

Design Guide: TIDA-060043

56G 重定时器 QSFP-DD MCB 参考设计



说明

该参考设计演示了如何使用 56G PAM-4 重定时器 DS560DF410 来均衡有源电缆应用中的高速信号。该设计是一个模块合规板 (MCB)，它通过重定时器将来自 QSFP-DD 连接器的信号按入口和出口方向路由到 SMA 和 MXP 连接器。

资源

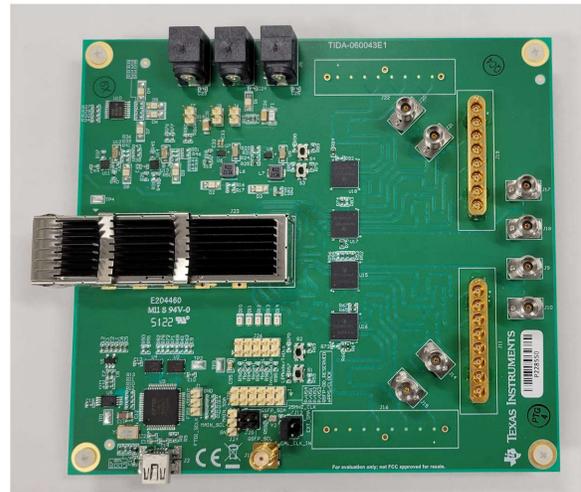
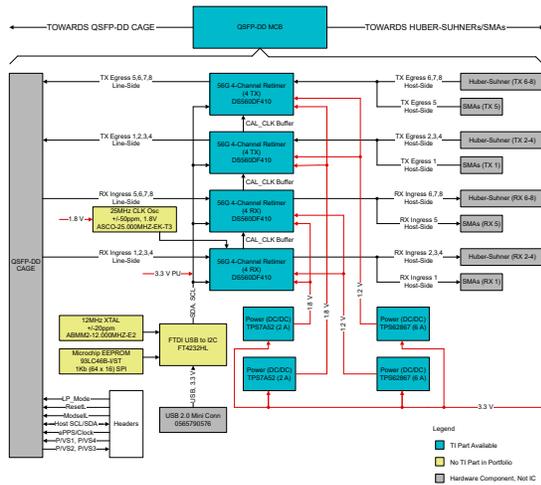
TIDA-060043	设计文件夹
DS560DF410	产品文件夹
TPS62867	产品文件夹
TPS7A52	产品文件夹
TLV702	产品文件夹
TXB0108	产品文件夹

特性

- 每个方向 8 个独立通道
- QSFP-DD 电缆兼容性，适用于入口和出口
- 主机端 Huber-Suhner 和 SMA 兼容性，适用于入口和出口
- 可通过电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) 或 USB 转 I2C 通信进行配置
- 用于所有相关调试以及配置引脚控制和中断的接头
- 3.3V 板载电源调节 → {1.8V、1.2V} 域

应用

- 数据中心交换机
- 园区交换机和分支交换机
- 边缘路由器
- 核心路由器



1 系统说明

TIDA-060043 参考设计展示了 56G 重定时器的前端口应用。此设计提供了有关如何在前端口应用中实现 DS560DF410 的参考，还支持在前端口应用中测试 DS560DF410。

本参考设计可用于测试以下 IEEE 802.3 规范：

- 第 136 条：物理媒体相关 (PMD) 子层和基带媒体、类型 50GBASE-CR、100GBASE-CR2、200GBASE-CR4
- 第 92 条：物理媒体相关 (PMD) 子层和基带媒体类型 100GBASE-CR4
- 附件 136A：50GBASE-CR、100GBASE-CR2 和 200GBASE-CR4 的 TP0 和 TP5 测试点参数和通道特性
- 附件 120E：芯片到模块 200Gbps 四通道连接单元接口 (200GAUI-4 C2M) 和 400Gbps 八通道连接单元接口 (400GAUI-8 C2M)

