

新一代ESD保护器件不再需要 V_{CC} 连接

作者: Roger Liang, 德州仪器 (TI) 大容量线性部门

引言

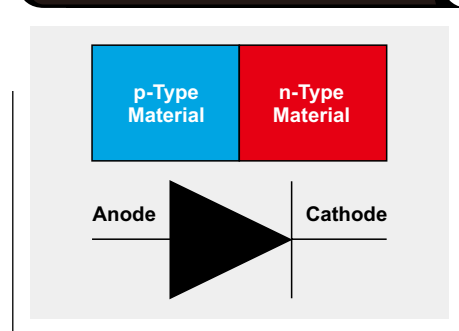
由于其不断减少的处理节点, 数字和模拟IC越来越容易受到静电放电 (ESD) 的损坏, 因此为了保证充分的系统级ESD保护, 离散式ESD保护二极管成为一种必需组件。过去, 我们把 V_{CC} 连接添加至二极管, 目的是降低其结电容。随着新型二极管技术的出现, 现在却不再需要。本文将向您介绍过去为什么需要 V_{CC} 连接, 并解释现在却不使用它的一些原因。

ESD是两个不同电势的物体接触时出现的静电释放现象。例如, 在天气干燥的冬天, 在把印刷电路板 (PCB) 封装到填充有泡沫的箱子里时, 最高可产生20 kV的ESD。为了确保电子终端设备不受日常ESD现象的损害, 通常要求使用离散式二极管, 其拥有比标准2kV人体模型 (HBM) 更稳健的ESD额定值。离散二极管的ESD额定值直接与二极管的p-n结点面积成比例关系; 但是, 结点越大, 寄生电容就越大。为了不影响二极管的ESD额定值, 添加一个 V_{CC} 连接是一种IC设计方法, 它可以有效降低二极管的寄生电容, 但有可能会损坏连接至 V_{CC} 的所有其他器件。然而, 工艺技术的最新进展, 让二极管设计人员不再需要 V_{CC} 连接, 并同时能够保证低电容和高ESD额定值。

二极管特性

二极管是最为基本的半导体器件。它由一个p型和一个n型结点组成, 具有两个端头: 一个p型端的阳极和一个n型端的阴极 (请参见图1)。当从阴极向阳极 (反向偏置) 施加一个足够大的电压时, 二极管进入其击穿区域。理论上讲, 电阻为零时, 它可以传导无限数量的电流。使用另一个方向 (正向偏置) 施加电压, 会使二极管进入其正向导电区域。图2显示了一个基本二极管的IV曲线, 它的阴极接地, 电压穿过阴极。尽管针对不同应用有许多不同类型的二极

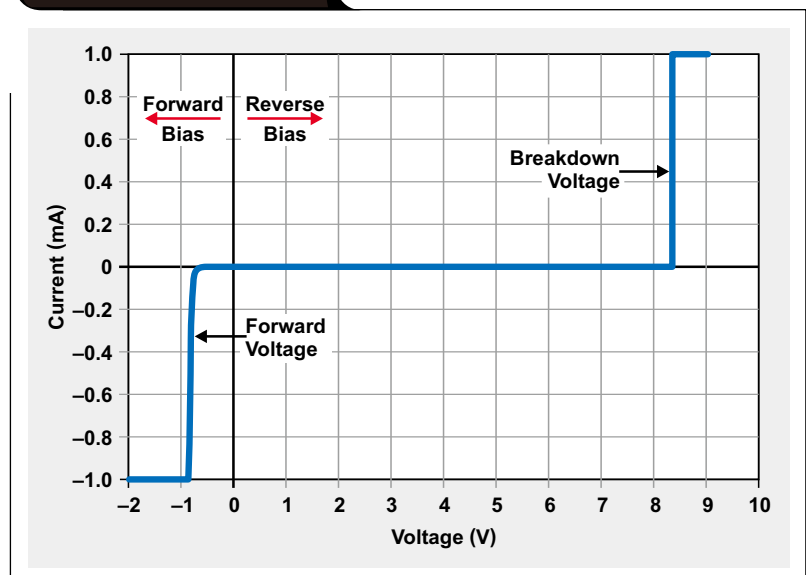
图 1 二极管结构



管, 但这里要讨论的是ESD保护应用的超快速响应二极管。这些二极管可以非常快速地对高ESD电压做出响应, 并通过分流ESD电流至接地, 在几纳秒时间内便可把数千伏电压降低至仅仅数十伏。

