

Ethan Sempsrott

## 引言

本地互连网络 (LIN) 是汽车应用中常用的通信协议。与其他外露的连接器一样，LIN 接口也会受到静电放电 (ESD) 的影响。设计具有保护二极管的 LIN 接口可为 LIN 收发器本身和相应的下游总线元件提供保护。为提高系统级稳健性来应对 ESD 冲击，必须考虑 LIN 接口的特性，以便选择正确的 ESD 二极管。

## LIN 总线概述

LIN 是一种节省空间的低成本单线通信接口。LIN 数据线的速率不是关键因素，最高运行速率为 20Kbit/s。LIN 仪表组由一个领导者节点和多达 15 个跟随者节点组成，这些节点按 ISO 17897 标准连接到单条 LIN 线路上。LIN 总线偏置到汽车电池，通常为 12V。图 1 展示了一个 LIN 收发器节点，该节点由汽车电池供电并连接到单条 LIN 线路。

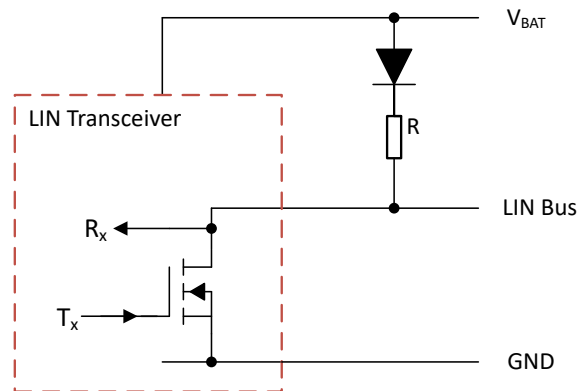


图 1. LIN 驱动原理图

## ESD 的原因

ESD 普遍存在于具有外露连接器的任何环境中，尤其是具有 LIN 总线的环境。当 LIN 总线与外界接触时，总线存在高压冲击风险。这种高压冲击或瞬态会损坏 LIN 收发器和下游元件。

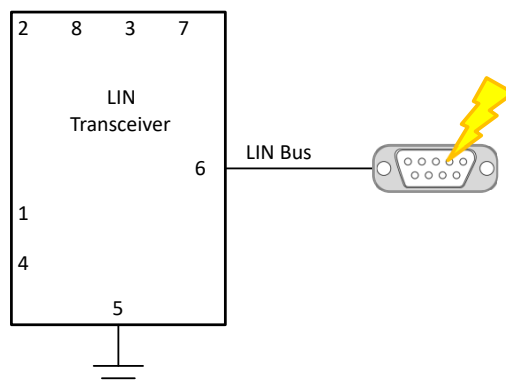


图 2. LIN 总线 ESD 事件

产品经过工厂的装配线后，电缆可能会积累过多的电荷。一旦将电缆连接到 LIN 总线，多余的电荷就会流入下游电路，从而造成永久性损坏。

对汽车进行维护时，如果断开并重新连接电缆，也可能发生 ESD 事件。此外，多个电子控制单元 (ECU) 相互靠近，可能会引发 ESD 冲击。总之，LIN 总线会在各种情况下受到 ESD 影响，因此必须予以考虑。

## ESD 保护要求

为保护 LIN 系统，请使用以下关键参数列表。

- IEC 61000-4-2 等级：
  - IEC 61000-4-2 测试标准定义了实际的 ESD 冲击。该标准比人体放电模型 (HBM) 更加严格。LIN 收发器至少应具有 HBM ESD 保护，即针对组装和制造环境的元件级保护。但是，这些保护无法应对在不受控制的最终用户环境中遇到的系统级 ESD。建议采用 IEC 61000-4-2 15kV 等级，同时还有高达 30kV 的更严格选项。
  - 有关详细说明，请参阅 [静电放电：人体放电模型与 IEC61000-4-2](#)。
- 工作电压：
  - LIN 总线不得超过 ESD 二极管反向工作电压 ( $V_{RWM}$ )。LIN 总线的工作电压范围为 9V 至 18V。为了降低电池快速启动不当的风险，当两个 12V 电池串联时，需要  $24V_{RWM}$ 。此外，18 轮车等大型车辆使用 24V。
- 电容：
  - 在大多数应用中，为实现正确的传输并尽量降低噪声，LIN 跟随器节点电容不得超过 220pF。为了实现设计灵活性，建议选择电容最小的二极管（建议最大值为 50pF）。
- 钳位电压：
  - 钳位电压必须小于 LIN 收发器的绝对最大额定电压，通常最大为  $\pm 45V$ 。钳位电压是受保护 IC 在 ESD 冲击期间承受的压降，因此钳位电压必须低于收发器的最大额定电压。
- 极性：
  - 为避免由于电池接线故障使 LIN 总线上产生负直流电压而导致损坏，需要使用双向二极管。
- 漏电流：
  - LIN 收发器处于低功耗模式（如果适用）时，必须节能电能。建议使用较低的最大漏电流额定值，以便让二极管在低于工作电压运行时节能电能。

