

序言

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、LIN、FlexRay、BroadR-Reach 和 MOST），这主要因为示波器能够表征这些信号的模拟质量。示波器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于执行“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。

本应用指南将举例说明如何表征各种汽车串行总线的性能。示例中使用了 Keysight InfiniiVision X 系列和 Infiniium S 系列示波器，并将介绍各自的优点。本文还概括介绍了推荐的探测解决方案，以及如何选择示波器平台，以便最好地满足您特殊的汽车总线调试和分析测量需求。



CAN、LIN 和 FlexRay 总线解码和触发

归根到底示波器就是为了显示模拟信号的质量而设计，但具体到汽车专用总线，仅仅查看信号质量一般是不够的。目前许多示波器都可以设置为在特定事件上触发，以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、LIN 和 FlexRay 等常用汽车串行控制总线进行解码和触发。图 1(a) 为是使用 Keysight InfiniiVision 4000 X 系列示波器同时捕获和解码 LIN 和 CAN

总线的示例。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错协议解码列表 / 表格。图 1(b) 中的放大视图显示的是 Keysight InfiniiVision X 系列示波器特有的时间交错列表。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——因此所以您可以更轻松、更直观地执行

多总线数据传输之间的时序测量。注：这适用于任意两条总线，例如 CAN1 至 CAN2。

硬件解码是 Keysight InfiniiVision X 系列示波器的另一项独有特性。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，所以能够以更高性能捕获错误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。

?	Steering	RMT	4		2B0A
-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，有助于更直观地实施总线间时序信息测量。

捕获长时间的汽车串行数据

有时必须要捕获汽车串行总线上长时间连续传输的数据，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，将会限制示波器能够捕获和解码消息 / 帧的最长时间和最大数量。Keysight Infiniium S 系列示波器标配 50 Mpts 并支持选配高达 800 Mpts 的采集存储器。这是目前市场上同等性能示波器中最深的存储器，使您能够捕获和查看尽量长时间的连续串行数据。

但有时甚至 800 Mpts 的采集存储器也无法满足需要。为了高效利用存储器并延长能够有选择捕获的时间量，Infiniium S 系列示波器可提供分段存储器采集技术。

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。在该模式下，示波器能够根据触发条件有选择地捕获特定消息的多个连续事件，从而更优化地使用采集存储器。

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。

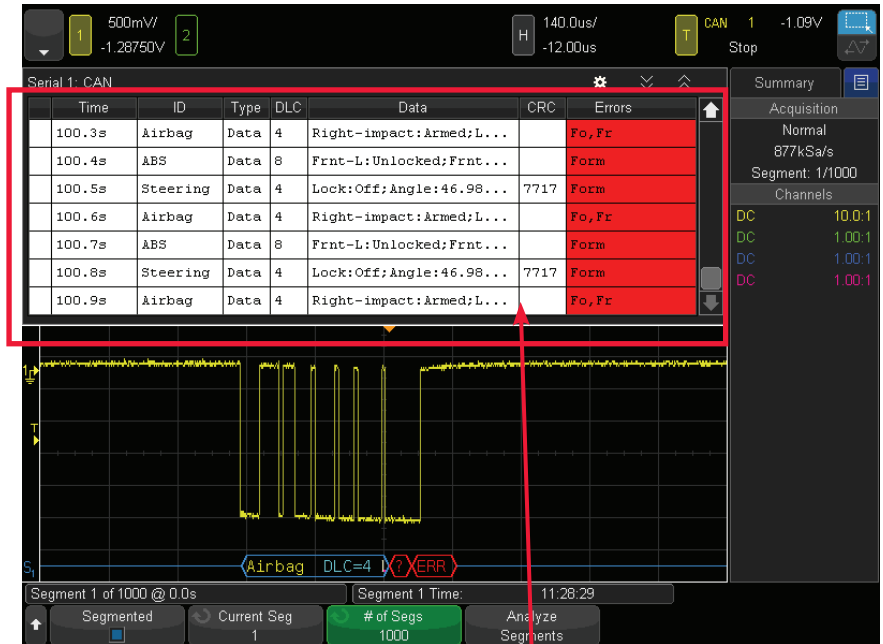


图 3. 使用分段存储器在 100 秒时间内捕获 1000 个连续的 CAN 总线误码。

这个使用分段存储器的测量示例还显示了协议列表（示波器屏幕上半部分）中所有 1000 个捕获消息的符号解码。InfiniiVision X 系列是目前市场上唯一能够解码所有分段而不只是针对解码选定分段的示波器。

