

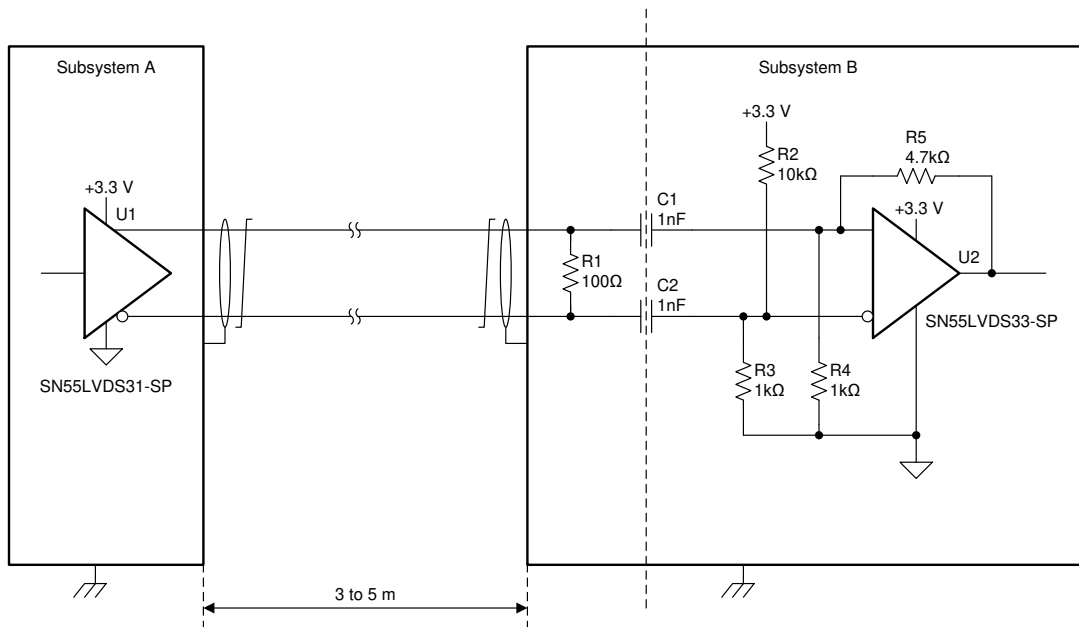
Nigel Smith

设计目标

参数	设计要求
最大比特率	$\geq 100\text{ kbit/s}$
隔离电压	$\geq \pm 100\text{ V}$
最大电缆长度	$\geq 5\text{ m}$
最大电离辐射总剂量	$\geq 100\text{ krad (Si)}$
最大 SEL	$\geq 75\text{ MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{mg}$

