

选择下一代示波器

深存储的重要性

白皮书 | 01.00版

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



CONTENTS

- 1 概述 3
- 2 采集存储定义 4
 - 2.1 存储深度是否越大越好? 4
- 3 存储深度不是一个固定值 5
 - 3.1 通道数量 5
 - 3.2 单次和运行模式 6
- 4 深存储 6
 - 4.1 如何定义深存储? 6
 - 4.2 应用示例 7
- 5 存储、采样率和带宽的关系 8
 - 5.1 在指定采样率下采集时间更长 8
 - 5.2 在更长的采集周期内维持所需的采样率 8
 - 5.3 规格相关性 9
- 6 分段存储 11
- 7 串行总线解码和存储 12
- 8 结语 13

罗德与施瓦茨产品

- ▶ R&S®MXO 4系列示波器
- ▶ R&S®MXO 5系列示波器
- ▶ R&S®RTA4000系列示波器
- ▶ R&S®RTB2000系列示波器
- ▶ R&S®RTM3000系列示波器
- ▶ R&S®RTO6系列示波器
- ▶ R&S®RTP系列示波器

1 概述

对于示波器用户而言，带宽、采样率和存储深度是最重要的三种规格。本应用指南将重点介绍选购示波器时需考虑的存储深度。选购具有深存储的示波器，可以在排查故障和进行调试时节省大量时间。

评估示波器存储深度的性能和质量，比只关注一种参数更为有用。了解存储深度的属性和优点，能够确保所选示波器满足需求和应用要求。

本指南将介绍以下内容：

- ▶ 示波器采集存储的定义
- ▶ 存储和其他示波器参数的关系
- ▶ 深存储的作用示例



2 采集存储定义

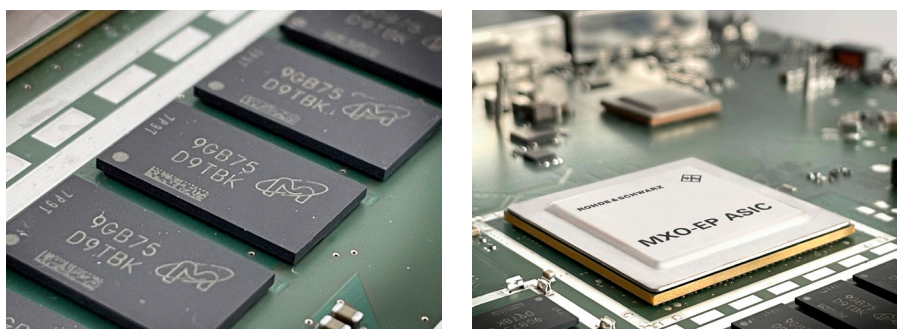
采集存储也被称为存储内存(M)或记录长度(RL),表示示波器每次采集时能够存储的采样点数量。采集存储以采样点为单位,通常写作point(例如Mpoints),以避免混淆采样率(Msample/s)和存储深度(Msample)。存储深度为示波器的采样率和采集时间之积。

采集存储=(采样率)×(采集时间)

如果示波器的单个通道在单次采集中的记录长度为1 Msample,则其采集存储为1 Mpoints。如果多个通道同时采集1 Mpoints,记录长度仍为1 Mpoints。无论采样点来自8位模数转换器(ADC),还是来自12位ADC且垂直信息是前者的16倍,都被视为一个存储点。

图1:R&S®MXO 4和R&S®MXO 5系列示波器采用MXO-EP (优异性能)ASIC技术提供出色的深存储和波形捕获率

28 nm CMOS ASIC包含3600万个逻辑栅,处理速率高达200 Gbit/s,为业内出众的深存储和波形捕获率提供支持。



2.1 存储深度是否越大越好?

如果所有其他性能都一模一样,存储深度更大的示波器更有价值。但是,使用更大的存储容量会降低其他方面的性能。示波器需要处理大量任务。使用的存储容量越大,处理要求会越多,进而减慢示波器的整体操作速度。理想情况下,示波器会提供无限大的采集存储,但会根据应用仅使用所需的存储容量,以保证能够快速响应。

大部分用户都不确定示波器的存储容量,希望有效利用可用存储来进行调试和测试。选购新示波器的时候,用户通常会选择存储较大的示波器以保证能够满足未来需求。用户甚至会对之前使用小存储仪器感到不可思议。

使用标配存储还是另购选件?