影响二极管寄生电容的因素有两个: 结电容 (由于过渡层内的电荷变化) 和扩散电容 (由于中性区域内的过剩载流子)。在反向偏置区域由结电容主导, 其

图 2 二极管IV曲线



为ESD二极管的正常应用区。二极管的结电容描述如下:

$$C_j(V) = A \sqrt{\frac{\epsilon_{Si} q}{2} \left(\frac{N_A N_D}{N_A + N_D} \right)} \left(\frac{1}{\sqrt{\phi_0 - V_A}} \right)$$

其中:

A为结面积。

ϵ_{Si} 为硅的介电常数。

q为一个库仑电荷。

N_A 为受主掺杂浓度。

N_D 为施主掺杂浓度。

ϕ_0 为结点的内建电压。

V_A 为在结点上施加的偏置电压。

在应用级, V_A 越高, 结电容越低(请参见图3)。这是因为, 以前的二极管技术要求一个 V_{CC} 偏置来稳压 V_A , 从而降低寄生电容。使用 V_{CC} 连接还让系统工程师可以在 V_{CC} 节点添加一个大电容(请参见图4), 它起到一

图 3 TPD4E001电容与偏置电压的关系

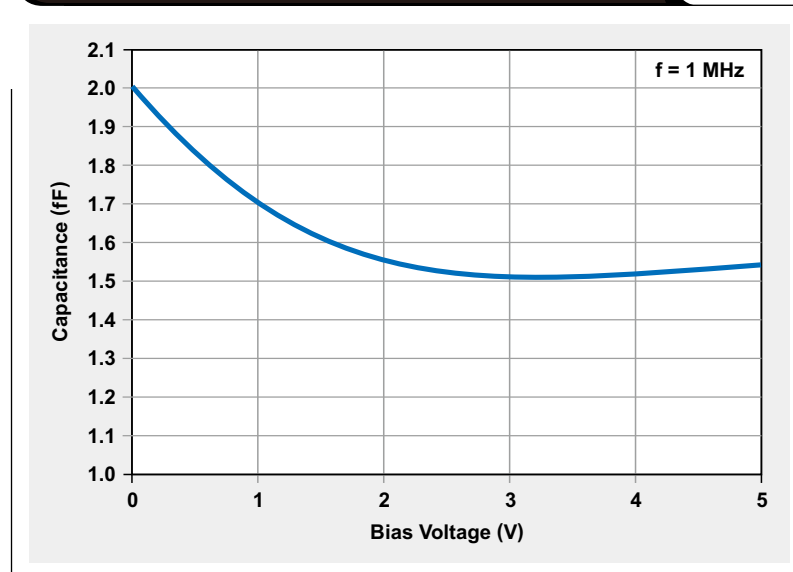


图 4 过去使用 V_{CC} 连接的二极管技术

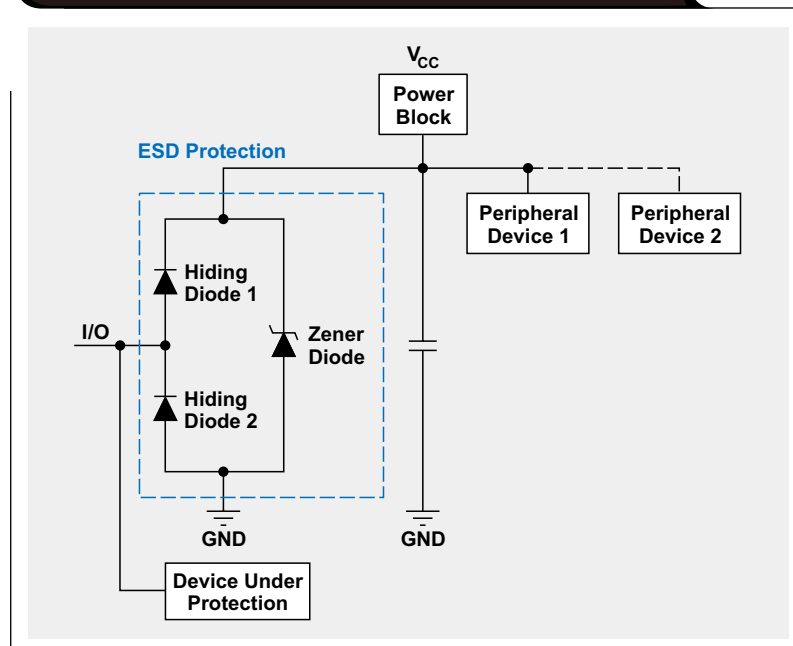
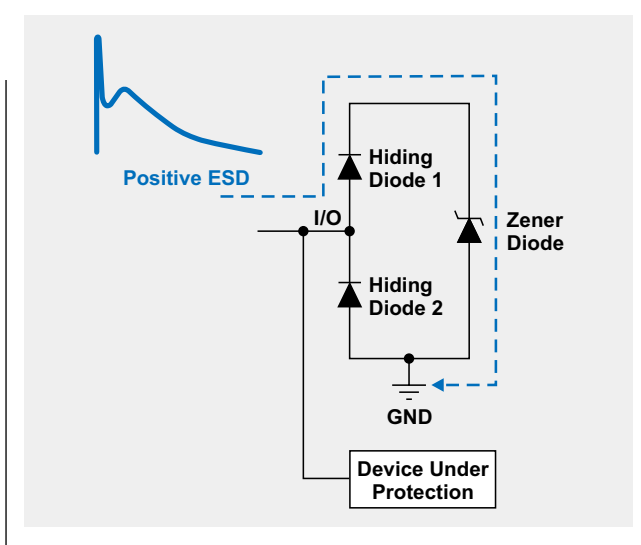


