

最適なオシロスコープの選択

高速更新レート的重要性とは

White paper | Version 01.01

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



目次

1	概要	3
2	更新レートの理解	4
2.1	ブラインドタイムと捕捉率	6
2.2	トリガ再アーミング時間	9
2.3	トリガ捕捉レート	11
2.4	発生頻度の少ない異常の捕捉確率	12
3	オシロスコープ設定が更新レートに与える影響	13
4	さまざまなオシロスコープの比較	14
5	高速な更新レートの利点	15
6	まとめ	18

ローデ・シュワルツの製品

- ▶ R&S®MXO 4シリーズ オシロスコープ
- ▶ R&S®MXO 5シリーズ オシロスコープ
- ▶ R&S®RT06シリーズ オシロスコープ
- ▶ R&S®RTPシリーズ オシロスコープ

1 概要

オシロスコープの更新レート特性の表現はメーカーごとに異なるため、その解釈には混乱や誤解が生じがちです。オシロスコープのメーカーが公表している更新レートは、そのモデルの最高速の収集レートでの値であるのが普通です。更新レートの値はさまざまなオシロスコープ設定によって大きく影響されるため、あるベンダーの更新レート値を別のベンダーの値と比較するのは困難な場合があります。

このドキュメントでは、以下の内容について説明します。

- ▶ 更新レートの説明
- ▶ ユーザー自身で更新レートを簡単に評価する方法
- ▶ ベンダー間で更新レートを比較する方法
- ▶ 高速な更新レートの利点



2 更新レートの理解

更新レートは、オシロスコープが1秒あたりに収集できるデータを表します。同じ意味の用語としては、1秒あたり収集回数、1秒あたり波形数、捕捉レートなどがあります。更新レートは、オシロスコープがラン（繰り返し）モードのときの処理速度に関係し、静的なシングルショット捕捉には当てはまりません。

図1:更新レート評価のためのセットアップ

このセットアップには、高速なトリガイベントを発生する信号、評価対象のオシロスコープ、更新レート測定のための別のオシロスコープが含まれます。平均更新レートを測定するにはカウンターも使用できますが、別のオシロスコープを使用すればさらに詳細な情報が得られます。



単純な更新レート測定を行うことで、その後の考察のための基盤が得られます。

- ▶ 更新レートを測定するオシロスコープに、高速信号を入力します。入力信号の速度は、オシロスコープの更新レートよりもはるかに高速である必要があります。世界最高速のオシロスコープでも、更新レートは1秒あたり500万回未満です。つまり、100 MHzの正弦波なら、1秒あたり1億回のトリガイベントを発生するので、どんなオシロスコープの評価にも十分な速度があります。
- ▶ 評価対象のオシロスコープで、トリガタイプをエッジに、トリガモードをノーマルに設定します。これは、オシロスコープが定義されたトリガイベントだけでトリガするようにするためです。オシロスコープのトリガ出力を、オシロスコープがトリガイベントを捕捉するたびにパルスが発生するように設定します。
- ▶ 別のオシロスコープを使って、トリガ出力のパルスを捕捉します。最初のオシロスコープがトリガイベントを捕捉するたびに、パルス出力が送出されます。パルスは、最初のオシロスコープが捕捉した連続するトリガイベントに対応します。最初のオシロスコープの別のチャンネルでなく別のオシロスコープを使用するのは、最初のオシロスコープの更新レートが、2つめのチャンネルをオンにすることで変化しないようにするためです。オシロスコープの更新レートを測定する場合、カウンターを使えば統計値の概要を簡単に見られますが、オシロスコープを使った場合のような詳細な情報は得られません。例えば、表示更新1回あたりの収集回数や、表示更新の時間と頻度などです。

このドキュメントでは、R&S®MXO 4シリーズの更新レートを評価します。別のオシロスコープとしてR&S®RTO6を使用して、R&S®MXO 4の更新レートを測定します。R&S®MXO 5シリーズの更新レートは、R&S®MXO 4シリーズと比べて、シングルチャンネルの場合は同じ、複数のチャンネルを有効にした場合はより高速です。

ここで使用する100 MHz信号源は、図2の左側に示すように、10 nsごとに最初のオシロスコープにトリガイイベントを供給します。オシロスコープは、トリガするたびにトリガ出力パルスを送出します。トリガ出力パルスのレートを測定することで、オシロスコープの更新レートを判定できます。このR&S®MXO 4シリーズの例では、オシロスコープのトリガ出力パルスから、220 nsごとに1回トリガを捕捉していることがわかります。更新レートは $(1/(220 \text{ ns}))$ 、すなわち1秒あたり450万回です。これはカウンターでも容易に測定できます。

図2: 連続するオシロスコープ収集の間の時間の測定

トリガイイベントは、R&S®MXO 4シリーズ オシロスコープに10 nsごとに供給されます。トリガ出力信号から、オシロスコープトリガの間隔は220 nsであることがわかります。R&S®MXO 4シリーズ オシロスコープのタイムベース設定は20 ns/divです。捕捉は水平軸目盛り10個分なので、合計200 nsとなります。つまり、オシロスコープは収集の終わりごとに1回トリガイイベントを見逃しています。

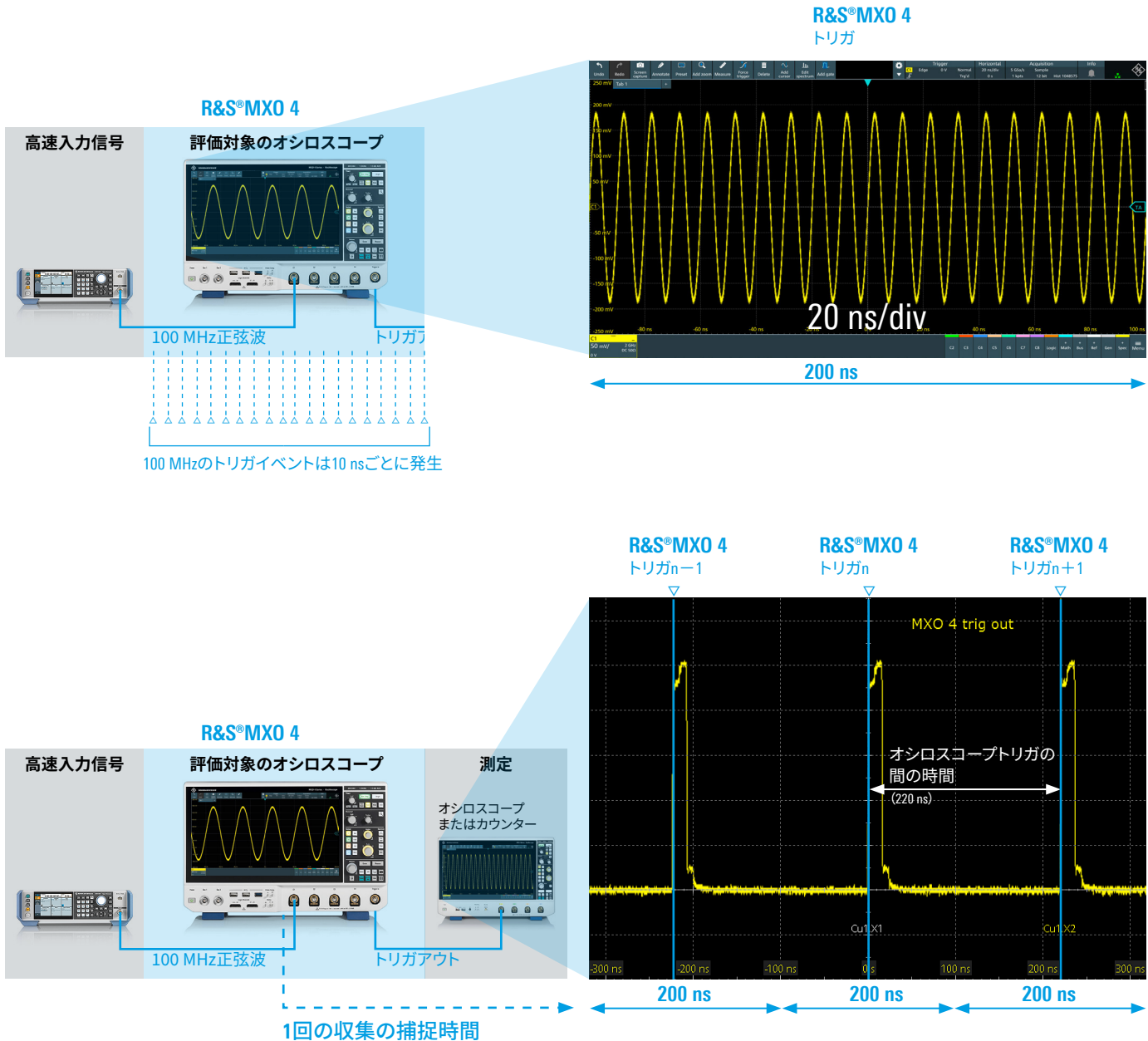
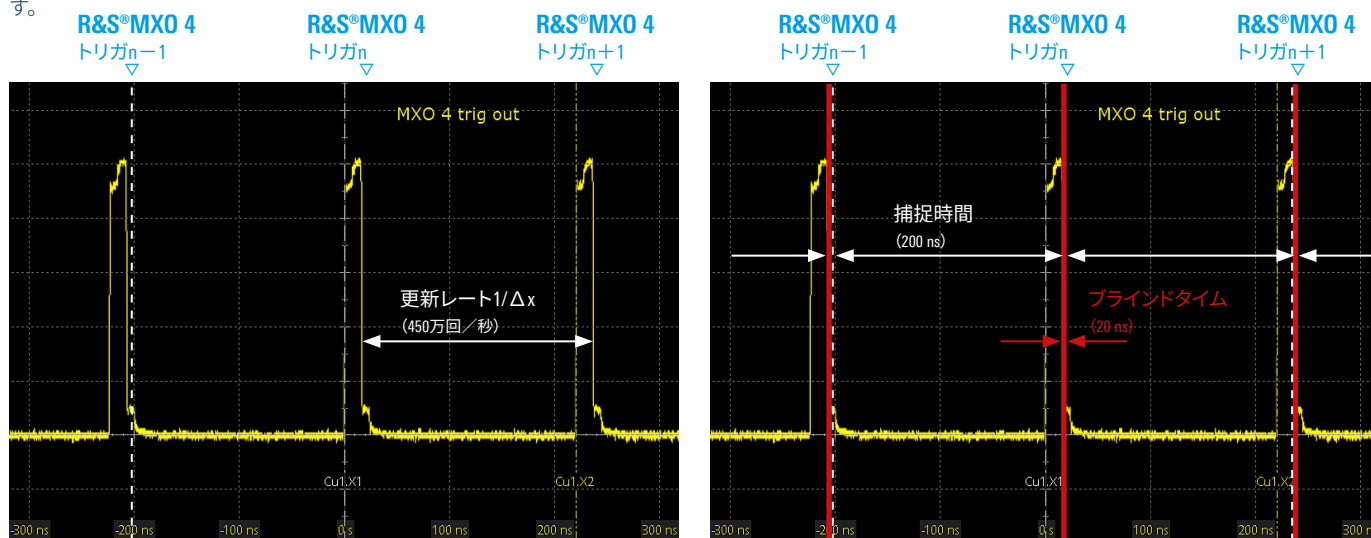


図3:トリガ出力パルスの更新レートとブラインドタイムの計算

オシロスコープのトリガ出力パルスの間隔の逆数が更新レートです。R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズ オシロスコープの場合、これは1秒あたり450万回です。トリガ出力パルスの間隔が220 nsだったことを思い出してください。このオシロスコープは、220 nsごとに200 nsをリアルタイムで捕捉しています。つまり、リアルタイム信号アクティビティの90%がオシロスコープに捕捉されて表示されています。これはオシロスコープとしてはきわめて高い割合です。



この例は、トリガ出力パルスの間隔が均等である理想的な更新レート測定を表しています。実際には、後で説明するように、トリガ出力パルスは一定の間隔で発生するとは限りません。

2.1 ブラインドタイムと捕捉率

ブラインドタイムは、オシロスコープが捕捉しないリアルタイム信号アクティビティの割合を表します。これはデッドタイムと呼ばれることもあります。図1では、更新レートを評価するオシロスコープのタイムベース設定は20 ns/divです。つまり、収集1回ごとに200 nsが捕捉されます。トリガ出力パルスの間隔は220 nsです。すなわち、オシロスコープが収集を終えてトリガを再アームし、次のトリガイイベントを探し始めるまで、20 nsかかっています。この例では、ブラインドタイムは200 nsの捕捉ごとに20 ns、つまり10%です。

今までのデジタルオシロスコープの代表的なブラインドタイムはどの程度でしょうか。ユーザーは、被試験デバイスにオシロスコープをつなげば、即座に信号のすべての詳細を見られることを期待しますが、実際には、アナログオシロスコープでもデジタルオシロスコープでも、ある程度の時間が見逃され、捕捉されません。ブラインドタイムの大きさは、オシロスコープの設定と内部アーキテクチャーによって異なります。R&S®MXO 4シリーズでもR&S®MXO 5シリーズでも、ベストケースの設定で得られるブラインドタイムは、20 ns/divで10%、1 μs/divで1%という業界最高の値です。ほとんどのオシロスコープでは、ノーマルモードで代表的な設定の場合、更新レートは1秒あたり数十回から数千回程度です。つまり、リアルタイム信号アクティビティの1%未満しか捕捉できません。

図4: 同じオシロスコープクラスの3種類のオシロスコープの更新レート、ブラインドタイム、捕捉されるリアルタイム信号の割合の比較

条件の設定: プリセット/デフォルトセットアップ、タイムベース20 ns/div、トリガ: ノーマル

これにより、デフォルトで設定されていない場合でも、最高サンプリングレートが用いられます。ブラインドタイムは、最も低速な測定器の場合で99.9%、最高速の更新レートを持つオシロスコープの場合で14%です。

値	Tektronix MSO 4シリーズ	Keysight 4000Xシリーズ	Rohde & Schwarz R&S®MXO 4シリーズ
入力信号: 100 MHz正弦波			
更新レート (波形/秒)	50	675 000	450万
ブラインドタイム	99.9%	87%	14%
リアルタイム信号捕捉	0.1%	14%	86%
オシロスコープ設定	プリセット/デフォルトセットアップ		
タイムベース	20 ns/div		
トリガ	ノーマル/エッジ/C1		

値	Tektronix MSO 5シリーズ	Keysight EXR/MXRシリーズ	Rohde & Schwarz R&S®MXO 5シリーズ
入力信号: 100 MHz正弦波			
更新レート (波形/秒)	70	17万5,000	450万
ブラインドタイム	99.9%	96.5%	14%
リアルタイム信号捕捉	0.1%	3.5%	86%
オシロスコープ設定	プリセット/デフォルトセットアップ		
タイムベース	20 ns/div		
トリガ	ノーマル/エッジ/C1		

タイムベースを大きくすると、捕捉の時間が長くなるため、更新レートは本質的に低下します。例えば、タイムベース設定が20 nsの場合、オシロスコープの理論的な最高更新レートは $1/(10 \text{ div} \times 20 \text{ ns/div})$ すなわち500万回/秒です。タイムベース設定が200 ns/divの場合、捕捉できる時間は10倍になりますが、理論的な最高更新レートは $1/(10 \text{ div} \times 200 \text{ ns/div})$ すなわち50万回/秒になります。もっと低速なタイムベース、例えば100 $\mu\text{s}/\text{div}$ では、理論的な上限更新レートは $1/(10 \text{ div} \times 100 \mu\text{s}/\text{div})$ すなわち1,000回/秒です。

リアルタイム信号捕捉率は、タイムベース設定と測定更新レートを含む次の式で表されます。

$$\text{捕捉率 (\%)} = (\text{捕捉時間}) / (\text{捕捉時間} + \text{ブラインドタイム})$$

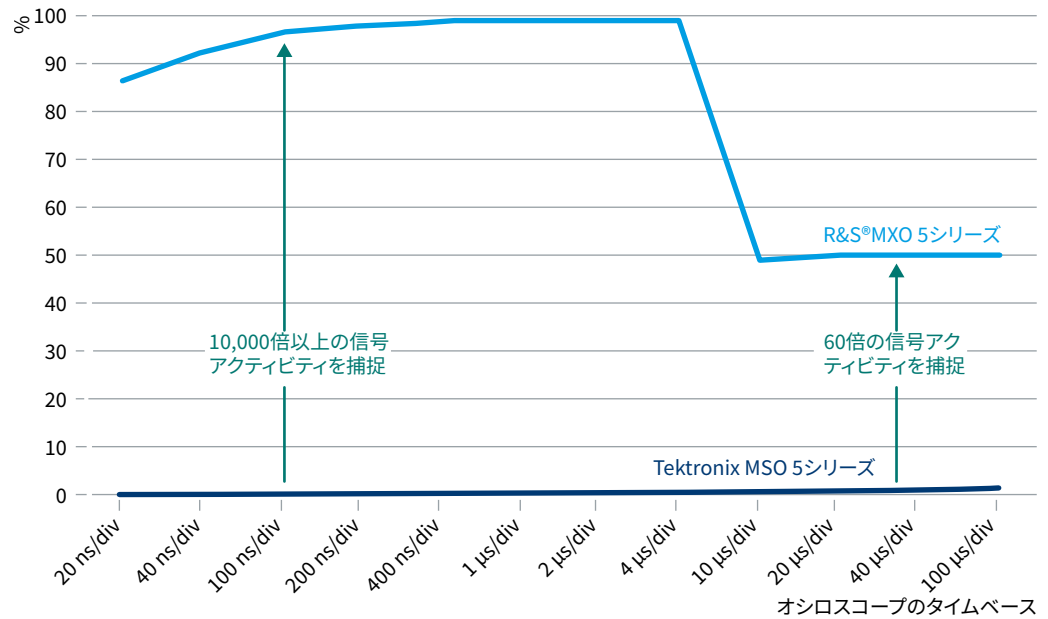
$$\text{捕捉率 (\%)} = (\text{タイムベース} \times 10) / (1 / \text{更新レート})$$

$$\text{捕捉率 (\%)} = (\text{タイムベース} \times 10 \times \text{更新レート})$$



図5:リアルタイム信号アクティビティの割合と水平軸タイムベース設定値の関係を示すプロット

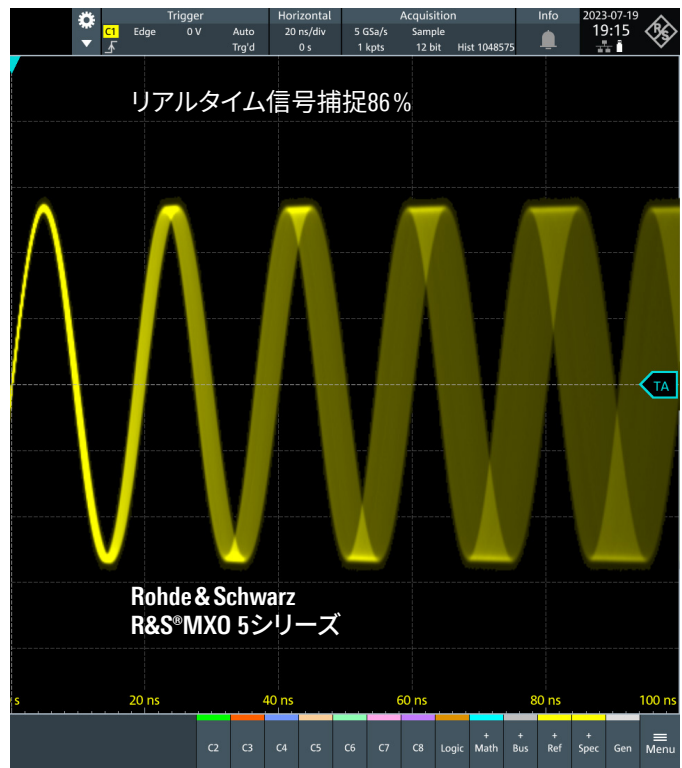
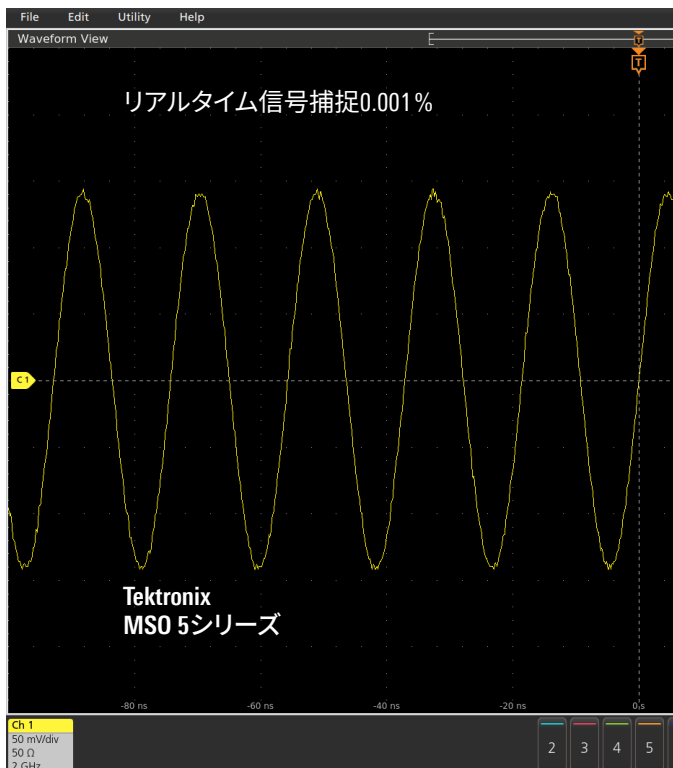
結果のプロットからは、捕捉されるリアルタイム信号の全信号アクティビティに対する割合がわかります。さまざまな水平軸タイムベース設定の間の比較を行うことで、各水平軸設定で捕捉されるリアルタイム収集の割合を知ることができます。どちらのオシロスコープでも、デフォルトセットアップ/プリセットを使用した後、トリガをノーマルに設定しています。



以下に示すのは、50 MHz～55 MHzの掃引正弦波です。リアルタイム信号捕捉率が高い場合は、そのことが簡単にわかりますが、低速な更新レートのおシロスコープでは、何が起きているのかすぐには理解できません。

図6:更新レートが信号の可視化に与える影響

この図では、20 ns/divの入力信号で50 MHz～55 MHzの掃引正弦波を表示しています。リアルタイム信号捕捉率が高いオシロスコープでは、信号の細部を即座に見て取ることができます。



2.2 トリガ再アーミング時間

オシロスコープの更新レートよりはるかに高速にトリガが発生する信号（例えば先に挙げた 100 MHz 正弦波）を考えます。最小トリガ再アーミング時間は、 $1 / ((\text{捕捉されたトリガイイベントの時間間隔}) - (\text{最初のオシロスコープの収集時間}))$ となります。1回の収集が終わるたびに、オシロスコープは捕捉した情報を処理し、その後でトリガを再アーミングして、次のトリガイイベントを探します。オシロスコープがトリガ条件を検出できない時間の長さは、最小トリガ再アーミング時間と呼ばれます。オシロスコープのトリガが次のトリガを探すためにアーミングされるまでの期間に新しいトリガイイベントが発生した場合、トリガイイベントは検出されません。最小再アーミング時間は、オシロスコープメーカーの仕様に記載されている場合があります。これはベストケースの評価であり、特定の1つのセットアップでのみ有効です。

図7: 同じオシロスコープクラスの3種類のオシロスコープで測定されたトリガ再アーミング時間

比較対象のすべてのオシロスコープで 20 ns/div のタイムベース設定を使用した測定結果から、最高速のトリガ再アーミング時間が数十ナノ秒なのに対して、低速なアーキテクチャーのオシロスコープではトリガ再アーミング時間がミリ秒単位なので、70,000倍以上もかかることがわかります。

値	Tektronix MSO 4シリーズ	Keysight 4000Xシリーズ	Rohde & Schwarz R&S®MXO 4シリーズ
トリガ再アーミング時間の測定値	15 ms	1.85 μs	21 ns
オシロスコープ設定	プリセット／デフォルトセットアップ		
タイムベース	20 ns/div		
トリガ	ノーマル／エッジ		

値	Tektronix MSO 5シリーズ	Keysight EXR/MXRシリーズ	Rohde & Schwarz R&S®MXO 5シリーズ
トリガ再アーミング時間の測定値	15 ms	5.6 μs	21 ns
オシロスコープ設定	プリセット／デフォルトセットアップ		
タイムベース	20 ns/div		
トリガ	ノーマル／エッジ		

多くのエンジニアは、最小トリガ再アーミング時間のほうが更新レート仕様よりも重要だと考えています。最小トリガ再アーミング時間の値は特定の設定に固有であり、ユーザーはトリガイイベントの発生間隔がどれだけ短くなる可能性があるかを多くの場合に可視化できます。最小トリガ再アーミング時間を知ることで、ユーザーはオシロスコープがどの程度の割合の信号トリガイイベントを見逃すかを予測できます。更新レートと同様、トリガ再アーミング時間はオシロスコープ設定に応じて変化します。例えば、デコードをオンにした場合、トリガ再アーミング時間が低速なオシロスコープでは、トリガ再アーミング時間がトリガイイベントの間隔よりも長くなり、間隔の狭い2つのイベントが見逃される可能性があります。

トリガ再アーミング時間を決める要因の1つは、トリガアーキテクチャーです。デジタルトリガのオシロスコープのほうが、再アーミング時間は短くなります。アナログオシロスコープのトリガは、技術的実装のためにトリガ再アーミング時間が長くなります。

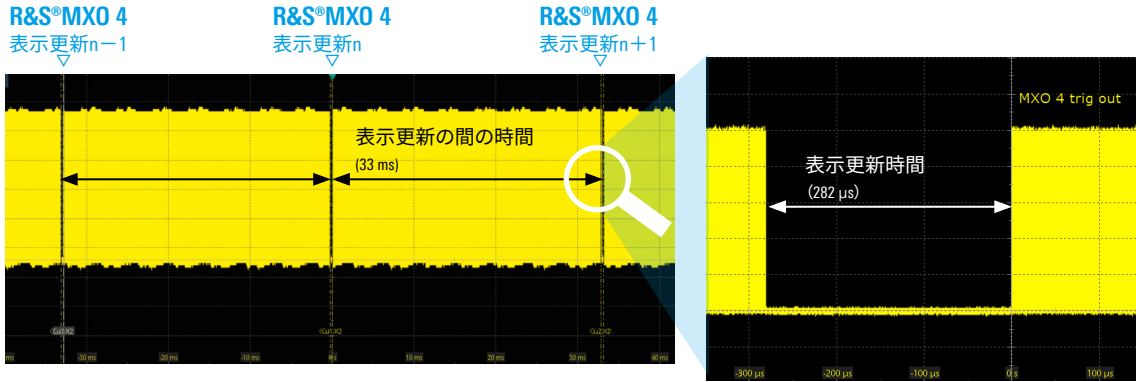
オシロスコープの更新レートと表示更新レート

評価のセットアップに戻ると、2台目のオシロスコープのタイムベースを低速にすることで、トリガ出力の動作をより広い範囲で観察できます。収集回数が多い場合、トリガパルスが発生しないギャップの期間が存在することがあります。このギャップは、前の収集結果によって表示を更新するのにかかる時間に対応します。

R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズの表示は、33 msごと、すなわち1秒あたり30回更新されます。450万回／秒の収集の場合、1回の表示更新は150,000の収集波形から構成されます。アルゴリズム（通常はASICに実装）によって、すべての収集値が結合され、収集波形を表現するために各ピクセルをどれだけ明るく表示するかが決定されます。可変残光表示や無限残光表示などのオシロスコープ設定をオンにした場合、アルゴリズムはその情報も考慮します。デコード、測定値、その他のテキストベースの結果などの要素については、テキストが上書きされないように、表示更新のたびに1回だけ更新が行われます。

図8: オシロスコープの表示更新サイクル

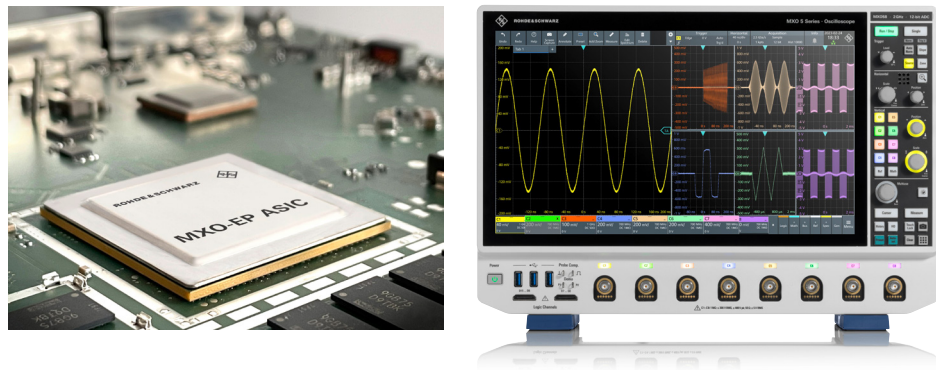
黄色の領域は、多数のシーケンシャルトリガ出力パルスを示しています。黄色の領域の間のギャップは、前回の表示更新の後のすべての新しい収集結果でオシロスコープの表示を更新するのにかかる時間です。この表示更新ギャップの幅は、オシロスコープが表示を更新するのにかかる時間と一致します。この時間の間は、トリガイイベントは探されません。この表示更新ギャップ時間もブラインドタイムであり、収集が行われないギャップ時間の長さは、オシロスコープのアーキテクチャーによって異なります。測定器メーカーは通常、ベストケースの更新レート値を提供する際に、このブラインドタイムギャップ領域を含めていません。R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズの場合、測定されたギャップ幅は282 μs です。この時間の間、オシロスコープは新しいトリガイイベントを検出できません。



このギャップをなくす方法の1つは、オシロスコープをセグメントモードで動作させ、すべてのセグメントが記憶された後で表示を更新させることです。一部のオシロスコープではセグメント間の更新レートのほうが高速なので、オシロスコープメーカーによってはセグメント間のレートを最高更新レートとして公表している場合もあります。このような場合、異なるベンダー間での相当する更新レート値の信頼できる比較が困難になります。セグメントモードはノーマルモードに比べて制約がある上、オシロスコープが繰り返し動作する場合は、ノーマルモードの更新レートのほうがよく当てはまります。

図9: R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズ オシロスコープの更新レートの向上に寄与する重要なテクノロジーブロックであるMXO-EP (Extreme Performance) ASIC

このASICは、12ビットのサンプルやデジタル信号を処理するもので、デジタルトリガ処理ユニット回路を内蔵しています。この26 nm CMOSチップは、3,600万ゲートで、アグリゲートスループットは200 Gbit/sです。



2.3 トリガ捕捉レート

トリガ捕捉レートは、 $1 / (\text{捕捉時間} + \text{トリガ再アーミング時間} + \text{次のトリガイイベントまでの時間})$ です。分母の各項は、どれも支配的になる可能性があります。

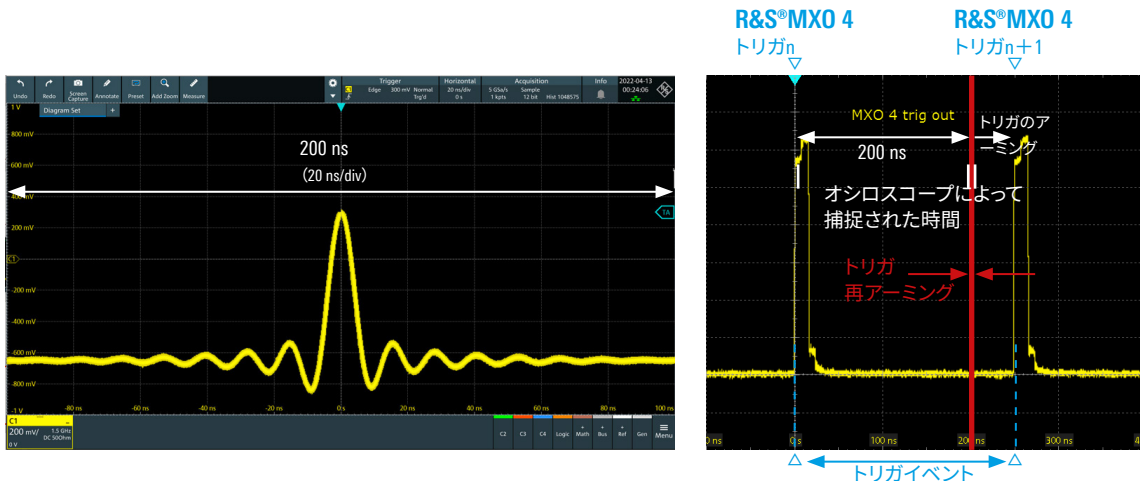
- ▶ オシロスコープのタイムベースが低速な値 (100 ms/divなど) に設定されている場合、10目盛り分の時間が捕捉されるので、1回の収集にかかる時間は1秒です。したがって、可能な最高トリガ捕捉レートは1/sより少し低速になります。
- ▶ 高速なタイムベース (1 ns/divなど) と高速な信号トリガイイベントレート (トリガイイベント1,000万回/秒など) の場合、トリガ再アーミング時間が支配的になります。
- ▶ トリガイイベントの発生レートがもっとも低速な場合 (5秒に1回など)、次のトリガイイベントまでの時間が支配的になります。

トリガレートは、オシロスコープがトリガイイベントを見逃さずに捕捉して処理できるトリガイイベントの最大レートを表します。トリガ再アーミングレートが高速なオシロスコープでは、捕捉できるトリガイイベントの割合が大きいのにに対し、トリガ再アーミングレートが低速なオシロスコープでは、見逃されるトリガイイベントの割合が大きくなります。ユーザーがオシロスコープのトリガ条件を設定した場合、オシロスコープがトリガイイベントの最初の発生を見つけてトリガし、捕捉することは保証されています。ただし、トリガイイベントを含む最初の収集をオシロスコープが処理している間に、後続のいくつかのトリガイイベントが見逃される可能性があります。トリガが再アーミングされて次のトリガイイベントを見つめられるようになるまでの間、オシロスコープは後続のトリガイイベントを検出できません。

トリガ捕捉レートの評価に役立つ例を見てみましょう。入力信号として適するのは、短時間のバースト信号があり、バースト間にアイドル時間が存在するものです。この種の挙動を示す信号としては、sinc関数 (別名カーディナルサイン、または $\sin(x)/x$) があります。バースト間にアイドル時間がある信号を使うと、トリガ捕捉レートと、見逃されるトリガイイベントの数を判定するのが容易になります。sinc入力信号は、250 nsごと、すなわち4 MHzのレートで繰り返されます。

図10: トリガイイベントレートが更新レートに与える影響

トリガイイベントが250 nsごとに繰り返される (トリガレート4 MHz) 入力信号の場合、R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズ オシロスコープは、1回の収集で200 nsを捕捉し、再アーミングも高速なので、100%のトリガイイベントを捕捉できます。



R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズ オシロスコープでタイムベース設定が20 ns/divの場合、オシロスコープは1回の収集で200 nsを捕捉します。最小トリガ再アーミング時間は、前に21 nsと測定されています。トリガイイベントの間隔が250 ns、1回の収集が200 ns、トリガ再アーミング時間が21 nsなので、R&S®MXO 4は100%のトリガイイベントを捕捉します。テスト信号周波数を上げていくと、430万回/秒まではトリガイイベント捕捉レートは100%です。

2.4 発生頻度の少ない異常の捕捉確率

発生頻度の少ないイベントであっても、それを捕捉するトリガをセットアップできれば、オシロスコープは少なくともその最初のインスタンスを捕捉します。トリガをセットアップする方法はわからないが、発生頻度の少ないイベントが起きていると思われる場合はどうすればいいでしょうか？高速な更新レートの利点の1つは、まれなイベントをオシロスコープ上でより頻繁に観察できることです。

使用しているオシロスコープがまれなイベントを表示する確率はどの程度でしょうか？それは、オシロスコープ設定、監視時間、まれなイベントの発生頻度によって異なります。オシロスコープでまれなイベントを観察できる確率を定義する式があります。

$$\text{オシロスコープでまれなイベントを観察できる確率} = 100 \times (1 - [1 - E \times A]^{(U \times T)})$$

T=監視時間(オシロスコープが被試験デバイスに接続された状態でユーザーが待っている時間)

E=まれなイベントの発生レート

A=オシロスコープの収集時間(10×タイムベース設定)

U=オシロスコープの更新レート

まれなイベントの発生頻度が高いほど、オシロスコープで観察できる確率も高まります。オシロスコープの収集回数が多いほど、それらの収集のうちに異常が含まれる可能性が高まります。オシロスコープの更新はどの程度高速でしょうか？更新レートが高いオシロスコープのほうが、更新レートが低いオシロスコープに比べて、同じ監視時間内に発生頻度の少ないイベントを見つけられる確率が高まります。

図11: 同じオシロスコープクラスの3種類のオシロスコープの更新レート、グリッチ値、監視時間の比較

オシロスコープで発生頻度の少ない信号異常を観察できる確率は、オシロスコープの更新レート、監視時間、およびまれなイベントの発生頻度に関連しています。更新レートが高いオシロスコープのほうが、一定のユーザー監視時間で発生頻度の少ないイベントを観察できる確率が大幅に高まります。デフォルト設定と20 ns/divのタイムベースを使用した場合、以下の3種類のオシロスコープのグリッチ捕捉確率は、97 %から1 %までにわたります。

値	Tektronix MSO 4シリーズ	Keysight 4000Xシリーズ	Rohde & Schwarz R&S®MXO 4シリーズ
更新レート(波形/秒)	50	675 000	450万
グリッチ発生レート	2/s		
監視時間	3 s		
グリッチ捕捉確率	0.006 %	56.000 %	99.4 %
オシロスコープ設定	プリセット/デフォルトセットアップ		
タイムベース	20 ns/div		
トリガ	ノーマル/エッジ/C1		

値	Tektronix MSO 5シリーズ	Keysight EXR/MXRシリーズ	Rohde & Schwarz R&S®MXO 5シリーズ
更新レート(波形/秒)	70	172 000	450万
グリッチ発生レート	2/s		
監視時間	3 s		
グリッチ捕捉確率	0.008 %	18.6 %	99.4 %
オシロスコープ設定	プリセット/デフォルトセットアップ		
タイムベース	20 ns/div		
トリガ	ノーマル/エッジ/C1		

3 オシロスコープ設定が更新レートに与える影響

オシロスコープの更新レートは、単一の静的な値ではありません。更新レートは、さまざまな測定器設定に影響されます。実際には、ほとんどのオシロスコープ設定が更新レートに何らかの影響を与えます。処理の中にはハードウェアによって高速化されるものもありますが、その他の処理はソフトウェアで実装されています。特定の設定が更新レートにどの程度影響するかは、ベンダーやオシロスコープファミリーによって大きく異なります。メーカーの更新レート値を理解するには、他のオシロスコープ設定を一定に保った状態で評価する必要があります。

更新レートに影響するオシロスコープ設定は数多くあります。以下にその例を挙げます。

- ▶ ソース信号でオシロスコープのトリガパラメータに一致するイベントが発生する回数
 - 更新レートは、本質的に入力信号から発生するトリガイベントの数以下になります。
- ▶ オシロスコープのタイムベース
 - 更新レートは、各収集で捕捉される時間の長さよりも本質的に低速になります。
 - R&S®MXOシリーズ オシロスコープの更新レートが最高になるのは20 ns/divの場合です。
- ▶ メモリ長
 - すべてのオシロスコープで、捕捉メモリ長を増やすと更新レートは低下します。メモリが多いほど必要な処理も増えるので、メモリ長は更新レートに大きな影響を与えます。
- ▶ その他
 - 複数のアナログ入力で共通の処理ブロックが使用されている場合、有効にされているチャネルの数が更新レートに影響します。
 - 一部のオシロスコープでは、ロジック (MSO) チャネルが更新レートに影響します。
 - カーソルオン: オシロスコープは一般的に最小デルタ測定を行っており、この追加の処理が更新レートに影響します。
 - 測定を行うと更新レートは低下します。
 - 演算を使用すると、追加の処理が必要になります。
 - シリアルバスデコードには追加の処理が必要なので、更新レートが低下します。
 - FFT、アイダイアグラム、ジッタ解析、帯域幅制限 (DSPまたはソフトウェア)、ディエンベディングといった計算負荷の高いアルゴリズムは、処理能力を消費するため、更新レートを低下させます。
 - 収集モード (補間、高分解能／高解像度モード)

4 さまざまなオシロスコープの比較

オシロスコープベンダーが公表している更新レート値は、最大の更新レートを得るために選ばれた設定を使用して測定された単一の値であるのが普通です。有効な比較を行うには、両方のオシロスコープで同じ設定を使用する必要があります。単純な演算機能をオンにした場合、あるオシロスコープでは更新レートが1,000分の1に低下するのに対し、別のオシロスコープでは2分の1にしかならないかもしれません。

ベンダーによっては、公表されている更新レートが特別なモードでのみ得られる最大値であって、ノーマルモードでの更新レートは非常に低い場合があります。特別なモードでの更新レートは一見高速に見えても、そういったモードには必ずトレードオフが伴います。例えば、特別なモードでは1 Kポイントのメモリしかサポートされず、重大なエリアジングが生じる可能性があるかもしれません。あるいは、特別なモードはアナログ波形のみに当てはまり、演算、FFT、シリアルデコードなどの機能を使用すると更新レートが大きく低下するかもしれません。

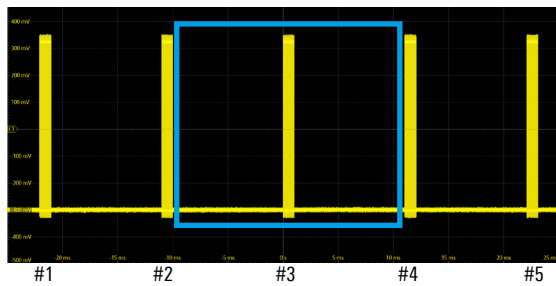
もう1つ注意が必要なのは、更新レート値がセグメント／シーケンスメモリのみに当てはまり、通常の繰り返しモードには当てはまらない場合です。セグメントメモリの場合、オシロスコープが特定の数のセグメントを収集した後で、すべて同時にディスプレイに描画するように設定できます。ベンダーがセグメントモード動作のみに当てはまる最大更新レートや最小トリガ再アームング時間を公表するのは、ノーマルモードでの更新レートが競合他社より劣るためであることが多いのです。

図12: 更新レートはオシロスコープが繰り返し動作している場合に最もよく当てはまるスループット指標

オシロスコープがセグメントモード(シーケンスモード)で動作している場合、更新レート値が当てはまるのは単一のセグメントのみであり、収集はシングルショットで行われます。

従来のシングルショット収集

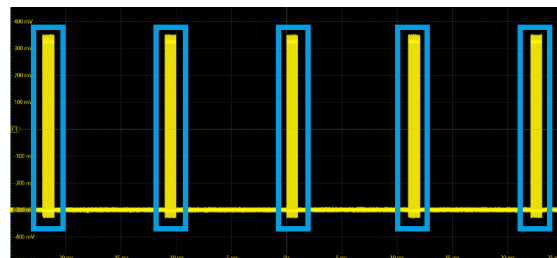
合計収集時間 = メモリ長 ÷ サンプルングレート



セグメント

セグメントメモリ収集

1セグメント当たりの収集時間 = メモリ長 ÷ セグメント数



セグメント

5 高速な更新レートの利点

更新レートが高速なオシロスコープには、低速なものに比べてさまざまな利点があります。

正確で優れた信号の可視化

更新レートが高速なオシロスコープでは、一定の監視時間内に観察できるリアルタイム動作の割合が大きくなります。更新レートが高速なオシロスコープでは優れた信号の可視化が得られるので、多くの場合に結果の波形トレースが太くなります。更新レートが低速なオシロスコープでは通常波形が細くなりますが、無限残光表示をオンにして長時間待てば、より正確な波形が得られます。

図13: 信号の可視化

右側の測定器は更新レートが高速であり、50 MHz～55 MHz掃引正弦波を正確に表示しています。左側の低速なオシロスコープで信号を正確に表現するには、無限残光表示に切り替えて、同等の表示が得られるまでしばらく待つ必要があります。

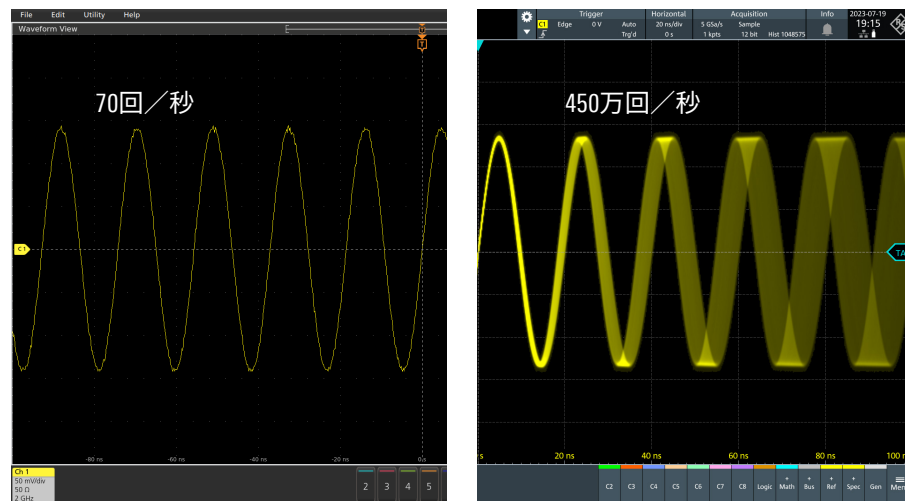


図14: 高速な更新レートがオシロスコープでのスペクトラム成分の正確な表示に与える影響

左側のTektronix MSO 5シリーズでは、タイムベース20 ns/divでスペクトラムをオンにした場合、更新レートが60 FFT/sであるのに対し、右側のR&S®MXO 5シリーズの更新レートは45,000 FFT/sです。

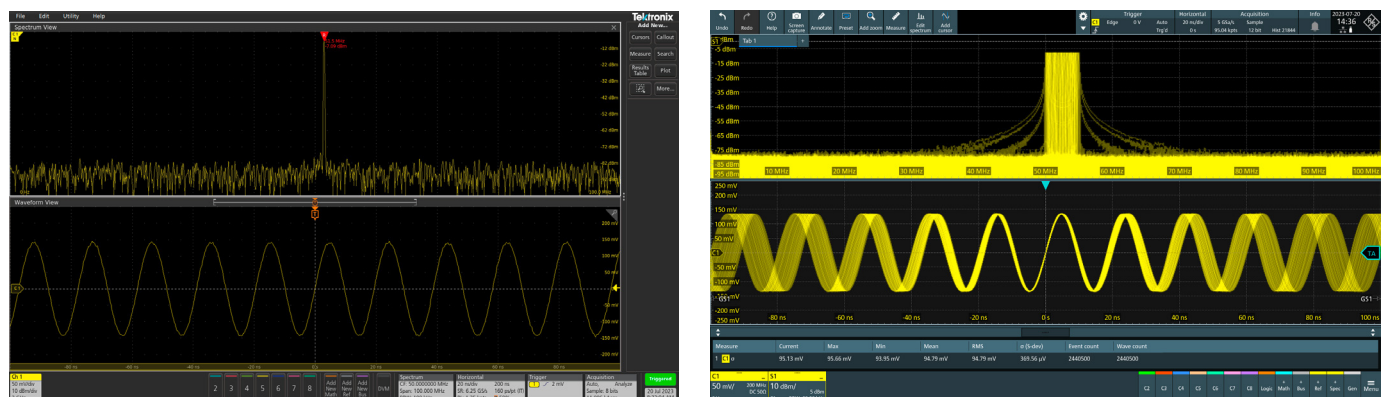
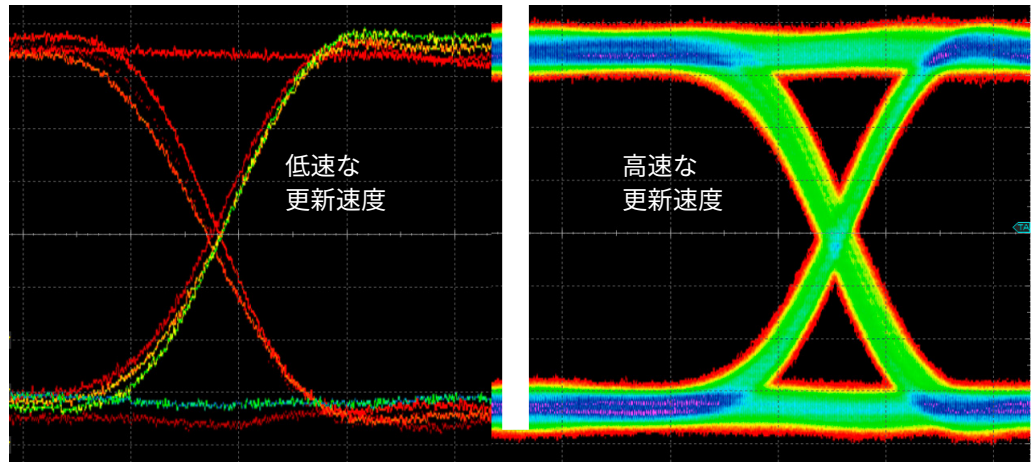


図15:更新レートが低速なオシロスコープと高速なオシロスコープでの変調信号とアイダイアグラムの比較



間隔の狭いトリガイベントでトリガする能力

最小トリガ再アーミング時間が短いオシロスコープでは、トリガ再アーミング時間が長いオシロスコープで見逃される間隔の狭いイベントを捕捉できます。大容量メモリ、プロトコルトリガ、演算／測定機能の追加使用といった、トリガ再アーミング時間に影響する機能を使用する場合、この差はますます大きくなります。トリガ再アーミング時間が長いオシロスコープでは、見逃されるトリガイベントの割合が大きくなり、発生頻度の少ないイベントを捕捉する確率が下がるので、テスト全体の時間も長くなります。

テストの速度

更新レートが高速なオシロスコープを使えば、テストを高速化できます。更新レートが高速なオシロスコープでは、低速なオシロスコープに比べて、はるかに短い時間で必要な洞察を得ることができます。解析はオシロスコープの更新レートに大きな影響を与えます。ハードウェアベースの解析機能を備えたオシロスコープは、解析をオンにしても速度があまり下がりにません。例えば、R&S®RTO6およびR&S®RTP (Bモデル) オシロスコープの場合、ヒストグラム解析はハードウェアで実行されるので、更新レートに影響しません。

使いやすさ／応答性の向上

更新レートが高速なオシロスコープのほうが、ユーザー体感をはるかに快適になります。オシロスコープは制御設定の変更にすばやく反応するので、動作についての高い信頼感が得られます。更新レートが低速なオシロスコープでは、設定を変更しても反応が鈍いので、ユーザーは変更が受け付けられたかどうかには確信が持てません。

統計の高速な収束

更新レートが高速なオシロスコープでは、測定統計がより速く収束します。パワーレールの自動測定を1,000回行ってワーストケースの違反を確認する場合、測定をオンにして1秒あたり1,000回更新できるオシロスコープでは1秒しかかからないのに対し、測定をオンにすると1秒あたり5回しか更新しないオシロスコープでは3分半近くもかかります。

図16: 同クラスの2機種のオシロスコープで5,000回のV (RMS) 測定値の定量化にかかる時間

R&S®MXO 5シリーズ オシロスコープの「フリーラン」トリガモードは、パワーインテグリティやEMIなど、トリガが不要なアプリケーションに役立ちます。オシロスコープは、トリガ条件を探さずに、できるだけ速く再収集を実行します。

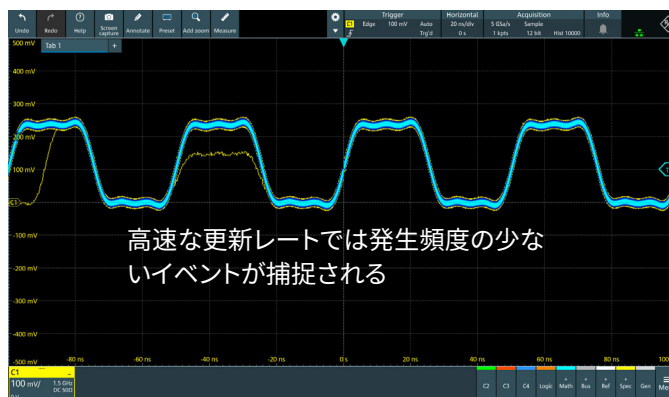


発生頻度の少ないイベントの観察

グリッチなどの信号異常を観察できるかどうかは、更新レート、監視時間、グリッチの発生レートによって決まります。

図17: 更新レートの比較

更新レートが低速なオシロスコープでは、発生頻度の少ないイベントの大半が見逃されるのに対し、R&S®MXO 5シリーズのように更新レートが高速なオシロスコープを使えば、発生頻度の少ないイベントを発見できます。



6 まとめ

新しいオシロスコープを選ぶ際に、更新レートは第1に考慮すべき要因の1つです。高速な更新レートはユーザーにとって大きな利点があり、更新レートは日常的なユーザー体感の重要な一部です。他の特長の多くが利点とトレードオフの両方を持つのに対し、高速な更新レートにはマイナス面がありません。帯域幅、メモリ長、サンプリングレートに次いで、オシロスコープの更新レートは、多くの場合にその次に重要な仕様／特性です。

オシロスコープメーカーは、各オシロスコープファミリーについてベストケースの更新レートを公表しています。更新レートを比較する際には、同じ設定を使用するよう注意が必要です。デフォルトセットアップ(プリセット)の後で、繰り返し実行とノーマルモードで評価した更新レートが、最も重要で現実的な更新レートです。更新レートは、別のオシロスコープまたはカウンターを使って簡単に評価できます。更新レートに影響するオシロスコープ設定は数多くあります。

ローデ・シュワルツはASIC処理テクノロジーに投資しており、ローデ・シュワルツのオシロスコープは業界最高の更新レート性能を備えています。

図18: ローデ・シュワルツのASICテクノロジーへの投資

このテクノロジーにより、特別なモードやセグメントモードだけに当てはまる更新レート値に頼らずに、業界最高速の更新レートを実現しています。ASICテクノロジーを採用して最高速の更新レートを実現しているローデ・シュワルツの測定器には、R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5シリーズ、R&S®RT06、R&S®RTPがあります。



R&S®MXO 4シリーズ	R&S®MXO 5シリーズ	R&S®RTO6シリーズ	R&S®RTPシリーズ
これは、次世代のR&S®MXOオシロスコープの最初のモデルです。これらの測定器にはMXO-EP (Extreme Performance) ASICテクノロジーが組み込まれており、ノーマルモードで450万波形／秒という業界最高速の速度を実現します。このASICは、その他のさまざまなオシロスコープ機能のハードウェアアクセラレーションも可能にします。	これは、最大8チャンネルを備える次世代のR&S®MXOオシロスコープの最初のモデルです。これらの測定器にはMXO-EP (Extreme Performance) ASICテクノロジーが組み込まれており、最大4チャンネルにわたりノーマルモードで450万波形／秒、および45,000 FFT/sという業界最高速の速度を実現します。このASICは、その他のさまざまなオシロスコープ機能のハードウェアアクセラレーションも可能にします。	この測定器には、ローデ・シュワルツが開発したASICが組み込まれており、最大100万波形／秒を実現します。R&S®RTO6は、このクラスで最高の更新レートを備えています。この測定器は、FFT、マスクテスト、ヒストグラムといった機能に対する優れたハードウェアアクセラレーションを備えています。	この測定器には、R&S®RTO6と同じバックエンド処理用ASICが組み込まれており、600,000波形／秒の更新レートを達成します。ディエンベディングやCDRなどのさまざまな解析機能に対するハードウェアアクセラレーションを備えています。

ローデ・シュワルツ

ローデ・シュワルツはテクノロジーグループとして、電子計測、テクノロジーシステム、ネットワーク／サイバーセキュリティの分野の最先端ソリューションを提供することで、安全でつながり合った世界の実現を先導する役割を果たしています。創業から90年を超えるこのグループは、全世界の産業界と政府機関のお客様にとっての信頼できるパートナーです。本社をドイツのミュンヘンに構え、独立した企業として、70か国以上で独自の販売／サービスネットワークを展開しています。

www.rohde-schwarz.com/jp

ローデ・シュワルツ カスタマーサポート

www.rohde-schwarz.com/support



R&S® は、ドイツRohde & Schwarz の商標または登録商標です。
掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。
PD 3609.0543.56 | Version 01.01 | 12月 2023 (sk) | White paper
最適なオシロスコープの選択: 高速更新レートの重要性とは
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。

© 2023 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Munich, Germany

