

Application Brief

如何为汽车以太网实现数据线供电 (PoDL)



Fabian Barth

System Engineering and Marketing

概述

未来的汽车架构以集中式网关系统为核心，这些系统用作高级驾驶辅助系统 (ADAS)、动力总成、信息娱乐以及车身或舒适性等各种子系统的通信和控制点。这些系统通过将多种功能整合到一个平台中，提供了灵活性、可扩展性和高效性，从而降低了成本、提升了可靠性并提高了汽车系统的性能。

这些集中式架构会产生大量数据，这些数据需要依靠 TDA4 Jacinto™ 处理器系列等功能强大的处理器来进行处理，并通过汽车以太网或低电压差分信号 (LVDS) 串行器/解串器 FPD-Link™ 等高速接口进行安全传输。汽车以太网是一种高速网络技术，专为在车辆环境中传输大量数据而开发。汽车以太网基于成熟的以太网标准 (IEEE802.3)，并支持通过单根双绞线 (STP) 电缆传输数据。

数据线供电 (PoDL) 是一项先进技术，能够在单线以太网 (SPE) 系统中通过数据电缆传输电力。这样一来，不再需要单独的电源线，从而简化布线，同时减轻重量并降低成本。PoDL 在车辆中的电子元件和传感器集成方面发挥着重要作用，并支持高效且可扩展的集中式网关系统实现。

用例

PoDL 在汽车行业有许多可能的应用。从技术角度来看，它可以通过稳定的 12V 电压高效传输高达 15W 的功率，或通过 24V 电压高效传输高达 30W 的功率。这使得 PoDL 尤其适合集成远程传感器，例如摄像头、雷达或激光雷达系统，另外还适用于具有高带宽要求的显示器。随着汽车行业引入 10Base-T1S (10Mbit/s)，PoDL 的应用范围现在进一步扩大，包括车门模块、执行器等领域应用以及车身电子装置和照明领域的各类传感器技术。

PoDL 设备的设置

在 SPE 电缆上传输电力时，确保数据完整性不会受到影响至关重要。为实现这一点，系统使用了耦合网络，能在电缆两端将电力与数据进行合并或分离。此外，传统熔断型保险丝将逐步被淘汰，这意味着需要替代设计来保护电缆和设备。德州仪器 (TI) 提供了高侧开关或所谓的电子保险丝，这些器件便主要用于此处。这些器件还支持额外的诊断功能，例如功率测量。

实施状态

汽车制造商 (OEM) 和供应商 (一级) 都对这项技术表现出浓厚的兴趣。目前已有多家无源器件制造商推出了耦合网络。该项技术的实施和开发工作正在深入推进。评估结果表明，TI 汽车以太网 PHY 支持这项技术，并已准备好应用于下一代汽车。

汽车总线架构的发展

车辆总线系统的持续演变在推动汽车技术与功能的逐步发展中起着关键作用。提高车辆安全性和增加驾驶舒适度这一总体目标仍然是这一发展的关键推动因素。以下各节介绍了汽车总线架构的发展，该架构为有效实现 PoDL 技术奠定了重要基础。

传统架构

在传统的汽车架构中，电子控制单元 (ECU) 分布在车辆各处，用于管理发动机控制、制动系统和信息娱乐等功能。不同通信接口组成的复杂网络使得 ECU 和传感器之间能够进行数据交换，但也带来了大量的布线和成本。控

制器局域网 (CAN) 和本地互连网络 (LIN) 的数据速率在 0.01Mbit/s 和 10Mbit/s 之间。相比之下，FlexRay® 的星型拓扑更灵活，但其成本高于 CAN 和 LIN。

域架构

现代车辆中 ECU 的数量不断增加，中档车辆平均约有 100 个，而豪华车辆则超过 150 个。连接这些 ECU 对汽车制造商来说是一项挑战，这也促使了域架构的发展。在这种架构下，功能相似的 ECU 被组合到域控制器中，从而降低了复杂性和成本。这些域包括信息娱乐系统、动力总成、车身或舒适度以及 ADAS，各域通过网关进行连接。每个域使用不同的总线系统，通过以太网进行通信，确保在各域之间提供安全可靠的连接。

区域架构

为了应对自动驾驶带来的复杂性和要求增加，汽车架构已经从基于域的架构转向基于区域的架构。在这种新架构中，车辆中的传感器或执行器连接到物理上最近的区域控制器，该控制器还提供局部配电和更高的网络带宽等额外功能，以实现车载通信。一个中央控制器通过高速数据总线连接到每个区域控制器，负责管理传感器融合和更高级别的决策。由于 ECU 之间需要交换大量数据并需要连接外部高速网络，因此该架构对总线系统的速度和吞吐量提出了更高的要求。更高的带宽是必需的，以便支持区域内的数据聚合、与中央计算单元的通信，以及使用更多数据速率和分辨率更高的传感器，因为未来的车辆预计将配备 10 至 14 个摄像头，而目前车辆只有 1 至 5 个摄像头。

