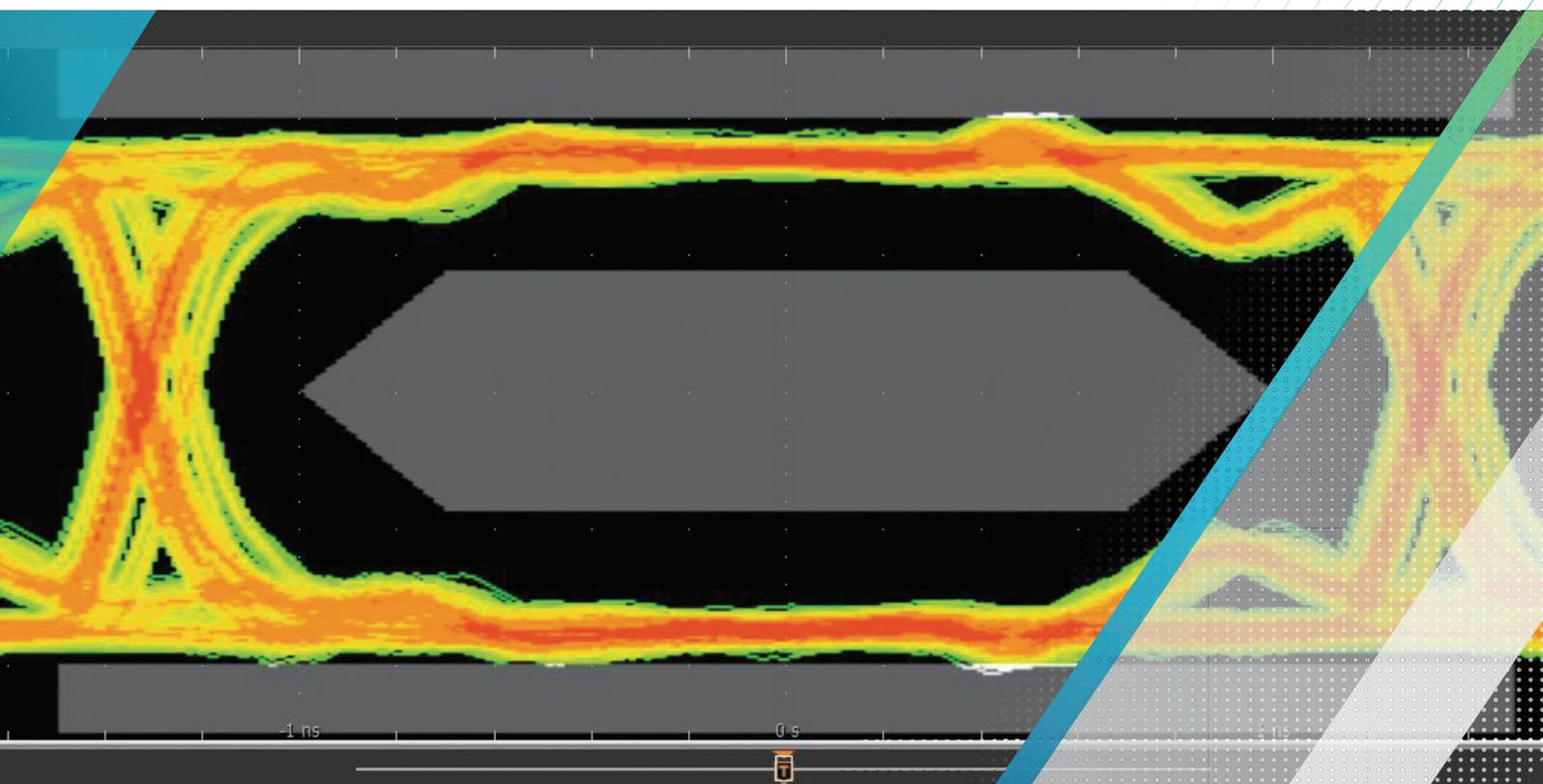


自动测量低压差分信号 (LVDS)

