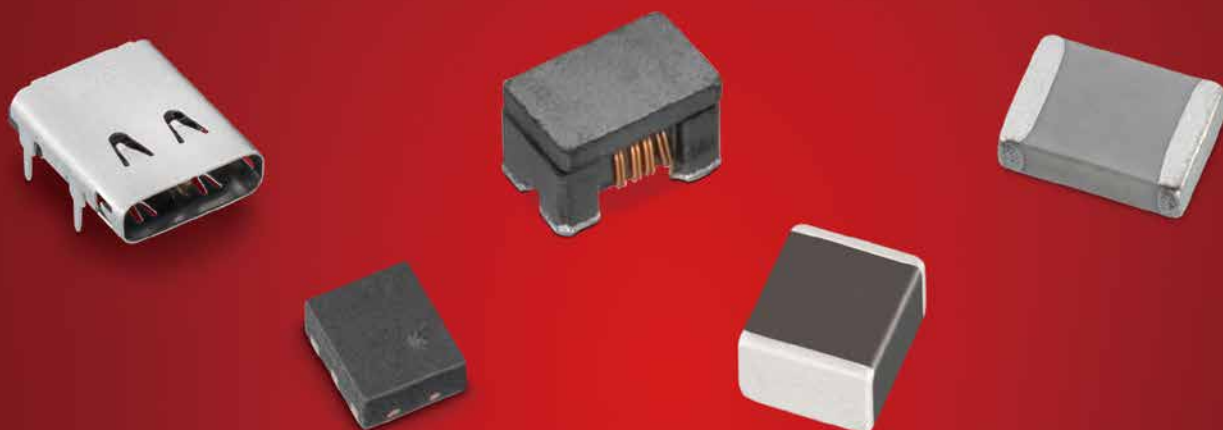




功率系统设计: 推动全球创新



# Effective USB 3.1 Filtering and Protection

[www.we-online.com](http://www.we-online.com)

# 完美的 二重奏！



#INDUCTORDUET

*WE speed up  
the future*



## 耦合电感

WE-MCRI 是完全自动化工艺生产、创新的一体成型双绕组耦合电感。耦合系数达到近乎理想的0.995。WE-MCRI软饱和和特性是基于其晶体磁芯结构和分布式气隙。产品范围包括达到2kV的高绝缘电压系列，低外形系列，以及不同的匝数比选择。

更多详情请访问：[www.we-online.com/coupled](http://www.we-online.com/coupled)

紧耦合



WE-MCRI

高耐压



WE-CPIB HV

可变匝比



WE-EHPI

低外形



WE-TDC

大电流



WE-CFVI

高饱和



WE-DCT

PCIM Europe Hall 7 Booth 229

- 最高至0.995耦合系数
- 最高至2kV绝缘
- 软饱和
- 最高至120 A ISAT 和48 A IR
- 产品系列宽



## 功率系统设计: 推动全球创新

[WWW.POWERSYSTEMSDESIGNCHINA.COM](http://WWW.POWERSYSTEMSDESIGNCHINA.COM)

请访问我们的在线内容、产业新闻、产品、专访和过往杂志。

### 2 刊首语

#### 新闻关注

3 用于高端医疗设备的超高可靠性  
3.5W、5W 和 6W 医疗级 DC/DC  
转换器

#### 设计指南

4 正确选择和设计电源  
作者: Cliff Ortmeyer, Farnell

#### 市场观察

6 到 2025 年, 特斯拉将引领不断  
增长的电动汽车市场吗?  
作者: Kevin Parmenter, 台湾半  
导体

#### 封面故事

7 高效的 USB 3.1 滤波和保护方案  
作者: Robert Schillinger 和  
Richard Blakey, Wuerth Elektronik

#### 技术访谈

12 明星厂商云集, 展示电力电子创  
新成果  
作者: 刘洪, PSDC 主编

22 罗姆解读 SiC 功率元器件市场动向,  
分享公司产品战略  
作者: 刘洪, PSDC 主编

#### 技术特写

##### 通信应用

25 支持风力发电及太阳能发电节能输电  
的电力电容器解决方案  
作者: TDK 电子股份有限公司

##### 智能电网

27 网络安全预示着智能电网的光明未来  
作者: Ricardo Camacho 和 Mark  
Pitchford, LDRA

##### 特别报道

##### 电动 + 混动车

30 在汽车应用中增加瞬态电压抑制  
作者: Isaac Sibson, Diodes

33 通过电流隔离提高 EV/HEV 安全性、  
性能和可靠性  
作者: Rudy McGlothlin, Silicon Labs



## Effective USB 3.1 Filtering and Protection

[www.we-online.com](http://www.we-online.com)

封面故事  
高效的 USB 3.1 滤波和保护方案



热点产品新闻、行业新闻及更多内容请访问网站：  
[www.powersystemsdesignchina.com](http://www.powersystemsdesignchina.com)

36 高压储能系统的电池管理解决方案  
作者: Cathal Sheehan, Bourns

##### 绿色视点

40 物联网应用需要雾计算的五个理由  
作者: Ryan Teng, Moxa





功率系统设计: 推动全球创新

Power Systems Corporation

中国广东省深圳市福田区八卦四路 13 号  
西座 1-2 楼  
邮编: 518029  
www.powersystemsdesignchina.com

主编——功率系统设计中文版

刘洪  
powersdc@126.com  
电话: 010-68797916 13651220041

总编

Jim Graham  
jim.graham@powersystemsdesign.com

社长

Julia Stocks  
julia.stocks@powersystemsdesign.com

管理和制作

崇亚文化传播有限公司  
地址: 中国广东省深圳市福田区八卦四路  
13 号西座 1-2 楼  
邮编: 518029  
电话: 0755-82240466

中文网站:  
www.powersystemsdesignchina.com

英文网站:  
www.powersystemsdeign.com

版权所有: 2019 年 7/8 月  
ISSN: 1815-3453

Power Systems Corporation 和 Power  
Systems Design China (功率系统设计  
中文版) 对由于资料的差错或遗漏, 不  
论这样的差错是否源于疏忽、意外或省  
略, 都不对任何人承担任何责任。

订阅:  
https://www.powersystemsdesign.com/  
subscribe-psd-magazine?f=ch

第十五卷, 第四期



**得**益于政府补贴的刺激, 中国电动汽车市场在前几年得到了快速发展, 无论是电动汽车厂商的数量, 还是电动汽车的出货量都得到迅猛提升。目前, 中国已经有480多家电动汽车制造商注册在案, 相比两年前提升了两倍以上。2019年中国电动汽车销售总量有望达到160万辆, 但仍只占中国汽车年销售量的4%左右。中国计划在2025年新能源汽车(包括纯电动汽车、插电混合动力汽车和燃料电池汽车)的年销售量提升到700万辆, 相当于中国汽车年销售量的20%左右。因而, 中国电动汽车市场仍有很大的发展空间。

另一方面, 从今年年初开始, 政府宣布将会减少为车企提供的补贴, 政府的初衷是希望鼓励车企通过创新来维持其业务, 而不再依赖政府的扶持。

那么, 电动汽车市场中的制造商和消费者最为关心的问题是哪些呢? 综合各个方面的研究, 电动汽车的充电时间、续航里程以及安全性都是消费者所非常关心的问题, 而所有这些都与流入和流出电池的电流有关。

专家认为, 在电动汽车中, 如何精确地控制电池充电和放电过程中的电流, 不仅关系到电动汽车的效率, 也与电动汽车的安全性密切相关。电动汽车需要达到市场所需的更高效率和更高安全性, 同时还能以合理的价格保持极高的质量和零缺陷。

## 电动汽车效率和安全性

所以, 电流传感器的精度当然会影响汽车的效率、性能和安全性, 而高精度电流传感器将对这三者都有明显改进。例如, 在牵引电机逆变器中进行精确的相电流测量, 可使控制器执行非常精确的FET/IGBT开关, 这提高了逆变器效率, 能够使电机提供最大扭矩, 并能够及早检测任何过流或短路情况。

目前, 电动汽车充电系统有两种基本的方案, 一种是充电站的直流快速充电系统, 另一种是车载充电系统。就直流快速充电站而言, 可以提供数百千瓦的功率, 通常工作在300到600VDC之间, 用高达数百安培的电流充电。充电站设计人员需要采用具备高精度电流感测和快速响应时间的传感器, 以便可以安全、快速地提供这些非常高的功率, 适用于这种应用的高速度和高精度电流传感器, 可用于精确监控这些快速充电站中输送到电池的高电流。

目前仍有相当多电动汽车车主通过插入电源插座为车辆充电, 将120V至240V的交流电源连接到车载充电器, 从而将AC电源转换为DC电源以对电池充电。这些系统中的电流水平通常小于100安培。而1MHz带宽系列电流传感器非常适合此类应用。这些传感器具备电隔离功能, 有助于OBC制造商减少材料清单, 并提高功率密度, 从而缩短充电时间。此外, 它们的1MHz带宽可实现快速控制环路, 并可在不到1μs的时间内检测过流事件, 从而提高安全性。

刘洪  
功率系统设计主编  
powersdc@126.com

## 用于高端医疗设备的超高可靠性3.5W、5W和6W医疗级DC/DC转换器

RECOM Power在设计REM3.5E、REM5E和REM6E系列中的每个医疗级稳压DC/DC转换器时, 都以病患和临床医生的安全性作为优先考虑的因素。这些产品系列符合医疗行业对电子医疗设备的严格要求, 并且超越了针对安全性和电磁兼容性(EMC)的全部要求。

为了增强电气隔离, 在250VAC的额定输入电压下, 三个系列中的每一款产品都提供超过8mm的爬电距离。爬电距离定义为两个导体之间沿着绝缘材料表面的最短距离。此外, 这些产品系列实际上是双重绝缘的, 额定性能为2 x MOPP(以保护患者)。它们的额定功率分别为3.5W、5W和6W, 并将泄漏电流限制在1μA或更低, 确保达到设备的基本性能并保护操作人员和病患免遭电击危险。

为满足正在显著增长的全球电子医疗设备市场, 这些DC/DC转换器具有出色的安全性能, 适用于以全体人口提供医疗服务为发展目标, 同时满足成本是决定性因素的中国市场。REM3.5E、REM5E和REM6E系列结合了技术创新与RECOM的全自动化生产, 可以以相对较低的成本提供这些模块, 在市场上具有明显的竞争优势。由于具备这些特性, RECOM的DC/DC转换器成为分销商儒卓力(Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH)

电子元件组合中引人注目的新成员, 获得了全球分销网络、物流专业技术和电子商务便利的大力支持。

### 符合法规

作为符合法规要求的设备, 这三款DC/DC转换器系列符合目前第四版的ES/EN/IEC 60601-1标准(IEC 60601是国际电工委员会发布的针对医疗电气设备安全性和基本性能的技术标准系列)。在欧盟范围内, 这些医疗设备系列产品符合指令MDD:93/42/EEC, 第3条的基本要求, 其中, 投放市场的产品必须符合其附件I第3条中风险分析的基本要求, 以及ER1、附件II、附件III和附件VII的要求。

作为合规设备, 这些产品系列适用于医疗B、BF和CF应用。根据IEC 60601-1标准, 这三类是指与病患接触的医疗器械的“接触身体部位”。CF型是最严格的分类, 对于那些通常与患者心脏直接导电接触的接触身体部件的应用是必需的。BF型不太严格, 但涵盖与病患有导电接触或与病患有中期中长期接触的设备。B型是最不严格的分类, 用于通常不导电的接触身体部件。

### 绝缘性能高达10KVDC

作为高集成度的高可靠性设备,



这些DC/DC转换器可作为采用工业标准引脚输出的小型DIP24封装模块提供, 除了高达10KVDC绝缘性能外, 还可提供增强的绝缘性能, 适用于几乎所有的医疗应用。应该强调的是, 该绝缘电压远远高于医疗行业中其它领域的典型产品的绝缘电压。

