

Technical White Paper

多路复用 FPD-Link 串行器/解串器



Rhea Kadakia, Sophie Canepa, Yannik Muendler

Systems Engineering and Marketing

摘要

随着汽车行业越来越关注技术进步和自主性，摄像头、雷达、激光雷达、超声和显示应用越来越多地需要高分辨率、未压缩的数据通道。FPD-Link 串行器/解串器系列产品支持提供高分辨率信号，并简化高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和信息娱乐系统显示屏的设计。对于某些应用，使用 FPD-Link 串行器/解串器进行多路复用有助于在系统中添加更多传感器模块。多路复用提供了一种简单解决方案，可以在不同传感器模块之间切换而不降低 FPD-Link 串行器/解串器的信号完整性。

内容

1 市场需求.....	2
2 多路复用 FPD-Link 方案.....	3
3 多路复用执行和设置.....	4
4 切换协议的实现方案.....	5
5 评估对信号完整性的影响.....	7
5.1 回波损耗.....	8
5.2 插入损耗.....	8
6 裕度分析.....	9
7 结语.....	10
8 参考资料.....	10

插图清单

图 1-1. 多路复用 FPD-Link 串行器/解串器的汽车应用.....	2
图 2-1. 多路复用测试方案.....	3
图 3-1. 多路复用电路板布局布线 - 顶视图.....	4
图 3-2. 多路复用电路板布局布线 - 底视图.....	5
图 4-1. 多路复用期间的链路状态.....	6
图 5-1. 多路复用器和解串器配置.....	7
图 5-2. 通道回波损耗.....	8
图 5-3. 通道插入损耗.....	8
图 6-1. 裕度分析图 - RX PORT0 (CH1).....	9
图 6-2. 裕度分析图 - RX PORT1 (CH2).....	9
图 6-3. 裕度分析图 - RX PORT2 (CH3).....	9
图 6-4. 裕度分析图 - MUX RX PORT3 (CH4).....	9

1 市场需求

从整体上看，汽车行业趋向于采用更先进的系统来协助驾驶员、减少车辆事故并改善乘客的整体体验。这些驾驶辅助系统融入了环境检测以及驾驶和车内监控功能，从而打造出功能安全型系统。要成功实现这些设计，就必须增加摄像头模块的数量，并相应地增加这些传感器所需的通信通道。

FPD-Link 串行器/解串器提供了一种高分辨率、未压缩的数据传输方法，可实现高速、高性能视频和传感器接口。四通道和双通道 FPD-Link 串行器/解串器模块可用于多摄像头应用。然而，在有些情况下，这些偶数通道解串器不能很好地支持奇数数量的摄像头。在这些情况下，将第三个或第五个摄像头模块添加到双摄像头或四摄像头系统的一种方法是使用多路复用。多路复用 FPD-Link 可以专门用于多摄像头系统，即在应用中同时使用两个或更多摄像头，但在使用时相互排斥，如图 1-1 所示。多路复用还可减少中央处理器上所需的 CSI-2 端口数，从而释放重要 IO 以供车辆中的其他用例使用。这种配置有助于降低系统的成本和尺寸并提高整体空间效率。

