは **{0.000 dBm}** に設定されたままにします。
12. この測定の支配方程式は、 $IF=LO-RF$ です。図11に周波数マップを示します。

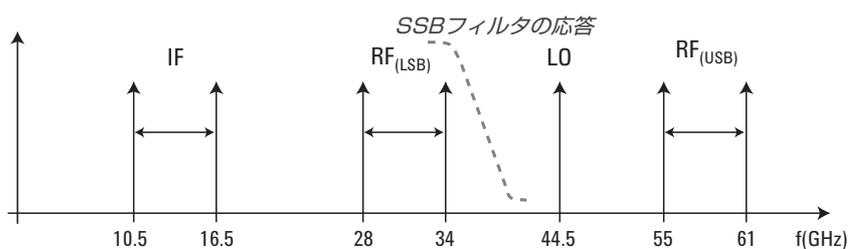


図11. 周波数マップ

周波数マップからは、NFAが28~34GHzの範囲で掃引するように設定されても、10.5~16.5GHzの範囲で同調することが分かります。周波数マップからはまた、不要な側波帯をフィルタで除去するには35GHzのローパス・フィルタで十分であることが分かります。

13. **[Frequency/Point]** を押してから、テンキーを使って **{Start Freq}** を **[2] [8]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
14. テンキーを使って **{Stop Freq}** を **[3] [4]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
15. **{More 1 of 2}** を押してから、テンキーを使って **{Points}** を **[2] [1]** に設定し、**[Enter]** を押します。
16. **[System]**、**{Alignment}** と続けて押して、AlignmentがOnに設定されていることを確認します。
17. **{Alignment Mode}** をPointに設定します。

これにより、測定確度は高まりますが、測定速度は低下します。

[Averaging/Bandwidth] を押してから、テンキーを使って **{Averages}** を **[3] [2]** に設定し、**[Enter]** を押します。

18. **{Averaging}** をOnに設定します。
 19. 図10に示されているように、機器を接続します (DUTなし)。
 20. **[Calibrate]** を2回押して、校正が完了するのを待ちます。
- ユーザ校正が完了したら、測定システムにDUTを挿入します。**[Restart]** を押すと、測定結果が表示されます。

5.2 可変LOと固定IFでのダウンコンバータ測定

この例では、DUTとしてミキサを測定します。LOは4.7～5.2GHzの範囲で掃引され、IFは1GHzで固定され、標準測定ポイント数は11であり、LSBが測定されます。図12に測定セットアップを示します。

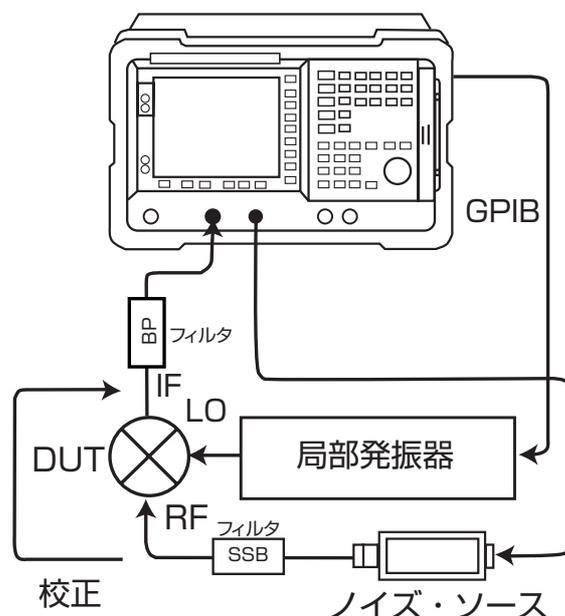


図12. 可変LOと固定IF(フィルタあり)

NFAがLOを制御するので(LOは使用するための設定が行われていると仮定)、GPIB接続が必要です。不要な側波帯を除去するために、SSBフィルタが必要です。この測定中はIFは一定の値に保たれるので、DUTとNFAの間にバンドパス・フィルタを挿入して(必要に応じて)、測定確度を劣化させる可能性のあるミキサのスプリアス信号や高調波信号をフィルタで除去することができます。