应用指南





本应用指南

- 阐述了 LVDS 信号的基本要素
- 讨论了与标准范例有关的多项测量
- 描述了基于示波器的自动测量

本应用指南中涉及的仪器包括 5 和 6 系列 MSO 及 MSO/DPO70000C 系列示波器，装有 TekExpress LVDS 自动测试和高级抖动分析软件。

低压差分信号 (LVDS) 是一种流行的信号系统，适用于采用低功率进行高速数据传送的应用。它采用彼此相距很近的差分导体，对外部干扰实现了非常好的抗扰度。干扰会同等影响两条轨迹 (共模干扰)，接收机以差分模式运行，忽略这些干扰。LVDS 也是为低 EMI 设计的。两条轨迹传送极性相反的信号，从而抵消磁场。

LVDS 为应用中采用的多种标准奠定了基础，包括 LCD 面板和图形控制器、视频接口、模数转换器 (ADCs) 和传感器系统。多种视频标准依赖 LVDS，包括 OpenLDI、GVIF、GMSL、V-by-One 1 和 FPD-Link。每一种标准都采用基于 LVDS 的物理层，在物理层上运行不同的协议。

电气特点

LVDS 信号在方向相反的反转线路和非反转线路上采用差分电压摆动，运行在共模电压之上。共模 (CM) 电压可以从 0 V 向上变化，峰峰值摆幅可以高达 400 ~ 600 mV。

尽管多种标准采用 LVDS，但大多数实现方式依赖 100Ω 差分端接电阻，拥有指定容限。除点到点标准外，还有许多多点标准，比如总线 LVDS 和 M-LVDS。

采用 LVDS 的视频标准，如 OpenLDI、GVIF、GMSL、V-by-One 和 FPD-Link，拥有基于 LVDS 的物理层，但不同标准采用不同的时钟输入 (嵌入式时钟、显示时钟、扩频时钟) 和通路规范。LVDS 还用于 ADC 和 DAC 等信号转换器中。

在上述应用中，通路数量可以是一条，也可以是多条。视频标准一般采用多条通路及一个或多个时钟。在任何多路应用中，控制不同通路之间的时延至关重要。

1 V-by-One 是 THine 电子公司的注册商标。

视频帧基础知识

由于 LVDS 通常用来传送视频信息，因此我们有必要看一下视频帧的结构。视频帧的基本单位是像素，帧是由像素组成的阵列。每个像素包含红、绿、蓝 (RGB) 颜色信息。在视频总线上，像素作为数据包形式的比特序列发送。为了让接收机理解帧的内容，我们使用描绘器确定帧开头、行开头等。很多术语来自模拟合成视频信号时代。垂直同步信号 (VSYNC) 每个帧发生一次，它指明每个新帧的开头，以及上一个帧的结尾。水平同步 (HSYNC) 描绘器在每次新的像素行开始时发生。帧包括垂直消隐和水平消隐，分别为各帧之间的延迟和各行之间的延迟。发生在有效视频之前的称为前廊 (HFP/VFP)，发生在有效视频之后的称为后廊 (HBP/VBP)。

OpenLDI 实例

为更好地理解 LVDS 的实际应用，我们看一下流行的视频标准 OpenLDI。这一标准的电气规范基于 TIA-644，通常用于应用处理器与 LCD 显示器之间。表 1 是 OpenLDI v0.95 支持的常用显示器分辨率。

分辨率	常用名称
640x480	VGA
500x600	SVGA
1024x768	XGA
1280x1024	SXGA
1600x1024	SXGAW
1600x1200	UXGA
1920x1080	HDTV
1920x1200	UXGAW
2048x1536	QXGA

表 1. OpenLDI 支持的显示器分辨率。参考资料：OpenLDI 规范 V0.95 表 5-1。

如上面“视频帧基础知识”所述，视频信号在帧中传送。帧要传送给 3~8 条数据通路，拥有一个或两个时钟。OpenLDI 有多个变种：

- 18 位单像素，每个像素用三个 6 位 RGB 值表示。
- 24 位单像素，每个像素用四个 8 位 RGB 值表示。
- 18 位双像素，两个像素用一对三个 6 位值表示。
- 24 位双像素，两个像素用一对四个 8 位值表示。