随着域或区域架构的引入，不仅数据网络发生了变化，电力网络也发生了变化，现在按域或区域形式进行划分。这一变化使得域控制器或区域控制器能够提供大功率供电。电力从这些位置进行分配，从而减少了电缆数量，进而降低了总重量。这是通过使用现有的以太网电缆传输电力来实现的。最终，这也会降低成本。

汽车以太网基础知识

以太网于 20 世纪 80 年代开发，是一种广泛用于连接局域网 (LAN) 中设备的通信系统。以太网基于 IEEE 制定的多项标准，这些标准指定了不同的传输介质和速度。随着时间的推移，以太网不断发展，以满足各种行业和应用的不同要求。尤其是在汽车行业，行业中引入了新的标准来满足更高的电磁兼容性 (EMC)、电磁干扰 (EMI)、更短的电缆长度和更低的功耗等特定要求。这些调整确保了以太网能够在不同环境中有效使用，并应对汽车行业的挑战和进步。

汽车行业采用了多种以太网技术，包括 IEEE802.3cg (10Base-T1S)、IEEE802.3bw (100Base-T1) 和 IEEE802.3bp (1000Base-T1)。其中，100Base-T1 和 1000Base-T1 是点对点连接，意味着两个端点之间建立了直接连接，而 10Base-T1S 支持多点连接和点对点拓扑。这意味着多个器件可以通过同一根电缆连接，类似于 CAN 总线的传统总线拓扑。

为了使处理器或微控制器能够通过以太网进行通信，需要一个以太网物理层收发器 (PHY)。以太网 PHY 作为收发器，通过传输介质在媒体独立接口 (MII) 和媒体相关接口 (MDI) 之间转换以太网帧。以太网 PHY 可以提供无差错通信。以太网 PHY 通过串行管理接口 (SMI) 进行配置，该接口也称为管理数据输入/输出 (MDIO)，使用一个时钟和一条信号线。寄存器访问用于配置和诊断以太网 PHY。MDI 表示网络设备之间的物理传输介质，而汽车以太网中使用单根双绞线作为传输介质。

图 1 展示了以太网 PHY 在系统中的位置。

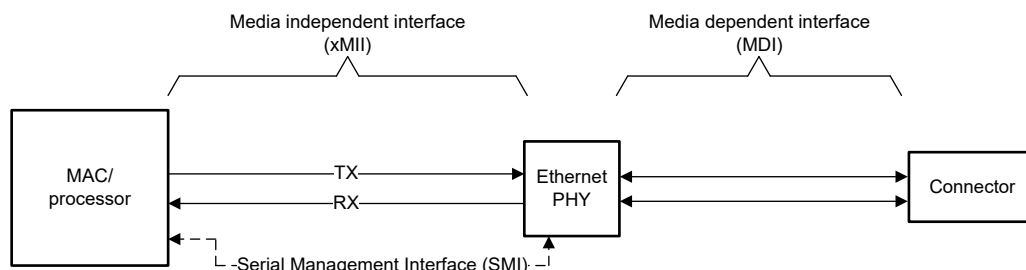


图 1. 以太网 PHY 在系统中的位置

数据线供电

虽然以太网供电 (PoE) 适用于标准以太网 (即电缆由四根双绞线组成), 但 PoDL 仅适用于 SPE。

图 2 展示了一个典型的 PoDL 系统, 其中包括电源设备 (PSE)、连接部分和用电设备 (PD)。在汽车行业, 由于隔离要求较低, SPE 采用了电容数据耦合。PSE 通常是 ECU、域或区域控制器的一部分, 负责为 PD 提供所需的电源。PSE 通过差模电感 (DMI) 将电力耦合到数据线路。由共模扼流圈 (CMC)、DMI 和直流阻断电容器 (DC) 组成的网络称为耦合去耦网络 (CDN)。