所有示波器都标配特定的基本采集存储。以前,示波器制造商会生产不同版本的硬件,每版硬件都提供特定的总采集存储。在21世纪初,制造商发现生产具备最大采集存储的硬件平台更具经济效益。示波器标配其中的一部分采集存储,用户可以使用软件许可证启用其他可用的采集存储。许多用户倾向于以较低的价格购买存储较小的示波器,之后根据需要使用许可证灵活解锁更多的存储。示波器制造商会提供基本存储规格,或者购买选件后可用的存储深度规格。如果不查看数据表,一般难以确定制造商提供的存储规格是示波器标配的基本存储,还是购买附加选件后可用的最大存储。

3 存储深度不是一个固定值

您是否曾因若干种标准规格而购买产品,却发现这些规格无法兼容?示波器制造商规定采集存储深度的方式各有不同。示波器制造商通常会提供标准存储深度规格,但在不同的示波器设置下该存储深度可能不可用。大部分示波器会权衡存储深度和其他设置。下文将介绍一些常见情况。

3.1 通道数量

示波器的内部架构包含一个存储控制器和固定的采集存储,后者通常是快进慢出(FISO) DDR 存储器架构。系统中可用的DDR存储总量会更大,因为通道、参考波形和其他功能共同使用该存储。

图2:许多示波器会权衡启用的通道数量和每个通道可用的最大存储



许多示波器的最大存储规格在启用多达一半的模拟通道时可用,但是同时启用共享处理和存储路径的模拟通道时,最大存储会减少一半。例如,示波器启用通道1时存储深度为4 Mpoints,但同时启用通道2时,每通道的存储深度会下降到2 Mpoints。

许多示波器的模拟和数字通道共享存储。数字通道的采样点仅为1位,因此占用的采样空间更少。但是,示波器通常会同时开启8个或16个数字通道,因此占用的总存储空间也会非常大。例如,如果示波器启用单通道时采集存储为4 Mpoints,启用双通道时采集存储会降低到2 Mpoints,启用MSO逻辑通道时采集存储会进一步降低到1 Mpoints。

3.2 单次和运行模式



示波器连续运行或执行单次采集时，最大存储深度可能有所不同，具体取决于示波器架构。在单次采集模式下，示波器提供最大存储深度。在连续运行模式下，该最大存储深度可能会减少一半。吞吐量较大的示波器具备两个采集引擎，能够连续运行并将采样点存储到采集存储器。在运行模式下，两个采集引擎各自占用一半存储，而由于在单次模式下波形捕获率并不重要，因此示波器只运行一个采集引擎并为其提供全部的存储空间。其他示波器在单次模式和运行模式下提供相同的存储深度。这取决于示波器架构和示波器设计。

如果示波器启用单通道时存储深度为4 Mpoints，则启用双通道时存储深度会降低到2 Mpoints，再启用数字通道时会进一步降低到1 Mpoints。在连续运行模式下，示波器的存储深度会降低到512 kpoints。

4 深存储

4.1 如何定义深存储？

深存储的定义因制造商而异，其含义也在不断变化。早期数字示波器的采集存储可达数百points，在20世纪90年代提升到了kpoints范围。现在，示波器的采集存储深度一般高达数十至数百Mpoints。即使竞争对手的示波器提供100倍的采集存储深度，制造商可能也会声称他们的示波器具有深存储。这在老牌示波器产品中尤为常见：这些示波器上市时具有深存储，但和现在的竞品相比，它们的存储深度非常小。使用深存储示波器有助于执行多种嵌入式硬件测试。

4.2 应用示例

需要采集更长时间

电源启动时间是人类可感知时间的典型示例。电源序列需要耗费数十毫秒。虽然开启/关闭电压路径不需要较大的带宽和高速串行总线,但是其他系统组件的信号需要和电源序列事件并行进行高带宽分析。在这种情况下,深存储有利于使用所需带宽长时间采集信号。