2 系统概述

2.1 方框图

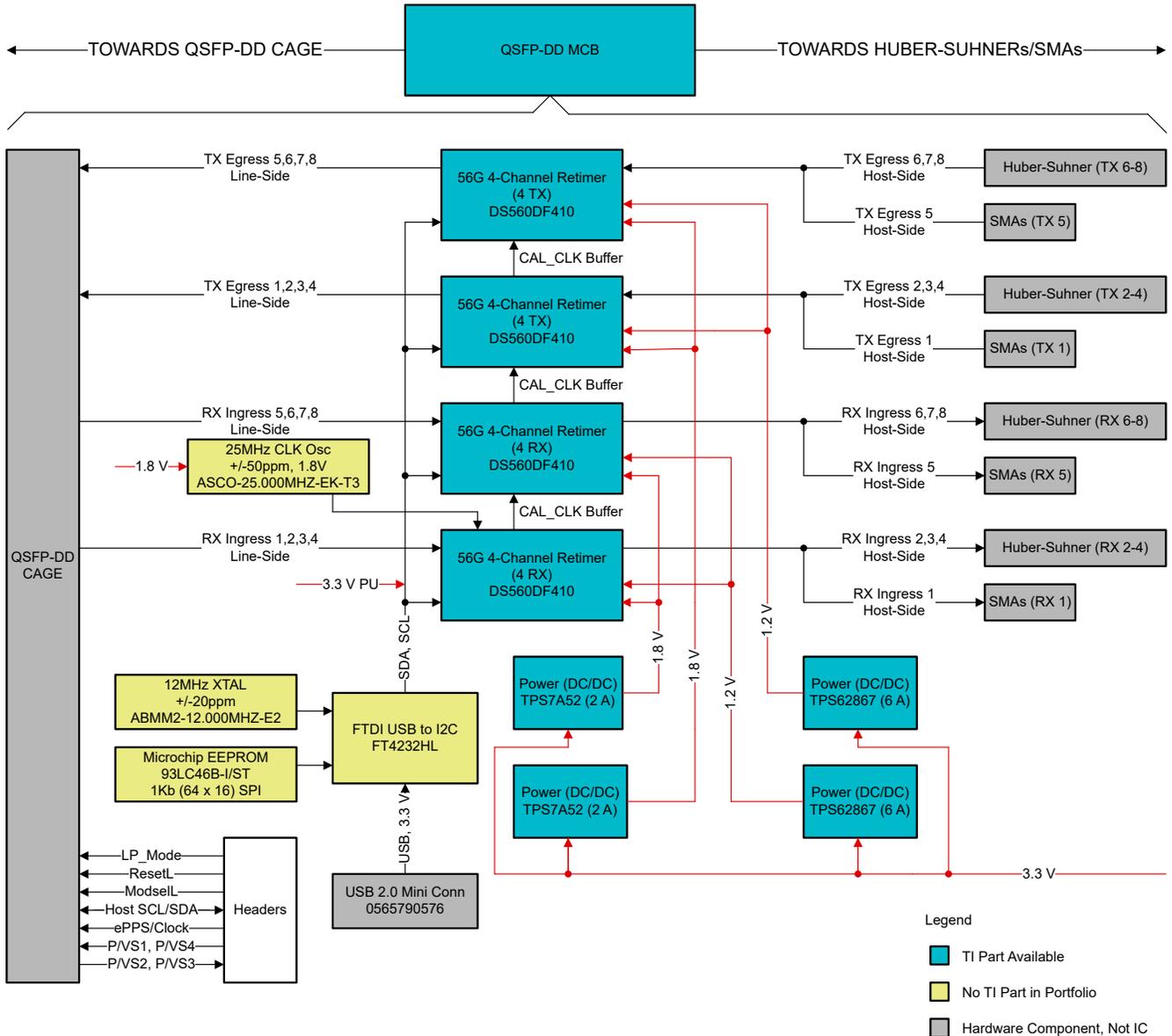


图 2-1. TIDA-060043 方框图

2.2 设计注意事项

2.2.1 连接器

MXP 连接器通常用于高速测试和评估设备。TI 在 25G/28G 和 56G 以太网信号调节器件 EVM 上使用 MXP 连接器。因此，还选择了 MXP 连接器与该 MCB 连接。每个 MCB 上有 4 个 DS560DF410 器件。两个器件处理入口，两个处理出口。对于每个器件，3 个通道路由到 MXP 连接器，1 个通道路由到 SMA 连接器。增加了 SMA 连接器，可提供灵活性，以防在获取 MXP 电缆组件时遇到难题。

