

Application Note

TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 配置指南

Ryan Kitto

摘要

TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 是汽车级 USB3.1 转接驱动器，能够针对如所列出的转接驱动器的器件，在 5Gbps 和 10Gbps 数据速率下多路复用 USB3 信号。特别是，这些器件非常适合使用 USB Type-C 接口在主机和器件之间通信的应用。USB 信号振幅通过典型的 FR4 通道衰减，这会限制 5Gbps、10Gbps 和甚至更高数据速率下的系统布线长度。具有较大衰减的更长通道会导致 USB 接收器出现信号完整性问题。本文档介绍了如何分别在 5Gbps 和 10Gbps 下使用 TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 来帮助改善这些信号，以确保信号保持完整性，同时仍能够通过标准合规性测试。

内容

1 引言.....	2
2 TUSB521-Q1 均衡选择.....	3
3 TUSB1021-Q1 均衡选择.....	4
4 TUSB521-Q1 放置示例.....	5
5 TUSB521-Q1 配置示例.....	6
6 布局指南.....	7
6.1 接地拼接.....	7
6.2 交流耦合和电阻放置.....	8
7 总结.....	8
8 参考资料.....	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 是汽车级 USB3.1 转接驱动器，能够针对如所列出的转接驱动器的器件，在 5Gbps 和 10Gbps 数据速率下多路复用 USB3 信号。特别是，这些器件非常适合使用 USB Type-C 接口在主机和器件之间通信的应用。USB 信号振幅通过典型的 FR4 通道衰减，这会限制 5Gbps、10Gbps 和甚至更高数据速率下的系统布线长度。具有较大衰减的更长通道会导致 USB 接收器出现信号完整性问题。TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 用于消除或尽可能降低通道的衰减效应，从而在器件接收器处生成兼容的眼图。通过应用接收器均衡来补偿由于符号间干扰 (ISI) 和插入损耗而产生的线缆或电路板损耗，可以更大限度地减少衰减。TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 可通过 16 种 USB 信号接收器均衡设置进行配置。

2 TUSB521-Q1 均衡选择

器件应用中使用的 TUSB521-Q1 使系统能够通过 USB 3.1 Gen 1 发送器和接收器合规性测试。TUSB521-Q1 通过应用补偿通道损耗的均衡来恢复传入数据，表 2-1 中提供了典型的 FR4 通道损耗。TUSB521-Q1 配置为提供给信号的均衡量需要根据信号进入器件之前（也称为前置通道）的损耗量来设置。USB3.1 信号的 TX 和 RX 通道的 EQ 设置可通过引脚配置或通过 I2C 来独立设置。对于引脚配置，通过 EQ 和 SSEQ 引脚来配置均衡选择。表 2-2 列出了可用于 TUSB521-Q1 的 USB 均衡值。

表 2-1. 5GBps 时的 FR4 布线损耗示例

FR4 PCB 布线长度 (英寸)	2.5GHz 时的损耗 (dB)
1	0.5
2	1
3	1.5
4	2
5	2.5
6	2.9
7	3.4
8	3.9
9	4.4
10	4.9
11	5.4
12	5.9
13	6.4
14	6.9

表 2-2. TUSB521-Q1 接收器均衡 GPIO 控制

均衡设置 #	RX1 和 RX2 端口			SSTX 端口		
	EQ1 引脚电平	EQ0 引脚电平	2.5GHz 时的 EQ 增益 (dB)	SSEQ1 引脚电平	SSEQ0 引脚电平	2.5GHz 时的 EQ 增益 (dB)
0	0	0	-0.7	0	0	-0.9
1	0	R	1.8	0	R	0.2
2	0	F	2.7	0	F	1.1
3	0	1	3.7	0	1	2.2
4	R	0	4.6	R	0	3.0
5	R	R	5.5	R	R	4.0
6	R	F	6.3	R	F	4.8
7	R	1	7.0	R	1	5.6
8	F	0	7.8	F	0	6.4
9	F	R	8.5	F	R	7.0
10	F	F	9.1	F	F	7.6
11	F	1	9.7	F	1	8.2
12	1	0	10.1	1	0	8.7
13	1	R	10.7	1	R	9.2
14	1	F	11.1	1	F	9.7
15	1	1	11.6	1	1	10.2

