

Application Note

TUSB564-Q1 用于通过 USB-C 传输 USB 和 DisplayPort 数据的电缆长度分析



Shane Hauser

摘要

TUSB564-Q1 是一款线性转接驱动器和多路复用器设计，支持 USB Type-C® 端口信号调节，数据传输速率高达 5Gbps (对于 USB) 和 8.1Gbps (对于 DisplayPort™ (DP) 协议)。TUSB564-Q1 适用于需要 DisplayPort 交替模式多路复用器来分离 USB 和视频数据的 USB Type-C® 接收端应用。本应用手册展示了通过在长通道应用中添加 TUSB564-Q1 而允许的电缆长度扩展。

内容

1 引言.....	2
2 支持 DisplayPort 交替模式的 USB Type-C.....	2
2.1 USB Type-C 基础知识.....	2
2.2 添加 USB3.....	2
2.3 添加 DisplayPort 交替模式.....	2
3 USB 4 米系统.....	3
4 USB 9 米系统.....	4
5 DisplayPort 4.6 米系统.....	5
5.1 5.4Gbps.....	5
5.2 8.1Gbps.....	6
6 DisplayPort 9.2 米系统.....	8
7 总结.....	9
8 参考资料.....	9

商标

DisplayPort™ is a trademark of Video Electronics Standards Association.
USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.
所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

本应用手册展示了在 USB Type-C 信号路径中使用 TUSB564-Q1 转接驱动器或多路复用器所允许的电缆长度扩展。

USB 信号质量测量是在具有不同通道长度且在信号路径中使用 TUSB564-Q1 的系统上进行的。这些测量数据展示了 TUSB564-Q1 等转接驱动器或多路复用器如何在长电缆上驱动 USB 和 DP 信号。

对于设备（接收端）应用，TUSB564-Q1 使符合 USB 或 DP 标准的系统能够通过 USB 或 DP 发送器电气合规性和 USB 接收器抖动容差测试。

2 支持 DisplayPort 交替模式的 USB Type-C

2.1 USB Type-C 基础知识

USB Type-C 是一种旨在通过单个连接传输数据、电力和视频的接口。USB-C 端口的多功能性可以简化源（主机）和接收端（设备）之间的信息传输。最基本的 USB-C 端口可以传输 USB2.0 数据和 4.5W 至 15W 的功率。

2.2 添加 USB3

通过 USB-C 端口以更高的数据速率传输数据时，需要使用 TX 和 RX 超高速线路。USB-C 端口具有四个差分通道，专用于高速数据传输。这些通道是 TX1、RX1、TX2 和 RX2。

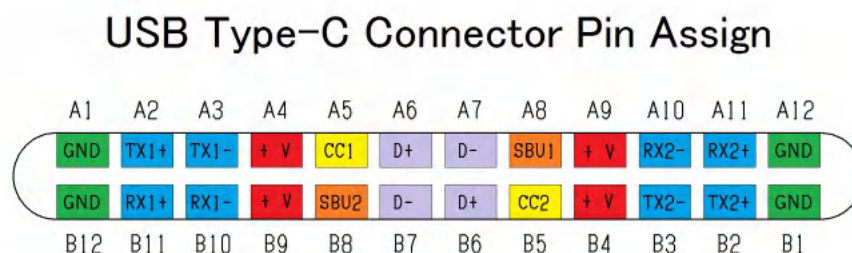


图 2-1. USB Type-C 引脚排列

超高速线路的一个常见用途是通过一对 TX 和 RX 通道传输 USB3 数据。建立 USB-C 连接时，电缆方向用于选择最终通过哪对 TX/RX 通道传输数据。电缆未翻转时使用 TX1 和 RX1，而电缆翻转时则使用 TX2 和 RX2。这些分别称为正常方向和翻转方向。需要使用 USB3 数据多路复用器来从两个方向选择正确的通道。

2.3 添加 DisplayPort 交替模式

USB-C 端口上的超高速线路可改用于传输视频数据和 USB 数据。通过 USB-C 连接传输 DisplayPort 数据称为 DP 交替模式。DP 交替模式可以同时支持两条 DP 信道和两条 USB 信道，或者四条专用 DP 信道。DP 交替模式需要专用的多路复用器来处理 USB 和 DisplayPort 数据通道之间的分配。TUSB564-Q1 便是这种多路复用器，可用于 USB-C 连接的 DisplayPort 接收端。

