

使用示波器进行 汽车串行总线测试

引言

工程师经常选择使用示波器来调试和表征汽车串行总线（例如 CAN、CAN FD、LIN、FlexRay、SENT、BroadR-Reach 和 MOST），这主要是因为示波器凭借内置的功能就能够表征此类信号的模拟质量。使用示波器进行的模拟表征通常称为“物理层”测试，而经过优化的串行总线协议分析仪更适合执行“应用层”测量，而且是在更高的抽象层上提供数据流追踪，所以会牺牲大部分或全部的物理层测量功能。

欢迎您了解如何使用示波器表征 CAN、CAN FD、LIN、FlexRay 和 SENT 等汽车总线的性能。本白皮书将向您展示如何对总线进行解码、触发和符号解码，并将举例说明如何发现汽车设计中的错误和信号质量问题。

CAN、CAN FD、LIN、FlexRay 和 SENT 总线解码和触发

示波器可以显示模拟信号的质量。许多示波器都可以设置为在特定事件上触发，以便深入查看这些总线的通信方式。要想识别和监测特定帧/消息的信号质量、测量帧与帧之间的时序信息，必须对 CAN、CAN FD、LIN、FlexRay 和 SENT 等常用汽车串行控制总线进行解码和触发。图 1(a) 展示了同时捕获和解码 LIN 总线和 CAN 总线的示例。



图 1(b) 中的放大视图显示了 Keysight InfiniiVision X 系列示波器特有的时间交织采样列表。

Keysight InfiniiVision X 系列示波器的另一项独有功能是硬件解码。硬件解码使示波器能够保持极快的波形更新速率（高达 1,000,000 个波形/秒），实现接近实时的解码更新速率。由于示波器无需减速更新屏幕显示，所以能够一直高速捕获错帧等随机偶发通信误码。



图 1 (a) : 使用 Keysight InfiniiVision X 系列示波器同时解码 LIN 总线和 CAN 总线

解码迹线在示波器屏幕底部显示，它们与每个捕获的数据包时间相关（通道 1/黄色迹线 = CAN 总线，通道 2/绿色迹线 = LIN 总线）。示波器屏幕上半部分显示的是时间交织采样协议解码列表/表格。由于列表按时间顺序显示接收到的每条消息——无论来自 CAN 总线还是 LIN 总线——因此您可以更轻松、更直观地执行多总线数据传输之间的网关计时测量。注：这适用于任意两条总线，例如 CAN1 至 CAN2 FD2。

为了更直观地进行测量，某些示波器可以在符号消息名称和信号值或这些信号的编码状态上进行解码和触发。使用具有这一功能的示波器，您再也不用手动进行繁琐的数据转换工作。

?	Steering	RMT	4		2BOA
-4.031ms	Steering	Data	4	Lock:Off;Angle:46.98...	7717
-3.051ms	Engine...	RMT	5		4894
-2.711ms	12	00 10		EF	
-1.991ms	Engine...	Data	5	Fuel:12.08gal;Temp:1...	1170

图 1(b)：协议解码列表中的 4 行表格放大视图。这 4 行表格按时间顺序显示了 CAN 消息（蓝色行）和 LIN 消息（绿色行）。像这样详细地查看通过总线发送的每条消息，有助于您更直观地执行总线间时序信息测量。

具体步骤是，将 .dbc 文件加载到示波器中。dbc 文件包含 CAN 总线消息的定义。示波器使用 .dbc 文件将原始的十六进制值数据转换为更直观的消息。这样您就可以深入了解总线上传输的信号信息，这通常只有借助协议分析仪才能实现。

图 2 显示了协议列表的放大视图。“已准备”、“已部署”、“已解锁”和“已锁定”都是编码状态。

Airbag	1	Right-impact:Armed;Left-impact:Deployed;Rear-impact:Deployed;
ABS	8	
ABS	8	Frnt-L:Unlocked;Frnt-R:locked;Rear-L:locked;Rear-R:locked;FL-Pr