3 TUSB1021-Q1 均衡选择

对于 TUSB1021-Q1，选择要使用哪种 EQ 设置的相同方法仍然适用，不同之处在于，在 10Gbps 时，使用 [表 3-1](#) 中的 USB3.1 Gen 2 的每英寸预期损耗量，以及 TUSB1021-Q1 使用 [表 3-2](#) 中的 EQ 设置可补偿的损耗量。

表 3-1. 10Gbps 时的 FR4 布线损耗示例

FR4 PCB 布线长度 (英寸)	5GHz 时的损耗 (dB)
1	0.9
2	1.7
3	2.6
4	3.5
5	4.3
6	5.2
7	6.1
8	7
9	7.8
10	8.7
11	9.6
12	10.4
13	11.3
14	12.2

表 3-2. TUSB1021-Q1 接收器均衡 GPIO 控制

均衡设置 #	RX1 和 RX2 端口			SSTX 端口		
	EQ1 引脚电平	EQ0 引脚电平	5GHz 时的 EQ 增益 (dB)	SSEQ1 引脚电平	SSEQ0 引脚电平	5GHz 时的 EQ 增益 (dB)
0	0	0	0.4	0	0	-2.4
1	0	R	2.6	0	R	-0.2
2	0	F	4.2	0	F	1.3
3	0	1	5.7	0	1	2.8
4	R	0	6.7	R	0	3.8
5	R	R	7.9	R	R	4.9
6	R	F	8.7	R	F	5.8
7	R	1	9.5	R	1	6.6
8	F	0	10.2	F	0	7.3
9	F	R	10.9	F	R	7.9
10	F	F	11.4	F	F	8.4
11	F	1	11.9	F	1	8.9
12	1	0	12.2	1	0	9.3
13	1	R	12.6	1	R	9.7
14	1	F	12.9	1	F	10.0
15	1	1	13.3	1	1	10.5

4 TUSB521-Q1 放置示例

遵循本文档中列出的布局指南，TUSB521-Q1 将能够通过典型的 14 英寸 FR4 布线恢复 USB 设备的信号。请记住，转接驱动器到 USB-C 连接器的距离（也称为后置通道长度）最大为 5 英寸。这些建议的最大布线长度假定器件提供 -3dB 的去加重功能，并且具有符合要求的接收器，可以减少 USBIF 为 Type-C 电缆和主机/器件预算的 20dB 损耗。通过调整器件的均衡、去加重功能和 VOD 设置，可以延长系统中可用的最大布线长度，从而延长使用时间。反之，如果信号无法用 USBIF 给出的 20dB 损耗预算恢复，则需要进行更改以满足此要求，比如更改器件的放置或调整器件的设置。只有在与器件制造商讨论确定正确的设置之后，才能对器件进行任何这些更改。