3 USB 4 米系统

作为测试的起点，信号路径中使用了两根 2 米长的 USB-C 电缆。一根电缆放置在 TUSB564-Q1 之前，另一根电缆放置在 TUSB564-Q1 之后。该工作台板上的短前置通道和后置通道 FR4 布线会增加额外的损耗。USB-C 主机连接到上游，并且在下游 USB 电缆的末端进行测量。



图 3-1. USB 4 米系统方框图

在此测试中，TUSB564-Q1 使用的均衡设置为 #3。这会在下行端口上添加 2.2dB 的增益。图 3-2 展示了在该系统的下行端进行 5G 远端 USB 合规性测试的结果。

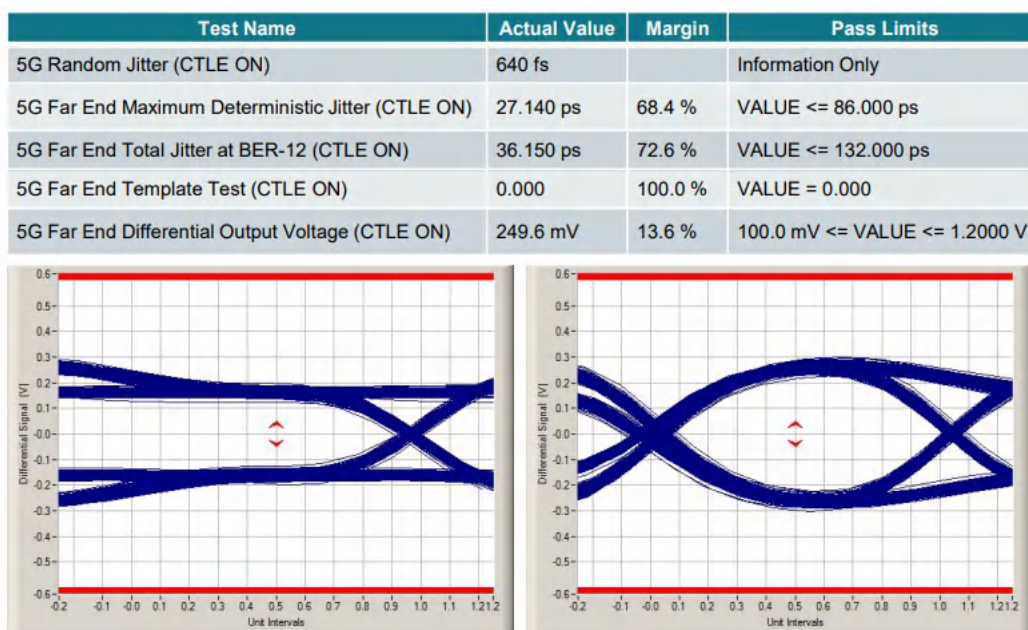


图 3-2. USB 4 米系统测试结果

在此配置下，5G USB 合规性测试能够顺利通过，而不会出现任何问题。眼图展示了定义的眼图张开度和转换区域。

4 USB 9 米系统

在模拟长电缆 USB 系统时，信号路径中使用了两根 4.5 米的 USB-C 电缆。一根电缆放置在 TUSB564-Q1 之前，另一根电缆放置在 TUSB564-Q1 之后。该工作台板上的短前置通道和后置通道 FR4 布线会增加额外的损耗。USB-C 主机连接到上游，并且在下游 USB 电缆的末端进行测量。

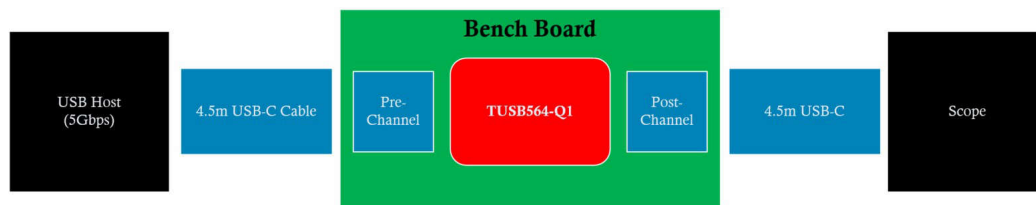


图 4-1. USB 9 米系统方框图

在此测试中，TUSB564-Q1 使用的均衡设置为 #9。这会在下行端口上添加 7.0dB 的增益。图 4-2 展示了在该系统的下行端进行 5G 远端 USB 合规性测试的结果。