这些精密调整的单输出或双输出模块具有四种电路保护模式: UVLO(欠压锁定); SCP(短路保护); OCP(过流保护)和OVP(过压保护)。对于最终用户来说, 模块化的方式极易调试系统电路, 节省了开发时间, 从而加快产品上市速度。

这些DC/DC转换器模块的输入电压范围为2:1, 无需降额, 在-40°C至+85°C的宽温度范围内效率超过80%(在实际测试条件下, 在最低和最高工作温度下, 通过计算输入和输出功率而得出效率)。

三个产品系列中每一款产品的封装尺寸(L×W×H)均为520×22.7×18.3mm, 三个产品系列中的REM5E和REM6E安装类型有直插和SMD型可供选择。

www.rutronik.com.cn



# 正确选择和设计电源

目前最有效的设计方法取决于多个标准，没有适合每个应用的单一方法。

作者：Cliff Ortmeier，Farnell 全球技术营销主管

有三个主要的选择，尽管更复杂的系统可能依赖于这三个选择的组合。经验丰富的电路板级工程师最熟悉的第一种选择是定制电源电路，尽管这通常包括现成的电源控制器与分立功率晶体管，以及滤波和调节用无源器件的组合。第二个是一个模块，它将定制设计中的组件组合捆绑到一个单独的封装中，外部插脚用于接地、输入和输出电压轨连接。这些模块通常是完全封装的，以保护环境和易于焊接。最后，还有现成的电源单元（PSU），它可能以外部前端单元的形式出现。或者，如果PSU需要集成到系统机箱中，则可以作为开放式框架设计或完全打包版本购买。在需要用户访问的系统中，通常会选择完全封闭的版本，因为它提供了最高级别的安全性。



图1：现成电源

决定是使用定制设计、配置模块，还是完全现成的电源通常可以归结为一个传统问题。“这是我们一贯的做法”不一定是错误的答案，虽然这可能是一个通过经验获得的结论，不应轻易推翻，但它是一个值得重新考虑的新项目，因为环境和技术可能已经发展，有利于采用不同的方法。

例如，立法是世界各地的一个移动的目标，立法者已经逐渐收紧了涉及供电安全和能源消耗的法律。例如，传统的基于规则的医疗电源安全认证机制已经转向需要证据

支持的基于风险的评估。同样地，五年前适用于用户电源的电路设计，现在在待机模式下消耗的能量太多，无法接受。现在，立法要求在前端整流器部分采用更先进的控制和技术，内部设计师可能不熟悉这些技术，即使他们在板级电源架构方面有多年的经验。

如果一个新产品需要在电源上进行实质性的改变，对于一个用于定制设计的团队来说，切换到基于可配置模块或现成 PSU 的实现是有意义的。外部或全封装 PSU 的制造商通常会提供相关标准的认证。模块的设计通常符合标准，但最终系统需要认证。

上市时间的问题可能会得出类似的结论。如果能够提供适合系统机箱的 PSU，那么现成的 PSU 通常会带来最快的上市时间。来自第三方供应商的定制 PSU 仍然需要时间来设计、调整和制造，这将增加上市时间。在定制很重要的地方，模块提供了更大的灵活性，但将导致更长的设计和集成周期，特别是在需要认证的地方。对于大多数设计团队来说，这两个选项都将比完全定制的电路更快。

然而，在尺寸方面，完全定制的电路设计可以很容易地提供最佳选择。熟悉系统要求的设计师可以围绕其他电路板构建 PSU。这可能不是每立方厘米瓦特的最小可能设计，但它可以符合系统的其他部分，在不影响冷却气流的情况下，使体积最小化。模块通常设计为小尺寸和低成本，经常利用新的封装技术，以最大限度地减少体积。当目标系统的需求与可用模块的特性相匹配时，这可以使它们成为极好的选择。

在某些情况下，模块本身可能非常紧凑，但目标应用所需的组合会导致未使用的轨和容量；这将增加解决方案的总体规模和成本。然而，模块的情况一直在变化，因为现在有许多模块选项可以通过诸如 Farnell 这样的分销商随时获得，因此比以往任何时候都更容易选择适合目标应用的模块组合。尽管有越来越多的模块选项，如果目标设计有特殊要求，团队可能不得不在尺寸上妥协，或者将模块与专用轨的定制设计混合。



图2：Maxim Integrated Himalaya uSLIC 电源模块

与模块制造商一样，现成 PSU 的供应商可以利用规模经济和优化的生产技术来构建高度紧凑的产品。因此，他们通常提供高功率密度的设计，以瓦特 / 立方厘米表示。然而，现成的设计往往需要有点过定义（over-specified），以适应目录产品的目标应用的峰值功率使用。结果可能是大于所需的形状系数。

设计的灵活性是团队研究产品系列的一个重要标准。在这种情况下，基于模块的方法通常最有意义，因为以最小的重新设计围绕周围电路更换模块相对容易。对于现成的 PSU，尽管通常会提供更大和更小的变体，但它们可能不适合原始的外形。当采用定制电路时，团队必须为每一种变体留出时间进行设计，这可能会减慢项目时间。

在成本方面，开发成本和单位成本之间往往存在明显的权衡。现成 PSU 的单位成本通常高于基于模块或自定义设计。但该现成器件的优点是开发成本很低，甚至没有开发成本，这对于小批量项目来说非常重要。在单价可能占主导地位的地方，定制设计选项可能提供最大的优势，尽管它会带来最大的开发成本。

虽然定制电路的开发时间最长，但制造商已经开发了一系列辅助工具，大大简化了合适电源的选择和 PCB 设计。一个例子是由 Maxim Integrated 开发的 EE-Sim DC-DC 设计工具。通过直观的形式，工程师可以输入自己的具体应用需求，获得电路原理图、仿真结果和支持实现的物料清单。

结果是，设计团队在为他们的项目选择理想的供电策略时可以考虑多种选择。每个项目都需要使用上述标准，根据其自身的优点进行判断。对需求的详细分析将揭示从完全现成到完全定制的曲线上的哪个点最符合应用的需求。

[www.farnell.com](http://www.farnell.com)

## 引领汽车新概念。



电动交通

信息娱乐系统

自动驾驶系统

无源元件、传感器、电源和能源设备...

## 我们的技术助您进无止境。



[product.tdk.com/zh/automotive](http://product.tdk.com/zh/automotive)



# 到 2025 年，特斯拉将引领不断增长的电动汽车市场吗？



作者：Kevin Parmenter，台湾半导体公司现场应用经理

报告公司Statistica估计，到2025年，道路上14%的车辆将使用电力，特斯拉将引领这条道路。不管你怎么看Elon Musk，我相信如果不是他，传统汽车制造商仍然会告诉我们“我们正在研究市场，研究技术挑战和安全问题”，因为现状非常好。

物理学说，处于静止状态的物体倾向于在行动之前保持静止——人们和组织尤其是大型组织也是如此。当这些传统汽车公司中的许多人试图用传统动力系统上的软件与系统进行博弈，以规避法规时，特斯拉正在创新，而现在其他公司也被迫这样做，不可思议，资本主义正在运作。

几家公司已经推出了反铲挖掘机等电动重型设备。火车和一些船只已经混合动力有了一段时间了，其他的应用要么是全电动的，要么是混合动力的。叉车已经用了很长一段时间了，我想他们现在会用得更多。

这一观点已经从“这是不可能的，为什么还要尝试。”转变为“我们可以做到，让我们去做。”然而，问题是：首先需要化石燃料来制造电池，电池的回收和处置，以及使用电动汽车用什么燃料发电？

这取决于发电厂——并非所有的能量都来自风、水、太阳能、海潮、骑在跑步机上的独角兽等等，汽车的能量并不总是绿色的。电气化对环境有帮助吗，还是仅仅是从用户的角度让我们感觉更好，而不是从大局看？

人类是一个适应性强、富有创造力的群体，特别是美国工程师，随着时间的推移，这些问题将得到解决，或者至少最小化。正如你们中的一些人所知道的，半导体行业一直是一个周期性的行业，在我写这篇文章的时候正处于

低迷之中，我们都知道，它不会永远持续下去，但它会让半导体管理人员像吉娃娃一样惊慌失措地服用类固醇，常常导致非常糟糕的决定，使情况恶化，我从1984年就看到了。

半导体消费市场的亮点是汽车，尤其是交通运输市场的电气化。这个市场可能是新设计中宽带薪器件的最大用户，我相信我们刚刚开始从实用的角度来看待这些最新的器件，同时推动了从传统硅半导体到无源和机电设备的各种类型的AEC-Q元件的需求。我们都知道，汽车已经成为一个大的电子元器件客户，但电动汽车，混合动力和电气化的运输正在把它带到一个新的水平，这将改善我们所有人的事情。我们可以在其他行业使用更多的Elon Musks作为催化剂，改变游戏规则——这是你所在行业吗？

[www.powersystemsdesign.com](http://www.powersystemsdesign.com)

# 高效的 USB 3.1 滤波和保护方案

USB标准已更新至3.1版

作者：ROBERT SCHILLINGER 和 DR.RICHARD BLAKEY，Wuerth Elektronik

## 简介

USB 接口及其标准是一个迄今为止最为成功且广泛应用的接口之一。应用领域分为商业和工业，两者均在不断推动此标准更快向前发展，USB 标准已更新至 3.1 版本。此版本将数据传输速度提升至 5 GBits/s（第 1 代）和 10 GBit/s（第 2 代）。更快的数据传输，是不断增加的媒体分辨率和网络数据的要求。

提高数据传输速度意味着一些重要参数需要考虑，因为这与数据传输线路密切相关。在保持数据传输速度和完整性的同时衰减噪音，这对电磁兼容至关重要。对于高速数据线路，Würth Elektronik 有共模电感（用于 EMI 抑制）和 TVS 二极管（用于 ESD 保护）。WE-CNSW HF 系列共模电感，可用于高达 10GBit/s 的信号线抑制共模噪音，同时保证信号完整性。对于 ESD 保护，WE-TVS 具有极低的电容值 (< 0.6 pF)，是较高频率的理想选择。这些器件还特



图 1：用于演示 USB 3.1 滤波和保护功能的 USB-C 适配器

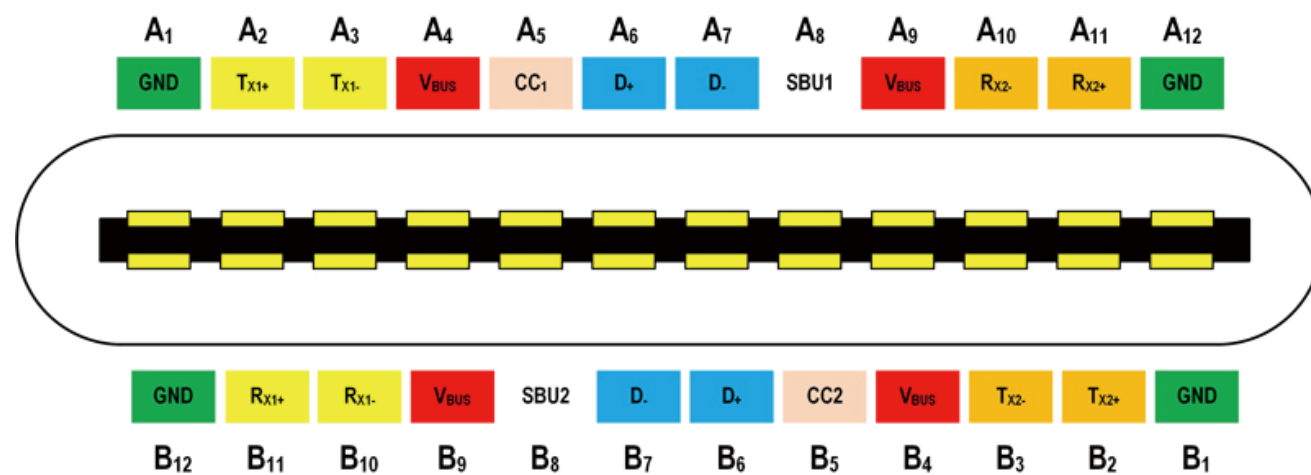


图 2：USB Type-C 引脚布局

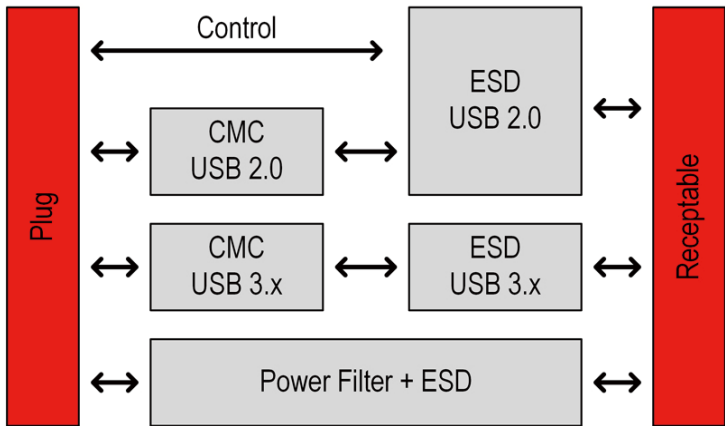


图 3：USB Type-C 适配器框图

别适合 HDMI 4K、DisplayPort 或 GBit LAN 等其他高速数据传输接口。

本文简要说明用于保护 USB3.1 设备，并抑制 EMI 的各类器件，因为 EMI 很可能导致设备无法通过 EMC 测试。这些将在 USB Type-C 适配器(图 1) 中进行演示，以展现器件的效果。

