

适用于ADM3055E/ADM3057E CAN FD收发器的浪涌保护解决方案

作者: Nijun Wei

引言

具有灵活数据速率的控制器局域网(CAN FD)是一种 2 线差分串行通信协议,使微控制器和其它器件网络能够在没有专用主机控制器的情况下进行通信。网络中的每个节点都需要一个 CAN FD 收发器,以便在微控制器使用的本地单端信号和稳定非车载通信所需的差分信号之间进行转换。

转换功能需要在敏感的电子设备和外部环境之间插入 CAN FD 收发器。在工业和仪器仪表应用中,因操作不当、存在电气噪声的操作环境,甚至雷击造成的大瞬态电压可能会形成巨大压力,导致通信端口和基础电子设备受损。信号和电源隔离式 [ADM3055E/ADM3057E](#) CAN FD 收发器能够承受其中许多瞬态电压并保护敏感的电子设备。

根据适用的 IEC 标准,瞬态电压分为静电放电(ESD)、电快速瞬变脉冲群(EFT)和浪涌,并根据瞬态电压的大

小进行评级。4 级 IEC 61000-4-2 ESD 保护、IEC 61000-4-4 EFT 抗扰度和 4 级+跨栅 IEC 61000-4-5 浪涌保护通过在隔离信号和电源的 CAN FD 收发器 [ADM3055E/ADM3057E](#) 的片内集成保护来实现。

当跨栅浪涌通过 iCoupler™隔离栅吸收时,通过总线侧接地返回的浪涌会在收发器上耗散大量功率,除非将这些浪涌转移。本应用笔记讨论 [ADM3055E/ADM3057E](#) 收发器 CAN FD 端口上 IEC 61000-4-5 浪涌保护的解决方案。根据所需浪涌保护级别、共模范围要求和可用 PCB 面积,确定了设计选项的特性。

本应用笔记的组件测试使用 [ADM3055E/ADM3057E](#) 进行。其他器件 ([ADM3050E](#)、[ADM3056E](#) 和 [ADM3058E](#)) 共用一个收发器芯片,本应用笔记中涵盖的信息通常也适用于这些器件。

目录

引言	1	适用于CAN FD的浪涌瞬变保护解决方案	5
概述	3	TVS保护器件选项	5
CAN FD标准	3	TISP保护器件选项	6
ADM3055E/ADM3057E CAN FD收发器	3	结论	7
浪涌抗扰度测试	4	参考资料	8

修订历史

2022年3月—修订版0：初始版

概述

CAN FD 标准

具有灵活数据速率的控制器局域网(CAN FD)是内置故障处理功能的分布式通信的标准，该标准详细描述了基于 ISO-118981-2:2016 开放系统互连(OSI)模型的物理和数据链路层规定相关要求。CAN FD 最初专为汽车应用开发，由于其所用通信机制具有一些固有优势，因而广泛应用于工业和仪器仪表领域。

ADM3055E/ADM3057E 隔离信号和电源收发器的扩展共模范围为±25V。共模范围超过 ISO 11898-2:2016 的要求，即使网络节点之间存在较大的接地失调，也能提供可靠的通信。在全速模式下，该隔离型收发器也大大超过 ISO 11898-2:2016 的时序要求。低环路延迟使设计人员能够将每位的大部分用于建立时间。扩展的共模范围和时序规范支持工业应用实现更可靠的远程通信。

有关 CAN FD 的更多信息，请参阅 [AN-1123](#)。

ADM3055E/ADM3057E CAN FD 收发器

在现场安装中，直接接触、电线损坏、感应开关、电源波动、电弧甚至附近的雷击都有可能对网络造成损坏。设计人员必须确保设备不仅能在理想条件下工作，而且能够在恶劣的现实环境中可靠运行。为了确保这些设计能够在电气条件恶劣的环境下工作，各个政府机构和监管机构推行了 EMC 法规。如果设计的产品符合这些法规，终端用户就会确信它们在恶劣的电磁环境下也能正常工作。

隔离信号和电源 [ADM3055E/ADM3057E](#) CAN FD 收发器是一款 CAN FD 物理层收发器。该器件采用 ADI 公司的 iCoupler 技术，将 3 通道隔离器、CAN FD 收发器和 ADI 公司的 isoPower[®]隔离型 DC/DC 转换器集成于单个表贴式小尺寸集成电路(SOIC_IC)封装中。

