

Zach Dryer

摘要

根据预期的应用，TDP1204 充当线性或限幅 HDMI 2.1 转接驱动器，通过改善高速信号的信号完整性来帮助通过 HDMI 2.1 合规性测试。然而，板级设计和 TDP1204 器件寄存器配置错误都可能会对通过 HDMI 2.1 合规性测试带来挑战。本文档提供了定性和定量数据，以展示如何通过修改 TDP1204 器件寄存器来调整信号波形，从而克服 HDMI 2.1 合规性测试中的潜在故障。

内容

1 引言	2
2 用于 HDMI 合规性测试的 TDP1204 控制	2
2.1 针对 Short Cable Model 调整均衡	2
2.2 针对 Worst Cable Model 调整均衡	5
2.3 调整差分输出摆幅	8
2.4 调整终端	10
3 发送器加重控制	11
4 总结	11
5 参考文献	11

插图清单

图 2-1. Short Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 0)	2
图 2-2. Short Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 0)	3
图 2-3. Short Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 8)	3
图 2-4. Short Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 8)	3
图 2-5. Short Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = F)	4
图 2-6. Short Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = F)	4
图 2-7. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 0)	5
图 2-8. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 0)	6
图 2-9. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 8)	6
图 2-10. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 8)	6
图 2-11. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = F)	7
图 2-12. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = F)	7
图 2-13. TDP1204 在线性模式下工作 (VoD = 0)	8
图 2-14. TDP1204 在线性模式下工作 (VoD = 1)	8
图 2-15. TDP1204 在线性模式下工作 (VoD = 3)	8
图 2-16. TDP1204 在限幅模式下工作 (VoD = 0)	9
图 2-17. TDP1204 在限幅模式下工作 (VoD = 3)	9
图 2-18. TDP1204 在限幅模式下工作 (VoD = 7)	9
图 2-19. 使用 Worst Cable Model 以线性模式工作 (TERM = 0)	10
图 2-20. 使用 Worst Cable Model 以线性模式工作 (TERM = 1)	10
图 2-21. 使用 Worst Cable Model 以限幅模式工作 (TERM = 0)	10
图 2-22. 使用 Worst Cable Model 以限幅模式工作 (TERM = 1)	11

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

本文档通过使用不同的接收器均衡 (EQ)、差分输出电压 (VoD) 和终端寄存器设置进行实验，探讨了这些设置对 HDMI 2.1 波形的影响。TDP1204 控制寄存器对眼图的影响不一而足，具体取决于器件处于线性转接驱动器模式还是限幅转接驱动器模式。本文档提供了生成的波形和波形测量结果，以展示在任一转接驱动器模式下修改这些寄存器设置所产生的影响。

2 用于 HDMI 合规性测试的 TDP1204 控制

本节通过使用不同的接收器 EQ、VoD 和终端寄存器设置进行实验，探讨了这些设置对 HDMI 2.1 波形的影响。在线性转接驱动器模式和限幅转接驱动器模式下，执行这些寄存器更改都会对波形产生不同的影响。

TDP1204 控制对眼图的影响在线性模式和限幅模式下有所不同。可以通过设置 GBL_CTRL1 寄存器 (偏移 = 0xDh) 的最高有效位 (MSB) 来在转接驱动器模式之间进行选择。如果 GLOBAL_LINR_EN 设置为 0，则转接驱动器将在限幅模式下运行。如果 GLOBAL_LINR_EN 设置为 1，则转接驱动器将在线性模式下运行。GBL_CTRL1 寄存器的两个最低有效位用于控制器件的终端设置。TDP1204 TX 终端可以设置为以下四种设置之一：无端接 (TERM = 0x0)、300 Ω (TERM = 0x1)、基于 HDMI 模式自动设置 (TERM = 0x2) 或 100 Ω (TERM = 0x3)。

可以为每个通道独立修改 EQ 和 VoD 设置。因此，四个 HDMI 2.1 FRL 数据通道中的每一个都有四个寄存器可以修改。

要在接收器 EQ 设置之间进行选择，请设置以下寄存器的四个最低有效位：CLK_CONFIG2 寄存器 (偏移 = 0x13h)、D0_CONFIG2 寄存器 (偏移 = 0x15h)、D1_CONFIG2 寄存器 (偏移 = 0x17h) 和 D2_CONFIG2 寄存器 (偏移 = 0x19h)。

要在 HDMI 2.1 FRL 的 VoD 设置之间进行选择，请设置以下寄存器的三个最低有效位：CLK_CONFIG1 寄存器 (偏移 = 0x12h)、D0_CONFIG1 寄存器 (偏移 = 0x14h)、D1_CONFIG1 寄存器 (偏移 = 0x16h) 和 D2_CONFIG1 寄存器 (偏移 = 0x18h)。CLK_CONFIG 寄存器映射到 HDMI 2.1 FRL 的 D3 数据通道。

有关这些寄存器的更多信息，请参阅 [TDP1204 12Gbps、直流/交流耦合至 HDMI™ 2.1 电平转换器混合转接驱动器](#) 数据表。

2.1 针对 Short Cable Model 调整均衡

本节提供了使用 Category 3 Short Cable Model (SCM3) 眼罩测试时，随着接收器 EQ 的增加而在线性模式和限幅模式下得到的眼图和眼图测量数据。三种不同的 EQ 设置，即无均衡 (0x0h)、中等均衡 (0x8h) 和最高均衡 (0xFh)，展示了 EQ 对波形的眼图有何影响。本节提供的结果之间在测试设置或寄存器设置方面没有任何修改。这些测试的 VoD 和终端设置分别设置为 0x3h 和 0x2h。