### (差分) 数据线路的 EMC 注意事项

USB 接口为双向对称差分接口。信号线之间的干扰电压 VDM，及中点和参考(接地、电缆屏蔽)之间的干扰电压 VCM 均可测量。这意味着，差模和共模干扰电压都可以影响 USB 传输路径。干扰可以来自接口自身，或者是环境中的电磁效应，可能是感性、容性或波耦合。

在 USB 传输中，差模干扰主要是由阻抗失配或不恰当的电路设计所引起的非线性信号谐波产生，传输路径(例如发射器、电路板布线、导线、滤波器或电缆)的不对称会导致干扰辐射并影响信号质量。共模干扰起因于 USB 控制器所在电路的寄生耦合。随着干扰频率上升和振幅增加，通常是对 USB 信号的容性耦合。不过，这些干扰会以相同相位和振幅出现在两根 USB 线上，因此减小了对所需

信号的影响。电缆中或接收器处的不对称，会将共模信号转换为差模信号，从而影响信号。

### USB-Type-C 适配器

现代的需求正在不断推动 USB 总线向更小、更薄和更轻的方向发展。

USB Type-C 是与 USB 3.1 标准(SuperSpeed+、USB 3.1 第 2 代)一起同步开发的，USB 3.1 是 USB 3.0(USB 3.1 第 1 代)的更新版本。该连接器包含 24 个引脚(图 2)，其中包括四个电源/接地对、两个差分对(非 SuperSpeed+)和四个 SuperSpeed+ 对(USB 3.1 使用其中两个)。USB Type-C 具有最高 10 GBit/s 的数据率，并且可传输最大 5 A(100 W)电流。要在如此高速度下保证信号完整性，ESD 器件的寄生电容必须比 USB 2.0 的电容更低，同时 CMC 需要在更高频率下才能对差模噪声表现出阻抗。

上面的引脚布局中，电源对为 A1/A4、A9/A12、B1/B4 和 B9/B12，SuperSpeed+ 对为 A2/A3/B10/B11 和 A10/A11/B2/B3，非 SuperSpeed+ 为 A6/A7 和 B6/B7。这三组电路需要分别处理，下图显示了必要的保护和滤波电路(图 3)。

表 1：用于 100 W 设计的器件

标号	系列	料号	规格
L <sub>6</sub>	WE-MPSB 1812	742 792 261 01	100 Ω
L <sub>7</sub>	WE-MAPI 4020	744 383 560 12	1.2 μH
L <sub>8</sub>	WE-MPSB 1812	742 792 261 01	100 Ω
C <sub>1</sub>	WCAP-CSGP 0805	885 012 107 018	4.7 μF / 25 V
C <sub>2</sub>	WCAP-CSGP 0805	885 012 107 018	4.7 μF / 25 V
D <sub>6</sub>	WE-TVS	824 045 810	20 V

表 2：用于 60 W 设计的器件

标号	系列	料号	规格
L <sub>6</sub>	WE-MPSB 1206	742 792 211 11	110 Ω
L <sub>7</sub>	WE-MAPI 3020	744 383 360 12	1.2 μH
L <sub>8</sub>	WE-MPSB 1812	742 792 261 01	100 Ω
C <sub>1</sub>	WCAP-CSGP 0805	885 012 107 018	4.7 μF / 25 V
C <sub>2</sub>	WCAP-CSGP 0805	885 012 107 018	4.7 μF / 25 V
D <sub>6</sub>	WE-TVS	824 045 810	20 V

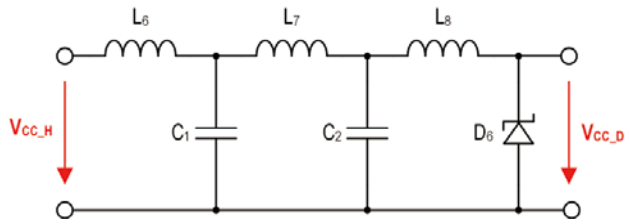


图 4：为 100 W 功率采用的 SMD 磁珠、π 滤波器和 TVS 二极管拓扑

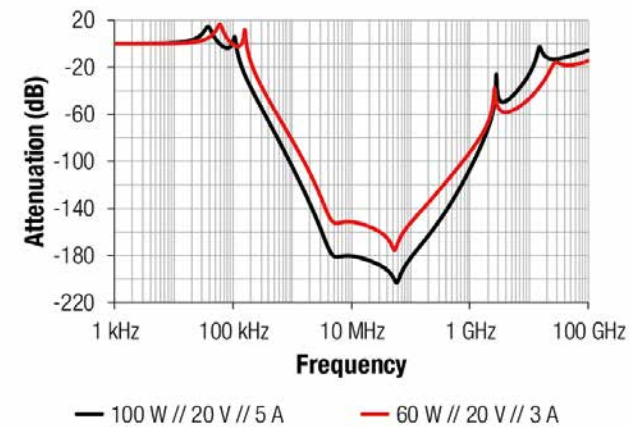


图 5：60 W 和 100 W 功率的电源滤波器损耗仿真比较

此外，A5/B5 用于检测接口连接并做配置。A8/B8 可用于音频或另外的未定义功能设计。

USB 3.1 数据线路的标称差分阻抗为 90 Ω，适配器的差分微带线必须保证此值。Zo 使用标准微带线公式(方程 1)进行计算。要实现阻抗匹配，必须考虑走线宽度 w 和高度 t、差分走线的间距 s，以及 PCB 的介电常数和厚度 h(方程 2)。

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left[ \frac{5.98 h}{(0.8 w + t)} \right] \quad (1)$$

$$Z_{diff} = 2 \cdot Z_0 \cdot \left[ 1 - 0.48 \cdot e^{(-0.96 \cdot \frac{s}{h})} \right] \quad (2)$$

表 3：共模电感(744 233 56 00)的电气特性

参数	测试条件	结果	误差
Z	100 MHz	60 Ω	± 25 %
U <sub>R</sub>		20 V	典型
I <sub>R</sub>	ΔT = 20 K	600 mA	最大
R <sub>DC</sub>	T = 20 °C	220 mΩ	最大

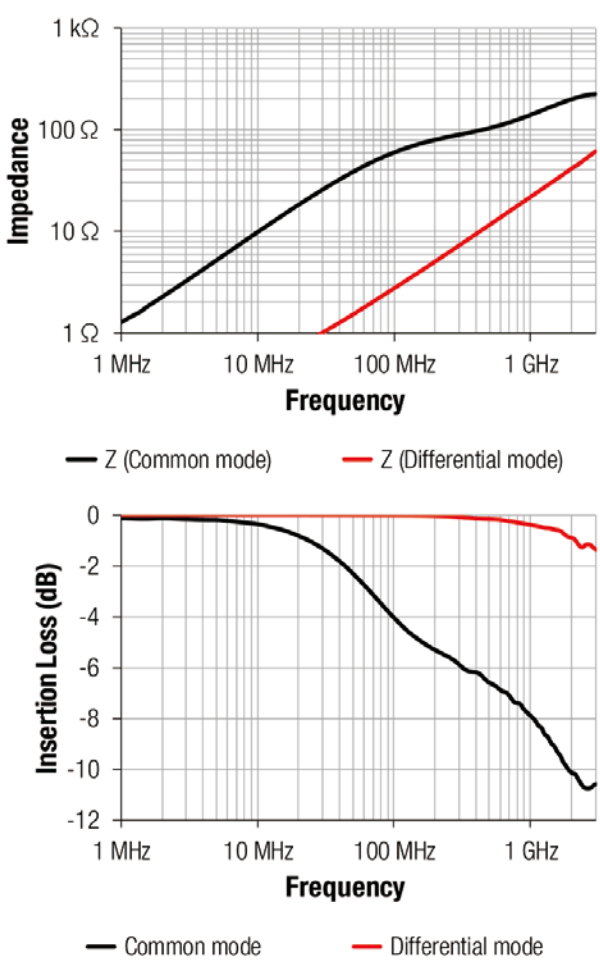


图 6：WE-CNSW HF (744 233 56 00) 的阻抗曲线和插入损耗 @ 50 Ω

表 4：WE-TVS 超高速系列(824 012 823)的电气特性

参数	测试条件	结果
C <sub>Ch</sub>	V <sub>GND</sub> = 0 V; V <sub>I/O</sub> = 1.65 V; f = 1 MHz; I/O 至 GND	0.18 pF 典型 0.27 pF 最大值
C <sub>X</sub>	V <sub>GND</sub> = 0 V; V <sub>I/O</sub> = 1.65 V; f = 1 MHz; I/O 至 I/O	0.04 pF 典型 0.08 pF 最大值

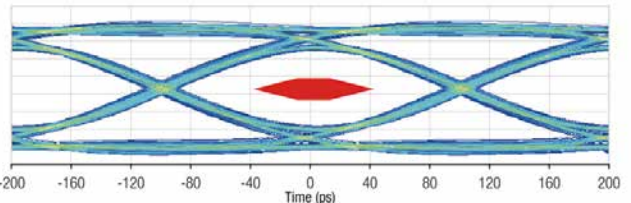


图 7：适配器开启 USB 均衡器后的眼图(在 10 GBit/s 情况下)