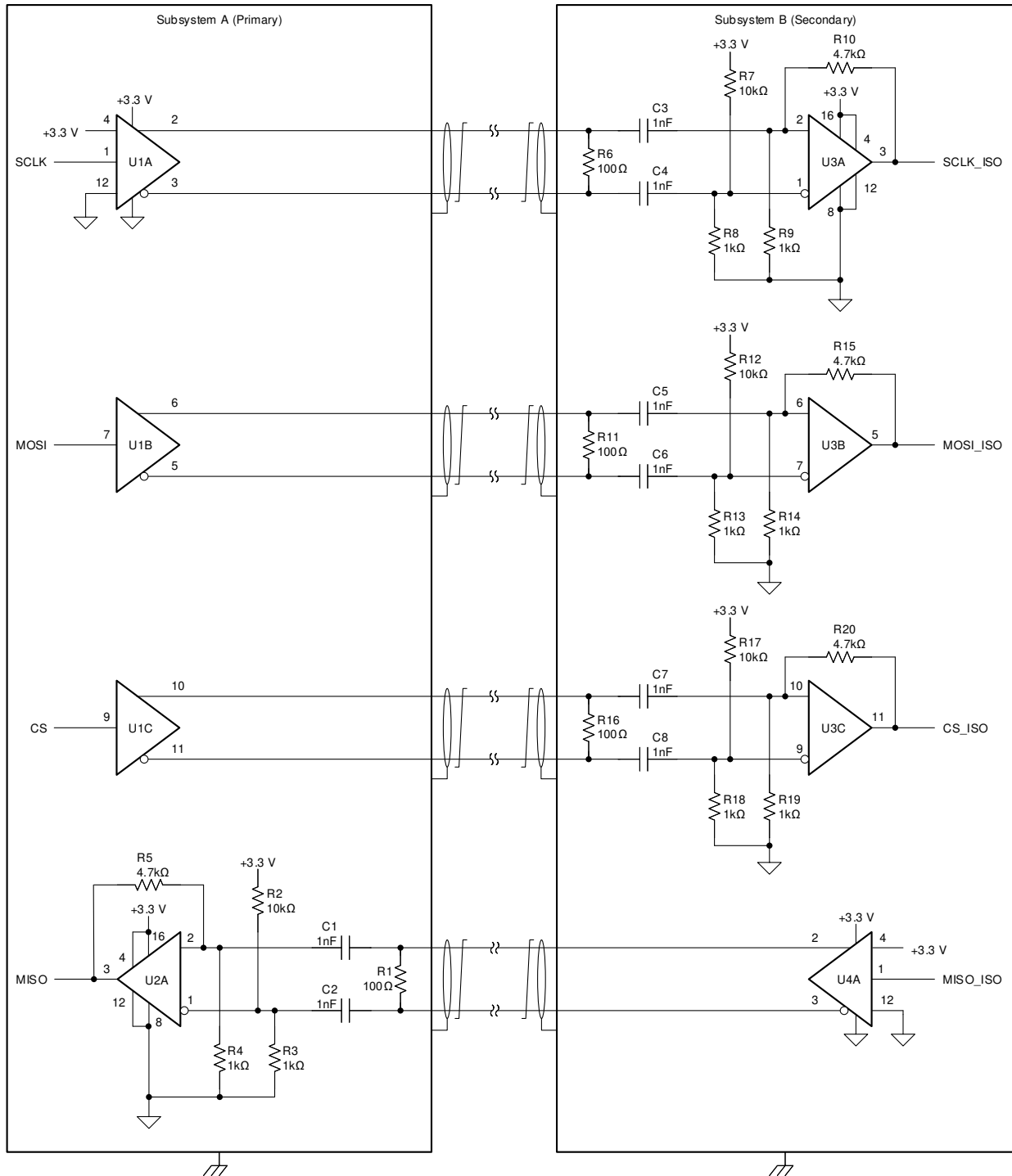
设计说明

串行外设接口 (SPI) 常用于嵌入式系统，以将微控制器连接到 ADC 和 DAC 等外设器件。它通常用于航天器应用，有时需要隔离式 SPI 实现来维护航天器接地原则或支持直流失调电压。以下电路使用 [SN55LVDS31-SP](#) 和 [SN55LVDS33-SP](#) RS-422 驱动器和接收器器件来实现隔离式 SPI 的一个通道。隔离由交流耦合电容器提供，电容器的额定电压决定了支持的隔离级别。



完整的 SPI 实现

下图是典型的四信号 SPI 实现。所示的电路使用 **SN55LVDS31-SP** 和 **SN55LVDS33-SP** 器件以及 3.3V 电源电压。



U1 = U4 = SN55LVDS31-SP
 U2 = U3 = SN55LVDS33-SP
 Decoupling capacitors and unused gates not shown.

设计注意事项

电路将每个接收器通道的负输入偏置，使其略高于接地值。正反馈根据接收器的输出状态改变正输入的偏置点。当输出为高电平时，正输入偏置为高于负输入；当输出为低电平时，正输入偏置为低于负输入。这样一来，接收器始终保持在它被主动驱动到的最后一个状态。交流耦合电路的时间常数无关紧要，并且没有最低工作频率。

接收器功能表

SN55LVDS33-SP 功能表

差分输入	使能		输出
	G	\bar{G}	是
$V_{ID} = V_{(A)} - V_{(B)}$			
$V_{ID} \geq 50\text{mV}$	H	X	H
	X	L	H
$V_{ID} \leq -50\text{mV}$	H	X	L
	X	L	L
X	L	H	Z