注意在双像素实现方式中，两个像素同时发送。

对上面每种编码方式，物理层采用不同的结构，参见图 1。18 位单像素格式采用一个时钟和 3 条通路 (A)：A0 ~ A2 数据通路和 CLK1。双像素格式采用相同的通路和时钟，但增加了另一个时钟和另外 3 条通路 (B)：A4 ~ A6 和 CLK2。

24 位单像素格式采用一个时钟和 4 条通路 (A)：A0 ~ A3 及 CLK。双像素格式额外增加了四条通路，有两个时钟和 8 条通路 (B)：除 24 位单像素通路外，还使用 A4 ~ A7 及 CLK2。

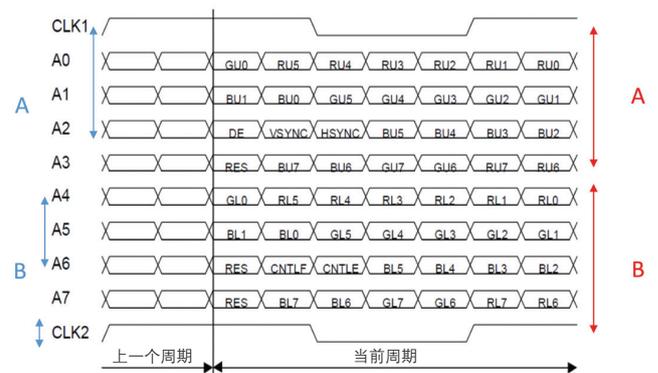


图 1. OpenLDI 可以支持 8 条数据通路 (A0 ~ A7) 及最多 2 条时钟通路 (CLK)。

位	像素格式	数据通路	时钟	示波器通道 *
18	单	3	1	4
18	双	6	2	8
24	单	4	1	5
24	双	8	2	10

* 差分探头

表 2. OpenLDI 变体及测试所需的示波器或开关矩阵通道。

为测试显示控制器的接收机，我们要求示波器最少要有 4 条通道，最多要有 10 条通道，具体取决于每个像素的位数和选择的像素模式。测试 4 条通道以上的选项之一，是使用开关矩阵顺序测试通道。另一个选项是使用 8 通道示波器，比如拥有最多 8 条通道的 5 系列 MSO。这种配置可以一次测试最多 8 条通路，明显节省了时间，特别是在执行表征时。5 系列 MSO 还提供了长记录长度和 12 位 ADC，可以准确地进行测量。

OpenLDI 的物理层规范和电气规范基于 TIA-644。TIA-644 标准规定，驱动器输出跳变时间应不低于时间间隔的 30%，下限分别为 260 ps 和 1 ns。这要求示波器的带宽在 350 MHz 以上。LVDS 跳变时间是指信号的 V_{pp} 从 20% 变为 80% 所用的时间。

在 OpenLDI 中，1 位宽度是像素时钟的 1/7，为 160 MHz。因此，数据速率是时钟速率的 7 倍，所以最大速率是 1.12 Gbps。

OpenLDI 检验中的某些重要指标包括预加重、成对通路内部时延和成对通路之间时延。本节中的指标源自 V0.95 的 OpenLDI。

预加重：OpenLDI V0.95 支持在最远 10 米的距离内传送视频。接收机端的信号应可以恢复，所以信号被赋予预加重。预加重应满足图 2 所示的 OpenLDI V0.95 模板。

