ESD保护
汽车

适用于车载网络和多媒体总线：

LIN、CAN、CAN FD、CAN XL、FlexRay、汽车以太网（10BT1s、100/1000BT1、MGBT1）、SERDES、LVDS、USB、HDMI

nexperia

EFFICIENCY WINS.

目录

引言 4

不断增长且充满挑战的ESD保护市场 5

选型指南 6

LIN（局域互联网） 6

CAN（控制器局域网络） 8

CAN FD（CAN灵活数据速率） 10

汽车以太网100BASE-T1和1000BASE-T1 12

多媒体/信息娱乐HDMI、USB 14

ADAS接口LVDS、HDBaseT、APIX、GMSL、FPD-link 16

瞬时电压抑制器(TVS) 18

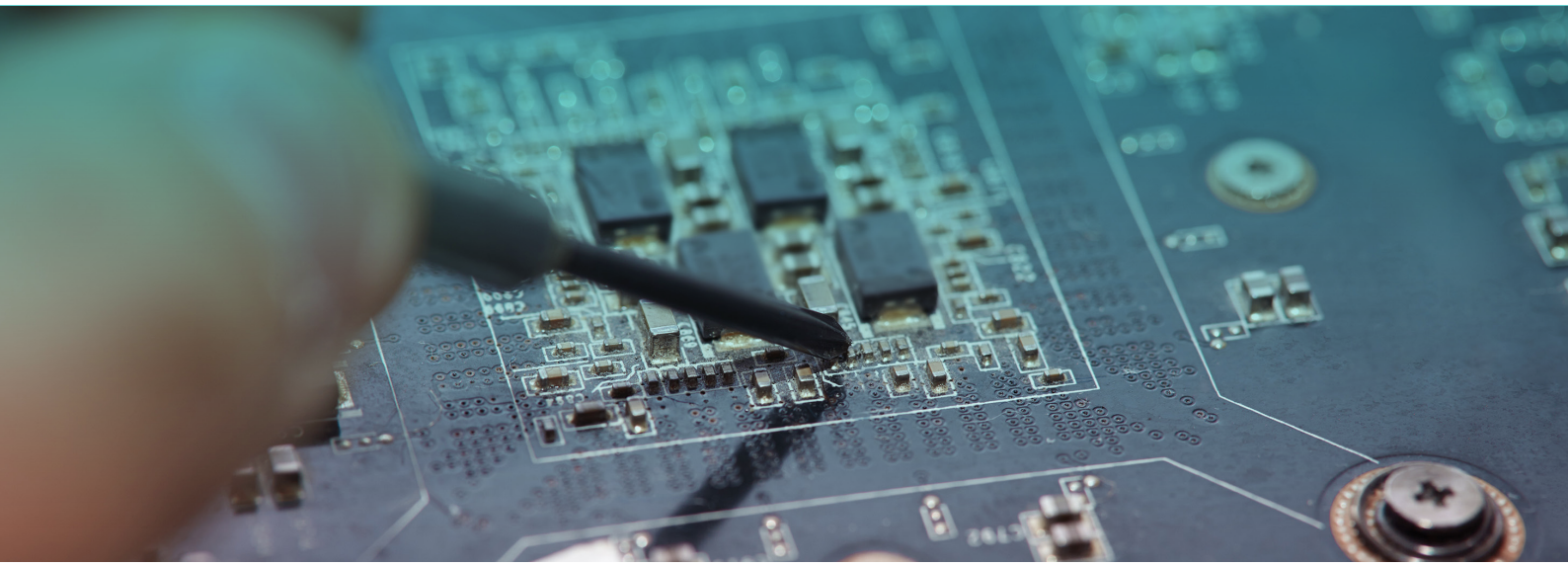
ESD保护设计 19

引言

防范ESD事件为何变得越来越重要?

在汽车领域，随着数据速率不断提升、系统芯片计算能力日益强大、IC微型化以及有限空间中有多种电源要求，组件和系统对ESD也愈加敏感。半导体小型化趋势意味着较低的电压也会损坏较薄的栅极氧化层，因此亦会导致ESD造成损坏的风险增加。

好在通过优化的ESD保护概念，可以避免或者至少可以大幅减少ESD或EOS（电气过应力）造成的损坏。Nexperia的ESD解决方案可帮助最大限度地降低ESD损坏的风险——为工程师社区提供支持，以保护应用和产品免受破坏性ESD脉冲的损坏。



Nexperia的ESD保护产品能够为您带来哪些益处?

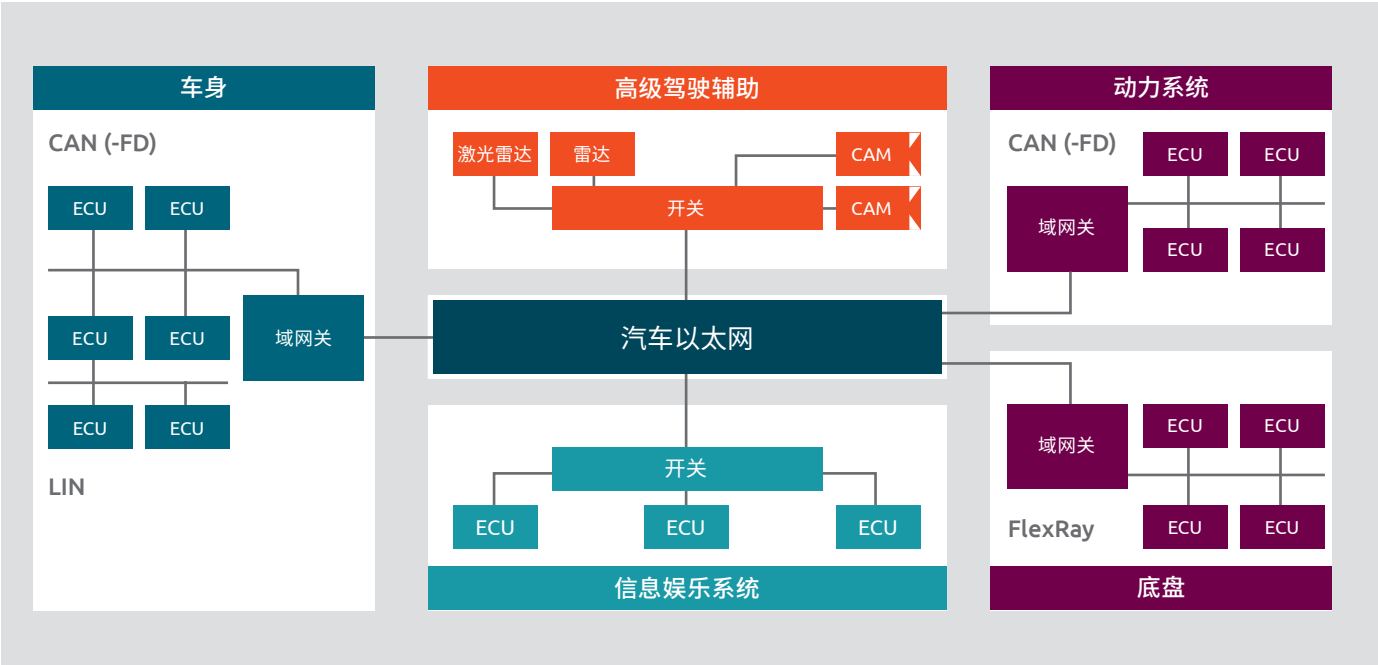
- 更高的系统级稳健性（基于IEC61000-4-2）
- 低钳位电压可保护最新的SoC技术
- 最小化对总线和接口信号完整性的影响
- 在单封装中结合多路保护的阵列
- 简化PCB设计以优化布局的封装
- AEC-Q101资质等级/PPAP能力