图 2-1 和图 2-2 分别显示了 TDP1204 根据 HDMI 2.1 Short Cable Model 在限幅模式和线性模式下运行而不进行信号均衡时的眼图。

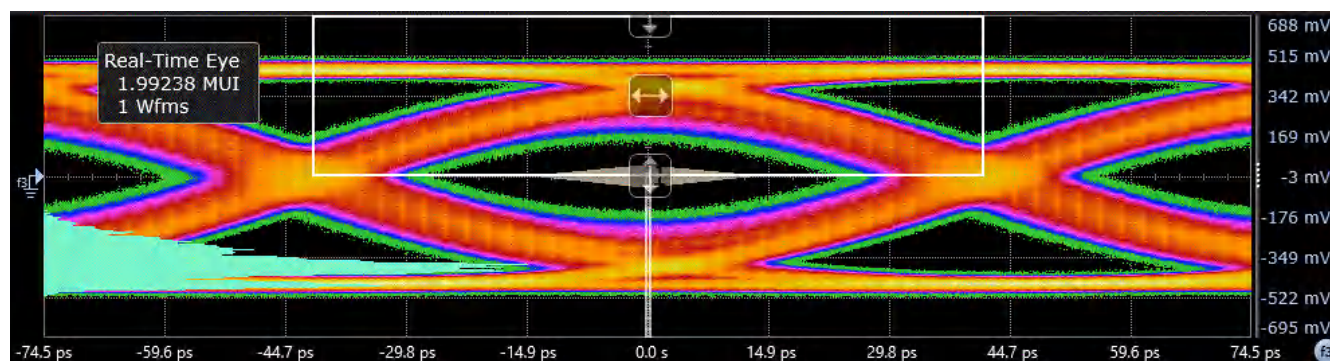


图 2-1. Short Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 0)

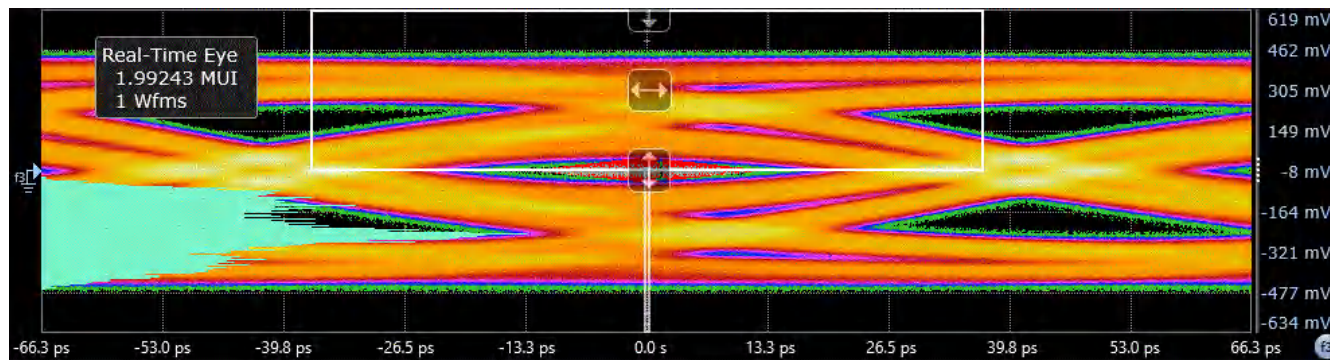


图 2-2. Short Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 0)

图 2-3 和图 2-4 分别显示了 TDP1204 根据 HDMI 2.1 Short Cable Model 在限幅模式和线性模式下运行且信号均衡设置为 8 时的眼图。

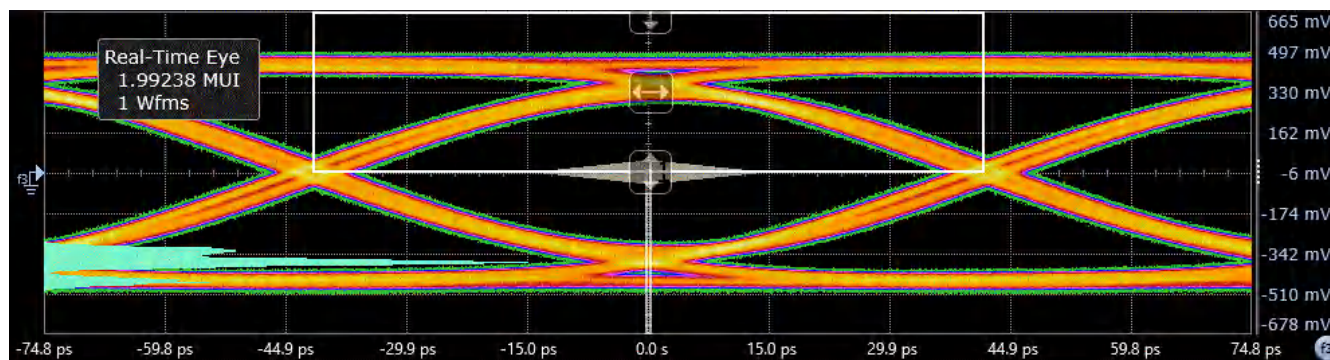


图 2-3. Short Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 8)