图 2：“Airbag”消息和“ABS”消息包括状态编码信号示例



是德科技示波器上的 CAN 触发和解码选项标配了 CAN 总线符号级解码功能。

长时间捕获汽车串行数据

有时需要长时间连续捕获汽车串行总线传输的数据，例如上电序列。可是所有示波器的采集存储器深度都是有限的，限制了示波器能够捕获和解码消息/帧的最长时间和最大数量。

使用分段存储器采集数据，可以更高效地使用存储器，并延长可以捕获的时间。

分段存储器能够根据示波器的触发条件有选择地捕获特定消息的多个连续事件，以最优化的方式使用采集存储器。

图 3 显示了在 100 秒时间范围内，只捕获含 CAN 消息误码 (CRC 错误、比特填充错误、无应答比特和标记错帧) 的 1000 个连续事件的示例。

如需详细了解串行总线应用中所使用的分段存储器，请参见应用指南《在串行总线应用中使用示波器分段存储器》。



InfiniiVision X 系列示波器标配了 4 Mpts 采集存储器和分段存储器采集模式。

InfiniiVision X 系列是目前市场上唯一能够解码所有分段而不是只解码选定分段的示波器。

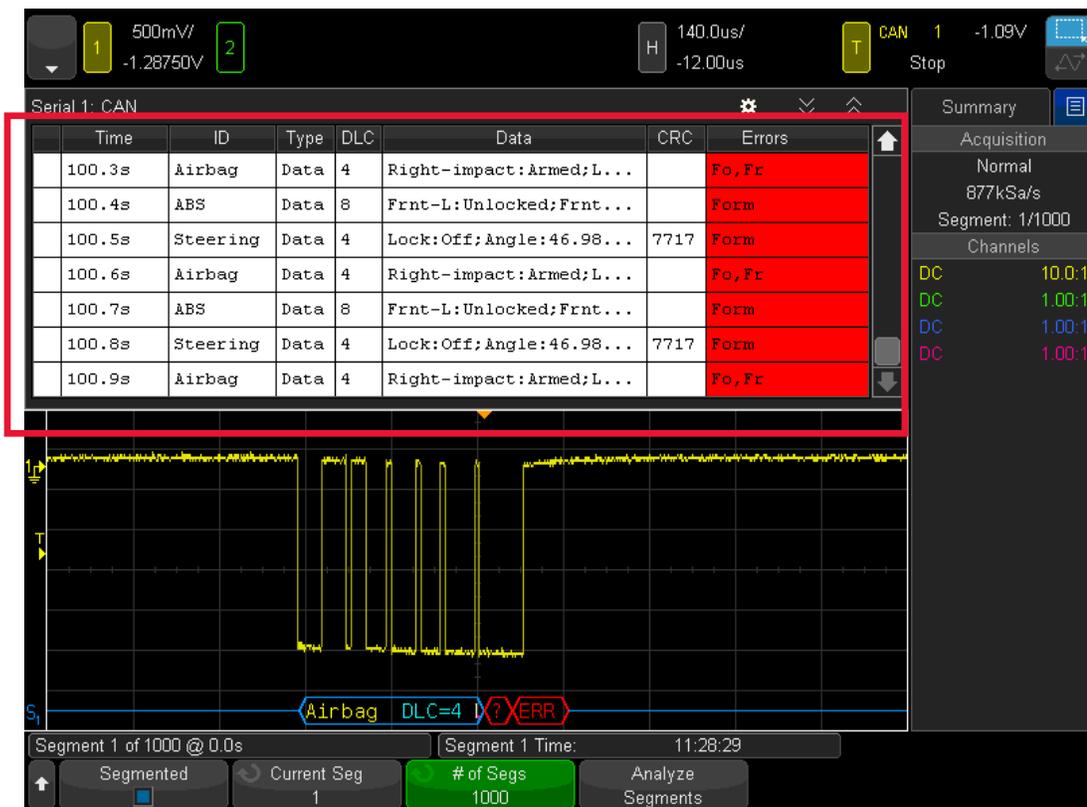


图 3：使用分段存储器在 100 秒时间内捕获 1000 个连续的 CAN 总线误码。

眼图模板测试

眼图模板测试经常用来表征汽车串行总线的物理层。示波器眼图可通过一次简单的测量得到物理层整体质量的复合测量结果。Keysight InfiniiVision 示波器可以对差分 CAN 和 FlexRay 总线执行眼图合格 / 不合格测试。您可以从是德科技网站免费下载多种不同的工业标准 CAN 和 FlexRay 模板。