ユーザ校正はDUTとSSBフィルタなしで行います。ノイズ・ソースは、NFAに直接、またはバンドパス・フィルタ(使用されている場合)経由で接続します。DUT測定はユーザ校正とは異なる周波数で行われるので、SSBフィルタをユーザ校正に用いることはできません。SSBフィルタは、DUT測定中に交換します。フィルタ損失を測定し、NFAの損失補正機能を使って補正する必要があります。

注記：

NFAの損失補正機能を使用する場合は、損失温度を入力する必要があります。

この測定には、Agilent汎用ノイズ・ソース(例：346B/N4001A)を使用することができます。

5.2.1 NFAのセットアップ

1. NFAのスイッチを入れて、1時間ウォームアップします。
2. Presetが出荷時設定に設定されていることを確認し、**[System]**、**{More}**、**{Power On/Preset}** を押して、**{Preset}** がFactoryに設定されていることを確認します。
3. **{Preset}** を押して、ルーチンが完了するのを待ちます。
4. 使用されているノイズ・ソースのENRテーブルをロードします。
5. **[Meas Mode]** を押し、**{Downconv}** を選択します。

NFAは、「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数はストップRF周波数より小さくなければなりません」というメッセージが表示されます。

6. **[Tab]** を押してLO Modeを強調表示し、**{Variable}** を選択します。
7. **[Mode Setup]** を押し、テンキーを使ってIF Frequencyを **[1]** と入力し、**{GHz}** を選択します。
8. Sidebandが **{LSB}** に設定されていることを確認します。
9. **[Tab]** を押してLO Controlを強調表示し、**{On}** を選択します。
10. **[Tab]** を押して**External LO Power Level**を強調表示し、テンキーを使ってこれを **{7.000 dBm}** に設定します。
11. この測定の支配方程式は、 $LO = RF + IF$ です。図13にこの測定の周波数マップを示します。

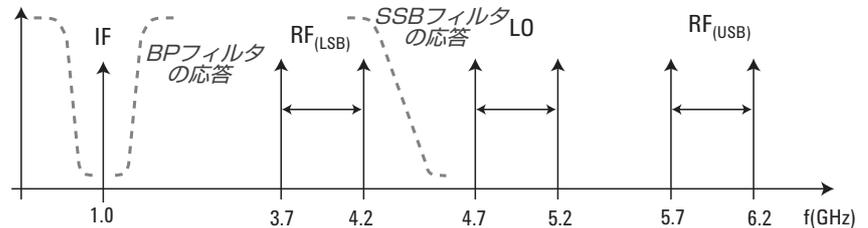


図13. 周波数マップ

LOが掃引されるので、LO周波数は3.7~4.2GHzの範囲です。これらが測定周波数です。周波数マップからは、不要な側波帯をフィルタで除去するには4.5GHzのローパス・フィルタで十分であることが分かります。バンド・フィルタの中心周波数は1GHzです。

12. **[Frequency/Point]** を押してから、テンキーを使って **{Start Freq}** を **[3] [.] [7]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
13. テンキーを使って **{Stop Freq}** を **[4] [.] [2]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
14. **[System]**、**{Alignment}** と続けて押して、Alignmentが**On**に設定されていることを確認します。
15. **{Alignment Mode}** を**Point**に設定します。

これにより、測定確度は高まりますが、測定速度は低下します。

16. **[Averaging/Bandwidth]** を押してから、テンキーを使って **{Averages}** を **[3] [2]** に設定し、**[Enter]** を押します。
 17. **{Averaging}** を**On**に設定します。
 18. 図12に示されているように、機器を接続します (DUTなし)。
 19. **[Calibrate]** を2回押して、校正が完了するのを待ちます。
- ユーザ校正が完了したら、測定システムにDUTを挿入します。**[Restart]** を押すと、測定結果が表示されます。

