

Application Note

面向 SpaceWire 的 LVDS 设计



Matthew Smith

Transceiver Products

摘要

低电压差分信号 (LVDS) 凭借其低功耗、高数据速率以及出色的 EMC 稳健性，被广泛应用于各类场景。虽然 TIA/EIA-644 标准定义了 LVDS 物理层，但许多现代通信网络都是基于该物理层构建的。在航天级系统中，SpaceWire 是一种常用的通信网络。尽管 TI 并未生产专门针对 SpaceWire 设计的器件，但其提供的航天级 LVDS 器件可用于以多种方式实现 SpaceWire 网络。

内容

1 简介.....	2
2 用例.....	3
2.1 用例 1：不带 LVDS 引脚的 FPGA/MPU.....	3
2.2 用例 2：具有 LVDS 引脚的 FPGA/MPU.....	3
2.3 用例 3：冗余.....	4
3 总结.....	5
4 参考资料.....	6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

SpaceWire 是一种高速串行通信网络，用于在航天器内部连接各类仪器。SpaceWire 由 STAR-Dundee 定义，采用 LVDS 物理层和数据选通编码差分信号，以实现异步通信。借助这种结构，SpaceWire 结合了 LVDS 的高速数据传输能力和出色的 EMC，在最长 10 米的电缆上可实现高达 200 Mbps 的数据速率。一个 SpaceWire 节点由四个差分 I/O 端口组成：数据输入 (D_In)、数据输出 (D_Out)、选通输入 (S_In) 和选通输出 (S_Out) (请参 图 1-1)。通过这些端口，可以将传输时钟编码到数据线和选通线上；接收端只需对数据线和选通线执行异或运算，即可恢复时钟。这些线路上传输的数据通常由 FPGA 或 MPU 生成。然而，受航天级 FPGA/MPU 性能限制的影响，如果不使用其他 LVDS 器件，实现 SpaceWire 可能颇具挑战。以下各节将重点介绍 TI 的 LVDS 器件在航天器中支持和改进 SpaceWire 功能的一些关键应用场景。

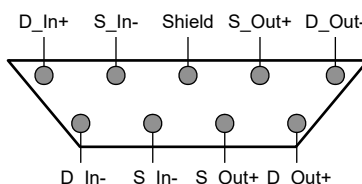


图 1-1. 引脚排列

2 用例

2.1 用例 1：不带 LVDS 引脚的 FPGA/MPU

FPGA 可以通过编程完成许多不同的任务，包括处理 SpaceWire 数据。然而，如果 FPGA 没有能够直接发送或接收 LVDS 信号的引脚，则需要使用 LVDS 驱动器和接收器，将单端信号转换为 LVDS 信号。由于每个 SpaceWire 节点需要两个输入端和两个输出端，因此要实现完整功能，需要两个驱动器通道和两个接收器通道。图 2-1 展示了 SN55LVTA4-SEP LVDS 驱动器和 SN55LVRA4-SEP LVDS 接收器如何在系统实现 SpaceWire：驱动器将单端 GPIO 信号转换为 LVDS 信号，而接收器则执行相反的转换。

