

# 汽车高速视频链路的ESD保护

## 在不影响信号完整性的情况下保护高速视频链路的挑战

 Nexperia ESD和EMC应用市场营销经理Dr.-Ing. Andreas Hardock

 Nexperia ESD和EMC产品经理Lukas Droemer

自动驾驶是预计将会改变汽车行业未来的重大趋势之一。要让自动驾驶得到成功采用，必须克服各种障碍，例如驾乘人员需要更高的安全性和更多信息。这类需求又推动了高级辅助驾驶系统(ADAS)和安全信息娱乐应用的发展，使它们能够在未来的自动驾驶汽车中得到使用。

随着自动驾驶趋势的发展，汽车内部的摄像头和显示屏数量迅速增长。虽然视频链路提供了足够的数据速率（高达16GB），能满足用户对高质量内容的需求，但对于这些敏感的接口而言，汽车仍然不是友好的使用环境。此类复杂链路采用的物理层(PHY)技术需要符合汽车电磁兼容性(EMC)要求的外部静电(ESD)保护。对于ESD保护，这会带来一些新的挑战。一方面，ESD器件应该保护电路，防范高电压ESD事件。另一方面，在正常工作过程中，ESD器件应该是最不起眼的组件，不对信号完整性(SI)产生严重影响。除了封装和布线之外，满足信号完整性的主要本质参数是ESD器件的结电容。随着数据速率提高，对更低结电容的需求将会增加。本文将讨论ESD保护器件对信号完整性的影响，并与其他链路组件进行比较，例如差分视频链路中的线缆、连接器和PCB。为此，我们将在ADS中构建从Rx到Tx的完整链路，并执行散射参数仿真。

### 视频链路

视频链路也称串行器/解串器(SerDes)，是指使用串行接口传输从并行数据流中获得的数据的设备总称。这些接口为高带宽、点对点式设计，通常延迟性能并不关键。这些接口主要是单向工作，或是双向工作，而其中一个方向的带宽明显高于另一方向。

串行数据流的物理实现可以使用低压差分信号(LVDS)进行差分处理，也可以使用同轴电缆进行单端处理。（也可以使用光学链路，但它们不是标准，因而在这里不再讨论。）此外，除了传输数据流之外，具有单端物理层的视频链路接口有时还会用来向ECU供电。对于同轴单端链路，此技术被称为同轴电缆供电(PoC)，类似于数据线供电(PoDI)或以太网供电(PoE)。

视频链路接口主要用于传输视频数据。最常见的应用是在信息娱乐中连接显示屏、车身和辅助应用（例如泊车摄像头和用于ADAS应用的摄像头）。特别是对于摄像头来说，PoC功能非常有吸引力。在现代化区域体系结构中，视频链路接口可提供出色的点对点连接，以满足高分辨率传感器数据的需要。目前行业提倡对汽车应用的视频链路接口进行标准化，但尚未发布通用的标准。因此，在汽车领域中，用户普遍使用专有解决方案，下面我们举几个例子。

## APIX — 汽车像素链路

汽车像素链路(APIX)由Inova Semiconductors设计，并于2008年由Fujitsu授予许可。它可用于在长达15 m的距离内传输数字视频信号。第三代APIX3已于2016年发布，数据速率最高达到6GB/秒。

## GMSL — 千兆多媒体串行链路

GMSL是Maxim Integrated专有的SerDes接口，主要用于摄像头应用。第三代GMSL将数据速率提高至10GB/秒以上，还可支持PoC。

## FPD-Link — 平板显示器链路

FPD-link最初是为视频显示而设计的，但将摄像头连接到ADAS计算单元也很常见。如今，FPD-link由TI拥有，在汽车ADAS应用中非常受欢迎。FPD-Link III支持通个单个链路实现高达13.3 Gbit/s的数据速率和双向通信。此外，FPD-Link III允许在单端链路中使用同轴电缆和PoC。