2.2.2 高速布线

高速布线布局是高速设计中的一个重要因素。在设计 MCB 时，遵循了 [DS560DF410 具有交叉点的 56Gbps 多速率 4 通道重定时器](#) 数据表中的布局建议。这可以提供良好的高速性能。此外，在制造前对高速布线进行板级仿真，以增强对布局性能的信心。

2.2.3 电源轨

电路板由 3.3V 电源供电，而 DS560DF410 重定时器在 1.8V 和 1.2V 域中运行。与 DS560DF410EVM 设计相一致，使用 TPS7A52 进行 3.3V 至 1.8V 的转换，使用 TPS62867 进行 3.3V 至 1.2V 的转换。直流/直流转换的两个实例均按照每个稳压器的设计指南执行。

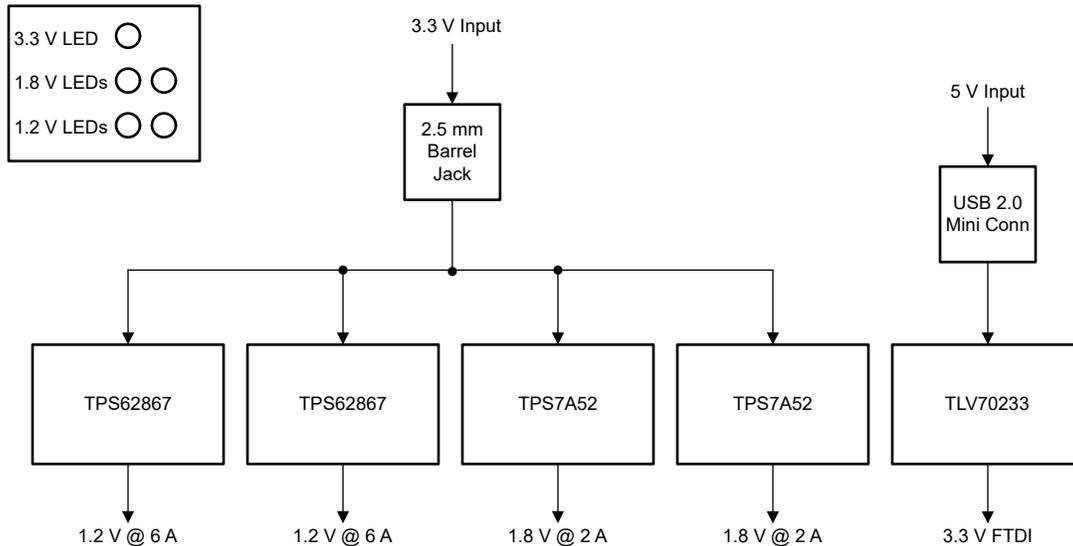


图 2-2. TIDA-060043 电源树

2.3 重点产品

TIDA-060043	设计文件夹
DS560DF410	产品文件夹
TPS62867	产品文件夹
TPS7A52	产品文件夹
TLV702	产品文件夹
TXB0108	产品文件夹

2.3.1 DS560DF410

DS560DF410 是一款具有集成信号调节功能的四通道多速率重定时器。该器件可扩展有损耗且存在串扰的远距离高速串行链路的长度并提升其稳定性。DS560DF410 中的每个通道均可独立锁定 19.6GBd 至 28.9GBd 连续范围内的符号速率 (PAM4 和 NRZ)，或任何支持的子速率。集成的 CDR 功能可重置抖动预算并重定时高速串行数据，是前端口光学模块应用的理想选择。这些特性可实现独立信道前向纠错 (FEC) 直通。此外，DS560DF410 还支持 CDR 自动通道速率切换，可在无需主机干预的情况下锁定多达五种不同的波特率和调制类型组合。

DS560DF410 先进的均衡特性包括一个连续自适应时间线性均衡器 (CTLE)、RX 前馈均衡器 (FFE)、判决反馈均衡器 (DFE) 和一个可编程、低抖动 4 抽头 TX 前馈均衡器 (FFE) 滤波器。这些特性可实现有损耗互连的长度扩展，例如直连铜 (DAC) 缆以及具有多个连接器且存在串扰的背板。

