

汽车

ADAS

雷达系统



目录

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. 引言 | 3 |
| 2. 应用说明 | 5 |
| 3. 应用趋势 | 6 |
| 4. 应用概览 | 8 |
| 5. 设计挑战、解决方案和Nexperia安世产品组合 | 10 |
| 6. 产品推荐 | 25 |

1. 引言

高级驾驶辅助系统(ADAS)是当前汽车行业的主要发展趋势之一。ADAS最初仅作为豪华车型的可选配置推出,如今已逐步成为市面上多数在产新车型的标准配置。顾名思义,这类系统可在各类驾驶任务中为驾驶员提供辅助支持,进而帮助提升驾驶过程的安全性及舒适性。

传感器是ADAS不可或缺的组成部分。其作用是采集车辆周边的环境信息,并将这些信息传输至处理与控制单元;在处理与控制单元中,系统会自动做出决策,并执行相应操作。当前,ADAS采用的传感器类型较为多样,包括摄像头、雷达、激光雷达以及超声波传感器。根据具体功能需要的信息,不同的功能会采用一种或多种传感器(见图1)。

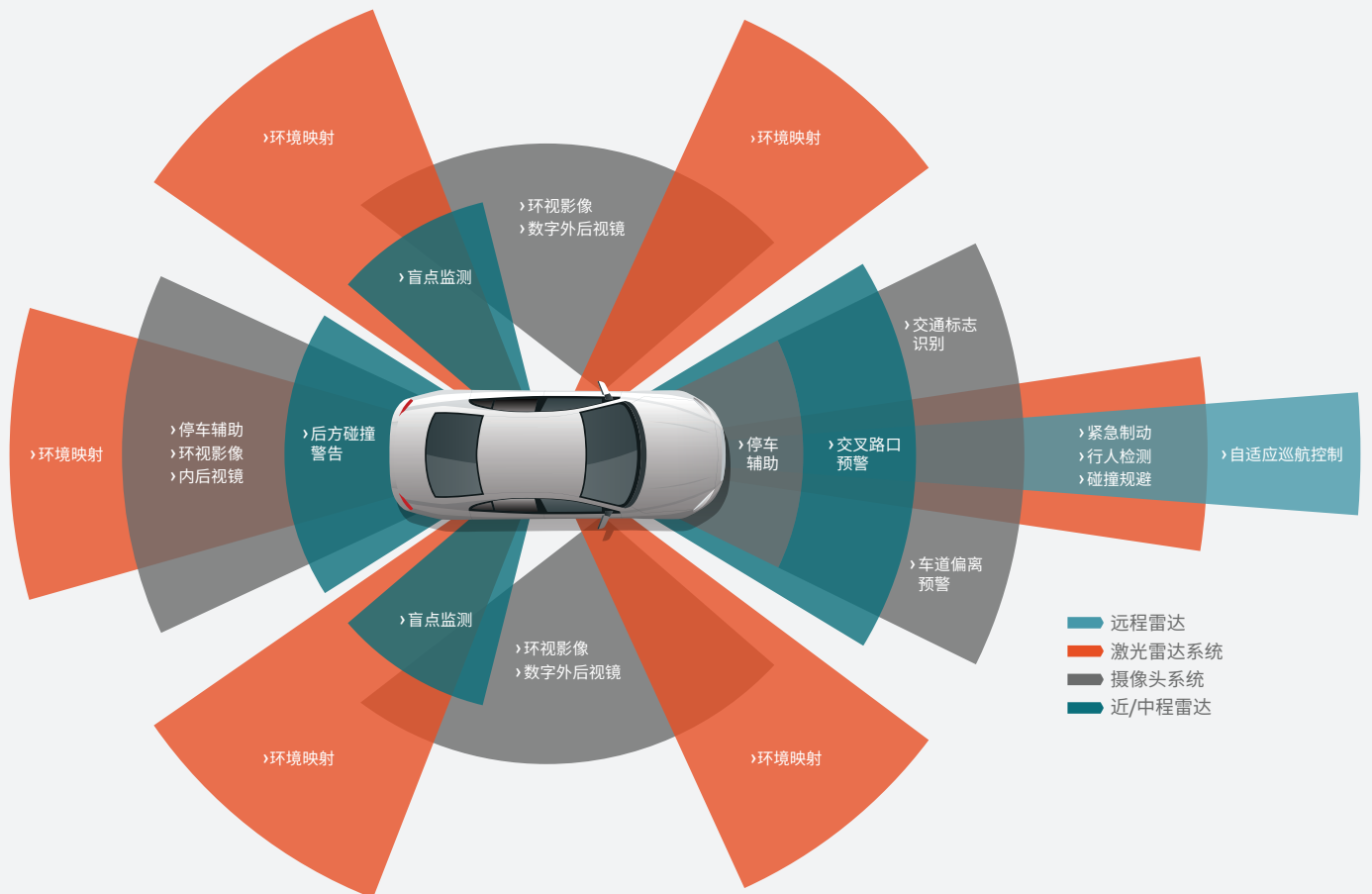


图1. ADAS传感器、功能及检测范围。

雷达传感器

雷达是“无线电探测与测距”(Radio Detection And Ranging)的首字母缩写。雷达传感器向目标物体发射电磁波，再对接收到的物体反射波进行分析。这类传感器主要由两部分构成：一是生成并发射电磁波的发射器，二是接收反射波的接收器。信号处理功能从接收信号中提取目标的属性信息。汽车雷达传感器则能通过分析反射波的属性，获取目标物体的距离、速度及方向信息。

汽车雷达传感器在ADAS中应用广泛，具备经济性与技术性两方面的优势。

经济性优势

- › 雷达的制造成本与摄像头系统相近，且显著低于激光雷达传感器。自雷达技术问世以来，其成本呈现大幅下降趋势，这一变化主要得益于半导体技术的进步以及传感器封装成本的降低。
- › 作为最早应用于ADAS系统的传感器类型之一，雷达传感器在全球主要区域均拥有广泛的供应商基础，覆盖AMEC、EMEA、中国、日本及韩国等市场。

技术性优势

- › 在光线不足或下雨、沙尘等恶劣天气条件下，雷达传感器仍能保持稳定的性能表现。
- › 相较于摄像头系统或激光雷达传感器，雷达传感器具备更远的探测距离。
- › 雷达传感器是目前少数可实现与车身隐藏式集成的传感器类型。若需实现车辆360度全方位感知，需在车身内部集成多个传感器，而雷达传感器能够在不影响车辆外观美观度的前提下，满足这一集成需求。

| 关键要求 | 雷达 | 摄像头 | 激光雷达 |
|--------|----|-----|------|
| 深度分辨率 | ● | ● | ● |
| 深度探测距离 | ● | ● | ● |
| 恶劣天气 | ● | ● | ● |
| 低光性能 | ● | ● | ● |
| 速度 | ● | ● | ● |
| 成本 | ● | ● | ● |
| 角分辨率 | ● | ● | ● |
| 交通标志 | ● | ● | ● |
| 物体边缘精度 | ● | ● | ● |
| 车道检测 | ● | ● | ● |
| 颜色识别 | ● | ● | ● |

● 优异 ● 中等 ● 较差

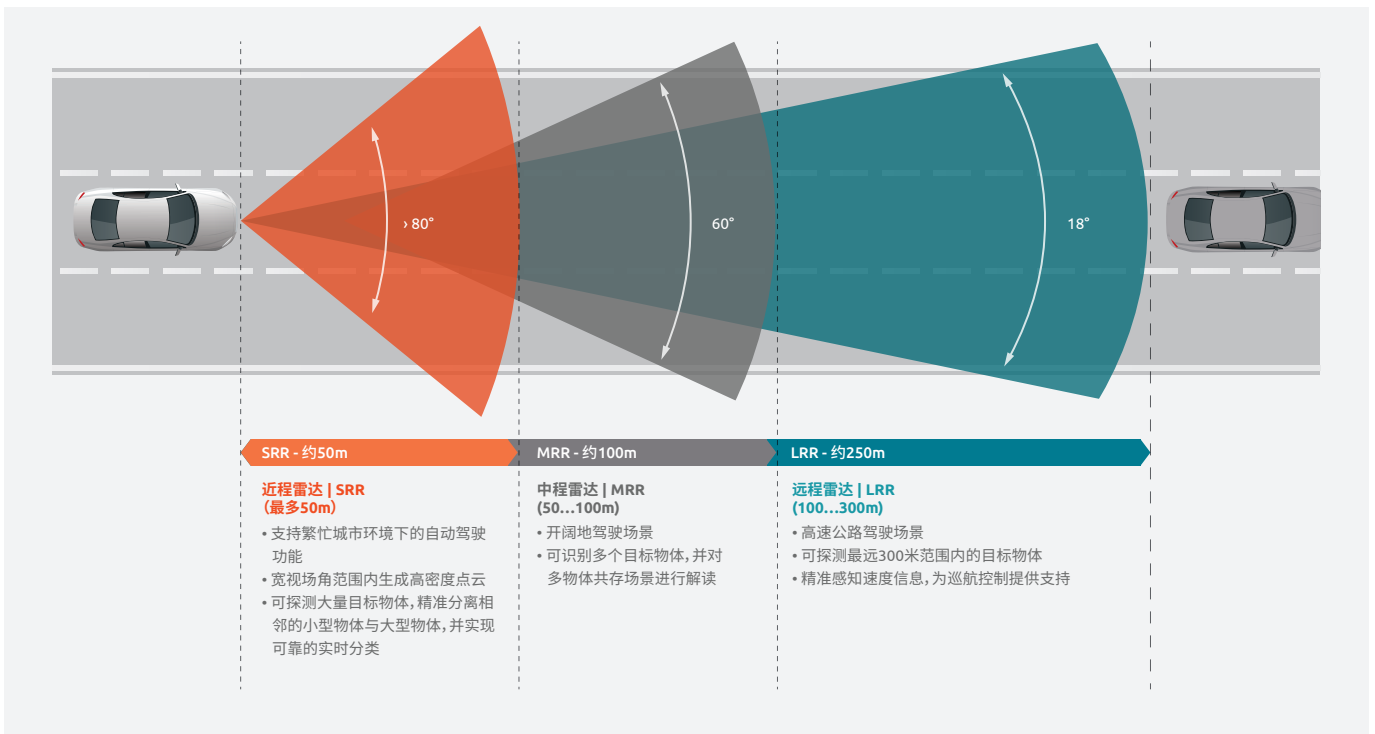
2. 应用说明

雷达传感器主要可分为以下四类：

- › 座舱内雷达
- › SRR - 近程雷达
- › MRR - 中程雷达
- › LRR - 远程雷达

› 座舱内雷达在市场上的关注度正持续上升,属于车辆舒适性配置的重要组成部分。随着新的用户安全标准出台,这类系统在当前车型中的重要性也日益凸显。座舱内雷达的主要应用包括驾驶员/乘员检测与监测(DMS/OMS)以及安全带提醒(SBR)。

- › 近程雷达系统通常用于车辆低速行驶或有障碍物靠近车辆的场景,常见应用包括盲点监测(BSD)或变道辅助(LCA)。
- › 近程雷达与中程雷达传感器可安装在车辆的四个角落及车身侧面,这类安装方式被称为“角雷达”。借助角雷达,系统能在驾驶员肉眼发现障碍物或行人之前对其进行探测,并触发自动紧急制动(AEB)功能。
- › 远程雷达最常见的安装位置是车辆前部,这是因为其能够探测前方较远距离处交通状况变化。



不同雷达在汽车中的部署位置

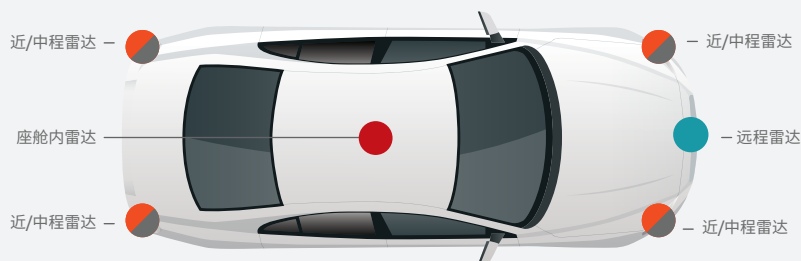


图2. 雷达传感器：检测范围、功能以及在车身中的位置。

3. 应用趋势

带宽演进

自汽车雷达技术应用以来，其工作频段持续发展。最初，雷达的工作频率为24 GHz，随后逐步过渡至77 GHz频段。相较于24 GHz频段，77 GHz频段具备多项优势：

可用带宽更大，分辨率更优

用于汽车雷达的77 GHz频段使用76-81 GHz的频率范围，带宽超过4 GHz；而汽车雷达所用的24 GHz频段，可用带宽仅为200 MHz。这种宽带宽特性有助于提升距离分辨率与距离精度。距离分辨率是指区分两个近距离相邻物体的能力，距离精度是指测量单个物体距离的准确性。由于距离分辨率与距离精度均与扫描带宽成反比，因此77 GHz雷达传感器在距离分辨率与距离精度上的性能约为24 GHz雷达的20倍。

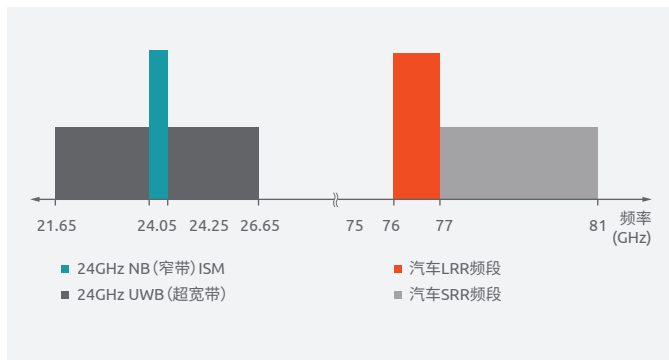


图3. 雷达传感器从24 GHz过渡到77 GHz过程中的带宽扩展。

射频频率与速度分辨率和速度精度同样呈反比。速度分辨率是指雷达区分不同速度运动物体的能力，速度精度则指雷达测量物体实际运动速度的精确程度，二者均为跟踪运动物体的关键参数。因此，频率越高，速度分辨率与速度精度通常更优。与24 GHz传感器相比，77 GHz传感器的速度分辨率与速度精度提升约3倍。速度分辨率在停车辅助应用中具有重要作用，此类场景下车辆需在低速状态下实现精准操控。

