

是德科技

## CAN FD 眼图模板测试

Keysight InfiniiVision 3000T 或  
4000 X 系列示波器应用

应用指南

## 序言

眼图模板测试广泛用于当今的串行总线应用。眼图通常源于示波器所有捕获位的无限持续叠加，用以显示这些位在何时有效。眼图可以综合显示系统物理层特征的总体质量，包括幅度变化、时序不确定因素和偶发信号异常。眼图测试特别适用于新的 CAN FD 串行总线等高速总线。

Keysight InfiniiVision 3000T 或 4000 X 系列示波器结合 DSOXT3AUTO 或 DSOX4AUTO 触发和解码选件 (CAN、CAN FD 和 LIN) 以及 DSOX3MASK 或 DSOX4MASK 模板测试选件，可以针对 CAN FD 差分总线进行眼图测试。是德科技网站提供不同数据相位波特率和差分探测极性 (显性位高或显性位低) 的 CAN FD 模板文件，包括以下 CAN FD 模板文件：

- CAN-FD (L-H) 500k-4M.msk
- CAN-FD (L-H) 500k-5M.msk
- CAN-FD (L-H) 500k-6M.msk
- CAN-FD (L-H) 500k-8M.msk
- CAN-FD (L-H) 500k-10M.msk
- CAN-FD (H-L) 500k-4M.msk
- CAN-FD (H-L) 500k-5M.msk
- CAN-FD (H-L) 500k-6M.msk
- CAN-FD (H-L) 500k-8M.msk
- CAN-FD (H-L) 500k-10M.msk

如果需要探测差分 CAN FD 总线以查看显性位低电平，请选用文件名包含 "L-H" 的模板文件。如果需要探测总线以查看显性位高电平，请选用文件名包含 "H-L" 的模板文件。本文接下来的章节将介绍探测极性。

CAN FD 眼图模板测试仅支持 500 kbps 基础速率 (仲裁相位) 和 4 Mbps 至高达 10 Mbps FD 速率 (数据相位) 的 CAN FD 总线。因此，如果需要执行 10 Mbps CAN FD 数据速率的探测，请选用文件名包含 "500k-10M" 的模板文件。

CAN FD 眼图模板测试不会测试所有位，仅覆盖所有 CAN FD 帧 FD 数据相位的前 10 位。换句话说，模板测试仅测试包含位速率切换 (BRS) 位的帧。10 位可以包括最差的再同步情景，例如出现两个连续填充位。模板测试将测试 10 位周期中最差情况下的时钟稳定性与抖动。尽管不会测试 FD 数据相位的所有位，重叠所有帧 FD 数据相位的前 10 位可以显示系统所有模式的接收位波形特征。因此，如果系统某个 FD 节点出现物理层问题，例如幅度降低、边沿速度减慢、噪声等等，仅测试 FD 数据相位的前 10 位即可通过测量眼图显示上述特征。

"传统" CAN 2.0 信号也可以应用眼图模板测试。请参阅本文末尾列出的是德科技应用指南 ("CAN 2.0 眼图模板测试")，深入了解 CAN 2.0 信号 (非 FD) 测试。

## CAN FD 差分总线探测

CAN FD 眼图模板测试以捕获和叠加差分总线的隐性和显性位位为基础，差分总线探测必须使用差分有源探头。是德科技推荐使用图 1 所示的 N2818A 200-MHz 差分有源探头。该探头配有 Keysight AutoProbe 接口，可以自动设置示波器输入阻抗 (50-Ω) 和衰减比 (10:1)，并为有源探头供电。

如果您需要连接系统的 SubD-DB9 连接器，是德科技提供 CAN/FlexRay SubD-DB9 探头前端 (部件号 0960-2926)，如图 1 插图所示。该款可选探头适配器支持您轻松连接 CAN、CAN FD 和/或 FlexRay 差分总线。

差分有源探头可以测量差分 CAN FD 总线"显性位高"或"显性位低"格式的信号。任意探测极性都可以用于 CAN FD 眼图模板测试。如果需要查看显性位高电平信号，请连接差分探头 "+" (红色引线) 输入端与 CAN\_H，并连接探头 "-" (黑色引线) 输入端与 CAN\_L。图 2 显示的是"显性位高"格式的差分 CAN FD 波形。

如果需要查看显性位低格式信号，请连接差分探头 "+" 输入端 (红色引线) 与 CAN\_L，并连接 "-" 输入端 (黑色引线) 与 CAN\_H。虽然上述差分探头和总线连接方法似乎与正常连接相反，并且并不直观，CAN FD 信号的计时图通常显示为显性位低格式。此类格式显示的总线空闲电平始终为高 (隐性)。并且，在 CAN FD 帧传输过程中，高电平信号 (隐性位) 始终解释为 "1"，低电平信号 (显性位) 始终解释为 "0"。图 3 是显性位低电平格式的差分 CAN 波形。这是目前大多数工程师使用的探测方法。