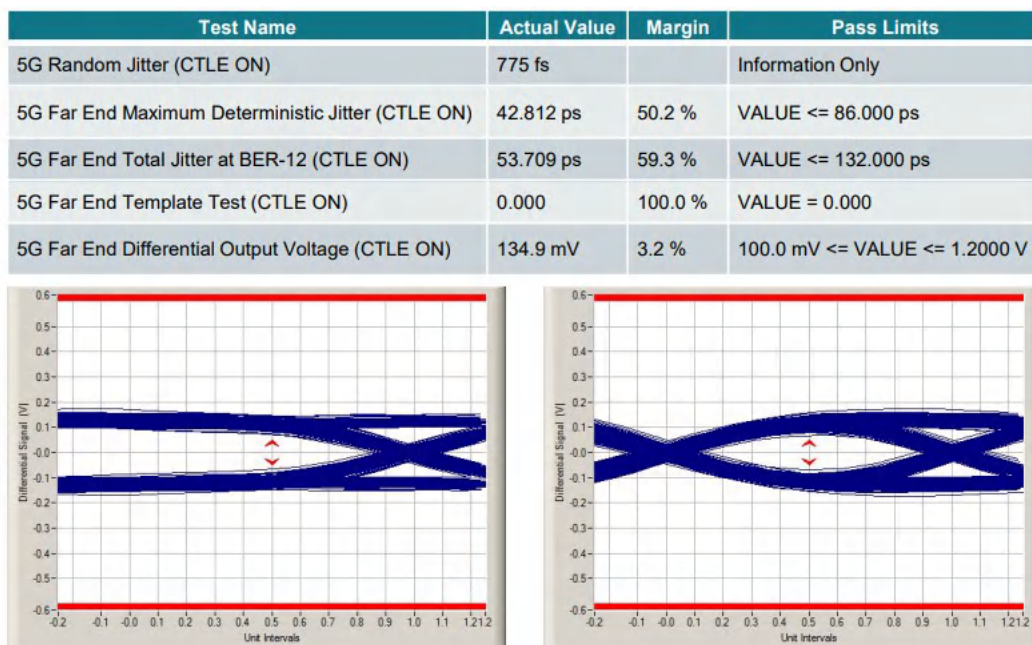


图 4-2. USB 9 米系统测试结果

同样，在此配置下，5G USB 合规性测试能够顺利通过，而不会出现任何问题。TUSB564-Q1 的均衡作用是抵消两根 4.5 米长电缆额外产生的插入损耗。这样眼图就可以保持上述图表中所示的既定形状。需要注意的一点是，在此测试和 4 米系统测试之间，差分输出电压有所下降。这是正常现象，因为 TUSB564-Q1 是一款线性转接驱动器，无法改变信号的输出摆幅。如果应用需要长通道传输，则调整主机的输出摆幅有助于应对此情况。

5 DisplayPort 4.6 米系统

在开始测试示例 DisplayPort 系统时，信号路径中使用了一根 4.6 米长的 DisplayPort 电缆。该电缆放置在 TUSB564-Q1 之前，并且一个示波器直接连接到 TUSB564-Q1 工作台板的下游。该工作台板上的短前置通道和后置通道 FR4 布线会增加额外的损耗。一个 DisplayPort 源连接到上游，并在下游示波器上进行测量。