不断增长且充满挑战的ESD保护市场

随着数据速率不断提升、系统芯片计算能力日益强大、IC微型化以及有限空间中有多种电源要求，组件和系统对ESD也愈加敏感。此外，半导体工艺小型化趋势伴随而来的是较薄的栅极氧化层，由此增加了较低电压时ESD造成损坏的风险。

尽管面临这些挑战，但好在通过优化的ESD保护概念，可以避免或者至少可以大幅减少ESD或EOS（电气过应力）造成的故障。为此，可以借助Nexperia的ESD解决方案最大限度地降低ESD损坏的风险——为设计社区提供支持，以保护应用和产品免受ESD问题的影响。

要完成动力系统和车身ECU之间所有的数据流交换，许多高度可靠的车载网络（CAN/CAN-FD/CAN-XL、LIN、FlexRay、以太网）不可或缺。为确保安全运行，解决方案需要通过EMI测试，并保证信号完整性。多媒体总线系统和信息娱乐网络通常使用USB、汽车像素链路(APIX)、HDMI或以太网，并将采用USB Type C。但是，这些接口的规格要求也比消费市场上的普通商品要严格。



典型车载网络框图

常见的车载网络技术

接口	拓扑	data rate	规格标准
LIN	单线，动力系统作为返回路径	20 kbit/s	ISO17987: 2016 SAE J2602
CAN（低速、容错）	差分双线，双绞线；在故障状态下，为单线	500 kbit/s	ISO11898第3部分SAE J2411
CAN（高速）	差分双线，双绞线	1 Mbit/s	ISO11898第2、5、6部分
CAN FD（灵活数据速率）	差分双线，双绞线	2和5 Mbit/s	ISO11898-1:2015
CAN XL	差分双线，双绞线	高达10 Mbit/s	部分符合ISO 11898-1
FlexRay	差分双线，屏蔽双绞线	10 Mbit/s	ISO17458-4:2013
100BASE-T1、1000BASE-T1（汽车以太网）	双线，非屏蔽双绞线电缆	100/1000 Mbit/s	开放技术联盟IEEE STD 802.3

LIN（局域互联网）

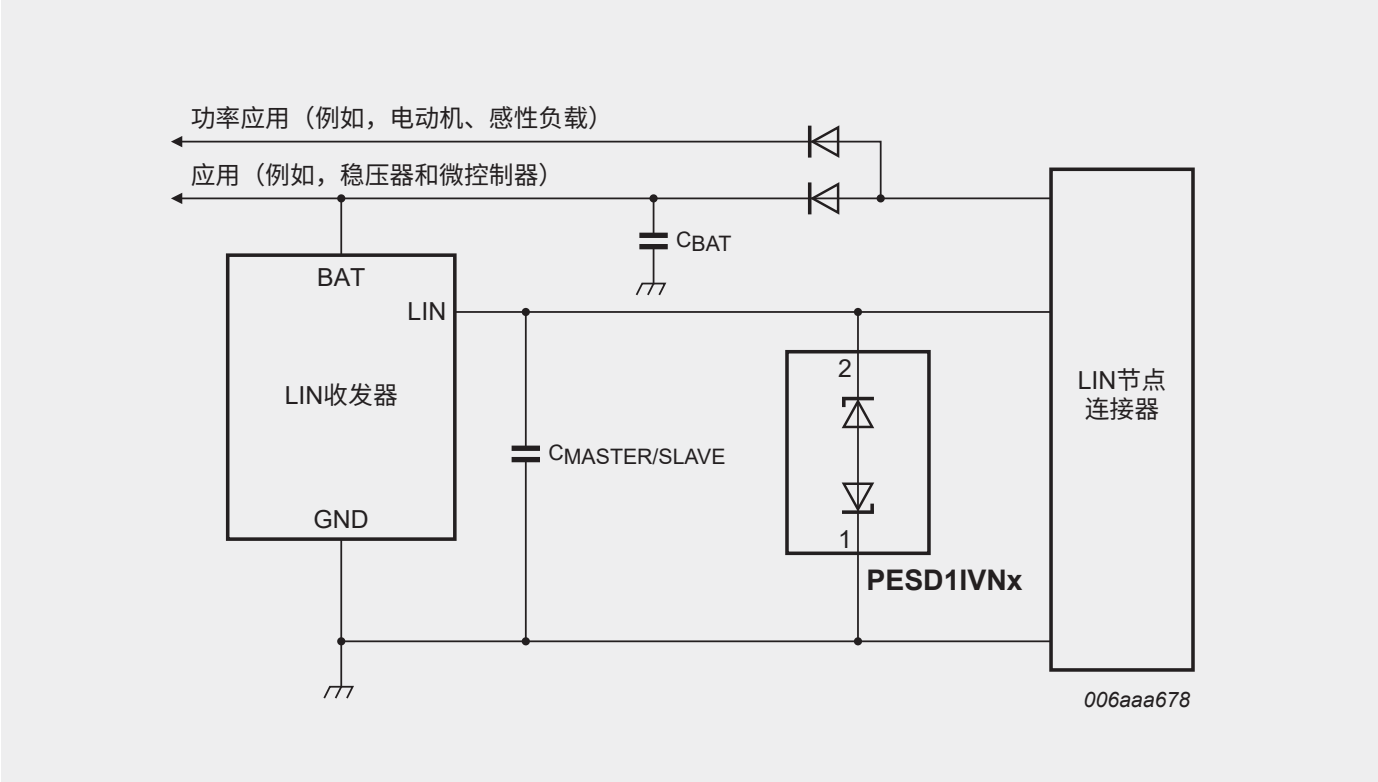
LIN是面向低成本汽车网络的理念。如果对CAN网络所具备的更高数据速率和通用性没有要求，则通常会使用该接口。该接口可将模块连接至与现有CAN网络连接的子总线。使用LIN的典型模块包括座椅、门锁、车镜，或者作为传感器的接口，例如降雨探测器。该接口使用单线串行通信协议，以低速运作，最大数据速率为20 kbit/s。总线电压电平与电源电压大致相同，在12 V板网中，通常为14.4 V。

LIN收发器供应商建议在LIN总线连接上提供外部ESD保护，以便扩展模块可耐受的ESD电压电平。此外，应该选择能够耐受最大电池电压且不会受损的ESD保护二极管，以防LIN总线线路短接至电池线路。对于12 V板节点，最大电池电压为16 V，但通常也会考虑从24 V卡车电池快速启动。相对于局部ECU接地，ECU的动作电压范围定义在8 V至18 V之间。根据该范围定义，V_{RWM}应高于18 V。双向ESD二极管通常用于击穿电压大于+/− 27 V的LIN总线应用，具体原因如下。