图 1-1 展示了单个 ADAS 系统中两个互斥的摄像头。

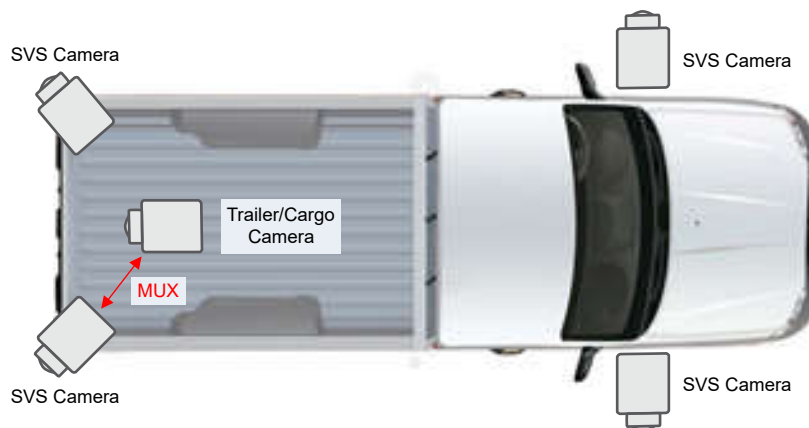


图 1-1. 多路复用 FPD-Link 串行器/解串器的汽车应用

2 多路复用 FPD-Link 方案

对于高速、高分辨率多路复用应用，要确定对传输通道的影响，必须考虑对串行器和解串器之间的通道散射参数和链路裕度的影响。使用图 2-1 中所示的设置完成此表征。

多路复用器拦截同轴电缆供电 (PoC) 连接的解串器侧的 FPD-Link 串行器/解串器传输通道。这样就可以在 PoC 连接的直流分量馈送到多路复用器之前消除该直流分量。该分量随后直接连接到 FPD-Link III RX 端口 3 引脚 (RIN3+ 和 RIN3-)。根据节 4 的切换协议的实现方案中所述的协议切换多路复用器，以确保实现正确的功能。

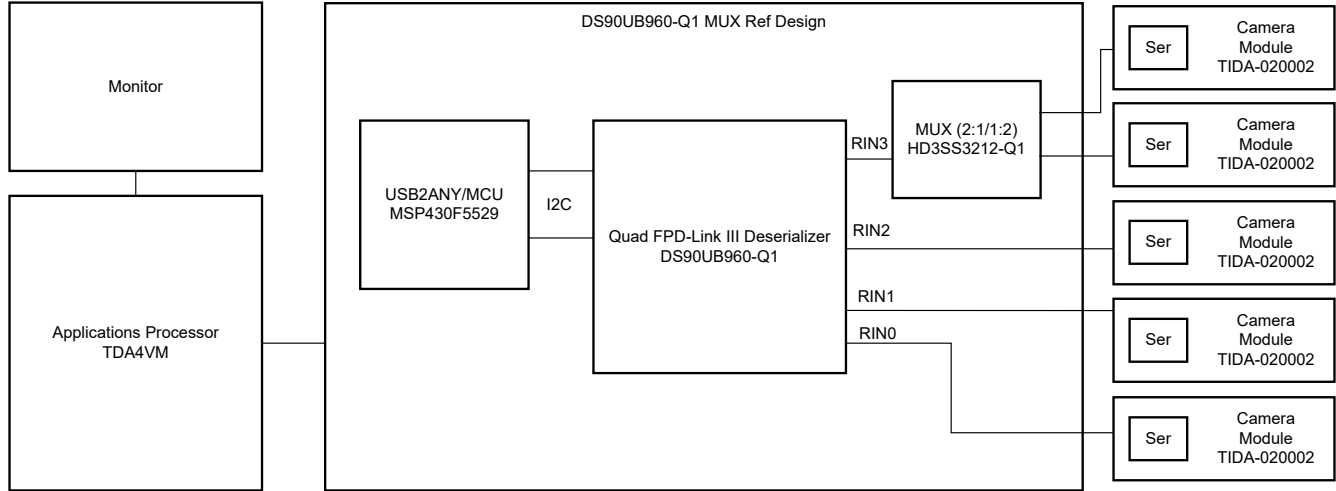


图 2-1. 多路复用测试方案

3 多路复用执行和设置

前面提到的 [FPD-Link](#) 多路复用设置按如下方式执行。对 DS90UB960-Q1 EVM 进行了修改，使用高速双向多路复用器 HD3SS3212-Q1 在四个通道中的一个通道上实现多路复用功能。DS90UB960-Q1 是具有两个 CSI-2 输出端口的四路 200 万像素摄像头集线器 FPD-Link III 解串器器件。HD3SS3212-Q1 是一款双通道差分 2:1 和 1:2 多路复用和多路信号分离器，运行速率高达 10Gbps。除了四路 FAKRA 连接器外，还添加了一个单独的 mini-FAKRA 连接器，用于额外的第五个摄像头输入。为了在 Vision Apps 中实施多摄像头应用，五个使用 IMX390 成像仪的 [TIDA-02002](#) 模块与该电路板一起使用。[图 3-1](#) 和 [图 3-2](#) 展示了此电路板的布局布线。