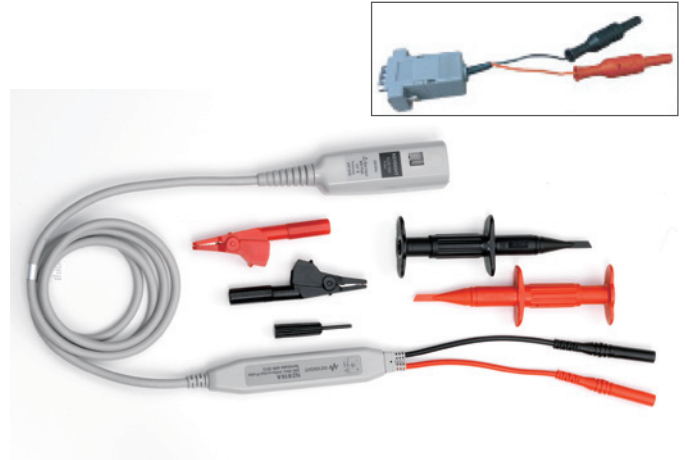


图 1: N2818A 200-MHz 差分有源探头和 SubD-DB9 探头前端。

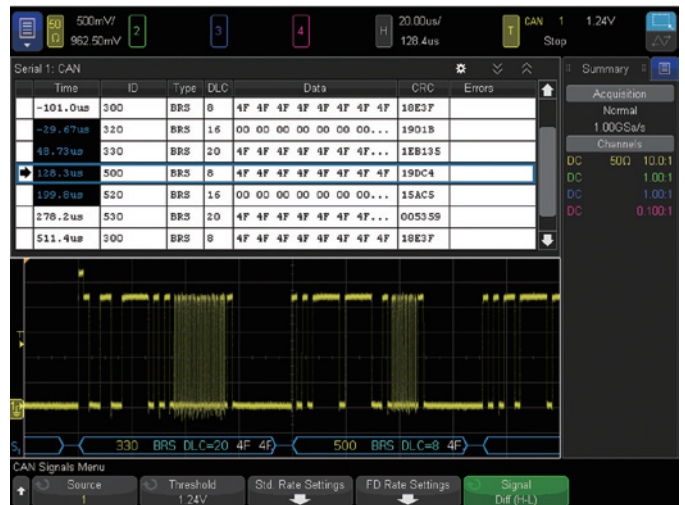


图 2: 探测差分 CAN FD 总线以显示显性位高电平。

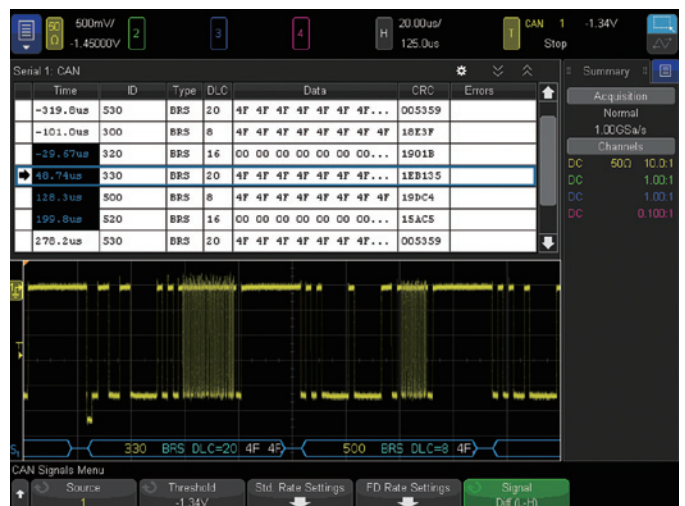


图 3: 探测差分 CAN FD 总线以显示显性位低电平。

## CAN FD 眼图模板测试步骤说明

执行 CAN FD 眼图模板测试，首先要关闭示波器的所有通道，连接 CAN FD 差分总线的输入通道除外。如果选择“默认设置”，则只有通道 1 启用。或者，您可以使用已设置的示波器并触发差分 CAN FD 总线。执行 CAN FD 眼图模板测试的步骤如下所示：

1. 将包含适合模板文件的 USB 存储设备插入示波器前面板的 USB 端口。
2. 按下前面板的 [Save/Recall] (保存/调用) 键，然后按下 Recall (调用) 功能键。
3. 按下 Recall: XXXX 功能键，然后选择调用文件类型为 Mask (\*.msk) (模板)。
4. 按下 Location (位置) (或 Press to go or load from) 功能键，然后根据 FD 波特率和探测极性 (L-H = 显性位低电平, H-L = 显性位高电平) 选择合适的模板文件。
5. 按下 Press to Recall 功能键，以开始 CAN FD 眼图模板测试。