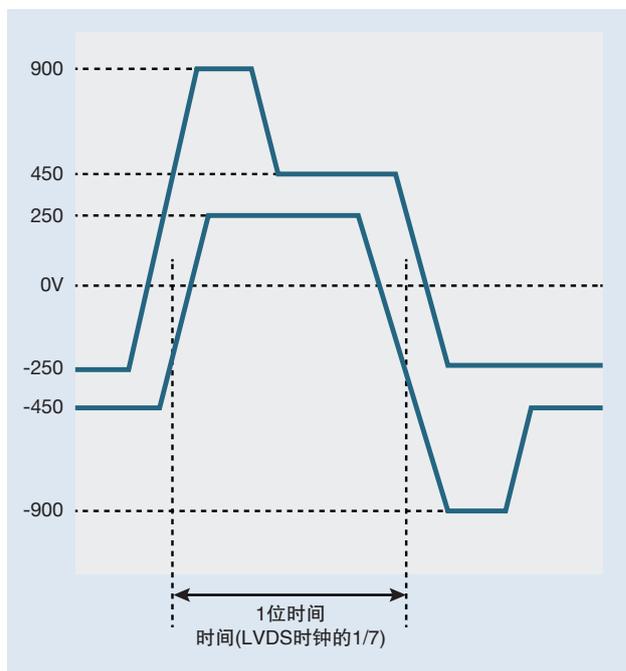


图 2. OpenLDI 信号容限模板显示了允许的位时间和预加重。

成对通路内部时延：这是差分对之间允许的最大时延。接收机应能够容忍最高 300 ps 的时延。

成对通路之间时延指标：任意两对数据通路之间的时延应不高于 1 ns。

LVDS 部分关键指标

在测试视频信号的各种参数，特别是多条通道上成对通路内部时延和成对通路之间时延时，要求进行非常准确可靠的测量。考虑到显示器是汽车和工业系统不可分割的组成部分，因此表征接口要求一种自动化工具，这种工具要能够在多个工艺、电压和温度拐角上运行测量，因为这些系统在严酷的环境中运行。

不同视频标准的要求不尽相同，比如要求应用 1 GHz 带宽的均衡器。

采用 LVDS 的 OpenLDI 实例说明了 LVDS 系统中非常重要的多项主要测量。其他标准可能要求其他测量，这些测量可能对排除故障具有重要意义：

- 成对通路内部时延：测量所有差分通路对内部的时延
- 成对通路之间时延：测量所有通路对之间的时延
- 差分输出电压幅度
- 输出偏置电压（共模）
- 单位间隔
- 数据宽度
- 时钟频率 / 周期
- 跳变时间：上升时间 (t_r)*
下降时间 (t_f)*

* t_r 和 t_f 在信号从 20% 上升到 80% 时测得。

可能需要进行抖动测试和分析，以测量数据信号和时钟上的抖动。在某些情况下，时钟可以使用扩频调制控制 EMI，这进一步提高了测试的复杂度。

可能会要求许多测量，但大部分测量可以使用泰克示波器上提供的 LVDS 测量软件和高级分析软件自动进行。

自动测量和 TekExpress

TekExpress 软件自动进行与 LVDS 大多数变种有关的测量。它在 5 和 6 系列 MSO 和 MSO/DPO70000C 示波器上运行。变种包括与 LVDS 物理层有关的总线标准，以及与多种流行视频标准的物理层有关的总线标准。TekExpress 自动软件可以全面配置。可以使用 SCPI 命令全面控制测试执行，进一步自动实现和量身定制系统。