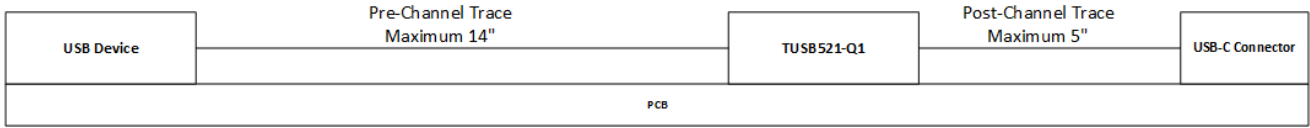


图 4-1. TUSB521-Q1 放置设计示例

5 TUSB521-Q1 配置示例

图 5-1 提供了一个器件系统配置示例，该系统使用运行速率为 5Gbps 的 USB3.1 Gen 1 器件以及 TUSB521-Q1。

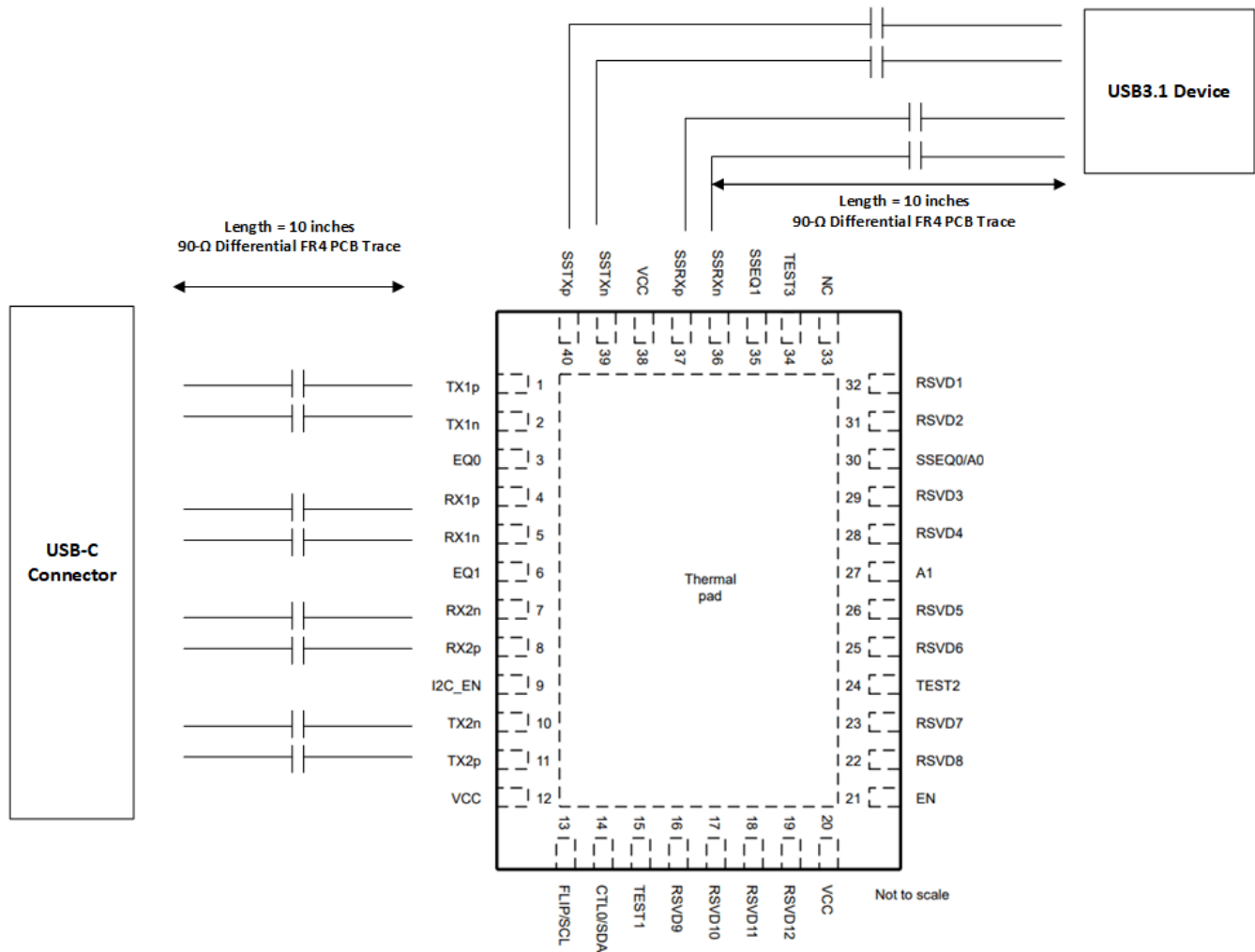


图 5-1. TUSB521-Q1 实现示例

使用本示例中给定的布线长度，为 SSTX 和 RX1/2 选择均衡值的方法是选择可用的最接近 EQ 增益，以匹配通过连接器、元件和器件封装产生的布线损耗和额外损耗：