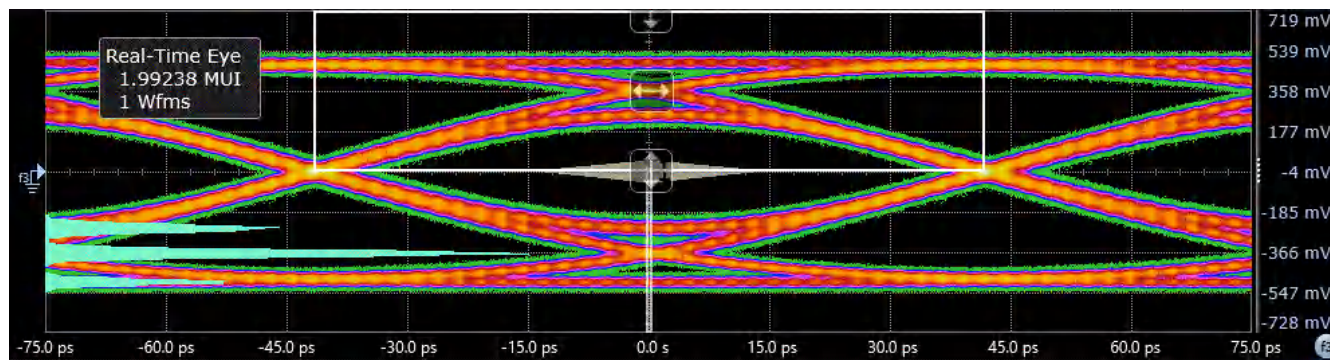


图 2-4. Short Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 8)

图 2-5 和图 2-6 分别显示了 TDP1204 根据 HDMI 2.1 Short Cable Model 在限幅模式和线性模式下运行且信号均衡设置为最高均衡设置时的眼图。

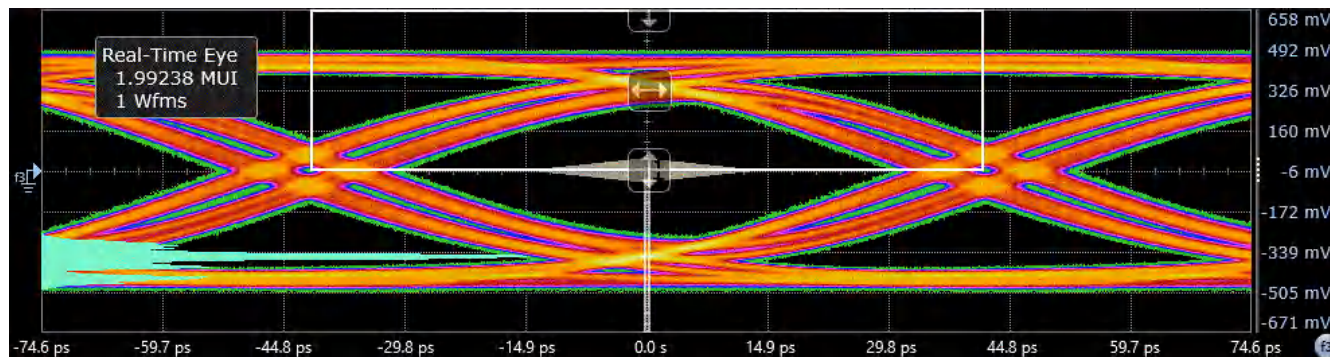


图 2-5. Short Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = F)

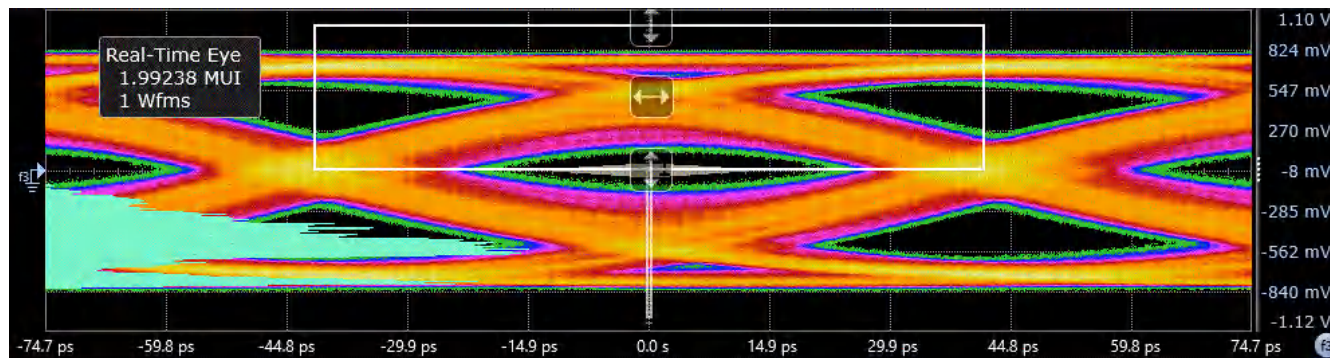


图 2-6. Short Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = F)

表 2-1 总结了修改 Short Cable Model 的接收器均衡时 TDP1204 的性能。在 EQ = 8 的条件下，眼高和眼宽分别提供了两种转接驱动器模式下的最大垂直裕度和水平裕度。不过，与线性模式相比，限幅模式提供了更大的垂直裕度和水平裕度。尽管眼宽和眼高因 EQ 设置而异，但是 Short Cable Model 中所有 EQ 设置的结果表明，除了线性模式下 EQ 设置为 0 时外，所有情况下测试均通过且没有 HDMI 2.1 违反眼罩行为。