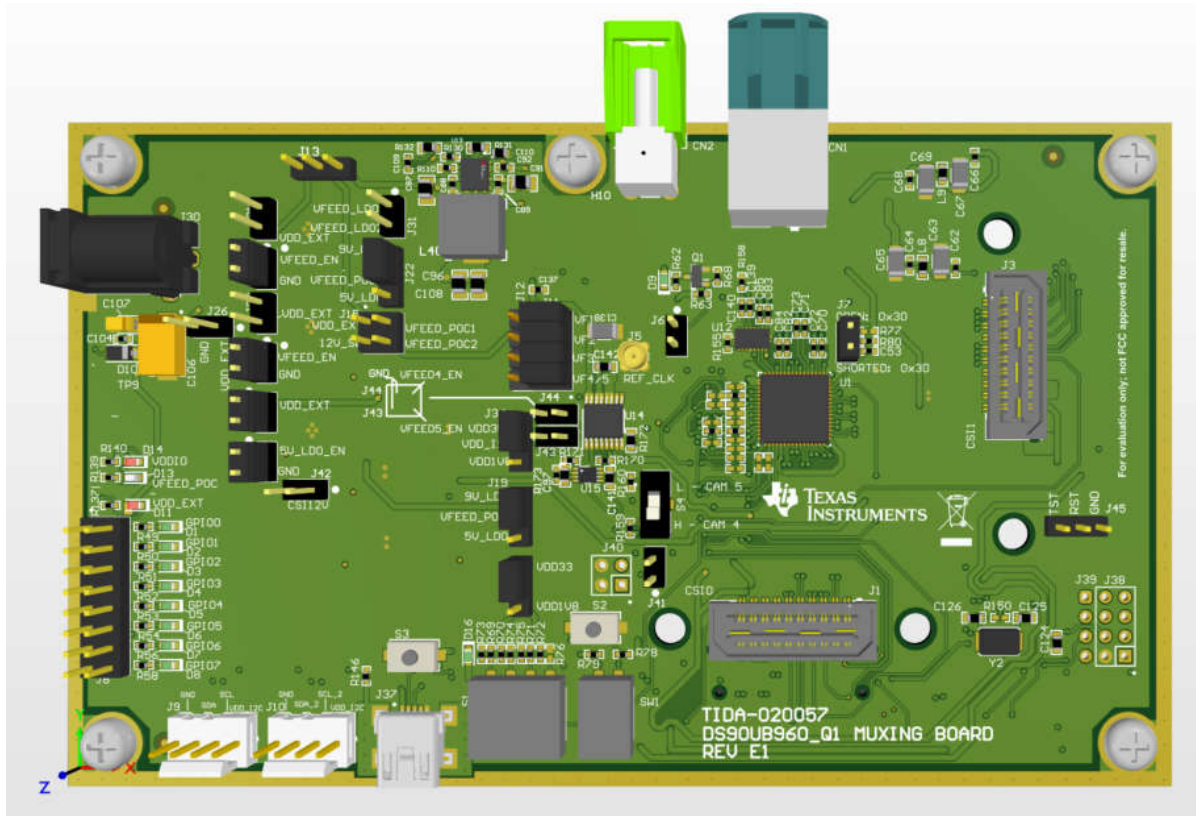


图 3-1. 多路复用电路板布局布线 - 顶视图

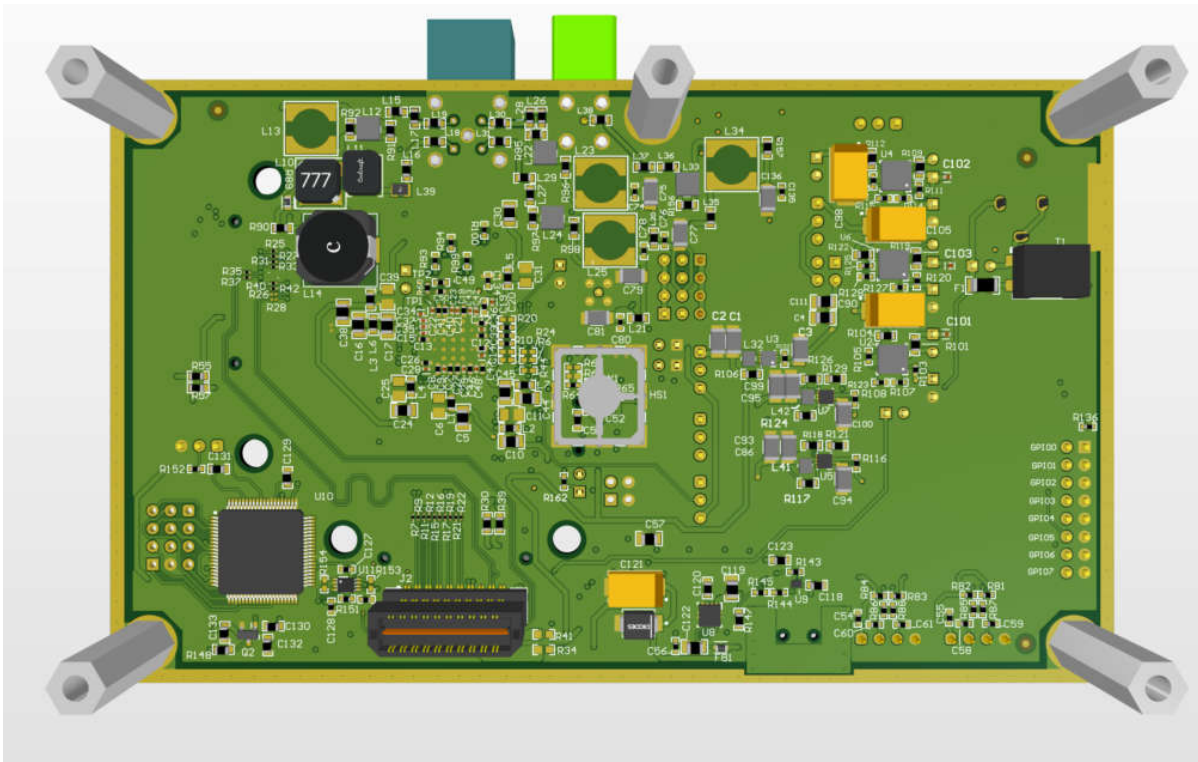


图 3-2. 多路复用电路板布局布线 - 底视图

多路复用器电路板有一个 SAMTEC CSI-2 连接器，该连接器与安装在 Jacinto 7 处理器的 J721EXCPXEVN 通用处理器板上的 TDA4VM (J721EXSOMG01EVM) SOM 板连接。与 TDA4VM 连接后，即可在连接的监视器上看到摄像头输出。要在摄像头之间进行切换，必须向软件开发套件 (SDK) 中的 TDA4 添加切换协议功能。