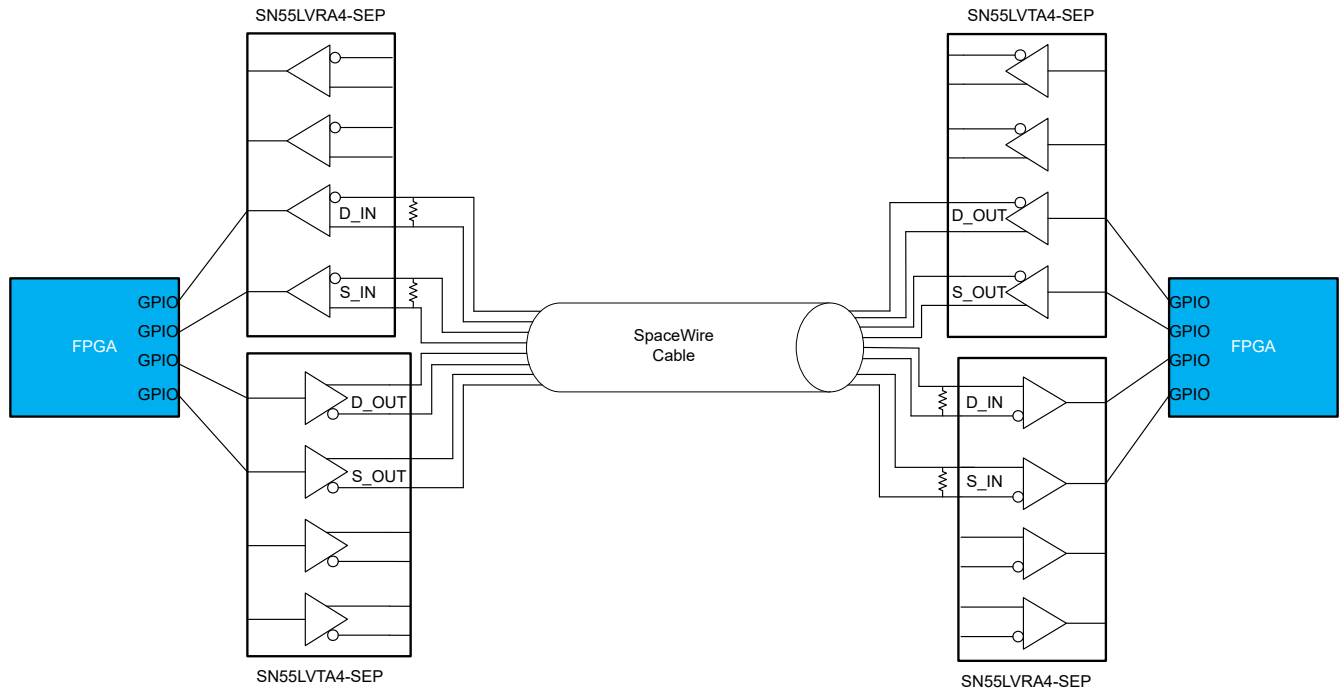


图 2-1. 原理图

2.2 用例 2：具有 LVDS 引脚的 FPGA/MPU

如果使用的 FPGA 或 MPU 提供 LVDS I/O 引脚，则无需额外的 LVDS 驱动器/接收器对。然而，这并不意味着 SpaceWire 可以有效实现。根据 FPGA 在电路板上的位置，LVDS 信号可能需要通过缓冲器重新驱动，以改善信号完整性。LVDS 传输介质需要进行阻抗匹配，并在接收端使用 $100\ \Omega$ 终端电阻。STAR-Dundee 还建议，差分 PCB 走线长度应小于 5mm，因为其边沿速率最高可达 1GHz。这意味着，如果 FPGA 与电路板连接器之间的走线长度超过 5mm，则可以使用缓冲器重新驱动接收到的 LVDS 信号，以保持良好的信号完整性。

使用 TI LVDS 产品实现这一功能的一种方式是采用 SN55LVCP22A-SP。虽然从技术上讲，SN55LVCP22A-SP 是一款交叉点 LVDS 开关，但如图 2-2 所示，它可以配置为双通道缓冲器。此外，尽管该器件作为 LVDS 产品进行推广，但它也支持以 LVPECL 和 CML 信号作为输入，并将其转换为 LVDS 信号。由于 LVPECL 和 CML 信号具有更大的电压摆幅，可能会损坏 FPGA 上较为敏感的 LVDS 引脚，因此可以使用 SN55LVCP22A-SP 将这些信号转换为 LVDS 信号，从而保护接收端 FPGA 的引脚。

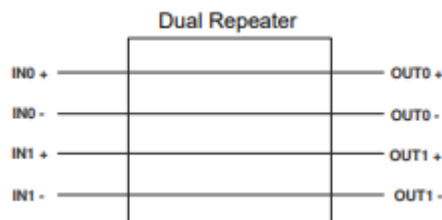


图 2-2. 双通道缓冲器

2.3 用例 3：冗余

许多航天应用都需要“保护切换”功能，即在数据流出现故障时，能够切换至冗余备份数据流以进行替换。例如，如果某个通过 SpaceWire 与系统其他部分进行通信的控制单元发生故障，则需要切换至备份控制单元，以确保系统能够继续运行。这一功能可通过 SN55LVCP22A-SP 器件（在此用作交换开关）来实现。下面的图 2-3 展示了如何利用 8 片 SN55LVCP22A-SP 器件，通过调用每个交叉点开关的所有通道，构建一套包含主控制器和备用控制器及线缆的冗余 SpaceWire 接口。