表 2-1. Short Cable Model (SCM3) 的接收器均衡修改结果汇总

EQ 设置	模式	结果
0	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：50.746ps 眼高：281mV
	线性	约 7k 次违反眼罩行为 眼宽：10.874ps 眼高：42mV
8	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：72.185ps 眼高：579mV
	线性	无违反眼罩行为 眼宽：68.996ps 眼高：393mV
F	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：60.271ps 眼高：521mV
	线性	无违反眼罩行为 眼宽：40.151ps 眼高：223mV

2.2 针对 Worst Cable Model 调整均衡

本节提供了使用 Category 3 Worst Cable Model (WCM3) 眼罩测试时，随着接收器 EQ 的增加而在线性模式和限幅模式下得到的眼图和眼图测量数据。三种不同的 EQ 设置，即无均衡 (0x0h)、中等均衡 (0x8h) 和最高均衡 (0xFh)，展示了 EQ 对波形的眼图有何影响。本节提供的结果之间在测试设置或寄存器设置方面没有任何修改。这些测试的 VoD 和终端设置分别设置为 0x3h 和 0x2h。

图 2-7 和图 2-8 分别显示了 TDP1204 根据 HDMI 2.1 Worst Cable Model 在限幅模式和线性模式下运行而不进行信号均衡时的眼图。

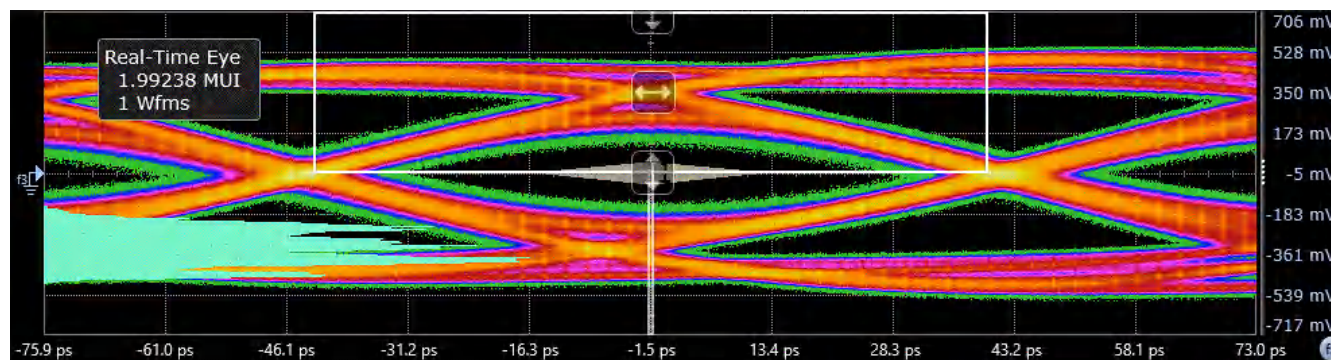


图 2-7. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 0)

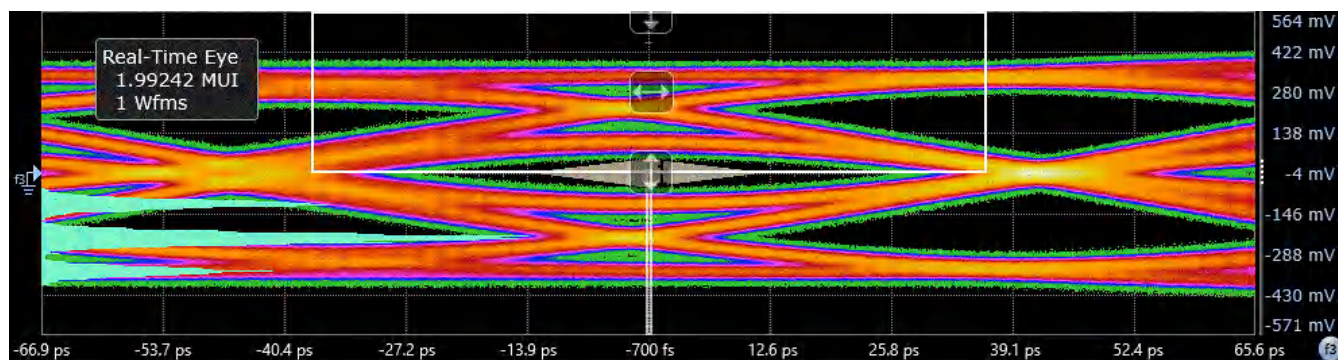


图 2-8. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 0)

图 2-9 和图 2-10 分别显示了 TDP1204 根据 HDMI 2.1 Worst Cable Model 在限幅模式和线性模式下运行且信号均衡设置为 8 时的眼图。

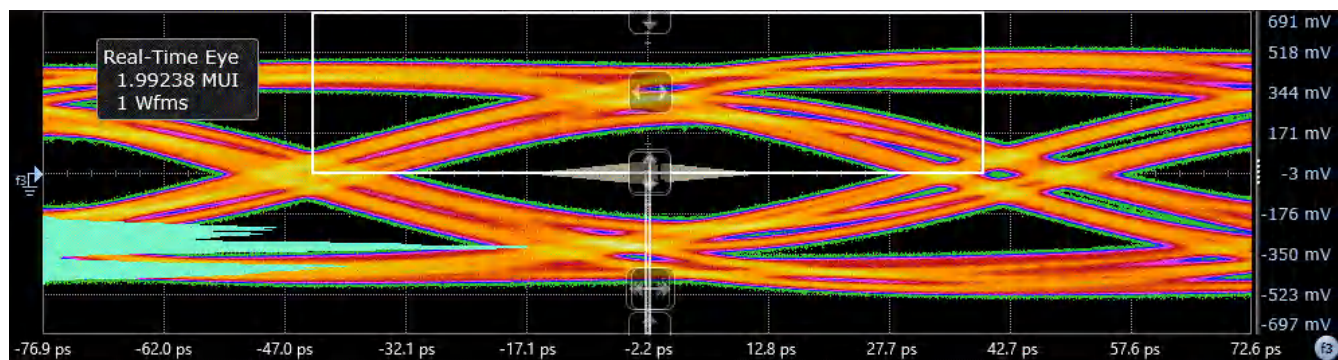


图 2-9. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = 8)