EFT 和 ESD 瞬变具有相似的能量水平，[ADM3055E/ADM3057E](#) 上的 ESD 和 EFT 防护通过片内保护结构实现。浪涌波形的能量水平要高很多，浪涌瞬态电压可以施加于隔离栅或收发器裸片。集成的 iCoupler 隔离栅技术为跨栅发生的浪涌瞬变提供了更强的保护。集成保护级别见表 1。保护收发器免受高水平浪涌的影响需要外部保护器件，本应用笔记中将对此进行讨论。

表1. ADM3055E/ADM3057E的ESD和EFT保护级别

EMC 规范	保护级别
IEC 61000-4-2 ESD	
接触放电	±8 kV, 4 级
空气放电	±15 kV, 4 级
IEC 61000-4-4 EFT	±2 kV, 4 级
跨栅 IEC 61000-4-5 浪涌	±6 kV, 4+级, V _{IOSM} 增强型

浪涌抗扰度测试

浪涌瞬变通常由开关操作造成的过压情况或雷击造成。开关瞬变的起因可能是电力系统切换、配电系统中的负载变化或各种系统故障（例如安装时与接地系统形成短路和电弧故障）。雷电瞬变的起因可能是附近的雷击将较高的电流和电压注入电路中。IEC 61000-4-5定义了容易受到这些浪涌现象影响的情况下用于评估电子电气设备抗扰度的波形、测试方法和测试级别。

图1显示了 $1.2\ \mu\text{s}/50\ \mu\text{s}$ 浪涌瞬变波形。标准的波形由波形发生器产生, 用于表征开路电压和短路电流事件。浪涌瞬变被认为是最严重的 EMC 瞬变, 其能量水平比 ESD 或 EFT 脉冲中的能量大三到四个数量级。因此, 由于其高能量, 通常需要外部保护器件来提高浪涌抗扰度水平。

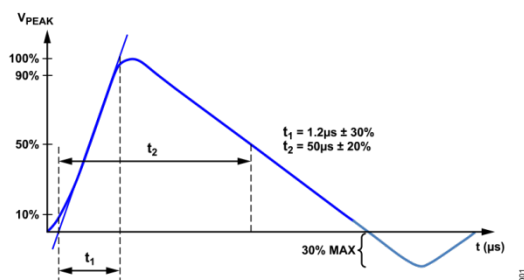


图1. IEC 61000-4-5 浪涌 $1.2\ \mu\text{s}/50\ \mu\text{s}$ 波形

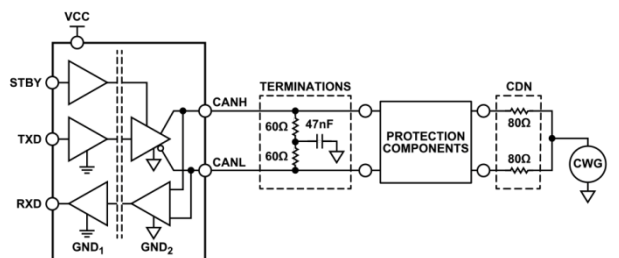


图2. 适用于CAN FD收发器的浪涌耦合网络

图2显示了本应用笔记中用于浪涌测试的CAN端口的耦合网络。电阻并联总和为 $40\ \Omega$ 。对于半双工器件, 各电阻为 $80\ \Omega$ 。请注意, 浪涌测试期间还包括高速CAN总线的终端网络。

浪涌测试期间, 将10个正脉冲和10个负脉冲施加于数据端口, 各脉冲最长间隔时间为10秒钟。在测试期间, 器件在三种条件下进行设置, 即未通电模式、正常工作模式和待机模式。在施加浪涌脉冲应力之前和之后检查CANH和CANL引脚上的泄漏, 同时在测试之前、期间和之后监测开关信号和 I_{CC} 电流。进行浪涌测试以确保IEC 61000-4-5标准所述的性能判据B。判据B允许暂时丧失功能或暂时降低性能, 但必须在无需操作人员干预的情况下进行自我恢复。

适用于 CAN FD 的浪涌瞬变保护解决方案

EMC 瞬态事件随时间变化。必须进行精心设计并确定特性，了解受保护器件的输入/输出级的动态性能，并且使用保护元件，才能确保电路达到 EMC 标准。器件数据手册一般只包含直流数据，由于动态击穿和 I/V 特性可能与直流值存在很大差异，因此这些数据没有太多价值。