5.3 可変IFと固定LOでのダウンコンバータ測定

この例でも、DUTとしてミキサを使用します。LOは5GHzで固定され、DUTの動作周波数は5.8～6.3GHzの範囲で、標準測定ポイント数は11であり、今回はUSBが測定されます。図14に測定セットアップを示します。

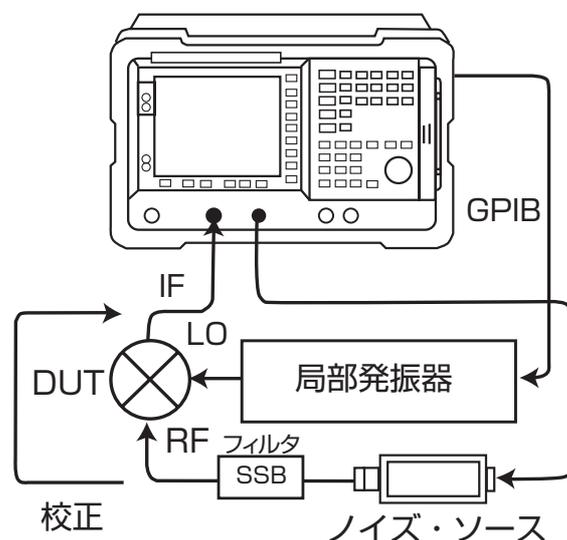


図14. 可変IFと固定LO(フィルタあり)

NFAがLOを制御できることに変わりはないため (LOは使用するための設定が行われていると仮定)、GPIB接続が示されています。不要な側波帯を除去するために、SSBが必要です。IFを掃引する必要があり、バンドパス・フィルタを使用することができないので、固定LOが用いられています。

ユーザ校正はDUTとSSBフィルタなしで行い、ノイズ・ソースはNFAに直接接続します。DUT測定はユーザ校正とは異なる周波数で行われるため、SSBフィルタをユーザ校正に用いることはできません。SSBフィルタは、DUT測定中に交換します。フィルタ損失を測定し、NFAの損失補正機能を使って補正する必要があります。

注記：

NFAの損失補正機能を使用する場合は、損失温度を入力する必要があります。

この測定には、Agilent汎用ノイズ・ソース (例：346B/N4001A) を使用することができます。

5.3.1 NFAのセットアップ

1. NFAのスイッチを入れて、1時間ウォームアップします。
2. **Preset**が出荷時設定に設定されていることを確認し、**[System]**、**{More}**、**{Power On/Preset}** を押して、**{Preset}** が**Factory**に設定されていることを確認します。
3. **{Preset}** を押して、ルーチンが完了するのを待ちます。
4. 使用されているノイズ・ソースのENRテーブルをロードします。
5. **[Meas Mode]** を押し、**{Downconv}** を選択します。

NFAは、「モード・セットアップ・エラー：ストップ周波数はストップRF周波数より小さくなければなりません」というメッセージを表示します。

6. **[Tab]** を押してLO Modeを強調表示し、**{Fixed}** を選択します。
7. **[Mode Setup]**、**[Tab]** を押して、**LO Frequency**を強調表示します。
8. テンキーを使って**IF Frequency**を **[5]** と入力し、**{GHz}** を選択します。
9. **[Tab]** を押して**Sideband**を強調表示し、これを **{USB}** に設定します。
10. **[Tab]** を押して**LO Control**を強調表示し、**{On}** を選択します。
11. **[Tab]** を押して**External LO Power Level**を強調表示し、テンキーを使ってこれを **{7.000 dBm}** に設定します。
12. この測定の支配方程式は、 $RF=LO+IF$ です。図15にこの測定の周波数マップを示します。

