

R&S[®]RTO オシロスコープ のデジタル・トリガの利点 アプリケーションノート

製品：

| R&S[®]RTO
デジタル・オシロスコープ

トリガはオシロスコープの重要な要素です。トリガは特定の条件の信号を捕らえ、反復する波形を安定した形で表示し、詳細解析を可能にします。

1940年代にオシロスコープのトリガ機能が発明されて以来、この機能は常に強化され続けてきました。R&S[®]RTO デジタル・オシロスコープの完全デジタル式トリガは、測定精度や機能の面でオシロスコープ・ユーザに大きな利益をもたらす画期的な機能です。

このアプリケーションノートでは従来のトリガ・システムの動作原理を紹介し、さらにリアルタイム動作に対応したR&S[®]RTO オシロスコープのデジタル・トリガについて説明します。

目次

1	従来型トリガ・システムの原理.....	3
1.1	オシロスコープにおけるトリガの重要性	3
1.2	従来型トリガ・システムの実装.....	3
1.3	アナログ・トリガに関する問題.....	4
2	デジタル・トリガ	7
2.1	デジタル・トリガの概念.....	7
2.2	デジタル・トリガによるトリガ・イベントの検出.....	7
2.3	デジタル・トリガ・システムによるトリガ・ポイントのタイミング決定 ...	9
3	R&S [®] RTO のデジタル・トリガの利点	10
3.1	リアルタイムの低トリガ・ジッタ	10
3.2	最適化可能なトリガ感度.....	11
3.3	最小検出可能パルス幅	12
3.4	トリガ・イベントに対するマスキングの影響.....	13
3.5	トリガ信号の柔軟なフィルタリング	14
3.6	トリガ・ユニットに対するチャンネル・デスクューの影響.....	15
3.7	タイムスタンプによるヒストリ・ビュー機能.....	16
4	まとめ	18
5	参考文献.....	19
6	追加情報.....	20
7	オーダー情報	21

1 従来型トリガ・システムの原理

1.1 オシロスコープにおけるトリガの重要性

オシロスコープのトリガには基本的に2つの用途があります。

1. 安定した表示の実現

トリガの発明は、電気および電子設計用デバッグ・ツールとしてのオシロスコープにとって、画期的な出来事でした。トリガ機能を使用すれば、安定した波形表示を実現して、反復信号を継続的にモニタすることができるからです。

2. 特定の信号特性の表示

トリガは、特定のイベントに対応させることができます。これは、不十分なロジック・レベル（「Runt」）、クロストークによって生じる信号の乱れ（たとえば「Glitch」）、スロー・エッジ（「Rise time」）、あるいはチャンネル間の不適切なタイミング（「Data2Clk」）などの特別な信号特性を特定し、表示する際に便利です。このようなトリガ・イベントの数やトリガ・セットアップの柔軟性は、長年にわたり発展を続けてきました。

測定信号の表示品質と解析品質は、トリガ・システムの精度とその柔軟性で決まります。

1.2 従来型トリガ・システムの実装

現在のほとんどのオシロスコープはデジタル式で、測定信号は一連のデジタル値としてサンプリングされ、保存されます。しかし、信号イベントの検出を受け持つトリガは依然として、測定信号をオリジナルのまま処理するアナログ回路です。図1にデジタル・オシロスコープの簡易ブロック図を示します。

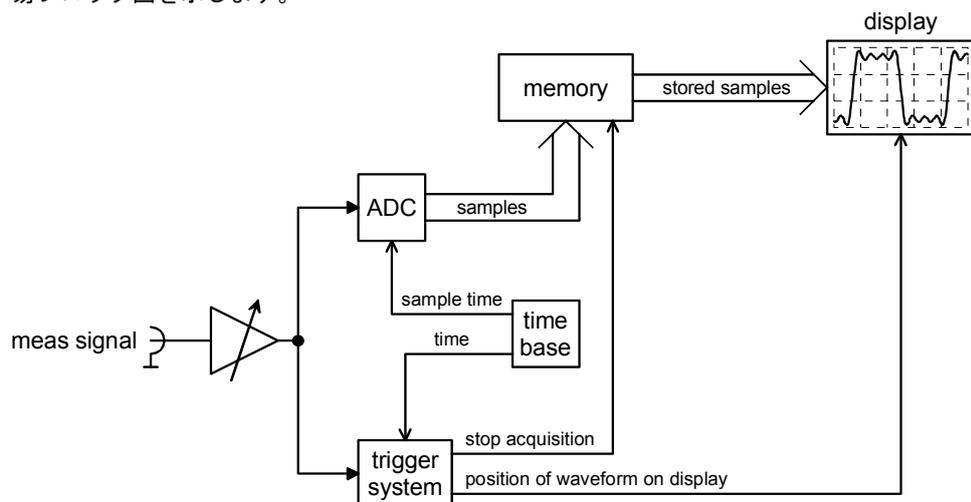


図1: アナログ・トリガ・ユニットを備えたデジタル・オシロスコープの簡易ブロック図

入力アンプは被試験信号を調整して、その振幅を A/D コンバータの動作範囲とオシロスコープのディスプレイに合わせるために使用します。調整された信号は、アンプ出力から A/D コンバータとトリガ・システムに並列に分配されます。一方のパスでは A/D コンバータが測定信号をサンプリングし、そのサンプル値をデジタル化してデータ捕捉メモリに書き込みます。もう一方のパスでは、トリガ・システムが、この信号と有効なトリガ・イベント（たとえば「エッジ」トリガによるトリガしきい値超え）を比較します。

有効なトリガ条件が発生すると A/D コンバータの記録は終了し、捕捉された波形の処理が進められて表示されます。捕捉されて表示された波形の例を図 2 に示します。A/D 変換によってデジタル化されたサンプル・ポイントは、信号上に白丸でマークされています。この例では、正の傾きを持つ「Edge」（エッジ）トリガ・イベントが使われています。測定信号がトリガ・レベルを超えると、有効なトリガ・イベントが発生します。