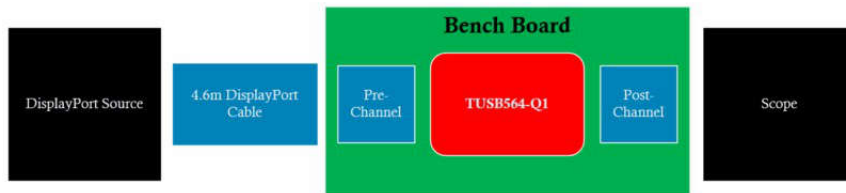


图 5-1. DisplayPort 4.6 米系统方框图

此测试以 5.4Gbps 和 8.1Gbps 速率运行，以显示数据速率对信号质量的影响。数据速率越快的信号对插入损耗越敏感，在经过有损耗的通道后需要更多均衡才能恢复。

5.1 5.4Gbps

TUSB564-Q1 上使用的均衡设置为 #0。这会在通过器件路由的 DisplayPort 信道上添加 1.0dB 的增益。以下是在该系统的下行端进行 5.4Gbps DisplayPort 合规性测试的结果。

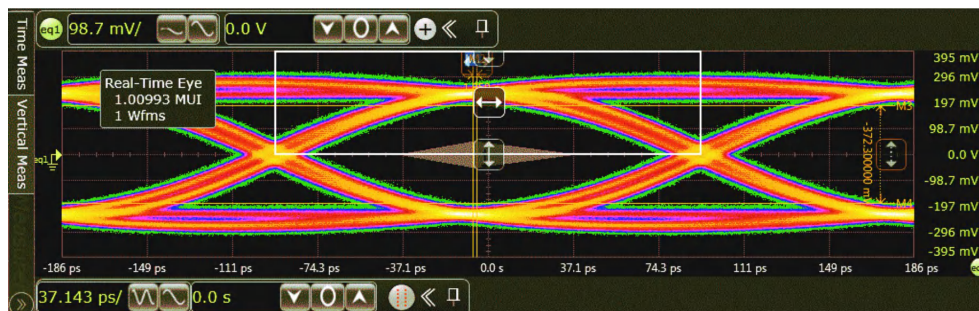


图 5-2. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (5.4Gbps 信道 0)

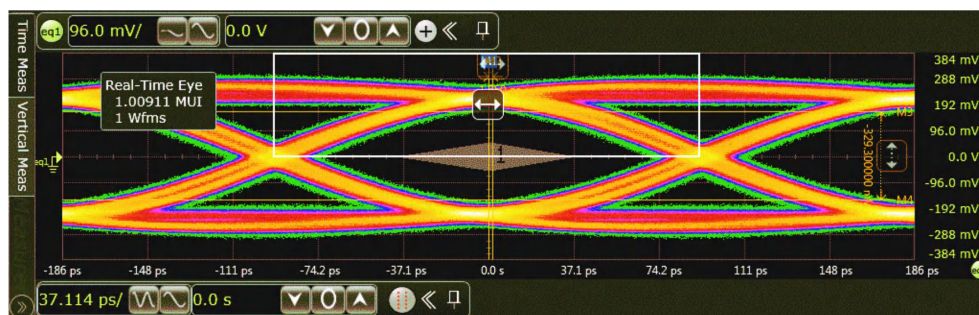


图 5-3. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (5.4Gbps 信道 1)

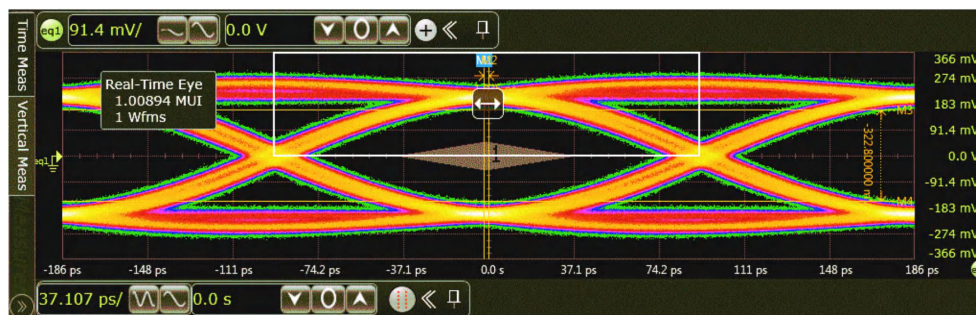


图 5-4. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (5.4Gbps 信道 2)