LIN总线使用单端传输，在EMC测试期间，电容耦合射频信号等的电压电平可能会超过二极管的击穿电压。如果电压超过ESD保护二极管的击穿电压，则通信信号被限制到二极管的钳位电压V_{CL}。击穿电压越高，EMC测试电平开始产生影响（即干扰显性和隐性电压电平）的时间就越迟。整体系统对感应噪声和EMI具有更高的耐受性。如果二极管的$V_{BR} \geq 27$ V，则现代化收发器模块可通过汽车行业所要求的典型EMC测试。

为避免影响模块的EMC性能，可以说击穿电压越高越好。另一方面，对于ESD事件，必须实现足够的钳位性能。

此外，二极管电容Cd必须低于100 pF，这样才能在20 kbit/s的最大数据速率下保持信号完整性。然而，为了尽量减少二极管对系统的总影响，Cd应小于30 pF。



通过PESD1IVNx为一条汽车LIN总线提供ESD保护

推荐用于LIN总线的保护器件

器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20µs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD1IVN27-A	首选用于LIN保护，单线路	SOD323	1 x 双向	27 V	17 pF	30 kV	3 .0 A	是
PESD1IVN24-A	适用于LIN保护的替代V_{RWM}	SOD323	1 x 双向	24 V	17 pF	30 kV	3 .5 A	是
PESD2IVN27-U	首选用于LIN保护，双线路	SOT323	2 x 双向	27 V	17 pF	30 kV	3 .0 A	是
PESD2IVN24-U	适用于LIN保护单线路的替代V_{RWM}	SOT323	2 x 双向	24 V	17 pF	30 kV	3 .5 A	是
PESD1IVN27LS-Q	首选用于LIN保护的DFN解决方案，单线路	DFN1006BD-2	1 x 双向	27 V	17 pF	30 kV	3 A	是
PESD1IVN24LS-Q	适用于DFN中LIN保护的替代V_{RWM}，单线路	DFN1006BD-2	1 x 双向	24 V	17 pF	30 kV	3 .5 A	是
PESD2CANFD27L-U	适用于LIN保护的替代方案，高ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	27 V	10 pF	30kV	3 .9 A	是
PESD2CANFD27L-T	适用于LIN保护的替代方案，高ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	27 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD27V-T	适用于LIN保护的替代Cd，低电容	SOT23	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-U	适用于LIN保护的替代Cd，低电容	SOT323	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-QB	适用于LIN保护的替代Cd，低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-QC	适用于LIN保护的替代Cd，低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27U-T	适用于LIN保护的替代Cd，超低电容	SOT23	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-U	适用于LIN保护的替代Cd，超低电容	SOT323	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-QB	适用于LIN保护的替代Cd，超低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-QC	适用于LIN保护的替代Cd，超低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24L-T	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，更高ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	24 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD24L-U	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，更高ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	24 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD24V-T	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，低电容	SOT23	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-U	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，低电容	SOT323	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-QB	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-QC	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24U-T	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，超低电容	SOT23	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-U	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，超低电容	SOT323	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-QB	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，超低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-QC	适用于LIN保护的替代V_{RWM}，超低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESDCANFD36UT-Q	首选用于24 V板网LIN保护，超低电容	SOT23	2 x 双向	36 V	4 .3 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36UU-Q	首选用于24 V板网LIN保护，超低电容	SOT323	2 x 双向	36 V	4 .3 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36VT-Q	首选用于24 V板网LIN保护，低电容	SOT23	2 x 双向	36 V	6 pF	20 kV	2 A	是
PESD2CANFD36VU-Q	首选用于24 V板网LIN保护，低电容	SOT323	2 x 双向	36 V	6 pF	20 kV	2 A	是
PESD2CANFD36LT-Q	首选用于24 V板网LIN保护，高ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	36 V	10 pF	22 kV	3 .2 A	是
PESD2CANFD36LU-Q	首选用于24 V板网LIN保护，高ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	36 V	10 pF	22 kV	3 .2 A	是
PESD2IVN48V-T-Q	首选用于48 V板网LIN保护	SOT23	2 x 双向	48 V	7 .1 pF	30 kV	3 .5 A	是

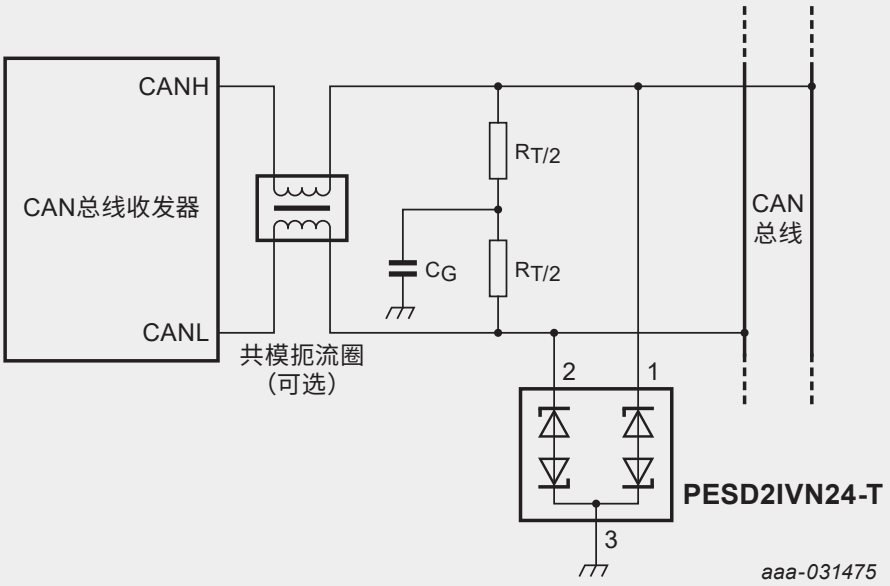
CAN（控制器局域网络）

CAN是一种非常成熟的汽车网络，普遍认为比LIN更灵活，但也更加昂贵。CAN网络通常使用双线、双绞线电缆来传输和接收串行数据。高速CAN（ISO 11898的第2、5和6部分）指定传输速率最高为1 Mbit/s。低速容错CAN（ISO 11898的第3部分）指定速率最高为每秒500 KB。容错通常意味着，在错误情况下，收发器可从差分接收和发送能力切换为单线发射器和/或接收器。这意味着最大单端（容错）总线电压为+12 V，差分总线电压为−12 V。

CAN收发器在网络中的协议控制器和物理总线线路之间提供物理链路。CANL是低级CAN总线线路。在普通运行模式下，显性态的值约为1.4 V，隐性态的值为5 V。在低功率模式下，CANL的电压等于电池电压。CANH是高级CAN总线线路。在典型运行模式下，显性态的值约为3.6 V，隐性态的值以及低功率模式下的值为0 V。

外部钳位电路可应用于CANH和CANL线路，以扩展网络的ESD耐受性，保护CAN收发器并保证通信。Nexperia提供经过专门设计的器件，以保护两条CAN总线线路免受ESD及其他瞬变现象造成的损坏。