4 切换协议的实施方案

在切换之前，禁用解串器输出，防止系统进入错误处理或失效防护模式。不建议在正传输数据时在摄像头之间切换。在通道间进行多路复用，实现以下协议。

```
Analog LaunchPad Program
# Digital reset at initialization
board.writeI2C(desAddr,0x01,0x01)

# Enable CSI-2 output and forwarding (steps below)
board.writeI2C(desAddr,0x32,0x01) # Select CSI-2 port 0
board.writeI2C(desAddr,0x33,0x03) # Enable CSI-2 output with continuous clock mode
board.writeI2C(desAddr,0x20,0x00) # Forward all CSI-2 to port 0

# Before switching the MUX, disable the associated port and forwarding
board.writeI2C(desAddr,0x20,0xF0) # Disable forwarding
board.writeI2C(desAddr,0x0C,0x00) # Disable the RX port receiver

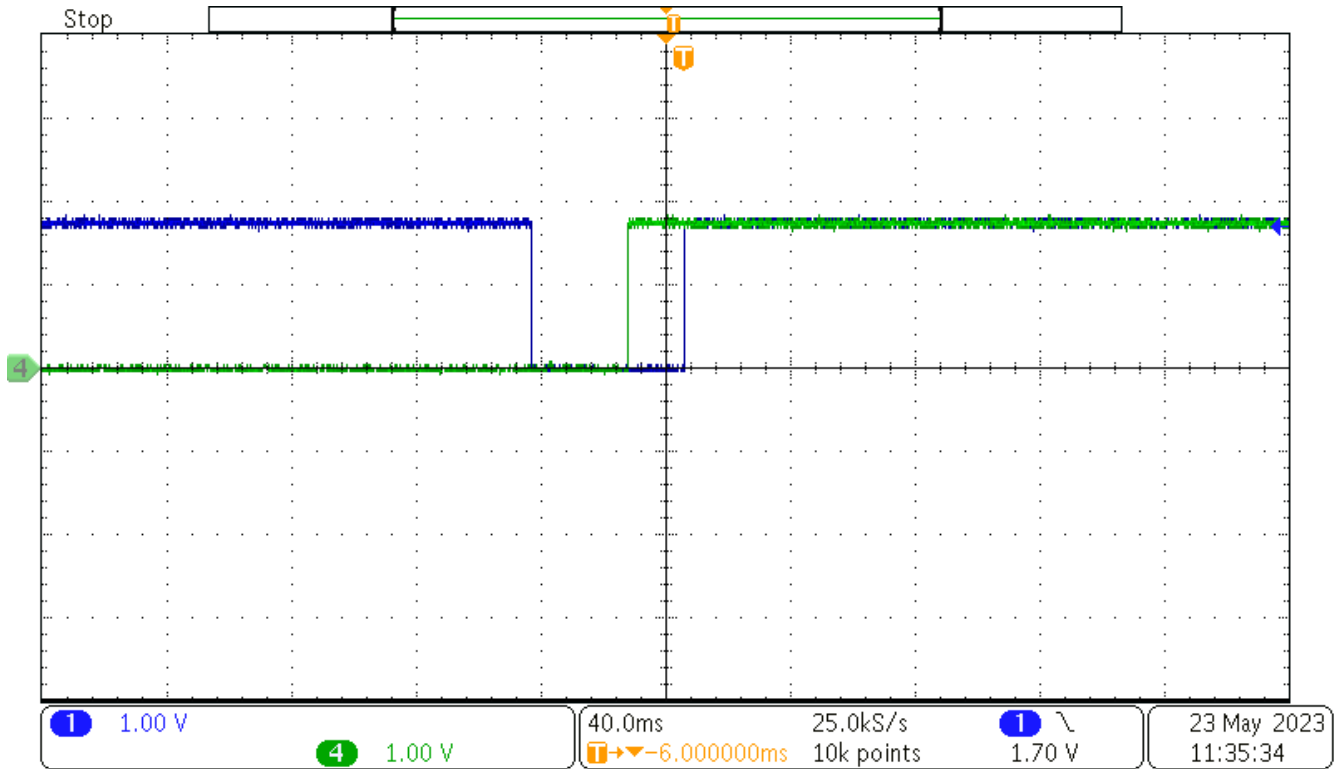
# After switching the MUX, restart the forwarding and the port receiver.
board.writeI2C(desAddr,0x0C,0x0F) # Enable the RX port receiver
time.sleep(0.1) # Allow time for the port to re-lock
board.writeI2C(desAddr,0x20,0x00) # Enable forwarding

# The switching protocol above disables forwarding for all channels. Depending on the application,
deactivating only the multiplexed channel is sufficient.
```

```
For Example:
# Disable forwarding of RX Port 2
board.writeI2C(desAddr, 0x20, 0x40)

# Disable Port 2 Receiver
board.writeI2C(desAddr, 0x0C, 0x0B)
```

图 4-1 展示了从打开多路复用器到重新建立链路的切换时间。除重新建立链路所需的时间外，还需要考虑通过 I2C 的成像器的初始化时间，摄像头初始化完成后，就可以在处理器上看到输出。



蓝色：链路状态，绿色：多路复用器打开或关闭

图 4-1. 多路复用期间的链路状态

5 评估对信号完整性的影响

在信号路径中引入多路复用器等附加元件会影响系统的信号完整性和性能，因此需要衡量和量化这种影响。

散射参数或 **S** 参数提供了一个基于入射微波和反射微波的比率来描述网络的框架。这些 **S** 参数对于表征线性高频电路非常有用。**S** 参数分析可提供有关回波损耗和插入损耗的信息，专门用于比较使用和不使用多路复用器时 FPD-Link 串行器/解串器的信号完整性。