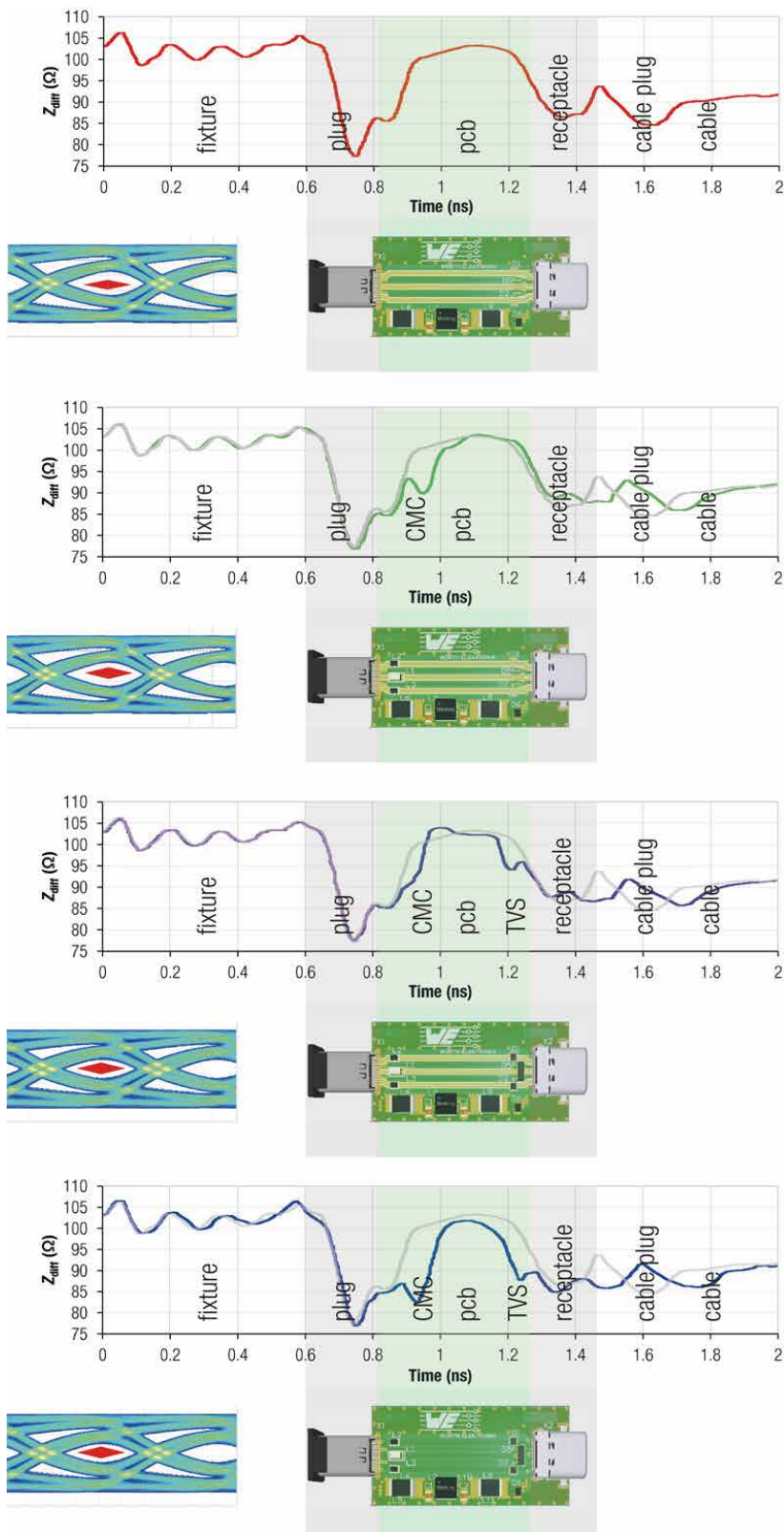


图 8：USB Type-C 适配器的时域测量和眼图

### USB 3.1 电源通道

如前文所述，当线缆功率满足时，USB Type-C 连接器的电源线可最多承载 100 W (20 V/5 A)。不过，大多数应用不会使用这么高的功率。因此，电源总线滤波器需要根据实际的应用进行设计。

USB 3.1 标准规定数据速率为 5 GBits/s (第 1 代) 和 10 GBit/s (第 2 代)。要衰减耦合到电源线路中的高频噪声，可以使用截止频率约为数据速率 1/10 的低通滤波器。

### 100 W (20 V/5 A) 应用

WE-MSPB (742 792 261 01) 磁珠在约 100 MHz 至 1000 MHz 频段内具有最大阻抗，在此频段内，USB 数据传输时的干扰是最严重的。在 750 MHz 情况下，磁珠相当于纯电阻，无电抗成分。高于此频率时，电容特性占主导。此外，需要一个滤波器来抑制高频噪声。电源的源端和负载端均为低阻抗，因此选择  $\pi$  型滤波器将取得较高的插损，因为阻抗越失配，抑制越强烈。以下滤波器使用大家熟知的滤波拓扑实现。

### 60 W (20 V / 3 A) 应用

由于需要专业线缆才能实现 100 W 功率，大多数应用使用 60 W 或更低功率，60 W 是普通线缆的最高额定功率。因此，没有必要采用可应对 100 W 的滤波器。以下滤波器采取与 100 W 滤波器类似的方法，但使用较低电流规格的器件，设计更为紧凑。

### USB 3.1 SuperSpeed+ 通道

WE-CNSW HF (744 233 56 00) 是数据线滤波的关键。归功于其绕线工艺，WE-CNSW HF 具有高度的对称性和低寄生电容。表 3 列举了最重要的参数。

图 6 中显示了共模和差模情况下

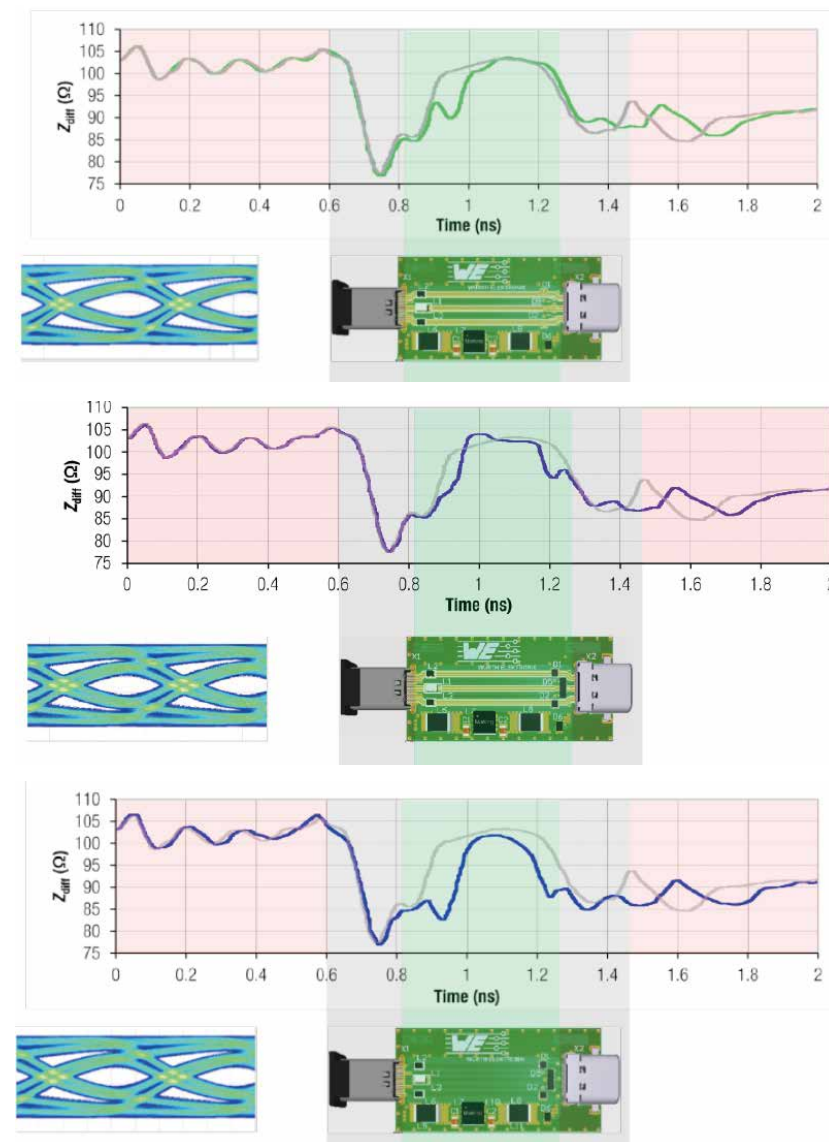


图 9：USB Type-C 适配器的时域测量和眼图

共模电感的阻抗曲线和插入损耗。当相同的干扰成份以相同方向，在正 / 负两条路径上分别相对于“地”传播时，就会出现共模噪声。对于电路或导线上的容性及感性耦合，情况总是如此。因此，此器件阻抗必须尽可能高。在 100 MHz 时此共模电感阻抗约 60  $\Omega$ 。绕组的漏感会产生差模阻抗，此阻抗在数据频率段必须尽可能小。

在滤波器中加入电容便构成了一

个低通二阶滤波器。此处使用二极管阵列代替电容。集成的二极管具有寄生电容，可以被有效利用。此外，阵列中 TVS 二极管的寄生电感极低，这对能够快速响应瞬态过电压是非常必要的。因此一个几乎理想的电容与高效瞬态保护功能结合在了一起

### 测试

通过夹具，测试装置（1m 线缆和 Type-C 适配器）与分析仪相连，分

别测试 5Gbit/s (USB3.1 Gen1) 的眼图。图 8 通过时域反射计 (TDR) 显示了差分阻抗  $Z_{diff}$  的变化，可以看出 PCB 的阻抗有些偏高，这是由于这块基板没有控制阻抗。当器件添加到 PCB 后，可以观察到对信号的影响 (图 9)。灰色曲线对应没有放置器件的 PCB (图 8)。

第一次测量包含共模电感，第二次包括 TVS 二极管，第三次展现阻焊层的影响。10Gbit/s 时的测试基准是包含所有器件和阻焊层的适配器。根据 USB 3.1 r1.0 规范进行均衡器设置后，接收端眼图可以很清晰地张开。因此带有所有保护器件和连接器的传输是完全可行的。采用优化的器件，您可以预先获得更佳结果，从而增加范围。眼图测试显示 WE-TVS 和 WE-CNSW HF 不会破坏 USB 3.1 信号。为恢复信号，USB 接收器中有一个均衡器，使得眼图可以张开。

### 接口设计套件

为便于设计接口，Würth Elektronik 推出了一款专用接口设计套件 (744 999)。此套件包含用于从 USB 2.0 至 USB 3.1、HDMI、CAN、以太网 (100/1000 Base-T)、VGA、DVI、RS232、RS485 接口的设计指南和所有用到的器件，包括 ESD 抑制器、SMD 共模电感、磁珠、LAN 变压器和相应的连接器。不同的颜色设计可助您轻松找到合适的元器件，只要遵循特定的应用颜色并选择合适的元器件即可。针对每个应用，提供了一个简单的框图，说明如何放置不同的部件，以获得最佳结果。

[www.we-online.com](http://www.we-online.com)



# 明星厂商云集，展示电力电子创新成果

PCIM Asia 2019为电动交通、智能电网、轨道交通、新能源发电等领域开拓无限商机



作者：刘洪，PSDC 主编

为期3天的PCIM Asia 2019（上海国际电力元件、可再生能源管理展览会）在上海世博展览馆隆重开幕，行业各路厂商云集，展示行业最新技术成果。PCIM Asia一系列精彩丰富的同期活动也为来自电动交通、智能电网、轨道交通、新能源发电等业内人士带来了最新行业资讯，开拓无限商机。

PCIM Asia 2019 是亚洲领先的电力电子、智能运动、可再生能源及能源管理展览会暨研讨会，吸引了超过 80 家中外企业到场参展，总展览面积达 7,000 平方米。行业买家可在

PCIM Asia 展会采购最新电力电子解决方案及相关技术产品，展示范围包括功率元器件、被动元件、散热管理、测试测量等。在 PCIM Asia 2019 上，广大与会者可以了解未来电力电子系统的发展趋势，感受系统功率密度的增强，见证节能技术的改进，体验元件和系统的耐用性和可靠性。

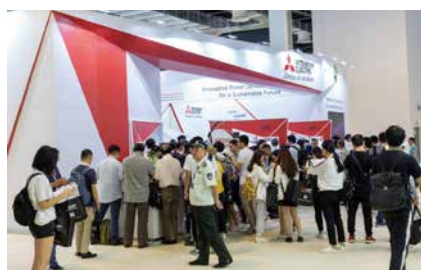
记者走访看到，本届 PCIM Asia 设有五大专区，为专业买家提供独特的观展体验，全面应对各种需求，包括电动汽车专区、电气自动化专区、学术论文海报专区、首届体验专区及高校交流专区。在此买家不但能发掘

最前沿的电力电子产品及技术，同时也可以与来自清华大学、上海海事大学及浙江大学的知名学者直接交流。

PCIM Asia 国际研讨会、电力电子技术论坛和电动交通论坛、2019 电能质量高级技术会议等丰富同期活动紧贴行业动态，详尽剖析未来发展趋势，内容包括碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）器件的最新发展及应用；先进功率半导体器件封装集成及应用；功率器件用高导热氮化物陶瓷基板研究进展；汽车先进运动控制与智能化；电动汽车新型牵引控制技术，等等。