由于CAN网络可短路接至电压源，例如汽车电池，因此CANL和CANH线路上的ESD保护器件必须能够耐受更高电压电平。在快速启动条件下，或者如果有两个12 V电池串联，这意味着至少需要2 × 12 V = 24 V的截止电压V_{RWM}。CAN的最大数据速率为1 Mbit/s。



通过PESD1IVN24-T为一条汽车LIN总线提供ESD保护

推荐用于CAN总线的保护器件

器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20µs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD2CANFD24LT-Q	首选用于CAN保护	SOT23	2 x 双向	24 V	10	30 kV	1 A	是
PESD2CANFD24L-U	首选用于CAN保护	SOT323	2 x 双向	24 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD24VQB-Q	首选用于CAN保护的DFN替代方案	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	6	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24VQC-Q	首选用于CAN保护的DFN替代方案	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	6	23 kV	2 .6 A	是
PESD2IVN24-T	适用于CAN保护的替代方案	SOT23	2 x 双向	24 V	17 pF	30 kV	3 .5 A	是
PESD2IVN24-U	适用于CAN保护的替代方案	SOT323	2 x 双向	24 V	17 pF	30 kV	3 .5 A	是
PESD2IVN27-T	适用于CAN保护的替代V_{RWM}	SOT23	2 x 双向	27 V	17 pF	30 kV	3 .0 A	是
PESD2IVN27-U	适用于CAN保护的替代V_{RWM}	SOT323	2 x 双向	27 V	17 pF	30 kV	3 .0 A	是
MMBZ27VAL	高浪涌耐受性/共阳极配置	SOT23	双向，2 x 单向	22 V	60 pF	30 kV	1 A (10/1000µs)	是
PESD2CANFD24V-T	适用于CAN保护的替代方案，低电容	SOT23	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-U	适用于CAN保护的替代方案，低电容	SOT323	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-QB	适用于CAN保护的替代方案，低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-QC	适用于CAN保护的替代方案，低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24U-T	适用于CAN保护的替代方案，超低电容	SOT23	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-U	适用于CAN保护的替代方案，超低电容	SOT323	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-QB	适用于CAN保护的替代方案，超低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-QC	适用于CAN保护的替代方案，超低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27L-U	适用于CAN保护的替代V_{RWM}	SOT323	2 x 双向	27 V	10 pF	30 kV	3 .9 A	是
PESD2CANFD27L-T	适用于CAN保护的替代V_{RWM}	SOT23	2 x 双向	27 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD27V-T	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，低电容	SOT23	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-U	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，低电容	SOT323	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-QB	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-QC	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27U-T	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，超低电容	SOT23	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-U	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，超低电容	SOT323	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-QB	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，超低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-QC	适用于CAN保护的替代V_{RWM}，超低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36VT-Q	首选用于24 V板网CAN保护，低电容	SOT23	2 x 双向	36 V	6 pF	20 kV	2 A	是
PESD2CANFD36VU-Q	首选用于24 V板网CAN保护，低电容	SOT323	2 x 双向	36 V	6 pF	20 kV	2 A	是
PESDCANFD36UT-Q	首选用于24 V板网CAN保护，超低电容	SOT23	2 x 双向	36 V	4 .3 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36UU-Q	首选用于24 V板网CAN保护，超低电容	SOT323	2 x 双向	36 V	4 .3 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36LT-Q	首选用于24 V板网CAN保护，高ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	36 V	10 pF	22 kV	3 .2 A	是
PESD2CANFD36LU-Q	首选用于24 V板网CAN保护，高ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	36 V	10 pF	22 kV	3 .2 A	是
PESD2ETH100-T*	适用于VW 80121-3规范	SOT23	2 x 双向	24 V	3 pF	> 30 kV	3 .2 A	是

* 为满足VW 80121-3规范，需要触发电压更高的器件以保证系统的耐受性。

CAN FD（CAN灵活数据速率）

由于需要传输和接收更多数据，汽车网络中使用的ECU也越来越多，因此限制为1 Mbit/s的传统CAN网络不足以适应未来需求。CAN FD是CAN物理层的更新。

主要区别在于灵活的数据速率，最高可达10 Mbit/s。2 Mbit/s是典型的数据传输速率限制，适用于不需要更高数据速率的许多应用。

Nexperia提供广泛的CAN FD保护解决方案

- 更高的系统级稳健性(IEC61000-4-2)
- 低钳位电压可保护最新的SoC技术
- 最小化对总线和接口信号完整性的影响
- 在单封装中结合多路保护的阵列
- 简化PCB设计以优化布局的封装
- AEC-Q101资质等级/PPAP能力

用于保护器件的无引脚DFN和有引脚SMD封装选项

推荐用于CAN FD总线的保护器件

器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20µs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD2CANFD24V-T	首选用于CAN FD保护	SOT23	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-U	首选用于CAN FD保护	SOT323	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-QB	首选用于CAN FD保护的DFN替代方案	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24V-QC	首选用于CAN FD保护的DFN替代方案	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	6 pF	23 kV	2 .6 A	是
PESD2CANFD24U-T	首选用于高速CAN FD保护，更低电容	SOT23	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-U	首选用于高速CAN FD保护，更低电容	SOT323	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-QB	首选用于高速CAN FD保护的DFN替代方案，更低电容	DFN1110D-3	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24U-QC	首选用于高速CAN FD保护的DFN替代方案，更低电容	DFN1412D-3	2 x 双向	24 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD24L-T	适用于CAN FD保护的替代方案，更高的ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	24 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD24L-U	适用于CAN FD保护的替代方案，更高的ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	24 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD27V-T	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}	SOT23	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-U	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}	SOT323	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-QB	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27V-QC	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	27 V	6 pF	20 kV	2 .5 A	是
PESD2CANFD27L-T	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，更高ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	27 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD27L-U	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，更高ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	27 V	10 pF	30 kV	4 .0 A	是
PESD2CANFD27U-T	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，更低电容	SOT23	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-U	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，更低电容	SOT323	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-QB	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，低电容和DFN封装	DFN1110D-3	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD27U-QC	适用于CAN FD保护的替代V_{RWM}，低电容和DFN封装	DFN1412D-3	2 x 双向	27 V	3 .5 pF	14 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36VT-Q	首选用于24 V板网CAN FD保护	SOT23	2 x 双向	36 V	6 pF	20 kV	2 A	是
PESD2CANFD36VU-Q	首选用于24 V板网CAN FD保护	SOT323	2 x 双向	36 V	6 pF	20 kV	2 A	是
PESDCANFD36UT-Q	首选用于高速24 V板网CAN FD保护，更低电容	SOT23	2 x 双向	36 V	4 .3 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36UU-Q	首选用于高速24 V板网CAN FD保护，更低电容	SOT323	2 x 双向	36 V	4 .3 pF	15 kV	1 .5 A	是
PESD2CANFD36LT-Q	首选用于24 V板网CAN FD保护，更高ESD耐受性	SOT23	2 x 双向	36 V	10 pF	22 kV	3 .2 A	是
PESD2CANFD36LU-Q	首选用于24 V板网CAN FD保护，更高ESD耐受性	SOT323	2 x 双向	36 V	10 pF	22 kV	3 .2 A	是
PESD2ETH100-T *	适用于VW 80121-3规范	SOT23	2 x 双向	24 V	3 pF	> 30 kV	3 .2 A	是