调用模板文件后，示波器将自动完成设置 (时基、垂直幅度和触发设置)，以便在示波器显示屏中心五格标度上显示重叠的 CAN FD 位。在这个连续测试中，时基设置和计时光标不可用。如欲退出 CAN FD 眼图模板测试，请关闭模板测试，或按下示波器 Analyze-Mask (模板分析) 菜单中的 Clear Mask (清空模板) 键。退出测试后，示波器的大部分设置将还原至测试开始之前的状态。然而，触发并未恢复至测试开始前的状态，将保持使用示波器脉宽触发模式触发位速率切换 (BRS) 位尾沿的设置，即 FD 数据速率相位的开始位置。

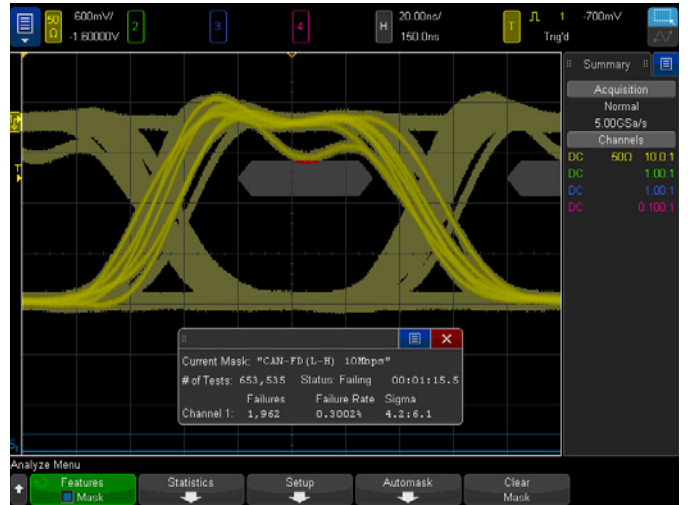


图 4: 10Mbps 数据相位 CAN FD 眼图模板测试，总线探测用于显示显性位低电平。

## 眼图解析

图4显示的是500 kbps仲裁相位波特率和10 Mbps FD数据相位波特率差分探测CAN FD眼图模板测试，以观测显性位低电平格式(L-H)的波形。测试结果可以显示接收机采样前显性位和隐性位是否已经稳定至有效/指定电平，通常出现在FD数据相位60%采样点附近。换句话说，通过同步示波器采集和显示计时与CAN FD接收机计时，CAN FD眼图可以显示CAN FD接收机的接收结果。因此，一次测量可以提供CAN FD物理层网络总体信号完整性的深入分析，显示最坏情况下的时序和垂直幅度变化。

眼图垂直轴显示的是峰峰值幅度。差分CAN FD总线的信号幅度变化主要源于以下因素：

- 系统噪声/干扰/耦合
- 具有独特和不同输出特征的发射机(系统中的节点)
- 网络长度和反射导致的幅度衰减

顺序查看位和帧(非眼图显示)也可以看到峰峰值幅度的变化，如图3所示，但是眼图可以通过单一重叠图像显示幅度变化以及脉冲形状的细节，帮助分析最终的问题。

眼图水平轴显示的计时不确定度主要源于以下因素：

- 最坏情况下的时钟抖动
- 最坏情况下的系统节点间时钟容限
- 位时间量化(通常为1位时间的1/8或1/25)

通过连续波形(非眼图显示)往往很难发现最坏情况的计时错误。

## 合格/不合格模板

持续比较眼图重叠和无限余辉位与6点多边形合格/不合格模板(灰色区域)，模板通常为最常用的串行总线标准。模板限定了信号不合格区域。示波器显示屏的不合格区域可以视为信号禁区。如果捕获波形通过示波器屏幕的信号禁区，该部分波形迹线将显示为红色，如图5所示。此外，示波器将计算不合格位数量和被测位总数，并提供不合格率统计。