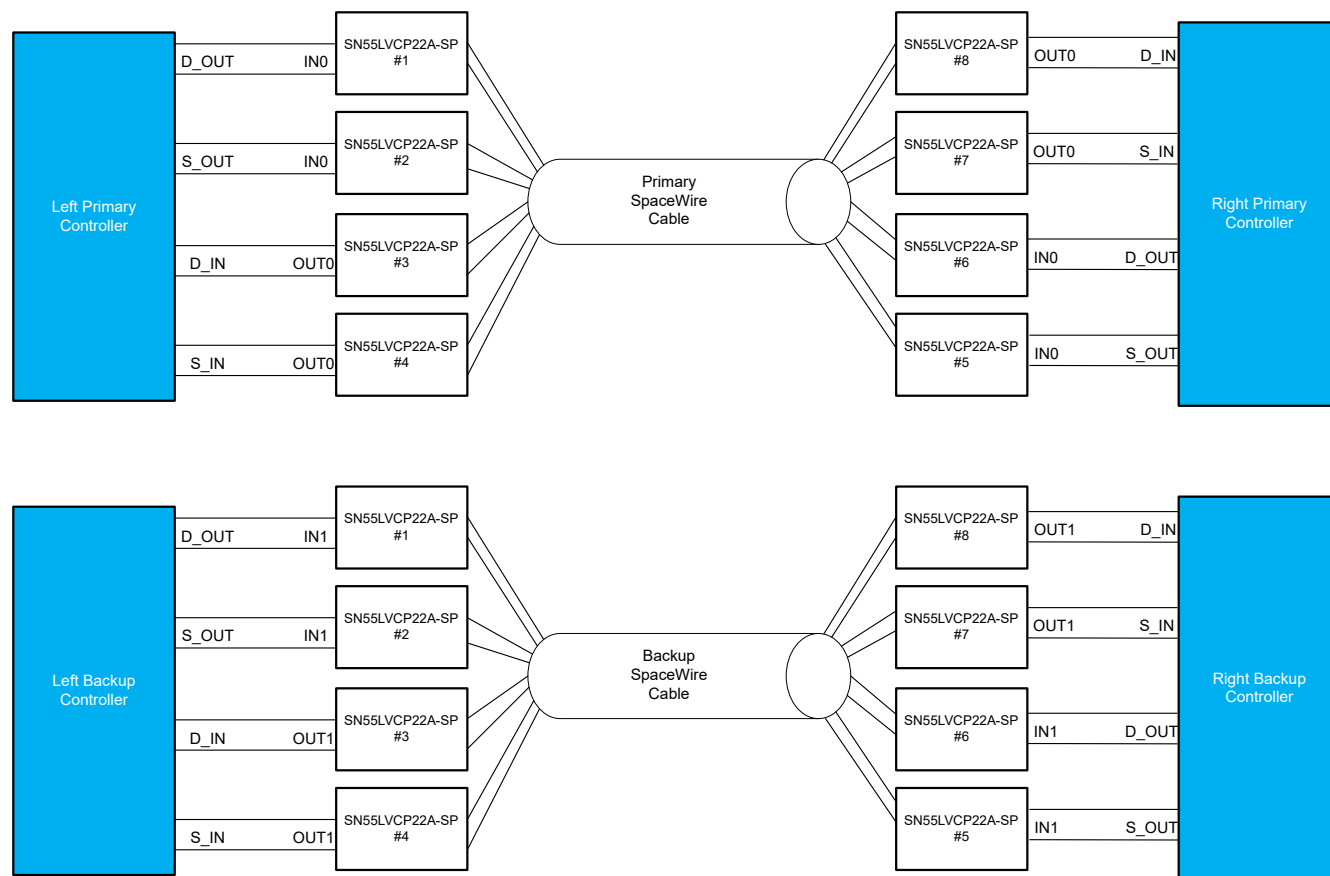


图 2-3. 冗余 SpaceWire 接口

3 总结

总而言之，SpaceWire 是一种非常实用的接口，适用于各种类型的航天级应用，并且可以通过多种方式实现。TI 提供具备抗辐射能力的航天级 LVDS 器件，帮助客户轻松应对这些应用场景。适用的 TI 器件请参见 [表 3-1](#)。

表 3-1. TI 器件

功能	器件	通道数	信令速率	SEL 等级
LVDS 驱动器	SN55LVTA4-SEP	4	400Mbps	50MeV-cm ²
	SN55LVDS31-SP	4	400Mbps	110MeV-cm ²
LVDS 接收器	SN55LVDS33-SP	4	400Mbps	90MeV-cm ²
	SN55LVRA4-SEP	4	400Mbps	50MeV-cm ²
LVDS 缓冲交叉点开关	SN55LVCP22A-SP	2	1000Mbps	75MeV-cm ²

4 参考资料

1. STAR-Dundee , [SpaceWire 用户指南](#)
2. 德州仪器 (TI) , [LVDS 应用和数据手册](#)
3. 德州仪器 (TI) , [差分及单端信号的端接指南](#)

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月