此外，更高的分辨率还能提升对汽车等大型物体的探测与规避能力，同时助力对行人等小型物体的有效规避。在能见度较低的场景中，也能帮助驾驶员更清晰地分辨物体。

外形尺寸更小

77 GHz雷达系统的外形尺寸明显小于24 GHz雷达。由于天线尺寸与频率呈线性关系，77 GHz信号的波长仅为24 GHz系统的1/3，因此77 GHz雷达天线所需的面积仅为同类型24 GHz天线的1/9。

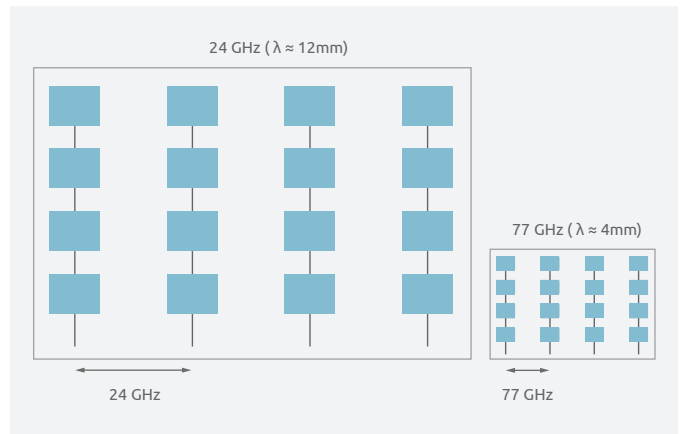


图4. 雷达传感器从24 GHz过渡到77 GHz过程中的空间节省。

功率水平更高：

77 GHz雷达的允许发射功率水平相对更高。汽车雷达在77 GHz频段的有效全向辐射功率(EIRP)为55 dBm (-3 dBm/MHz)。24 GHz雷达的EIRP峰值限制仅为20 dBm。这种高功率特性使雷达能够覆盖自适应巡航控制等前部远程应用场景。

4D成像雷达问世

近些年, 汽车市场中出现了一种新型雷达, 即行业内通常所说的4D成像雷达系统。传统雷达系统主要用于在水平平面内扫描道路, 并识别物体的三维信息, 即距离、方向与相对速度。4D成像雷达则能够额外捕捉第四个维度信息, 即垂直维度。凭借水平与垂直两个维度的数据信息, 4D成像雷达可探测到大量不同的反射点; 这些反射点经映射后, 能够形成类似图像的效果。

在高级驾驶辅助系统(ADAS)的开发中, 4D成像雷达对部分L2与L3功能具有重要意义, 同时也是支持L4与L5自动化汽车的关键技术之一: 相较于传统雷达传感器, 4D成像雷达能在更远距离上以更高精度探测运动物体与静止物体。

在下方示意图中, 可从“传感器捕捉物体多维度信息的能力”角度, 对各类ADAS传感器进行对比。传统雷达是探测车辆周边物体距离与速度的适用技术, 而4D成像雷达则在物体的角度探测与分类能力上实现了显著提升。

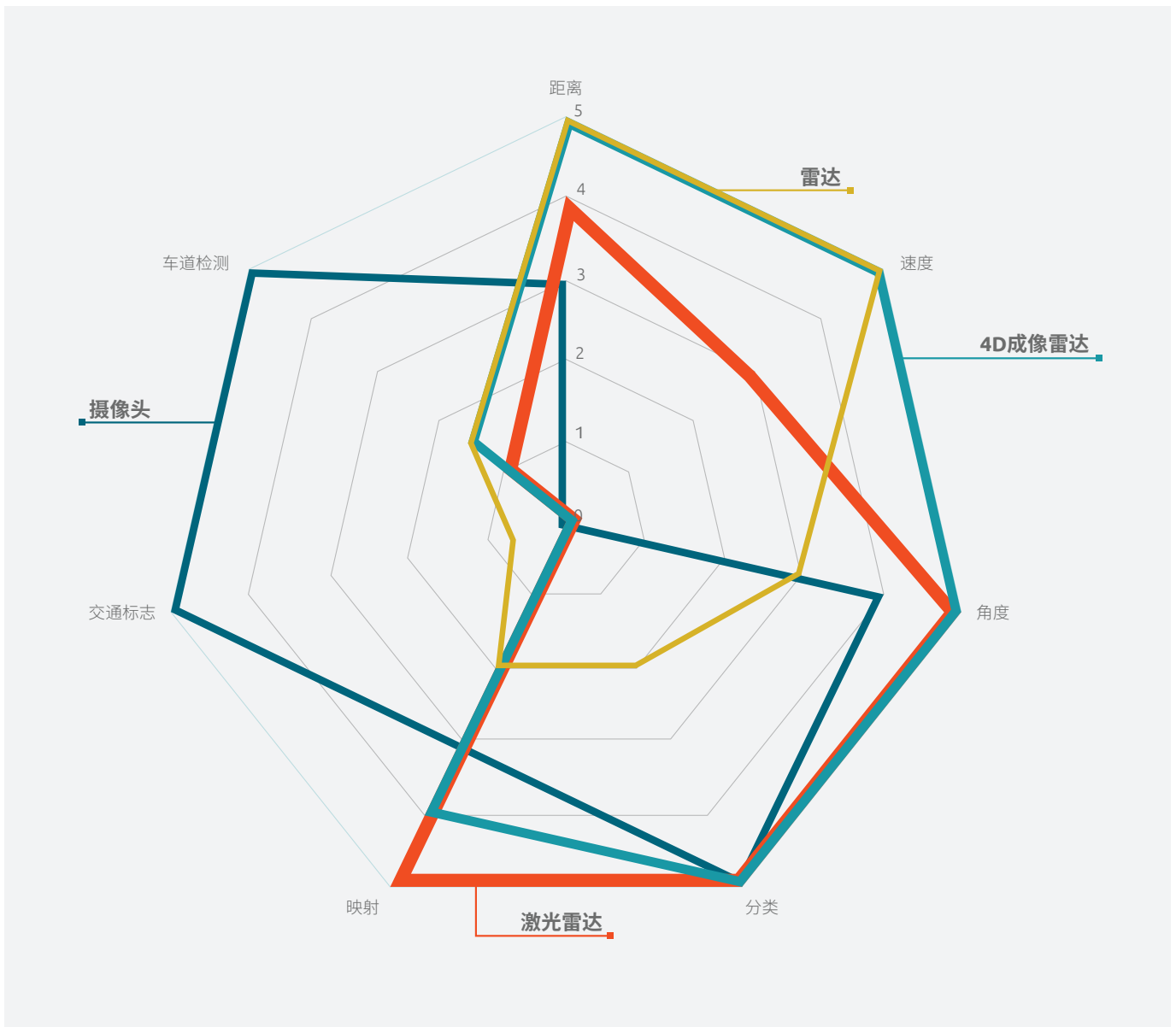


图5. ADAS系统蜘蛛图。

4. 应用概览

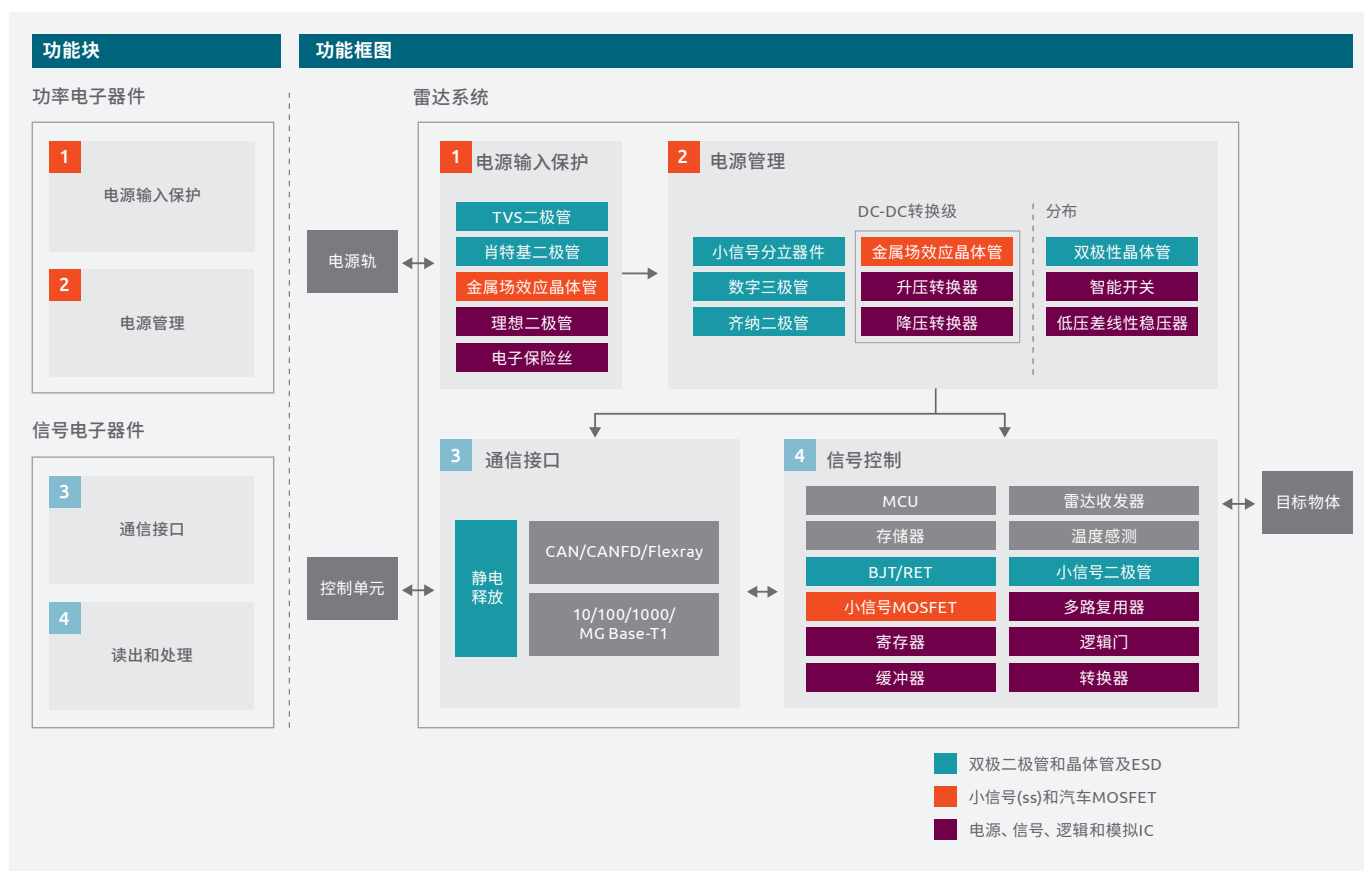


图6. SRR/MRR/LRR框图。

上图所示框图概述了通用雷达系统中的核心器件。与多数应用一样，框图内的功能模块可划分为电源处理模块与信息处理模块两大类，两类模块均设有对外接口部分。

- 1 电源输入保护模块负责实现雷达与汽车供电网络的对接，该供电网络可由电池或DC/DC转换器提供电力支持。其核心功能包括：保护雷达免受外部干扰影响；在雷达未启用时限制功耗；以及在雷达发生故障时，保障外部系统维持正常功能。
- 2 电源管理模块内置电压转换机制，能够将输入电压转换为雷达内部其余组件适用的电压等级。这一转换过程通常通过集成电路中的开关型降压转换器与升压转换器实现，也可采用分立式MOSFET设计。

之后，LDO会对这些电压进行进一步的精准稳压。智能开关可对特定时段内不使用的电路进行供电限制。电压监测或唤醒电路等其他电路则可通过小信号MOSFET、BJT及二极管实现。

- 3 通信接口模块包含高速CAN或以太网PHY，并配备相应的ESD保护装置，以保障与控制单元之间通信的可靠性。
- 4 信号控制模块包含MCU、存储器以及雷达收发器本身。逻辑器件与小信号器件可实现配套逻辑功能、与已有模块的接口对接，以及额外的安全层功能。

关于所采用电路的更详细示意图，将在下一页的图7中呈现。

Nexperia产品布局示意图

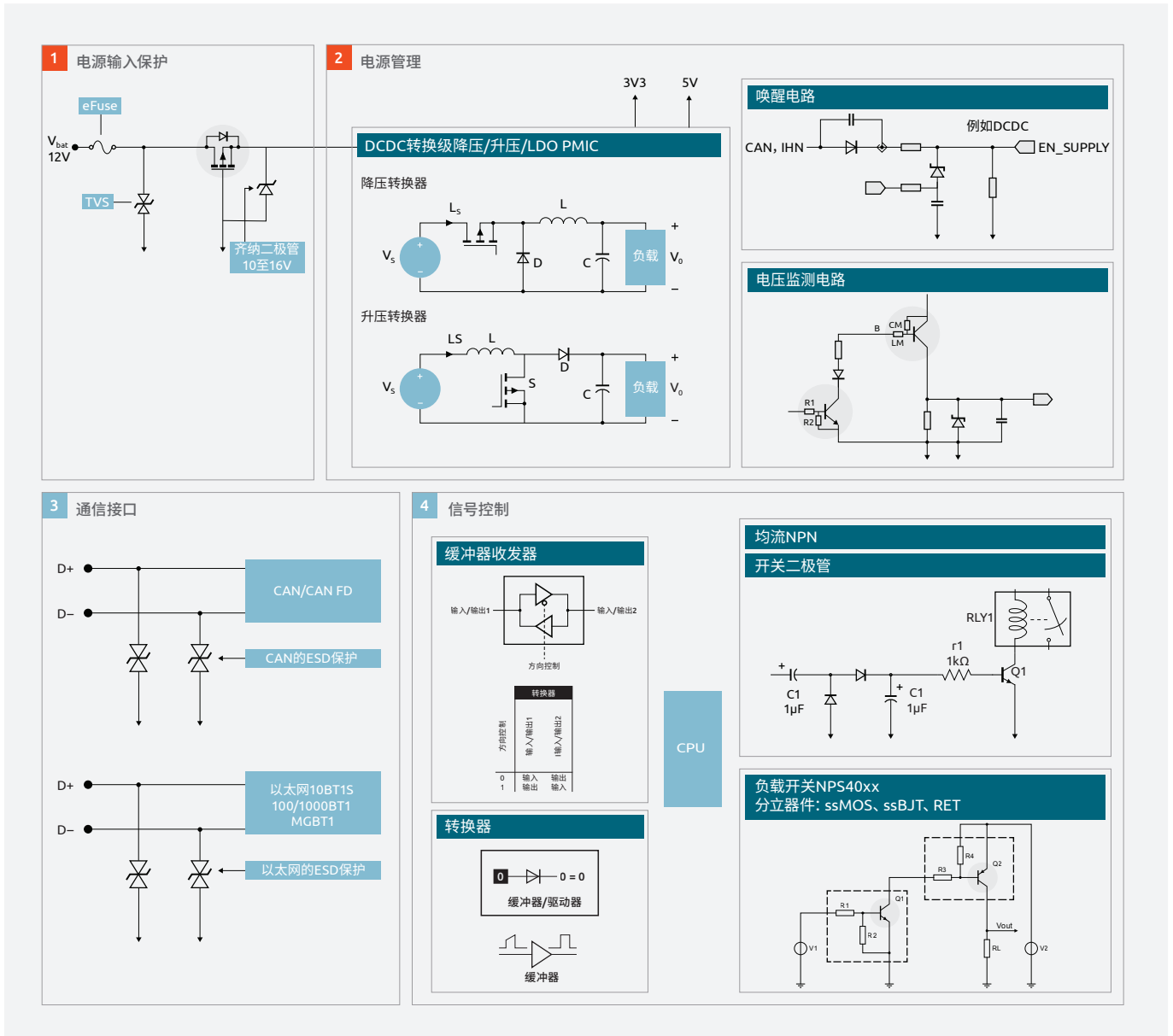
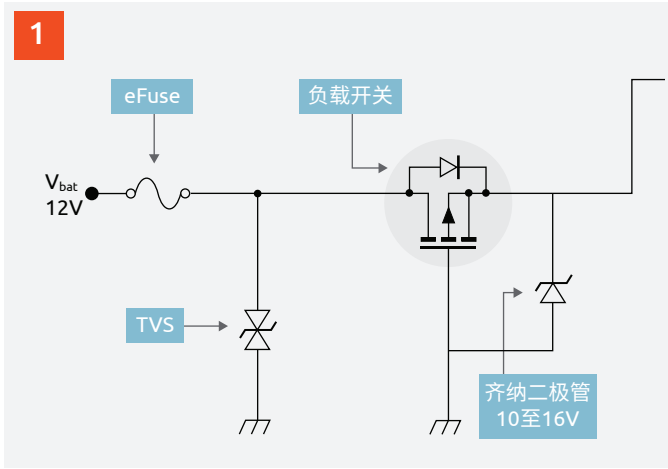