2.3.2 TPS62867

TPS62865 和 TPS62867 器件是高频同步降压转换器，可提供高效、灵活和高功率密度设计。这些转换器在中高负载条件下以 PWM 模式运行，并在轻负载时自动进入省电模式运行，从而在整个负载电流范围内保持高效率。这些器件还可强制进入 PWM 模式运行，尽量减少输出电压纹波。凭借 DCS-Control 架构，这些器件可实现出色

的负载瞬态性能并符合严格的输出电压精度要求。此类器件可提供电源正常信号和内部软启动电路。这些器件能够以 100% 模式运行。在故障保护方面，该器件加入了断续短路保护以及热关断功能

2.3.3 TPS7A52

TPS7A52 是一款低噪声 ($4.4 \mu V_{RMS}$)、超低压降线性稳压器 (LDO)，可提供 2A 电流，最大压降仅为 65mV。该器件的输出电压可通过外部电阻分压器进行调节，范围为 0.8V 至 5.2V。

对于需要以低输入和低输出 (LILO) 电压运行的数字负载 (例如应用特定的集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 和数字信号处理器 (DSP))，TPS7A52 所具备的超高精度 (在负载和温度范围内可达 0.5%)、遥感功能、出色的瞬态性能和软启动功能可实现出色的系统性能。

2.3.4 TLV702

TLV702 系列低压降 (LDO) 线性稳压器是具有出色线路和负载瞬态性能的低静态电流器件。这些 LDO 设计用于功率敏感类应用。高精度带隙与误差放大器支持 2% 的总精度。低输出噪声、极高电源抑制比 (PSRR) 和低压降电压使得这个器件成为广泛电池供电手持设备的理想选择。所有器件版本具有热关断和电流限值以保证安全。

2.3.5 TXB0108

这个 8 位同相转换器使用两个独立的可配置电源轨。A 端口旨在跟踪 V_{CCA} 。 V_{CCA} 支持从 1.2V 到 3.6V 范围内的任一电源电压。B 端口设计用于跟踪 V_{CCB} 。 V_{CCB} 支持从 1.65V 到 5.5V 范围内的任意电源电压。这使得该器件可在 1.2V、1.5V、1.8V、2.5V、3.3V 和 5V 电压节点之间任意进行通用低压双向转换。 V_{CCA} 不应超过 V_{CCB} 。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

3.1.1 TX 输出眼图测试

执行 TX 输出眼图测试需要以下硬件。

- TIDA-060043 MCB 板 (1 块)
- ML4020-MXP 或备选 QSFP 转 SMA 分线 HCB 板 (1 块)
- BERT 或备用 PRBS 发生器 (1 个)
- DCA-X 采样示波器 (1 个)
- 装有 Latte 软件的 PC (数量 1)
- 支持 3.3V 的电源 (1 个)
- MXP40 1 × 8 连接器 (2 个)
- 高速 SMA 电缆 (4 个)
- USB2.0 迷你高速电缆 (1 条)
- 香蕉插孔到 2.5mm 桶形插孔电源引线 (1 条)

3.1.2 RX 链路测试

执行 RX 链路测试需要以下硬件。

- TIDA-060043 MCB 板 (2 个)
- BERT 或备用 PRBS 发生器 (1 个)
- 装有 Latte 软件的 PC (数量 1)
- 支持 3.3V 的电源 (2 个)
- MXP40 1 × 8 连接器 (1 个)
- 1 米 28 AWG QSFP Molex 无源电缆或备用 QSFP 无源电缆 (1 个)
- 高速 SMA 电缆 (2 个)
- USB2.0 迷你高速电缆 (1 条)
- 香蕉插孔到 2.5mm 桶形插孔电源引线 (2 条)

3.2 软件要求

用于本参考设计的许多常见器件配置都需要通过 TI 开发的名为 [Latte](#) 的 GUI 进行配置。需要使用该软件来执行 TX 输出眼图测试和 RX 链路测试。可通过 TI 网站请求下载最新版本的 Latte。用户需要下载并执行两个安装文件：[Latte 框架安装程序文件](#)和 [Latte 库更新程序](#)。在本出版物发布时，最新的 Latte 安装文件如下所示：