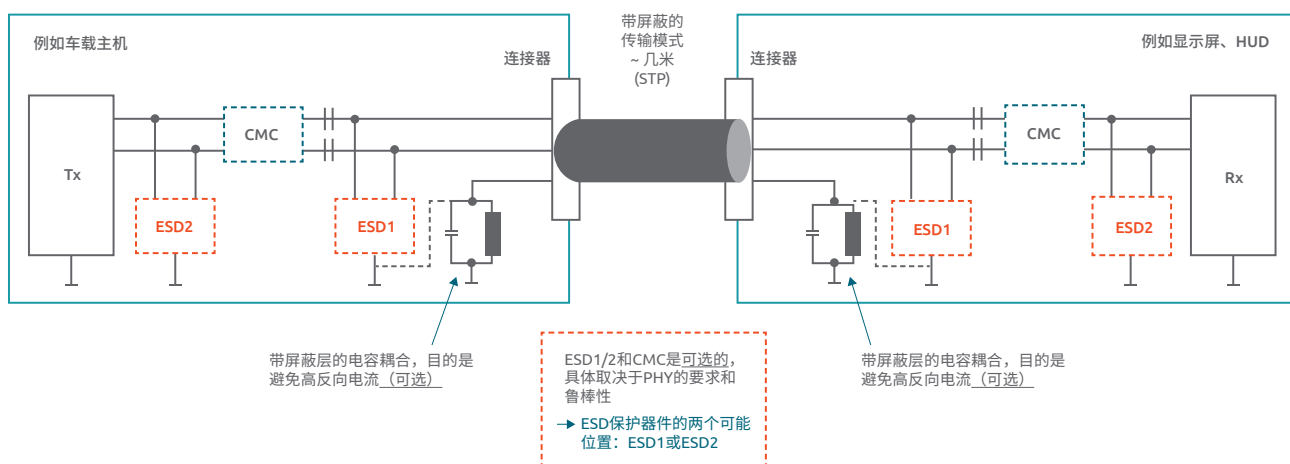


图1: 差分视频链路的原理图，包括收发器和接收器。

aaa-033481

## 视频链路的ESD要求

上文介绍的三种视频链路接口对外部保护有相似的要求。正如上文所述，在选择合适的ESD保护器件时，应该重点关注两个主要参数：ESD和信号完整性。下面我们将对这两个参数进行论述。

为了实现10kV或更高的ESD保护，并在实际应用中构建非常稳定的系统，必须采用先进的保护技术，例如可控硅整流器(SCR)和开基晶体管。如图1所示，ESD保护器件有两个可能位置：ESD1和ESD2。要达到最佳ESD保护性能，应选择的位置是ESD1，这样就会直接在远离敏感的PHY和电路的连接器处钳住ESD脉冲。

通常，在汽车测试中，还要为视频链路执行“电池短路”测试。在这种情况下，ESD1位置可能已被占用，这要求ESD保护器件的反向截止电压(VRWM)高于13.5V。如果不执行电池短路测试，则可以选择5V或更低的VRWM。由于在直流电路电容具有“隔直”作用，因此ESD2位置不受电池短路测试的影响。在这种情况下，可以使用5V或更低的截止电压。某些情况下，需要有带屏蔽层电缆的电容耦合，可看作是ESD保护器件的可能接地参考。

当今汽车的信息娱乐系统需要高分辨率、高质量的视频流。因此视频链路的数据速率日益加快。新一代视频链路已经达到了13Gbps的高数据速率，今后还可能提高到16Gbps。在此类场景下，对于设计工程师而言，信号完整性扮演着非常关键的角色。

选择ESD保护器件时，如果将信号完整性作为关注重点，则要考虑多个参数。正常工作过程中，ESD保护器件两端的电压非常小，通常低于1V。在这种情况下，ESD保护器件充当一个电容，并联在信号传输路径上。

对于信号完整性而言，器件电容Cd是最重要的参数之一。由于数据速率高达16GB/秒，因此必须达到小于1 pF的超低Cd值，这一点非常关键。此电容对散射参数的全面影响如图2所示，最高频率达到6GHz。