图7. 包含Nexperia产品布局的通用雷达示意图。

在下一章中，我们将详细探讨上图所示四个模块在设计过程中面临的挑战，以及对应的解决方案路径。

5. 设计挑战、解决方案和Nexperia安世产品组合

5.1 电源输入保护



设计挑战1:

保护雷达系统电子器件，避免其受到电源线路与信号线路上的浪涌及干扰的影响。

Nexperia针对挑战1的分立式解决方案:

对于车载12 V系统，ISO7637-2和ISO16750-2描述了必须考虑的各种脉冲和条件。

这些要求旨在检查ECU是否符合一般要求。但是，诸如ISO7637-2脉冲1、2a、2b、3a、3b、5b和ISO16750-2§4.6.4（抛负载）之类的瞬态脉冲测试通常应用于单个TVS器件，且这些脉冲既可能为负脉冲，也可能为正脉冲。

TVS二极管^[1,3]可对电源线路与信号线路形成保护，避免其受到电压浪涌影响。此类二极管具备较强的保护能力；但由于自身电容值相对较高，更适用于保护低数据速率的数据线、模拟信号线路及电源连接线路。

图8展示了应对负脉冲的具体方案。对于雷达传感器等对成本较为敏感的实现方案，采用“单向TVS二极管 + 高压二极管”的组合是一种简洁且实用的解决方案，此外也可选用肖特基二极管或MOSFET。通常需考虑的最高等级负脉冲为ISO7637-2标准中的3a类脉冲，其电压值可达-150 V。

在选择TVS二极管保护方案时，需考虑三个关键参数。

- › 保护器件本身承受ESD和浪涌事件的高度鲁棒性
- › 低钳位电压
- › 低动态电阻 - 确保保护器件具有陡峭的I-V曲线，因此浪涌电流增加时，钳位电压不会大幅增加。

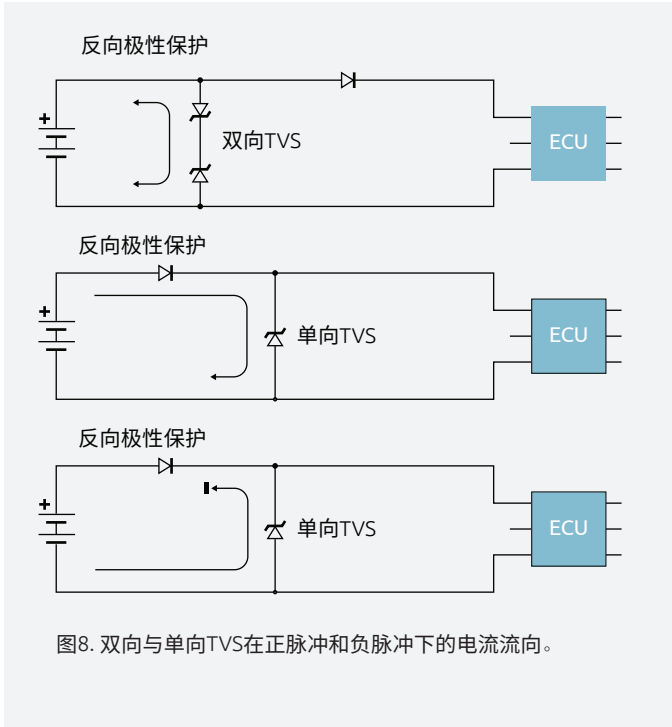


图8. 双向与单向TVS在正脉冲和负脉冲下的电流流向。

推荐的Nexperia TVS产品组合

| CFP封装 | 电压 | 10/1000µs 额定功率值 |
|---------|------------|-----------------|
| SOT-23 | 3 – 26 V | 24 – 40W |
| SOD123W | 3.5 – 64 V | 400W |
| SOD128 | 3.5 – 64 V | 600 W |

- › 采用超薄型小型塑料封装
- › 相较于SMA/SMB，电路板空间节省高达50%
- › 电压选择范围广，覆盖3.3 V-64 V
- › 符合汽车标准，结温高达185°C

设计挑战2:

保护雷达电子器件，避免其受到电池反接可能引发的过高负压影响。

Nexperia针对挑战2的分立式解决方案

为应对此类风险，可在保护电路中额外增设一个开关。该开关可通过二极管、肖特基二极管、单个N沟道MOSFET或P沟道MOSFET实现^[5]。针对雷达应用场景，这类器件需满足两项核心要求：一是占用电路板面积小，二是电阻尽可能低，以避免器件内部产生明显的导通损耗。考虑到雷达应用的功耗需求较低，此类开关大多采用单个肖特基二极管实现。该方案的优势在于设计集成难度低且成本效益较好。同时，由于雷达功耗较低，器件两端压降所产生的损耗基本可忽略不计。

Nexperia提供正向压降较低的平面肖特基二极管技术。器件采用铜夹片FlatPower (CFP)^[12]封装，该封装不仅支持器件小型化，且铜夹片能确保器件向PCB高效导热。而高效导热特性又进一步保障了器件具备较好的浪涌电流承受能力与较高的板级可靠性。

推荐的Nexperia肖特基二极管

| 封装类型 | 管脚尺寸 (mm²) | 减少PCB占用空间 (%) |
|---------|------------|---------------|
| SMA | 13.57 | - |
| CFP5 | 11.75 | 13% |
| CFP3-HP | 6.66 | 51% |
| CFP3 | 5.95 | 56% |
| CFP2-HP | 3.45 | 75% |

- 实心铜夹片提高了热性能和耗散功率能力
- 降低封装感抗，从而改善开关特性
- 高可靠性 (2 x AEC-Q101, 符合板级可靠性要求)
- 无分层
- 结温高达175°C
- 小巧、纤薄且轻便的设计
- 优化的引脚间距可确保焊点均匀分布，充分提高AOI的灵活性

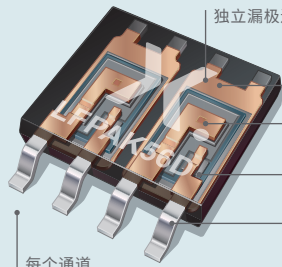
适用于电池反接保护及DC-DC转换器的推荐MOSFET封装（参见“电源管理”部分）包括Nexperia的LFLPAK33系列（3x3 mm，有引脚，铜夹片，BUK9Mxxx）和LFLPAK56D系列（5x6 mm，有引脚，双通道，铜夹片，BUK9Kxxx^[6]）封装以及新推出的MLPAK33（3x3 mm，无引脚，BXK9Qxxx）封装。双通道封装非常适用于需要背对背保护的应用，可在同一封装中同时集成反极性保护与负载开关功能。对于尺寸要求更为苛刻的设计，可考虑DFN2020MD-6（2x2 mm，无引脚，BUK6Dxxx或PMPBxxx）封装，其具备较好的热性能^[5]。上述所有封装均采用铜框架结构，该结构能实现器件芯片到PCB的高效热传导，

大幅提升器件的热性能^[7]。这一特性进一步拓展了器件的散热方案选择：既可通过PCB镀铜实现散热，也可在PCB所有层中增加铜含量，以促进热量在PCB上的均匀分布，进而通过更高效的对流与辐射作用将热量散发至环境中^[8]。Nexperia的精准电热模型能简化热设计的考量过程^[9]。带有“鸥翼型”引脚的封装在高温波动环境中表现尤为稳定，可确保器件的高板级可靠性。雷达通常安装在车辆外部，需承受极端环境温度。上述封装均支持自动光学检测，其中无引脚封装型号通过侧边可湿焊盘(SWF)结构实现该功能^[10]。有关MOSFET的详细指南，可参考Nexperia MOSFET手册^[11]。

推荐的Nexperia有引脚MOSFET

LFLPAK56D (双通道Power-SO8)

LFLPAK33 (Power33)



独立漏极连接

每个通道
高达40 A

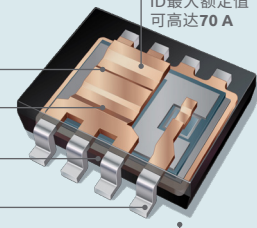
符合AECQ101标准的车用封装

耐受瞬时强电流

铜夹片
实现低封装感抗和阻抗

引线框架
低热阻

灵活引脚
提升可制造性、可检测性及可靠性



ID最大额定值
可高达70 A

紧凑的尺寸 -
10.9 mm²

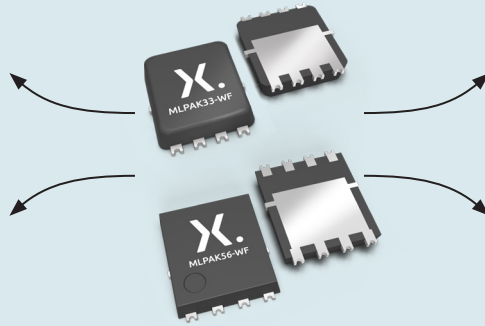
推荐的Nexperia微引脚MOSFET

车规级品质

- 符合AEC-Q101汽车标准

系统级节省

- 超紧凑封装
 - MLPAK33-WF = 10.9 mm²
 - MLPAK56-WF = 31.9 mm²
- 兼容行业标准封装的管脚尺寸



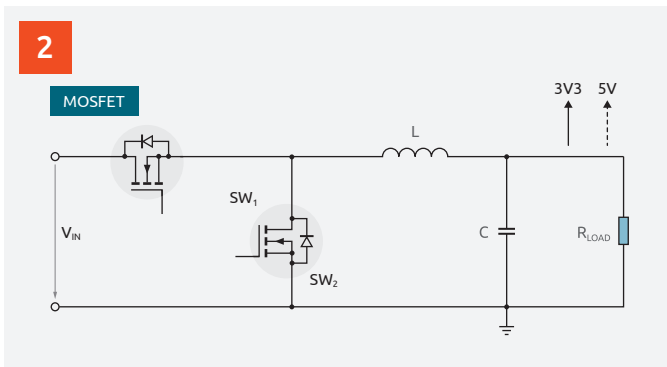
高制造可靠性

- 微引脚设计
- 侧边可湿焊盘轻松实现自动光学检测(AOI)

高功率密度

- 低R_{DS(on)}
 - ≥ 1mΩ (MLPAK56-WF)
 - ≥ 2mΩ (MLPAK33-WF)
- 高电流能力
 - ID最大值 < 71A
- 低热阻
 - Rch (j-mb)最大值 > 1.54 K/W (MLPAK56-WF)
 - Rch (j-mb)最大值 > 2.5 K/W (MLPAK33-WF)

5.2 电源管理



电压转换可通过内置器件的专用开关IC实现。下方应用原理图中所示的NEX40400-Q100即为此类器件。此类器件具备诸多优势，包括封装尺寸小、输入电压范围宽、待机电流低（有助于减少电池消耗）、EMI兼容性较好，并且设计难度较低。

MOSFET也可作为本地转换器，将电压转换至所需等级。降压与升压转换器拓扑结构适用于此类任务。由于功率转换等级较低，可采用高开关频率，以缩小电感、电容等无源元件的尺寸。所采用的MOSFET自身也需具备较小体积^[15]，通过减小开关电路尺寸及器件封装内部的连接线路，可进一步降低PCB与器件中的寄生电感和寄生电容。推荐采用的封装类型仍为DFN2020、LFAK33、LFAK56D及MLPAK33。

设计挑战3：

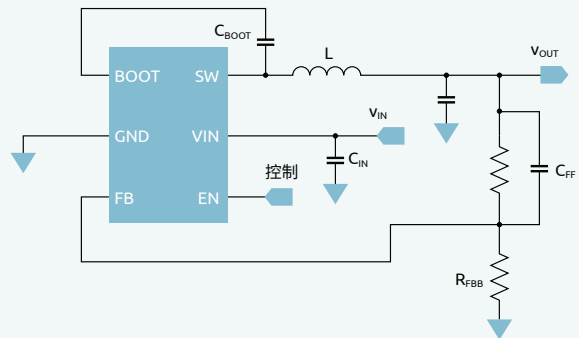
将输入电压稳定并转换为雷达系统其他部分适用的电压等级。输入电压可能来自12 V或48 V电池，且由于供电线路较长、连接的负载与电源种类多样，该电压可能存在一定的不稳定性。

Nexperia针对挑战3的集成解决方案：

与用于电池反接保护的MOSFET不同，这里所选的MOSFET需具备更优的开关性能，而这通常要求其 $R_{ds(on)}$ 电阻相对更大。较大的漏极-源极电阻可确保MOSFET内部的芯片尺寸更小，从而降低栅极所需能量，并减少输出端的开关损耗。开关过程中产生的损耗主要与数据手册参数中的输入电容、输出电容及电荷相关。Nexperia推荐采用后缀为H（T9技术）和L（T12技术）的技术，例如：BUK9V13-40H或BXX9Q14-80L。