图 4 是使用 InfiniiVision X 系列示波器在 FlexRay 接收机输入端执行“TP4”眼图模板测试的示例。在此示例中，我们可以看到极大的边沿抖动、缓慢的上升沿和下降沿，以及与合格/不合格模板相交而导致模板测试不合格的偏移比特。



Keysight InfiniiVision X 系列是业界唯一能够执行 CAN 眼图模板测试的示波器。

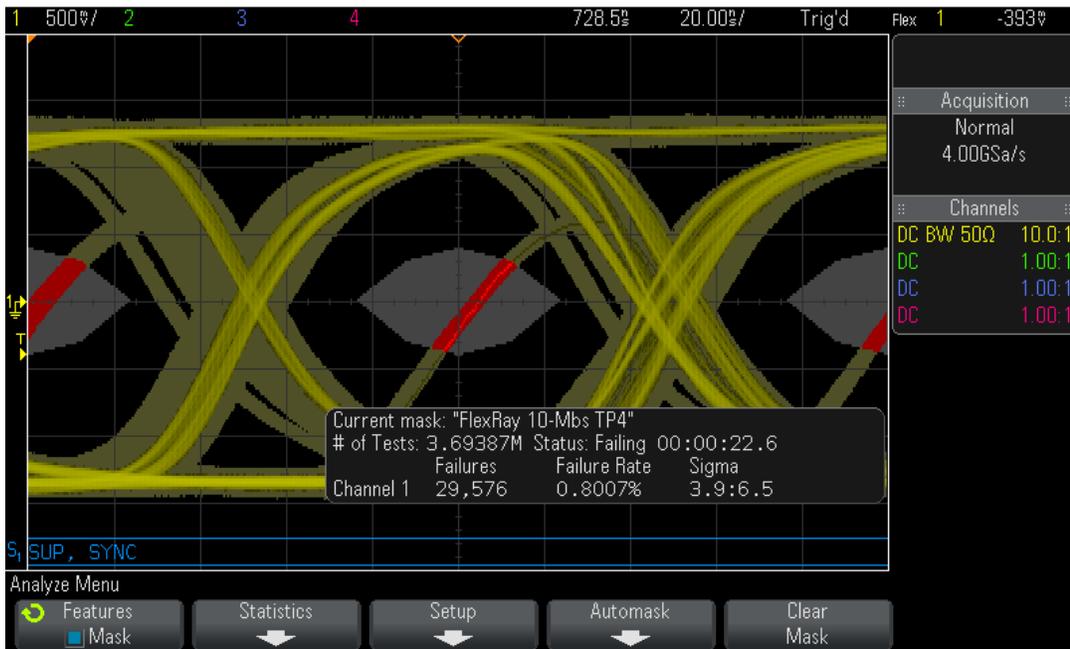