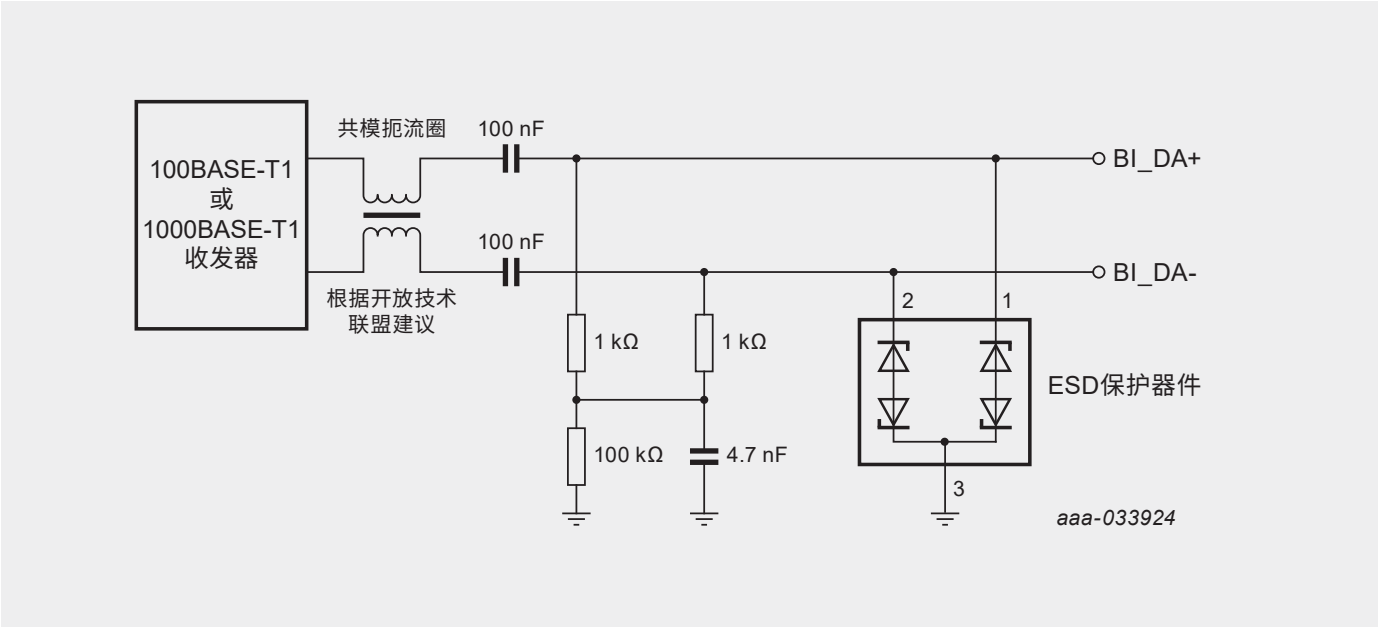
* 为满足VW 80121-3规范，需要触发电压更高的器件以保证系统的耐受性。

汽车以太网100BASE-T1和1000BASE-T1

以太网被视为CAN或FlexRay网络的通用且灵活的替代选项，用于需要处理更多数据且需要更高数据速率的模块，如摄像头、驾驶辅助系统和骨干网络。汽车以太网IEEE 100/1000 BASE-T1 (IEEE 802.3bw)可通过单一非屏蔽双绞线电缆分别提供100或1000 Mbit/s的传输和接收能力。标准基础由Broadcom (BroadR-Reach™)开发，并由IEEE 802.3工作组完善。如今，汽车以太网的部署由开放（单对以太网）技术联盟SIG（特别兴趣小组）负责推动。开放技术联盟SIG是一个开放的非营利性行业组织，旨在倡导大规模采用基于以太网的网络作为汽车联网应用中的标准。对于未来的汽车，目前有几种发展方向。一是拥有汽车千兆级以太网，以覆盖2.5/5.0/10 Gbps范围内的高数据速率以太网。另一个是在10 Mbps范围内使用低成本以太网拓扑，即10BASE-T1S。

由于10Base-T1S和100/1000Base-T1系统的拓扑结构具有UTP电缆和必不可少的共模扼流圈(CMC)，因此ESD器件的触发电压指定为高于100 V。所以，我们强烈建议将ESD保护器件靠近连接器放置，如下图所示。这样一来，ESD事件的能量将立即导向地面。不仅PHY，CMC、电阻和电容器等无源组件也能得到保护。

在这个暴露的位置，ESD二极管必须能够承受汽车布线的恶劣环境，如高能量共模噪声或电池短路引起的过电压。ESD保护器件设计用于大于或等于100 V的触发电压，除了满足IEC61000-4-2 level 4标准之外，它们还必须耐受最少1000次放电。为保证信号完整性，低寄生电容必须小于3.5 pF。我们针对所有以太网器件进行了更多关于散射参数信号完整性的测试，并可提供测试结果。



通过PESD2ETH1G-T为单对汽车千兆以太网（开放技术联盟）提供ESD保护

在连接器端提供保护的产品组合，符合开放技术联盟标准

器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20µs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD2ETH1G-T	适用于100/1000BASE-T1开放技术联盟以太网	SOT23	2 x 双向	24 V	2 pF	> 30 kV	2 .3 A	是
PESD2ETH1GXT-Q	适用于100/1000BASE-T1开放技术联盟以太网	SOT23	2 x 双向	24 V	< 1 pF	> 15 kV	2 A	是
PESD2ETH100-T	适用于100BASE-T1开放技术联盟以太网	SOT23	2 x 双向	24 V	3 pF	> 30 kV	3 .2 A	是
PESD1ETH1GLS-Q	适用于100/1000BASE-T1开放技术联盟以太网	SOD882BD	1 x 双向	24 V	< 2 pF	> 15 kV	2 A	是
PESD1ETH1GXLS-Q	适用于100/1000BASE-T1开放技术联盟以太网	SOT23	2 x 双向	24 V	< 1 .3 pF	> 15 kV	2 .3 A	是
PESD1ETH1GXLS-Q	适用于100/1000BASE-T1开放技术联盟以太网	SOD882BD	1 x 双向	24 V	< 1 .2 pF	>15 kV	2 .3 A	是