如欲详细了解串行总线应用中所使用的分段存储器，请参见本文末尾相关文献部分列出的应用指南。

眼图模板测试

另一个经常用来表征汽车串行总线物理层的测试是眼图模板测试。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。是德科技示波器可以对差分 CAN 总线（仅 InfiniiVision X 系列支持）、差分 FlexRay 总线及差分 MOST50 和 MOST150 总线（仅 Infiniium S 系列支持）实施眼图合格/不合格测试。您可以从是德科技网站（Keysight.com）免费下载多种不同的工业标准模板。这些模板是在不同测试标准和波特率的基础上建立，分别支持这些总线中的某一种。

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失败的偏移比特。

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。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。

如欲详细了解汽车串行总线的眼图模板测试，请参见本文末尾相关文献部分列出的应用指南。

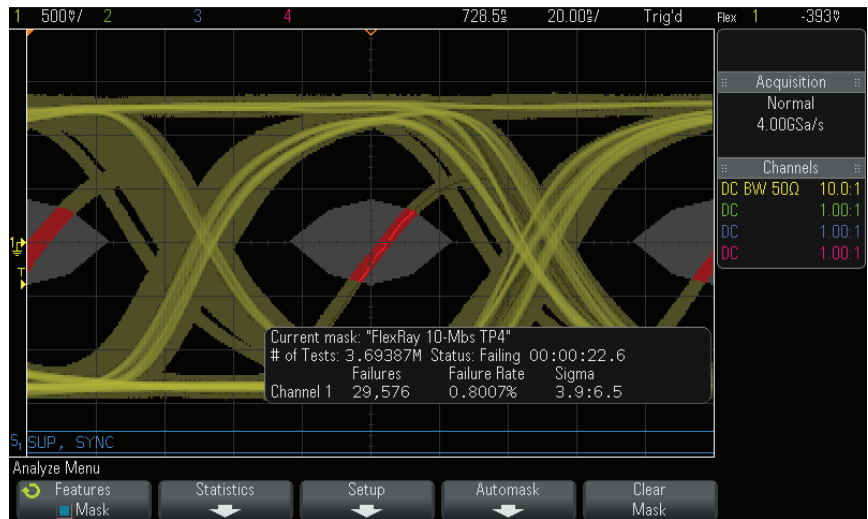


图 4. 对 FlexRay 总线的眼图模板测试显示有一个偏移比特。

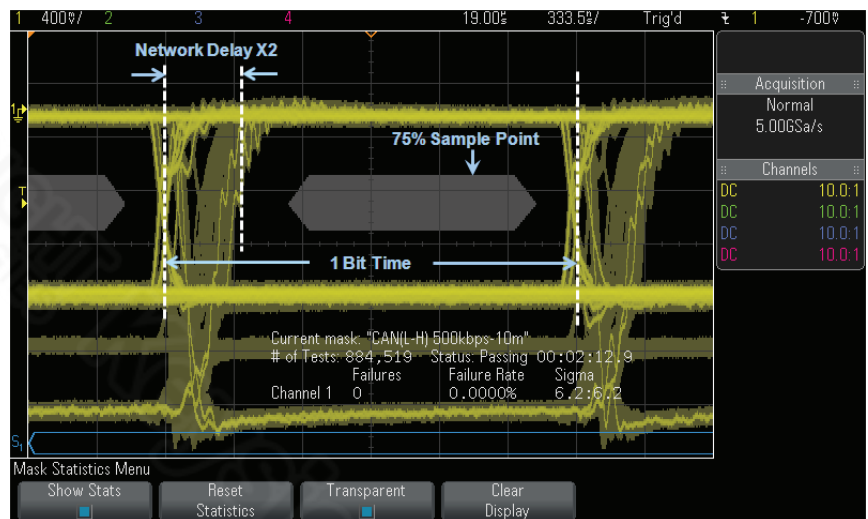


图 5. 使用 Keysight InfiniiVision X 系列示波器实施的 CAN 眼图模板测试。

物理层一致性测试

对于某些更新类型的汽车串行总线，必须进行特定的一致性测试。这些测试是由标准化组织提出的，目的是确保采用这些总线的所有部件能够配合工作，从而使不同厂商的产品实现一致性。

是德科技示波器能够根据行业标准 / 规范对 FlexRay（仅 InfiniiVision X 系列支持）、BroadR-Reach（仅 Infiniium S 系列支持）和 MOST50/150（仅 Infiniium S 系列支持）汽车串行总线实施全自动测试，并提供完整测试报告。图 6 显示了 FlexRay 汇总测试报告，以及使用 InfiniiVision X 系列示波器进行一个单独项目测量的详细报告。

图 7 显示了使用 Infiniium S 系列示波器对汽车 MOST150 网络实施测试得到的汇总测试报告。尽管在文档中没有显示，但 Infiniium S 系列示波器还能够对 BroadR-Reach 串行总线执行类似的物理层一致性测试。