软件可以在预录模式下测试离线波形，方便进行多轮测试。

测试设置包括：

- 示波器
 - 高级抖动选项
 - TekExpress LVDS 自动测量选项
- 探头或相位匹配的 SMA 电缆
- DUT

图 3 显示了相位匹配的基于 SMA 的连接和差分探头的设置图。

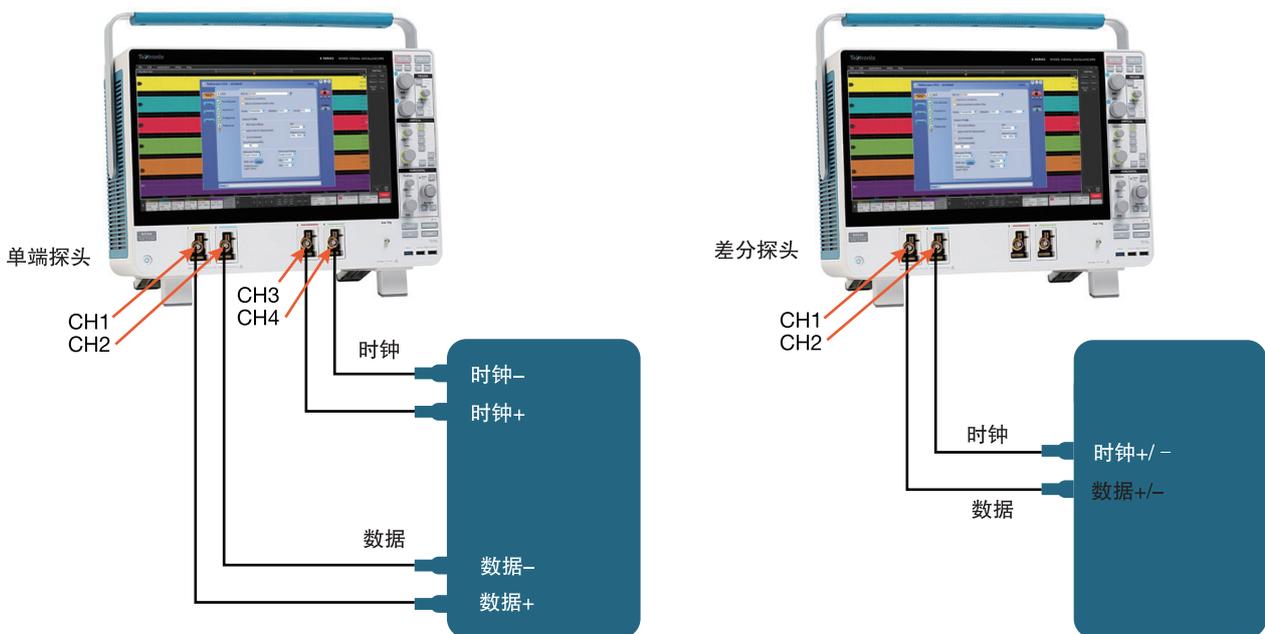


图 3. 可以使用单端匹配 SMA 电缆或差分探头进行测量。差分探头使用的示波器通道数量较少。

TekExpress 界面引导您设置参数，选择测试，应用极限。极限可以配置，可以保存重用。应用允许进行多路测试，5 系列 MSO 最多 8 路，6 系列 MSO 或 MSO/DPO70000C 最多 4 路。

应用中的测试分组放在 Data 和 Clock 下。可以在有或没有扩频时钟 (SSC) 的情况下执行时钟测试。数据测试分成两个子类：一般测试和抖动测试 (图 4)。

为提高测试速度和通用性，测试软件提供了自动模板生成、可重新配置的时钟 / 数据恢复、预加重测试及最多两个支持均衡的滤波器文件。

对采用嵌入式时钟的系统，应用提供了全面可配置的时钟和数据恢复功能 (图 5)。其支持多种时钟恢复方式，包括恒定时钟、PLL 自定义带宽 (类型 1/ 类型 2) 和显示时钟。(“显示时钟”适用于有单独时钟的情况)