在PHY端提供传统保护方法的产品组合

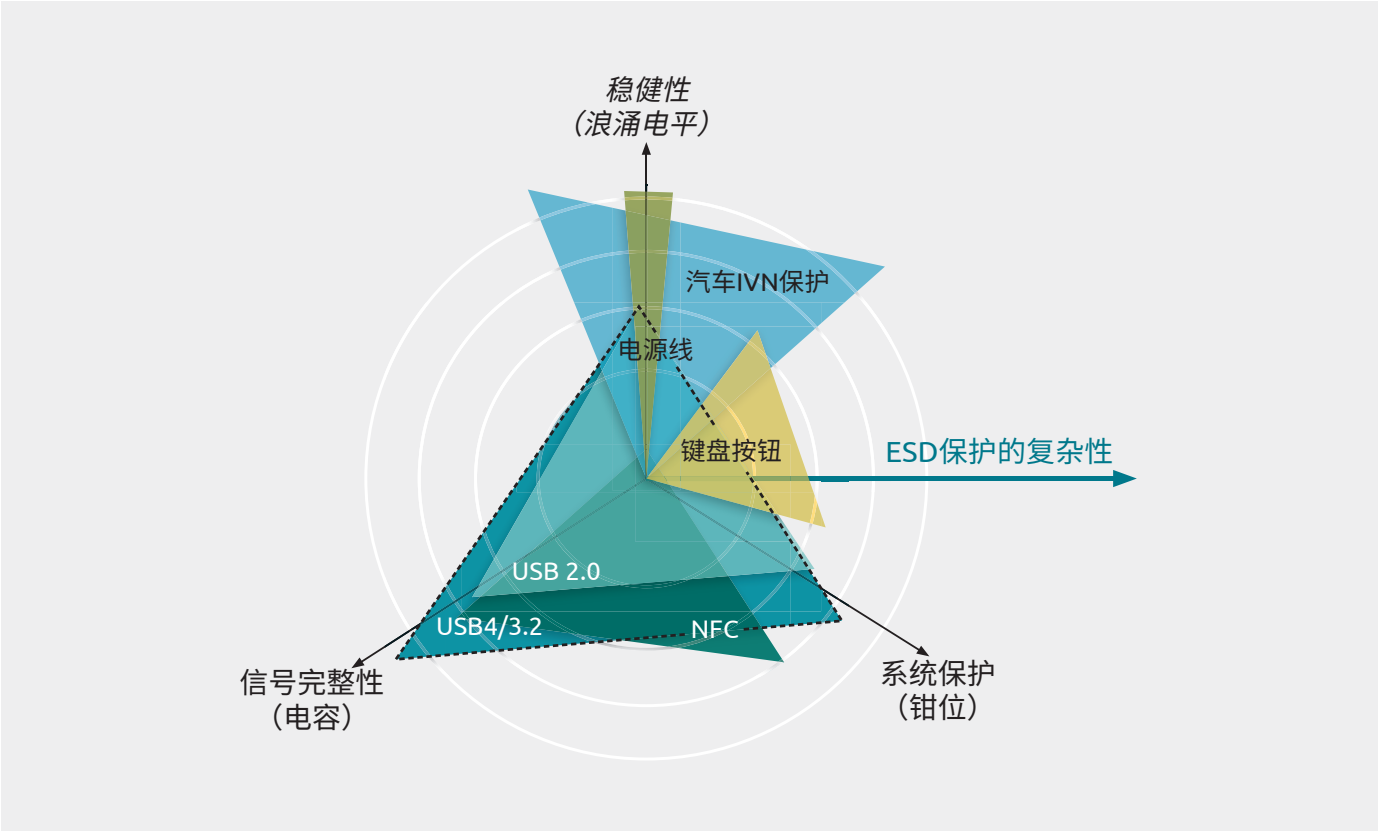
器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20µs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD2ETH-X	更低电容	SOT143B	1	5 .5 V	1 .5 pF	8 kV	–	是
PESD2ETH-AX	更高的ESD耐受性	SOT143B	1	5 .5 V	1.8 pF (典型值)	12 kV	–	是
PESD2ETH-D	双通道保护，更低电容	SOT457	2	5 .5 V	1 .8 pF	8 kV	2 .5 A	是
PESD2ETH-AD	双通道保护，更高ESD耐用性	SOT457	2	5 .5 V	2 .3 pF	12 kV	3 .5 A	是
PESD5V0F1BL(D)	超低电容，带有可焊性侧面(SWF)的DFN1006D-2，便于进行自动光学检测(AOI)	DFN1006(D)-2 (SOD882(D))	1	5 .5 V	0 .55 pF	10 kV	2 .5 A	是
PESD18VF1BL-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006-2	DFN1006-2	1	18	0 .5 pF	10 kV	1 A	是
PESD24VF1BL-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006-2	DFN1006-2	1	24	0 .45 pF	10 kV	1 A	是
PESD30VF1BL-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006-2	DFN1006-2	1	30	0 .4 pF	12 kV	1 A	是
PESD18VF1BLS-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006BD-2	DFN1006BD-2	1	18	0 .5 pF	10 kV	–	是
PESD24VF1BLS-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006BD-2	DFN1006BD-2	1	24	0 .45 pF	10 kV	–	是
PESD30VF1BLS-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006BD-2	DFN1006BD-2	1	30	0 .4 pF	10 kV	–	是
PESD32VF1BLS-Q	超低电容，增强的信号完整性性能，DFN1006BD-2	DFN1006BD-2	1	32	0 .4 pF	10 kV	–	是

多媒体/信息娱乐HDMI、USB

为确保汽车中的机电装置和模块的可靠连接，设计了专用IVN技术，尽管如此，现代汽车的多媒体系统中仍会用到总线和点对点连接。在汽车环境中使用消费、通信和计算领域已知的高速总线时，各个组件需要满足更高的质量标准。此外，功能需求有时会改变，如电池短路场景。

计算接口的已知总线通常用于多媒体环境中的汽车应用。由于这是非安全相关的应用，因此可以使用相同的保护策略。为了满足汽车应用中常见的高标准，Nexperia根据AEC-Q101标准对其一流的TrEOS保护技术进行了合格认证。Nexperia的TrEOS技术可在以下要素之间平衡性能：