图 5 正ESD电击的放电路径



个电荷库的作用，目的是吸收一些过多的ESD能量，从而逐渐增加ESD保护。

把高速二极管用于ESD保护

为了设计出一种高ESD额定值、低电容的二极管结构，通常使用三极管方法（参见图5和6），原因有三个：

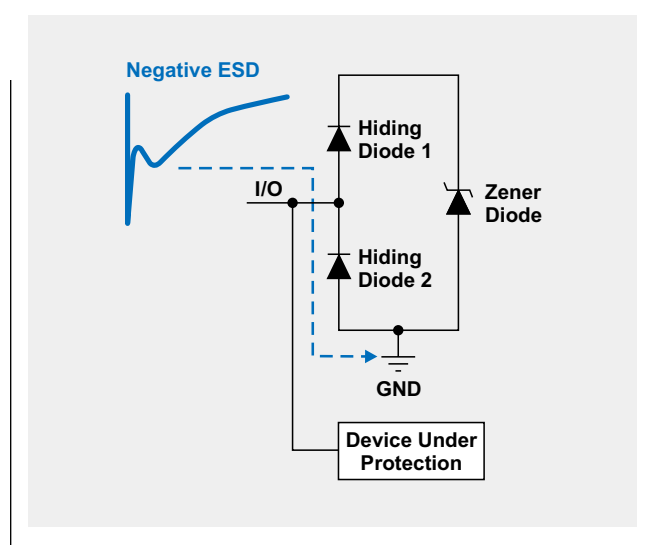
- 1、相比在反向击穿区域，二极管在正向导电区域可以承受更强的电流。
- 2、隐藏式 (hiding) 二极管1和齐纳二极管可抵制正ESD电击。
- 3、隐藏式二极管2可抵制负ESD电击。

两个更小的“隐藏式”二极管与一个更大的齐纳二极管串联。由于其串行结构，隐藏式二极管的电容更小，可有效隐藏齐纳二极管的大电容。在正ESD电击期间，隐藏式二极管1进入其正向导电区域。齐纳二极管进入其反向击穿区域，从而形成一条通路，让ESD电流被分流至接地，而不会进入受保护器件内部。大齐纳二极管的大尺寸，让其能够在击穿区域承受大电流。在负ESD电击期间，隐藏式二极管2进入其正向导电区域，把ESD能量直接引导至接地。在上面任何一种电击事件中，隐藏式二极管都可处理大量的ESD电流，因为它们绝对不会击穿，只会进入正向导电区域。