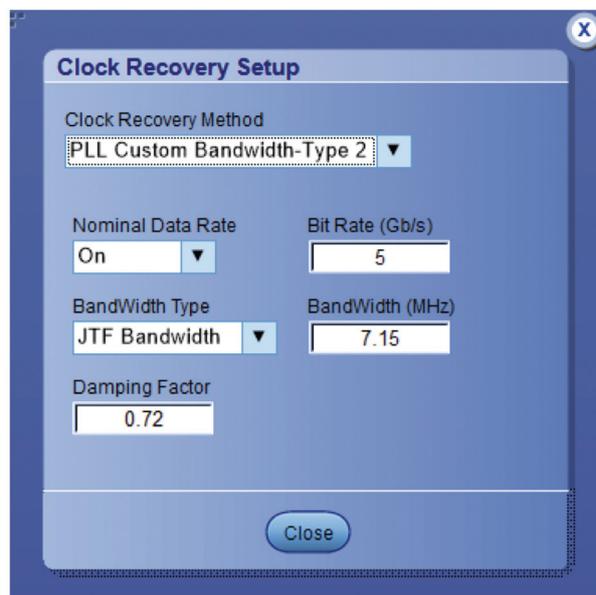


图 5. 可以使用恒定时钟和 PLL 技术从信号中恢复时钟。如果有，还可以使用单独的时钟。

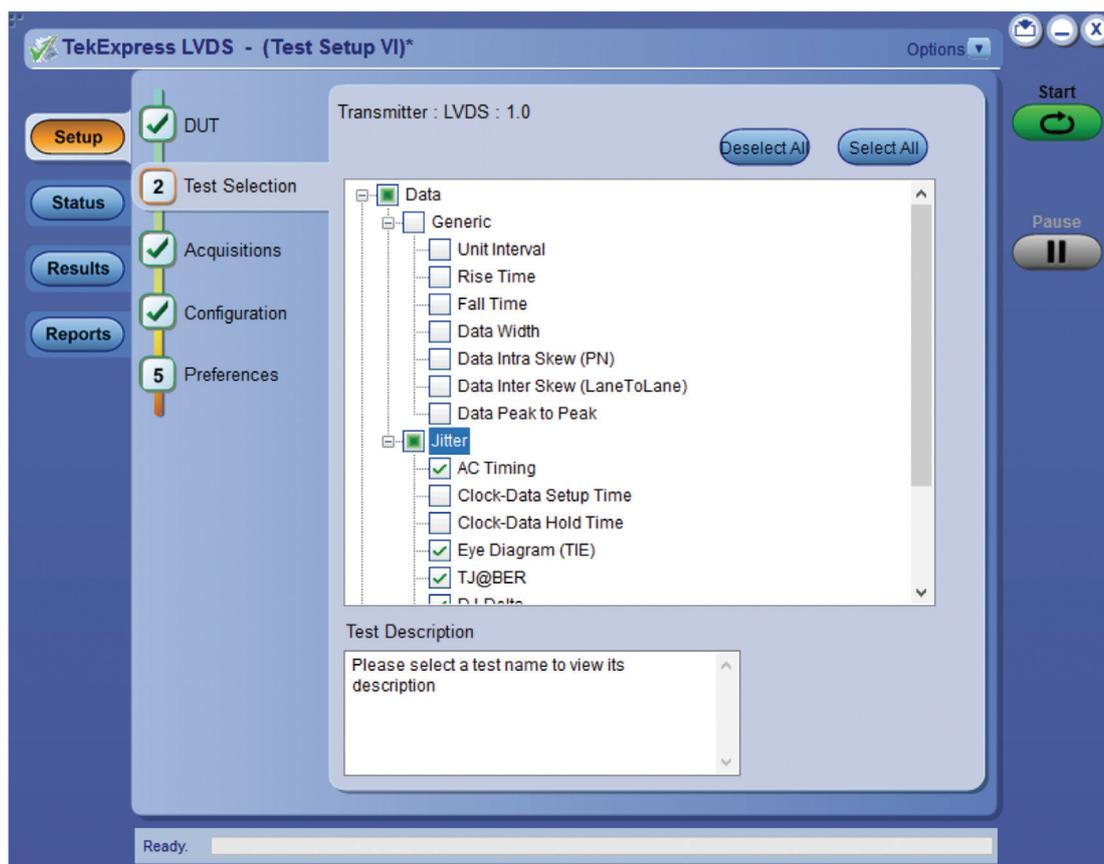


图 4. TekExpress 自动软件采用从测试设置到报告编制的逻辑流程。有两组测试可供选择：数据和时钟。

自动模板根据信号的最大摆幅电压、数据速率和模板形状生成模板。可以进一步手动精调自动生成的模板。模板形状可以是六边形、八边形和方形。一旦生成，模板会与眼图一起使用，检查违规，提供测试通过 / 失败报告。