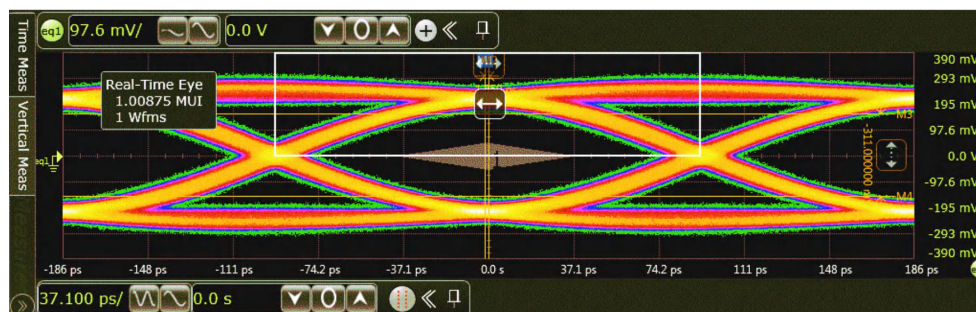


图 5-5. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (5.4Gbps 信道 3)

在此配置下，合规性测试能够顺利通过，而不会出现任何问题。眼图展示了定义的眼图张开度和转换区域。

5.2 8.1Gbps

TUSB564-Q1 上使用的均衡设置为 #13。这会在通过器件路由的 DisplayPort 信道上添加 13.0dB 的增益。以下是在该系统的下行端进行 8.1Gbps DisplayPort 合规性测试的结果。

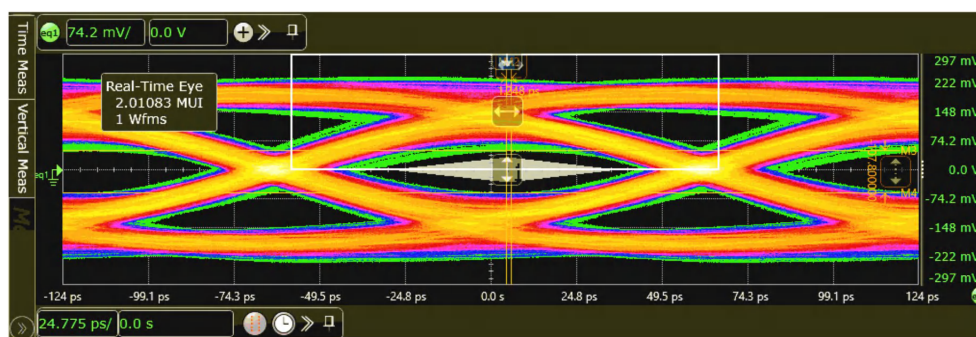


图 5-6. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (8.1Gbps 信道 0)

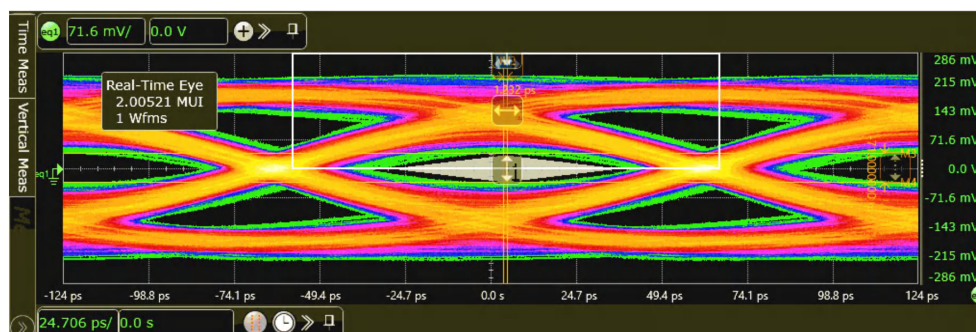


图 5-7. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (8.1Gbps 信道 1)