推荐的Nexperia集成转换器NEX40400-Q100

- > 4.5 V-40 V宽输入电压范围
- > 600 mA连续输出电流
- > 60 uA待机电流，1 uA关断电流
- > 1.05 MHz和2.1 MHz固定开关频率
- > 1%输出电压精度
- > 带打嗝模式的短路保护
- > 高转换比和低压差下的频率折返
- > 可实现出色轻载效率的PFM模式
- > 强制PWM模式，可实现较小的输出纹波
- > 展频以减少EMI
- > 支持预偏置输出启动
- > 内部补偿
- > 精准使能
- > TSOT23-6封装

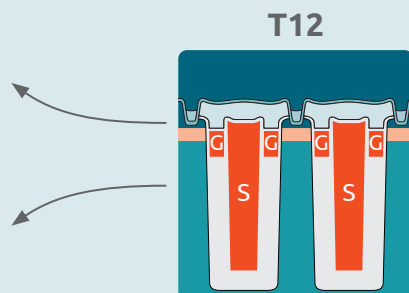


推荐的Nexperia T12技术MOSFET

单位芯片面积电阻较低，且开关性能平缓高效(80V/100V)

- 高硅片鲁棒性
- > 分裂栅技术
 - > 高故障条件耐受能力
 - > 雪崩耐受性

- 高功率密度
- > 低 $R_{DS(on)} > 12m\Omega^*$
 - > 高ID最大值
 - > 低 $R_{th(j-mb)}$



- 节省空间的LFAK封装
- > 高可制造性
 - > LFAK33和LFAK56双通道选项可提供设计灵活性
 - > 高机械强度
 - > 高可靠性

- 易于使用
- > 软开关改进EMI性能
 - > 高效开关可减少开关损耗

不过，为有效对比可用MOSFET的性能，工程师需自行开展双脉冲测试（如图10所示），以筛选出效率与开关行为配比更优的器件。更多相关信息可参考Nexperia应用笔记AN90011^[17]。

Nexperia针对挑战3的分立式解决方案2

续流MOSFET可替换为开关二极管^[18]，如图9所示。此方案能简化电路的控制与设计，但会增加导通损耗。所采用的二极管需满足以下要求：正向压降低、漏电流小，且具备较好的散热能力。关于二极管的更多详细信息，可参考Nexperia二极管手册^[19]。

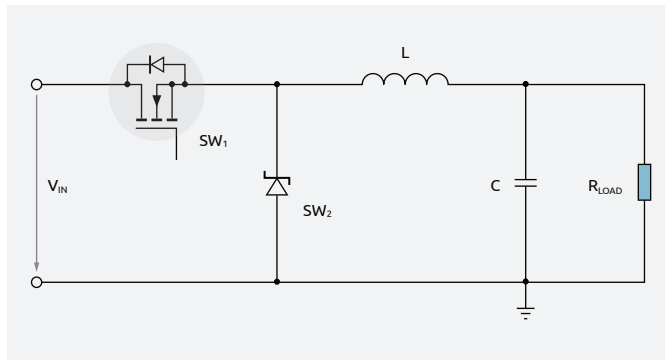


图9. 使用肖特基二极管的异步降压转换器。

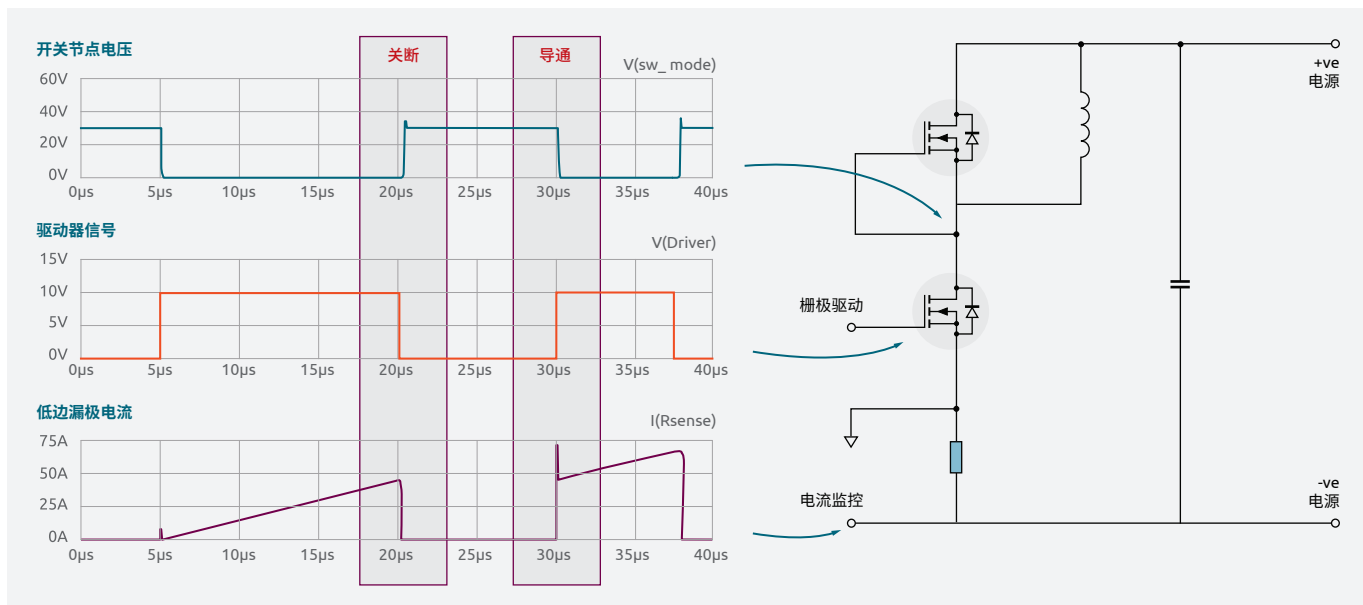


图10. 功率MOSFET器件的双脉冲测试；波形（左）和电路（右）。

设计挑战4：

在DC-DC转换器之后，于较低电压与功率等级下，保护雷达系统免受电压影响。

Nexperia针对挑战4的解决方案

齐纳二极管也可应用于电压轨，以保护系统免受电压瞬变的影响^[20]。

当发生过电压时，需注意避免齐纳二极管损坏。为防止大电流流经二极管，可在电路中串联一个电阻。但需留意，这样做会导致动态电阻增大，且在大电流下，负载侧电压可能会偏高。齐纳二极管可从Nexperia的钳位与保护产品系列中选型，该系列产品型号以PZU开头。

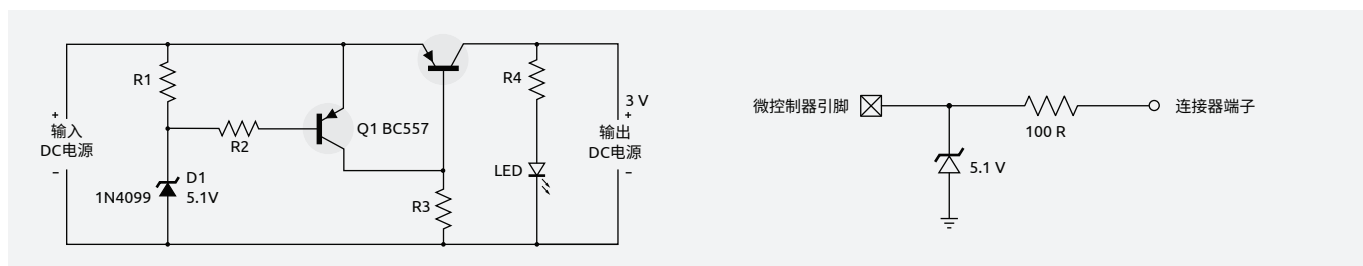


图11. 使用齐纳二极管实现对微控制器的过电压保护。

设计挑战5：

下一步的电压转换是达到驱动雷达ECU主控微控制器核心所需的电压等级。该步骤通常可通过开关型转换器与稳压降压这两种不同的方式实现。

Nexperia针对挑战5的分立式解决方案1：

由于此步骤的功率等级非常低，开关型转换器可采用传统小信号MOSFET^[19]或集成式电源管理芯片实现。

所用MOSFET既可为N沟道类型，也可以是一对匹配的P沟道与N沟道。MOSFET可采用前文提及的DFN封装类型，也可采用传统封装。考虑到在该转换步骤之前，电压已完成转换并稳定在3.3 V或5 V，且此步骤本身具备外部干扰屏蔽能力，因此这里使用的MOSFET可以具有较低的电压额定值：20 V或30 V。图12显示了开关型解决方案的示例。其中采用的MOSFET尺寸可做到非常小，具体可采用下文及宣传册^[21]中详细介绍的DFN2020 (2x2 mm)封装。

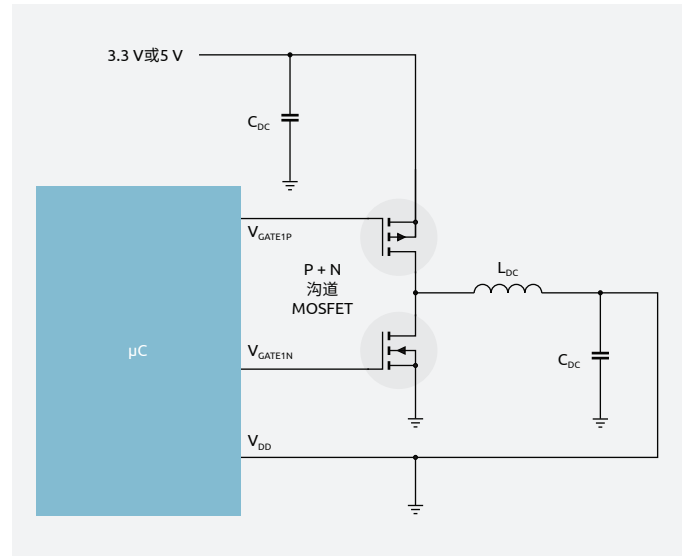


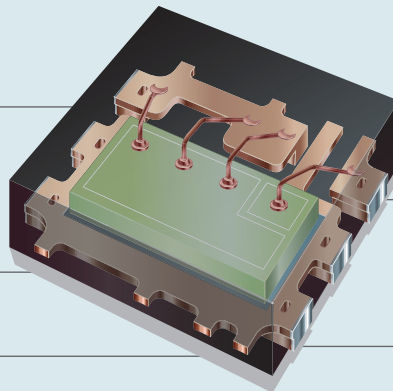
图12. P + N沟道MOSFET的微控制器电压转换。

推荐的Nexperia封装：DFN2020

铜线焊接，降低封装成本

取代SO8和SOT223等传统SMD封装，减小管脚尺寸，提高热传导性能

紧凑的尺寸 - 4.0 mm²



侧边可湿焊盘(SWF)便于光学检测

侧边可湿焊盘(SWF)有助于提高焊点质量

Nexperia针对挑战5的分立式解决方案2:

Nexperia的低 V_{CEsat} 产品组合适用于实现稳压降压功能, 以达到与上文相同的目的^[23]。下图列出了推荐的产品系列, 以及各系列对应的电流额定值、电压额定值与封装类型。

图13展示了采用BJT实现稳压降压的实现方案。除晶体管外, 该电路还需搭配电阻与基准分流稳压器共同工作。

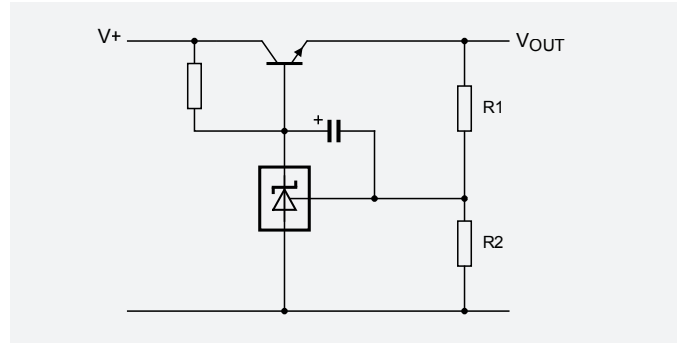
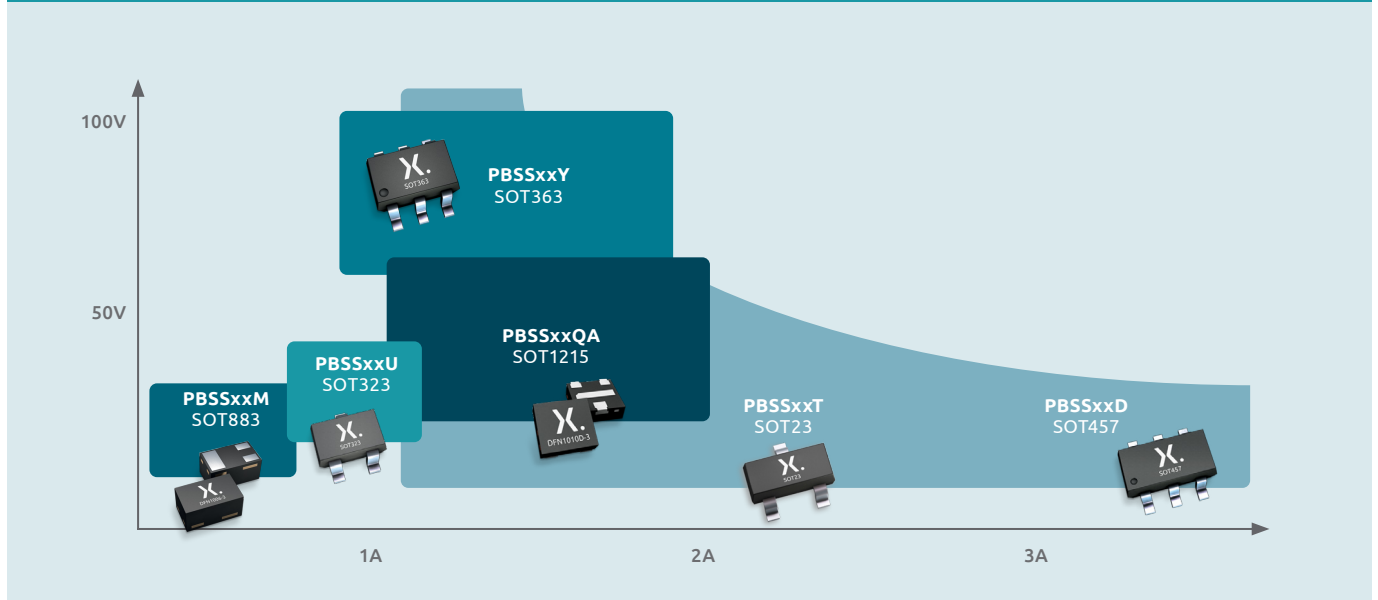