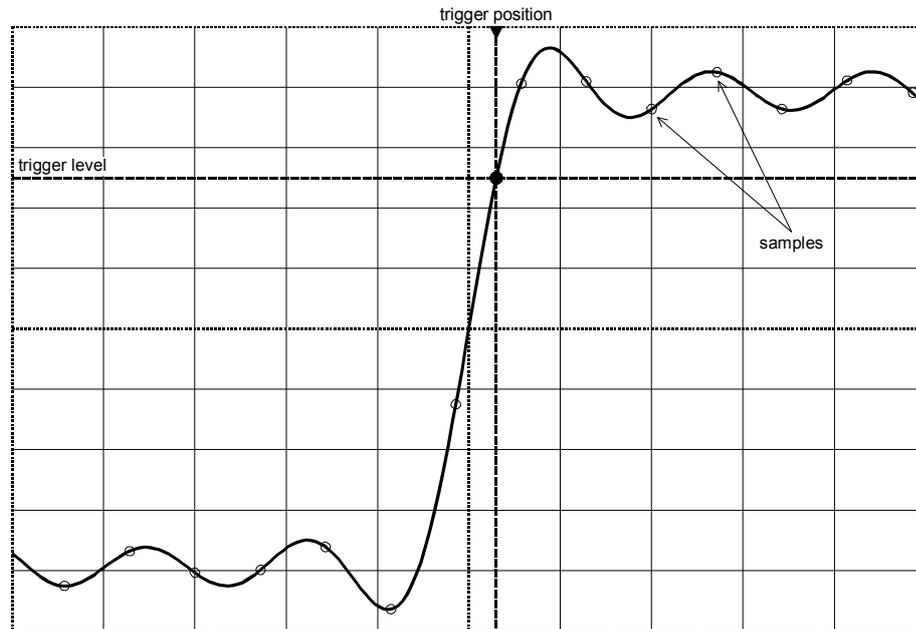


図 2 : A/D コンバータのサンプリング・ポイントとトリガ・ポイントを示した測定信号例

1.3 アナログ・トリガに関する問題

オシロスコープのグリッド上に信号を正確に表示するには、トリガ・ポイントのタイミングを精密に決定する必要があります。トリガ時間の判定が不正確な場合、表示される波形がグラフ上のトリガ・ポイント（トリガ・レベルとトリガ位置の交点）を通過しなくなります。この例を図 3 に示します。

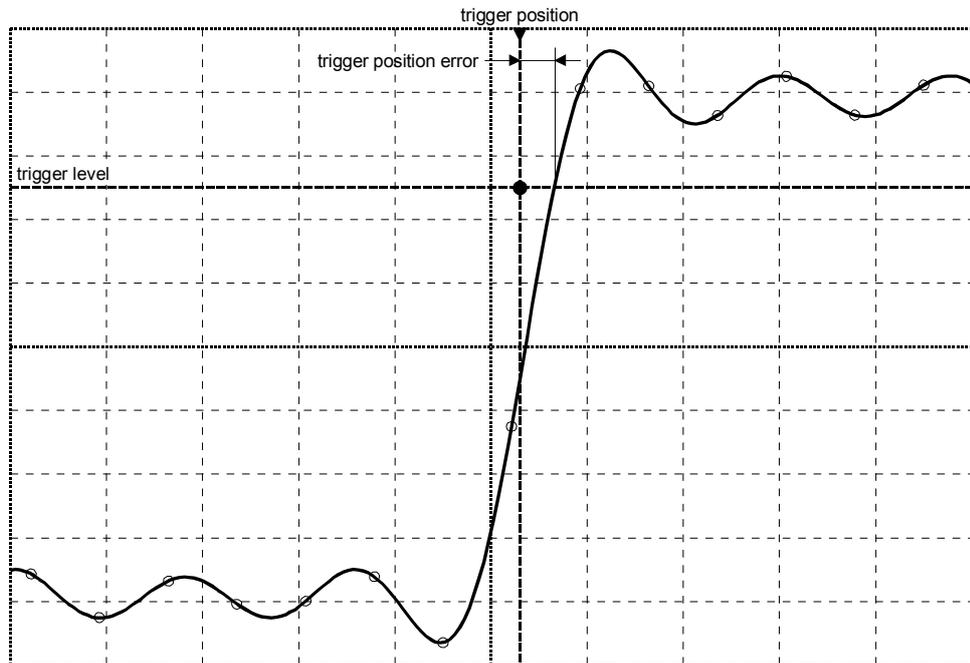


図3：表示波形と実際のトリガ・ポイントの不一致の例

トリガ位置が不正確になる理由としては、以下のようなことが挙げられます。

1. 不正確なトリガ・エッジ測定

トリガ・システムでは、コンパレータを介して測定信号とトリガしきい値が比較されます。コンパレータ出力におけるエッジのタイミングは極めて高い精度で測定する必要があるので、タイム・デジタル・コンバータ（TDC）が使われます。TDC が不正確な場合、表示される個々の波形とトリガ・ポイントの間にオフセットが生じます。TDC 誤差のランダム成分はこのオフセットをトリガ・イベントごとに変化させ、トリガ・ジッタを発生させます。

2. 測定信号用の2つのパス内の系統的な誤差要因

測定信号は、2つの異なるパスを介して処理されます。1つがA/Dコンバータを含むデータ捕捉パスで、もう1つがトリガ・パスです（図1）。どちらのパスにもさまざまな線形歪みや非線形歪みが伴い、これによって、表示信号と決定したトリガ・ポイントの間に系統的な不一致が生じます。最悪の場合は、有効なトリガ・イベントが表示されているにもかかわらずトリガがこれらのイベントに反応しなかったり、本来なら反応すべきでないイベントに対してトリガが反応したりすることがあります。

3. 測定信号用の2つのパスにおけるノイズ源

A/Dコンバータとアナログ・トリガ・システムへ続く2つのパスには、さまざまなノイズ源を持つアンプが含まれています。これらも遅延と振幅変動を引き起こし、トリガ位置のオフセットとしてオシロスコープのスクリーン上に表れます。

このようなオフセットの変化がトリガ・ジッタで、図4の右側のグラフに重ね合わされた信号トレースの幅および高さとして表示されています。図4の左側のグラフでは、トリガ・ジッタが理想的なトリガ・ポイントに対する垂直方向と水平方向のランダム・オフセットとして表れています。