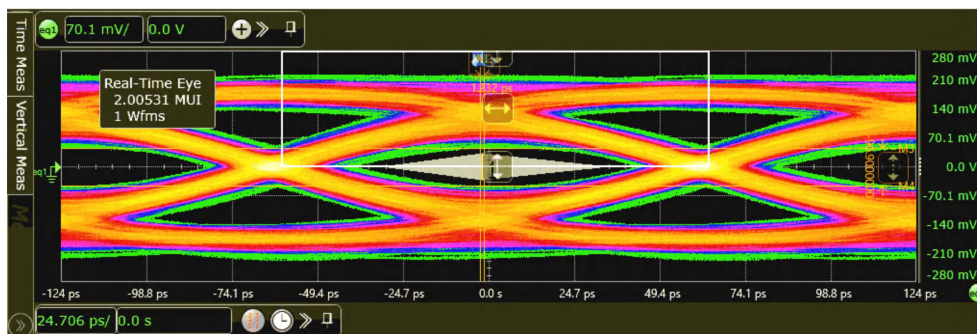


图 5-8. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (8.1Gbps 信道 2)

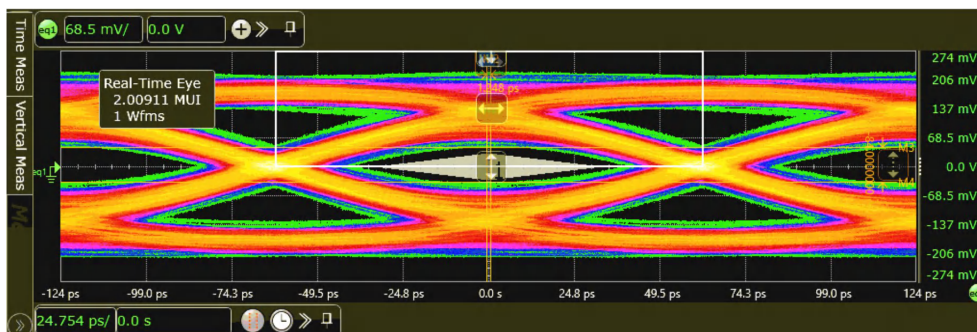


图 5-9. DisplayPort 4.6 米系统测试结果 (8.1Gbps 信道 3)

在此配置下，合规性测试能够顺利通过，而不会出现任何问题。眼图展示了定义的眼图张开度和转换区域。从眼图中可以看出，8.1Gbps 时的衰减大于 5.4Gbps 时的衰减，这是预期结果。这就是为什么在该测试中需要比之前 5.4Gbps DisplayPort 测试更大均衡值的原因。

6 DisplayPort 9.2 米系统

在模拟长电缆 DisplayPort 系统时，信号路径中使用了两根 4.6 米长的 DisplayPort 电缆。一根电缆放置在 TUSB564-Q1 之前，另一根电缆放置在 TUSB564-Q1 之后。该工作板上的短前置通道和后置通道 FR4 布线会增加额外的损耗。一个 DisplayPort 源连接到上游，并且在下游 DisplayPort 电缆的末端进行测量。

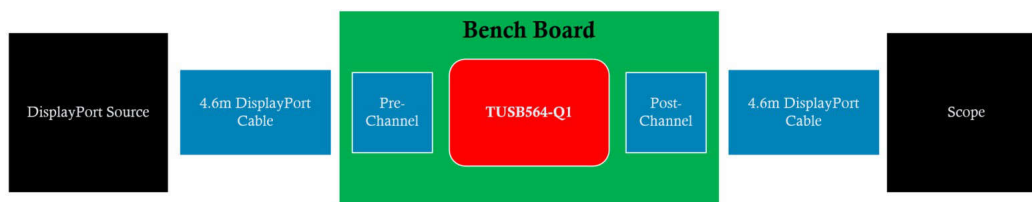


图 6-1. DisplayPort 9.2 米系统方框图

此测试中使用 5.4Gbps DisplayPort 信号。TUSB564-Q1 上的均衡设置为 #9。这会在通过器件路由的 DisplayPort 信道上添加 11.0dB 的增益。以下是在该系统的下行端进行 5.4Gbps DisplayPort 合规性测试的结果。