## 三菱电机创新功率器件构建可持续发展未来

在 PCIM 亚洲展 2019 的媒体发布会上，三菱电机高管回顾了公司 60 余年发展历程，并就最新的 Si 功率芯片、SiC 功率芯片技术，面向家电、汽车、牵引和工业应用的新型功率模块，以及下一代产品布局进行了全面的阐述。



匠人初心，研发与技术不断创新

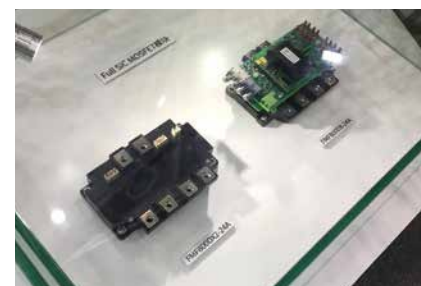
在 60 余年的漫长征程里，三菱电机半导体一直彰显着“从未对创新懈怠，保持着一贯的技术迭代步伐”的企业气质。这家世界 500 强企业，始终保持着一颗低姿态、高标准、严要求的匠人心态，努力用产品说话。



作为现代功率半导体器件的开拓者，自 1921 年以来，围绕着变频家电、工业、新能源、轨道牵引、电动汽车五大应用领域，以产品研发与技术创新为初心，三菱电机持续地推出一代又一代性能更优、性价比更高的产品。如今，三菱电机研发推出的 DIPIPM™ 已成为变频家电领域不可或缺重要组成部分，而且其高速机车用 HVIGBT 模块也早已成为行业默认的标准。

过去一年，在推出新品和产品迭代的基础上，三菱电机产品线更加全面。在新能源发电特别是光伏、风力发电领域，三菱电机在 2018 年顺利推出基于 LV100 封装的新型 IGBT 模块。通过不断改善芯片技术，在轨道牵引应用领域，X 系列 HVIGBT 不仅拓宽了安全工作区域度，提升了电流密度，而且增强了抗湿度和抗凝露鲁棒性，从而进一步提高了牵引变流器现场运行的可靠性。而在电动汽车领域，直接水冷型 J1 系列 Pin-fin 模块凭借封装小、内部杂散电感低的独特性能，获得了市场青睐。

此次展会，三菱电机半导体以其六十多年的技术经验和积淀为我们带来全新的技术盛宴。三菱电机带来



全 SiC MOSFET 模块

了 19 款功率模块并重点展示了表面贴装型 IPM、大型 DIPIPM+™、X 系列 HVIGBT 和 SiC MOSFET 分立器件、全 SiC 高压模块 5 款新型功率模块。其中 SiC MOSFET 分立器件和全 SiC 高压模块是国内首次展出。

除了展出功率模块产品之外，今年三菱电机还展出了一套 VR 动感单车系统解决方案，其中伺服驱动器采用了三菱的 DIPIPM™ 产品。参观者在现场体验了 VR 动感单车，从而更加直观深刻地了解 DIPIPM™ 的应用场景。



采用了三菱 DIPIPM™ 的 VR 动感单车

拳头产品持续引领行业方向

目前，国家对于家电变频化率要求越来越高，变频家电市场份额也在快速增长，对处在变频家电产业链上游的功率半导体企业来说，也将迎来一个全新的市场机遇期。

三菱电机半导体事业本部首席技术官 Dr.Gourab Majumdar 说：“可以说，三菱电机在家电领域已经是领导者，为了持续保持领先地位，三菱电机根据不同产品的细化提供更多的产品线迎合客户的要求。”通过“做小”产品和“做大”功率两个方向的延伸，三菱电机将进一步巩固自身在 IPM 及 DIPIPM™ 制造的经验。

据悉，三菱电机进攻小功率变频市场主要是为了开拓以空调风机、冰箱和洗碗机等家电新消费领域。去年，针对这一领域，三菱电机展出了用于变频家电的小型封装 SLIMDIP-S/



表面贴装型 IPM

SLIMDIP-L；今年，三菱电机展出了更小封装的表面贴装型 IPM，该产品采用 RC-IGBT 芯片实现更高的集成度，采用贴片封装，使得 IPM 体积更小；内置全面保护功能（包括短路 / 欠压 / 过温保护），可采用回流焊来降低生产成本。

现在很多变频空调在压缩机驱动上用了三菱的 DIPIPM™，在风机驱动上应用比较少，所以通过导入原有客户，三菱电机可以进一步扩展产品应用。目前，三菱电机这种新型的表面贴装型 IPM 已经在家电市场中获得客户认可。

为了适应变频市场高可靠性、低成本、小型化等的应用需求，三菱电机于上世纪开发了双列直插型智能功率模块——DIPIPM™ 系列产品。DIPIPM™ 通过内置 HVIC，使其外围电路变得更加简单紧凑，节约了用户成本。从 1997 年正式推出 DIPIPM™ 到 2019 年 1 月，三菱电机 DIPIPM™ 产品已累计发货超过 6.5 亿片。

针对商用空调多联机，三菱电机将会推广大型 DIPIPM+™ 系列产品。今年，三菱电机大型 DIPIPM+™ 模块即将量产，额定电流覆盖更广。大型 DIPIPM+™ 模块具有完整集成整流桥、逆变桥以及相应的驱动保护电路，该产品采用第 7 代 CSTBT™ 硅片，内置短路保护和欠压保护功能以



大型 DIPIPM+



及温度模拟量输出功能和自举二极管 (BSD) 及自举限流电阻, 额定电流覆盖 50-100A/1200V, 可以简化 PCB 布线设计, 缩小基板面积。

DIPIPM+™ 将 DIPIPM™ 系列产品的应用领域拓展至更高功率密度的交流传动上, 可靠性进一步提高, 失效率大幅降低, 减少了工程师开发产品的周期。三菱电机半导体大中国区技术总监宋高升进一步解释, 因为集成了相关的周边器件, 使得客户可以将电路板做得更加简化, 围绕功率模块的周边器件数量减少。

### 为车用功率模块树立标杆

在三菱电机半导体大中国区市场总监钱宇峰看来, 电动车作为城市环保的主力军, 未来发展空间巨大。尽管现在汽油车连续几个月出现负增长, 但是电动车的市场仍将蓬勃发展。据相关机构预测, 2019 年, 整个电动汽车销量将达到 150 万台, 到 2020 年, 将达到 500 万台。而三菱在电动车领域, 目前主推 J1 系列产品, 已涵盖 650V/300A-1000A、1200V/300A-600A 的容量范围, 基本上可满足 30kW-150kW 的电驱动峰值功率的应用要求。

Dr.Gourab Majumdar 表示, 从最开始跟一些日系的车厂开发到现在, 在新能源车主驱驱动上, 三菱电机已经拥有 20 多年的经验积累。最新 J1 系列功率模块实现了散热器和功率模块二合一, 目前下一代具有更高性价比的产品已经正在研发。

在轨道牵引行业, 三菱电机的

HVIGBT 模块已得到在全球轨道及交通市场的广泛认可, 成为行业默认的标准。2019 年, 针对轨道牵引、电力传输和高可靠性变流器等应用领域, 三菱电机半导体将会推广功率密度更高的 X 系列 HVIGBT, 涵盖传统封装、LV100 封装 (6kV 绝缘耐压)、HV100 封装 (10kV 绝缘耐压) 三种封装模式。

X 系列 HVIGBT 进一步扩展 3.3kV/4.5kV/6.5kV 的电流等级, 实现更大电流密度, 该产品采用第 7 代 CSTBT™ 硅片技术和 RFC 二极管硅片技术, 能够降低功率损耗; 此外, 该产品采用 LNFLR 技术减小结-壳热阻, 全系列运行结温范围达到 -50℃ - 150℃, 安全工作区 (SOA) 裕量大, 且无 Snap-off 反向恢复。

通过优化封装内部结构, X 系列 HVIGBT 提高散热性、耐湿性和阻燃性, 延长产品寿命。该系列采用传统封装, 可兼容现有 H 系列和 R 系列 HVIGBT, 其中, LV100 和 HV100 封装, 交直流分开的主端子布局, 利于并联应用; LV100 和 HV100 封装, 全新的封装结构, 实现极低内部杂散电感。

### 抢占 SiC 市场制高点

SiC 功率模块由于有耐高温、低功耗和高可靠性的特点, 可以拓展更多应用领域。对于以后开拓新市场来说, SiC 是最好的选择。毋庸置疑的是, SiC 已经成为各企业争相布局的下一个制高点。

据权威机构预测, 到 2023 年 SiC 功率市场总值将超过 14 亿美元, 2017

年至 2023 年的复合年增长率 (CAGR) 将达到 29%。目前, SiC 功率市场仍然主要受功率因数校正



FMF750DC-66A

(PFC) 和光伏 (PV) 应用中使用的二极管驱动。预计五年内, 驱动 SiC 器件市场增长的主要因素将是 MOSFET, 该细分市场在 2017-2023 年期间的复合年增长率将达到惊人的 50%。

三菱电机是将 SiC 技术应用于功率模块的先驱之一, 已经发布了近三十款 SiC 功率模块, 包括 Hybrid-SiC-IGBT 模块、Hybrid-SiC-IPM、Full-SiC-MOSFET 模块和 Full-SiC-IPM 等。其 SiC 功率模块产品线涵盖额定电流 15A-1200A 及额定电压 600V-3300V, 目前均可提供样品。

此次国内首次展出的全 SiC 高压半桥模块 (3.3kV/750A) 也备受关注, 其内部包含 SiC MOSFET 及反并联 SiC 肖特基二极管 (SBD)。为了降低模块封装内部电感 (<10 nH) 和提高并联芯片之间的均流效果, 这款模块采用了一种被称为 LV100 全新的封装, 采用交直流分开的主端子布局, 利于并联应用并实现极低内部杂散电感。

在此前接受采访时, 三菱电机半导体大中国区技术总监宋高升表示: “这款前沿产品, 必将推动国内铁道牵引、电力传输和固态变压器领域新一轮高功率密度变换器的研究和开发。”

早在 2013 年, 三菱电机供轨道交通车辆使用、搭载 3.3kV 的全 SiC 功率模块便已经实现了商业化, 其后, 三菱电机一直坚持致力于推广更节能的 SiC 功率模块以逐步取代传统的 Si 功率模块。与 Si-IGBT 模块相比,



SiC SBD

FMF750DC-66A 具有更低的开关损耗, 其 Eon 相对降低了 61%, Eoff 则相对减小了 95%。

在车载充电器 (OBC)、PFC、光伏发电应用领域, SiC SBD 和 SiC MOSFET 两款分立器件产品同样值得期待。目前, 电动汽车市场需求与日俱增, 而通常所说的电动汽车包括电动乘用车和电动大巴。电动乘用车里多个地方需要用到功率器件, 包括主驱变频器、OBC、助力转向等。三菱电机正在电动乘用车和电动大巴这两大市场同时发力, 以进一步拓展功率器件的应用领域。

SiC SBD 正向压降低, 具有更高 I<sub>pt</sub>, 对抗浪涌电流有更强的能力; 此外, 该产品还具有更强的高频开关特性, 可以使周边器件小型化 (如电抗器), 可应用于车载电子产品。

SiC MOSFET

而 SiC MOSFET 采用第 2 代 SiC 工艺, 沟槽栅型结构, 具有低 Ron 和低反向恢复损耗, 适合更高开关频率, 既可应用于工业级产品, 也可应用于车载级产品。

未来, 三菱电机将基于第 2 代沟槽型 SiC-MOSFET 芯片 (6 英寸) 的 SiC 功率模块实现可批量生产, 并逐步完善 600V、1200V、1700V 系列。与此同时, 将应用 SBD 嵌入式平板型 SiC 芯片技术开发新一代 3.3kV 和 6.5kV 高压 SiC-MOSFET 模块。三菱电机也为家电应用开发了各种 SiC 功率器件。