- 主要安装程序：[TI-DS560-Latte_vXpX.exe](#)
- 库更新程序：[TI-DS560Lib_vXpX.exe](#)

有关 Latte 软件安装顺序、功能概述和初始化顺序的详细说明，请参见 [DS560DF810 EVM 用户指南](#) 中的软件说明部分。本参考设计遵循与 DS560EVM 类似的初始化序列，但有以下主要差异：

- 在 `devinit.py` 文件中，更改器件地址以对应于 MCB 上的目标器件。

3.3 测试设置

3.3.1 TX 输出眼图测试

此过程专门说明了如何测量 26.5625GBd PAM-4 PRBS13Q 数据的 TX 输出眼图，该数据通过 TIDA-060043 MCB 板上的重定时器 U15 通道 2 进行传输。

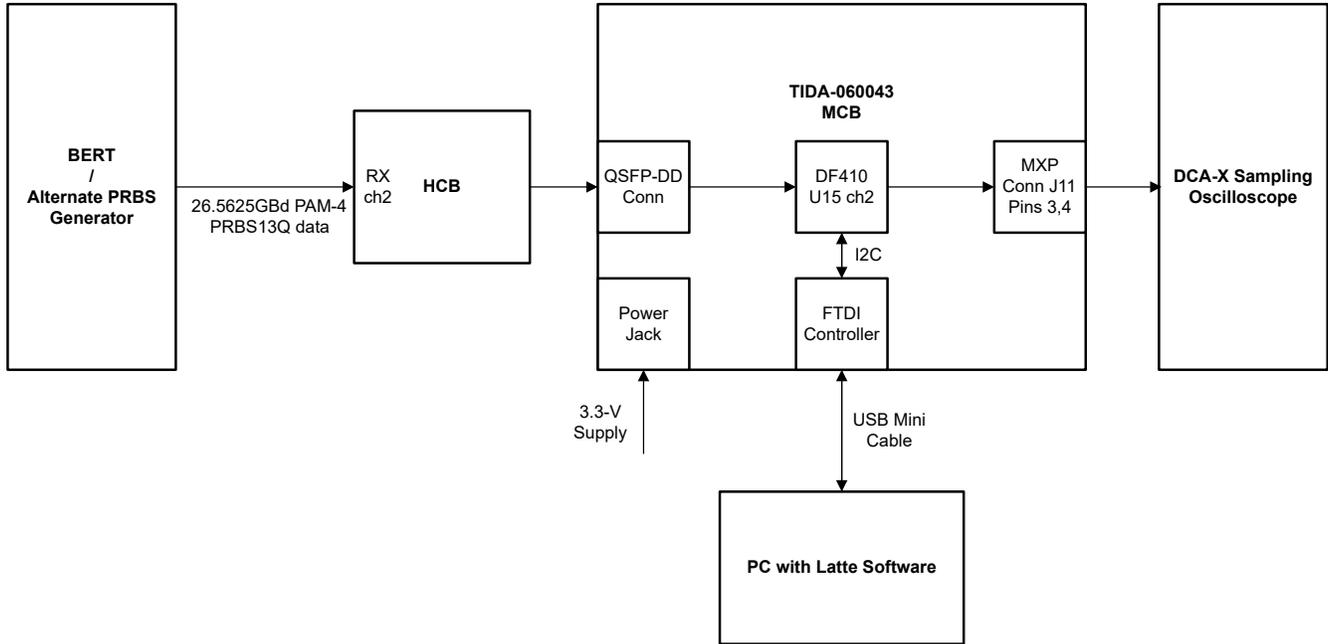


图 3-1. TX 输出眼图测试设置

1. 将 HCB 分线板插入 TIDA-060043 (J27) 上的 QSFP-DD 端口。将 MXP40 连接器插入 TIDA-060043 的 J11 和 HCB 上标出了 RX 信号的端口。
2. 使用 SMA 电缆，将 HCB 的 RX 通道 2 连接到 BERT 输出，并将 TIDA-060043 上的 J11 引脚 3、4 连接到 DCA-X 采样示波器输入。
3. 使用 USB2.0 迷你电缆将 PC 连接到 TIDA-060043 (J2) 上的 USB 端口。
4. 使用电源引线将电源连接到 TIDA-060043 (J3) 上的 +3.3V 桶形插孔。使用 3.3V 电压为电路板供电。