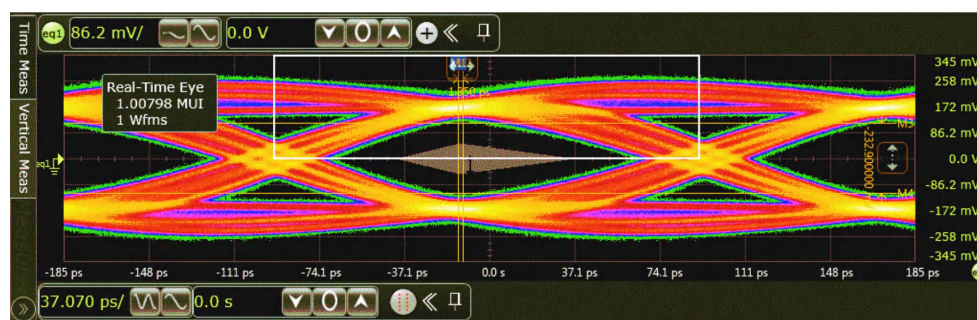


图 6-2. DisplayPort 9.2 米系统测试结果 (通道 0)

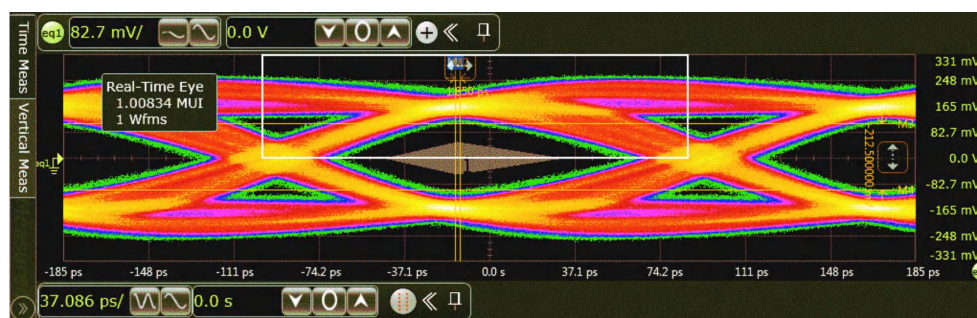


图 6-3. DisplayPort 9.2 米系统测试结果 (通道 1)



图 6-4. DisplayPort 9.2 米系统测试结果 (通道 2)

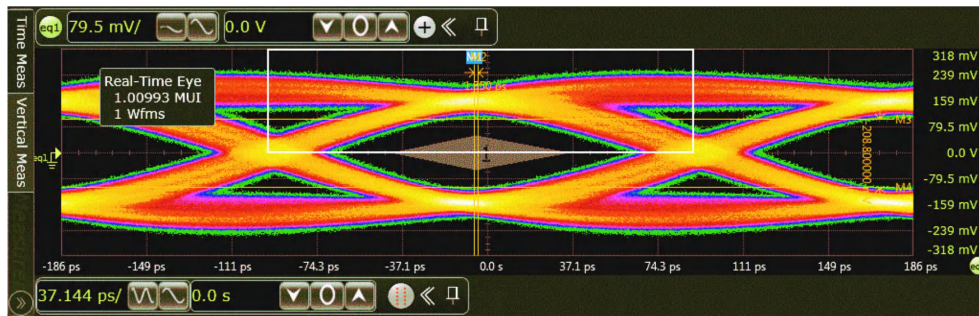


图 6-5. DisplayPort 9.2 米系统测试结果 (通道 3)

在此配置下，合规性测试能够顺利通过，而不会出现任何问题。眼图展示了定义的眼图张开度和转换区域。在 5.4Gbps 下，TUSB564-Q1 具有足够的补偿能力，可通过 9.2 米电缆驱动 DisplayPort 信号并且还留有一定的裕度。

7 总结

TUSB564-Q1 用于恢复在长电缆长度或有损耗通道上传输的 USB 和 DisplayPort 信号。这对需要在长距离传输中保持高信号完整性的应用非常有用。在本应用手册所用的测试系统中，TUSB564-Q1 支持通过 9 米长的电缆传输 USB 信号，以及通过 9.2 米长的电缆传输 DisplayPort 信号。此器件可用于 USB-C 交替模式系统，以防止插入损耗引起的衰减和信号质量问题。本文档旨在展示 TUSB564-Q1 在通过长通道驱动信号时的系统级影响。

8 参考资料

- 德州仪器 (TI), [TUSB564-Q1 汽车级 USB Type-C® DP 交替模式 8.1Gbps 接收端线性转接驱动器交叉点开关数据表](#)。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司