根因和迹象相隔较长的时间

有时候,问题发生后相隔一段时间才会显示出迹象。深存储有助于隔离迹象,然后回溯根本原因。

需要解决复杂问题

深存储示波器能够更快解决问题。在不同的设计阶段,会出现电磁干扰(EMI)、串扰/交叉耦合和其他问题。通常情况下,受影响的设备会以全速运行,但在数毫秒或数秒内会快速出现问题。

串行总线

I²C、SPI、RS-232、CAN或LIN等低速串行总线通常会在数字设计中用作控制元件。在很多情况下,这些串行总线会导致系统发生变化或执行操作,因此可用于排查故障并分析系统行为。虽然协议触发也能做到这一点,但通常需要分析多个数据突发或数据包。有两种方式可以查看多个突发:一种是降低示波器的采样率,另一种是通过分段存储查看多个数据包。这两种方法各有利弊。降低采样率以增加采集时间,可能导致串行总线欠采样,还会造成仪器无法正确进行触发或解码。使用分段存储后示波器无法查看触发事件之间的事件,而且由于仪器无法分析整个分段,只能分析特定分段中的数据包,因此分析能力也有所降低。

需要进行进一步分析

在许多应用中,用户需要尽可能收集信息,然后分析这些收集的数据。这种“广存广查”方法可能使用示波器工具和分析应用进行进一步的分析,或者需要使用MATLAB®或Python脚本减轻示波器的采集负担。

5 存储、采样率和带宽的关系

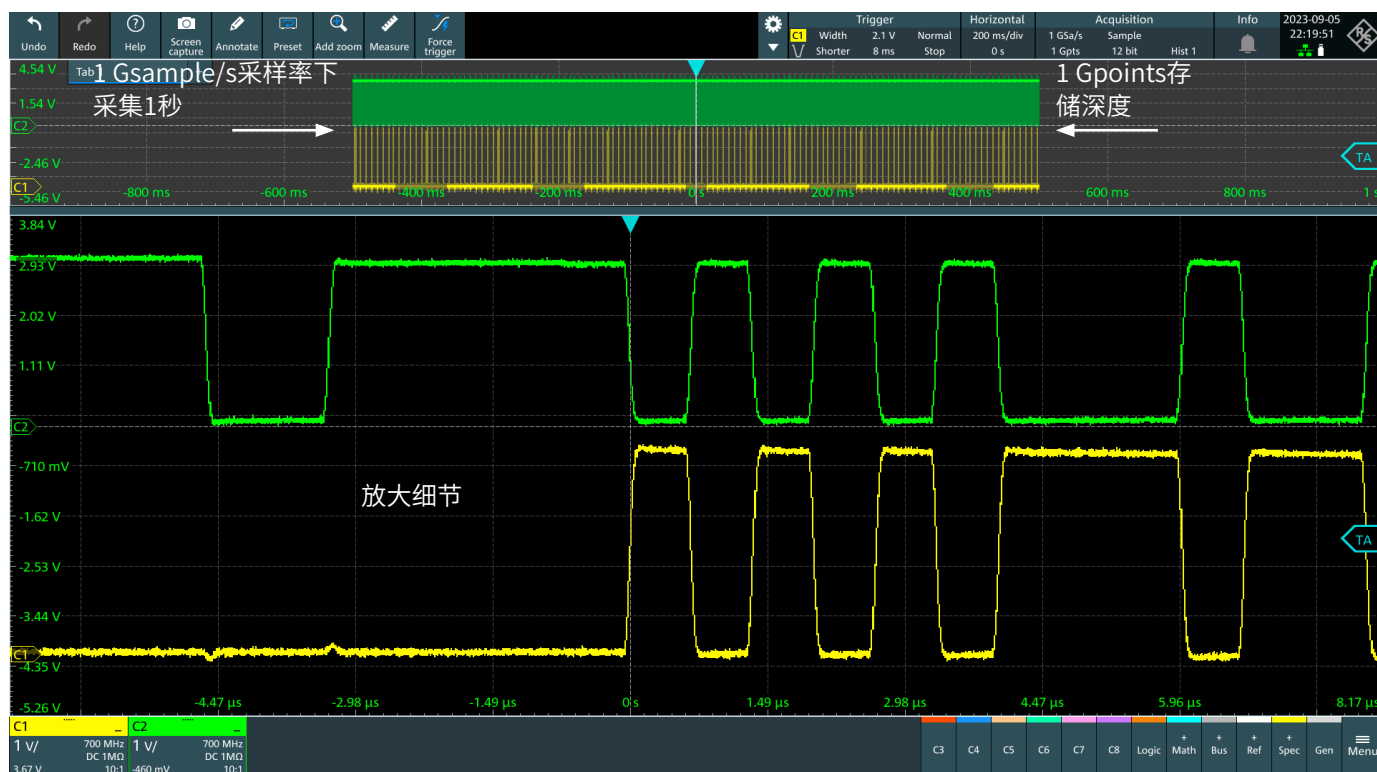
许多用户认为存储深度、采样率和带宽恒定，且彼此之间并无关联。实际上，这三种规格密切相关。