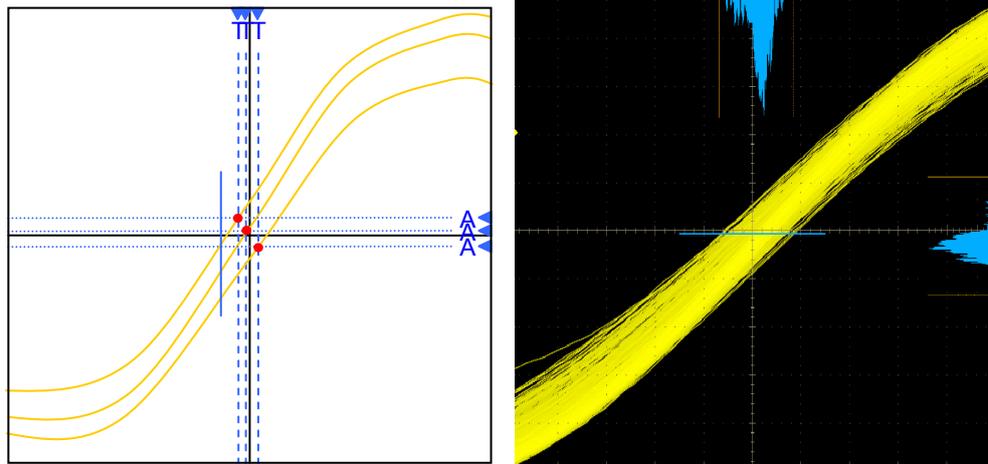


図4：複数波形捕捉時のトリガ・ジッタ

以降の章では、デジタル方式によって実装されたトリガ・システムを紹介します。デジタル・トリガには上に述べたような誤差項が含まれていないので、より精度の高いトリガを実現することができます。

2 デジタル・トリガ

2.1 デジタル・トリガの概念

図 5 に、デジタル・トリガを使用したデジタル・オシロスコープの簡易ブロック図を示します。

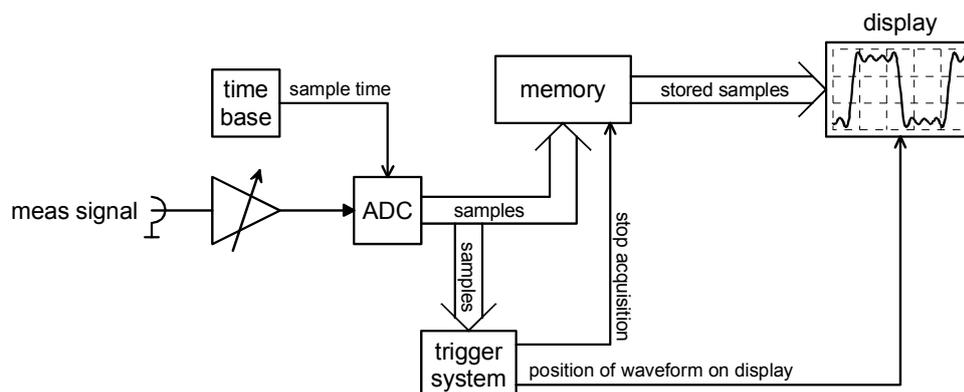


図 5：デジタル方式で実装したトリガ・ユニットを持つデジタル・オシロスコープのブロック図

アナログ・トリガと異なり、デジタル・トリガ・システムは、A/D コンバータのサンプリング・データを直接的に処理します。測定信号が 2 つのパスに分割されることはありません。したがってデジタル・トリガは捕捉および表示される信号をそのまま処理します。1.3 項で述べたアナログ・トリガ・システムの欠点は設計のレベルで排除されています。

デジタル・トリガはトリガ・ポイントを判定するためにデジタル式の信号処理方法を採用しており、高精度のアルゴリズムが有効なトリガ・イベントを検出して、タイムスタンプを正確に測定します。

デジタル・トリガの課題は、測定信号を絶え間なくモニタするためのリアルタイム信号処理です。R&S®RTO デジタル・トリガは、10 G サンプル/秒の A/D コンバータ速度に基づいて動作するので、80 Gbit/s のデータを処理しなければなりません（8 ビット A/D コンバータ）。

デジタル・トリガは捕捉ユニットと同じデジタル・データを使用するので、トリガできるのは ADC レンジ内の信号イベントだけである点に留意する必要があります。

2.2 デジタル・トリガによるトリガ・イベントの検出

選択されたトリガ・イベントについては、まずコンパレータが、測定データと定められたトリガしきい値の比較を行います。最も単純なケースである「Edge」（エッジ）トリガでは、信号が求められる方向（上昇方向または降下方向）でトリガしきい値を超えたときに、トリガ・イベントが検出されます。

デジタル・システムでは、サンプリング・データによって信号が表されます。サンプリング定理によれば、サンプリング・レートは信号の最大周波数の少なくとも 2 倍でなければなりません。このような条件下で初めて、信号を完全に再現することが可能になります。

図 2 と 3 は、信号のすべての詳細を理解するには A/D コンバータのサンプリング・データを表示しただけでは不十分であることを示しています。デジタル・トリガについても同じことが言えます。A/D コンバータのサンプリング・データだけに基づいてトリガを決定したのでは、トリガしきい値を超える瞬間を見落とす恐れがあるので、サンプリング・データだけでは判断材料として不十分です。したがって、補間器を使用して信号をアップ・サンプリングすることにより、タイミング分解能を 20 G サンプル/秒まで上げます (図 6)。補間器の後段では、コンパレータがサンプル値と定められたトリガしきい値の比較を行います。コンパレータの出力レベルは、トリガ・イベントが検出されると変化します。

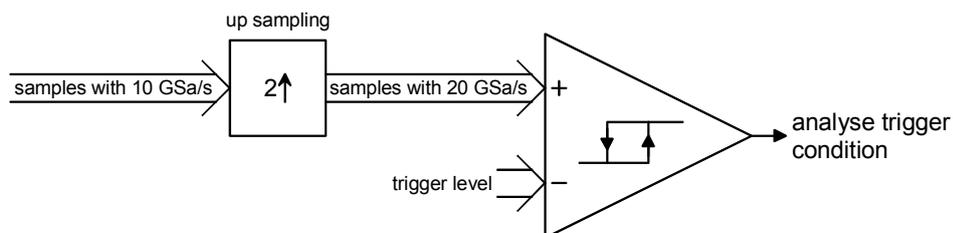


図 6: 「アップ・サンプリング」法によるデジタル・トリガ・システムのサンプリング・レート向上

2 倍のアップ・サンプリングを行ってサンプル分解能を上げることにより、信号の「ブラインド」エリアを減らした例を図 7 に示します。左側の波形のサンプリング・データには波形のオーバーシュートが含まれておらず、これらの A/D コンバータのサンプリング値よりも大きいトリガしきい値を設定しても、オーバーシュートを検出することはできません。右側のグラフでは補間によって波形のサンプリング・レートが 2 倍になっているので、オーバーシュートによるトリガリングが可能です。