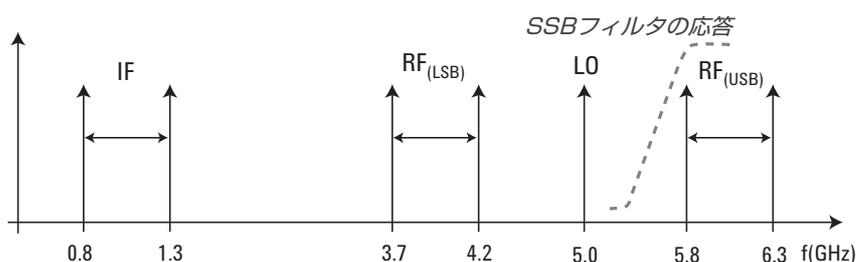


図15. 周波数マップ

この測定はIFで評価するという点に注意してください。この場合、LOが掃引されるので、IFの範囲は800MHz～1.3GHzです。

周波数マップからは、不要な側波帯をフィルタで除去するには5.7GHzのハイパス・フィルタで十分であることが分かります。

13. **[Frequency/Point]** を押してから、テンキーを使って **{Start Freq}** を **[8] [0] [0]** に設定し、**{MHz}** を選択します。
 14. テンキーを使って **{Stop Freq}** を **[1] [.] [3]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
 15. **[System]**、**{Alignment}** と続けて押して、**Alignment**が**On**に設定されていることを確認します。
 16. **{Alignment Mode}** を**Point**に設定します。
 17. **[Averaging/Bandwidth]** を押してから、テンキーを使って **{Averages}** を **[3] [2]** に設定し、**[Enter]** を押します。
 18. **{Averaging}** を**On**に設定します。
 19. 図14に示されているように、機器を接続します (DUTなし)。
 20. **[Calibrate]** を2回押して、校正が完了するのを待ちます。
- ユーザ校正が完了したら、測定システムにDUTを挿入します。**[Restart]** を押すと、測定結果が表示されます。

注記：

これにより、測定精度は高まりますが、測定速度は低下します。

5.4 2つのノイズ・ソースを用いた周波数コンバータの測定

NFAは、DUTを測定する場合に、2つのノイズ・ソースの使用をサポートしています。1つのノイズ・ソースは校正用で、もう1つのノイズ・ソースは測定時に使用されます。一部の測定（通常は、周波数変換を行うDUT）では、NFAのユーザ校正がDUT測定と異なる周波数で行われるので、このような測定が必要になります。

この機能は、校正と測定の両方の範囲をカバーするノイズ・ソースを利用できない場合に使用します。N8975Aは、12GHzの固定IFで30～35GHzの範囲のダウンコンバートを行うDUTの測定に用いられます（図16を参照）。

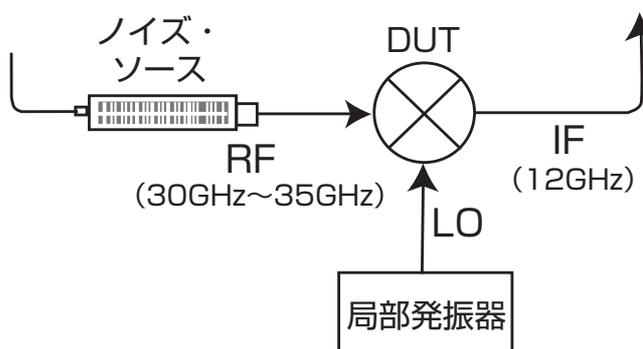


図16. 30～35GHzの範囲でダウンコンバートを行うDUTを測定

ユーザ校正はNFAに直接接続されたノイズ・ソースによって12GHzで行われるので、Agilent N4001Aノイズ・ソースをユーザ校正に使用することができます。ただし、DUT測定は、N4001Aのレンジ外である30～35GHzの範囲で行われます。Agilent R347Bノイズ・ソース（26.5～40GHz）は、必要な周波数レンジをカバーしています。