- USB 器件至 TUSB521-Q1 SSTX = 10 英寸 (-4.9dB) + 器件封装中的典型损耗 + 电容器 (-1.5dB) = -6.4dB 的总损耗。使用的 TUSB521-Q1 SSEQ 设置 = 设置 #8 (6.4dB)。
- Type-C 连接器至 TUSB521-Q1 RX1/RX2 = 5 英寸 (-2.5dB) + 典型连接器损耗 + 元件 (-2dB) = -4.5dB 的总损耗。使用的 TUSB521-Q1 EQ 设置 = 设置 #4 (4.6dB)。

请注意，其他因素（例如布局质量、器件发送器和接收器质量）需要调整 EQ 设置才能获得出色性能。使用上述方法根据系统板布线长度选择初始配置值。

6 布局指南

使用以下布局指南将高速 USB 信号路由至 TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 以及从 TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 路由高速 USB 信号：

- 使用受控 90Ω 差分阻抗 ($\pm 15\%$) 布线 RXP/N 和 TXP/N 对。
- 使差分对远离其他高速信号。
- 将对内布线保持在 2mil 以内。
- 找到匹配位置附近的差分对长度。
- 每对应至少间隔信号布线宽度的 3 倍。
- 尽量减少使用弯曲的差分布线。使用弯曲时，务必确保左右弯曲数量尽可能相等，弯曲角度 $\geq 135^\circ$ 。以这种方式弯曲布线可更大程度地减少由弯曲引起的任何长度不匹配，从而更大程度地减少弯曲对 EMI 的影响。
- 在同一层布线所有差分信号对。
- 将过孔数量减少到两个或更少。
- 在靠近地平面的层上保留差分布线。
- 请勿在任何拆分上平面布线差分对。
- 如果使用穿孔连接器，则将高速信号排布在连接器的另一侧，以使连接器引脚不会在传输线路上产生残桩。

6.1 接地拼接

整个高速信号布线从发起到终止必须一直使用相同的 GND 参考平面。如果无法维持相同的 GND 参考平面，则将 GND 平面的过孔拼接在一起，以建立连续的接地和均匀的阻抗。在信号转换过孔周围的 200mil (中心距，越靠近越好) 内对称地放置这些拼接过孔。有关 GND 拼接过孔的示例，请参阅图 6-1。