5. 配置 BERT 以输出 26.5625GBd PAM-4 PRBS13Q 数据。
6. 在 PC 上打开 Latte 并运行 `setup.py`。确保 `setupInfo = 0` 且 `devIdentifier = 1`。
7. 运行 `devinit.py`。确保第 79 行的 `device.slaveAddr = 0x18`，因为该地址对应于 TIDA-060043 上的重定时器 U15。
8. 配置 `1_bringupParams.py` 以在 Q0CH2 上启用 26.5625GBd PAM-4 数据。运行 `1_bringupParams.py`。
9. 运行 `2_bringupLib.py`。运行 `usefulFunctions.py` 的“回读通道初始化状态/锁定状态”代码块并确认通道 2 具有 CDR 锁定。
10. 配置 DCA-X 以锁定到 26.5625GBD PAM-4 PRBS13Q 数据并显示输出眼图。
11. 使用 `usefulFunctions.py` 的“更改 TX-FFE”代码块，在目视检查输出眼图的同时调整 FFE 抽头，从而优化性能。对于图 3-3 中显示的结果，使用了 `pre=2` 和 `post=4` 的设置。
12. 在 DCA-X 上捕获眼图和抖动结果。

3.3.2 RX 链路测试

此过程专门说明了如何测量 26.5625GBd PAM-4 PRBS31Q 数据的 BER，该数据通过第一个 TIDA-060043 板上的重定时器 U17 通道 2、无源 QSFP 电缆和第二个 TIDA-060043 板上的重定时器 U15 通道 2 进行传输。