表 1 列出了支持这些规格的器件。

## 系统级设计

TI 提供多种具有可靠规格的 ESD 二极管，适用于各种 LIN 用例。图 3 展示了 TLIN1029A-Q1 与 ESD1LIN24-Q1 搭配使用的方框图，演示了系统如何在汽车环境中提供系统级 ESD 抗扰度。

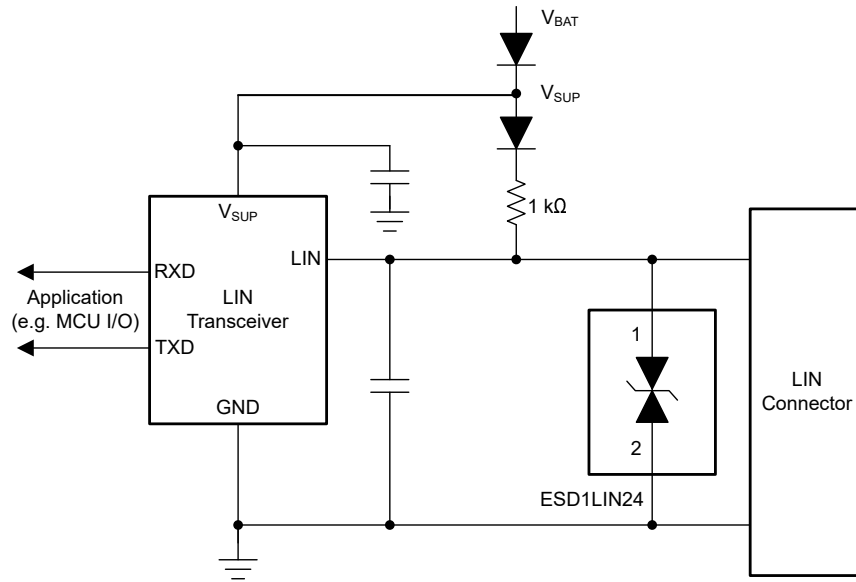


图 3. LIN 放置图

在图 3 中，二极管直接连接到 LIN 收发器的 LIN 数据线。为了正确保护电路，在设计规则允许的情况下，将二极管放置在尽可能靠近 ESD 源或连接器侧的位置。ESD1LIN24-Q1 的钳位电压（值为 37V）处于 TLIN1029A-Q1 的绝对最大值（45V）范围内。二极管的 IEC 61000-4-2 30kV 等级可在 LIN 总线遭受严重 ESD 冲击时提供最高级别保护。

有关 ESD 保护布局的更多信息，请参阅 [ESD 封装和布局指南](#)。

## 总结

LIN 接口需要强大的 ESD 保护才能承受实际的 ESD 冲击。选择正确的二极管对于确保系统在发生高电压瞬变事件时正常运行至关重要，同时还能以低电容实现 LIN 传输的完整功能。ESD7xx 和 ESD1LINxx 器件系列具有低钳位电压和高 ESD 等级，可为 LIN 总线接口提供 ESD 保护。表 1 列出了相应的建议器件。

表 1. 器件建议

LIN 器件	IEC 61000-4-2 (kV)	V <sub>RWM</sub> (V)	线路电容 (pF)	钳位电压 (V)	封装尺寸 (mm)
<a href="#">ESD1LIN24-Q1</a>	30	24	3	37	SOT-323 (2.50 × 1.20)
<a href="#">ESD751-Q1</a>	22	24	1.6	36.5	SOT-523 (1.60 × 0.80)
<a href="#">ESD761-Q1</a>	15	24	1.1	36.3	DFN1006 (1.00 × 0.60)

## 参考文献

- 德州仪器 (TI)，[LIN 协议和物理层要求](#)，应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[系统级 ESD 保护指南](#)，营销选择指南。

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司