隔离

隔离由交流耦合电容器提供。所选电容器的额定电压应大于所需的隔离电压。为了提高故障容限，可以使用两个串联的电容器；但是每个电容器的额定电压必须是全隔离电压。

设计步骤

本文档首页的电路图使用了以下说明中提到的元件引用标识符。

- 选择 **R1** 以匹配所用电缆的特性阻抗。本例中使用 **24AWG** 双绞线电缆， $R1 = 100 \Omega$ 。
- 选择 **R2** 和 **R3**，以便在输出为低电平时，差分输入电压 $\leq -50\text{mV}$ 。当输出为低电平时，正输入电压为 **0V**，而负输入电压由以下公式得出：

$$V_{I(-IN A)} = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) 3.3 \text{ V} = \left(\frac{1 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega} \right) 3.3 \text{ V} = 300 \text{ mV}$$

这就得到了以下计算差分输入电压的公式：

$$V_{ID-} = V_{(+IN A)} - V_{(-IN A)} = 0 \text{ mV} - 300 \text{ mV} = -300 \text{ mV}$$

- 选择 **R4** 和 **R5**，以便在输出电压较高时，差分输入电压 $\geq 50\text{mV}$ 。当输出为高电平时，正输入电压由以下公式得出：

$$V_{I(+IN A)} = \left(\frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) 3.3 \text{ V} = \left(\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 4.7 \text{ k}\Omega} \right) 3.3 \text{ V} = 579 \text{ mV}$$

因此，以下公式显示差分输入电压：

$$V_{ID+} = V_{(+IN A)} - V_{(-IN A)} = 579 \text{ mV} - 300 \text{ mV} = 279 \text{ mV}$$

- **C1** 和 **C2** 设置交流耦合网络的时间常数。如果这个时间常数长到足以导致接收器更改状态，则交流耦合时间常数的绝对值就不重要了。**R5** 形成的正反馈网络确保接收器保持在它被主动驱动到的最后状态，因此最低工作频率与 **C1** 和 **C2** 的值无关。

C2、**R2** 和 **R3** 的时间常数由以下公式得出：

$$\tau_{(-IN A)} = \left(\frac{R2 \times R3}{R2 + R3} \right) C2 = 909 \text{ ns}$$

C1、**R4** 和 **R5** 的时间常数由以下公式得出：

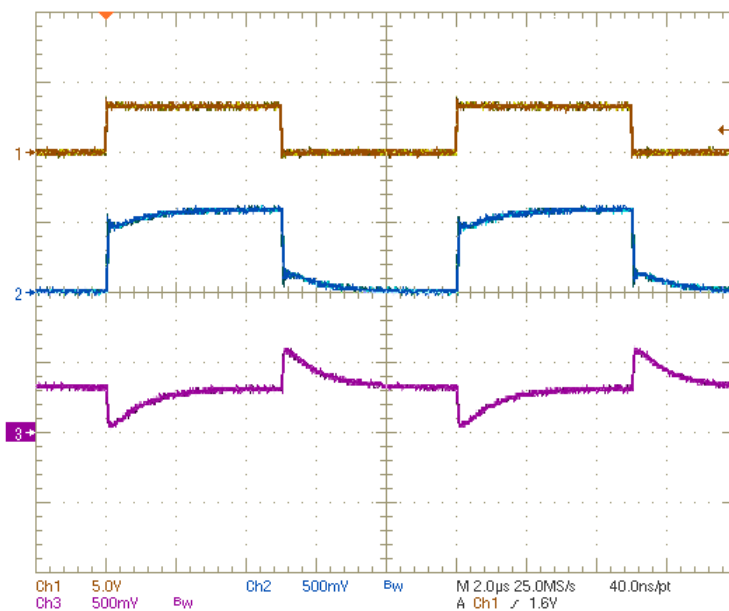
$$\tau_{(+IN A)} = \left(\frac{R4 \times R5}{R4 + R5} \right) C1 = 825 \text{ ns}$$