图13. 采用分立式BJT的稳压降压实现电路。

推荐的低 V_{CEsat} BJT封装

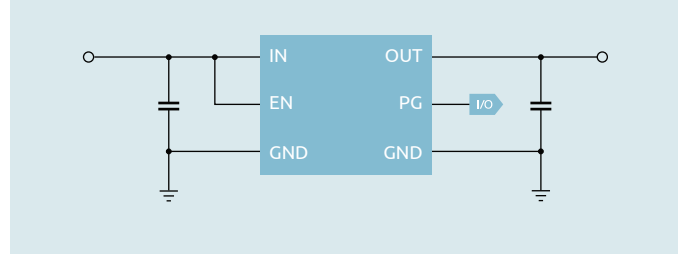


Nexperia针对挑战5的集成解决方案:

此外, 另一种解决方案是采用低压差(LDO)稳压器。Nexperia提供两款LDO产品: 一款是150 mA的NEX90515-Q100, 另一款是300 mA的NEX90530-Q100。这两款器件均具有低静态电流(典型值5 μ A)、高达40 V的宽输入电压范围和高达45 V的瞬态电压。这两款LDO依托Nexperia封装开发技术的专业积累, 可有效应对极端散热的问题。同时, 这两款LDO均配备使能引脚和Power Good引脚。当电路部分模块无需工作时(例如未使用的通信端口), 可通过使能引脚将其关闭; 而Power Good引脚能够指示负载端是否存在潜在短路故障。

推荐的Nexperia LDO:

NEX90530-Q100/NEX90515-Q100



设计挑战6:

在不使用主处理器的前提下,在电源管理模块中实现电压监测、系统唤醒或其他功能。这一设计思路背后的原因是,主处理器可能处于休眠模式,或因电源电压缺失而无法正常工作。

Nexperia针对挑战6的解决方案:

电压监测可通过分立器件完成。如图14所示的电路方案中,当被监测电压下降时,两个晶体管均会停止导通,此时微控制器或片上系统(SoC)的输入引脚将接收到低电压。该原理图可通过通用开关二极管、晶体管^[29, 25]及RET^[26, 27]实现,适配不同的电压阈值需求。

系统唤醒也可通过IVN或CAN等通信收发器实现:通过收发器的抑制引脚使能主DC-DC转换器或辅助LDO,进而完成系统唤醒。图15提出了一种简易或电路方案,该电路采用小信号开关二极管与肖特基二极管。

目前,分立式MOSFET^[28]与BJT已推出DFN^[29, 30]封装版本。与传统带引脚SMD器件相比,DFN封装能显著节省电路板空间。此外,独特的侧边可湿焊盘特性支持自动光学检测,无需再额外进行X射线焊点检测,有助于降低生产环节的成本。

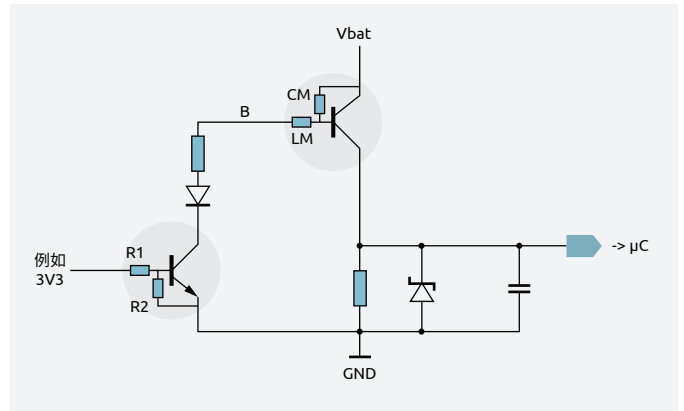


图14. 使用RET和齐纳二极管的电压监测电路。

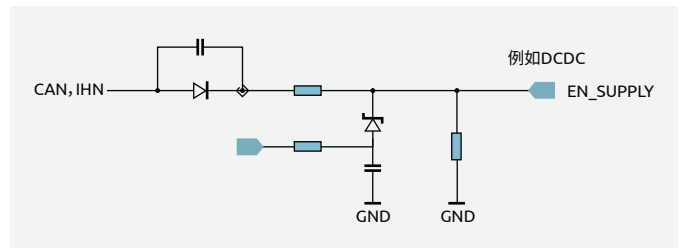


图15. 使用小信号开关和肖特基二极管的唤醒电路。

推荐的先进Nexperia DFN封装

| | |
|--|--|
|  <p>SOT23AB / SOT457 占用的PCB面积11.4 mm²</p> |  <p>DFN2020MD-6 占用的PCB面积5.1 mm² 空间节省55%</p> |
|  <p>SOT23 占用的PCB面积9.9 mm²</p> |  <p>DFN110D-3 占用的PCB面积2.5 mm² 空间节省75%</p> |
|  <p>SOT323 占用的PCB面积6.2 mm²</p> |  <p>DFN110D-3 占用的PCB面积2.5 mm² 空间节省60%</p> |
|  <p>SOT363 占用的PCB面积6.2 mm²</p> |  <p>DFN1412-6 占用的PCB面积2.7 mm² 空间节省55%</p> |

设计挑战7：

针对设计中无需始终保持供电的部件，需实现有效的电源控制。这些部件可能是雷达天线或通信接口。

Nexperia针对挑战7的分立式解决方案

负载开关^[3]主要用于限制非持续负载的功耗，同时可通过断开受保护电路，降低负载因短路、过压问题受损的风险^[4]。该分立式方案可采用功率MOSFET实现。若采用P沟道MOSFET，仅需1个信号MOSFET即可完成对功率MOSFET的控制。N沟道MOSFET在性能表现上优于P沟道MOSFET，但在相同位置使用时，需额外增加电荷泵电路，将栅极电压提升至电源线电压以上，才能实现对N沟道MOSFET的有效控制。

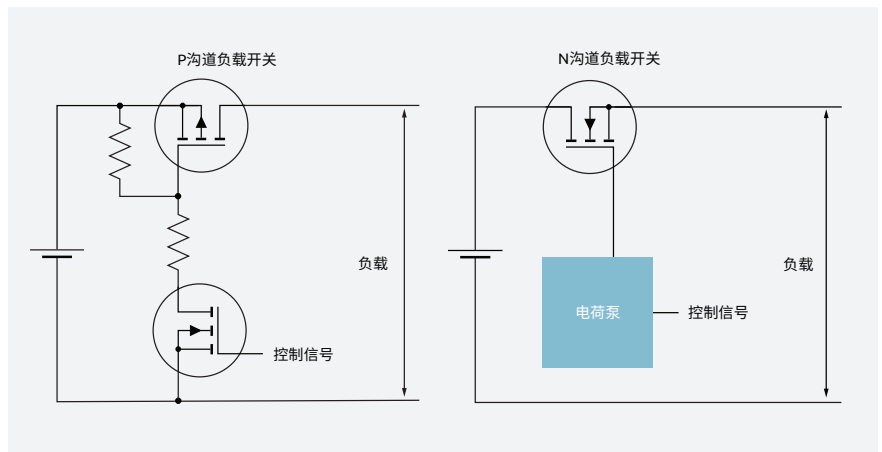


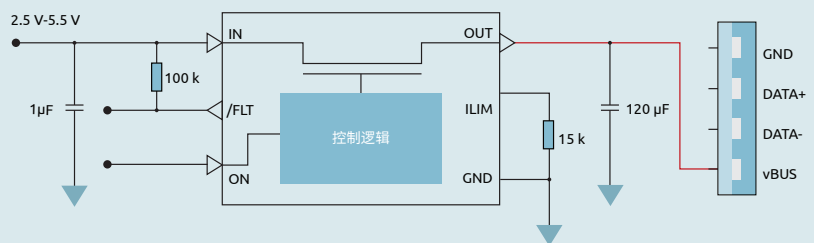
图16. 使用P沟道（左）和N沟道（右）MOSFET的负载开关实现方案。

Nexperia针对挑战7的集成解决方案：

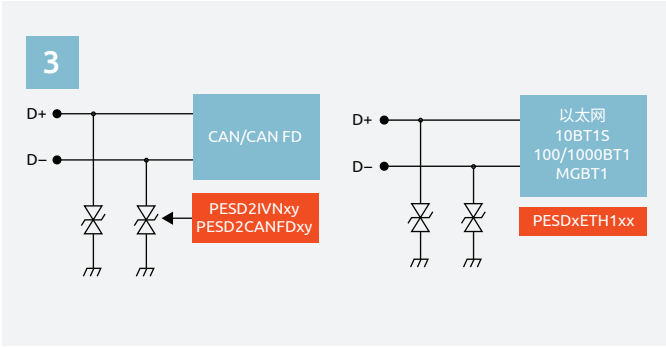
集成负载开关可应用于雷达天线的激活场景^[13]，例如NPS4053-Q100^[14]。集成负载开关具有设计投入成本较低、占用电路板空间更小、所需外部元器件数量更少的特点，且内置保护功能；不过，与分立式解决方案相比，集成负载开关的额定电流通常较低。结合雷达应用对功耗需求较低且存在空间限制的特点，集成负载开关可作为该类场景下的适配选择。

推荐的Nexperia集成负载开关：NPS4053-Q100

- › 输入电压范围：2.5 V-5.5 V
- › 最大连续电流：2 A
- › 导通电阻：55 mΩ
- › 可调节限流：110 mA-2.5 A
- › ±6%限流值精度
- › 限流期间保持恒流
- › 禁用时无体二极管（没有从OUT引脚到IN引脚的电流通路）
- › 主动反向电压保护
- › 内置软启动
- › UL 62368认证
- › SOT457 (TSOP6)和SOT8044-1 (HWSO6)封装选项
- › 符合IEC 61000-4-2标准的15kV ESD保护能力



5.3 通信接口



其他需求（如器件最大电容、两条线路的电容匹配度）则由系统设计或外部环境因素决定，例如所需的通信速率、通信线路长度、通信节点数量等。有关更多技术细节，可参考应用笔记AN11882^[33]或Nexperia汽车ESD防护手册^[2]。

CAN防护的通用解决方案实现可参见图17^[34]。

Nexperia针对挑战8的解决方案：

ESD防护器件主要用于保护数据线^[31, 32]。这类器件凭借低电容特性，可实现高速数据传输。选型时，除需关注器件的功率吸收能力外，还需重点考量其击穿电压与动态电阻（更多选型标准见图18）。如果这两项参数过高，在遭遇强浪涌事件时，流经器件的电流可能导致钳位电压超出受保护电路的耐受范围。关于ESD器件防护方案的详细说明，可参考Nexperia汽车ESD防护手册^[2]。

设计挑战8：

保护数据线免受外部电压浪涌与脉冲的影响。相较于前文讨论的电源线与信号线，数据线具有更高的数据传输速率。

CAN与以太网是车载雷达接口常用的典型车载网络，二者均能满足高速信息传输需求。

ESD器件需与CAN收发器配合测试。其核心作用是保障网络的ESD抗扰能力，并对收发器形成有效保护。在与收发器的联合测试场景中，该器件必须同时具备RF抗扰性、低RF辐射特性，以及抗瞬态干扰与抗ESD能力。测试RF抗扰性时，需施加更高电压以激活器件。而从ESD防护性能角度，低钳位电压至关重要。此外，由于CAN线路可能与车载电池直接连接，器件还需耐受一些干扰，如持续1秒的28 V电压扰动。因此，精准的关态电压(V_{RWM})与低动态电阻是优质ESD防护器件需具备的关键特性。

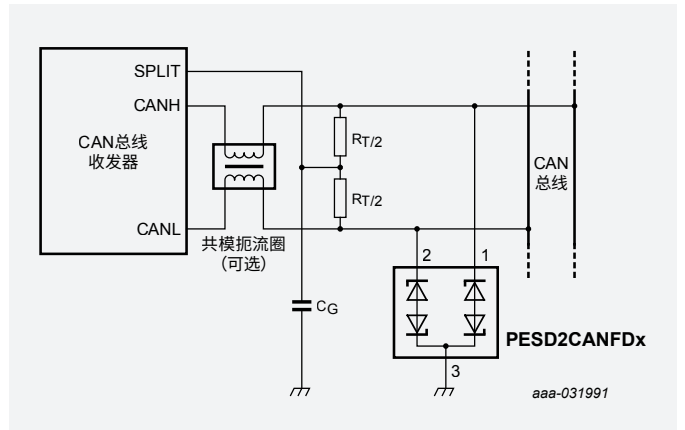


图17. 通用CAN接口。

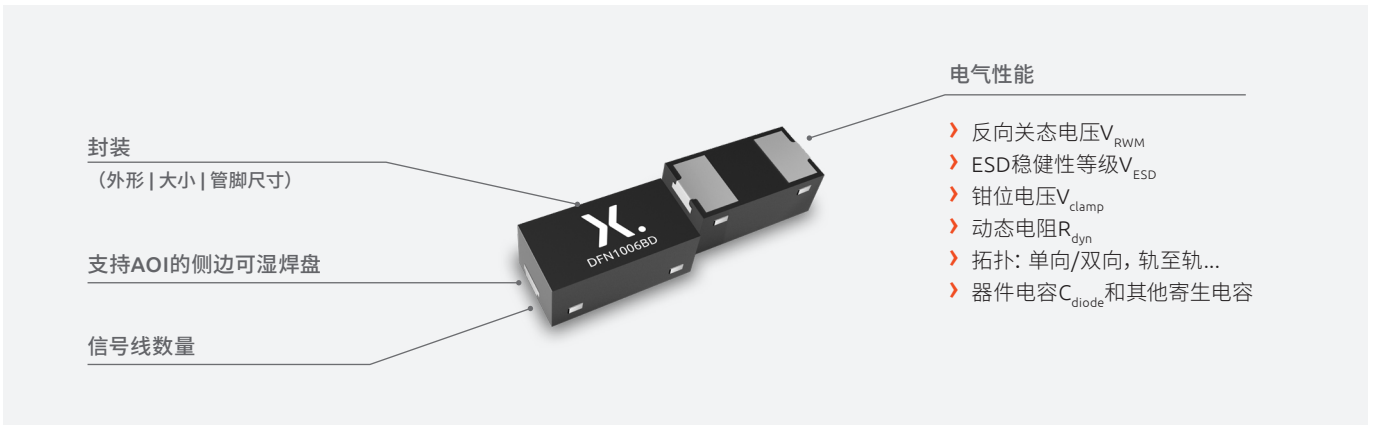


图18. ESD器件选型标准。

此外，以太网也可直接接入雷达接口，此时可采用下图所示的防护电路^[36]。开放技术联盟推荐了两种外部ESD防护器件^[36]。如下图所示，一种可部署于连接器处（ESD_1，重点关注高浪涌抗扰性），另一种可部署于PHY接口处（ESD_2，重点关注低电容特性）。该规范允许不使用、或者使用一个、或者使用两个外部ESD保护器件来实现所需的ESD鲁棒性^[37]。从规范角度来看，PHY接口的外部ESD保护可视为PHY的一部分。