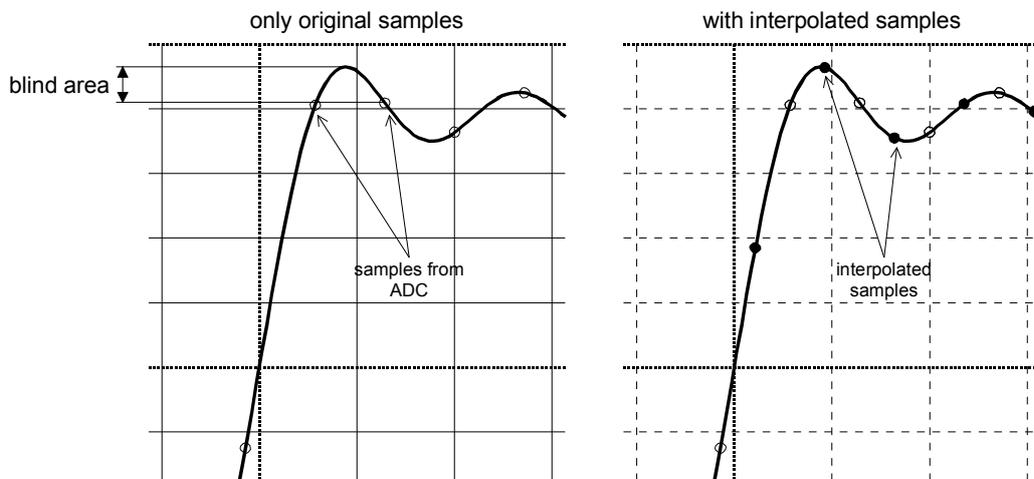


図 7: ブラインド・トリガ・エリアを制限するためのサンプル分解能向上例

例に示した波形内の最大周波数は 3.5 GHz です。この例は、R&S[®]RTO のデジタル・トリガ・システムが、10 G サンプル/秒の A/D コンバータ速度に基づいて、高い周波数成分も安全に検出できることを示しています。

2.3 デジタル・トリガ・システムによるトリガ・ポイントのタイミング決定

任意の時点における有効な測定信号を再現するための重要な要件は、サンプリング定理（ナイキスト基準）が満たされていることです。R&S[®]RTO は、任意の時点における測定信号を、90 dB 超の S/N 比（SNR）で計算できる多相フィルタを使用します。測定信号とトリガしきい値の交点は、精度 250 fs の反復的手法を使用してリアルタイムで計算されます。

Glitch（グリッチ）や Pulse width（パルス幅）といった一部のトリガ・イベントは、タイミング条件に基づくものです。R&S[®]RTO は、しきい値の交点をリアルタイムで決定するので、これらのイベントについて極めて精度の高いトリガリングを行うことができます。トリガ・イベントのタイミングは 1 ps の分解能でセットアップでき、検出できる最小パルス幅は 100 ps です（R&S[®]RTO1044 は 50ps）。

3 R&S®RTO のデジタル・トリガの利点

3.1 リアルタイムの低トリガ・ジッタ

R&S®RTO では、データ捕捉とトリガ処理に同じサンプリング・データを使用することで、1 ps rms¹ という極めて小さいトリガ・ジッタを実現しています。立ち上がり時間 400 ps の 10 MHz クロック信号を使用した場合の、トリガ・ポイントにおけるトリガ・ジッタ判定例を図 8 に示します。

2.1 項に述べたように、R&S®RTO のリアルタイム・デジタル・トリガ・ユニットは、A/D コンバータとデータ捕捉メモリ間の処理経路内に実装されています。ポスト・プロセッシング・アプローチを使用して実装された「ソフトウェア強化」型のトリガ・システムとは異なり、波形を取り込むごとにブラインド時間が追加されることはありません。最小限のトリガ・ジッタと毎秒 100 万波形の最大データ捕捉／解析速度は、R&S®RTO によって初めて標準的なデータ捕捉モードの内でも実現されました。

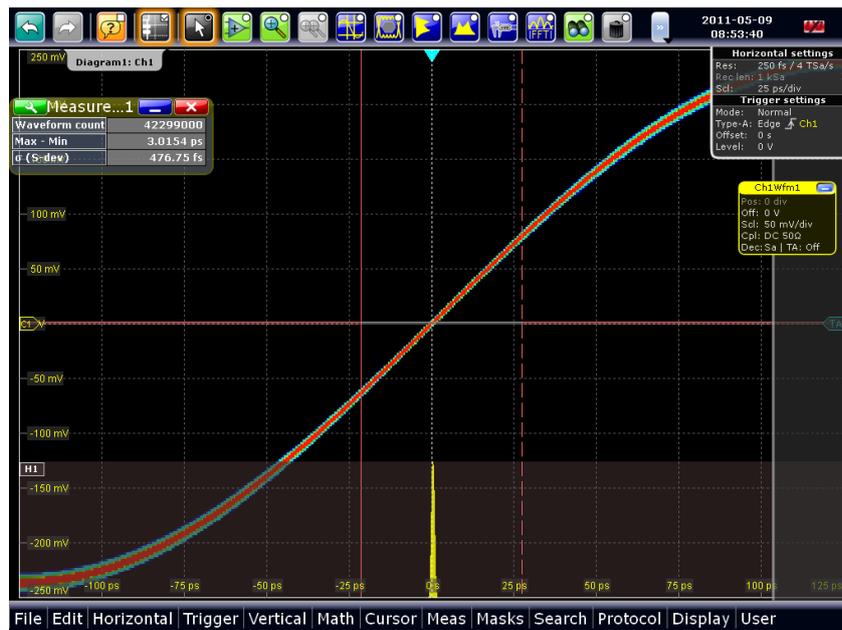


図 8 : ピーク振幅 500 mV の 2 GHz 正弦波信号による固有トリガ・ジッタ



応用のヒント

R&S®RTO オシロスコープに使用可能な OCXO オプションは、時間基準精度を ± 0.2 ppm に改善します。これは、長大なメモリによるデータ捕捉、トリガ・オフセットが大きい場合のデータ捕捉、稀なトリガ・イベント間の時間的關係が問題となるアプリケーションなどの場合、特に有効です。