采集存储 = (采样率) × (采集时间)

5.1 在指定采样率下采集时间更长

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

图3: 存储越大，表示示波器在既定采样率下的采集时间越长



许多用户希望在规定时间内进行采集，或者尽可能长时间进行采集。在特定的采样率下，存储越大，用户能够采集的时间越长。这种优势显而易见，而且深受用户的青睐。提高存储深度，用户能够使用所需甚至更高的采样率。这增强了用户信心，同时支持用户更加灵活地采集慢速信号和快速信号。

5.2 在更长的采集周期内维持所需的采样率

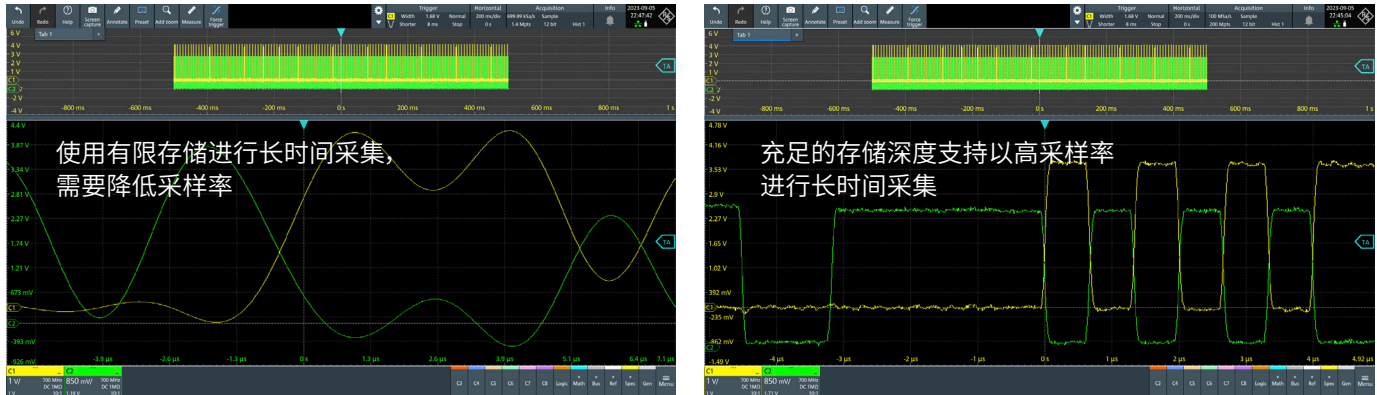
$$Sample\ rate = \frac{Time\ captured}{Acquisition\ memory}$$

如果用户将示波器的时基设置调整为更大值以采集更长时间，采样率会保持恒定，直至达到最大存储深度。之后，如果继续进行采集，示波器必须降低采样率。调整时基以采集更长时间，会进一步降低采样率。

通常,这会导致示波器的采样率不足以满足额定带宽的要求。信号会被欠采样,还会出现混叠。这会导致测量结果无效。以为示波器具有1 GHz带宽的用户可能未能意识到,采样率仅支持1 MHz带宽。