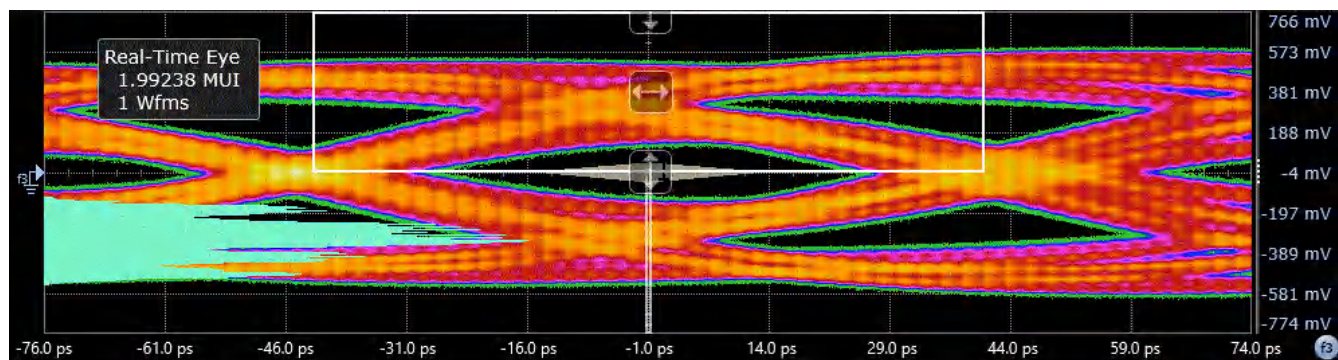


图 2-10. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = 8)

图 2-11 和图 2-12 分别显示了 TDP1204 根据 HDMI 2.1 Worst Cable Model 在限幅模式和线性模式下运行且信号均衡设置为最高均衡设置时的眼图。

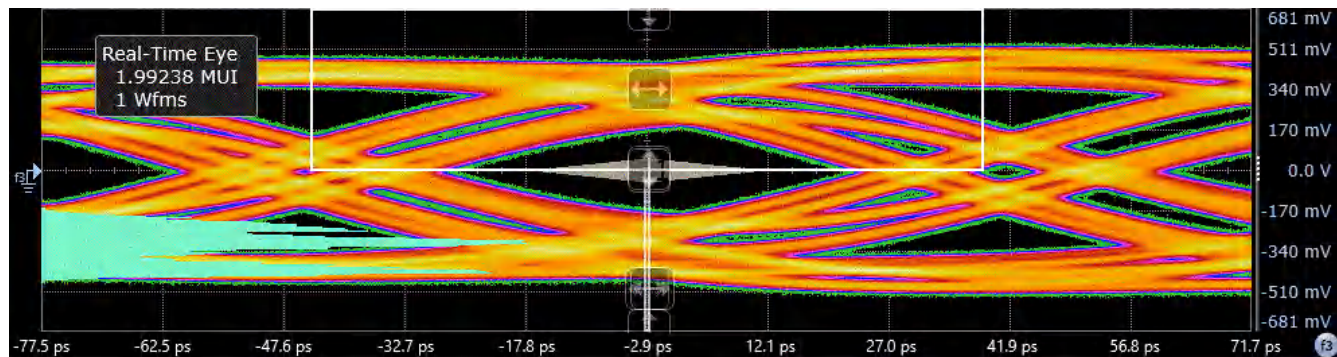


图 2-11. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于限幅模式 (EQ = F)

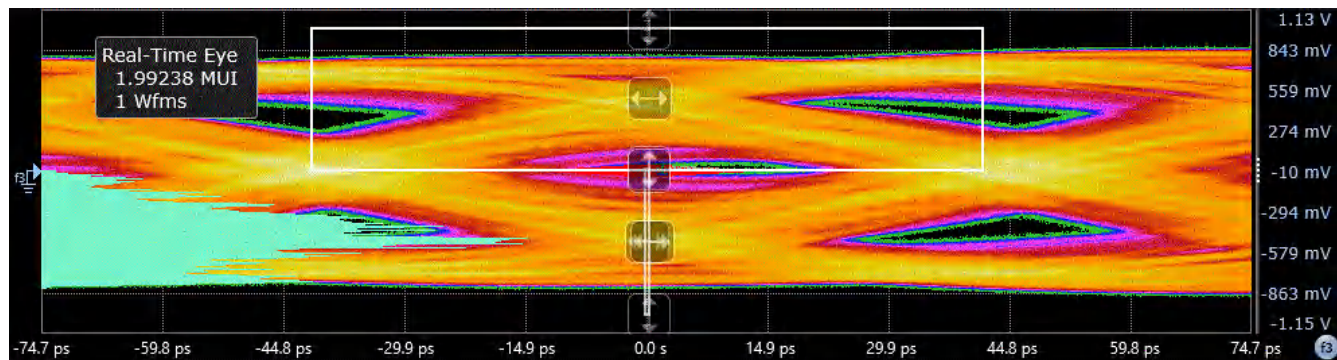


图 2-12. Worst Cable Model 且 TDP1204 处于线性模式 (EQ = F)