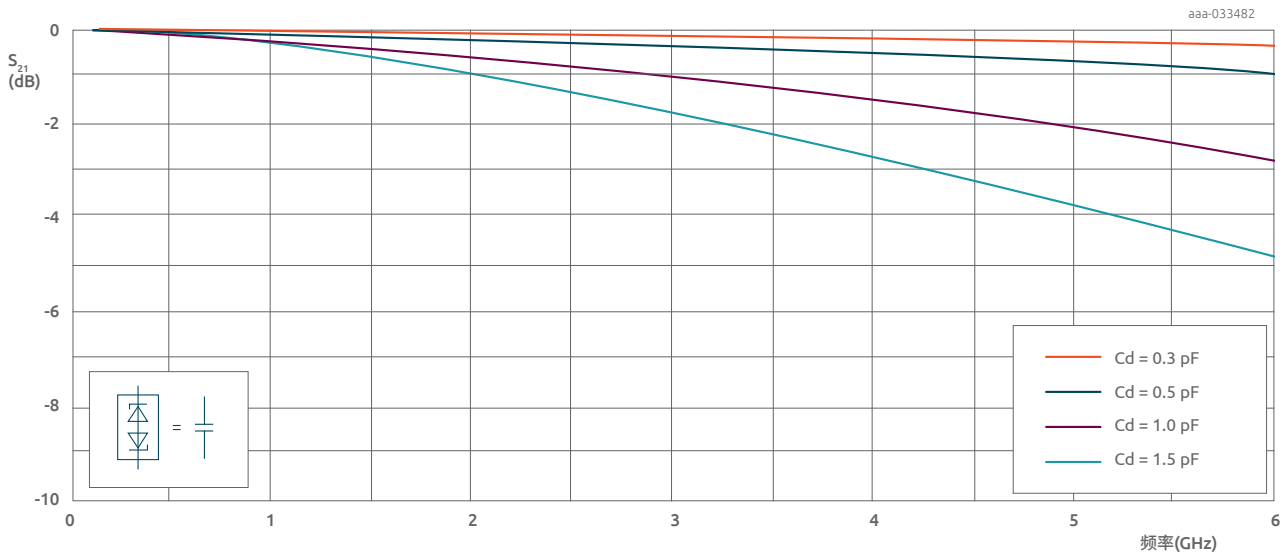


图2：典型的器件电容值的插入损耗与频率。低于1.1pF的电容值对信号传输几乎没有影响。

低于1pF的电容值的曲线在3dB极限值上方，0.5pF的电容值的曲线甚至在1dB上方。因此，在最高6GHz的频率下，低于1pF甚至低于0.5pF的电容值都允许很好的信号传输。

另外，封装及其对信号线路布线的影响，可能对信号完整性产生很大影响。一般来说，最佳选择是紧凑型无引脚封装，例如DFN（双侧扁平无引脚封装），与有引脚封装相比，它的寄生效应比较小。此外，它们通常具有很小的管脚尺寸，只会对信号线路的布线产生很小的影响，因而对阻抗的影响也非常小。ESD保护器件的电容可以视为显性值。

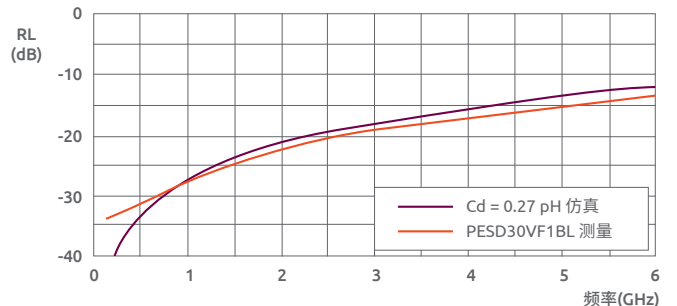
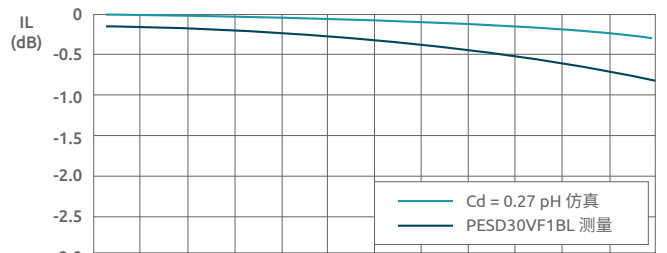
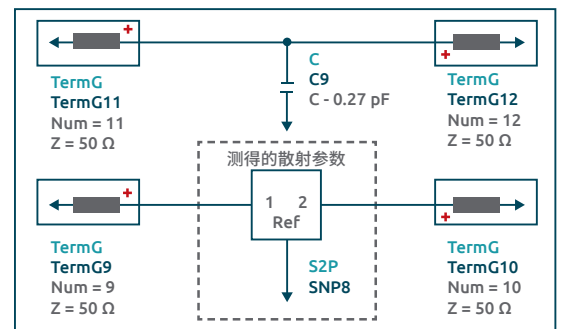