回波损耗是反射信号与发射信号的比率。插入损耗用于衡量传输信号的衰减。更高的回波损耗和更低的插入损耗意味着信号完整性更高。

图 5-1 展示了添加多路复用器后信号路径的重新配置。

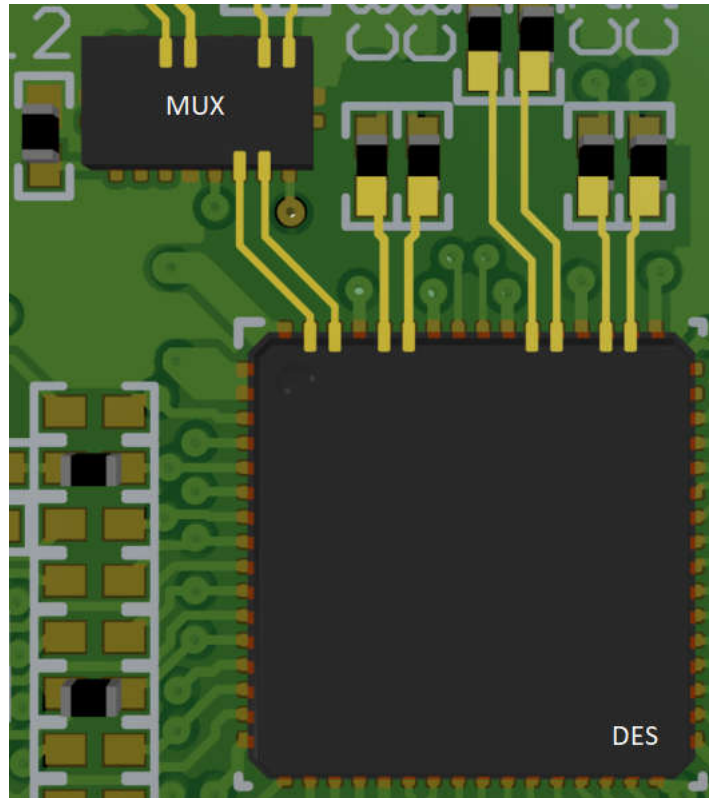


图 5-1. 多路复用器和解串器配置

5.1 回波损耗

非多路复用通道和多路复用通道的回波损耗均处于德州仪器 (TI) FPD-Link 串行器/解串器所定义的稳定运行所需的范围内，在图 5-2 中以红色显示。在此测试设置中，使用的硬件是节 2 中所示设置的变体，并且这个电路板变体将 CH3 和 CH4 连接到多路复用器。在此设置中，CH1 和 CH2 是非多路复用通道。

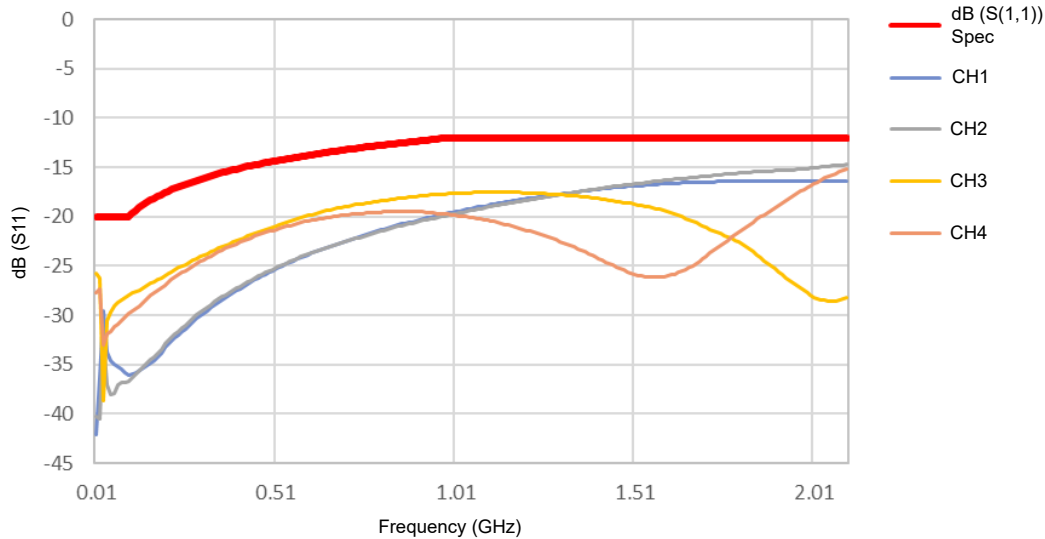


图 5-2. 通道回波损耗

5.2 插入损耗

非多路复用配置符合图 5-3 中以红色显示的 TI 要求。但是，添加多路复用器会增加 0.4dB 的插入损耗，因此不再满足建议的 PCB 插入损耗。串行器和解串器之间的总通道插入损耗要求取决于 PCB 和电缆组件预算。就整体电缆预算指导而言，使用多路复用器所引起的插入损耗损失相对较小，因此仍可以通过对电缆损耗预算补偿 0.4dB 来满足总通道所需的最小插入损耗值。使用节 5.1 中所述的相同测试设置进行此测量，其中 CH3 和 CH4 连接至多路复用器，CH1 和 CH2 未进行多路复用。