示波器不会通知用户出现了严重的测量问题。当采样率不足以支持额定带宽或者发生欠采样和/或混叠问题的时候,示波器不会通知用户。如果示波器显示屏未能一直显示采样率,会更加难以识别出此类问题。对于结合快速信号和慢速信号的设计,更大的存储有利于示波器以充分的采样率采集更长时间的快速信号。

图4:存储越大,示波器的采集时间越长,同时不会降低采样率

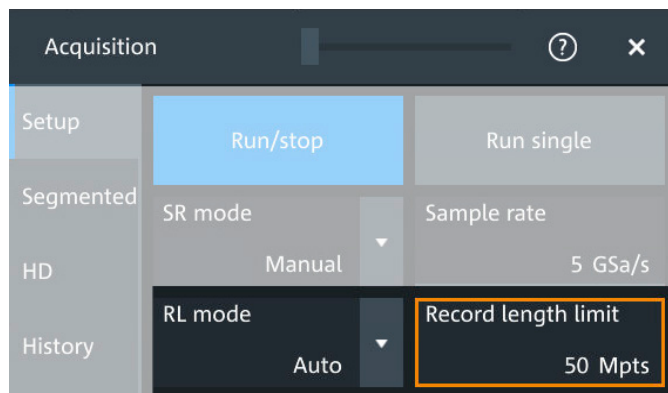


5.3 规格相关性

默认情况下,示波器会限制所用存储。这是为了保证启用深存储时,示波器的操作速度不会降低。例如,制造商可能将示波器的存储深度默认限制在1.25 Mpoints或10 Mpoints,但实际上这两种示波器的最大可用存储均超过该默认存储。

图5:示波器的记录长度限制设置

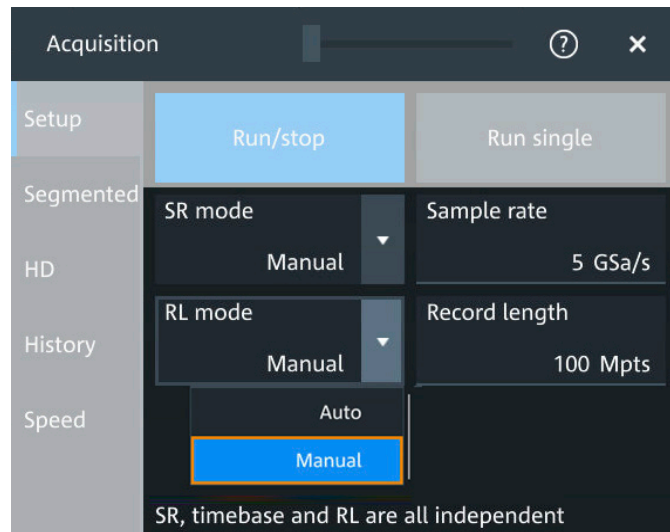
默认情况下,示波器会将记录长度设置为较低值,以提供更高的波形捕获率。用户可以手动增加记录长度,以便示波器使用更多的可用存储。



用户必须手动更改示波器设置，以便仪器能够使用比默认限制更大的存储。如要更改设置，用户需要手动在采集对话框中设置采样率等。部分示波器不允许用户单独设置采样率，或者单独设置时基、采样率和存储深度。

这会降低用户的使用体验，因为他们无法预期各规格之间的关系，也没有相应的变通方法。对于允许用户单独设置时基、采样率和存储深度的示波器，这些仪器能够进行后台采集，而这在一些应用中非常有用。

图6: R&S®MXO 4和R&S®MXO 5系列支持用户单独设置采样率、记录长度(存储)和时基



6 分段存储

大部分示波器标配分段存储模式, 或者通过选件提供此功能。这种模式能够更加有效地采集根据非活动时段分隔开来的信号。这包括串行总线、脉冲分析和射频线性调频。

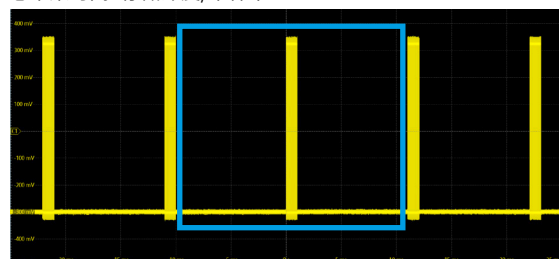
用户可以使用分段存储功能定义触发条件和触发事件周围的特定存储。示波器会针对每个新的触发事件创建小的采集段。示波器不会采集触发事件之间的信号非活动时段, 因此不会占用存储。与非分段的单次采集相比, 分段单次采集的时间更长。