表 2-2 总结了修改 Worst Cable Model 的接收器均衡时 TDP1204 的性能。与 Short Cable Model 数据类似，对于所有采样的 EQ 设置，限幅模式下提供了比线性模式下更大的垂直裕度和水平裕度。当 EQ = 0 或 EQ = F 时，线性转接驱动器会出现 HDMI 违反眼罩行为。在 EQ = 8 条件下，线性转接驱动器模式提供了最大的垂直裕度和水平裕度，这说明了选择正确的 EQ 设置对避免违反眼罩行为的重要性。

表 2-2. Worst Cable Model (WCM3) 的接收器均衡修改结果汇总

EQ 设置	模式	结果
0	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：61.105ps 眼高：278mV
	线性	18 次违反眼罩行为 眼宽：47.946ps 眼高：102mV
8	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：57.117ps 眼高：375mV
	线性	无违反眼罩行为 眼宽：50.604ps 眼高：237mV
F	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：46.981ps 眼高：316mV
	线性	约 24.9k 次违反眼罩行为 眼宽：0ps 眼高：0mV

2.3 调整差分输出摆幅

图 2-13 至图 2-15 显示了 TDP1204 在线性模式下运行时的 VoD。尽管线性模式的 VoD 设置之间没有电压摆幅差异，但 VoD 高于限幅转接驱动器模式的 VoD。

请注意，为了方便检查 VoD，本节中使用的波形是链路训练模式 4 (LTP4)。

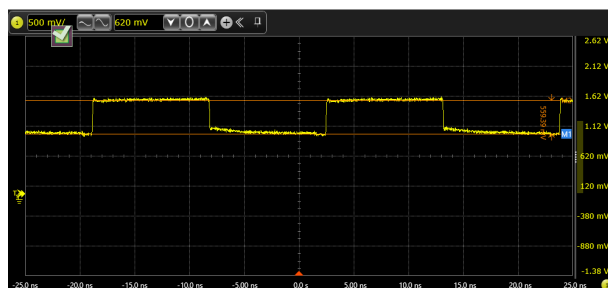


图 2-13. TDP1204 在线性模式下工作 (VoD = 0)

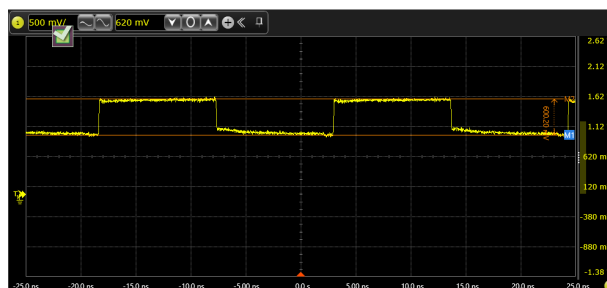


图 2-14. TDP1204 在线性模式下工作 (VoD = 1)

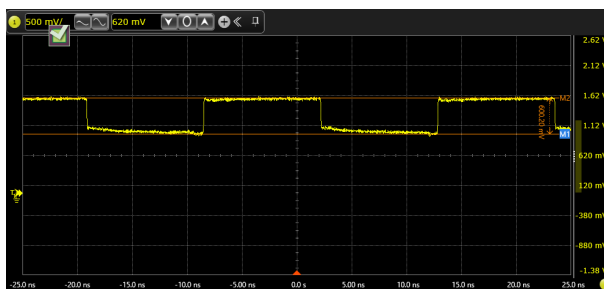


图 2-15. TDP1204 在线性模式下工作 (VoD = 3)

图 2-16 至图 2-18 显示了，在限幅模式下，差分输出摆幅会随着 VoD 寄存器中的 VoD 设置值的增加而增大。与从 VoD = 0 到 VoD = 3 相比，从 VoD = 0 到 VoD = 7 时，VoD 增加更多。

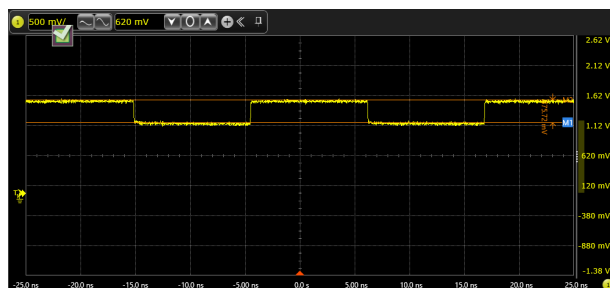


图 2-16. TDP1204 在限幅模式下工作 (VoD = 0)

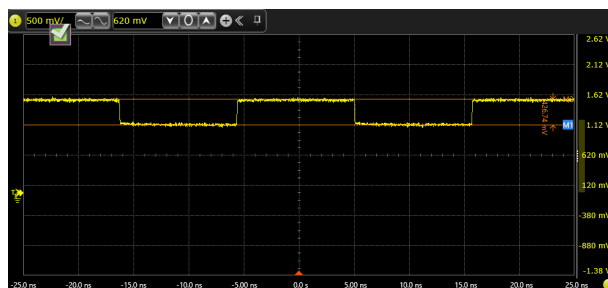


图 2-17. TDP1204 在限幅模式下工作 (VoD = 3)

