



RIGOL

高速伺服激光加工 系统MIPI D-PHY 一致性测试应用笔记



概要说明:

本次应用主要围绕 **MIPI D-PHY 一致性测试**，重点验证摄像头模块输出的 MIPI D-PHY V1.2 信号质量，以确保信号传输的稳定性和可靠性。

MIPI D-PHY 作为移动设备中摄像头与显示屏之间的高速数据传输接口，具备低功耗、高抗干扰能力及高速数据传输等优势，被广泛应用于智能手机、影像系统及其他高性能电子设备。本次测试环境包括摄像头、主板、高速运动控制系统（EtherCAT 伺服系统）等，最终通过示波器 DS81304 和 PVA8700 高带宽探头对 MIPI D-PHY 信号进行采集和分析，并实现自动化物理层一致性测试。

应用关键因素:

- **符合协议规范，确保测试准确性**

RIGOL MIPI D-PHY 一致性测试方案严格遵循 CTS 标准，并支持用户自定义测试范围，满足不同需求。

- **高效自动化测试，大幅提升测试效率**

该方案提供直观的波形预览、自动参数设置及接线指引，使工程师能够快速完成测试，相较行业平均测试时间大幅缩短。

- **详尽测试报告，助力精准分析**

测试完成后自动生成专业报告，包括测试结果、具体参数及波形截图，帮助工程师快速定位问题并优化产品设计。

整体贡献与综效:

测试过程中，我们不仅完成了全套一致性测试，并协助进行未通过项的深入分析，提供整改建议，并通过多轮复测确保改进效果。此外，还进行了不同信号传输线的对比测试，以优化信号完整性，提高整体系统的稳定性。



图 1: EtherCAT 总线伺服及激光切割头

应用场景介绍:

MIPI D-PHY 是专为移动设备中摄像头与显示屏之间的数据高速传输而设计的物理层接口，以满足高带宽、低功耗的需求。它已成为智能手机及其他便携式设备中最常见的摄像头和显示屏接口方案，并广泛应用于各类高性能影像与显示系统。其主要优势包括低功耗、高抗干扰能力以及对高速数据传输的支持，充分契合移动设备对高效稳定连接的严格要求。

一个 D-PHY 由一个时钟通道模块和一个或多个数据通道模块组成，提供主从间的源同步接口。它包含一对单向差分时钟信号，支持 SSC 调制，并可配置 1 至 4 对单向或双向差分数据线。D-PHY 的每个通道模块均通过两条线路与另一侧的对应部分进行通信。一个标准的 D-PHY 结构包括 LP-TX、LP-RX、HS-TX、HS-RX 和 LP-CD 模块，最终对外的差分信号接口为 D_p 和 D_n 。