图 4：对 FlexRay 总线执行的眼图模板测试显示有一个偏移比特



图 5 是一个差分 CAN 总线眼图模板测试。CAN 眼图中显示出明显抖动，该抖动主要源于从不同物理位置发送异步节点数据所产生的网络传播时延。

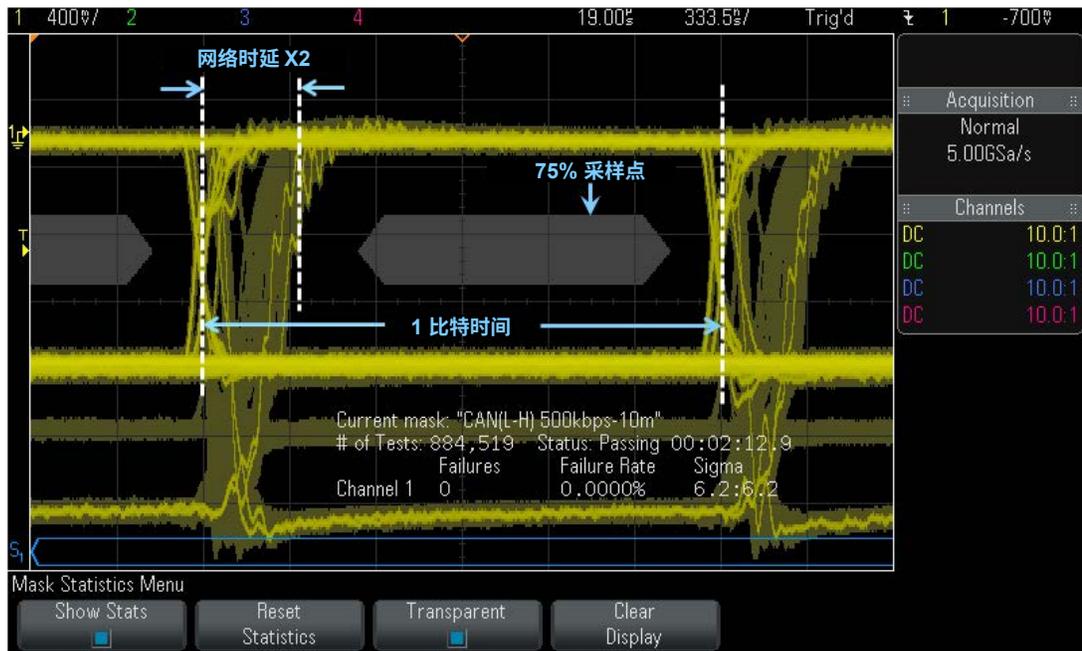
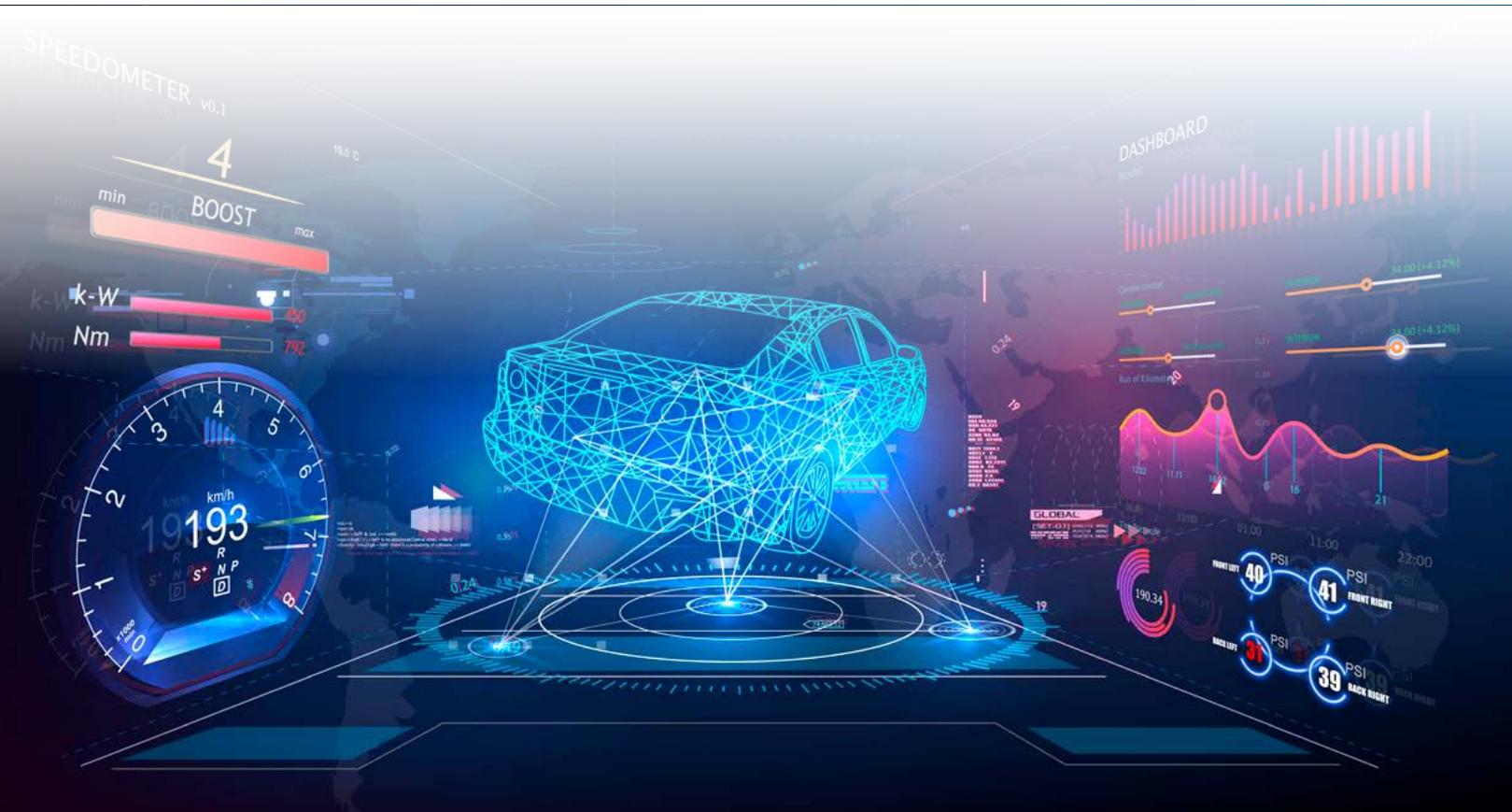