本应用笔记介绍具有完整特性的五种不同浪涌解决方案。每种解决方案都为 ADI 公司的 ADM3055E/ADM3057E CAN FD 收发器提供不同的成本/保护级别，并使用一系列外部电路保护元件增强了浪涌保护。使用的两种外部电路保护元件包括瞬态电压抑制器 (SM712-02HTG、CDNBS08-T24C 和 TCLAMP1202P) 和晶闸管浪涌保护器 (TISP7038L1 和 TISP4P035L1N)。

TVS 保护器件选项

第一种解决方案使用不同的瞬态电压抑制器 (TVS) 阵列。由两个双向 TVS 二极管组成的典型 TVS 阵列如图 3 所示。表 2 显示了有关防止浪涌瞬变的电压电平、共模电压和封装 PCB 尺寸的详细信息。

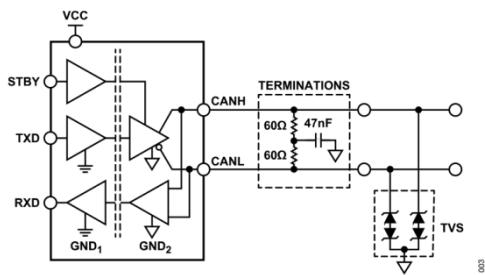


图3. TVS 保护方案

表2. TVS 保护选项

器件名称	V _{RWM} (V)	单位数 ¹	尺寸面积 ² (mm ²)	高度 ² (mm)	IEC 61000-4-5 浪涌	
					电压 (kV)	级别
SM712-02HTG	+12/-7	1	8.23	1.12	±1	2
CDNBS08-T24C	±24	1	31.68	1.75	±1	2
TCLAMP1202P	±12	2	8.82	0.60	±4	4

¹ CANH/CANL 端口对所需的保护器件数量。

² 数值来自器件数据手册。

TVS 是基于硅的器件。正常工作条件下，TVS 具有很高的对地阻抗；理想情况下，它是开路。保护方法是将瞬态导致的过压箝位到电压限值。这是通过 PN 结的低阻抗雪崩击穿实现的。当产生大于 TVS 的击穿电压的瞬态电压时，TVS 会将瞬态箝位到小于保护器件的击穿电压的预定水平。瞬变立即受到箝位 (< 1 ns)，瞬变电流从受保护器件转移至地。

典型双向 TVS 的 I/V 特性如图 4 所示。TVS 的 V_{RWM} 必须与 CAN FD 端口的共模电压匹配。确保击穿电压 V_{BR} 在受保护引脚的正常工作范围之外，这一点也很重要。I_{PP} 的 R_{DYN} 和 V_{CLAMP} 较低，通常会将大部分浪涌电流分流至地，并将电压箝位到引脚的故障电压以下。

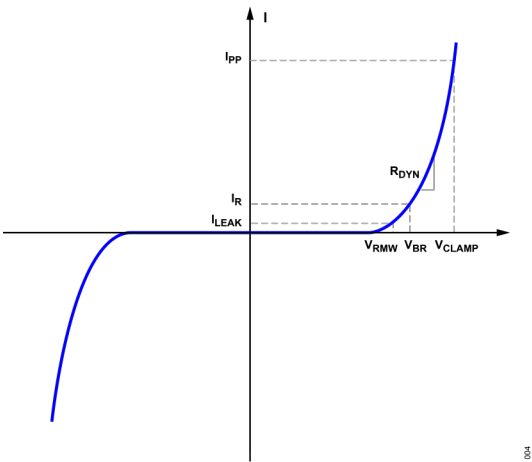


图4. 典型双向TVS I/V 特性

TISP 保护器件选项

另一种类型的电涌保护器件是快速恢复器件，例如完全集成式浪涌保护器(TISP)。图 5 显示了作为外部浪涌保护器件进行研究的两种 Bourns TISP。这些器件提供了更多具有不同共模电压范围和成本/浪涌性能水平的选项，如表 3 所示。

TISP 的非线性电压-电流特性通过转移产生的电流来限制过压。作为晶闸管，TISP 具有非连续电压-电流特性，它是由于高电压区和低电压区之间的切换动作而导致的。图 6 显示了器件的电压-电流特性。在 TISP 器件切换到低电压状态之前，它具有低阻抗接地路径以分流瞬变能量，雪崩击穿区域则导致了箝位动作。

在限制过压的过程中，受保护电路短暂暴露在高压下，因而在切换到低压保护打开状态之前，TISP 器件处在击穿区域。当转移电流降低到临界值以下时，TISP 器件自动复位，以便恢复正常系统运行。