不使用 V_{CC} 连接的好处

过去几年，二极管制造技术取得了巨大的进

图 6 负ESD电击的放电路径



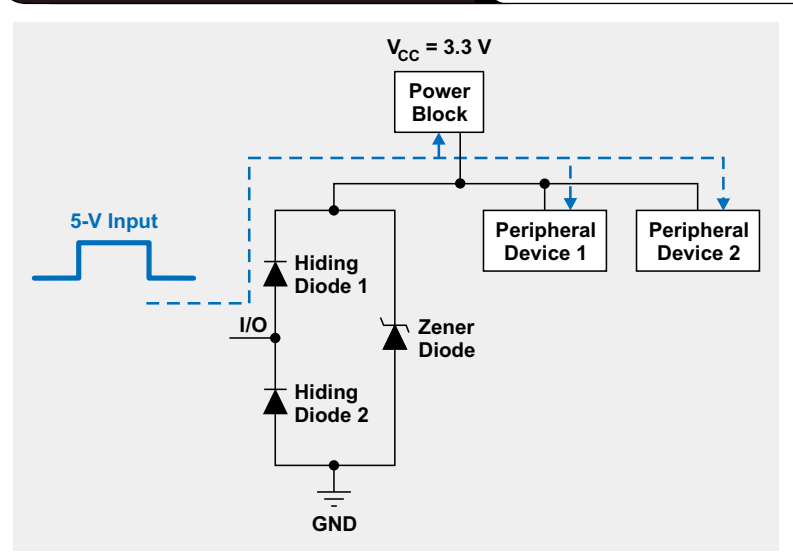
步，实现了更低的结电容，并且没有牺牲高ESD额定值。这些进步包括：

- 从横向二极管结构变为纵向二极管结构
- 更高的单位面积ESD性能
- N_A 和 N_D 掺杂更少，却可以达到相同的正向击穿电压

这些进步意味着，在降低结电容来支持高速接口时不再需要使用 V_{CC} 连接。不使用 V_{CC} 连接，给系统工程师带来如下三方面的好处：

1、没有泄露电流进入内部电源

如果一个高压输入信号通过低 V_{CC} 电平连接ESD二极管I/O，则信号电流可能会通过隐藏式二极管1泄露进入

图 7 I/O到 V_{CC} 的漏电流路径

到 V_{CC} 以及该节点上连接的其他器件内（图7）。这可能会损坏连接它的电源或者器件。如果 V_{CC} 没有连接ESD二极管，则无需有这方面的担心。

2、不会对内部电源造成ESD损坏

在正ESD电击期间， V_{CC} 沿着ESD电流的放电路径，并且它的电压水平为I/O处箝位电压以下一个 V_F （~0.5到0.7 V）。尽管由于分流电容的使用，在面对ESD时电源已经非常稳健，但这种升高的电压水平非常可能会损坏由 V_{CC} 驱动的器件（图8）。情况一样，如果 V_{CC} 不连接至ESD二极管，则无需担心。

3、无需外部电容

德州仪器公司（TI）的ESD二极管工艺开

发重点加强整体p-n结构，以便让其能够承受更大的ESD电压。由于TI的新一代ESD保护二极管拥有高达30 kV的额定值，因此使用一个附加电容仅可提高少许总ESD额定值。使用一个便会达到“收益递减”点。不使用电容，可减少材料数目清单，节省成本，并为其他重要器件留出更多的PCB空间。

TI新一代ESD保护器件例子

TI的TPD2E2U06 ESD保护器件便是二极管技术进步的一个重要例子。与它的前辈不同，TPD2E001不要求 V_{CC} 连接，但保持相同的电容，电压更低，并且ESD额定值增加了两倍。（参见表1）其他TI的类似ESD保护器件还包括TPD4E1U06、TPD4E1U06和TPD4E05U06。