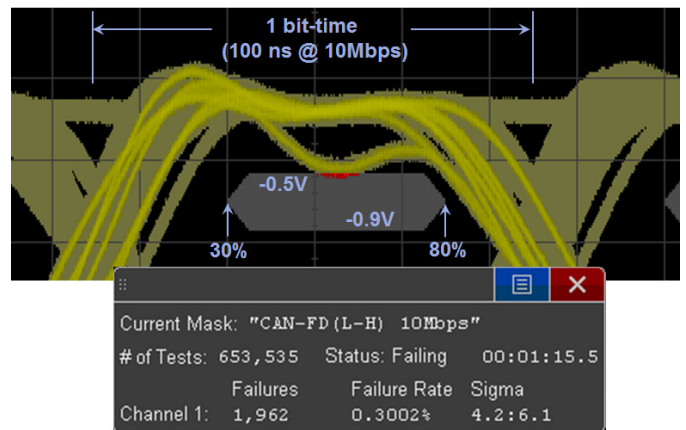


图5: CAN FD系统的合格/不合格模板。系统数据相位为10 Mbps, 探测用于查看显性位低电平。

图5是CAN FD系统的模板。系统数据相位速率为10 Mbps，探测差分总线以显示显性位低电平信号。模板上下边界表示-0.5V至-0.9V最差情况的CAN FD接收阈值电平。是德科技提供+0.5V至+0.9V上下限的模板，可以满足显性位高电平探测应用需求。模板左侧位于30%位时间点，右侧位于80%位时间点。

上述CAN FD眼图模板测试中，我们发现系统的某个节点生成隐性位(高电平)信号，进入靠近模板上限的禁止区域。注意，超出-0.5V阈值电平的波形显示为红色。测试显示差分信号下降有可能被CAN FD收发信机解读为显性位。我们还发现CAN FD系统会在被测最差10位时间内生成约20 ns的峰峰计时抖动。最终，模板测试统计窗口显示，75秒测试时间内测试超过65万位，不合格率约为0.3%。

使用任意常用ASCII文本编辑器都可以编辑多边形模板的顶点(包括Windows NotePad)，然后保存为.msk扩展文件。如需定制CAN FD模板文件，请联系是德科技。

## 总结

CAN FD串行总线协议分析仪可以提供CAN总线应用级数据传输信息，但是很少或无法显示可能导致系统误差的单独位的信号完整性数据。为此，工程师和技术人员经常使用具有CAN FD触发和解码功能的示波器来测试差分CAN FD网络的物理层特征。示波器可以支持CAN FD眼图模板测试，能够通过单次综合测量测试物理层的总体质量。通过示波器屏幕获得正确的CAN FD眼图测量不仅需要上升沿/下降沿触发，而且需要特殊的触发和显示时钟恢复算法，以便仿真CAN FD接收机最坏情况下的再同步，然后捕获和重叠再同步(两个连续填充位)之后最坏情况下的第10个位时间。

Keysight InfiniiVision X系列示波器不仅支持差分CAN和CAN FD总线信号触发、解码和眼图模板测试，而且能够分析车载应用中常见的串行总线标准，包括LIN、SENT、FlexRay、I2C、SPI、RS-232/UART和USB。

## 系统要求

除了使用Keysight N2818A差分有源探头(或同档产品)探测差分总线，执行CAN FD眼图模板测试还需要Keysight InfiniiVision 3000T或4000X系列示波器以及DSOX3AUTO或DSOX4AUTO串行触发和解码选件(CAN、CAN FD和LIN)以及DSOX3MASK或DSOX4MASK模板测试选件。并且，购买包含所有示波器可用选件(CAN、CAN FD、LIN、SENT、FlexRay、I2C、SPI、模板等等)的应用选件套件DSOXT3APPBNDL和DSOX4APPBNDL可以享受大幅优惠。

此外，除了上述系统要求，3000T或4000X系列示波器必须使用4.05或以上版本的固化软件，以支持CAN FD眼图模板测试。

## 相关文献

出版物标题	出版物类型	出版物编号
InfiniiVision 3000T X 系列示波器	技术资料	5992-0140CHCN
InfiniiVision 4000 X 系列示波器	技术资料	5990-1103CHCN
InfiniiVision X 系列示波器串行总线选件	技术资料	5990-6677CHCN
InfiniiVision 示波器探头与附件	技术资料	5968-8153CHCN
加速汽车串行总线调试的示波器测量工具	应用指南	5991-0512CHCN
CAN 2.0 眼图模板测试	应用指南	5991-0484CHCN
CAN-dbc 符号触发与解码帮助加快汽车设计调试速度	应用指南	5991-2847CHCN
应用 InfiniiVision X 系列示波器表征 CAN 总线仲裁	应用指南	5991-4166CHCN
分段存储器与串行总线应用	应用指南	5990-5817CHCN

myKeysight

myKeysight  
[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
个性化视图为您提供最适合自己的信息!



[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)  
AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准, 将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。



[www.lxistandard.org](http://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。



[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)  
PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。



3年保修  
[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://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](http://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](http://www.keysight.com/go/quality)  
Keysight Technologies, Inc.  
DEKRA Certified ISO 9001:2008  
Quality Management System

是德科技渠道合作伙伴  
[www.keysight.com/find/channelpartners](http://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。

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](http://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](mailto: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