5.4.1 NFAのセットアップ

1. N8975Aのスイッチを入れて、1時間ウォームアップします。
2. Presetが出荷時設定に設定されていることを確認し、[**System**]、[**More**]、[**Power On/Preset**] を押して、[**Preset**] が**Factory**に設定されていることを確認します。
3. [**Preset**] を押して、ルーチンが完了するのを待ちます。
4. **ENR**を選択し、[**Common Table**] を**Off**に設定します。
5. Meas Tableを選択し、測定に使用するノイズ・ソース（例：R347B）のENRテーブルを入力します。
6. Cal Tableを選択し、ユーザ校正に用いるノイズ・ソース（例：N4001A）のENRテーブルを入力します。

注記：

R347BをDUTに接続するのにアダプタが必要な場合は、NFAの損失補正機能を使って、アダプタ損失の補正が可能です。

必要に応じて、ユーザ校正用のノイズ・ソースをNFAに接続します。ユーザ校正が完了したら、最初のノイズ・ソースを取り外して、測定用のノイズ・ソースと交換します。

6.0 その他の測定

このセクションでは、NFAの操作マニュアルに掲載されていないその他の測定について詳細に説明します。

注記：

この測定は、NFAにより制御できない固定LOを使用する場合にのみ適しています。

6.1 LO周波数

各測定の支配方程式は、相互に関連するRF、IF、LO周波数を制御します。RFかIFのいずれかが常にLOを下回っていません。

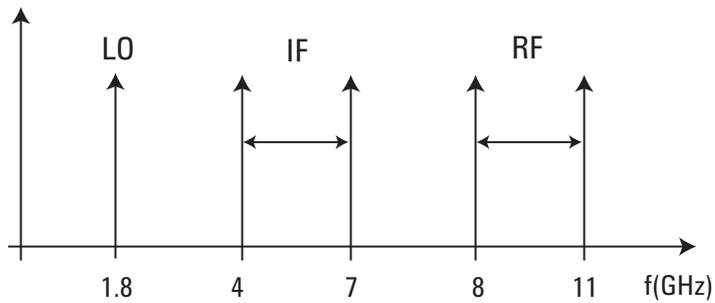


図17. LO周波数の測定

図17に示されている例では、1.8GHzの固定LOを使って8~11GHzの範囲で周波数をダウンコンバートするDUTの測定を行った場合、支配方程式は次のようになります。

$$RF = LO - IF \text{ (LSBの場合)}$$

$$RF = LO + IF \text{ (USBの場合)}$$

この周波数調整は、これらの式を満たしていません。さらに悪いことには、USB測定の場合は $f_{IF(STOP)} < f_{FLO}$ という周波数制限があるので、測定ができなると考えられます。

NFAは、正確なRF値を計算するのに、LO値と側波帯の選択が必要です。この場合、LOは固定なので、NFAによって制御できません。USB測定の場合、LOは(上述の周波数制限によって定義された)IFより大きくなければなりません。RFより小さくなければなりません。USB測定の支配方程式に7.5GHzのLO値を代入すると、：

$$RF=7.5+4=11.5\text{GHz}$$

$$RF=7.5+7=14.5\text{GHz}$$

この値をLOに用いた場合、IF周波数は確認できますが、RFは希望通りのものではありません。

同様に：

$$8=7.5+IF \geq IF=0.5\text{GHz}$$

$$11=7.5+IF \geq IF=3.5\text{GHz}$$

この値のLOを用いると、希望通りのRFで測定を行うことができますが、IFは希望通りのものではありません。USBを使ってこの測定を実行する方法はありません。LSBを使用する場合は、LOはRFより大きくなければなりません。支配方程式は $RF=LO-IF$ です。