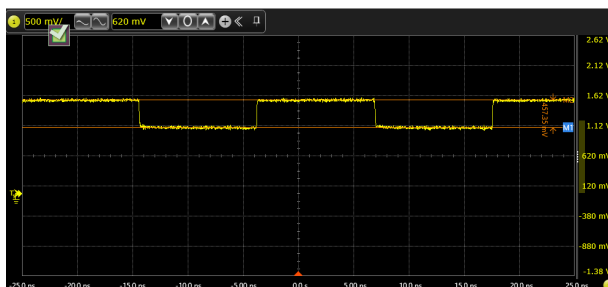


图 2-18. TDP1204 在限幅模式下工作 (VoD = 7)

表 2-3 总结了在线性转接驱动器模式和限幅转接驱动器模式下修改电压摆幅时 TDP1204 的性能。

表 2-3. 电压摆幅修改结果汇总

VoD 设置	模式	结果
0、1 和 3	线性	VoD 设置之间无电压摆幅差异
0、3 和 7	限幅	输出电压摆幅会随 VoD 设置的增加而增大。 限幅模式下的电压摆幅小于线性模式下的电压摆幅。

2.4 调整终端

TDP1204 的发送器终端也可以进行调整。但是，当终端寄存器设置为 0x2h 时，终端设置会根据 HDMI 模式自动调整，从而为最终应用提供稳健性。本文档中的所有其他眼图均使用 0x2h 自动设置终端。此外，本节中 EQ 和 VoD 的寄存器设置分别为 0x8h 和 0x3h。

在图 2-19 和图 2-20 中，TDP1204 配置为使用 Worst Cable Model 以线性模式工作且终端设置分别为 0 和 1。

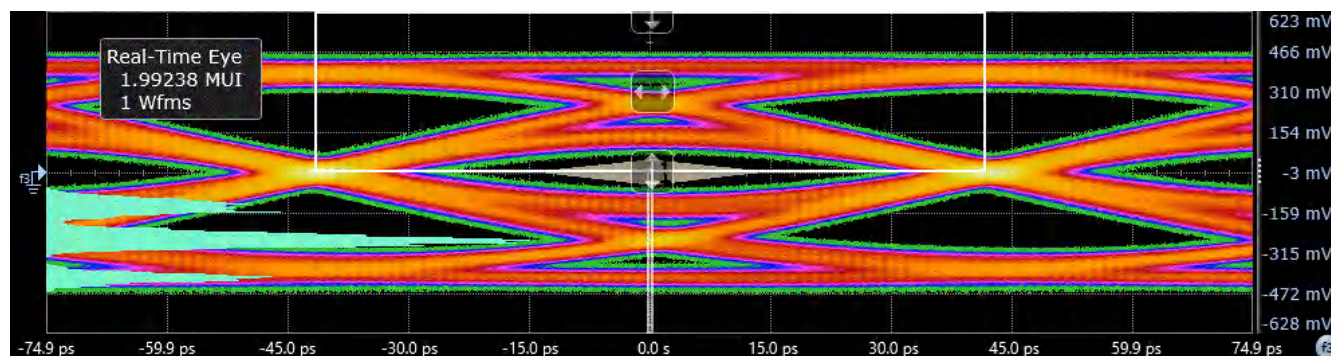


图 2-19. 使用 Worst Cable Model 以线性模式工作 (TERM = 0)

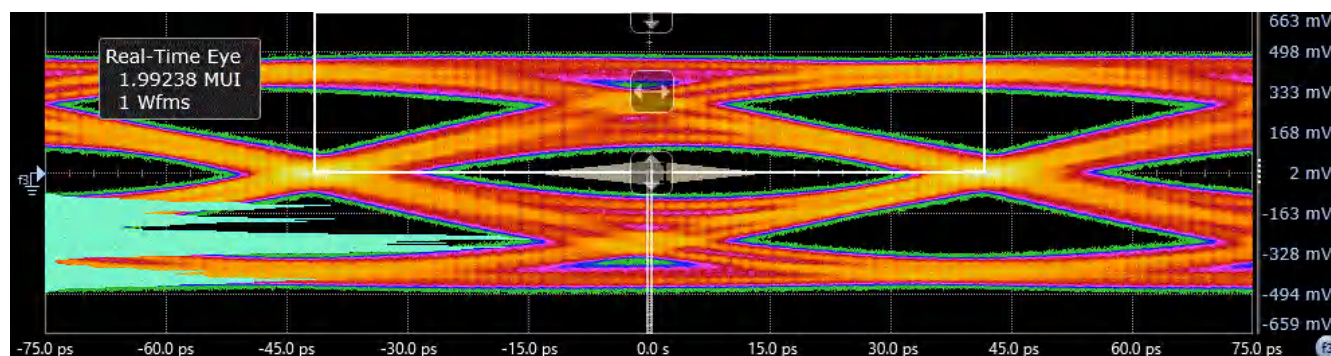


图 2-20. 使用 Worst Cable Model 以线性模式工作 (TERM = 1)