图7: 分段存储仅保存触发事件周围的采集窗口, 以在使用单次采集便已足够的应用中更加高效地使用存储

存储越大, 示波器能够提供更多的分段、更大的采样率或为每个分段提供更长的采集时间。

传统的单次采集

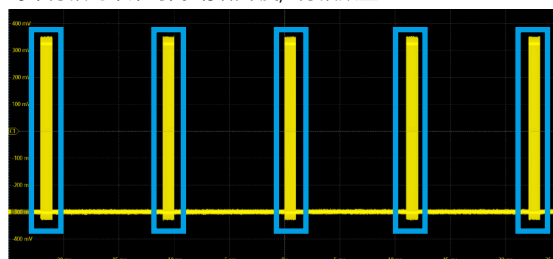
总采集时间=存储深度/采样率



分段

分段存储采集

每个分段的采集时间=存储深度/#分段数量



分段

虽然分段模式能够更高效地使用采集存储, 但也存在一些限制:

- ▶ 此模式支持单次采集, 不适用于连续运行模式。
- ▶ 查看测量结果时, 需要移动查看多个采集屏幕。分析多个分段通常会有所局限, 或者会更加困难。

分段模式无法弥补浅存储的不足。每个分段的可用存储等于最大存储与分段数量之商。存储深度越大, 示波器的分段存储功能越强大, 可以提供更多的分段、每个分段的采集时间更长或者整体采样率更高。

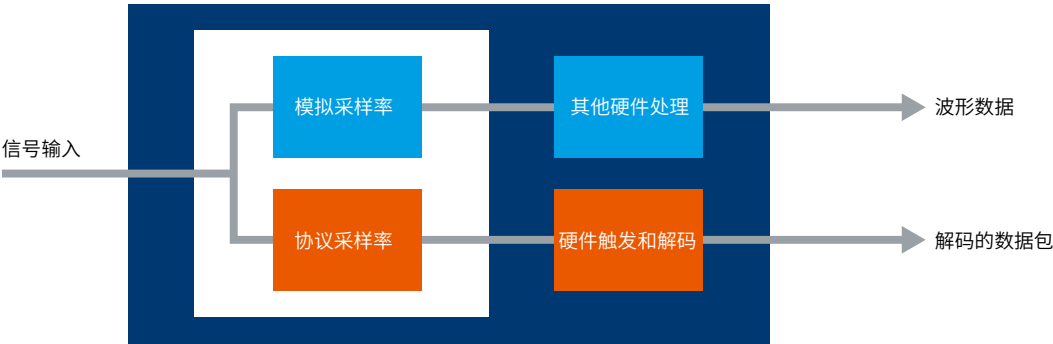
历史模式和分段模式密切相关。分段模式由用户进行设置。在历史模式下, 示波器自动在后台保存连续采集。用户可以按下“STOP”(停止)按钮, 返回查看之前的采集。

7 串行总线解码和存储

串行总线可在调试和测试中提供出色的可见性。示波器可以配备支持协议包测试的串行总线触发和解码应用。要确定深存储和可采集的数据包数量之间的关系，通常会非常困难。每个协议都有其独特的物理层结构，示波器必须使用特定的采样率以正确解码每个协议。