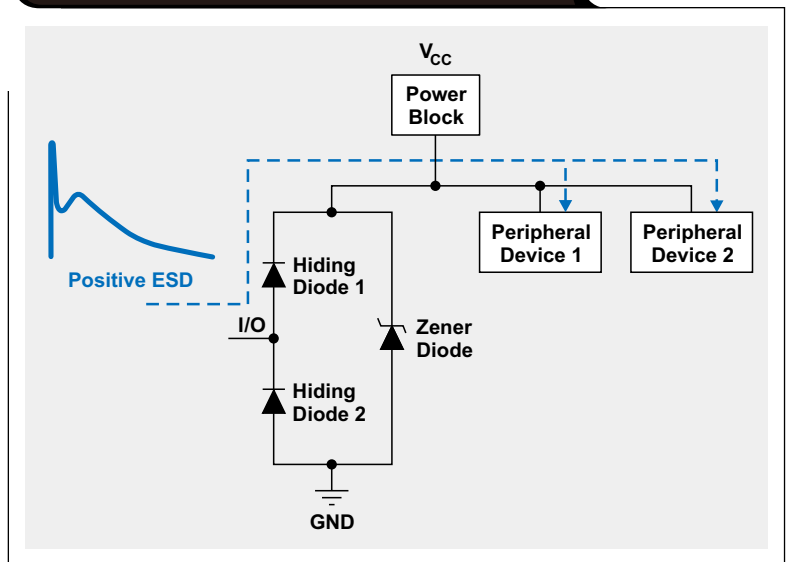
表 1 TPD2E001和TPD2E2U06规范对比表

规范	TPD2E001	TPD2E2U06
V_{CC} 连接	推荐	不需要
接触放电 (kV)	± 8	± 25
空气放电 (kV)	± 15	± 30
C_{IN} (pF)*	1.5	1.5
钳位电压 (V)**	12	9.5

* $f=1\text{MHz}$ 时电容测量， $V_{BIAS}=2.5\text{V}$

**1A、100ns 脉宽时使用 TLP 曲线进行钳位电压测量

图 8 正ESD电击会损坏 V_{CC}



结论

不要求 V_{CC} 连接的ESD保护二极管带来了许多好处。 V_{CC} 引脚不需要电容来增加ESD额定值。它减少了组件数目，简化了布局，并且降低了布局成本。不使用 V_{CC} 连接，还保证了没有漏电流进入到电源中，同时不会对本应通过 V_{CC} 连接至电源的内部节点造成ESD损坏。

相关网站

接口：

- www.ti.com/interface-aaj
- www.ti.com/tpd2e001-aaj
- www.ti.com/tpd2e2u06-aaj
- www.ti.com/tpd4e001-aaj
- www.ti.com/tpd4e05u06-aaj
- www.ti.com/tpd4e1u06-aaj

TI新一代ESD保护器件的更多详情，请访问：

www.ti.com/esd-aaj

订阅《模拟应用期刊》，请访问：

www.ti.com/subscribe-aaj



WEBENCH® 设计中心: 易于使用且可提供定制结果的设计工具。
PowerLab™ 参考设计库, 包含了近千个适用于所有应用的参考设计。
电源在线培训课程

www.ti.com.cn/webench
www.ti.com.cn/powerlab
www.ti.com.cn/powertraining

WEBENCH® Designer

Power | **FPGA/μP** | Sensors | LED

Enter your power supply requirements:

	Min	Max
Vin	14.0 V	22.0 V
	Vout	Iout
Output	3.3 V	2.0 A
Ambient Temp	30 °C	

Multiple Loads | Single Output

Power Architect | **Start Design**

WEBENCH® Designer My Designs

	最小	最大
输入电压	14.0 V	22.0 V
	输出电压	输出电流
输出	3.3 V	2.0 A
环境温度	30 °C	

SIMPLE SWITCHER®
开始设计 ▶



从通讯、计算机、消费类电子到汽车、工业, 从能源、医疗到安防、航空航天, TI推出一系列创新、完整、独特的制胜解决方案, 给您带来前所未有的技术支持体验。 <http://www.ti.com.cn/www/more/>



德州仪器在线技术支持社区

www.deyisupport.com

中国产品信息中心 免费热线:

800-820-8682

TI新浪微博



e.weibo.com/tisemi

热门产品

- | | |
|-----------|--|
| TPS92075 | 具有自适应基准的非隔离式、相位可调光、降压 PFC LED 驱动器 |
| BQ24195 | 具有 5.1V 1A/2.1A 同步升压运行的由 I2C 控制的 2.5A/4.5A 单电池 |
| LM3447 | 相位调光、初级侧电源调整的准谐振反激式控制器 |
| LM34917 | 具有智能电流限制的超小型 33V、1.25A 恒准时降压开关稳压器 |
| ADS1298 | 具有集成 ECG 前端的 8 通道 24 位模数转换器 |
| SN65HVD82 | 针对要求严格的工业类应用的稳健耐用的驱动器和发送器 |
| LM22670 | 具有同步或可调节开关频率的 3A SIMPLE SWITCHER、降压电压稳压器 |
| ISO1050 | 电镀隔离的隔离式 CAN 收发器 |

了解更多, 请搜索以下产品型号:

TPS92075



重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

产品	应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio 通信与电信 www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers 计算机及周边 www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters 消费电子 www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com 能源 www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp 工业应用 www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers 医疗电子 www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface 安防应用 www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic 汽车电子 www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power 视频和影像 www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity 德州仪器在线技术支持社区 www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司