$$11=LO-4 \geq LO=15$$

$$8=LO-7 \geq LO=15$$

したがって、15GHzのLO周波数を使ってNFAをセットアップし、LSBを選択すると、必要な周波数レンジにわたって測定を行うことができます(図18を参照)。

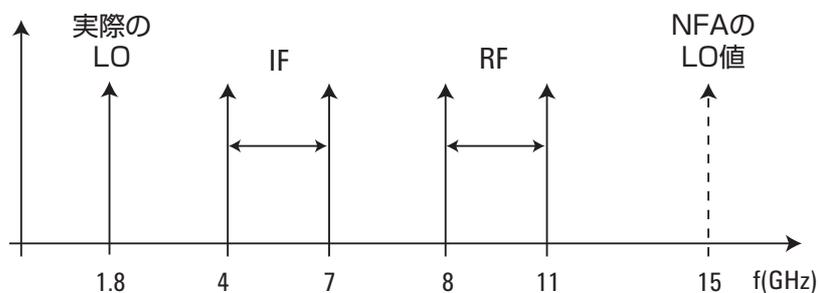


図18. 実際のLO周波数とNFAが設定した周波数

6.2 ダブル周波数変換

ダブル周波数変換測定は、NFAが直接サポートしていませんが、一定の条件下では、ダブル周波数変換測定を行うことができます。図19は、周波数変換DUTの測定を示したものです。DUTからの出力(IF1)がNFAの周波数レンジ外であると仮定すると、DUTの出力周波数をNFAの動作範囲内にするためには、さらにダウンコンバートする必要があります。

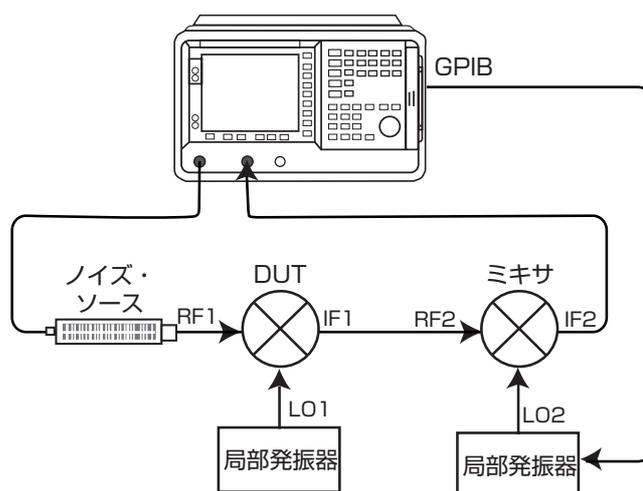


図19. ダブル周波数変換

NFAで可能な3種類の測定モードの中でも、増幅器モードは、システム・ダウンコンバータを使ってDUTの測定を行うことのできる唯一のモードです。したがって、増幅器モードは最も適したモードですが、このモードは、DUTが周波数変換を行わないことを前提としています。増幅器モードの測定セットアップの詳細を見ると(本書のセクション4.1を参照)、ユーザは、NFAへの入力周波数をRF(DUTへの入力)周波数として指定しています。これらの周波数は、NFAが正確なENRの参照周波数を決定するために用いられます。したがって、測定に用いられるENRテーブルを変更して追加の周波数変換を考慮することにより、この測定を行うことができます。

LO1の値は固定する必要があります。LO2は、必要であれば、NFAから制御することができます。RF2の値は既知であり、IF2はNFAの動作範囲内で選択されます。増幅器モードの支配方程式(本書のセクション4.1を参照)を用いて、側波帯の選択やLO2の値を決定することができます。DUTを取り外し、校正用ノイズ・ソースを第2ダウンコンバータのRF入力に直接接続した状態で、ユーザ校正を行います。

測定例

この例のDUTはダウンコンバータです。DUTのRFは58GHzであり、IFは5GHz、LOは63GHzです。使用されているNFAはN8973A (10MHz~3.0GHz)なので、IFをN8973Aの動作周波数レンジ内にするためには、さらにダウンコンバートする必要があります。