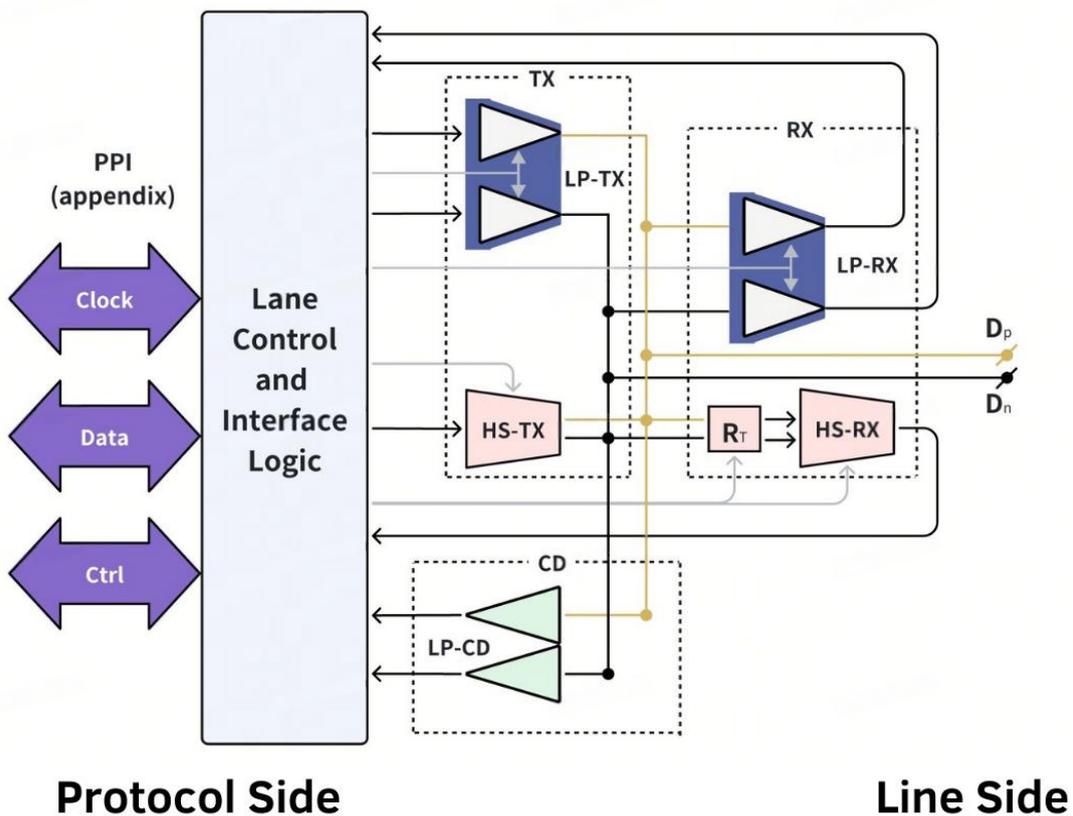


图 2 通用模块架构

D-PHY 具有两种工作模式：高速模式 (High-Speed Mode) 和低功耗模式 (Low-Power Mode)，分别用于高速数据传输和控制信号通信。

在高速模式下，每个通道均采用端接方式，并由低摆幅的差分信号驱动，信号摆幅通常为 200 mV。高速模式可实现高达 2.5 Gbps 的单通道数据传输速率，适用于高速数据传输场景。

在低功耗模式下，所有信号线均以单端、非端接方式运行。为了降低 EMI（电磁干扰），该模式下的驱动器需具备受控的压摆率和电流限制，信号电压通常为 1.2V，最大数据传输速率可达 10 Mbps，适用于低功耗控制与待机状态的数据交互。

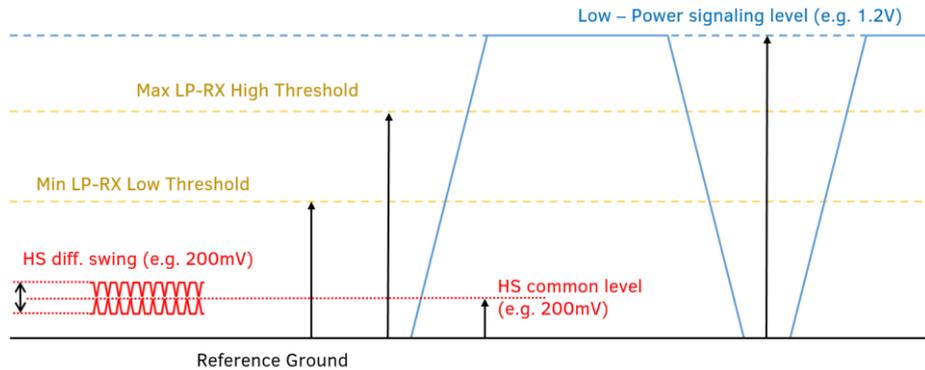
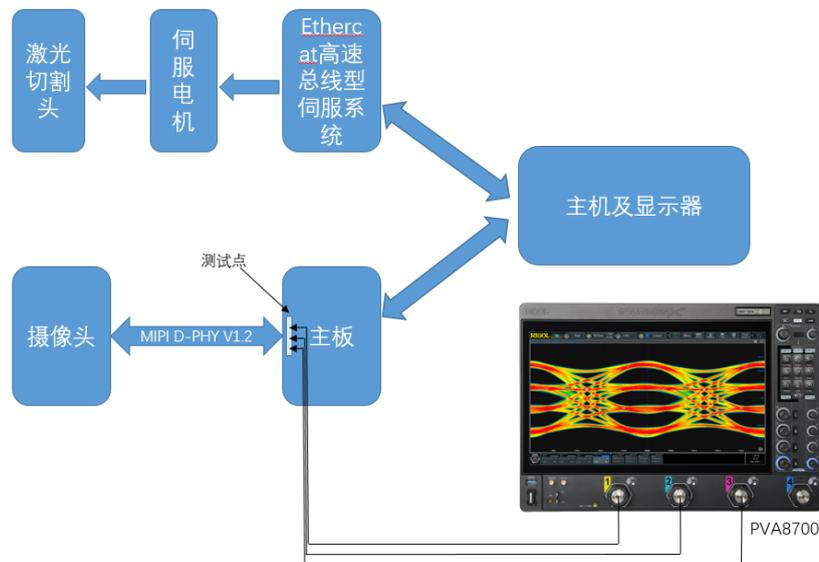