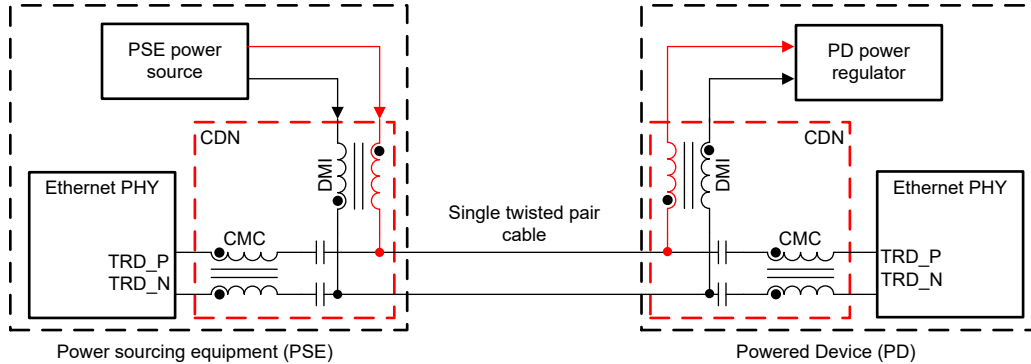


图 2. PoDL 系统的基本概述

PoDL 在 IEEE802.3bu 中进行了定义, 适用于 100/1000Base-T1, 能够支持高达 50W 的功率。该标准规定了一系列安全措施, 旨在保护电源设备 (PSE) 和用电设备 (PD) 免受损坏。该标准描述了工业应用要求的实现方式。但是, 汽车行业的要求与工业应用的要求有很大的不同。

数据线供电的汽车特定要求

汽车行业中的以太网与工业应用中的以太网在本质上存在显著差异。IEEE802.3bu 中要求的设备互操作性方法在汽车行业并不适用, 这是因为 OEM 决定了车辆中使用的设备。与工业应用相比, 车辆在整个生命周期内不会添加或移除设备。因此, 无需完全遵循 IEEE802.3bu 的实现方案。这大大降低了复杂性, 并且与已针对其他物理传输介质实施的电力传输设计类似, 能够降低成本和重量。

数据线供电的汽车特定用例

PoDL 在汽车行业中的应用范围广泛。具体而言, 那些已通过汽车以太网连接的 ADAS 传感器 (如雷达、激光雷达和摄像头) 非常适合使用 PoDL。采用 12V 电压工作且功率在 1W 至 10W 的传感器可以通过 PoDL 运行, 而不会出现任何问题。对于 10W 以上的更高功率要求, 建议使用至少 24V 的电压。

PoDL 相较于电源线供电的优势

与通过独立电缆进行电力传输的传统方法相比, 使用 PoDL 有多个显著优势。其中的关键优势是可以通过高侧开关 (HSS) 为整个传感器节点断电, 这可以显著节省能源。

PoDL 的实施不仅可降低电力成本, 而且还能减少线束的总成本。由于不再需要单独的电缆、压接触点和保险丝, 因此线束的安装变得更简单、更具成本效益。在某些情况下, 由于如今已经使用了电子保险丝, 因此实施不会产生额外成本。

PoDL 所需的基础设施 (包括两个 DMIS, 可能还有一个高侧开关) 比传统布线组件更简单且成本更低。这使得汽车应用中的电力传输实现设计不仅高效, 而且具备经济优势。

挑战

当互连设备的接地点之间有多条电流路径时，可能会出现接地环路，从而产生不必要的电压差。这些电压差会引入噪声，最终可能导致其中一个 DMIS 饱和，从而影响信号完整性。为避免这种情况，唯一经济有效的方法是将 PD 本地接地与机箱接地隔离。

一个关键的设计挑战是确保在使用 PoDL 时不会降低数据的信号完整性。信号完整性很大程度上取决于耦合网络的选择。TI 最新汽车以太网 PHY 的测试结果表明，与非 PoDL 设计相比，使用 PoDL 时通信的信噪比 (SNR) 并没有显著降低。这些测试基于雷达应用等产生高负载突降的场景。其关键在于选择在无 PoDL 情况下性能优异的以太网 PHY，同时正确选择 DMI 的阻抗。

结语

与使用单独电缆供电相比，在汽车系统中集成 PoDL 可以在降低成本和减轻重量方面带来显著优势。为了实现这些优势，无需完全依照 IEEE802.3bu 标准来实施 PoDL，而是应重点关注滤波器网络 (CDN) 的尺寸和选择。TI 通过以下现有汽车以太网 PHY 展示了如何实现成本优化和设计优化的 PoDL 应用：[DP83TG720S-Q1](#) 和 [DP83TC812S-Q1](#)。

行业已确定，滤波器网络中的相关元件 (包括共模扼流圈 (CMC) 和差模电感 (DMI)) 必须符合 IEEE802.3bu 规范，以确保信号完整性。主要的无源器件供应商表明，这一要求是可行的。在汽车行业中，IEEE802.3bu 对设备互操作性所需的措施并不是必需的，因为 OEM 清楚地定义了哪些设备必须能够协同工作。

IEEE802.3bu 中定义的功率等级可用作建议或参考。超出这些等级的实现可提高系统效率。强烈建议引入电缆和 PD 保护，以取代传统的熔断型保险丝。总的来说，PoDL 提供了一种量身定制的设计，能够满足汽车行业的具体要求和优化需求。

商标

Jacinto™ and FPD-Link™ are trademarks of Texas Instruments.

FlexRay® is a registered trademark of Daimler Chrysler AG.

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司