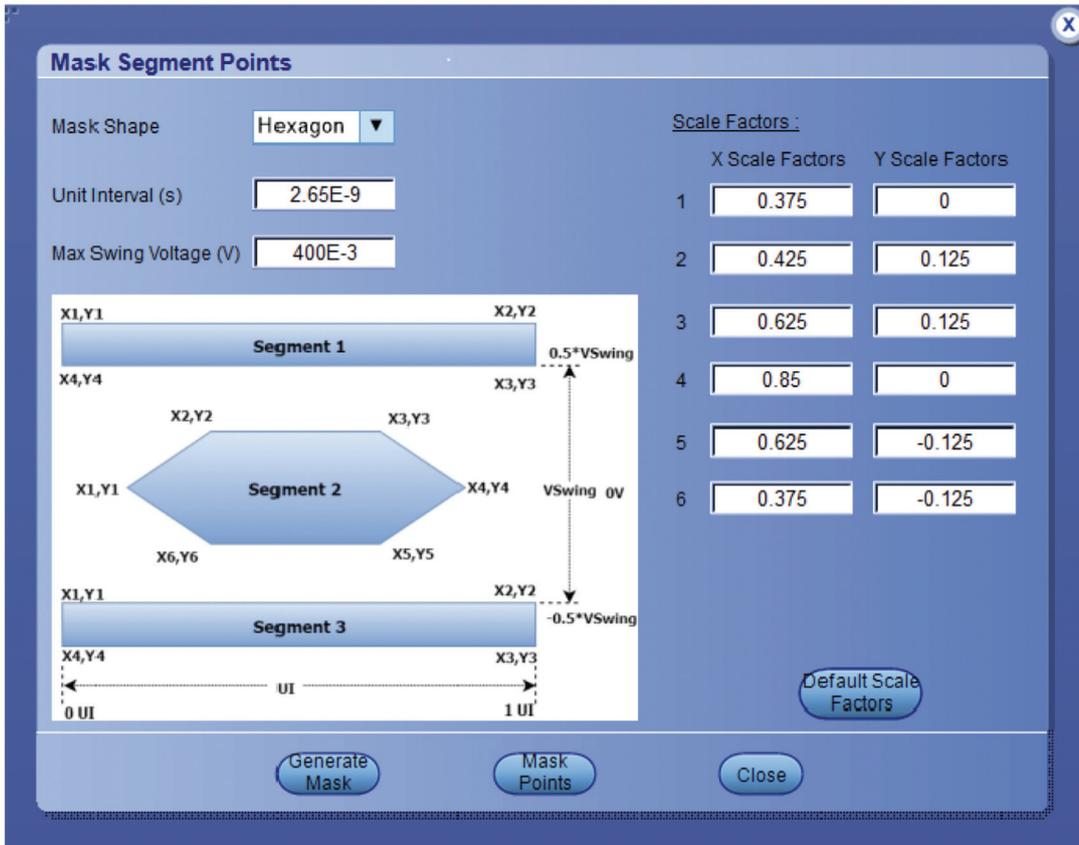


图 6. 自动测试软件生成一个眼图模板，其可以手动进行调节。

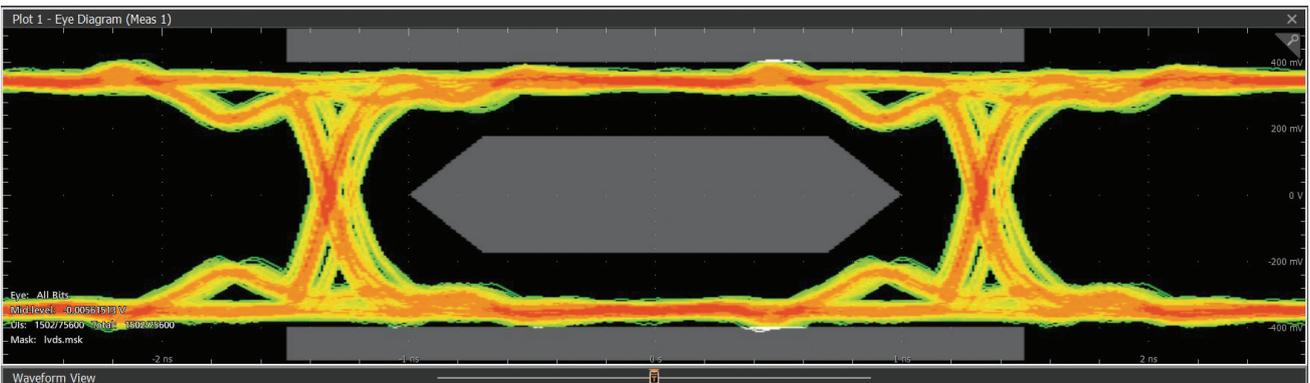


图 7. 模板用来识别测试期间的违规。

在测量完成后，自动软件会生成一份测试报告。对每个参数，它会给出相关通路编号、测得值、测试通过 / 失败指示、裕量。还可以包括捕获的屏幕图。结果可以按测试名称、通路编号和结果 (通过 / 失败) 分类。报告可以保存为 PDF、mht 和 csv 格式。