图 3 高速信号和低功耗信号的 MIPI 差分信号电压摆幅

本次客户的测试环境主要用于验证摄像头模块输出的 MIPI D-PHY V1.2 信号，信号速率为 1.2 Gbps。测试链路包括摄像头、主板以及高速运动控制系统（EtherCAT 伺服系统），最终数据通过主机及显示器进行处理和分析。

在测试过程中，MIPI D-PHY V1.2 差分信号从摄像头传输至主板，并在主板上的特定测试点进行信号采集。示波器 DS81304 配合 3 路 PVA8700 探头连接到测试点，用于捕获和分析 MIPI D-PHY 信号质量，并自动化进行物理层接口电气自动化测试，以评估信号完整性和数据传输性能。



图四：设备连接图



图五：现场连接图

应用关键因素：

RIGOL DS81304 系列高端数字示波器，搭配高带宽差分/单端探头 PVA8700 以及 MIPI 一致性测试选件，构建了完整的板级测试解决方案，能够轻松应对 MIPI D-PHY V1.0、V1.1 以及 V1.2 版本的物理层接口一致性测试。该方案具备以下优势：

(1) 符合协议规范，确保测试准确性

RIGOL MIPI D-PHY 一致性测试方案严格遵循 CTS 协议规范，并可根据标准要求完成每一项测试项的自动化执行。此外，该方案支持用户自定义测试项目的通过范围，实现更灵活的规范管理，满足不同测试需求。

(2) 高效自动化测试，大幅提升测试效率

RIGOL 的 MIPI D-PHY 一致性测试方案提供直观的波形预览、自动参数设置及接线指引，使工程师能够快速上手，无需繁琐调试，即可精准完成测试。相比行业平均 20 分钟以上的测试时间，RIGOL 方案仅需 10-15 分钟即可完成一次完整测试，极大地提升了测试效率，助力研发与质量验证工作更高效进行。

(3) 详尽的测试报告，助力工程师精准分析产品问题

RIGOL MIPI D-PHY 一致性测试方案在测试完成后，自动生成详细的测试报告，涵盖整体测试结果、各项具体测试数据以及对应的波形截图。工程师可以通过报告直观判断产品性能，快速定位潜在问题，为产品优化与改进提供有力支持。

借助 RIGOL 的这一全面解决方案，工程师可以更加便捷、高效地完成 MIPI D-PHY 物理层一致性测试，确保高速信号传输的稳定性和可靠性

整体贡献与综效：

在本次 MIPI D-PHY 一致性测试过程中，我们不仅完成了全套测试流程并生成专业的测试报告，还针对未通过的测试项目，为客户提供了深入的故障排查支持。我们协助客户分析可能导致测试不通过的原因，并在产品整改后，进行多轮复测，以评估整改措施的有效性，确保产品性能达到标准要求。