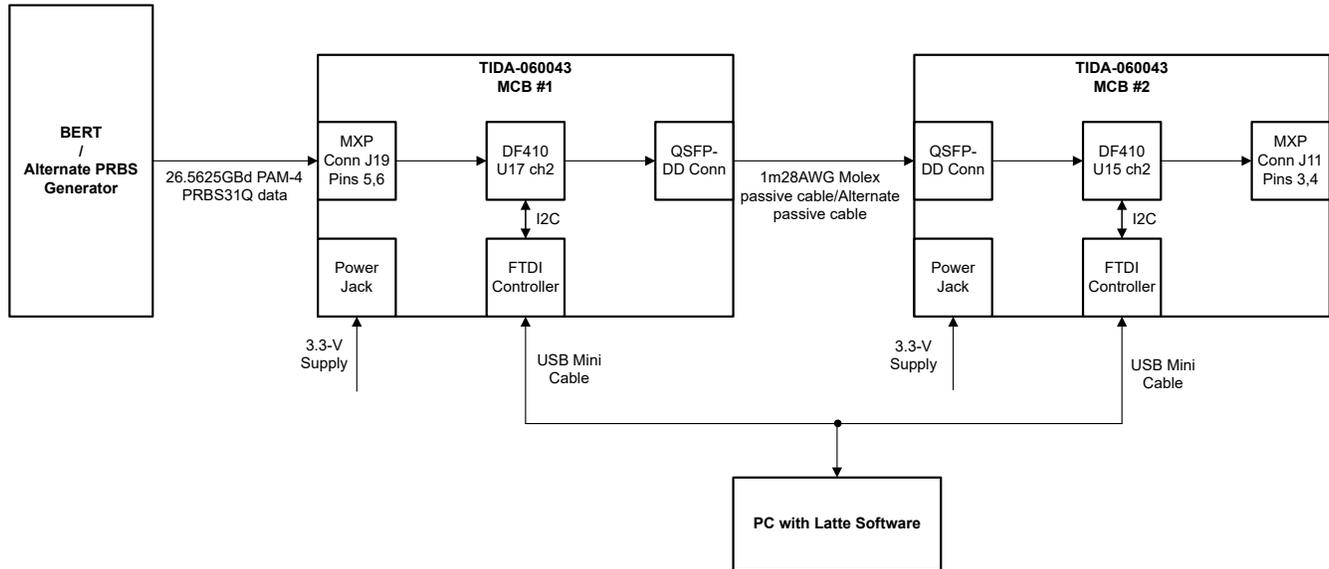


图 3-2. RX 链路测试设置

1. 将无源 QSFP 电缆插入两个 TIDA-060043 板 (J27) 上的 QSFP-DD 端口。将 MXP40 连接器插入第一个 TIDA-060043 板的 J19 上。
2. 使用 SMA 电缆，将第一个 TIDA-060043 电路板上的 J19 引脚 5、6 连接到 BERT 输出。
3. 使用 USB 2.0 迷你电缆将 PC 连接到第一个 TIDA-060043 电路板 (J2) 上的 USB 端口。
4. 使用电源引线将电源连接到两个 TIDA-060043 板 (J3) 上的 +3.3V 桶形插孔。使用 3.3V 电压为两个电路板供电。
5. 配置 BERT 以输出 26.5625GBd PAM-4 PRBS31Q 数据。
6. 在 PC 上打开 Latte 并运行 `setup.py`。确保 `setupInfo = 0` 且 `devIdentifier = 1`。
7. 运行 `devinit.py`。确保第 79 行的 `device.slaveAddr = 0x19`，因为该地址对应于 TIDA-060043 上的重定时器 U17。
8. 配置 `1_bringupParams.py` 以在 Q0CH2 上启用 26.5625GBd PAM-4 数据。运行 `1_bringupParams.py`。
9. 运行 `2_bringupLib.py`。运行 `usefulFunctions.py` 的“回读通道初始化状态/锁定状态”代码块并确认通道 2 具有 CDR 锁定。
10. 从第一个 TIDA-060043 电路板上拔下 USB 电缆，并将电缆插入第二个 TIDA-060043 电路板 (J2) 的 USB 端口。
11. 运行 `setup.py`。确保 `setupInfo = 0` 且 `devIdentifier = 1`。
12. 运行 `devinit.py`。确保第 79 行的 `device.slaveAddr = 0x18`，因为该地址对应于 TIDA-060043 上的重定时器 U15。
13. 配置 `1_bringupParams.py` 以在 Q0CH2 上启用 26.5625GBd PAM-4 数据。确保 `sysParams.rxPrbsSel = [x,x,5,x, ...]`，这样器件就知道它正在通道 2 上接收 PRBS31Q 数据。运行 `1_bringupParams.py`。
14. 运行 `2_bringupLib.py`。运行 `usefulFunctions.py` 的“回读通道初始化状态/锁定状态”代码块并确认通道 2 具有 CDR 锁定。
15. 运行 `usefulFunction.py` 的“读回 BER”代码块。调整 BERT 上的 FFE 抽头以优化 BER。对于表 3-1 中显示的结果，使用了 `pre1=-8` 和 `post1=-5` 的 BERT FFE 设置。
16. 运行“读回 BER”至少 3 次并记录得到的 BER。