¹ トリガ・ポイントで測定するトリガ・ジッタの大きさは測定信号の立ち上がり時間によって異なり、信号エッジの立ち上がりが遅いほど、表示されるトリガ・ジッタは大きくなります。

3.2 最適化可能なトリガ感度

トリガ感度に関しては、矛盾する 2 つの要件があります。まず、トリガ・システムには、ノイズの多い信号でも安定したトリガリングができるように、トリガしきい値付近で一定のヒステリシスが必要です（図 9 を参照）。一方で、ヒステリシスが大きいと、信号振幅が小さい場合はトリガ・システムの感度が制限されます。

従来のオシロスコープのトリガ感度は、通常、垂直方向の 1 ディビジョンより大きい値に制限されています。さらに、「Noise Reject」（ノイズ除去）モードでは、ノイズの多い信号のトリガリングを安定させるために大きなヒステリシスを選択することができます。

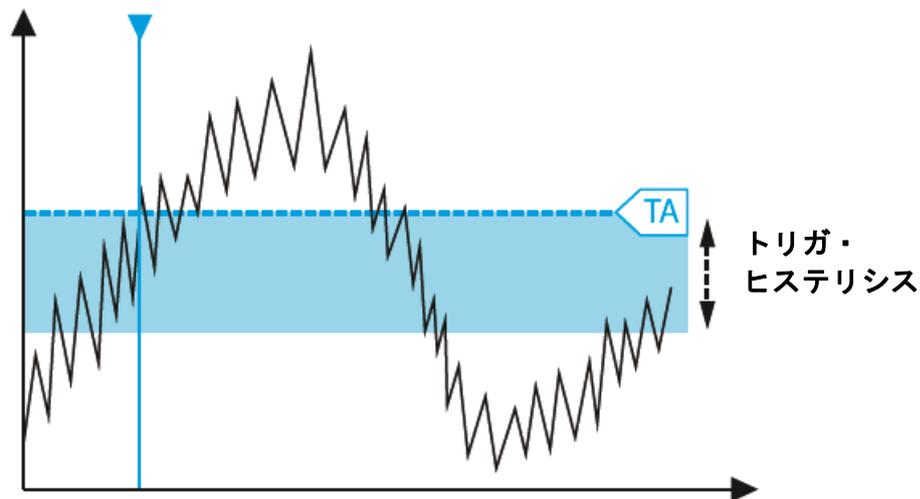


図9：トリガ・レベルのヒステリシスはノイズの多い信号でも安定したトリガリングを実現

R&S®RTO のデジタル・トリガ・システムでは、それぞれの信号特性に合わせてトリガ感度を最適化するために、0~5 div のトリガ・ヒステリシスを個別に設定することができます（図 10）。

- Ⅰ 「Auto」（自動）ヒステリシス・モードでは、R&S®RTO は垂直スケールに応じたヒステリシスを使用します。
- Ⅰ 「Manual」（手動）ヒステリシス・モードでは、ノイズ・レベルの大きい信号でも安定したトリガリングを行うことができるように、ヒステリシスを手動で大きくすることができます（図 9）。
- Ⅰ ヒステリシスをゼロに設定すれば、エッジ速度の速い信号に対して最大のトリガ感度が得られます。

トリガ感度に関して留意すべき R&S®RTO のもう 1 つの利点は、低ノイズのフロントエンドによって、帯域幅を制限することなく入力感度 1 mV/div という高精度のレベル・レンジでトリガリングが可能なことです。

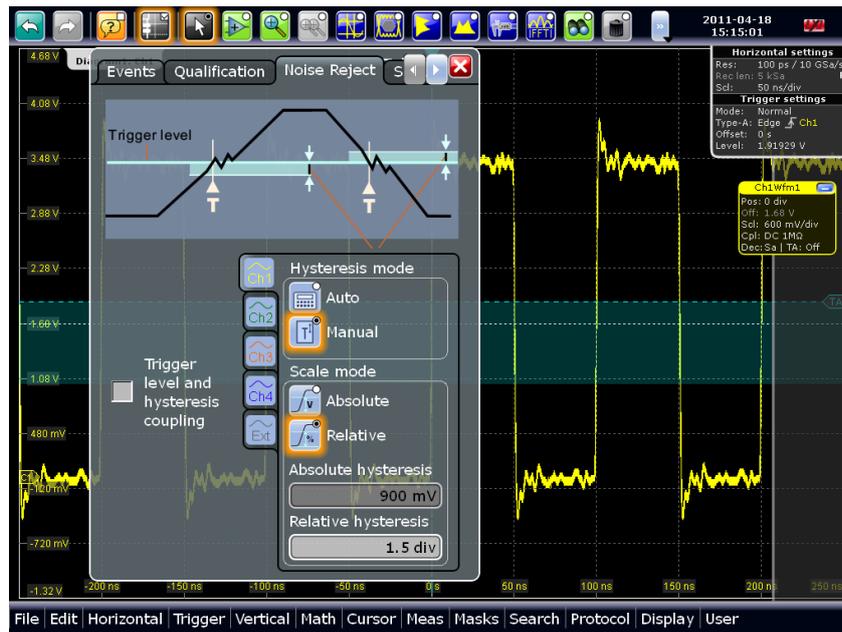


図 10 : R&S®RTO のトリガしきい値のヒステリシスは自由に設定可能で、ゼロに設定すれば最大感度を得られる

3.3 最小検出可能パルス幅

トリガ・システムにおけるその他の重要パラメータは、検出可能な最小パルス幅です。これは、オシロスコープが検出してトリガできる最も狭いパルスに相当します。R&S®RTO ファミリーは、最小 50 ps (R&S®RTO1044 の場合) のパルス、グリッチ、間隔、および立ち上がり/立ち下がり時間に対して安定したトリガリングを行うことができます。

50 ps よりも短く設定されたパルス幅に対する安定したトリガリングの例を図 11 に示します。この例では、立ち上がりエッジでのオーバーシュートが大きい 3.5 V 振幅の TTL 信号を使って、R&S®RTO のトリガ感度を示しています。