在实际测试过程中，客户尝试更换多条摄像头与主板之间的信号传输线，并进行了多轮一致性测试。通过对比不同信号线对测试结果的影响，我们帮助客户工程师深入分析不同产品的性能表现，识别最佳解决方案，从而优化产品设计，提高信号传输质量和整体系统的稳定性。

此次测试不仅为客户提供了全面的合规性验证，同时也助力其产品优化，为后续量产奠定了坚实的技术基础。



Summary of Results

Test Statistics	
Failed	5
Passed	19
Total	24

Pass	#Failed	#Trials	Test Name(click to jump)	Actual Value	Margin	Pass Limits
√	0	1	1.3.1 Data Lane HS Entry: Data Lane TLPX Value	53.94ns	7.88%	VALUE >= 50ns
√	0	1	1.3.2 Data Lane HS Entry: THS-PREPARE Value	59.6ns	65.14%	43.3334ns <= VALUE <= 90ns
√	0	1	1.3.3 Data Lane HS Entry: THS-PREPARE + THS-ZERO Value	163.95ns	6.92%	VALUE >= 153.3334ns
√	0	1	1.3.4 Data Lane HS-TX Differential Voltage (VOD(0), VOD(1))	VOD[0]: - 213.8136mV VOD[1]: 181.455mV	56.78% 68.11%	-270mV <= VOD[0] <= - 140mV 140mV <= VOD[1] <= 270mV
×	0	1	1.3.5 Data Lane HS-TX Differential Voltage Mismatch (VOD)	32.3585mV	-131.13%	VALUE <= 14mV
√	0	1	1.3.6 Data Lane HS-TX Single-Ended Output High Voltage (VOHHS(DP), VOHHS(DN))	VOHHS(DP): 298.8406mV VOHHS(DN): 314.0362mV	16.99% 12.77%	VOHHS(DP) <= 360mV VOHHS(DN) <= 360mV 150mV <=

结论:

本次高速伺服激光加工系统的 MIPI D-PHY 一致性测试成功验证了摄像头模块输出的 MIPI D-PHY V1.2 信号质量，确保了信号传输的稳定性和可靠性，为产品优化和量产奠定了基础。

RIGOL 提供的 DS81304 示波器与 PVA8700 高带宽探头，结合 MIPI 一致性测试选件，构建了完整的板级测试方案，实现了自动化测试，大幅提升了测试效率和准确性。相比传统手动测试，该方案减少了复杂的设置步骤，使工程师能够更专注于数据分析和产品优化。

测试过程中，我们不仅生成了详尽的测试报告，还协助客户深入排查未通过项，提供优化建议，并通过多轮复测验证整改效果。此外，客户还对不同信号传输线进行对比测试，以优化信号完整性。

此次测试不仅确保了产品符合行业标准，也为后续量产提供了技术支撑。未来，RIGOL 将持续优化测试方案，助力智能制造与高速信号传输领域的发展，为客户提供更高效精准的测试解决方案。

全面助力智慧世界和科技创新



- 蜂窝-5G/WIFI
- UWB/RFID/ ZIGBEE
- 数字总线/以太网
- 光通信

- 数字/模拟/射频芯片
- 存储器及MCU芯片
- 第三代半导体
- 太阳能光伏电池

- 新能源汽车
- 光伏/逆变器
- 电源测试
- 汽车电子

为行业客户提供测试测量产品和解决方案

RIGOL开放实验室

地址：北京、苏州、深圳、西安
开放时间：工作日 9:00 am~6:00 pm
预约方式：实验室工程师小源 18061921901
实验室微信号 18061921901

RIGOL客服热线：400-620-0002

官网预约网址：

<https://www.rigol.com/quote/Lab-appoint.html>

RIGOL®是普源精电科技股份有限公司的英文名称和商标。
本文档中的产品信息可不经通知而变更，有关RIGOL最新的产品、应用、服务等方面的信息，请访问RIGOL官方网站：

www.rigol.com



RIGOL开放实验室微信号



RIGOL实验室视频号



RIGOL官方微信



RIGOL官网