在图 2-21 和图 2-22 中，TDP1204 配置为使用 Worst Cable Model 以限幅模式工作且终端设置分别为 0 和 1。

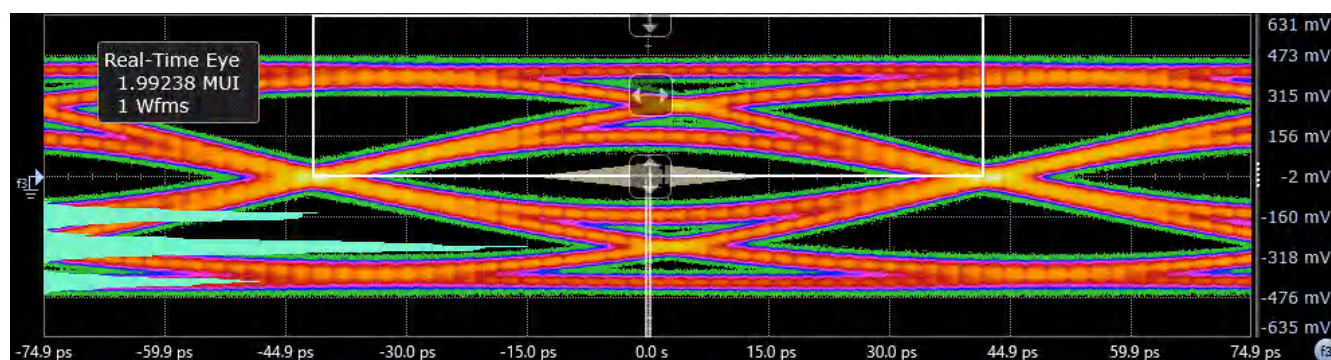


图 2-21. 使用 Worst Cable Model 以限幅模式工作 (TERM = 0)

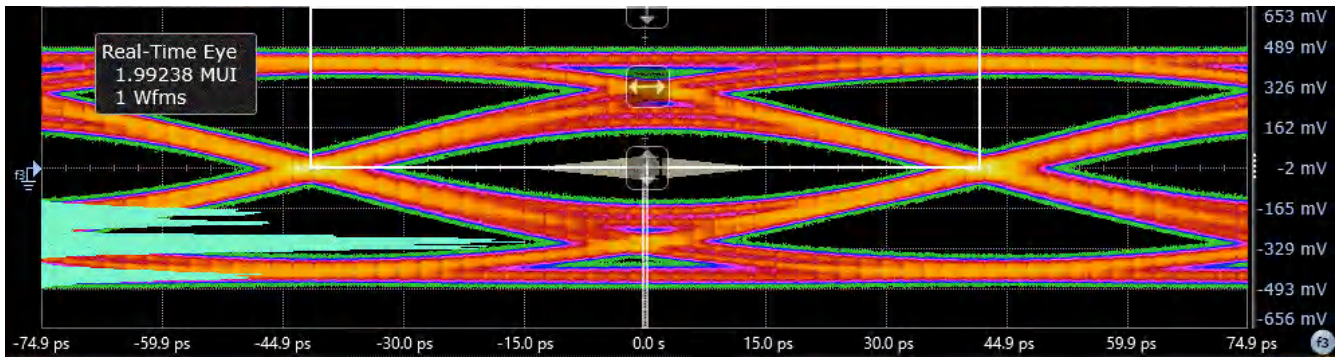


图 2-22. 使用 Worst Cable Model 以限幅模式工作 (TERM = 1)

表 2-4 总结了在线性转接驱动器模式和限幅转接驱动器模式下修改终端控制时 TDP1204 的性能。与 TERM = 0 或没有终端时相比，当使用 TERM = 1 或 300 Ω 终端时，眼宽和眼高都会增加。当 TERM = 2 且其他寄存器设置不变时，如表 2-4 所示，眼宽略微小于端接设置为 1 时的眼宽。不过，眼高的增加延续了 Term = 0 和 Term = 1 之间转换所示的趋势。

表 2-4. 使用 Worst Cable Model (WCM3) 时的终端修改结果汇总

终端设置	模式	结果
TERM = 0 或无终端	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：60.134ps 眼高：188mV
	线性	无违反眼罩行为 眼宽：51.986ps 眼高：130mV
TERM = 1 或 300 Ω 终端	限幅	无违反眼罩行为 眼宽：64.116ps 眼高：274mV
	线性	无违反眼罩行为 眼宽：55.060ps 眼高：176mV

3 发送器加重控制

TDP1204 支持线性转接驱动器模式和限幅转接驱动器模式。但是，对于 HDMI 1.4 或 HDMI 2.0，仅限幅模式下支持发送器预加重和去加重控制。当 TDP1204 作为 HDMI 2.1 转接驱动器运行时，预加重实施不可用，只有去加重功能由器件根据 DDC TXFFE 监控值进行修改。由于作为 HDMI 2.1 转接驱动器工作时无法实现预加重，因此在运行 HDMI 2.1 合规性测试时必须小心，确保没有无意中选择预加重测试。因此，如果在将 TDP1204 用作 HDMI 2.1 转接驱动器期间运行预加重测试，则会导致 HDMI 2.1 合规性测试报告故障。

4 总结

选择的寄存器设置取决于每个单独的应用，但本文档演示了接收器 EQ、VoD、终端和转接驱动器模式寄存器对 HDMI 2.1 FRL 波形的影响。需要仔细选择线性模式和限幅模式下的 EQ 设置，以避免出现 HDMI 违反眼罩行为和信号完整性问题。如果需要更高或更低的电压摆幅以满足 HDMI 测试要求，可以使用 VoD 设置在限幅模式下控制输出电压摆幅。虽然可以修改终端设置，但建议将该寄存器设置为 0x2h，以利用基于 HDMI 模式的自动 TX 终端控制。

5 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TDP1204 12Gbps、直流/交流耦合至 HDMI™ 2.1 电平转换器混合转接驱动器](#) 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司