この特別な例で重要な点は、最大のトリガ感度を得るために、トリガ・ヒステリシスをゼロに設定する必要があることです。

拡大図では、捕捉されたすべての波形が、パルス幅 50 ps 未満というトリガ条件を満たしていることが分かります。

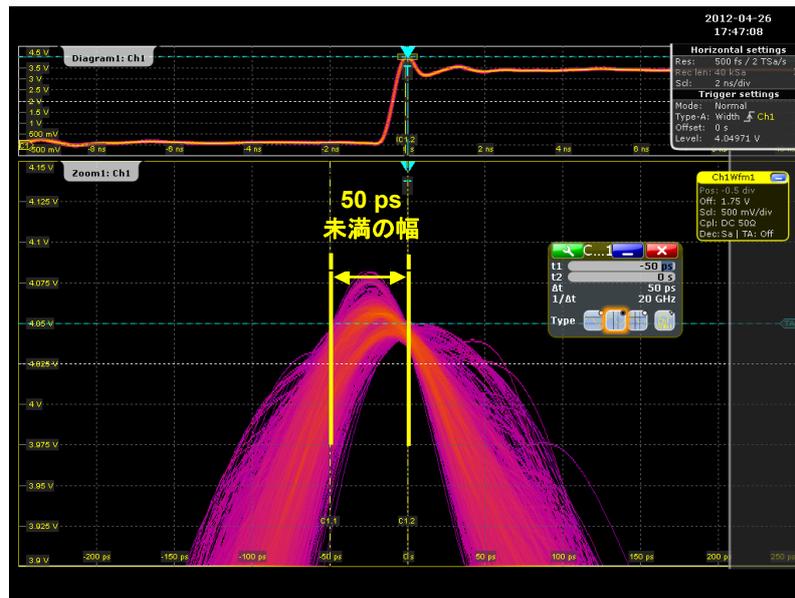


図 11 : パルス幅トリガを 50 ps 未満に設定した R&S®RTO1044 (4 GHz モデル) のトリガリング

3.4 トリガ・イベントに対するマスキングの影響

アナログ・トリガの場合、トリガ決定後は、トリガ回路をリアームして再度使用できるようにするために一定の時間が必要です。このリアーム時間中、オシロスコープは新しいトリガ・イベントに反応できません。リアーム時間中に発生したトリガ・イベントはマスクされます。

これに対し、R&S®RTO のデジタル・トリガ・システムでは、タイム・デジタル・コンバータ (TDC) により、400 ps 以内の間隔 (図 12) と 250 fs の分解能で個々のトリガ・イベントを評価することができます。これは、カウントによるイベント・ホールドオフや、トリガリングに複数の B イベントが必要とされる A-B トリガ・シーケンスなどの高度なトリガ条件を伴うアプリケーションにとって重要な機能です。

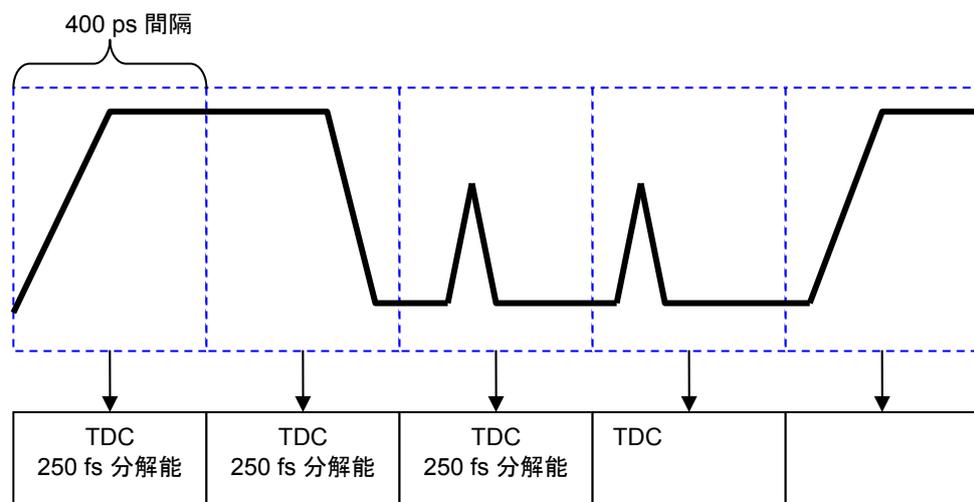


図 12 : R&S®RTO のトリガ・システムは、400 ps の間隔と 250 fs の分解能でトリガ・イベントを検出可能



応用のヒント

最小ブラインド時間 300 ns のウルトラ・セグメント・モードを使用すれば、高速で繰り返されるトリガ・イベントを捕捉することができます。

3.5 トリガ信号の柔軟なフィルタリング

R&S®RTO オシロスコープのデータ捕捉およびトリガ用 ASIC は高い柔軟性を備えており、リアルタイム・パス内にあるデジタル・ローパス・フィルタのカットオフ周波数をプログラミングすることができます。また、トリガ信号と測定信号にも、同じフィルタ設定を使用できます (図 13)。トリガ信号にローパス・フィルタを使用した場合は、トリガリングのために高周波ノイズだけが除去され、測定信号はフィルタがかけられていない状態でキャプチャされて表示されます。

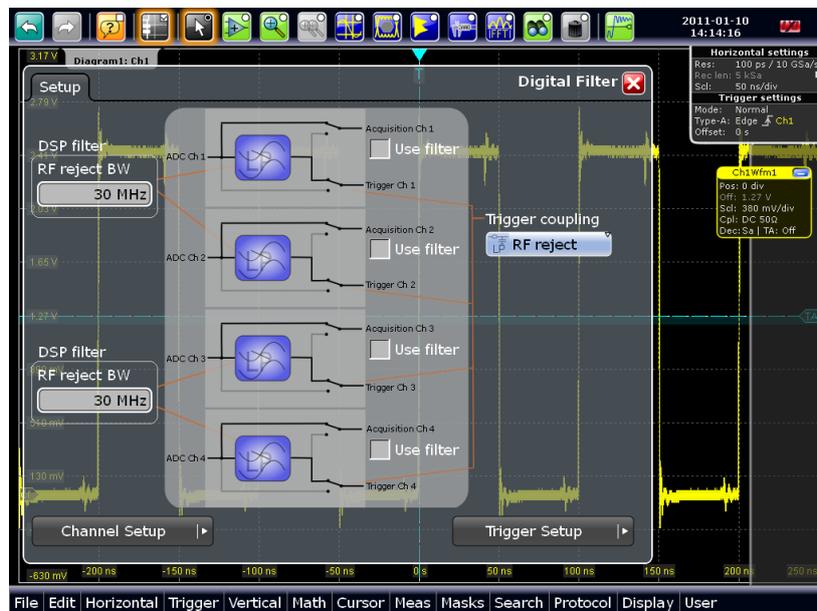


図 13 : 信号の捕捉とトリガのための柔軟なフィルタ定義

関連する応用例を図 14 に示します。この例では、ロジック 1 レベルに達しないデータ・パルスを捉えるために、ユーザがラント・トリガを使用します。最初のオーバーシュートが大きくラント・ウィンドウを超えてしまうので、ラント・トリガしきい値のセットアップは容易ではありません。この解決策は、トリガ信号だけにローパス・フィルタをかけることです。これで、オリジナルの変更されていない測定信号を解析することが可能になります。