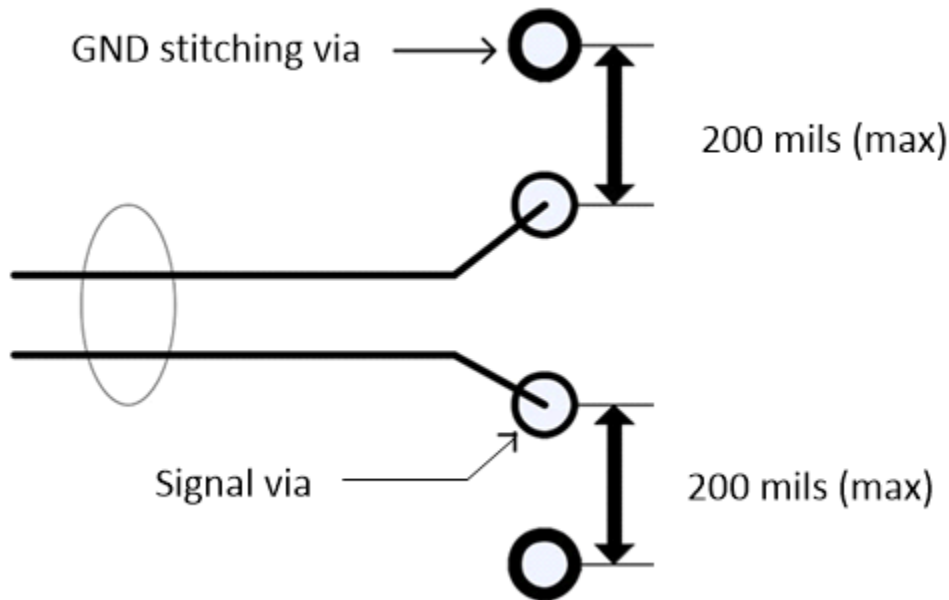


图 6-1. 接地拼接过孔示例

6.2 交流耦合和电阻放置

放置交流耦合电容器时，最大元件尺寸为 0402。布局期间，在主机或器件通道上，将交流耦合电容器放置在与器件和 TUSB521-Q1/TUSB1021-Q1 等距的位置。在连接 TUSB521-Q1/TUSB1021-Q1 通道的连接器上，以对称放置方式将交流耦合电容器靠近 TUSB521-Q1/TUSB1021-Q1 放置，以建立出色的信号质量并更大限度地减少反射。放置可选的下拉电阻器时，电阻器的焊盘应与高速布线共用，从而尽量减少残桩。有关最佳交流耦合电容器布局对称性的示例，请参阅图 6-2。

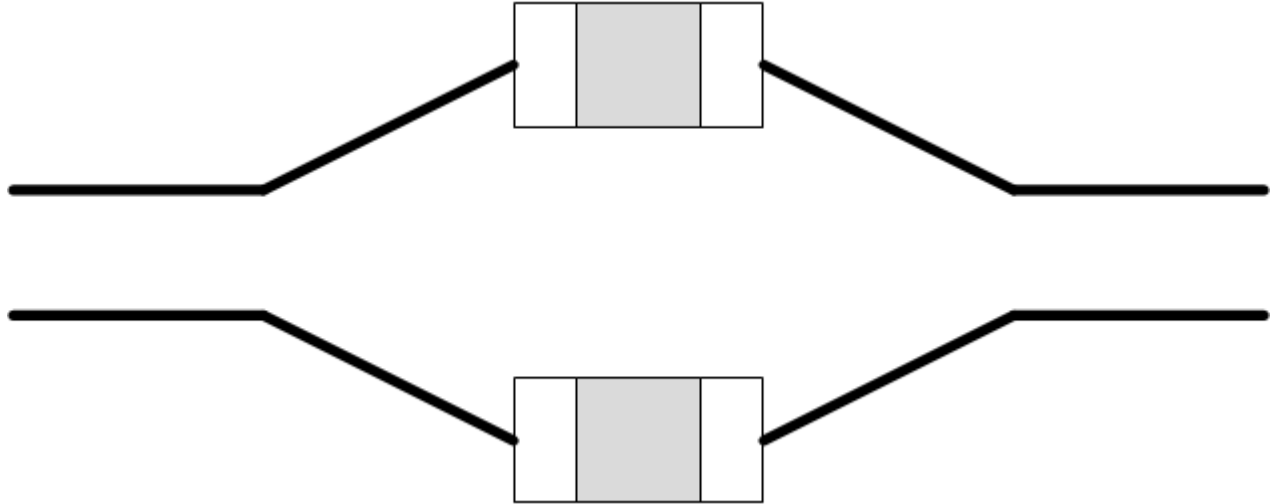


图 6-2. 交流耦合电容器布局示例

7 总结

由于 USB3 和 USB3.1 Gen 2 的数据速率更高，因此至关重要的是，将转接驱动器正确集成到系统中，以确保相关信号得到适当升高并且不违反 USBIF 概述的任何条件。通过遵循 TUSB521-Q1 和 TUSB1021-Q1 的上述配置指南，可以轻松确保系统能够正确升高 USB3.1 数据信号，而不会导致任何过度补偿或补偿不足。此外，通过遵循通常与 USB3.1 布线相关的布局指南，更容易理解设计符合 USB3.1 更严苛要求的系统。

8 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [TUSB521-Q1 汽车级 USB Type-C® 5Gbps 线性转接驱动器多路复用器和多路信号分离器](#), 数据表。
2. 德州仪器 (TI), [TUSB1021-Q1 汽车级 USB Type-C® 10Gbps 线性转接驱动器多路复用器和多路信号分离器](#), 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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司