- 选择额定电压超过所需隔离电压的电容器 **C1** 和 **C2**。对于失效防护电路，可以使用两个串联的电容器；但是每个电容器的额定电压必须是全隔离电压。

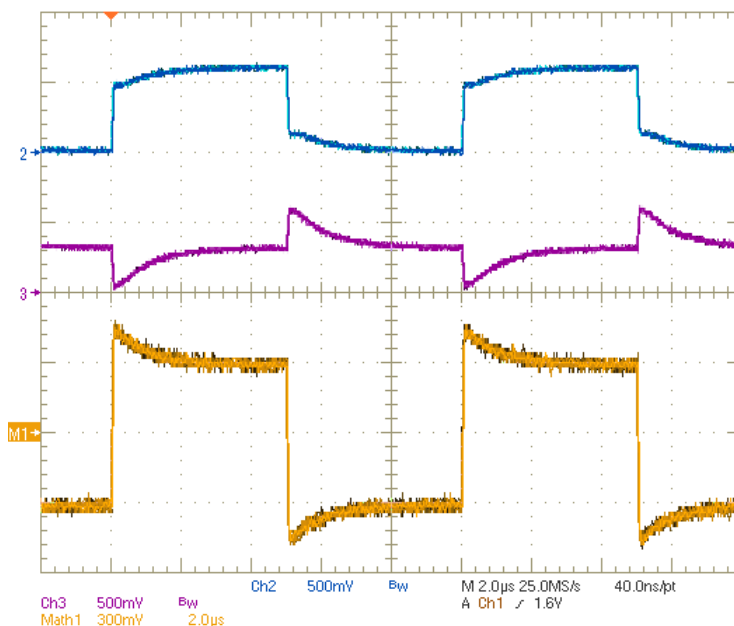
测量结果

基于 LVDS 的电路

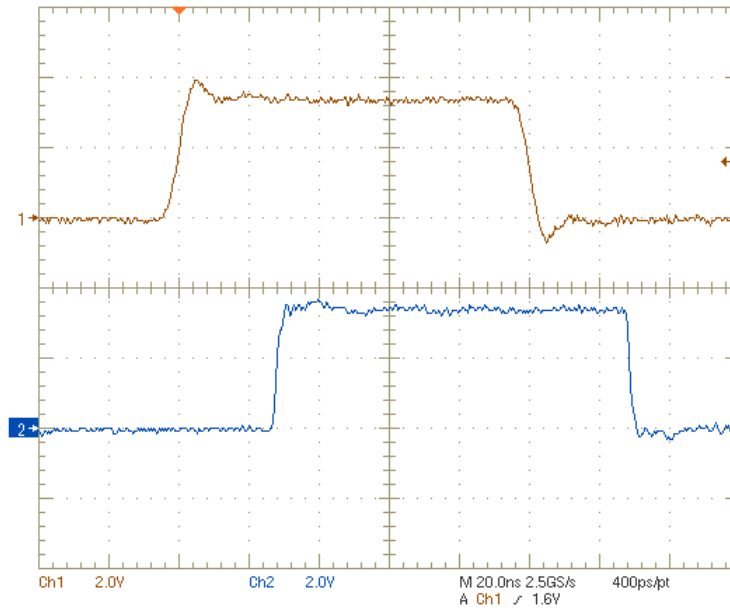
以下示波器图显示了通过 5m 长的 24AWG 双绞线电缆传输后，直接在接收器输入引脚处测量的输入和输出信号。通道 1 显示驱动器输入信号，通道 2 和 3 显示差分接收器的正负输入。初始电容反冲后，可以在输入返回到的不同静态电平中看到接收器正输入产生的迟滞。相比之下，没有迟滞的反相输入返回到相同的静态电平。这种方法可确保接收器输出保持在它被驱动到的最后状态，并且最低开关频率与交流耦合组件的时间常数无关。



以下示波器图显示了接收器正负输入端（分别为通道 2 和 3）的波形，以及由此产生的差分信号（通道 M1）。



以下示波器图显示了从驱动器输入到接收器输出的传播延迟。传播延迟约为 30ns。



设计参考资料

设计中采用的 LVDS 发送器

SN55LVDS31-SP	
接口标准	LVDS
发送器通道数	4
接收器通道数	0
标称电源电压	3.3V
工作温度范围 (T _A)	-55°C 至 125°C
最大电离辐射总剂量	150krad (Si)
最大 SEL	110 MeV-cm ² /mg
www.ti.com/product/sn55lvds31-sp	

设计中采用的 LVDS 接收器

SN55LVDS33-SP	
接口标准	LVDS
发送器数	0
接收器数	4
标称电源电压	3.3V
共模电压范围	-4V 至 5V
工作温度范围 (T _A)	-55°C 至 125°C
最大电离辐射总剂量	100krad (Si)
最大 SEL	90 MeV-cm ² /mg
www.ti.com/product/sn55lvds33-sp	

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司