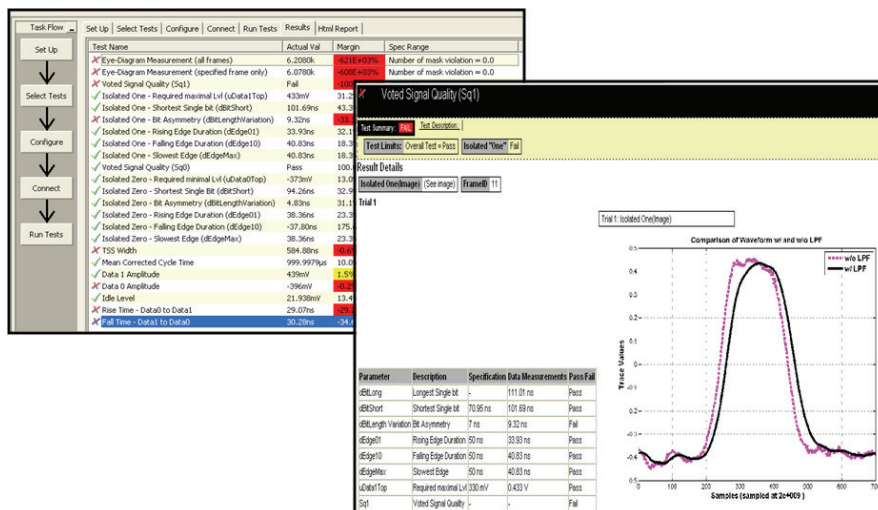


图 6. 使用 Keysight InfiniiVision X 系列示波器实施的 FlexRay 物理层一致性测试。

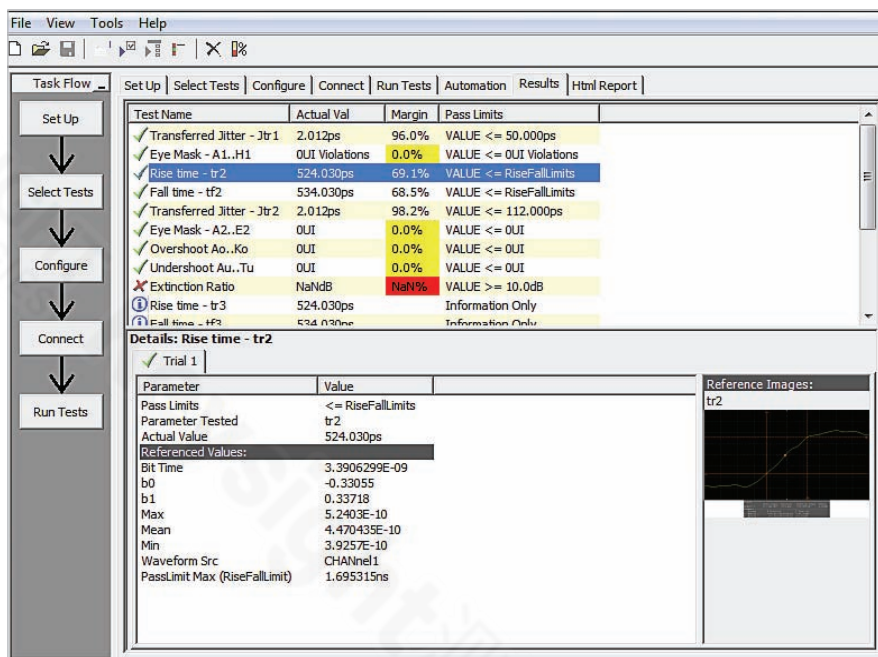


图 7. 通过使用 Keysight Infiniium S 系列示波器执行一系列自动测试得到的 MOST150 物理层一致性汇总测试报告。

Probing Automotive Serial Buses

我们现在来讨论探测解决方案。LIN 串行总线是一种单端总线（信号至接地），可使用标配的 10:1 无源探头进行探测。不过，汽车上大部分其他串行总线都是差分总线，意味着信号是在两个不同点之间进行测量，必须借助差分探头才能精确捕获信号。对于差分 CAN 和 FlexRay 总线，是德科技推荐使用图 8 中的 200 MHz 带宽 N2818A 差分有源探头。该探头兼容大部分型号的 Keysight InfiniiVision X 系列示波器，以及所有型号的 Infiniium S 系列示波器。

N2818A 差分有源探头具有 Keysight AutoProbe 接口，除了可为有源探头供电之外，还能自动检测该探头的 10:1 探头衰减系数和输入端接阻抗（50 Ω）。

如果您的 CAN 和 / 或 FlexRay 系统包括 DB9-SubD 型连接器，那么我们推荐您使用图 8 插图中显示的 CAN/FlexRay DB9 探头（部件编号 0960-2926）。该探头可快速和方便地连接 CAN 和 / 或 FlexRay 差分总线。