- 低电容可实现最高信号完整性
- 低钳位和触发电压可实现最佳系统保护
- 高器件稳健性可耐受浪涌电流和ESD电压。



每个用例的理想性能平衡

推荐用于多媒体和信息娱乐连接的保护器件

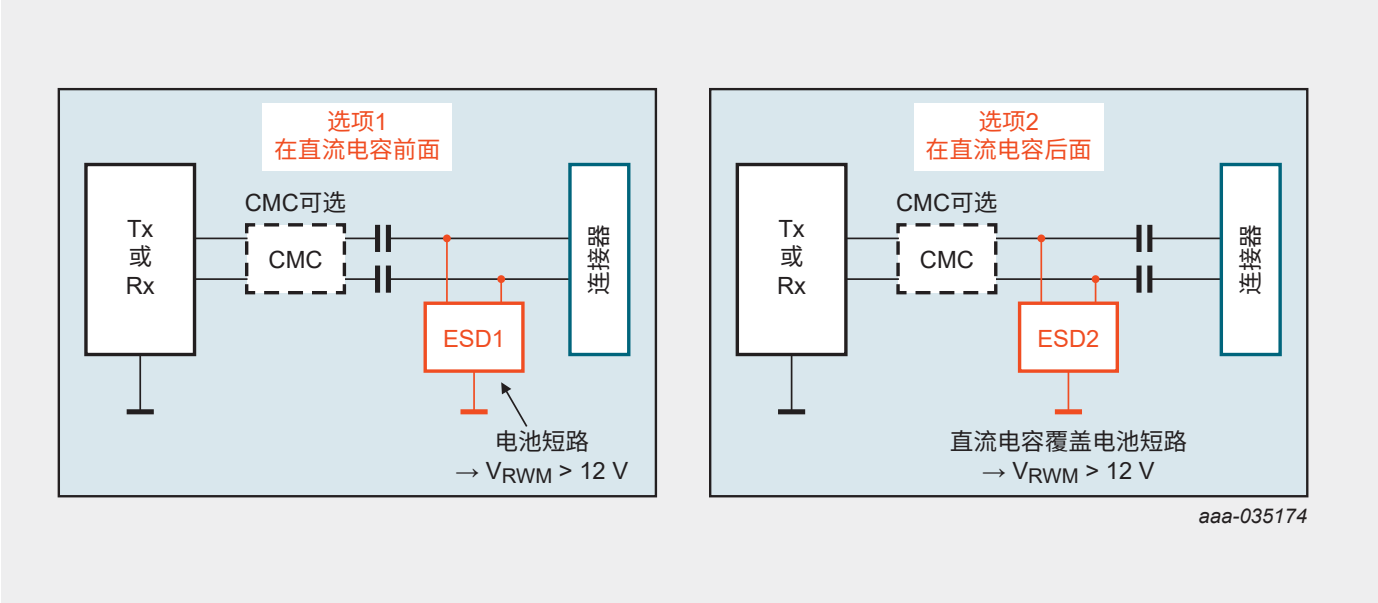
器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20μs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD2USB3UV-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	3.3 V	1 pF	18 kV	8 A	是
PESD2USB3UX-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	3.3 V	0.7 pF	8 kV	4 A	是
PESD2USB5UV-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	5 V	0.9 pF	22 kV	10 A	是
PESD2USB5UX-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	5 V	0.6 pF	8 kV	4 A	是
PESD4USB3U-TBR	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	3.3 V	0.34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5U-TBR	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	5.5 V	0.34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB3B-TBR	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	3.3 V	0.25 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5B-TBR	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	5.5 V	0.25 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB3U-TBS	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1176D)	4	3.3 V	0.34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5U-TBS	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1176D)	4	5.5 V	0.34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB3B-TBS	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1176D)	4	3.3 V	0.25 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5B-TBS	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1176D)	4	5.5 V	0.25 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB3U-TTS	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1165D)	4	3.3 V	0.34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5U-TTS	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1165D)	4	5.5 V	0.34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB3B-TTS	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1165D)	4	3.3 V	0.25 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5B-TTS	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510D (SOT1165D)	4	5.5 V	0.25 pF	15 kV	7 A	是
PESD1LVDS	LVDS、HDMI、DisplayPort、通过电容匹配或USB线路与CC1、CC2实现双通道保护	DFN2510-10 (SOT1165)	2	5.5 V	0.6 pF (典型值)	8 kV	-	是
PESD18VF1BL	音频接口、充电器端口、天线、（NFC、WiFi）、LVDS	DFN1006-2 (SOD882)	1	18 V	0.5 pF	10 kV	1 A	是
PESD24VF1BL	音频接口、充电器端口、天线、（NFC、WiFi）、LVDS	DFN1006-2 (SOD882)	1	24 V	0.45 pF	10 kV	1 A	是
PESD30VF1BL	音频接口、充电器端口、天线、（NFC、WiFi）、LVDS	DFN1006-2 (SOD882)	1	30 V	0.4 pF	12 kV	1 A	是
PESD5V0F1BL(D)	超低电容，带有可焊性侧面(SWF)的DFN1006D-2，便于进行自动光学检测(AOI)	DFN1006(D)-2 (SOD882(D))	1	5.5 V	0.55 pF	10 kV	2.5 A	是
PESD5V0X1BCAL	仅USB2.0线路	DFN1006D-2 (SOD882)	1	5.5 V	0.95 pF	15 kV	1.8 A	是
PESD5V0X1UALD	仅USB2.0线路，可焊性侧面(SWF)，便于进行自动光学检测(AOI)	DFN1006D-2 (SOD882D)	1	5.5V	1.75 pF	15 kV	2 A	是
PESD5V0C1BLS-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的双向单线汽车ESD保护。	DFN1006BD-2	1	5 V	0.3 pF	15 kV	6.5 A	是
PESD5VC1ULS-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的单向单线汽车ESD保护。	DFN1006BD-2	1	5 V	0.6 pF	15 kV	6.5 A	是
PESD5V0C2UM-Q	适用于USB 3.0、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的单向双线汽车ESD保护。	DFN1006-3	1	5 V	0.6 pF	15 kV	6.5 A	是
PESD5V5C1BL-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的双向单线汽车ESD保护。	DFN1006-2	1	5.5 V	0.3 pF	15 kV	6.5 A	是
PESD5V5C1UL-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的单向单线汽车ESD保护。	DFN1006-2	1	5.5 V	0.6 pF	15 kV	6.5 A	是

ADAS和视频接口
LVDS、APIX、GMSL、FPD-link

目前，市场上涌现了多项面向汽车高速数据传输的竞争技术。这些技术主要用于传输ADAS、HMI、显示器或控制设备的原始视频数据。根据OEM和供应商的不同，将会从这些技术中选择一种来使用。

- LVDS：低电压差分信号：ANSI/TIA/EIA-644-A，差分、串行通信协议的技术标准
- APIX：汽车像素链路，串行高速多通道链路
- GMSL2：千兆多媒体串行链路
- FPD-link：平板显示器链路，高速数字视频接口
- SerDes：串行器/解串列器，基础技术，器件用于在并行数据流和串行数据流之间相互转换

Nexperia车规级TrEOS保护技术是保护敏感系统芯片的首选技术。有大量保护器件可用来满足多样化应用需求，如空间限制、不同的电压或传输速度水平。



典型的LVDS配置显示了放置ESD器件的两种不同可能性。选项1考虑了电池短路，因此需要V_{RWM} > 12 V。
选项2可以考虑更低的V_{RWM}值，可以在5 V甚至3.3 V的范围内。