总结

低压差分信号为多种通信标准奠定了基础，其中许多标准用于严酷的环境中。再加上多路实现方案，使得测试变得既重要又复杂。示波器上运行的测试软件可以加快测量速度，提高测量一致性。

Tektronix
TekExpress LVDS
LVDS Test Report

Setup Information			
DUT ID	DUT001	Scope Serial Number	QU100009
Date/Time	2019-08-22 15:54:08	SPC, FactoryCalibration	PASS
Execution Mode	Live	Scope F/W Version	1.20.7.6859
TekExpress Version	Framework:4.11.0.45	DUT Clock Probing	Single-Ended
App Version	LVDS:1.0.0.209	DUT Data Probing	Single-Ended
Overall Execution Time	0:01:28	Scope Model	M5064
		ProbModel1	"1X"
		ProbModel2	"1X"

Test Name Summary Table	
Unit Interval	Pass
Rise Time	Pass
Fall Time	Pass
Data Width	Fail
Data Intra Skew (PN)	Fail
Data Peak to Peak	Fail
AC Timing	Pass
Eye Diagram (TIE)	Pass
TJ@BER	Pass
DJ-Delta	Pass
RI-Delta	Pass
DDJ	Pass
De-Emphasis Level	Pass

Unit Interval								
Measurement Details	Lane	Iteration	Measured Value	Units	Test Result	Margin	Low Limit	High Limit
Data Unit Interval	Lane 1	1	1.0	ns	Pass	L:9.990001e-00 1ns H:9.999990e+005ns	0.001	1000000
COMMENTS	NA							

[Back to Summary Table](#)

Rise Time								
Measurement Details	Lane	Iteration	Measured Value	Units	Test Result	Margin	Low Limit	High Limit
Data Rise Time	Lane 1	1	69.761	ps	Pass	L:6.876135e+00 1ps H:9.302387e+002ps	1	1000
COMMENTS	NA							

[Back to Summary Table](#)

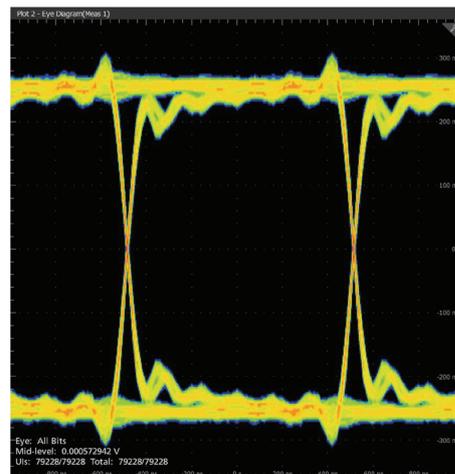


图 8. 一旦完成测量，可以自动生成一份报告，包括测试通过 / 失败结果、测量值和裕量。



泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编：201206
电话：(86 21) 5031 2000
传真：(86 21) 5899 3156

泰克北京办事处

北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城·国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编：100015
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编：200335
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编：518008
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编：610063
电话：(86 28) 6530 4900
传真：(86 28) 8527 0053

泰克西安办事处

西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编：710065
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编：430074
电话：(86 27) 8781 2760

泰克香港办事处

香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话：(852) 2585 6688
传真：(852) 2598 6260

更多宝贵资源，敬请登录：WWW.TEK.COM.CN

© 泰克科技版权所有，侵权必究。泰克产品受到美国和其他国家已经签发及正在申请的专利保护。本资料中的信息代替此前出版的所有材料中的信息。本文中的技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克科技公司的注册商标。本文中提到的所有其他商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。

01/20 IP 48CW-61639-0