PHY接口与外部保护的组合需要符合适用于独立PHY接口规定的所有要求。连接器上的保护必须符合开放技术联盟的ESD外部保护器件规范。Nexperia的ESD器件是首批通过开放技术联盟认证的产品。从系统角度来看，连接器的外部ESD保护更胜一筹，是设计稳健接口的最佳方法。关于上述两个部署位置的推荐器件型号，可参见器件列表部分。

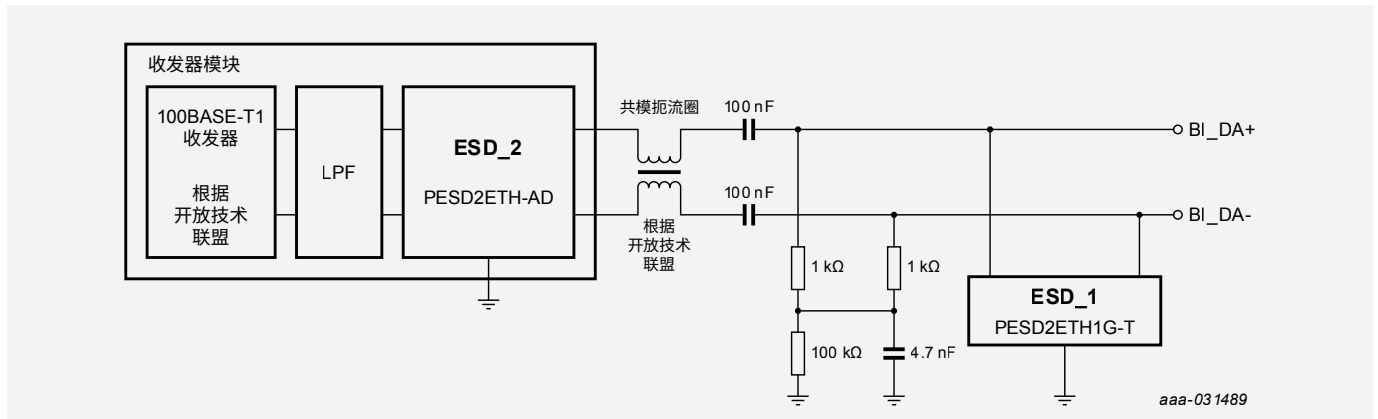
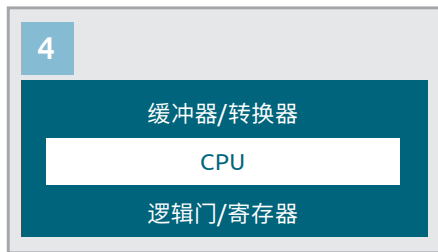


图19. 符合开放技术联盟100BASE-T1规范的接口拓扑，ESD保护置于连接器处或作为收发器模块的一部分。

5.4 信号控制



设计挑战9：

解决不同电压等级、不同输入输出配置的功能模块与器件之间的接口连接问题。

Nexperia针对挑战9的解决方案：

当器件系列具有不同电压等级时，需借助电压转换器实现接口兼容，各电压适配的典型器件系列如下：5V及以上器件系列包括HC(T)、AHC(T)、VHC(T)和LVC，3.3V包括LV、LVC、LVT和ALVC，更低电压系列包括AUP和AVC。相关示例参见下方图20。Nexperia提供丰富的基础逻辑器件与

信号链器件产品组合。这些器件提供多种封装形式^[38]与技术类型，能够满足引脚兼容性及与所连接模块的技术兼容性要求。关于Nexperia逻辑器件的完整技术信息，请参阅逻辑应用手册^[39]。下一页汇总了部分输入和输出特性。

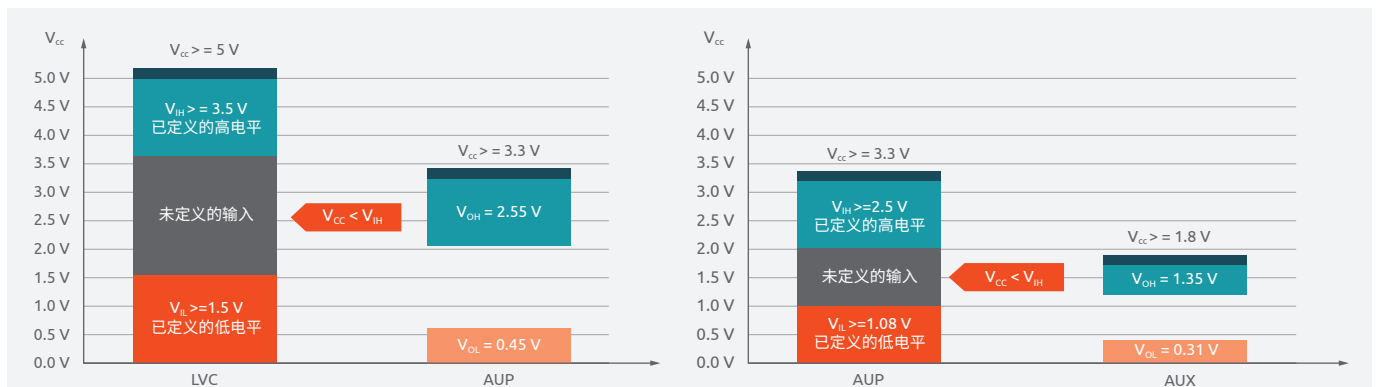


图20. 具有不兼容电压等级的器件系列示例：LVC和AUP（左）与AUP和AUX（右）。

信号调节

针对信号链设计, 有多种输入与输出解决方案可以考虑。

输入类型:

- › 钳位二极管保护输入, 支持高电压到低电压的转换, 需搭配额外的限流电阻 (图21)
- › ESD保护输入, 具备高电压到低电压的转换能力 (图22)
- › 低阈值输入, 可用于低电压到高电压的转换
- › 施密特触发器输入, 能够滤除信号中的噪声干扰 (图23)

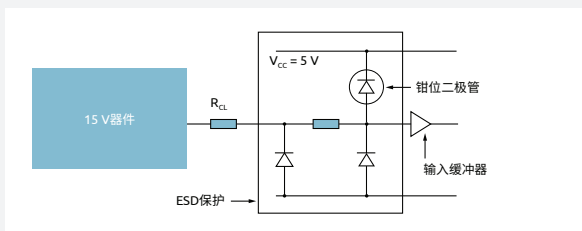


图21. 钳位二极管保护输入的简化示意图。

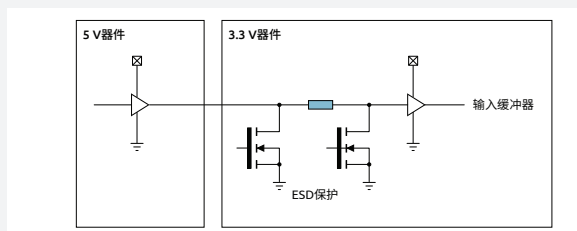


图22. ESD保护输入的简化示意图。

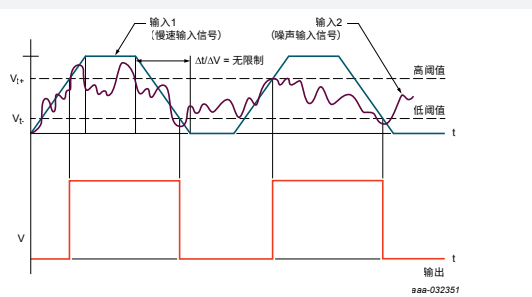
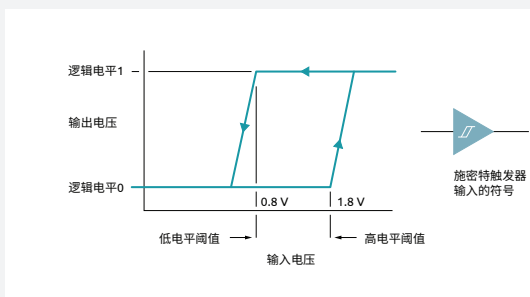


图23. 施密特触发器输入迟滞曲线 (左) 与信号响应 (右) 。

器件输出类型:

- › 开漏输出, 支持低电压到高电压、高电压到低电压两种方向的电平转换 (图24)
- › I_{off}限制输出, 在应用进入断电模式时, 可降低整体功耗
- › 阻抗匹配输出, 可与负载阻抗实现匹配, 避免长布线电路中出現信号振铃现象
- › 总线保持输出, 防止CMOS电路的浮空输入稳定在V_{CC}/2, 进而避免产生击穿电流。输入引脚的弱反馈机制, 可确保输入端保持最后施加的信号状态 (图25)。

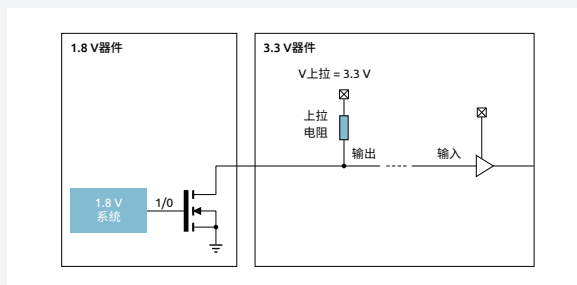


图24. 开漏输出简化原理图及应用示例。

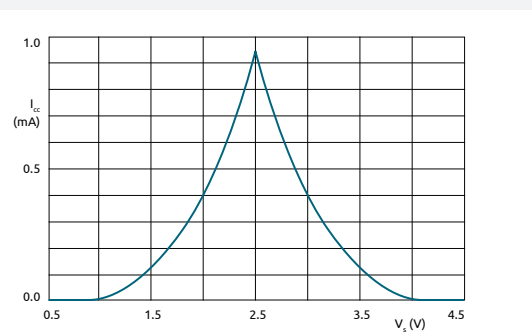
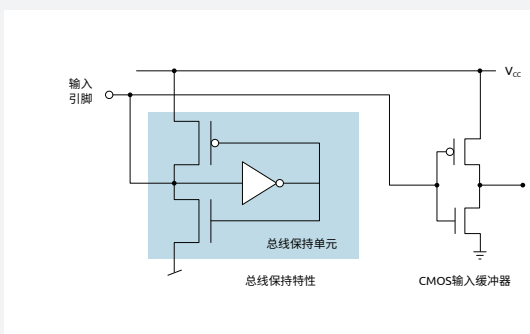


图25. 总线保持反馈功能原理图 (左) 与输出电流-电压曲线图 (右) 。

信号调节

在雷达系统中，缓冲器、收发器与转换器是实现不同电压等级功能模块整合、保障整个系统正常运行的关键器件。缓冲器本质为两个串联的反相器，而收发器属于双向缓冲器。它们可以优化主控制器与雷达模块之间的信号完整性。这两个器件有时在不同的电源电压下工作，此时则需要转换器发挥作用。

接口逻辑还可用于增强低驱动能力微控制器的输出性能，以满足高负载外设的驱动需求。选择转换器时，除需匹配连接电路的电压等级外，还需综合考量速度、电流驱动能力、拓扑结构及封装要求等若干其他因素。转换器的最大允许电压等级使其可兼容更低电压等级的工作场景。通常较新、速度更快的器件系列的最大耐受电压相对更低，电流驱动能力也相对较弱。

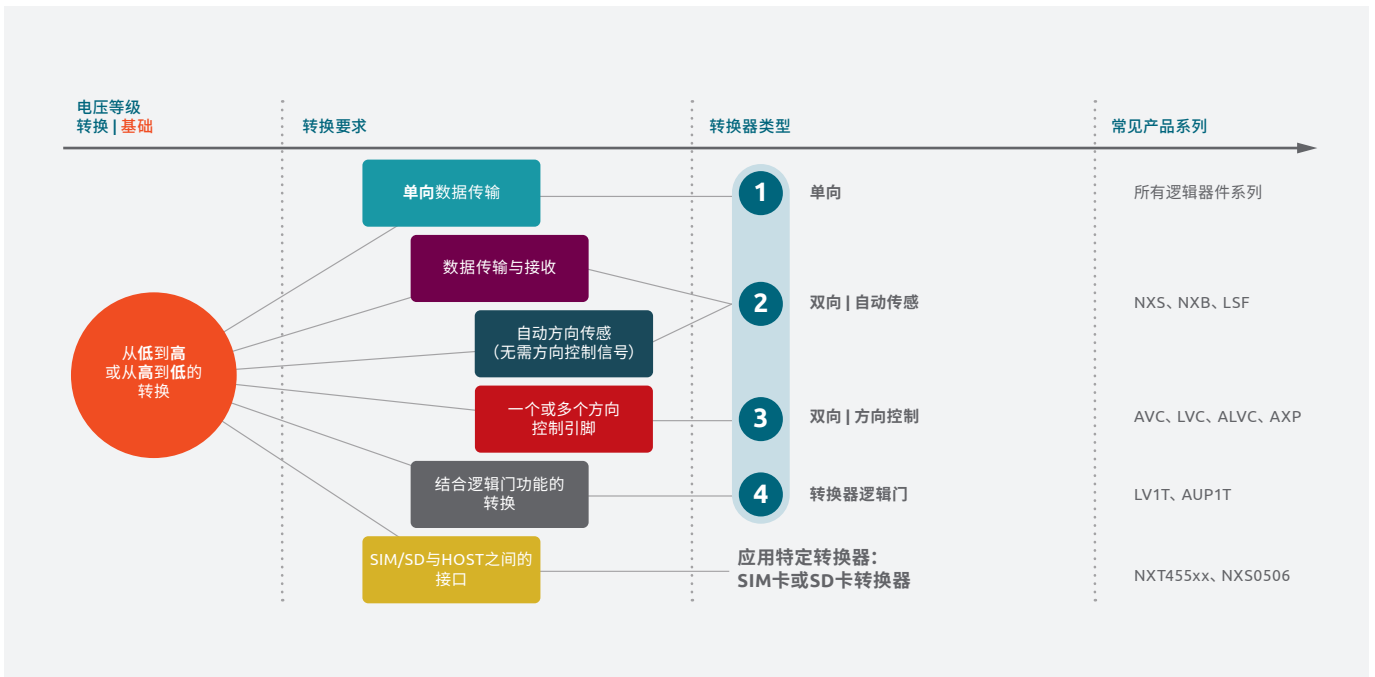
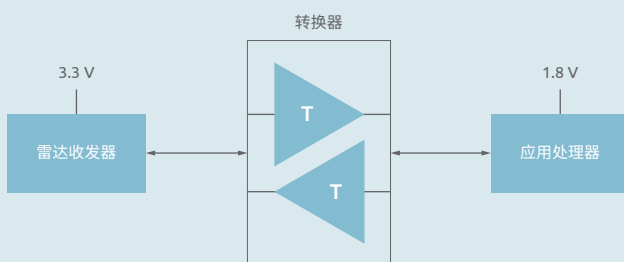