图3：Cd = 0.27pF的器件电容的散射参数仿真，以及与实际器件测量的散射参数的比较。在最高6GHz的频率下，仿真结果与实测值比较一致。

Nexperia

PESD30VF1BL

双向ESD保护二极管

### 9. 特性

表6. 特性

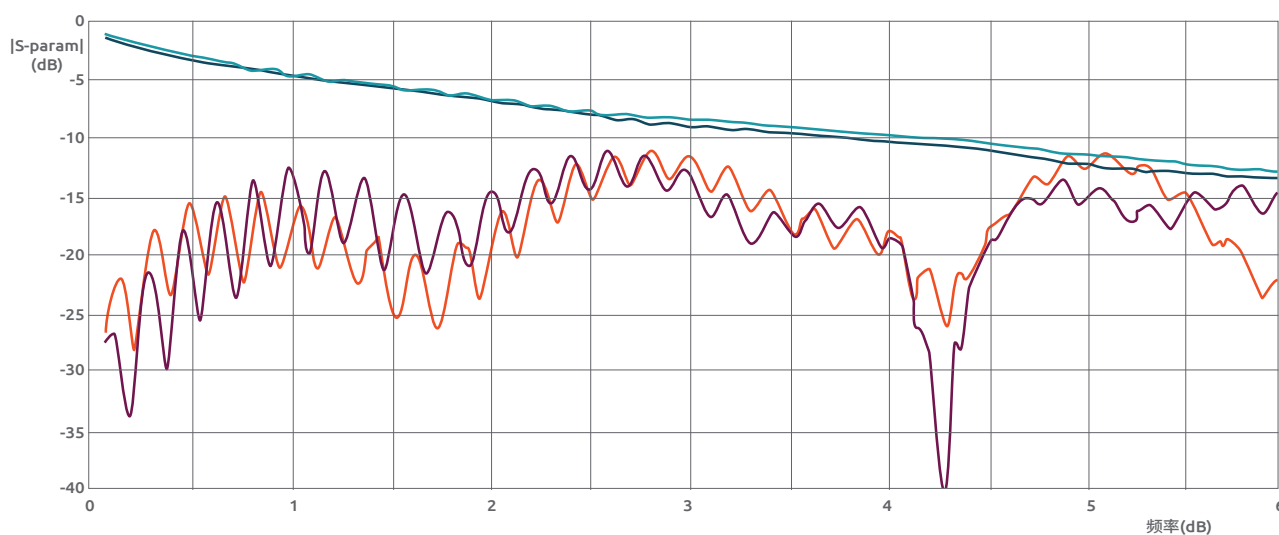
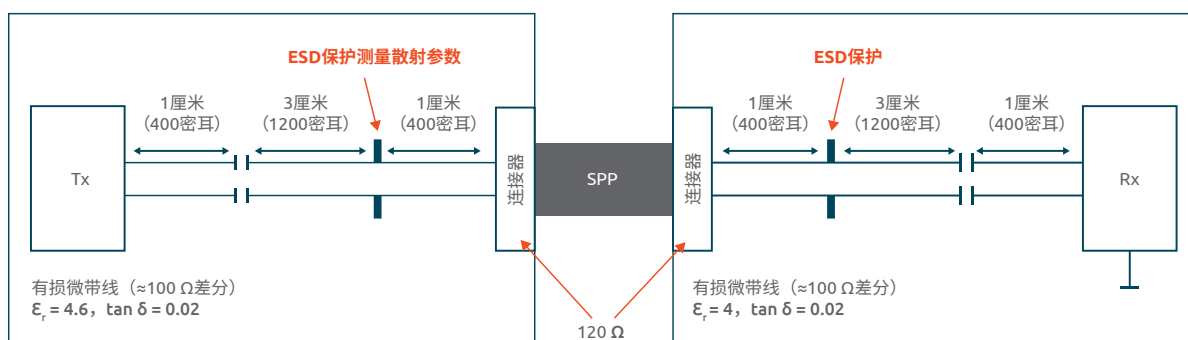
符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{RWM}}$	反向截止电压	$T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	-	-	30	V
$V_{\text{RM}}$	反向击穿电压	$I_{\text{R}} = 10 \text{ mA}; T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	31	34	39	V
$I_{\text{RM}}$	反向漏电流	$V_{\text{R}} = 30 \text{ V}; T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	-	0.1	50	nA
$C_{\text{D}}$	二极管电容	$F = 1 \text{ MHz}; V_{\text{R}}; T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	-	0.27	0.4	pF
$V_{\text{CL}}$	钳位电压	$I_{\text{PRM}} = 1 \text{ A}; T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	[1]	-	6.5	V
		$I_{\text{SP}} = 16 \text{ A}; T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	[2]	-	23	V
$R_{\text{dyn}}$	动态电阻	$I_{\text{R}} = 7.5 \text{ A}; T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$	[2]	-	0.7	$\Omega$