关于这类器件的选择，需要考虑几点。首先，TISP 的击穿电压必须高于端口的共模电压。此外，TISP 具有出色的功率密度效率，通常会提供较高的 I_{PP} 。但是，脉冲上升终端的电压过冲可能非常高，并可能损坏被测端口，这通常会限制浪涌保护级别。不过，在 IEC ESD 测试期间，TISP 的低保持电压可能会导致一些闩锁问题。此处列出的 TISP 解决方案已按照 IEC 61000-4-2 ESD 进行测试，可以消除此问题。

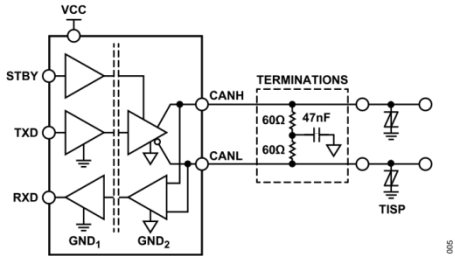


图5. TISP 保护方案

表3. TISP 保护选项

器件名称	V_{RWM} (V)	单位数 ¹	尺寸面积 ² (mm ²)	高度 ² (mm)	IEC 61000-4-5 浪涌	
					电压(kV)	级别
TISP7038L1	±28	1	32.63	1.75	±1	2
TISP4P035L1N	±24	2	18.72	1.35	±2	3

¹ CANH/CANL端口对所需的保护器件数量。

² 数值来自器件数据手册。

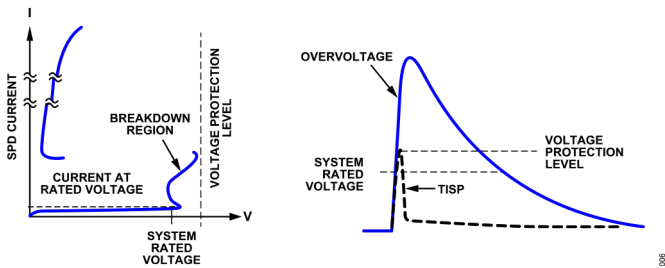


图6. TISP 切换特性和电压限制波形

结论

在设计面向 CAN FD 网络的 EMC 兼容解决方案时,主要难题是让外部保护元件的动态性能与 CAN FD 收发器输入/输出结构的动态性能相匹配。本应用笔记介绍了适用于 ADM3055E/ADM3057E 隔离信号和电源 CAN FD 收发器的五种浪涌保护解决方案, 为设计人员提供了多种选

项, 可根据保护级别、共模范围和成本要求进行选择。
表 4 总结了这些保护器件选项。

虽然这些设计工具不能取代所需的系统级严格评估和专业资质, 但能够让设计人员在设计早期降低 EMC 问题导致的风险, 从而避免已知缺陷, 并缩短整体设计时间。

表4. 针对不同系统要求和IEC 61000-4-5浪涌级别的浪涌保护解决方案

器件名称	V _{RWM} (V)	单位数 ¹	尺寸面积 ² (mm²)	高度 ² (mm)	IEC 61000-4-5 浪涌	
					电压(kV)	级别
SM712-02HTG	+12/-7	1	8.23	1.12	±1	2
CDNBS08-T24C	±24	1	31.68	1.75	±1	2
TISP7038L1	±28	1	32.63	1.75	±1	2
TISP4P035L1N	±24	2	18.72	1.35	±2	3
TCLAMP1202P	±12	2	8.82	0.60	±4	4

¹ CANH/CANL端口对所需的保护器件数量。

² 数值来自器件数据手册。

参考资料

有关接口和隔离产品的更多信息, 请参见本节 (另见 ADI 公司[网站](#))。

电磁兼容性(EMC)第 4-5 部分: 测试和测量技巧—浪涌抗扰性试验 (IEC 61000-4-5:2005 (2.0 版))。

ISO 11898-1:2003, “道路车辆—控制器局域网(CAN)—第 1 部分: 数据链路层和物理信令。” ISO 国际标准, 2003 年。

ISO 11898-2:2003, “道路车辆—控制器局域网(CAN)—第 2 部分: 高速介质访问单元。” ISO 国际标准, 2003 年。

[ADM3055E/ADM3057E](#) 数据手册。ADI 公司。

Scanlon, James. [AN-1161 应用笔记](#)。EMC 兼容 RS-485 通信网络。ADI 公司, 2013 年。

Watterson, Conal, Dr. [AN-1123 应用笔记](#)。控制器局域网(CAN)实施指南。ADI 公司, 2017 年。