对于更高比特率的 BroadR-Reach 和 MOST50/150 测量，是德科技推荐使用图 9 显示的更高带宽 N2750A InfiniiMode 系列差分有源探头（1.5 GHz 至 6 GHz 带宽型号）。InfiniiMode 系列探头不仅支持查看差分信号，还可通过设置来显示每一端差分总线的对地性能及差分总线的共模性能，而且无需移动探头连接。

右侧表格汇总了为每种汽车串行总线推荐使用的探头。



图 8. 适用于 CAN 和 FlexRay 测量应用的 Keysight N2818A 200 MHz 差分有源探头。可选 DB9-SubD 探头能够非常方便地连接差分总线。



图 9. 适用于 MOST50/150 和 BroadR-Reach 测量应用的 Keysight N2750A InfiniiMode 系列差分有源探头。

	标配 10:1 单端无源探头	N2818A ¹ 200-MHz 差分有源探头	N2750A 1.5 GHz 差分有源探头
LIN	√		
CAN		√	
FlexRay		√	
BroadR-Reach			√
MOST50			√
MOST150			√

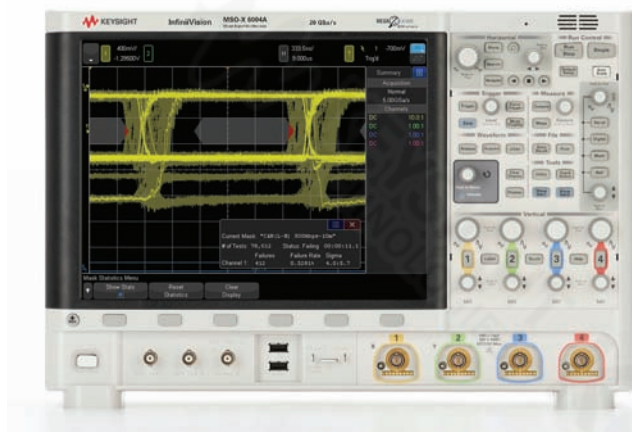
1. N2818A 不兼容 Keysight InfiniiVision 2000 X 系列型号。如果在差分 CAN 总线测量应用中使用 InfiniiVision 2000 X 系列示波器，那么是德科技推荐使用 25 MHz 带宽 N2791A 或 200 MHz 带宽 N2792A 差分有源探头。