图8:双路径协议分析

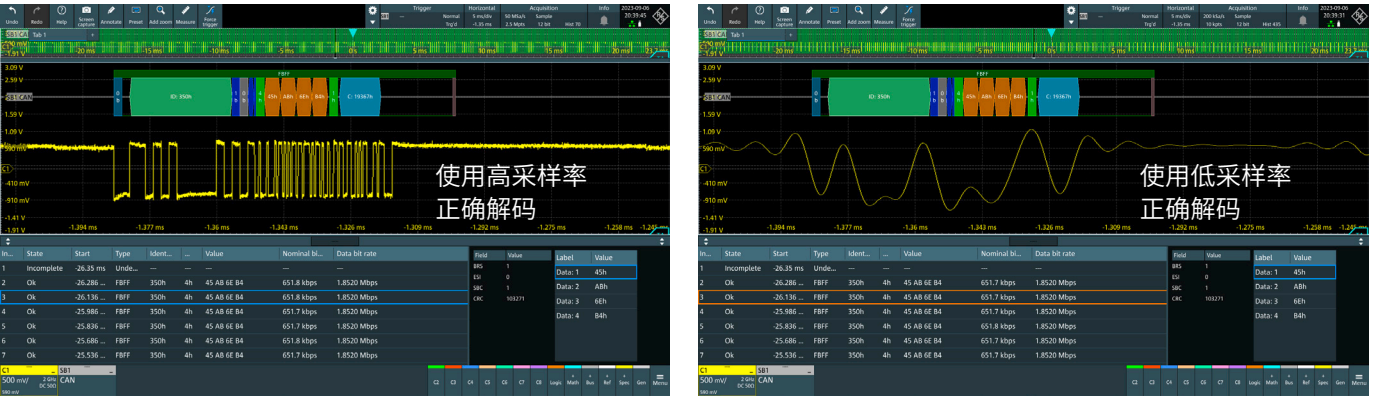
R&S®MXO 4和R&S®MXO 5系列示波器率先支持双路径协议分析。这种创新机制支持示波器进行长时间解码，从而解决问题。示波器提供单独的数据包解码存储，能够采集特定数量的最大数据包，确保响应更加快速。



罗德与施瓦茨提供创新的数据包解码技术，能够满足长采集时间的要求。示波器具备两个重要优点，能够解决多种问题：示波器支持双路径协议解码，同时采样率满足I²C、SPI、RS-232、CAN和LIN等常见串行总线的要求。如果示波器的时基较大且模拟采样率较低，仍然可以正确触发和解码串行总线。借助这种方法，即使模拟采样率较低，示波器仍然可以正确解码大量数据包。

图9:R&S®MXO 4和R&S®MXO 5系列示波器的双路径协议分析

借助这种功能，即使原始串行总线信号严重欠采样，示波器也可以准确触发和解码数据包。用户能够在串行解码时采集更长时间。



8 结语

采集存储与带宽和采样率同为重要的示波器规格。采集存储越大，示波器能够更加灵活地采集更长时间，并在更大的时基下保持更大的采样率，同时满足当前和未来应用的测试与调试需求。

选购示波器时，需要对比相关的存储深度要求，并了解与此有关的仪器设置。示波器能够快速处理更大的存储，确保其能够快速响应并具备出色的测试效率。

图10:罗德与施瓦茨提供一系列标配深存储的示波器



参数	R&S®RTM3000系列	R&S®MXO 4系列	R&S®MXO 5系列	R&S®RTO6系列
标配存储(四通道)	40 Mpoints	400 Mpoints	500 Mpoints	100 Mpoints
最大存储	80 Mpoints; 400 Mpoints分段存储	800 Mpoints	1 Gpoints	2 Gpoints
独立的采样率、 记录长度和时基		•	•	
分段存储	R&S®RTM-K15选件	•	•	•

关于罗德与施瓦茨公司

作为测试测量、技术系统以及网络安全方面的行业先驱, Rohde & Schwarz科技集团通过先进方案为世界安全联网保驾护航。集团成立于90年前, 致力于为全球工业企业和政府部门的客户提供可靠服务。集团总部位于德国慕尼黑, 在全球70多个国家和地区设有分支机构, 拥有广阔的销售和服务网络。

罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司

www.rohde-schwarz.com.cn

罗德与施瓦茨公司官方微信

罗德与施瓦茨客户支持

www.rohde-schwarz.com/support



R&S® 是罗德与施瓦茨公司注册商标

商品名是所有者的商标 | 中国印制

PD 5215.5820.55 | 01.00版 | 2024年01月 (sk) | 白皮书

选择下一代示波器: 深存储的重要性

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改

© 2024 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Munich, Germany

521582055



5215.5820.55 01.00 PDFPDW 1 zh-CN