3.4 测试结果

3.4.1 TX 输出眼图测试

按照节 3.3 中概述的过程在 TIDA-060043 电路板上执行了 TX 输出眼图测试。图 3-3 展示了得到的输出眼图和抖动测量结果。

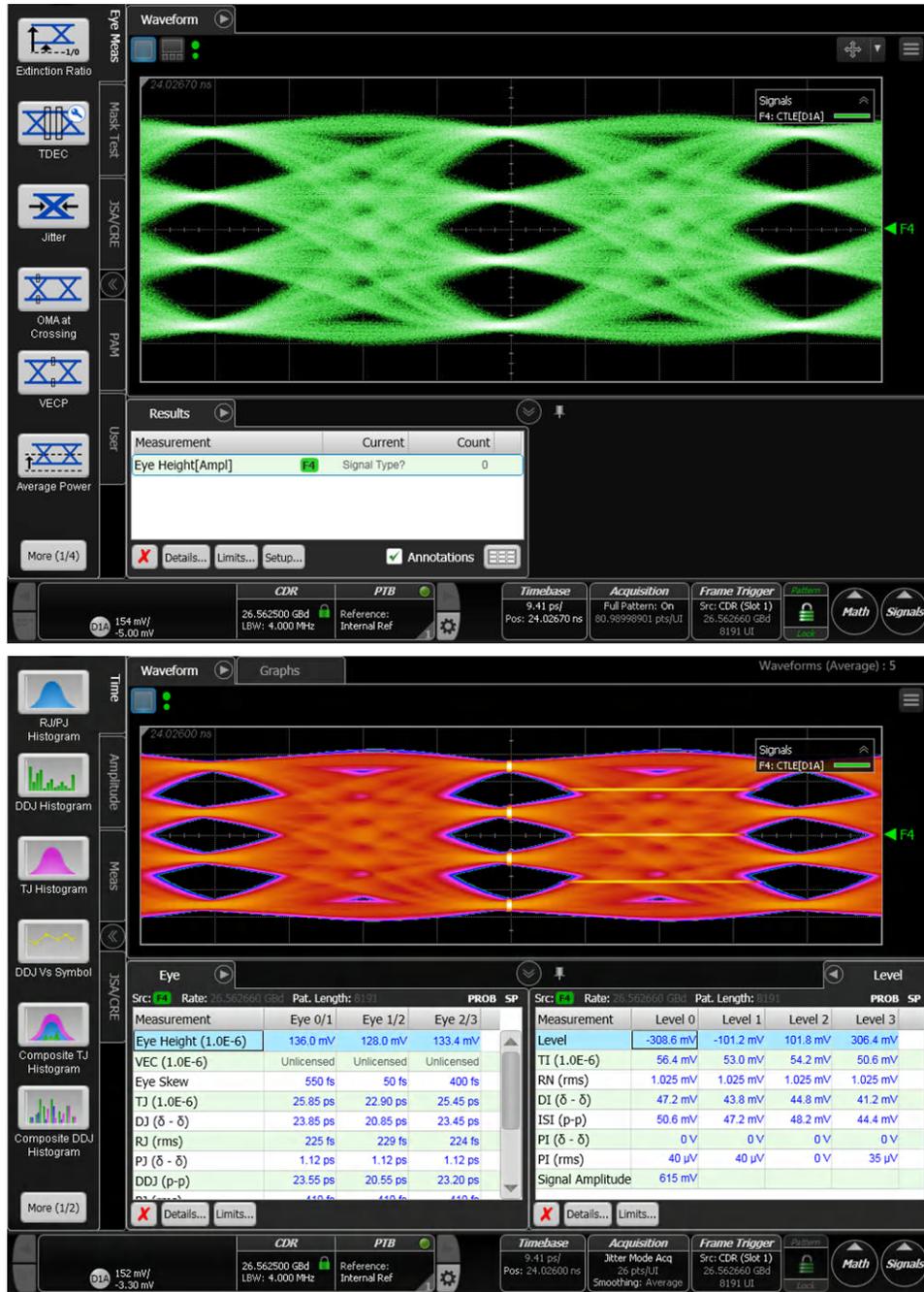


图 3-3. TX 输出眼图和抖动测量结果

3.4.2 RX 链路测试

按照节 3.3 中概述的过程在 TIDA-060043 电路板上执行了 RX 链路测试。表 3-1 展示了 BER 测量结果。

表 3-1. RX 链路测试 BER 测量结果

试验	误码率 (BER)
1	6.39×10^{-9}
2	3.42×10^{-8}
3	5.75×10^{-9}

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-060043](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-060043](#) 中的设计文件。

4.1.3 Altium 工程

要下载 Altium 工程，请参阅 [TIDA-060043](#) 中的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

[DS560DF410EVM](#)

DS560DF410 评估模块

软件

[Latte](#)

Latte 软件申请门户

4.3 文档支持

- 德州仪器 (TI), [DS560DF410 具有交叉点的 56Gbps 多速率 4 通道重定时器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [TPS62865/TPS62867 采用 1.5mm × 2.5mm QFN 封装的 2.4V 至 5.5V 输入电压、4A 和 6A 同步降压转换器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [TPS7A52 2A、高精度 \(0.5%\)、低噪声 \(4.4μV_{RMS}\)、LDO 稳压器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [TLV702 300mA、低 I_Q、低压降稳压器](#) 数据表
- 德州仪器 (TI), [TXB0108 具有自动方向感应和 ±15kV ESD 保护功能的 8 位双向电压电平转换器](#) 数据表

4.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

4.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

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