选择最适合您的汽车串行总线测量的示波器平台

哪一款是德科技示波器平台最适合您的汽车串行总线测量，InfiniiVision X 系列还是 Infiniium S 系列？这取决于您对示波器性能的要求（带宽、采样率和存储器深度）、汽车串行总线测量要求（仅需要串行触发和解码还是一致性测试），以及您的使用模式（调试或分析）和预算情况。

Keysight InfiniiVision X 系列示波器包括多种型号，支持从 70 MHz 至 6 GHz 的带宽。该平台采用了专为调试 CAN、LIN 和 FlexRay 串行总线设计而优化的实时操作系统，以及是德科技第四代 MegaZoom 技术。这种是德科技专有的技术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），因此您能够捕获汽车电子系统本身常见的偶发瞬态事件。InfiniiVision X 系列示波器的起价极低。

Keysight Infiniium S 系列示波器是提供高达 8 GHz 带宽和 20 GSa/s 采样率；并配有示波器行业中最深的存储器，标配 50 Mpts、选配高达 800 Mpts 的采集存储器。该平台以专门优化的 Windows 操作系统为基础，可对汽车电子系统设计实施高级波形分析。除了支持 CAN、LIN 和 FlexRay 串行总线分析和解码触发之外，Infiniium S 系列示波器还支持面向 BroadR-Reach 和 MOST50/150（符合行业物理层标准）的串行总线一致性测试选项。



Keysight InfiniiVision 6000 X 系列示波器



Keysight Infiniium S 系列示波器

Keysight 测量社区

下表汇总了 InfiniiVision X 系列和 Infiniium S 系列示波器中的各种是德科技汽车总线测试选件的特性：

	InfiniiVision 2000 X 系列	InfiniiVision 3000 X 系列	InfiniiVision 4000 X 系列	InfiniiVision 6000 X 系列	Infiniium S 系列
示波器技术指标					
带宽	70 MHz 至 200 MHz	100 MHz 至 1 GHz	200 MHz 至 1.5 GHz	1 GHz 至 6 GHz	500 MHz 至 8 GHz
最高采样率	2 GSa/s	4 GSa/s、5 GSa/s	5 GSa/s	20 GSa/s	20 GSa/s
最大存储器深度	1 Mpts	4 Mpts	4 Mpts	4 Mpts	800 Mpts
ADC 分辨率	8 位	8 位	8 位	8 位	10 位
模拟通道	2 或 4	2 或 4	2 或 4	2 或 4	4
数字通道	8 通道 MSO	16 通道 MSO	16 通道 MSO	16 通道 MSO	16 通道 MSO
最大更新速率	50,000 次/秒	1,000,000 次/秒	1,000,000 次/秒	450,000 次/秒	1,000 次/秒
汽车串行总线解码和触发¹					
LIN 解码和触发	✓	✓	✓	✓	✓
CAN 解码和触发	✓	✓	✓	✓	✓
CAN 符号 (.dbc) 解码和触发			✓	✓	✓
FlexRay 解码		✓	✓	✓	✓
FlexRay 触发		✓	✓	✓	只支持软件搜索 触发
具体解码特点					
硬件解码	✓	✓	✓	✓	
具有解码功能的分段 存储器	列表中的所有分段	列表中的所有分段	列表中的所有分段	列表中的所有分段	仅限于选定分段
多总线解码	1 个总线	2 个总线	2 个总线	2 个总线	4 个总线
双总线与时间交错 列表		✓	✓	✓	
具有总线负载 (CAN) 计算能力的帧/误码计数器	✓	✓	✓	✓	
字段/比特级边界 游标					✓
眼图模板测试					
CAN	✓	✓	✓	✓	
FlexRay		✓	✓	✓	✓
MOST50/150					✓
自动一致性测试					
FlexRay (使用 PC)		✓	✓	✓	
MOST50					✓
MOST150					✓
BroadR-reach					✓