2019 年, 大功率的半导体器件都处于缺货的状态, 交货很紧。对于此, Dr. Gourab Majumdar 表示, 三菱电机除了自己投产建立晶圆厂之外, 也正在找寻一些代工厂帮助其加工一些晶圆的工序, 保证持续稳定的供货。

事实上, 与 2016 年、2017 年相比较, 2019 年三菱电机的投资金额增长了 2 倍, 对于未来的扩产计划, Dr.Gourab Majumdar 很有信心。

在 2018 年度, 三菱电机以位于日本熊本和中国的主力工厂为中心进行了投资。计划到 2022 年度, 以功率半导体为中心的功率器件业务力争实现 2000 亿日元销售。

顺应 IGBT 的发展趋势, 从第一代 IGBT 到第七代 IGBT, 三菱电机不断推陈出新, 晶圆越来越薄, 栅极与栅极之间距离越来越近, 产品越来越小型化, 实现小封装大电流产品的提升。Dr.Gourab Majumdar 称, 三菱电机下一代超级薄的晶圆会把性能指数调整得更高。

以“信赖、质量、技术、贡献、手法、环境、发展”为行动方针, 以“Changes for the Better”为企业宣言, 以持续不断地创新精神为驱动力, 通过技术赋能, 用产品说话, 成就了三菱电机在功率半导体市场的领先地位。

www.MitsubishiElectric-mesh.com

## 罗姆携引领世界的碳化硅器件发展

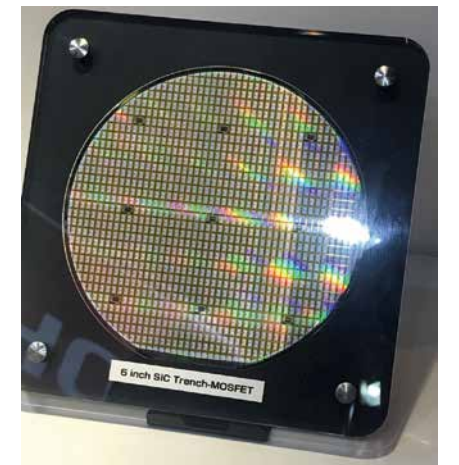
在 2019 PCIM Asia 上海国际电力元件、可再生能源管理展览会上, 全球知名半导体制造商罗姆展示了面向工业设备和汽车领域的、以世界先进的 SiC (碳化硅) 元器件为核心的电源解决方案。同时, 罗姆工程师在展会现场举办的“电力电子应用论坛”上发表演讲, 分享罗姆最新的碳化硅技术成果。除了丰富的产品及解决方案展示外, 来自罗姆的专业销售和经验丰富的技术人员助阵现场, 与观众进行了互动交流。

据罗姆在现场解说的工程师介绍, 罗姆拥有世界先进的 SiC 为核心



的功率元器件技术, 以及充分发挥其性能的控制 IC 和模块技术, 在提供电源解决方案的同时, 为工业设备和汽车领域的节能化、小型化做出贡献。

此次, 针对日益增长的中国市



罗姆首次在国内展出的 6 英寸 SiC 沟槽 MOSFET 晶圆





罗姆 SiC 功率器件阵容

场需求，罗姆重点展示了以下产品和解决方案：全 SiC 功率模块、1700V 高耐压 SiC MOSFET、搭载 ROHM SiC 芯片的 SiC MOSFET 功率模块、第 3 代 Field Stop Trench IGBT、SiC MOSFET 驱动用准谐振 AC/DC 转换器控制 IC、搭载 SiC TrenchMOS 的 5kW 绝缘双向 DC/DC 转换器等。

罗姆特别介绍了引以自豪的电动汽车顶级赛事“Formula E”上的 SiC 应用案例。。自“Formula E”第 3 赛季起，罗姆成为文图瑞 Formula E 车队的官方技术合作伙伴。从第 4 赛季开始，提供集成了晶体管与二极管的“全 SiC”功率模块，与未搭得载 SiC 的第 2 赛季的逆变器相比，成功实现 43% 的小型化与 6kg 的轻量化。在减小体



逆变器模型对比展示

积和重量的同时，效率提升的 SiC 逆变器能够很好地帮助电动车增加续航能力。

罗姆工程师告诉记者，采用“全 SiC”功率模块可以提升效率，同时又缩小体积，会大幅改进赛车的效率和提升空间。在相同的电压下，SiC 相比硅内部的电阻更低，这意味同样工艺构造的产品，只改变材料就可以使得内部电阻降得更低，性能也将更好，尺寸更小，可以使最终的产品实现小型化。同时，SiC 可以实现更高的频率，开关速度会比硅更快，可以使整体的体积变得更小；SiC 功率模块的更强的高温特性效能会更突出。目前，罗姆正在推进相关应用，加速其在电动汽车电机和逆变器中的应用。

罗姆的 SiC 解决方案具备高耐压、低导通阻抗及绝佳的开关特性。全新的罗姆第三代 SiC 方案能够进一步确保功率元件拥有耐高温、更低的顺向损失、更高的抗冲击电流能力与高可靠性等特性，适用于并联使用，方便开发人员进行电路与成本优化。

罗姆开发的 1700V 模块采用新涂层材料和新工艺方法，成功地预防了绝缘击穿，并抑制了漏电流的增加。

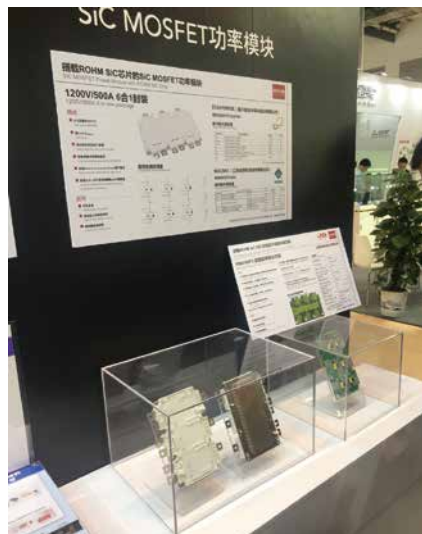


高耐压“全 SiC”功率模块

另外，在高温高湿反偏试验中，呈现出极高可靠性，超过 1,000 小时也未发生绝缘击穿现象，从而成功推出了额定值保证 1700V/250A 的全 SiC 功率模块。

自 2012 年开始，罗姆即全球首家开始量产内置功率半导体元件全部由碳化硅组成的全 SiC 功率模块。其后，产品阵容不断扩大，并生产了 1200V、300A 的产品，各种产品在众多领域中被广为采用。随着新封装的开发，罗姆继续扩充产品阵容，如今已经拥有覆盖 IGBT 模块市场主要额定电流范围 100A-600A 的全 SiC 模块产品。利用这些模块，可大幅提升普通同等额定电流 IGBT 模块应用的效率，并可进一步实现小型化。

罗姆利用独有的内部结构并优化散热设计开发出新型封装，从而开发并推出了 600A 额定电流的全 SiC 功率模块产品。为此，全 SiC 功率模块在工业设备用大容量电源等更大功率产品中的应用成为可能。另外，与普通的同等额定电流的 IGBT 模块相比， $T_j = 150^{\circ}\text{C}$  时的开关损耗降低了 64%（与市面上销售的 IGBT 模块产品技术规格书中的数据比较）。由于采用高



搭载罗姆 SiC MOS 芯片的六合一功率模块及配套驱动板

频驱动，有利于外围元器件的小型化。在 20kHz 时，散热器所需尺寸可比预期小 88%。另外，通过高频驱动，可使用更小体积的外围无源器件，可进一步实现设备的小型化。

据介绍，罗姆的企业理念是始终将产品质量放在第一位。无论遇到多

大的困难，都将为国内外用户源源不断地提供大量优质产品。罗姆以长年不断积累起来的技术力量和高品质以及可靠性为基础，通过集开发、生产、销售为一体的扎实的技术支持、客户服务体制，与客户构筑坚实的合作关系。为了迅速且准确应对不断扩大的

中国市场的要求，罗姆在中国构建了与总部同样的集开发、销售、制造于一体的一条龙体制。罗姆也承诺，积极开展“密切贴近客户”的销售活动，力求向客户提供周到的服务，为中国的节能环保事业做出积极贡献。

www.rohm.com.cn

## 东芝电子展示电力能源先进技术

在上海国际电力元件、可再生能源管理展览会（PCIM Asia 2019）上，东芝电子（中国）有限公司继续秉持“芯科技，智社会，创未来”的理念，向现场观众展示了其面向电力能源方面提供的先进技术、产品与方案。记者在会上采访了东芝电子（中国）有限公司分立器件应用技术部门高级经理屈兴国先生，请他介绍了这次展出的一些产品和解决方案，如 PPI 压接式装置、水冷散热系统等，以及这些技术的改进；东芝全 SiC 模块应用方面的进展；以及未来的研发规划等。

屈兴国表示，根据国际能源署（IEA）公布的《2019 年全球能源市场展望》相关资料显示，到 2040 年全球能源需求将增长 25%，而可再生能源的发电量到 2040 年将增加 3 倍。中国作为消费大国以及能源生产大国，是能源技术发展的重要推动力，也是能源投资的主要目的地。近年来，全球范围内可再生能源占比高速增长，相关设备、设施需求量也将明显增加。为此，东芝一直利用其先进的电力能源——风力发电、牵引、电力输配电和工业变频器四大领域的系统解决方案，致力于帮助推进中国的节能减排进程。

他首先介绍了东芝大功率器件 IEGT（Injection Enhanced Gate Transistor）应用于变流器的三电平压接装置。他说，随着中国海上风电、



高性能传动的发展，对变流器功率密度、可靠性的要求越来越高。压接式 IEGT 作为变流器核心器件，可以完美匹配市场的需求。

东芝与合作伙伴上海雅创开发的基于 PPI（压接式 IEGT）三电平、十一串联功率组件，适用于高压变流器及直流断路器。压接式 IEGT 作为核心器件，单管可实现最大 4.5KV / 3KA，并可以在系统应用中提供水冷板以及相应的参考设计，为客户提供一站式服务，完美匹配市场需求。这



东芝 PPI（压接式 IEGT）



东芝与合作伙伴开发的基于 PPI 的功率组件

样做的目的在于帮助客户更便利地使用 IEGT，从而缩短客户的开发周期。

据介绍，该方案是三电平 NPC 拓扑，采用 4.5KV / 1.5KA 压接式 IEGT，IEGT 和钳位二极管压在同一结构串内，结构紧凑，功率密度高，不需要器件或功率单元并联即可满足 5MW 变流器应用；另一个特点是可靠性高，无引线键合的压接式封装带来更好的功率循环能力，双面散热的压接式封装带来更低的结温，气密封装带来更好的抗湿度、抗盐雾能力，采用水冷散热，可以为客户提供参考水冷板、水路参考设计。如果采用更高规格 IEGT，可拓展至更大容量。它可以为追求高功率密度、高可靠性的客户提供功率单元参考设计，并为初次



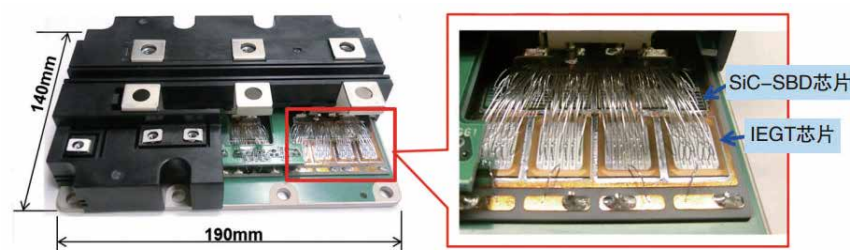


东芝 PMI 模块封装 IEGT

使用压接式器件的客户提供参考。

接着，屈兴国介绍了东芝的大功率器件 SiC 混合模块。他表示，电力机车用驱动控制系统要求尺寸小、重量轻并节能的装置。搭载 SiC SBD 的混合模块可以大幅度降低损耗并满足这些要求，适用于新型轨道交通的逆变系统。东芝的产品阵容包括额定电压 3300V，额定电流 1500A 的 140×190 mm 封装尺寸产品，以及额定电压 1700V，额定电流 1200A 的 2in1 130×140 mm 封装尺寸产品，大幅缩小了控制装置的尺寸。