图26. 电压转换器选型工具。

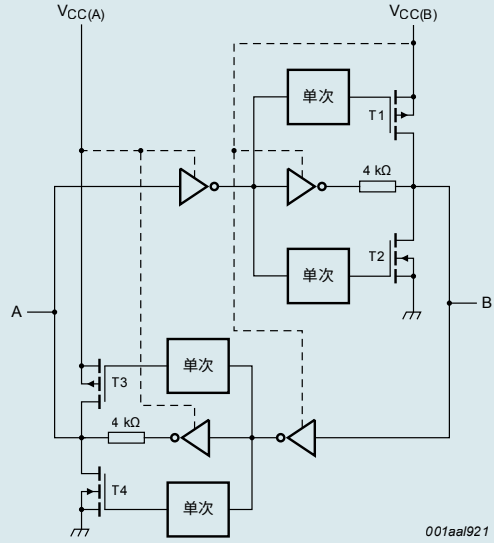
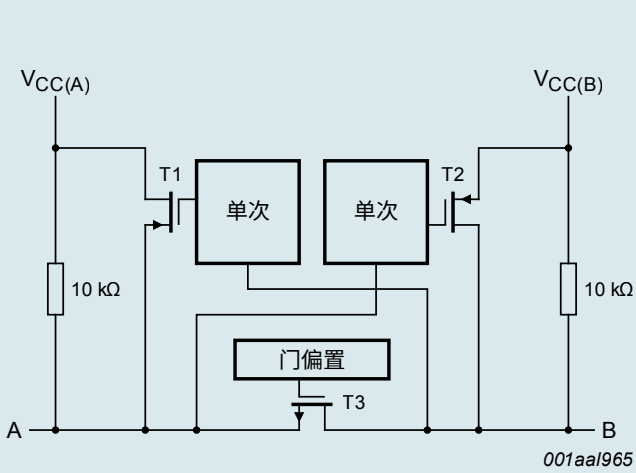
推荐的Nexperia转换器: LSF0101GW-Q100



此处可关注一款代表性产品LSF0101GW-Q100，这是一款具备自动方向传感功能的1位双向转换器^[40]。其特性如下：

- 电源电压范围0.95 V-5.0 V
- 数据速率50 Mbps
- 传播延时0.7 ns
- 温度范围-40°C到125°C
- 热插接
- 低待机电流
- I/O引脚具备5 V耐受能力 (支持TTL)
- R_{ON} 较低，可减少信号失真

推荐的Nexperia转换器: NXS0101GW-Q100和NXB0101GW-Q100



NXS0101GW-Q100和NXB0101GW-Q100两款器件分别具备信号上升沿加速功能、信号上升沿与下降沿加速功能。通过增强输出驱动能力,这两款器件可实现更高的数据速率。

其他特性包括:

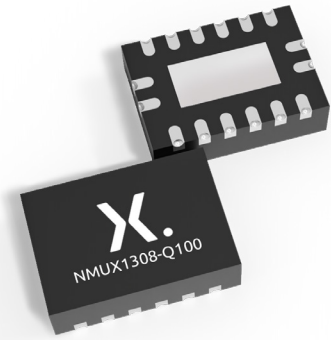
- › 宽电源电压范围
- › V_{CC} 隔离
- › 多种封装选项

设计挑战10:

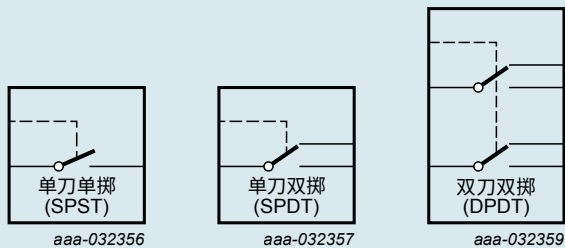
增加控制器引脚数量,但不升级控制器。当主控制器需管理的功能持续增加时,其所需引脚数量可能超出自身配备的引脚规模。

Nexperia针对挑战10的解决方案:

在雷达系统中,可通过模拟开关扩展MCU的引脚数量,将多路数字或模拟输入信号导向ADC或数字输入引脚。如下图所示,多种配置方案均具备可行性。典型产品系列如NMUX130xxx-Q100 1.8 V通用型SP8T-Z与2x SP4T-Z模拟开关,具备注入电流控制功能:



推荐的Nexperia模拟开关: NMUX130-Q100



- › 注入电流控制: 典型耦合值为30 $\mu\text{V}/\text{mA}$
- › 整个供电工作范围内,控制逻辑阈值为1.8 V
- › 完整的断电保护功能($V_{CC} = 0 \text{ V}$)
- › 数字/模拟引脚采用隔离偏置设计,可防止反向供电 V_{CC}
- › 保持模拟开关的Hi-Z状态
- › 工作电压范围1.5 V-5.5 V
- › 模拟信号引脚上采用轨至轨运行
- › 与传统405x/485x系列模拟开关引脚兼容
- › ESD保护: +2 kV HBM和+750 V CDM
- › 额定温度范围为-40°C至85°C和-40°C至125°C

设计挑战11:

独立于主控制器单独实现安全、功能及保密特性。

Nexperia针对挑战11的解决方案:

逻辑电路、寄存器、模拟开关及电压转换器可在主控制处理器之外额外扩展功能，或构建多层安全机制。考虑到可用的器件工艺系列数量较多，下文将通过表格形式简化选型流程:

Nexperia逻辑电路、寄存器、模拟开关和电压转换器概览

高电压系列

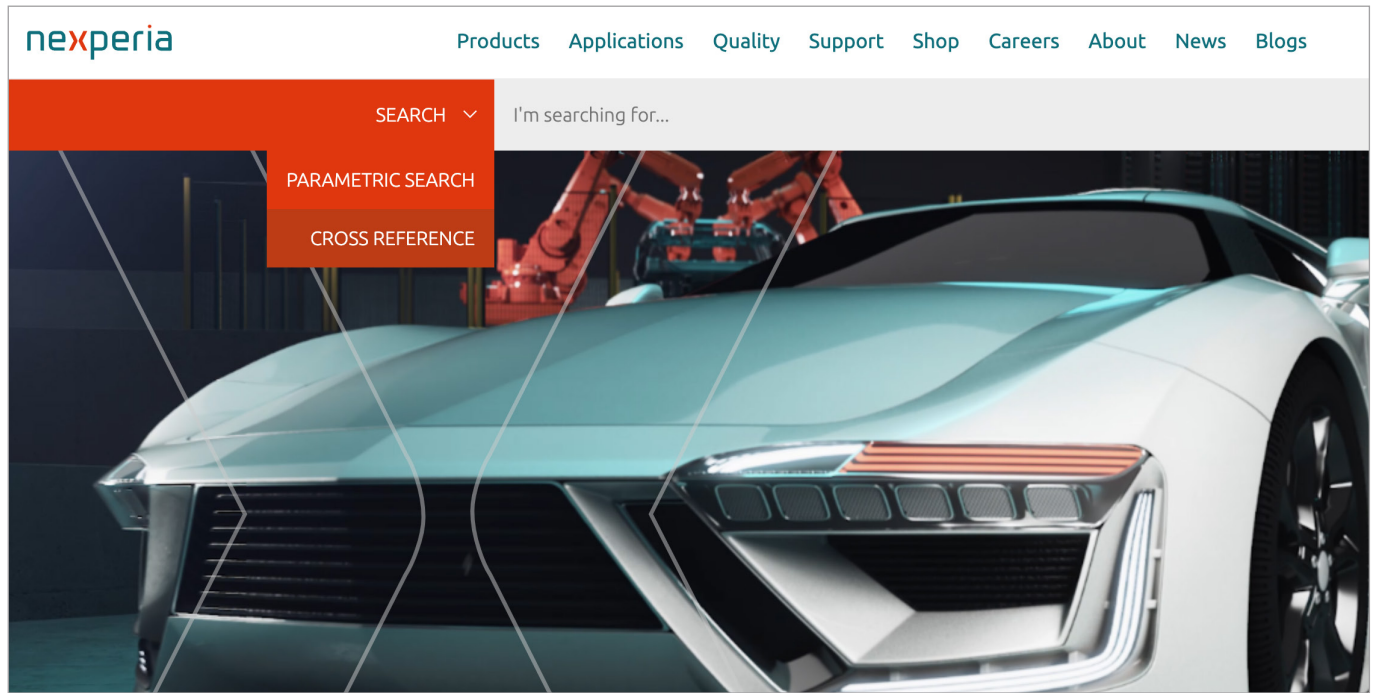
| 参数 | | HEF4000B | HC(T) | AHC(T) | VHC(T) | LV-A(T) | CBT(D) | LVC | LV1T | NXS(B) | LSF | |
|-------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------------------|------------|-----|
| | 电源电压(V) | 3.0 - 15.0 | 2.0 - 6.0 | 2.0 - 5.5 | 2.0 - 5.5 | 2.0 - 5.5 | 4.5 - 5.5 | 1.65 - 5.5 | 1.6 - 5.5 | 1.65 - 3.6 2.3 - 5.5 | 0.95 - 5.0 | |
| | 传播延时典型值(ns) | 90 | 9 | 5 | 4 | 3.4 | 0.25 | 1.7 | 13.5 | 5.2 | 0.7 | |
| | 输出驱动(mA) | ±3 | ±8 | ±8 | ±8 | ±12 | N/A | ±24 | ±8 | -1 / ±0.02 | 64 | |
| | 待机电流(µA) | 600 | 80 | 40 | 40 | 20 | 3 | 10 | 10 | 30 .. 70 | N/A | |
| | AEC-Q100等级 | 水平1、3 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 |
| 特性 | | HEF4000B | HC(T) | AHC(T) | VHC(T) | LV-A(T) | CBT(D) | LVC | LV1T | NXS(B) | LSF | |
| | 过压容忍I/O | | • | • | • | | • | • | • | • | • | |
| | 施密特触发器输入 | • | • | • | • | | | • | • | | | |
| | 低阈值输入 | | • | • | • | | | | • | | | |
| | TTL输入 | | • | • | • | | • | | • | | | |
| | 输入钳位二极管 | • | • | | | | | | | | | |
| | 断电漏电流保护 | | | | | | | • | • | • | • | |
| | 开漏输出 | | • | • | | | | • | • | • | • | |
| 低延时隔离 | | | | | | • | | | | | | |

低电压系列

| 参数 | | LV | LVC | LVT | ALVC | CBTLV(D) | AUP | AVC | AXPnT | CB3Q | AUP1T | XS3A | NXT |
|-------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| | 电源电压(V) | 1.0 - 3.6 | 1.2 - 3.6 | 2.7 - 3.6 | 1.2 - 3.6 | 1.0 - 3.6 | 0.8 - 3.6 | 1.2 - 3.6 | 0.9 - 5.5 | 2.3 - 3.6 | 2.3 - 3.6 | 1.4 - 4.3 | 1.08 - 3.3 |
| | 传播延时典型值(ns) | 9 | 4 | 2 | 2 | 0.15 | 3.4 | 1 | 8 | 0.2 | 4 | 22 | 7 - 15 |
| | 输出驱动(mA) | +8 | +24 | -32, +64 | +24 | N/A | +1.9 | +8 | +12 | N/A | ±4 | N/A | |
| | 待机电流(µA) | 20 | 20 | 120 | 40 | 10 | 0.9 | 20 | 4 .. 13 | 400 | 1.4 .. 3.5 | 0.7 | |
| | AEC-Q100等级 | 水平1 | 水平1 | 水平3 | 水平1、3 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平1 | 水平3 | 水平1 | 水平1 |
| 特性 | | LV | LVC | LVT | ALVC | CBTLV(D) | AUP | AVC | AXPnT | CB3Q | AUP1T | XS3A | NXT |
| | 过压容忍I/O | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| | 施密特触发器输入 | • | • | • | • | | | • | | • | • | | |
| | 低阈值输入 | • | | | | | | • | • | • | • | • | |
| | 输入钳位二极管 | • | | | | | | | | | • | | |
| | 总线保持 | | • | • | • | | • | | | | | | |
| | 断电漏电流保护 | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| | 源端接 | | • | • | • | | • | | | | | | |
| 开漏输出 | • | • | | | | | • | | • | | | | |
| 低延时隔离 | | | | | • | | | | | | • | | |

6. 产品推荐

Nexperia提供丰富的基础半导体器件。如需查找所用器件的等效替代型号，请使用Nexperia官网的交叉参考搜索工具。



功率电子器件

| 产品 | 描述 | 关键部件编号 |
|---------------------|--|---|
| 电源输入保护 | | |
| TVS和ESD保护器件 | | |
| TVS | SOD128, 600 W瞬时电压抑制器, 反向关态电压范围: 3.3-64 V | PTVS16VP1UP-Q |
| | SOD128, 600 W瞬时电压抑制器, 反向关态电压范围: 3.3-64 V, <185°C温度稳定性 | PTVS16VP1UTP-Q |
| | SOD123W, 400 W瞬时电压抑制器, 反向关态电压范围: 3.3-64 V | PTVS33VS1UR-Q |
| | SOD123W, 400 W瞬时电压抑制器, 反向关态电压范围: 3.3-64 V, <185°C温度稳定性 | PTVS33VS1UTR-Q |
| 负载开关和反向电池保护 | | |
| PMOS | LFPAK56、33和DFN2020MD, 40-60 V, P沟道器件 | BUK6Y14-40P 、 BUK6Y24-40P |
| NMOS | LFPAK33, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 3-15 mOhm, 逻辑电平阈值 | BUK9M3R3-40H 、 BUK9M4R3-40H |
| | | BUK9M7R2-40E 、 BUK9M9R1-40E 、 BUK9M11-40E 、 BUK9M14-40E |
| | LFPAK33, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 3-15 mOhm, 标准电平阈值 | BUK7M3R3-40H 、 BUK7M4R3-40H 、 BUK7M15-40H |
| | | BUK7M6R3-40E 、 BUK7M8R0-40E 、 BUK7M10-40E 、 BUK7M12-40E |
| | LFPAK56D, 40 V, 双N沟道器件, Rds(on) 3-30 mOhm, 逻辑电平阈值 | BUK9K13-40H |
| | | BUK9K6R2-40E 、 BUK9K6R8-40E 、 BUK9K8R7-40E |
| | LFPAK56D, 40 V, 双N沟道器件, Rds(on) 3-30 mOhm, 标准电平阈值 | BUK7K6R2-40E 、 BUK7K6R8-40E 、 BUK7K8R7-40E |
| | DFN2020MD-6, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 10-30 mOhm | BUK9D23-40E 、 BUK6D23-40E 、 BUK7D25-40E 、 BUK6D30-40E |
| | MLPAK33, 40 V, N沟道器件, 4.6- 7.5 mOhm, 逻辑电平阈值 | BXX9Q4R6-40H 、 BXX9Q7R0-40H |
| | MLPAK33, 40 V, N沟道器件, 4.6- 7.5 mOhm, 标准电平阈值 | BXX7Q4R9-40H 、 BXX7Q6R0-40H 、 BXX7Q7R5-40H |
| SOT457, 40 V, N沟道器件 | PMN20ENA 、 PMN30ENEA | |