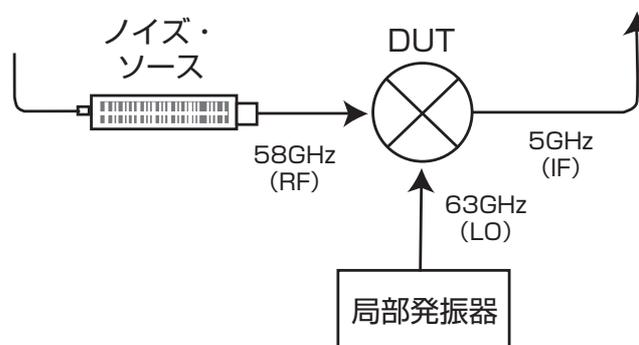


図20. 測定例

固定IFとLO掃引を用いた下側波帯増幅器モード測定 of 支配方程式 (セクション 4.1.1.1) は次の通りです。

$$LO = RF + IF$$

したがって、この例で、IF2の値を2.5GHzに設定すると、次のようになります。

$$LO2 = 5 + 2.5 = 7.5\text{GHz}$$

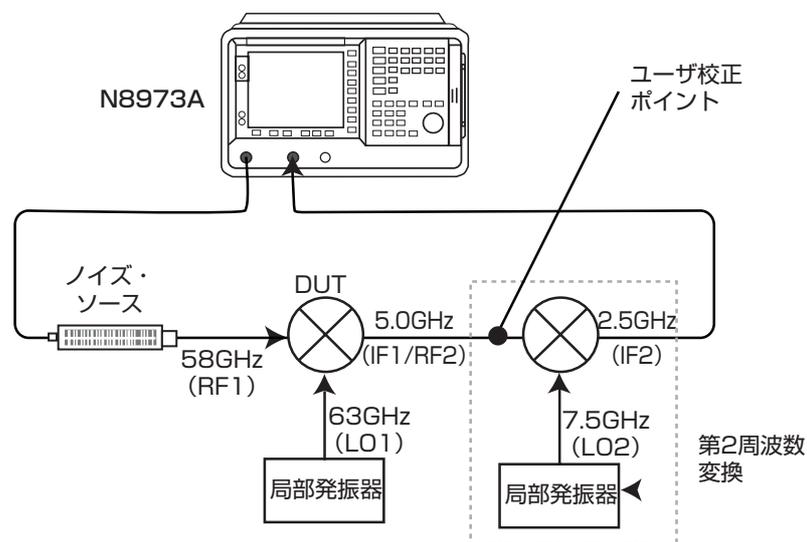


図21. ダブル変換測定用のセットアップ

NFAのセットアップ

1. N8973Aのスイッチを入れて、1時間ウォームアップします。
2. NFAのプリセットが出荷時設定に設定されていることを確認し、**[System]**、**{More}**、**{Power On/Preset}** を押して、**{Power On}** が**Preset**に、**{Preset}** が**Factory**に設定されていることを確認します。
3. **{Preset}** を押して、ルーチンが完了するのを少し待ちます。
4. **[Meas Mode]** を押し、**{Amplifier}** を選択します。
5. **[Tab]** を押してSystem Downconverterを強調表示し、これを **{On}** に切り替えます。
NFAのディスプレイに、「モード・セットアップ・エラー：スタート周波数はスタートIF周波数より大きくなければなりません」というメッセージが表示された場合、**{ESC}** を押すとメッセージが消去されます。
6. LO Modeを **{Fixed}** に設定します。
7. **[Mode Setup]** を押し、**[Tab]** を使ってLO Frequencyを選択します(選択していない場合)。
8. テンキーを使ってLO周波数を **[7] [.] [5]** と入力し、**{GHz}** を選択します。
9. **[Tab]** を使ってSidebandを **{LSB}** に設定します。LO Controlは **{Off}** でなければなりません。External LO Power Levelは **{0.000 dBm}** に設定されたままにします。
10. **[Frequency/Points]** を押してから、**{Freq Mode}** を **{Fixed}** に設定します。
11. **{Fixed Freq}** を押し、テンキーを使って測定周波数を **[5]** に設定し、**{GHz}** を選択します。
12. **{Format}** を押し、**{Format}** を **{Meter}** に設定することによって、固定周波数測定の結果をメータ・モードで表示することができます。
RF2とRF1の周波数が大きく異なる場合は、この測定の実行時に2つのノイズ・ソースが用いられます。RF1 (58GHz)で動作するノイズ・ソースがDUT測定用に、RF2 (5GHz)で動作する第2ノイズ・ソースが校正用にそれぞれ必要です。
13. **[ENR]** を押し、**{Common Table}** を **{Off}** に設定します。
14. **[ENR]** を押し、**{Cal Table}** を選択し、校正に使用されているノイズ・ソース (5GHz) のENRテーブルを作成します。
15. 校正用ノイズ・ソースをユーザ校正ポイントに直接接続して(図21を参照)、NFAのユーザ校正を実行します。