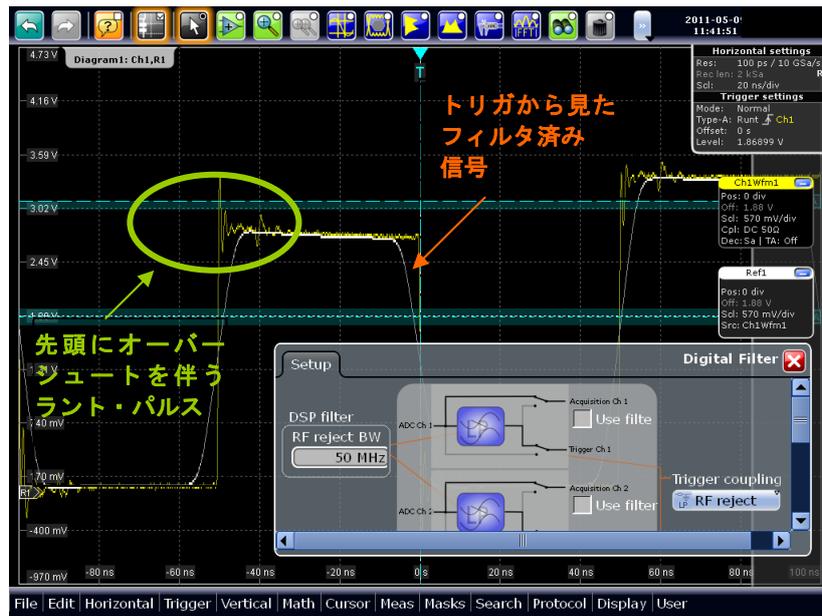


図 14： ラント・パルスのトリガリングー「トリガ信号にだけローパス・フィルタをかけることによって、高速な最初のオーバーシュートを除去

3.6 トリガ・ユニットに対するチャンネル・デスクューの影響

オシロスコープの入力チャンネル間のタイミング関係（スキュー）は、複数信号間の測定やトリガ条件にとって重要です。ケーブルの長さや、プローブ、プローブのポイント位置などが異なっても、チャンネル間でスキューが発生します。標準的なデジタル・オシロスコープは、さまざまな入力の遅延を補正するための信号デスクュー機能を備えています。一般的に、デスクューは A/D コンバータ後段のデータ捕捉パスで処理されるので、標準的なアナログ・トリガからは認識されません。これは、矛盾した信号がスクリーン上に表示されたり、同様の信号がトリガ・システムによって評価されたりするという結果を招きます。

R&S®RTO デジタル・オシロスコープはデータをデジタル化して処理しますが、データ捕捉ユニットとトリガ・ユニットが使うこれらのデータは、いずれも同じものです（図 15）。したがって、チャンネル・デスクューを適用したとしても、ディスプレイに表示される波形とトリガ・ユニットによって処理された信号の間に矛盾が生じることはありません。R&S®RTO はデジタル遅延フィルタを使用するので、1 ps ステップでデスクューを設定することが可能です。

チャンネル間トリガ条件の例としては、1つのチャンネルにおけるトリガ・イベントの確認によるトリガリング（たとえば「Edge」）や、一定のレベルの組み合わせ（「High」状態または「Low」状態）が挙げられます。

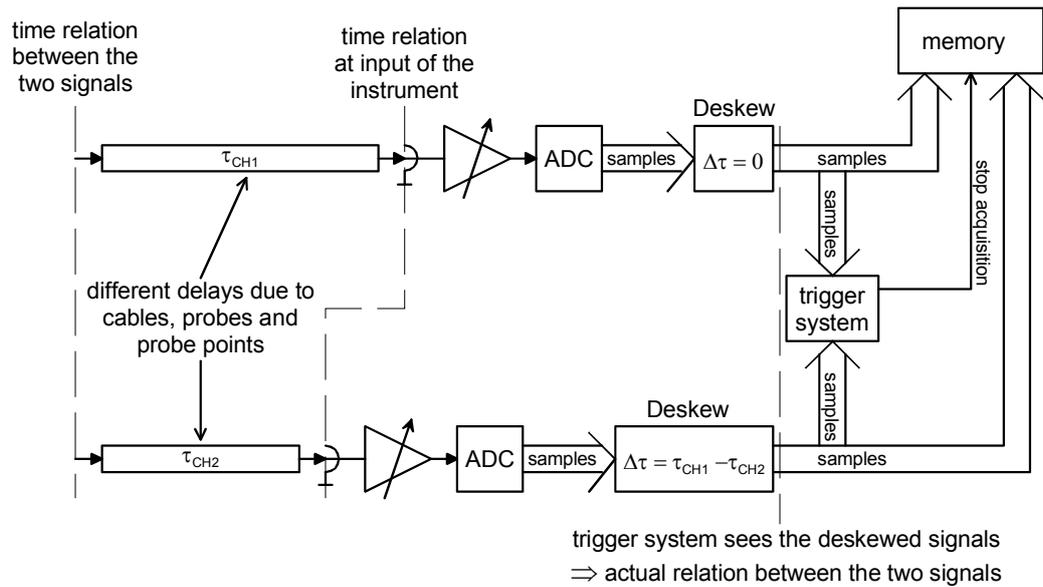


図 15 : R&S®RTO のデジタル・トリガでは、チャンネルの組み合わせによって適切なトリガリングを行うために、チャンネル・デスクューを使用することが可能

3.7 タイムスタンプによるヒストリ・ビュー機能

多くの場合、捕捉された信号の履歴を見直さない限り、エラーの実際の原因をピンポイントで特定することはできません。R&S®RTO オシロスコープでは、過去に捕捉した波形にいつでもアクセスすることができます。どの機能から測定を停止したのかにかかわらず、メモリに保存された波形データは、いつでもすぐに参照して解析することが可能です。さらに、トリガ・イベントの発生時期を明確に特定できるように、すべての波形には個々にタイムスタンプが設定されています。ユーザは、メモリ・オプションに応じ、広範なデータを使用して効率的にデバッグを行うことができます。