推荐用于ADAS接口的保护器件

器件	备注	封装	通道数	V_{RWM}	C_D最大值	ESD耐受性 (IEC61000-4-2)	t_p = 8/20μs 时的I_{PPM}	AEC-Q101 支持PPAP
PESD2USB3UV-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	3 .3 V	1 pF	18 kV	8 A	是
PESD2USB3UX-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	3 .3 V	0 .7 pF	8 kV	4 A	是
PESD2USB5UV-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	5 V	0 .9 pF	22 kV	10 A	是
PESD2USB5UX-T	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	SOT23	2	5 V	0 .6 pF	8 kV	4 A	是
PESD4USB3U-TBR	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	3 .3 V	0 .34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5U-TBR	适用于USB2.0、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	5 .5 V	0 .34 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB3B-TBR	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	3 .3 V	0 .25 pF	15 kV	7 A	是
PESD4USB5B-TBR	适用于USB3.2、HDMI、LVDS、SerDes的汽车TrEOS	DFN2510A-10 (SOT1176-1)	4	5 .5 V	0 .25 pF	15 kV	7 A	是
PESD1LVDS	LVDS、HDMI、DisplayPort、通过电容匹配或USB线路与CC1、CC2实现双通道保护	DFN2510-10 (SOT1165)	2	5 .5 V	0.6 pF (典型值)	8 kV	-	是
PESD18VF1BL	音频接口、充电器端口、天线、（NFC、WiFi）、LVDS、SerDes	DFN1006-2 (SOD882)	1	18 V	0 .5 pF	10 kV	1 A	是
PESD24VF1BL	音频接口、充电器端口、天线、（NFC、WiFi）、LVDS、SerDes	DFN1006-2 (SOD882)	1	24 V	0 .45 pF	10 kV	1 A	是
PESD30VF1BL	音频接口、充电器端口、天线、（NFC、WiFi）、LVDS、SerDes	DFN1006-2 (SOD882)	1	30 V	0 .4 pF	12 kV	1 A	是
PESD5V0F1BL(D)	超低电容，带有可焊性侧面(SWF)的DFN1006D-2，便于进行自动光学检测(AOI)	DFN1006(D)-2 (SOD882(D))	1	5 .5 V	0 .55 pF	10 kV	2 .5 A	是
PESD5V0X1BCAL	仅USB2.0线路	DFN1006D-2 (SOD882)	1	5 .5 V	0 .95 pF	15 kV	1 .8 A	是
PESD5V0X1UALD	仅USB2.0线路，可焊性侧面(SWF)，便于进行自动光学检测(AOI)	DFN1006D-2 (SOD882D)	1	5 .5V	1 .75 pF	15 kV	2 A	是
PESD5V0C1BLS-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的双向单线汽车ESD保护。	DFN1006BD-2	2	5 V	0 .3 pF	15 kV	6 .5 A	是
PESD5VC1ULS-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的单向单线汽车ESD保护。	DFN1006BD-2	1	5 V	0 .6 pF	15 kV	6 .5 A	是
PESD5V0C2UM-Q	适用于USB 3.0、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的单向双线汽车ESD保护。	DFN1006-3	2	5 V	0 .6 pF	15 kV	6 .5 A	是
PESD5V5C1BL-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的双向单线汽车ESD保护。	DFN1006-2	2	5 .5 V	0 .3 pF	15 kV	6 .5 A	是
PESD5V5C1UL-Q	适用于USB 3.2、HDMI 2.0、LVDS、A/V监视器、显示器和相机等高速接口的单向单线汽车ESD保护。	DFN1006-2	1	5 .5 V	0 .6 pF	15 kV	6 .5 A	是

瞬时电压抑制器(TVS)

供电线路保护简介

瞬时电压抑制器(TVS)保护供电线路免受高电流浪涌脉冲的影响。高电流浪涌脉冲可能来自外部，也可能来自内部。外部浪涌事件可能起源于暗线箱或带电电缆的放电事件等。内部浪涌事件可能起源于开关事件或负载变化等。在Nexperia术语中，ESD保护产品和TVS产品有不同的定义。具体而言，TVS保护器件（PTVS或MMBZ）可耐受因高电流浪涌脉冲造成的更高的能量，主要应用于电源线。在一些参考文献中，或者一些保护器件供应商会将这两种保护器件均归类为TVS。

脉冲标准

根据脉冲源的不同，可能会产生不同的脉冲波形（即，脉冲长度和上升/下降时间）和能量。IEC 61000-4-5等标准旨在描述雷击对电源线的直接或间接影响，但如果器件通过了满足这个标准的测试，则不会受到这些事件的影响。测试方法用于表征器件在所含能量相当、脉冲波形相似的其他事件中的稳健性。

TVS操作

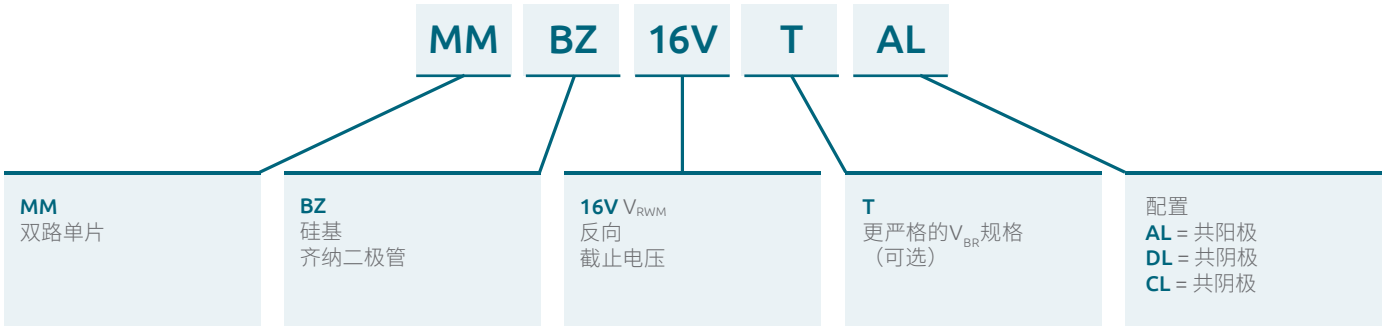
只要受保护线路上的电压低于TVS二极管的击穿电压，保护器件就不会作出反应。一旦线路上的电压达到保护器件的击穿电压时，便开始将电流导向地面，这导致电压被钳位到V_{CL}。

组合

针对汽车领域的应用，Nexperia提供两个截然不同的TVS二极管系列：

- MMBZ——传统行业标准，双路单片硅基齐纳二极管，P_{tot}为24 W或40 W，共阳极或共阴极配置，SOT23塑料SMD封装
- PTVS——功能更强大的单向单路TVS二极管，两引脚夹片粘合CFP3 (P_{tot} = 400 W)或CFP5 (P_{tot} = 600 W)封装。

Nexperia的TVS二极管命名约定



ESD保护设计

ESD设计的黄金法则：

1. 将设备放置在尽可能靠近输入端子或连接器的位置，并增加与PHY的距离。
2. 尽量缩短器件与受保护线路之间的路径长度。
3. 尽量减少并行信号路径。
4. 避免将受保护的导体与未受保护的导体并联运行。
5. 尽量减少所有印刷电路板(PCB)导电回路，包括电源和接地回路。
6. 尽量缩短瞬时返回路径到地面的长度。
7. 避免使用接到公共接地点的共用瞬时返回路径。
8. 尽量使用接地层。对于多层PCB，请使用接地导通孔。

有关Nexperia汽车ESD和TVS产品的更多信息，请参考：
https://www.nexperia.com/esdprotection

© 2023 Nexperia B.V.

保留所有权利。未经版权所有者事先书面同意，禁止复制本文全部或部分内容。本文档中所提供的信息不构成任何报价或合同的一部分，且被认为是准确可靠的，如有变更，恕不另行通知。对于使用本文档所产生的任何后果，出版方概不承担任何责任。出版内容既不传达也不暗示专利或者其他工业或知识产权下的任何许可。

发布日期：

2023年2月

印刷：

荷兰

nexperia.com