1. 除了支持本表格中列出的最常用汽车串行总线之外，这些示波器还支持许多其他通用串行总线，例如 I2C、SPI、RS-233、USB 等。

相关文献

出版物标题	出版物类型	出版物编号
Keysight InfiniiVision X 系列示波器文献		
InfiniiVision 2000 X 系列示波器 (70 MHz 至 200 MHz)	技术资料	5990-6618EN
InfiniiVision 3000 X 系列示波器 (100 MHz 至 1 GHz)	技术资料	5990-6619EN
InfiniiVision 4000 X 系列示波器 (200 MHz 至 1.5 GHz)	技术资料	5991-1103EN
InfiniiVision 6000 X 系列示波器 (1 GHz 至 6 GHz)	技术资料	5991-4087EN
InfiniiVision X 系列示波器的串行总线选件	技术资料	5990-6677EN
使用 Keysight InfiniiVision 4000/6000 X 系列示波器的 CAN-dbc 符号触发和解码	应用指南	5991-2847EN
使用 Keysight InfiniiVision 4000/ 6000 X 系列示波器表征 CAN 总线仲裁	应用指南	5991-4166EN
示波器测量工具能够更快速地调试汽车串行总线	应用指南	5991-0512EN
使用 Keysight InfiniiVision X 系列示波器进行 CAN 眼图模板测试	应用指南	5991-0484EN
使用 Keysight InfiniiVision X 系列示波器进行 FlexRay 眼图模板测试	应用指南	5990-4923EN
在串行总线应用中使用示波器分段存储器	应用指南	5990-5817EN
Keysight Infiniium S 系列示波器文献		
Infiniium S 系列示波器 (500 MHz 至 8 GHz)	技术资料	5991-3904EN
用于 Infiniium 系列示波器的 N8803A CAN/LIN/FlexRay 选件	技术资料	5990-5077EN
用于 Infiniium 系列示波器的 N6466A MOST50/150 一致性测试应用软件	技术资料	5990-2048EN
用于 Infiniium 系列示波器的 N6467A BroadR-Reach 一致性测试应用软件	技术资料	5990-1965EN
使用 Keysight Infiniium S 系列示波器的 CAN-dbc 符号触发和解码	应用指南	5991-3293EN

如欲下载这些文件，请在 URL 中插入出版物编号：<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/xxxx-xxxx.pdf>

订货信息

InfiniiVision X 系列示波器				
	2000 X 系列	3000 X 系列	4000 X 系列	6000 X 系列
CAN/LIN 触发和解码	DSOX2AUTO	DSOX3AUTO		
CAN/CAN-dbc/LIN 触发和解码			DSOX4AUTO	DSOX6AUTO
FlexRay 触发和解码		DSOX3FLEX	DSOX4FLEX	DSOX6FLEX
模板测试 ¹	DSOX2MASK	DSOX3MASK	DSOX4MASK	DSOX6MASK
分段存储功能	DSOX2SGM	DSOX3SGM	标配	标配