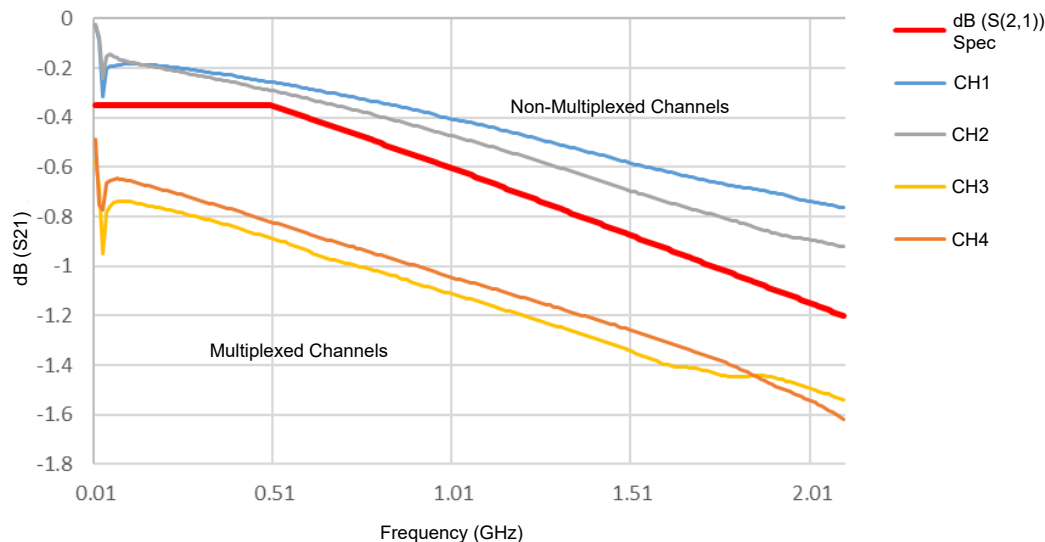


图 5-3. 通道插入损耗

6 裕度分析

TI DS90UB960-Q1 解串器包括多种形式的自动适应功能来提高链路可靠性。其中一种方法是使用自动调节的选通位置，该位置控制在信号眼图中的哪个位置对数据进行采样。使用不同的选通位置在不同情况下可能最为有效，具体取决于电缆长度、电缆质量和温度等因素。裕度分析程序 (MAP) 会检查在不同选通位置和 EQ 电平的组合下是否存在错误和锁定，从而分析系统中的裕度。

手动选通控制是可用于系统评估的有用工具，因为该工具可用于仅通过 I2C 连接来评估眼图的状态。通常，通过创建裕度分析图来完成评估，在该图中根据每种 EQ 和选通设置的组合来监测解串器的状态。这些图跟踪了在所有 EQ 设置和选通位置下，使用较小基础延迟时的锁定状态、奇偶校验错误、正向通道 CRC 错误、正向通道时序错误和正向通道编码错误。绿色方块表示合格设置，在这些设置下解串器和串行器正常锁定，没有错误。至少具有四个合格选通位置的 EQ 电平视为建议的 EQ 电平。一般情况下，TI 建议使用至少三个 EQ 电平和四个合格选通位置的裕度，其中包括一个合格状态的连续矩形，该矩形为两个 EQ 电平乘以四个选通位置。

DS90UB960-Q1 MUX EVM 上的非多路复用 (图 6-1、图 6-2、图 6-3) 和多路复用 (图 6-4) 通道都有合格裕度分析报告，如黑色矩形所示。这表明，增加多路复用器不会显著影响整体通道信号完整性。

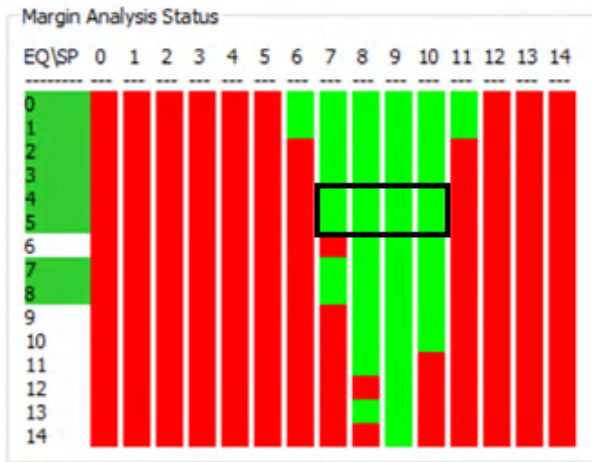


图 6-1. 裕度分析图 - RX PORT0 (CH1)