图 5：使用 Keysight InfiniiVision X 系列示波器实施的 CAN 眼图模板测试

如欲详细了解汽车串行总线的眼图模板测试，请参见应用指南《CAN 眼图模板测试》和《FlexRay 物理层眼图模板测试》。



探测汽车串行总线

如果与器件的连接不纯净，那么所有这些测试都没有意义。LIN 和 SENT 是单端总线（信号至接地），可使用标配的 10:1 无源探头来探测这些信号。汽车中的其他串行总线（如 CAN、CAN FD 和 FlexRay）大部分都是差分总线，这意味着您要在两个不同的点之间进行测量。为此，您需要使用差分探头来精确地捕获信号。

	标配 10:1 单端无源探头	N2818A 200 MHz 差分有源探头
LIN	√	-
SENT	√	-
CAN	-	√
CAN FD	-	√
FlexRay	-	√

对于差分 CAN、CAN FD 和 FlexRay 总线，是德科技推荐使用 200 MHz 带宽的 **N2818A** 差分有源探头。

示波器会自动检测该探头的 10:1 探头衰减系数和输入端接阻抗 (50 Ω)。

使用 CAN/FlexRay DB9 探头前端可以快速、轻松地连接到 CAN、CAN FD 和/或 FlexRay 差分总线。



选择最适合您的汽车串行总线测量的示波器平台

哪一款示波器平台最适合您的汽车串行总线测量? 这取决于您对示波器性能的要求(带宽、采样率、存储器、分段存储器和测试速度)、汽车串行总线测量要求和您的预算情况。

Keysight InfiniiVision X系列示波器包括多种型号,它们分别具有从70 MHz到6 GHz的带宽。这个平台采用了专为调试CAN、CAN FD、LIN、FlexRay和SENT串行总线设计的物理层而优化的实时操作系统。InfiniiVision X系列示波器提供了示波器行业中最快的波形更新速率(高达1,000,000个波形/秒),因此能够捕获汽车电子系统本身常见的偶发瞬态事件。它们还可以提供硬件解码,与其他示波器厂商所提供的软件解码相比,测试速度更快、精度更高。InfiniiVision X系列示波器的起价极低。



图 7 : 在 Keysight InfiniiVision 6000 X 系列示波器上运行的模板极限测试

下表汇总了配有汽车应用软件套件的 InfiniiVision 示波器能够提供的具体测量功能。

表 1. 配有汽车软件套件的 InfiniiVision 示波器

InfiniiVision 系列	2000A	3000A	3000T	4000A	6000A	P9240	M9240
汽车软件套件的型号	D2000AUTA	D3000AUTA	D3000AUTA	D4000AUTA	D6000AUTA	P9240AUTB	M9240AUTB
串行触发和解码							
CAN	√	√	√	√	√	√	√
CAN FD ¹			√	√	√	√	√
LIN ²	√	√	√	√	√	√	√
FlexRay		√	√	√	√		
SENT			√	√	√	√	√
PSI5 (用户可自定义的曼彻斯特编码)			√	√	√	√	√
用户可自定义的 NRZ			√	√	√	√	√
CXPI			√	√	√	√	√
高级分析							
模板测试 ³	√	√	√	√	√	√	√
频率响应分析			√	√	√	√	√
高级数学函数	标配	√	标配	标配	标配	标配	标配

1. 通过导入 .dbc 文件可以支持符号解码，但 2000A 和 3000A 系列除外。
2. 通过导入 .ldf 文件可以支持符号解码，但 2000A 和 3000A 系列除外。
3. 可免费下载 CAN、CAN FD、FlexRay 和 SENT 模板文件。