ユーザ校正が完了したら、DUTを測定システムに追加し、校正用ノイズ・ソースを測定用ノイズ・ソースと交換することができます。測定ENRテーブルは、DUTの周波数変換を考慮して設定する必要があります。NFAは、5GHzのENRテーブルが必要です。ただし、DUTが使用する正確なRFは58GHzです。このため、5GHzのENRテーブルにエントリが作成されますが、58GHzの測定用ノイズ・ソースにはENR値が用いられます。

まとめ

このアプリケーション・ノートでは、雑音指数アナライザで使用可能な動作モードの詳細と、これらのモードにNFAを設定し使用した場合に生じる可能性のある問題を説明しています。また、許容可能な周波数の組み合わせや側波帯の選択について、NFAが各測定モードで使用する支配方程式とそれによる制限と共に説明しました。

Agilent Technologiesがお客様から受けた最も一般的なお問合わせを基づいて、多数の測定例を紹介しています。これらの測定例は、測定と設定の両方のプロセスを明らかにすることを目的としています。このアプリケーション・ノートの中で扱っていないアプリケーションについては、計測お客様窓口にお問い合わせください。

付録A

次の用語が本書で使用されています。

用語	意味
f_{FIF}	固定IF周波数
f_{FLO}	固定LO周波数
f_{LO}	外部LO周波数
f_{SIF}	システム入力周波数
f_{START}	スタート周波数
f_{STOP}	ストップ周波数

付録B

NFAシリーズの上限周波数は26.5GHzです。これは、N8975A Kシリーズ・ダウンコンバータを用いることによって、110GHz (13.5GHz帯域)まで増加させることができます。ダウンコンバータには、仕様周波数レンジの前後4.5GHzの固定LOを内蔵しています。ダウンコンバータは、仕様周波数レンジを、N8975Aを用いて測定することのできる周波数バンド4.5~18GHzに変換します。

モデル番号	周波数レンジ (GHz)	入力コネクタ
N8975AZ-K40	26.5~40	APC 2.4mm
N8975AZ-K50	36.5~50	APC 2.4mm
N8975AZ-K63	50~63.5	WR15
N8975AZ-K75	61.5~75	WR15
N8975AZ-K88	75.0~88.5	WR10
N8975AZ-K98	86.5~100	WR10
N8975AZ-K99	96.5~110	WR10

注記：

動作周波数バンド用のノイズ・ソースが必要です。

サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定精度の維持をお手伝いします。



電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

Agilent電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ

Agilentの電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細についてはwww.agilent.co.jp/find/jpconnectivityを参照してください。

脚注：本書に示されている測定例では、NFAと関連している場合は、次の用語が用いられています。太字の角括弧内に示されているコマンドはすべて、ハードキーを押すことを示しています(例：**[Hard Key]**)。太字の中括弧内に示されているコマンドはすべて、ソフトキーを押すことを示しています(例：**{Soft Key}**)。太字で示されているこの他のステートメントはすべて、表示設定または値を表します(例：**Bold Text**)。

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

(12:00-13:00もお受けしています。土・日・祭日を除く)

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■■ 0120-421-345
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@agilent.com
電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

- 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 2008

アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

March 21, 2008
5989-0400JA
0000-00DEP