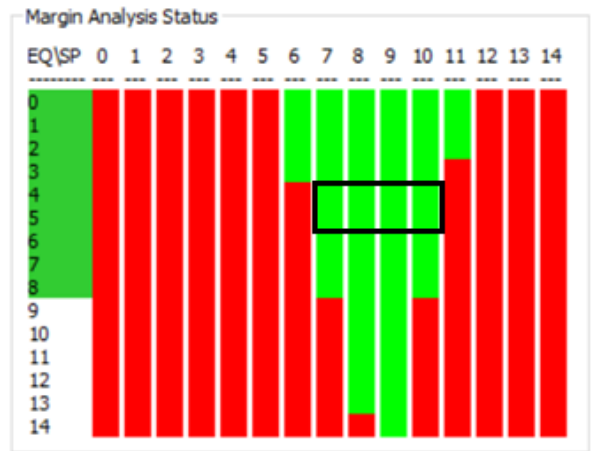


图 6-2. 裕度分析图 - RX PORT1 (CH2)

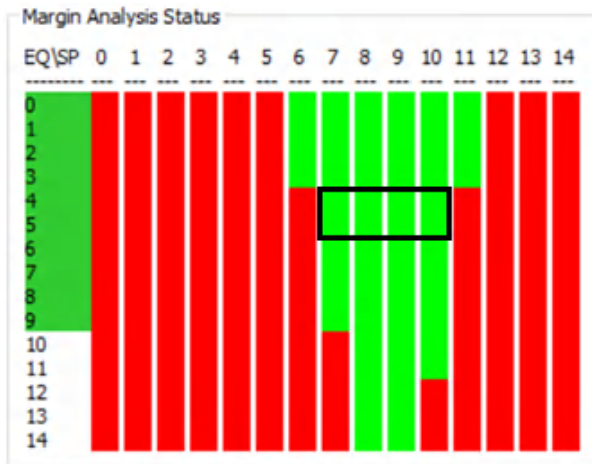


图 6-3. 裕度分析图 - RX PORT2 (CH3)

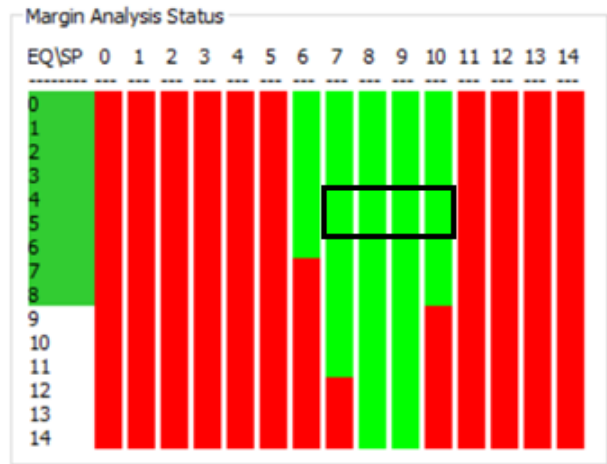


图 6-4. 裕度分析图 - MUX RX PORT3 (CH4)

7 结语

多路复用 FPD-Link 是在不一定增加解串器数量的情况下增加外设数量的可行解决方案。这种方法可为具有奇数个互斥传感器的系统提供更节省空间且更简单的实现方案。此外，多路复用技术还减少了对处理器 CSI-2 端口的需求，而这是一个常见的限制因素。

多路复用方案确实会增加插入损耗，但可以根据用户实施的布线选择来补偿此损耗。在链路裕度和回波损耗方面，多路复用 FPD-Link 串行器/解串器方案与非多路复用方案相当。

8 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [DS90UB960-Q1 具有两个 MIPI CSI-2 端口的四路 4.16Gbps FPD-Link III 解串器集线器](#) 数据表
2. 德州仪器 (TI), [HD3SS3212-Q1 双通道差分 2:1/1:2 USB3.2 多路复用器/多路信号分离器](#) 数据表
3. 德州仪器 (TI), [采用 POL PMIC、FPD-Link III、监控器和 POC 的汽车 260 万像素摄像头模块参考设计](#) 数据表
4. 德州仪器 (TI), [采用 POL PMIC、FPD-Link III、监控器和 POC 的汽车 260 万像素摄像头模块参考设计](#) 设计指南
5. 德州仪器 (TI), [DS90UB954-Q1 和 DS90UB960-Q1 的裕度分析程序 \(MAP\) 和选通位置](#) 应用手册

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