图3显示了仿真器件的电容与实际ESD保护器件PESD30VF1BL的测量值的比较。在这里，我们使用数据手册中的 $C_d = 0.27\text{pF}$ 典型值进行仿真。该产品是一种微型的无引脚表面贴装器件(SMD)塑料封装，可防止一条信号线被ESD和其他瞬态脉冲损坏。在最高6GHz的频率下，插入损耗(IL)和回波损耗(RL)都比较接近，这表明器件电容为信号完整性提供了很好的指示。

为了研究对整个链路的信号完整性的影响，包括串行器(Tx)和解串器(Rx)，我们在ADS中对整个PCB和线缆传输进行了仿真，请参见图4。我们使用 $100\Omega$ 的有损微带线，对PCB进行仿真。使用典型的FR4作为基板， $\epsilon_r = 4.6$ ， $\tan\delta = 0.02$ 。我们选择 $100\text{nF}$ 电容器作为直流模块。采用典型的10米长的屏蔽双绞线线缆(SPP)，测量散射参数。

连接器使用 $120\Omega$ 不匹配的微带线进行仿真。事实上，连接器的阻抗在很大程度上取决于PCB层叠和布局，可能在 $60$ 至 $150\Omega$ 之间或更高，这对整个信号传输至关重要。

为了研究ESD保护器件的影响，我们使用了Nexperia PESD30VF1BL的测量散射参数。该器件的典型电容值为 $0.27\text{pF}$ ，采用非常紧凑的无引脚封装(SOD882BD)。应该注意，在此设置中，由于采用非常紧凑的封装，它对信号完整性的影响很小，我们没有考虑PCB布线方面。图4显示了在使用和不使用ESD保护器件的情况下，从Tx到Rx的完整链路的散射参数比较(IL和RL)。我们可以发现，线缆、连接器和PCB对参数的影响最大。ESD保护器件的影响不太重要。



aaa-033484

图4: a) ADS中的链路设计，旨在研究ESD保护器件对差分散射参数的影响。  
b) 与链路中的其他组件（例如线缆或连接器）相比，ESD器件的影响非常小。

## 结论

现代汽车系统对信息娱乐和安全性的需求急剧增长，因而我们需要非常先进的高速解决方案，可以通过EMC合规性测试，并在实际应用中保持稳定可靠。ESD可能导致出现故障，甚至导致对系统的不可逆破坏，这正是制造商会花费大量成本召回产品的原因所在。ESD保护器件是避免这些故障、保持系统高度可靠稳定所必需的。

除了现有的视频链路协议之外，汽车行业内部正在探讨其他一些替代技术。汽车SerDes联盟是一个开放委员会，其创立目的是制定高速视频链路的通用标准，提供更多的可靠性和性能保证。

同时，测试表明，Nexperia针对信息娱乐设计提供的车规级器件兼具低电容、低钳位电压和高ESD鲁棒性优势。这些产品采用相同的有源可控硅整流技术来克服传统保护难题。因此，电容可以低至0.5 pF，钳位电压只有3 V，器件可承受高达10 A 8/20  $\mu$ s的浪涌和ESD脉冲。另外，这些ESD保护器件符合所有汽车认证标准，采用非常紧凑和合适的高速封装。

### 关于Nexperia

Nexperia是大批量生产基础半导体器件的专家，其产品广泛应用于全球各类电子设计。该公司的产品组合包括二极管、双极性晶体管、ESD保护器件、MOSFET器件、氮化镓场效应晶体管(GaN FET)以及模拟IC和逻辑IC。Nexperia的总部位于荷兰奈梅亨，每年交付900多亿件产品，产品符合汽车行业标准。其产品在效率（如工艺、尺寸、功率及性能）方面获得行业广泛认可，拥有先进的小尺寸封装技术，可有效节省功耗及空间。Nexperia拥有超过12,000名员工，分布在亚洲、欧洲和美国。

[在此处查找您的地区销售办事处](#)

有关适用于汽车行业的Nexperia ESD产品的更多信息，请访问：

<https://www.nexperia.com/applications/automotive/multimedia-bus-protection.html>

#### © 2021 Nexperia B.V.

保留所有权利。未经版权所有者优先书面同意，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。

[nexperia.com](http://nexperia.com)

#### 发布日期：

2021年7月