1. 需要模板测试选件和特定串行总线选件，以支持 CAN 和 / 或 FlexRay 眼图模板测试。支持各种比特率和测试接口的模板文件可免费下载。

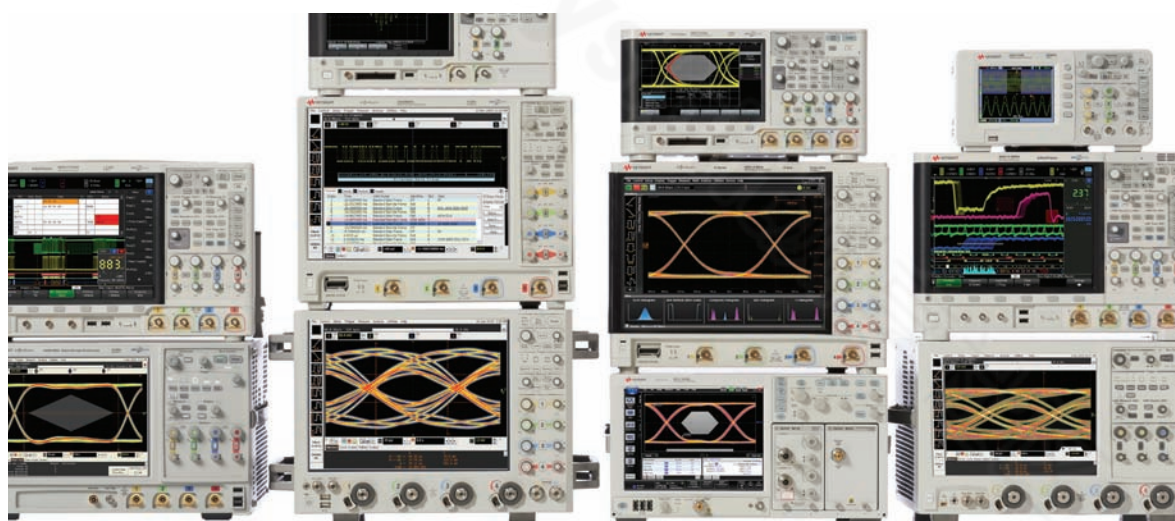
Infiniium S 系列示波器	
CAN/CAN-dbc/LIN/FlexRay 触发和解码	N8803A-1FP
MOST50/150 物理层一致性测试应用软件	N6466A-1FP
BroadR-Reach 物理层一致性测试应用软件	N6467A-1FP
模板测试	标配
分段存储器	标配

如欲了解这些示波器可选配的其他选件，请参见本文相关文献部分列出的具体型号的技术资料。

产品网站

如欲了解最新、最全面的应用和产品信息，请访问是德科技产品网站：

www.keysight.com/find/scopes-auto



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

个性化视图为您提供最适合自己的信息！



www.lxistandard.org

局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。

3 年保修



www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。

是德科技保证方案



www.keysight.com/find/AssurancePlans

5 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。

www.keysight.com/go/quality

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2008

质量管理体系



是德科技渠道合作伙伴

www.keysight.com/find/channelpartners

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

www.keysight.com/find/scopes-auto

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：www.keysight.com/find/contactus

是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863
电子邮件: tm_asia@keysight.com

是德科技 (中国) 有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦
电话: 86 010 64396888
传真: 86 010 64390156
邮编: 100102

是德科技 (成都) 有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号
电话: 86 28 83108888
传真: 86 28 85330931
邮编: 610041

是德科技香港有限公司

香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼
电话: 852 31977777
传真: 852 25069233

上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号
利通广场 19 楼
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200080

深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元
电话: 86 755 83079588
传真: 86 755 82763181
邮编: 518048

广州分公司

广州市天河区黄埔大道西 76 号
富力盈隆广场 1307 室
电话: 86 20 38390680
传真: 86 20 38390712
邮编: 510623

西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号
长安国际大厦 D 座 501
电话: 86 29 88861357
传真: 86 29 88861355
邮编: 710068

南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号
金陵饭店亚太商务楼 8 层
电话: 86 25 66102588
传真: 86 25 66102641
邮编: 210005

苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号
世纪金融大厦 1611 室
电话: 86 512 62532023
传真: 86 512 62887307
邮编: 215021

武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号
武汉保利广场 18 楼 A 座
电话: 86 27 87119188
传真: 86 27 87119177
邮编: 430071

上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号
26 号楼一楼 J+H 单元
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200083



本文中的产品指标和说明可不经通知而更改

© Keysight Technologies, 2014

Published in USA, August 4, 2014

出版号: 5991-4038CHCN

www.keysight.com