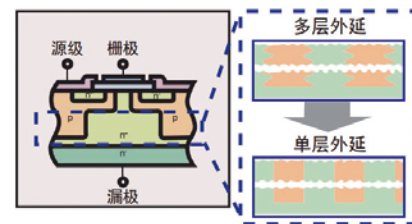
在分立元器件，东芝的高效节能功率 MOSFET 采用栅极的垂直沟道型结构来降低导通电阻，提高电流密度。其低压系列 U-MOS VIII -H、U-MOS IX -H，高压系列 DTMOS IV



3300V / 1500A 模块外观和构造

具备高效率，低损耗，低导通电阻等功能，封装及耐压范围广，可以满足客户各种的应用需求。据介绍，东芝 MOSFET 的沟道工艺及超级结工艺使我们的产品可以提供更低的导通电阻和更高的开关速度性能。东芝使用最新的芯片封装技术，在保证低导通电阻及高效率的基础上，有助于最终产品的小型化。所谓超级结工艺（DTMOS IV）是一种 P 层的垂直构造工艺，使得东芝 DTMOS 第 IV 代系列产品可以在拥有高耐压的同时保持低导通电阻的性能。通过应用单层外延的工艺技术，DTMOS 第 IV 代可以实现高性能、高效率，这主要得益于它精简的几何构造及生产过程。

会上，东芝还展示了碳化硅 MOSFET 模块，覆盖 1200V、1700V、3300V，具备低杂散电感、低热阻、高可靠性等特点。另外还有高可靠、



单层外延工艺技术

节能、省空间的光耦光继电器产品，以及部分面向车载的分立器件产品，可满足客户的各类需求。

本届展会上，东芝展出的一系列适用于各类可再生能源领域的产品能够完美满足市场需求。在未来，东芝还将继续深耕研发，为客户提供更完善、更可靠的产品，为即将全面到来的可持续发展社会贡献自己的一份力量。

toshiba-semicon-storage.com

## Power Integration 展示全新门极驱动器系统

在 PCIM Asia 上海国际电力元件、可再生能源管理展览会上，深耕于中高压逆变器应用门极驱动器技术领域的知名公司 Power Integrations 推出 SCALE-iFlex™ 门极驱动器系统。Power Integrations 应用工程经理 Karsten Fink 表示，高度灵活的门极驱动器系统，适合最新的 1.7 kV 至 4.5 kV IGBT 及 SiC 双功率模块。可立即使用的 SCALE-iFlex 系统轻松支持四个



模块并联，出厂涂覆三防漆可极大增强可靠性。

Karsten Fink 介绍说，新产品适合耐用介于 1.7 kV 至 4.5 kV 的 IGBT、混合型和碳化硅（SiC）MOSFET 功率模块。该系统由一个中央绝缘主控（IMC）和一到四个模块适配型门极驱动器（MAG）组成。IMC 提供 4.5 kV 耐压。这些 MAG 可支持 1700 V、3300 V 和 4500 V 电压等级的不同功率模块、厂家和半导体开关技术。

SCALE-iFlex 门极驱动器系统轻松

支持业界最新功率模块的并联，以最小的开发成本提供可靠且高度灵活的系统扩展性。MAG 的位置临近模块的控制端子，可提供优异的开关性能，IMC 在 MAG 与用户的 MCU 处理功能（例如，PWM 命令、短路和欠压故障报告以及 NTC 和直流母线电压测量）之间执行所有必要的通信。

IMC 配有电气接口或者符合加强绝缘的光纤接口，并且符合 1700 V 和

3300 V 功率模块的 EN 50124-1、IEC 61800-5-1 和 UL 61800-5-1 标准。光纤 IMC 还符合 4500 V 半导体的基本绝缘要求。器件涂覆双面三防漆，产品经过全面的在线测试（ICT），100% 进行 HIPOT（高压绝缘）及局部放电测试，确保具备极高的可靠性。新器件具备一整套完善的保护特性，例如欠压保护、高级软关断（ASSD）短路保护以及加强绝缘（3300 V 耐压）的

NTC 温度检测。

他最后说，SCALE-iFlex 门极驱动器系统可为苛刻的应用提供极高的可靠性，这些应用包括风力涡轮机逆变器、工业驱动以及轨道交通应用的主推进及辅助逆变器。据透露，SCALE-iFlex IMC 和 MAG 门极驱动器系统将于 2019 年 8 月上市。

www.power.com

## 英飞凌科技展示高效 SiC 解决方案

英飞凌科技的展品中有一款 CoolSiC™ MOSFET 1200V 单管新产品，其导通电阻从 30 mΩ 到 350 mΩ 不等，拥有 TO247-3pin 和 TO247-4pin 两种封装。据介绍，表面贴封装（SMD）和 CoolSiC™ MOSFET 650V 单管新产品也将很快面世。通过这些产品，英飞凌可满足功率转换应用，如电动汽车充电设施、储能系统、光伏逆变器、不间断电源（UPS）、电机驱动以及服务器和电信设备开关电源（SMPS）等对于高效 SiC 解决方案不断增长的需求。

英飞凌表示，新推出的基础技



术必须满足严格的质量标准。即便是标准的 TO-247 单管封装，前道和后道批量生产流程也必须经过验证。其中包括：收集统计数据，生产监控，以及在标准化生产之外开展与

应用相关的测试。在圆满完成 SiC MOSFET 基础技术的试生产后，才将最全面的 CoolSiC™ MOSFET 产品组合推向市场。

英飞凌的选型 1200V TRENCHSTOP™ IGBT7 和 EC7 二极管技术基于新型微模式沟槽技术，可大幅降低损耗，并提供高度可控性。该芯片专门针对工业驱动器应用进行优化，可大幅降低静态损耗，提高功率密度，且开关更为柔和。另外，通过将功率模块允许的最高工作温度提高至 175℃，可显著提高功率密度。

www.infineon.com

## 罗德与施瓦茨为电源测试保驾护航

罗德与施瓦茨展示了快速准确的电源完整性测量方案。R&S®RT-ZPR20 电源完整性探头是专为测量直流电源上叠加的较小交流电成分而设计的。该探头的衰减比为 1:1，只会使示波器噪声增加 10%；在 1 GHz 带宽、垂直刻度为 1 mV/div 的情况下，R&S®RTO 的噪声电压大约仅为 120 μV。

借助业内一流的内置偏置范围（±60 V），可以利用示波器的最佳垂直灵敏度实现更低的噪声，以及更充



分利用示波器的 ADC 位数，进而实现更准确的测量。此外，使用偏置测量



不同于交流耦合或隔直器件，能够直观显示直流成分以及慢速漂移。



R&S®RT-ZPR2o 电源完整性探头与 R&S®RTO 以及 R&S®RTE 数字示波器兼容。R&S®RTE（频率范围介于 200 MHz 至 2 GHz）是提供高级

分析功能的经济型深存储测试方案。R&S®RTO（频率范围介于 600 MHz 至 6 GHz）是提供更多顶级性能的测试方案。两种示波器都具备高达

1000000 waveforms/s 的快速波形捕获率，能够更好、更快地进行电源特性测量。

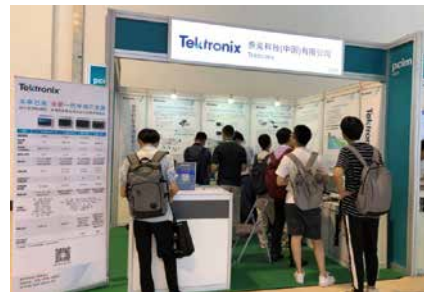
www.rohde-schwarz.com

## 泰克解锁全新功率器件测试解决方案

在 PCIM Aisa 展会上，泰克展示了功率器件全新测试方案，包括动态特性解决方案、静态特性解决方案、系统调试解决方案，整体解决方案助力工程师系统级优化设计。

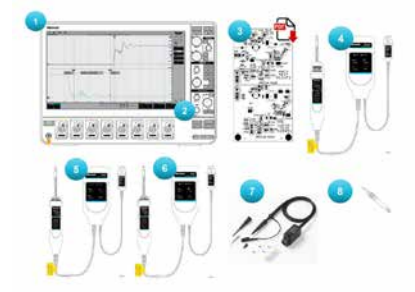
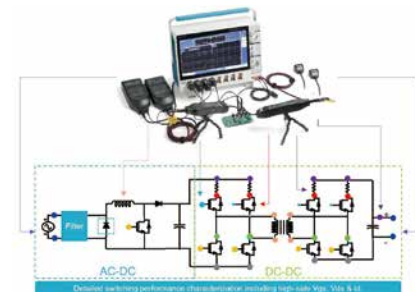
当今功率半导体器件测试面临相当大的挑战，尤其是使用如碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）的先进材料制成的器件，通常这些新型器件的测试要求更高的电压和功率水平，更快的开关时间以及从晶圆级到封装器件的完整测试。高效率低功耗的功率器件对马达控制电路和开关式电源等应用必不可少，对处理高功率和高电压 / 高电流也不可或缺。

泰克推出了 IGBT Town 功率器件动态参数测试，可支持单脉冲、双脉冲及多脉冲测试方案，集成强大的发生装置，数据测试装置及软件。用户可以自定义测试条件，测试项目包含：Ton, Toff, td (on), td (off), tf (lc),



Eon, Eoff, tr (lc), di/dt, dv/dt, Err, qrr, Irr 基于 IEC60747。

吉时利高功率参数曲线跟踪仪配置支持全系列器件类型和测试参数，包括特性分析工程师迅速开发完整的测试系统所需的一切。新型功率器件系统调试解决方案的 SiC MOSFET 和 GaN FET 开关电源转换器分析包是市场上唯一能够准确检定所有关键参数（用于优化采用 SiC 和 GaN 等技术的电源电子拓扑）的解决方案，其中包括高端和低端上的栅极电荷和栅极驱动性能；停滞时间优化，其中包括精



确开机、关机和栅极驱动定时；高端和低端开关上的 VGS、VDS 和 ID 测量；开关损耗、传导损耗和磁损耗分析。

tek.com.cn

## 中国中车打造 SiC “中国芯”

中国中车介绍了第三代功率半导体 SiC 器件，刚刚组建的 SiC 芯片生产线是国内首条 6 英寸 SiC 芯片生产线，获得了国家“02”专项、国家发改委新材料专项等重点项目支持，是目前国际 SiC 芯片生产线的最高标准。中车株洲所自主研制生产的 IGBT 芯片让中国高铁上安装上了“中国芯”。



据介绍，目前已有来自轨道交通、电动汽车、新能源等领域企业的订单，中国中车将尽快实现稳定生产，加快推向市场，这也是我国功率半导体器件抢占未来科技和产业制高点的需要。

www.crrccgc.cc

## 赛米控展示多款功率组件新产品

在展会中，赛米控展示了多款采用功率模块而设计的功率组件。第 7 代 IGBT 代表了最新的 IGBT 芯片技术，该新一代产品专为满足电机驱动应用的要求而设计。IGBT 具有明显更低的正向压降，并提供优化的开关性能。得益于芯片面积缩小了约 25%，现有的功率模块封装可以配上更高的额定电流。在应用中，IGBT 7 可以实现更低的功率损耗或更高的最大输出功率和功率密度，降低系统成本。针对电机驱动应用，第 7 代 IGBT 将率先应用于传统的驱动拓扑结构：CIB（转换器 - 逆变器 - 制动器）、三相全桥和半桥配置。而在中低功率驱动器应用方面，MiniSKiiP 和 SEMITOP E1 / E2 是首选产品。