ヒストリ・ビュー・ツールは波形の再生を制御出来ます（図 15）。タイムスタンプは、システム・クロックによる絶対時間として、あるいは最後にトリガされた波形に対する相対時間として表示することができます。後者のモードにおけるタイムスタンプの時間分解能は 1 ピコ秒です。長期的に安定したタイミング基準を必要とするアプリケーションには、OCXO 基準発振器（R&S®RTO-B4 ハードウェア・オプション）の高い時間基準精度が役立ちます。



応用のヒント

波形演算、測定機能、マスク試験、あるいはヒストグラム・ツールなど、すべての処理ツールと解析ツールは、波形データの再生中に使用することができます。

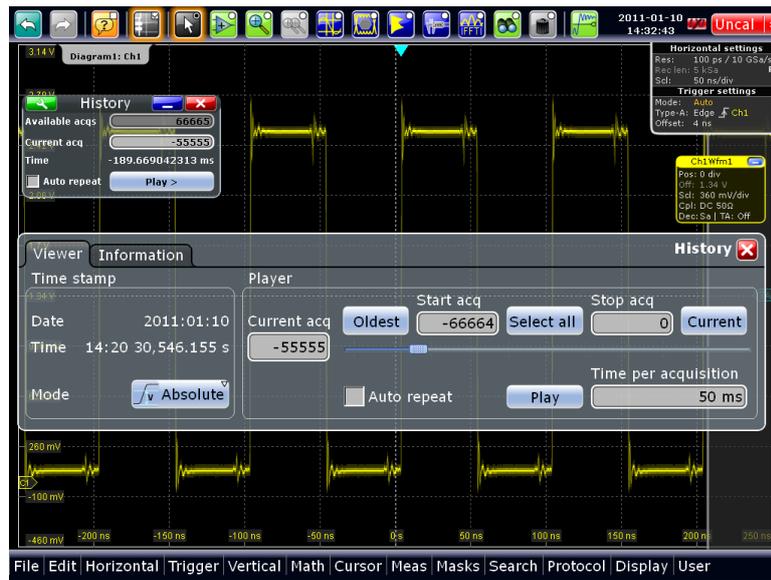


図 16 : ヒストリ・ビュー・ツールを使用すればデータ捕捉メモリ内のすべての波形にアクセス可能

4 まとめ

このアプリケーションノートでは、従来のアナログ・トリガと比較した場合のデジタル・トリガの利点について述べました。デジタル・トリガは、A/D コンバータのサンプリング・データを直接操作することでトリガ・イベントを発生します。このアーキテクチャでは、データの捕捉とトリガに関するタイミングに一貫性を持たせることができるので、測定結果の精度をより高めることが可能です。

R&S®RTO デジタル・オシロスコープの特長はリアルタイムのデジタル・トリガです。これはトリガ・ジッタを非常に低い値に抑えるとともに、極めて高い波形捕捉速度と解析速度を実現します。

R&S®RTO のデジタル・トリガは、全帯域幅にわたる高いトリガ感度とトリガ信号用の調整式デジタル・フィルタによって、高精度の測定を可能にします。

これらの利点は、フロントエンドの広いダイナミックレンジ（ENOB）、高いデータ捕捉速度と分析速度、使いやすいインターフェースといった他の特長とあいまって、R&S®RTO オシロスコープをデバッグおよび解析用の強力なツールにしています。

5 参考文献

- [1] Hickmann, I.: Digital Oscilloscopes, Newnes, 2001
- [2] R&S アプリケーションノート、"The Impact of Digital Oscilloscope Blind Time on Your Measurements"
- [3] R&S 製品ブローシャ、「R&S®RTO デジタル・オシロスコープ」
- [4] R&S ユーザ・マニュアル、「R&S®RTO デジタル・オシロスコープ クイック・ガイド」

6 追加情報

このアプリケーションノートの内容は、予告なく変更あるいは追加されることがあります。弊社ウェブサイトアクセスして、最新版をダウンロードしてください。また、このアプリケーションノートに関するコメントやご意見は、次のアドレスまでお寄せください：
TM-Applications@rohde-schwarz.com

7 オーダー情報

品名	型番	オーダー番号
本体 （付属アクセサリ：チャンネル数と同数の 500 MHz パッシブ・プローブ（10:1）、アクセサリ・バッグ、クイックスタート・ガイド、CD-ROM、電源ケーブル）		
デジタル・オシロスコープ		
帯域幅：600 MHz、メモリ長：20 / 40 M サンプル、チャンネル数：2	R&S®RTO1002	1316.1000.02
帯域幅：600 MHz、メモリ長：20 / 80 M サンプル、チャンネル数：4	R&S®RTO1004	1316.1000.04
帯域幅：1 GHz、メモリ長：20 / 40 M サンプル、チャンネル数：2	R&S®RTO1012	1316.1000.12
帯域幅：1 GHz、メモリ長：20 / 80 M サンプル、チャンネル数：4	R&S®RTO1014	1316.1000.14
帯域幅：2 GHz、メモリ長：20 / 40 M サンプル、チャンネル数：2	R&S®RTO1022	1316.1000.22
帯域幅：2 GHz、メモリ長：20 / 80 M サンプル、チャンネル数：4	R&S®RTO1024	1316.1000.24
帯域幅：4 GHz、メモリ長：20 / 80 M サンプル、チャンネル数：4	R&S®RTO1044	1316.1000.44

ローデ・シュワルツについて

ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。

75年以上前に創業し、世界70カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

本社／東京オフィス

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1

住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

神奈川オフィス

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-8-12

Attend on Tower 16 階

TEL:045-477-3570 (代) FAX:045-471-7678

大阪オフィス

〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20

TEK 第2ビル 8 階

TEL:06-6310-9651 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター

〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11

さくら浦和ビル 4 階

TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com

<http://www.rohde-schwarz.co.jp/>

Certified Quality System
ISO 9001
DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System
ISO 14001
DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツのウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている諸条件に従ってのみ使用することができます。

掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。

おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1 住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp