最適なオシロスコープの選択

大容量メモリの重要性とは

White paper | Version 01.00

ROHDE&SCHWARZ

Make ideas real

目次

1 概要 3

2 捕捉メモリの定義 4
2.1 容量が大きいほど良いのか 4

3 メモリ長は固定値ではない 5
3.1 チャネル数 5
3.2 シングルモードとランモード 6

4 大容量メモリ 6
4.1 大容量の定義 6
4.2 アプリケーション例 7

5 メモリ、サンプリングレート、帯域幅の関係 8
5.1 指定したサンプリングレートで捕捉時間を長くする 8
5.2 長時間の捕捉を行う際に必要なサンプリングレートを維持する 8
5.3 関係の依存関係 9

6 セグメントメモリ 11

7 シリアルバスデコードとメモリ 12

8 まとめ 13

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®RTA4000 シリーズ オシロスコープ
- ▶ R&S®RTB2000 シリーズ オシロスコープ
- ▶ R&S®RTM3000 シリーズ オシロスコープ
- ▶ R&S®RTO6 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

オシロスコープのユーザーは、最も重要な3つの仕様である帯域幅、サンプリングレート、メモリ長の評価を常に行っています。このアプリケーションノートでは、捕捉メモリに関連するオシロスコープ選択時の注意事項について説明します。大容量メモリを備えたオシロスコープを選択すると、トラブルシューティングやデバッグに要する時間を大幅に節約できます。

単一の指標のみで判断するのではなく、オシロスコープのメモリ長の「有効性」と品質を評価することも重要です。メモリ長の特性と利点を理解することで、目的のニーズやアプリケーションに適したオシロスコープを選択することができます。

このアプリケーションノートでは、以下の内容について説明します。

- ▶ オシロスコープの捕捉メモリを定義する方法について
- ▶ メモリと他のオシロスコープのパラメータの間の関係について
- ▶ 大容量メモリが効果を発揮する例

2　捕捉メモリの定義

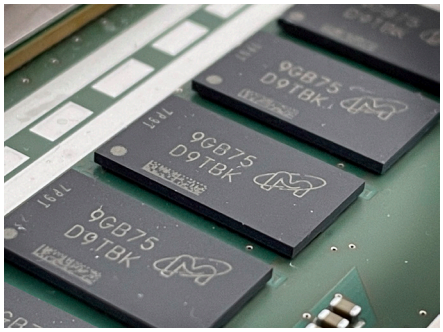
捕捉メモリは、メモリ（M）やレコード長（RL）とも呼ばれ、オシロスコープの捕捉ごとに記録できるサンプル数を表します。捕捉メモリの単位はサンプルです。サンプリングレート（Mサンプル／秒）やメモリ長（Mサンプル）と混同しないようにするため、通常、ポイント（Mポイント）と呼ばれます。メモリ長は、測定器のサンプリングレートに捕捉時間を乗じたものに等しくなります。

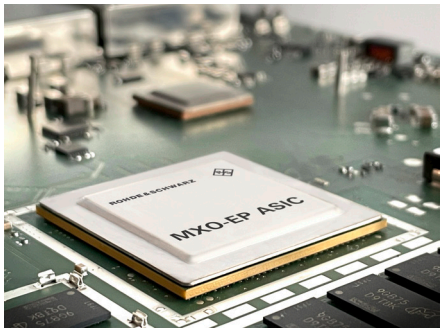
捕捉メモリ = (サンプリングレート) × (捕捉時間)

1つのチャネルでシングル捕捉で1 Mサンプルのレコード長を捕捉するオシロスコープの捕捉メモリは1 Mポイントです。複数のチャネルで同時に1 Mポイントのメモリを捕捉する場合も、レコード長は1 Mポイントと定義されます。サンプルポイントに8ビットADCを使用していても、垂直軸情報が16倍多い12ビットADCを使用していても、単一メモリポイントになります。

図1：R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5 シリーズ オシロスコープは、大容量メモリの高速更新レートを維持するためのMXO-EP（Extreme Performance）ASICテクノロジーを搭載

業界最速の大容量メモリ更新レートを実現する28 nm CMOS ASICには、3,600万のゲートが搭載されており、200 Gビット／秒を処理できます。





2.1　容量が大きいほど良いのか

他の特性がすべて同じであれば、メモリ容量の大きなオシロスコープの方が、捕捉メモリの少ないオシロスコープよりも有用です。しかし、追加メモリを使用してメモリを増やすことには、トレードオフが伴います。オシロスコープは、大きな処理能力を必要とする測定器です。使用するメモリを増やすと、処理に必要な要件も大きくなるため、オシロスコープ全体の動作が遅くなります。オシロスコープでは捕捉メモリを無限に利用できるが、使用するのは必要な容量だけで、オシロスコープの応答性を維持するため、特定のアプリケーションではそれ以上メモリを使用しないというのが理想的です。

実際には、ほとんどのユーザーは現在使用しているオシロスコープに搭載されているメモリ容量を認識しておらず、利用可能なメモリを使ってデバッグやテストを行う方法を工夫する傾向があります。新しいオシロスコープを選択する際には、多くの場合、将来のニーズに備えて保険として追加メモリを購入します。実際に新しいオシロスコープに移行してみると、小さなメモリ容量でどうやって作業していたのか不思議に思うことになります。

標準か有料オプションか

オシロスコープでは、購入時に標準構成として提供される捕捉メモリの基本容量が決まっています。かつて、オシロスコープメーカーは、総捕捉メモリ容量ごとに異なるバージョンのハードウェアを生産していました。2000年代初頭に、オシロスコープメーカーは、使用可能な最大容量のメモリを搭載した1つのハードウェアプラットフォームを製造する方が経済性が高いことに気付きました。オシロスコープはこの捕捉メモリの一部を使用可能な状態にした標準構成で提供され、ユーザーは購入後にソフトウェアライセンスを使って利用可能な捕捉メモリを増やすことができます。使用できるメモリ容量を少なくして購入価格を抑え、必要になったときにライセンスを使ってメモリ容量を増やせる柔軟性は、多くのユーザーからも支持されていました。オシロスコープメーカーは、仕様書に基本メモリ容量を記載しており、有料オプションで使用できる捕捉メモリ長

の追加に関連するメモリ容量の仕様についても説明しています。しかし、多くの場合、データシートを見ないと、メーカーのメモリ値がオシロスコープに搭載されている基本メモリ容量なのか、有料オプションで利用できる最大容量なのかわかりません。

3　メモリ長は固定値ではない

複数の仕様を表記している製品を購入したら、それらの仕様が同時に使えなかったという経験をお持ちではないでしょうか。すべてのオシロスコープメーカーが捕捉メモリ長を同じように表記している訳ではありません。通常、オシロスコープメーカーは、メモリ長の仕様を目立つように表記していますが、異なるオシロスコープ設定ではこのメモリ長が利用できなくなる場合があります。ほとんどのオシロスコープアーキテクチャーには、メモリ長と他のオシロスコープ設定にトレードオフの関係があります。ここで、よくあるトレードオフの関係をいくつかご紹介します。

3.1　チャネル数

オシロスコープアーキテクチャーの内部には、メモリコントローラーと一定容量の捕捉メモリがあります。これは、通常、FISO (Fast In Slow Out) DDRメモリアーキテクチャーです。チャネル、基準波形、その他の機能で共有されるため、システム内で利用可能なすべてのDDRメモリは、これよりはるかに大きな容量になります。

図2：多くのオシロスコープには、利用できるチャネル数とチャネルごとに使用できる最大メモリ容量の間にトレードオフの関係がある

多くのオシロスコープアーキテクチャーで提供されている最大メモリ仕様では、アナログチャネルの半分がオンになったときに最大メモリが適用され、同じ処理／ストレージパスを共有するアナログチャネルが同時に有効化されたときにこれが2分の1になります。例えば、チャネル1だけが有効化されているときには、オシロスコープのメモリ長は4 Mポイントですが、チャネル2が追加で有効になると、チャネルあたりのメモリ長が2 Mポイントになります。

多くのオシロスコープでは、アナログチャネルとデジタルチャネルでメモリアーキテクチャーを共有しています。デジタルチャネルのサンプルは、わずか1ビットであるため、使用されるサンプルスペースはデジタルチャネルの方が少なくなります。しかし、通常、デジタルチャネルは一度に8または16チャネルの単位でオンになるため、全体のメモリ使用量は大きくなる可能性があります。例えば、単一チャネルで捕捉メモリが4 Mポイントのオシロスコープは、2つのチャネルが有効になったときにメモリ長が2 Mポイントになり、さらに、MSOの論理チャネルがオンになったときにはメモリ長が1 Mポイントになります。

3.2　シングルモードとランモード

オシロスコープのアーキテクチャーによっては、オシロスコープを繰り返し実行するか、シングル捕捉を行うかで、最大メモリ長仕様が異なる場合があります。シングルショット捕捉では、最大メモリ長が確実に適用されます。しかし、オシロスコープを繰り返し実行する場合には、この値が半分になる可能性があります。高速処理アーキテクチャーを備えたオシロスコープでは、2つの捕捉エンジンがシーケンシャルに実行され、捕捉メモリにシーケンシャルにデータが保存されます。ランモードでは、個々の捕捉エンジンが半分のメモリにアクセスできます。シングルモードでは、更新レートが重要でないため、1つのエンジンのみが実行され、この2倍の記憶容量にアクセスできます。また、シングルモードでもランモードでもメモリ長が変わらないオシロスコープもあります。これは、オシロスコープのアーキテクチャーによって異なり、オシロスコープを設計する際の考え方に左右されます。

上記の例の単一チャネルで捕捉メモリが4 Mポイントのオシロスコープの場合、2チャネルでメモリ長が2 Mポイントになり、さらにデジタルが追加されると1 Mポイントになります。ランモードの場合、このオシロスコープは512,000ポイントに低下します。

4　大容量メモリ

4.1　大容量の定義

大容量メモリの定義はメーカーによって異なり、時代とともに変化してきました。初期のデジタルオシロスコープの捕捉メモリは、数百ポイント単位でしたが、1990年代には数千ポイント単位に進化しました。現在のオシロスコープの捕捉メモリ長は、一般に数十～数百Mポイントになっています。競合製品が自社製品の100倍の捕捉メモリ容量を搭載している場合でも、メーカーは大容量メモリを搭載していることをうたうでしょう。これは特に、発売されてから長い期間を経過したオシロスコープに言えることです。これらの製品が発売された当初は大容量メモリを搭載していると見なされていましたが、今では最新の競合製品と比べてメモリ容量が小さくなっています。大容量メモリを搭載したオシロスコープは、さまざまな種類の組み込みハードウェアのテストに役立ちます。

4.2 アプリケーション例

長時間の捕捉が必要

電源の起動時間は、「人的」時間で何かが行われる典型的な例です。パワーシーケンスには数十ミリ秒を要します。電圧レールをオン／オフするのに広い帯域幅や高速シリアルバスは必要ありませんが、他のシステムコンポーネントには、パワーシーケンスイベントと並行して広い帯域幅での解析が必要な信号が存在します。このため、十分な帯域幅で十分な時間の捕捉を行うのに、大容量メモリが非常に役立ちます。

根本原因や症状や時間的に離れている

問題の原因が、観測可能な症状から時間的にかなり離れている場合があります。大容量メモリがあれば、症状を切り分けて、根本原因を突き止めるのに役立ちます。

複雑な問題を解決する必要がある

オシロスコープの大容量メモリは、問題を迅速に解決するのに役立ちます。電磁波障害（EMI）やクロストーク／クロスカップリングおよび関連する問題は、設計のさまざまな部分に悪影響もたらす可能性があります。多くの場合、問題の発生したデバイスはフルスピードで動いていますが、問題の原因はミリ秒または秒単位で発生しています。

シリアルバス

通常、I^2C、SPI、RS-232、CAN、LINなどの低速シリアルバスは、デジタル設計の制御要素として使用されます。多くの場合、これらはシステムに対する変化やアクションの起点であるため、これらを使用してトラブルシューティングやシステム動作の解明を行います。プロトコルトリガは便利ですが、多くの場合、原因究明を行うには数多くのデータバーストやデータパケットを可視化する必要があります。数多くのバーストを可視化するのによく使用される2つの方法（オシロスコープのサンプリングレートを下げる、セグメントメモリで多数のパケットを可視化する）には、トレードオフの関係があります。サンプリングレートを下げて長時間の捕捉を行う場合、シリアルバスのサンプリングが少なすぎて、トリガやデコードを正しく行えないリスクがあります。セグメントメモリを使用すると、トリガイベント間を可視化できなくなります。また、多くの場合、オシロスコープでは所定のセグメント内のパケットの解析しか行えず、セグメント全体での解析は行えないため、可能な解析が制限されます。

詳細な解析が必要な場合

いくつかのアプリケーションでは、ユーザーはできる限り多くの情報を収集してから、データの解析を行う必要があります。このような大量のデータを収集してから解析を行うアプローチでは、オシロスコープツールや解析アプリケーションを使って詳細な解析を行うことができます。
また、MATLAB®やPythonスクリプトを使って測定器での捕捉のオフロードが必要になることがあります。

5　メモリ、サンプリングレート、帯域幅の関係

多くのユーザーは、メモリ長、サンプリングレート、帯域幅を、定数値を持つ互いに無関係な仕様だと考えていますが、実際にはこれらには密接な関連があります。

捕捉メモリ = (サンプリングレート) × (捕捉時間)

5.1　指定したサンプリングレートで捕捉時間を長くする

$$Time\ captured = \frac{Acquisition\ memory}{Sample\ rate}$$

図3：メモリ容量を大きくすると、所定のサンプリングレートでオシロスコープでの捕捉時間を長くすることができる

多くのユーザーは、一定の時間またはできるだけ長い時間捕捉を行いたいと考えています。サンプリングレートが一定の場合、メモリ容量を大きくすることで、ユーザーが捕捉できる時間を長くすることができます。この利点は明らかで、広く認められています。メモリ容量を増やすと、ユーザーは必要なサンプリングレートや、さらに高速なサンプリングレートを維持することができます。こうすることで信頼度を確保し、低速信号と高速信号を組み合わせて捕捉する際の柔軟性を高めることができます。

5.2　長時間の捕捉を行う際に必要なサンプリングレートを維持する

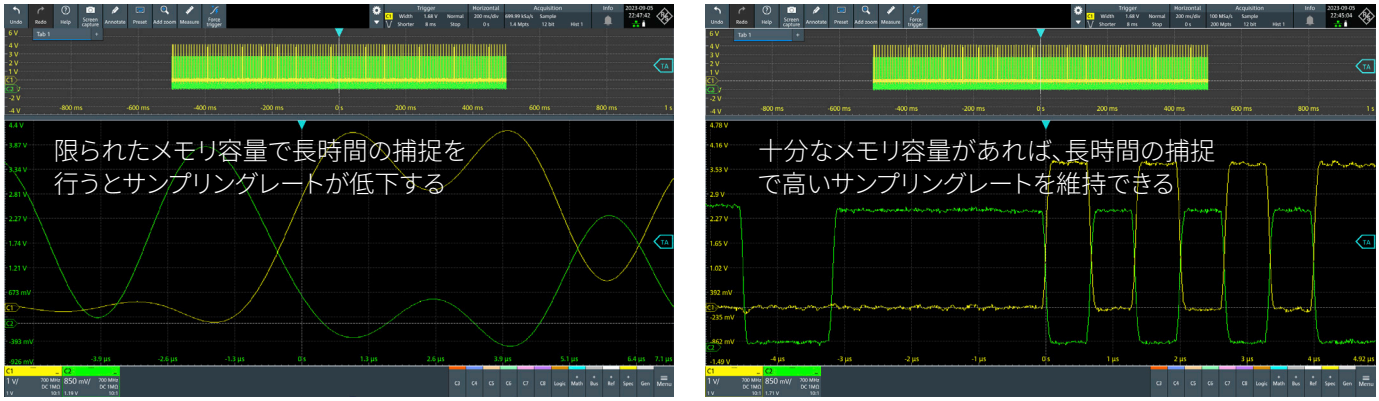
$$Sample\ rate = \frac{Time\ captured}{Acquisition\ memory}$$

ユーザーが捕捉時間を長くするためオシロスコープのタイムベースを遅い設定に変更した場合、最大メモリ容量に達するまで捕捉レートは一定に維持されます。このポイントを超えてさらに長い時間捕捉を行う場合、オシロスコープはサンプリングレートを下げる必要があります。さらに長い時間の捕捉を行うようにタイムベースを設定すると、サンプリングレートはさらに下がります。

多くの場合、これはオシロスコープの定格帯域幅に合わない低すぎるサンプリングレートになります。信号がアンダーサンプリングされ、エリアジングが発生する可能性があります。測定結果が有効なものにならないため、これはフラストレーションを招く原因になります。オシロスコープの帯域幅が1 GHzだと考えているユーザーは、サンプリングレートが1 MHzの帯域幅にしか対応していないことに気付かないかもしれません。

ユーザーの測定に大きな問題があっても、オシロスコープからそのことが通知されることはありません。オシロスコープは、定格帯域幅に対してサンプリングレートが足りていないため、アンダーサンプリングやエリアジングが起きていることをユーザーに通知するように設計されていません。メインディスプレイにサンプリングレートが常時表示されないオシロスコープでは、こうした問題を見つけるのはさらに難しくなります。低速信号と高速信号を組み合わせたデザインでは、メモリ容量を大きくして、高速信号に対応できるサンプリングレートを使って長時間の捕捉を行うことは非常に有効です。

図4：メモリ容量を大きくすると、サンプリングレートを下げずにオシロスコープで長時間の捕捉を行うことができる



5.3　相互的な依存関係

デフォルトで、ほとんどのオシロスコープは使用するメモリ量を制限しています。こうすることで大容量メモリが使用できる場合にオシロスコープの動作が遅くならないようにしています。例えば、あるメーカーのメモリ長のデフォルトリミット値は1.25 Mポイントで、別のメーカーのデフォルトリミット値は10 Mポイントですが、どちらのオシロスコープでも、それぞれのデフォルト値よりも大きな最大メモリ長を利用できます。

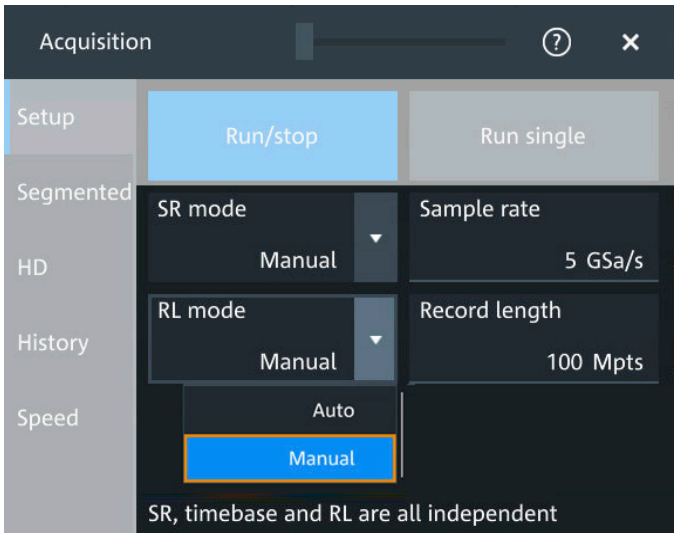
図5：オシロスコープのレコード長リミット設定

デフォルトでは、オシロスコープの更新レートを高速化するため、
この値は低い値に設定されます。ユーザーはこの値を大きくすることで、
オシロスコープで使用する利用可能メモリを手動で増やすことができます。

オシロスコープでこの擬似的なデフォルトリミット値よりも多くのメモリを使用できるようにするには、ユーザーがオシロスコープの設定を手動で変更する必要があります。この変更を行うには、ユーザーが捕捉設定ダイアログを開く必要があります。このダイアログでは、少なくともサンプリングレートの制御を行うことができます。一部のオシロスコープでは、ユーザーがサンプリングレートを独立して制御できないようになっています。また、このオシロスコープでは、ユーザーがタイムベース、サンプリングレート、メモリ長を独立して制御できないようになっていることもあります。

こうした依存関係は想定されておらず、回避策もないため、これはユーザーのフラストレーションを招く原因になります。ユーザーがこれらの3つの設定を独立して制御できるオシロスコープでは、一部の状況で役立つ画面外の捕捉を行うことができます。

図6：R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5 シリーズでは、ユーザーはサンプリングレート、レコード長（メモリ）、タイムベースのすべてを独立して設定できる



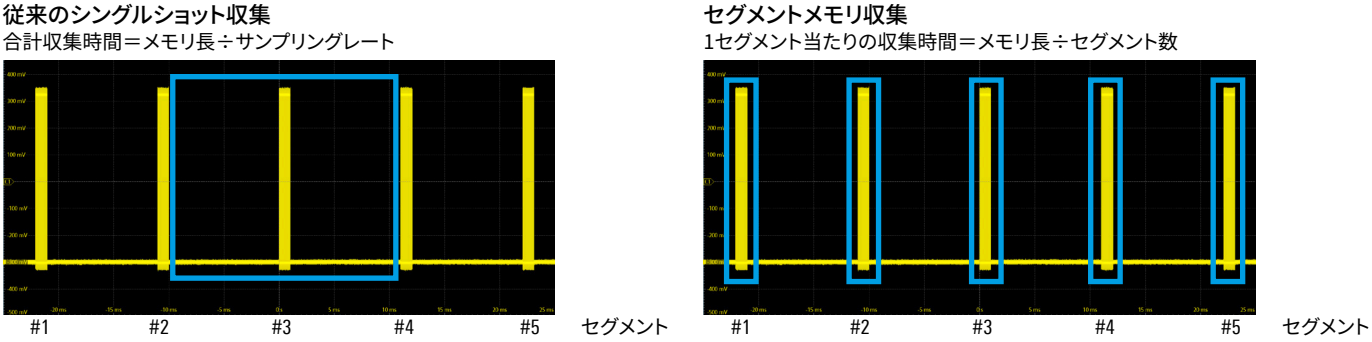
6　セグメントメモリ

ほとんどのオシロスコープでは、標準機能または有料オプションとしてセグメントメモリモードが利用できます。このモードでは、信号が非アクティブな期間で隔てられた信号を効果的に捕捉できます。例えば、シリアルバス、パルス解析、RFチャープなどです。

ユーザーはセグメントメモリを使用して、トリガ条件とトリガイベント周辺の一定のメモリ量を定義します。新しいトリガイベントが現れるたびに、オシロスコープによって短時間の捕捉が行われます。信号が非アクティブなトリガイベント間の期間は捕捉されないため、メモリは消費されません。この手法では、切れ目のない単発の捕捉を行う場合よりも、長い期間にわたってシングルショット捕捉を行うことができます。

図7：セグメントメモリでは、トリガイベント前後の捕捉ウィンドウのみが保存されるため、シングルショット捕捉で十分なアプリケーションでメモリを効率的に使用できる

メモリ容量を大きくすることで、セグメント数を増やし、サンプリングレートを大きくし、各セグメントの時間を長くすることができます。



セグメントモードでは、捕捉メモリを効率的に使用できますが、以下のようなトレードオフも存在します。

- ▶ セグメントモードはシングルショット捕捉であり、ランモードではうまく機能しません。
- ▶ 測定結果を表示する際に、いくつもの捕捉画面を移動する必要があります。多くの場合、複数のセグメントでの解析には制約があり、解析が難しくなります。

セグメントモードは、メモリ容量の少なさを補うものではありません。セグメントあたりの利用可能なメモリ容量は、最大メモリ容量をセグメント数で割ったものに等しくなります。オシロスコープのメモリ容量が大きいほど、セグメントモードも強力になります。これは、メモリ容量が大きいほど、捕捉できるセグメント数が増え、各セグメントの時間を長くすることができ、オシロスコープの全体的なサンプリングレートを大きくできるためです。

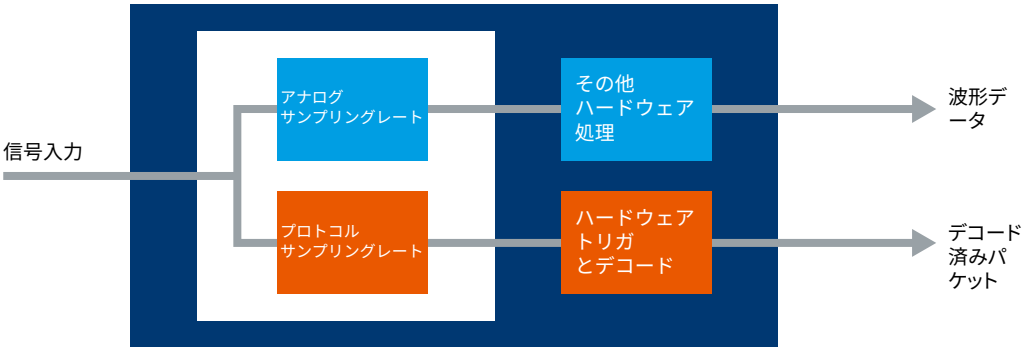
ヒストリーモードは、セグメントモードと密接な関連があります。セグメントモードのセットアップはユーザーが行います。ヒストリーモードでは、シーケンシャルな捕捉データがバックグラウンドで自動的に保存されます。"STOP" を押すことで、ユーザーは過去のデータに戻って表示することができます。

7　シリアルバスデコードとメモリ

シリアルバスには、デバッグやテストを行うための可視化に関する優れた点があります。オシロスコープには、プロトコル・パケット・レベルでのテストをサポートするシリアルバス・トリガ／デコード用アプリケーションを搭載できます。多くの場合、大容量メモリと捕捉できるパケット数の間の相関関係を特定することは非常に困難です。オシロスコープでは、プロトコルごとに適切なデコードを行うためのサンプリングレートを維持する必要があります。また、各プロトコルは固有の物理レイヤー構造を持っています。

図8：デュアルパスプロトコル解析

R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5 シリーズ オシロスコープは、デュアルパスプロトコル解析をサポートする世界初の製品です。この革新的な製品により、長期にわたるオシロスコープのデコードに関する問題を解決できます。パケット・デコード・メモリを切り離すことで、デターミニスティックな最大パケット数の捕捉が可能な応答性の高いオシロスコープが実現しています。



ローデ・シュワルツは、長期にわたる捕捉が必要な場合のパケットデコードの革新的な手法を導入しました。この測定器のアーキテクチャーには、さまざまな問題を軽減する2つの重要な利点があります。この測定器にはプロトコルデコード用のデュアルパスがあり、I²C、SPI、RS-232、CAN、LINなどの一般的なシリアルバスに対して十分なレートでサンプリングが行われます。測定器のタイムベースが長く、アナログ・サンプリング・レートが小さい場合でも、シリアルバスのトリガ／デコードは正しく行われます。この手法により、アナログ・サンプリング・レートが小さくても、大量のパケットのデコードを正しく行うことができます。

図9：R&S®MXO 4およびR&S®MXO 5 シリーズ オシロスコープでのデュアルパスプロトコル解析

この手法では、元のシリアルバス信号が極度にアンダーサンプリングな状態でも、正確なパケットトリガとパケットデコードを行うことができます。このため、ユーザーはシリアルデコードを使って長期にわたる捕捉を行うことができます。

8　まとめ

捕捉メモリは、帯域幅とサンプリングレートに並ぶ重要な仕様です。オシロスコープは、捕捉メモリ容量が大きいほど、長時間の捕捉を行い、長いタイムベースで高速サンプリングレートを維持する柔軟性が高まります。また、現在だけでなく将来のアプリケーションテストやデバッグのニーズにも備えることができます。

オシロスコープを選択する際には、関連するメモリ長の要件を比較し、この要件に係わる設定値をよく理解して比較を行うようにしてください。オシロスコープでよりメモリ容量をすばやく処理することができれば、オシロスコープの応答性を高め、テストの生産性を向上させることができます。

図10：ローデ・シュワルツの大容量標準メモリを搭載したオシロスコープ製品

パラメータ	R&S®RTM3000 シリーズ	R&S®MXO 4シリーズ	R&S®MXO 5シリーズ	R&S®RTO6 シリーズ
標準メモリ（4チャネル）	40 Mpts	400 Mポイント	500 Mポイント	100 Mpts
最大メモリ	80 Mポイント、 400 Mポイントのセグメントメモリ	800 Mポイント	1 Gポイント	2 Gポイント
独立したサンプリングレート、レコード長、タイムベース		•	•	
セグメントメモリ	R&S®RTM-K15オプション	•	•	•

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 5215.5820.56 | Version 01.00 | 12月 2023 (sk) | White paper
最適なオシロスコープの選択: 大容量メモリの重要性とは
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

5215582056
5215.5820.56 01.00 PDP/PDW 1 ja