功率电子器件

| 产品 | 描述 | 关键部件编号 |
|---|---|---|
| 负载开关和反向电池保护 | | |
| 肖特基二极管 | 40 V, 中等功率, 低VF肖特基势垒整流二极管 | PMEG4050E(T)P-Q 、 PMEG4030E(T)P-Q |
| | 30 V, 中等功率, 低VF肖特基势垒整流二极管 | PMEG3050(B)EP-Q 、 PMEG3030(B)EP-Q |
| 集成负载开关 | 5.5 V, 具有精准限流的负载开关 | NPS4053-Q100 、 NPS4001-Q100 、 NPS4069-Q100 |
| 理想二极管 | 1.5 A理想二极管, 具有反向极性保护 | NID5100-Q100 |
| 门控电路 | | |
| 小信号MOSFET | SOT23/SOT363/SOT323, 30 V, N沟道器件, Rds(on) 10 mΩ, 2 kV ESD保护 | NX3008NBK |
| | SOT23/SOT363/SOT323, 60 V, N沟道器件, Rds(on) 10 mΩ, 1.5 kV ESD保护 | BSS138BK |
| | SOT23/SOT363/SOT323, 60 V, N沟道器件, Rds(on) 10 mΩ, 2 kV ESD保护 | 2N7002BK |
| 电源管理 2 | | |
| NMOS | LFLPAK33, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 10-20 mΩ, 逻辑电平门限值 | BUK9M11-40H 、 BUK9M15-40H 、 BUK9M20-40H |
| | LFLPAK33, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 10-20 mΩ, 标准电平门限值 | BUK7M11-40H 、 BUK7M15-40H 、 BUK7M20-40H |
| | LFLPAK56D, 40 V, 半桥N沟道器件, Rds(on) 4.2-13 mΩ | BUK9V13-40H 、 BUK7V4R2-40H |
| | LFLPAK56D, 40 V, 双N沟道器件, Rds(on) 10-20 mΩ, 逻辑电平门限值 | BUK9K13-40H |
| | SOT457, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 19-23 mΩ | PMN20ENA 、 PMN30ENA |
| | MLPAK33, 60 V, N沟道器件, 29mΩ | BXC9Q29-60E |
| | LFLPAK56D, 100 V, 双N沟道开关器件, Rds(on) 10-30 mΩ | BUK9K14-100L |
| | LFLPAK56D, 80 V, 双N沟道开关器件, Rds(on) 10-30 mΩ | BUK9K14-80L |
| | LFLPAK33, 100 V, N沟道开关器件, Rds(on) 10-30 mΩ | BUK9M13-100L |
| | LFLPAK33, 80 V, N沟道开关器件, Rds(on) 10-30 mΩ | BUK9M11-80L 、 BUK9M20-80L 、 BUK9M35-80L |
| | MLPAK33, 40 V, N沟道器件, 4.6-7.5 mΩ | BXC9Q4R6-40H 、 BXC9Q7R0-40H 、 BXC7Q4R9-40H 、 BXC7Q7R5-40H |
| DFN2020MD-6, 40 V, N沟道器件, Rds(on) 20-30 mΩ | BUK6D23-40E 、 BUK9D23-40E 、 BUK7D25-40E 、 BUK6D30-40E | |
| 肖特基二极管 | CFP3, 40 V低VF Trench肖特基势垒整流二极管 | PMEG40T10ER-Q 、 PMEG40T20ER-Q 、 PMEG40T30ER-Q |
| | CFP3, 60 V低漏电流Trench肖特基势垒整流二极管 | PMEG60T10ELR-Q 、 PMEG60T20ELR-Q 、 PMEG60T30ELR-Q |
| | CFP3, 100 V低漏电流Trench肖特基势垒整流二极管 | PMEG100T10ELR-Q 、 PMEG100T20ELR-Q 、 PMEG100T30ELR-Q |
| 降压转换器 | SOT23-6, 4.5-40 V Vin, 600 mA同步降压转换器 | NEX40400-Q100 |
| | QFN-12, 3.8-40 V Vin, 2 A/3 A同步降压转换器 | NEX40402/3-Q100 |
| | QFN-8, 6-100 V Vin, 1 A同步降压转换器 | NEX40101-Q100 |
| 齐纳二极管 | CFP3, 3-12 V, 400 mA, 5%容差 | HPZR-C12-Q |
| | DFN1006(BD)-2, 3-12 V, 200 mA, 2%和5%容差 | BZX884 series 、 PZU884LS-Q series |
| uC核心电源 | | |
| 小信号MOSFET | SOT363, 30 V和60 V双互补对Trench MOSFET | NX3008CBKS |
| | SOT323, 30 V和60 V, N沟道Trench MOSFET | NX3008NBKW |
| | DFN1010B-6, 双N沟道Trench MOSFET | PMXB360ENEA |
| | DFN2020MD-6, >30 V, 双N沟道Trench MOSFET | PMDPB56XNEA |
| BJT | SOT23高散热性能双极性晶体管 | BC817K-16 、 BC817K-25 、 BC817K-40 |
| | DFN2020-3双极性功率晶体管 | BC54PA-Q 、 BC54-10PA-Q 、 BC54-16PA-Q |
| | DFN1006(B)-3, 250 mW, 15 V和40 V低Vcesat双极性晶体管 | PBSS2515MB 、 PBSS2540M 、 PBSS2540MB |
| | SOT323, 250 mW, 40 V和60 V低Vcesat双极性晶体管 | PBSS4140U 、 PBSS4160U |
| | DFN1010, 325 mW, 30 V和60 V低Vcesat双极性晶体管 | PBSS4260QA |
| | SOT23, 300 mW, 20 V、30 V、40 V、50 V和60 V低Vcesat双极性晶体管 | PBSS4160T-Q |
| | SOT457, 360 mW, 20 V、40 V、50 V和100 V低Vcesat双极性晶体管 | PBSS8110D |
| 并联稳压器 | SOT23, 具有3个端子的可调式并联稳压器 | TL431BQDBZR-Q |
| 电源分配 | | |
| 高边开关 | 40 V, 200 mΩ智能高边开关 | NPS6210 |
| LDO | 40 V/300 mA LDO, 具有5 uA超低Iq, 采用HVSSOP-8和SOIC-8封装 | NEX90530BPA-Q100 |
| | 40 V/150 mA LDO, 具有5 uA超低Iq, 采用HVSSOP-8、SOT23-5、SOT223-4和DFN-6封装 | NEX90515BPA-Q100 |

信号电子器件

| 产品 | 描述 | 关键部件编号 |
|---------------------------|---|-----------------------------------|
| 通信接口 3 | | |
| CAN和IVN的ESD | SOT23, <17 pF, 30 kV保护, 适用于12 V系统 | PESD2IVN27T-Q |
| | SOT323, <17 pF, 30 kV保护, 适用于12 V系统 | PESD2IVN27U-Q |
| | SOT23, 3.2-10 pF, 30 kV保护, 适用于12 V系统 | PESD2CANFD24UT-Q |
| | SOT323, 3.2-10 pF, 30 kV保护, 适用于12 V系统 | PESD2CANFD24UU-Q |
| | DFN1110D-3, 3.5-10 pF, 30 kV保护, 适用于12 V和24 V系统 | PESD2CANFD24UQB-Q |
| | DFN1412D-3, 3.5-10 pF, 30 kV保护, 适用于12 V和24 V系统 | PESD2CANFD24UQC-Q |
| | SOT23, 3.9-10 pF, 30 kV保护, 适用于24 V系统 | PESD2CANFD36UT-Q |
| | SOT323, 4.3-10 pF, 30 kV保护, 适用于24 V系统 | PESD2CANFD36UU-Q |
| | SOT23, 8 pF, 30 kV保护, 适用于48 V系统 | PESD2IVN48T-Q |
| 以太网ESD (图19中的ESD_1) | SOT23, 1-3 pF, 30 kV保护, 24 V关态电压 | PESD2ETH1GX-T-Q |
| | DFN1006BD-2, 1.2-1.8 pF, 30 kV保护, 24 V关态电压 | PESD1ETH1GXLS-Q |
| 靠近PHY的ESD (图19中的ESD_2) | DFN1006-2, 0.35 pF, 10 kV保护, 18 V关态电压 | PESD18VF1BBL-Q |
| | DFN1006-2, 0.3 pF, 10 kV保护, 24 V关态电压 | PESD24VF1BBL-Q |
| | DFN1006-2, 0.4 pF, 12 kV保护, 30 V关态电压 | PESD30VF1BBL-Q |
| | DFN1006BD-2, <0.6 pF, 10 kV保护, 5 V关态电压 | PESD5V0C1BLS-Q |
| 信号控制 4 | | |
| 反相器/缓冲器/收发器/ 逻辑门/寄存器 | AHC(T)产品系列, Vcc 2-6 V (4.5-5.5 V) | 74AHC08BQ-Q100 |
| | HC(T)产品系列, Vcc 2-6 V (4.5-5.5 V) | 74HC2G08DC-Q100 |
| | LVC产品系列, Vcc 1.2-3.6 V | 74LVC126ABQ-Q100 |
| | AUP产品系列, Vcc 0.8-3.6 V | 74AUP2G80DC-Q100 |
| 转换器 | AVC产品系列, Vcc 0.8-3.6 V | 74AVC1T45GW-Q100 |
| | HC(T)产品系列, Vcc 2-6 V (4.5-5.5 V) | 74HC1G66GW-Q100 |
| | LSF产品系列, 具有自动方向传感的双向转换器 | LSF0101GW-Q100 |
| | NXS产品系列, 具有自动方向传感和上升沿加速的双向转换器 | NXS0506GU-Q100 |
| | NXB产品系列, 具有自动方向传感和上升沿与下降沿加速的双向转换器 | NXB0108BQ-Q100 |
| 开关/多路复用器 | SP8T-Z和SP4T-Z模拟开关 | NMUX1308BQ-Q100 |
| | 单刀双掷模拟开关 | XSSA1T4157-Q100 |
| 配电阻晶体管(RET) | SOT23/SOT323/DFN1412D-3/DFN1110D-3/DFN1006B-3 50 V, 100 mA单NPN RET, 多种电阻器 | PDTC143XQB-Q |
| | SOT23/SOT323/DFN1412D-3/DFN1110D-3/DFN1006B-3 50 V, 100 mA单PNP RET, 多种电阻器 | PDTA144WMB |

参考文献

Nexperia手册

- 2 [ESD应用手册汽车版](#)
- 11 [MOSFET和GaN FET手册](#)
- 19 [二极管手册](#)
- 22 [BJT手册V2](#)
- 39 [逻辑应用手册](#)

应用笔记

- 3 [AN50020 - MOSFET在功率开关中的应用](#)
- 4 [An50007 - 在12 V、24 V和48 V系统中, 对MOSFET施加符合ISO标准的传导瞬变](#)
- 5 [AN50001 - 汽车应用中的反向电池保护](#)
- 7 [AN90003 - LFPK MOSFET热设计指南](#)
- 8 [AN50019 - MOSFET封装和PCB衬底的热边界条件研究](#)
- 9 [AN90034 - 用于功率MOSFET的SPICE和VHDL-AMS精密电热模型](#)
- 13 [AN90052 - Nexperia负载开关IC与分立式解决方案的比较](#)
- 15 [AN11119 - DC-DC转换中的中等功率小信号MOSFET](#)
- 16 [AN11160 - 设计RC抑制器](#)
- 17 [AN90011 - 半桥MOSFET开关及其对EMC的影响](#)
- 18 [AN11550 - CFP肖特基整流二极管在低功率适配器中的性能表现](#)
- 20 [AN90031 - 齐纳二极管: 物理基础、参数与应用示例](#)
- 23 [AN11045 - 下一代低VCEsat晶体管: 适用于分立式半导体的优化技术](#)
- 25 [AN11076 - 小信号分立式器件在多层PCB上的热特性](#)
- 27 [AN90024 - 配电阻晶体管\(RET\): 主要参数和应用洞察](#)
- 30 [AN90023 - DFN封装的散热性能](#)
- 33 [AN11882 - 高速接口 - ESD保护和EMI滤波](#)
- 37 [AN90039 - 用于汽车以太网应用的ESD保护器件 \(100Base-T1、1000Base-T1\)](#)
- 40 [AN90033 - 使用Nexperia LSF010x自动传感器件的双向多电压等级转换器应用](#)

白皮书

- 1 [白皮书: TVS二极管](#)
- 10 [白皮书: 侧边可湿焊盘AOI](#)
- 26 [白皮书: RET器件](#)

手册

- 6 [手册: LFPK56D数据表](#)
- 14 [手册: 电子电源管理负载开关](#)
- 21 [手册: DFN2020MD-6](#)
- 28 [手册: 采用SMD封装的汽车MOSFET](#)
- 29 [AutoDFN数据手册2022](#)
- 34 [汽车CAN-FD的ESD保护](#)
- 36 [手册: Nexperia汽车以太网ESD保护产品说明书](#)
- 38 [Nexperia封装](#)
- 41 [手册: 逻辑X2SON封装](#)

产品手册

- 12 [产品手册: CFP肖特基整流二极管](#)
- 31 [产品手册: ESD保护应用](#)
- 32 [Nexperia_ESD汽车应用指南](#)

© 2025 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內容。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。出版內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:

2025年2月