赛米控提供丰富的三电平模块产品组合，最新发布的是 MiniSKiiP Dual Split MLI 模块。在 1200V 和 950V 芯片电压等级的模块中电流最大可达 400A，并在中性点箝位线路上可选用碳化硅肖特基二极管，以实现最高效率。这款新模块采用无底板，实现直接 PCB 安装的逆变器设

计，1500VDC 光伏系统的功率密度可以高达 180kW。MiniSKiiP Dual 中的 SPRiNG 弹簧连接布局的优点是低电感直流母线设计，易于驱动器集成和并联交流电源连接。



在任何新的风力发电机开发中，主要目标是降低能耗成本并增加输出功率。如果不应用新技术，是不可能实现的。一种解决方案是将电压增加到 1000VAC（1500VDC）低电压管理限值。赛米控的 SEMITRANS 10 MLI 是一款三电平 NPC 模块，可完美满足风力发电变流器应用的需求。使用三电平拓扑结构有助于将变流器损耗降低 50%，同时将滤波器成本降低约 30%。除了变流器损耗较低外，电缆损耗或线径也可减少约 30%。

赛米控在风能行业拥有超过 25 年的经验，为第一批商用风力发电机配备了可靠性极高的电力电子学组件。其中既有工业标准功率模块（如 SEMITRANS 和 SEMiX 系列），又有



包含定制冷却器的 SKiiP IPM，完全契合您的风力发电机变流器。高度可靠的功率组件让整个产品系列更趋完善，它们基于采用 烧结芯片的免焊接 SKiM 93 模块。该技术可优化从芯片到散热器的导热性，与 OEM 功率组件相比，芯片运行温度可降低约 20°C。



赛米控还提供全新设计的驱动板，它们基于最新的赛米控 ASIC 技术，具有数字信号传输和附加保护功能。我们在世界各地拥有 25 家分支机构，紧贴客户需求，为其提供丰富的产品和服务。

确保充电基础设施的可用性是普及电动汽车的基本要求之一。各国政府和行业都在准备大力投资这一领域。产品决策的关键点在于成本、功率和可靠性。赛米控提供涵盖 22kW 至 450kW 功率范围的全面产品组合，以满足快速充电设备的需求。凭借成熟的电力电子平台，全新 50kW PowerCell 将帮助相关企业推广其直流快充设施。其卓越的可用性、效率和可靠性可以保证产品快速上市，并降低前期投资成本。得益于可靠的供应链和模块化设计，PowerCell 将是您成功部署直流快充设施的重要保障。

www.semikron.com



# 罗姆解读 SiC 功率元器件市场动向，分享公司产品战略



作者：刘洪，PSDC 主编

日前，全球知名半导体制造商罗姆（ROHM）在北京举办“SiC功率元器件市场动向和罗姆产品战略分享”媒体沙龙，该公司北京技术中心所长水原德建先生谈了他对碳化硅（SiC）技术和当前市场的看法，并详细介绍了罗姆在碳化硅技术研发的进展和成果。



## 碳化硅优势很多

水原德建首先介绍了碳化硅的特点及其优势。他说，碳化硅是以 1：1 的比例，用硅和碳生成的一种化合物。其质地坚硬，硬度达仅次于钻石。与现在市场上用得最多的硅相比，其在物理特性方面，击穿场强更强，这决定了其耐压更高，可以做成高压的产品；第二个好处是其熔点

和硅相比更高，可以耐受更高温度，大约是硅的 3 倍以上；另外，其电子饱和速度更快，所以产品频率可以做的更高。

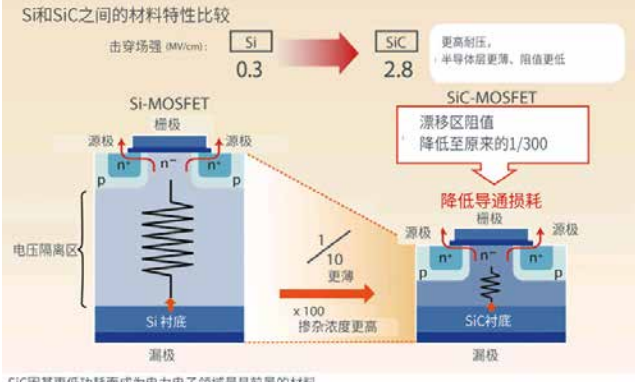
他补充道，其热传导性也很高，产品冷却更容易实现；禁带宽度更宽，这样可以使工作温度做的更好一些。在下图的五角中可以看到上述优势。

那么，为什么碳化硅的产品应用范围广泛？水原德建表示，以 MOSFET 为例，其最大的优势有两个：第一击穿场强比较强，高压特性更好；第二，产品实现可以更简单，采用硅衬底的电压隔离区越宽，这个地方的内阻就会越大，也就导通电阻，功率损耗会越多。如果用碳化硅，就可以把电压隔离区做的更薄些，内阻就更低了，降低了导通电阻，能量损耗会更少。碳化硅既可以做高压，又可以使它内部的特性做的更好，这是其两个最大的优势。也就是说，硅 MOSFET 转化成碳化硅 MOSFET，性能上会越来越好。

接下来讲的是硅和碳化硅产品的组合。首先说硅，一个二极管，一个晶体管，MOSFET 也包含在里面。二极



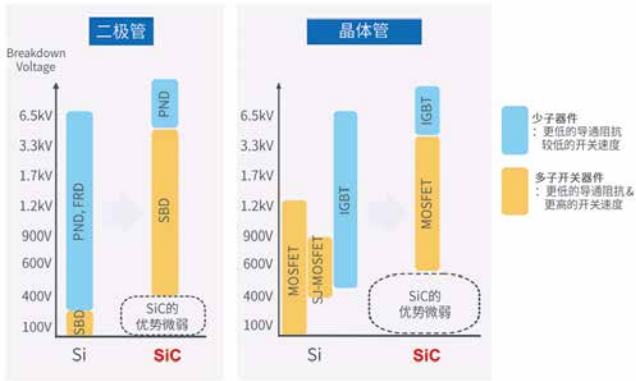
碳化硅与硅的物理特性比较



硅 MOSFET 与碳化硅 MOSFET 的性能比较

管有肖特基、整流和快恢复等几种。如果用肖特基构造来做，大约只能做到 250 伏左右。再往上做基本都是整流或 FRD，也就是快恢复。但如果用碳化硅，采用肖特基构造，就可以做到大约 4000 伏左右。

在晶体管部分，晶体管硅产品主要以 Power MOSFET 和 IGBT 为主。可以看到，MOSFET 特性可以做到 900 伏左右，市场上也有 1500 伏左右的 MOSFET 产品，但是其特性会变差。用 SiC 来做，现在基本可以做到 3300 伏以上。

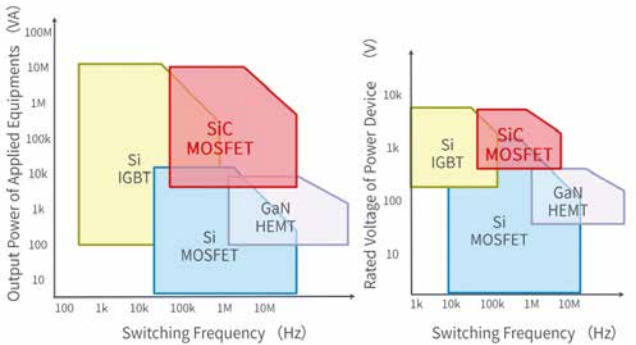


硅和碳化硅产品组合对比

硅的多子器件，即 Power MOSFET 或超级结 MOSFET，超级结 MOSFET 的耐压特性虽然不是很强，但是开关损耗少，开关特性很好。如果用 SiC 来做，二极管可以是肖特基，三极管就是 MOSFET。这样可以把整个 IGBT 的高压特性和超级结开关特性变成最好。

水原德建还分享了功率半导体器件的使用场景。在低频、高压的情况下用硅 IGBT 最好。如果频率稍高但是电压不是很高，功率不是很高，用硅的 MOSFET 最好。如果既高频又高压，SiC MOSFET 最好。电压不需要很大，功率不需要很大，但是频率需要很高，这种情况下可以用氮化镓。

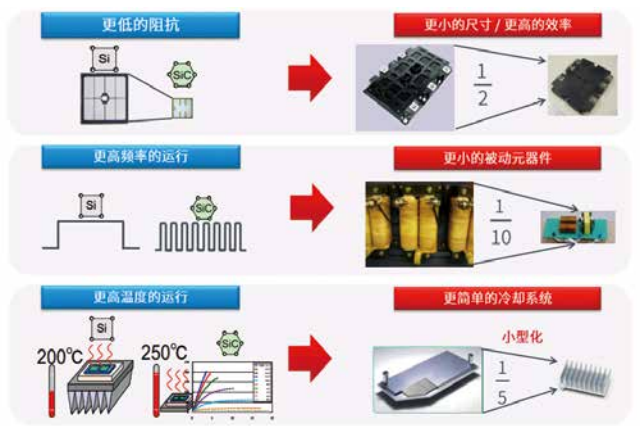
与硅功率元器件相比，使用碳化硅产品有哪些好处呢？第一，导通电阻更低，可以使效率提高更多，把尺寸



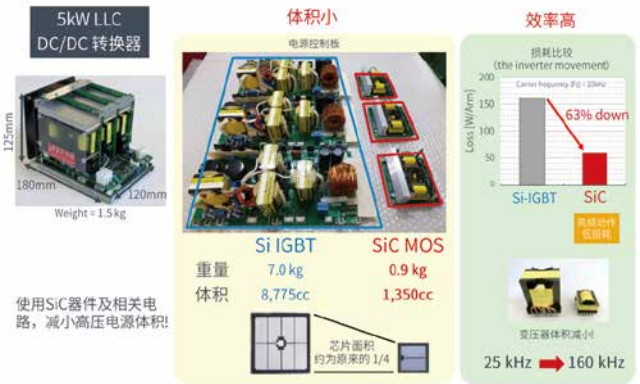
功率半导体器件的使用场景

做的更小；可以做成高频，把里面的电感、电容都变小，整个模块也就可以变小；高温运行情况下，可以把冷却做的更好些，以前用很大的散热板，可以用水冷或很小的散热板、很薄的散热片来实现。最大优势是把芯片做小，实现小型化、薄型化。这也是电动汽车行业或工控行业使用碳化硅比较多的原因。

水原德建举例说明了上述优势，一个 5000W 左右的 DC/DC，原来用 IGBT 做，它的重量将近 7 公斤，体积大约 8 升。如果用 SiC，重量可以降到原来的 1/8 左右。为什么？第一，芯片更小，功耗更低，下面散热板变小了，因为把频率提高了，整个周边器件，包括变压器、线圈都可以做的很小，它的体积降了很多，重量也降了很多。



有利于实现小型化



采用 SiC，DC/DC 的体积和重量大幅下降

## SiC 的主要应用

水原德建认为，SiC 在市场应用最多的是光伏，还有大数据，也就是服务器。接下来用的比较多的是 EV 车，家电也有一些应用。接下来用的比较多的是各种充电站和电源。因为现在碳化硅是 1700V 和 1200V，主要以 1200V



为主，车载产品使用比较多，风能上用的比较少，因为风能需要 3300V，随着 SiC 的电压做的越来越高，接下来风能也是很大的市场。还有一个很大的市场是铁路，需要 3300、3600 甚至 5000V 以上。

他把，根据 IHS 的调查数据，第一个应用大户是新能源，新能源主要是在太阳能和 EV 充电或智能电网，今后增长潜力很大。接下来一部分是汽车，随着电动汽车越来越普及，现在是 OBC 和 DCDC 应用比较多，但今后主机上也会得到很多应用，可以看得在 2021 年之后有很大的发展。接下来是基础设施建设，跟 Power 有关的增长会很多。罗姆保守预估，到 2025 年市场规模将达到约 23 亿美金。

因为市场上有这么大的需求，罗姆在碳化硅方面也在做很多努力，首先是加大投资，到 2025 年会累计投资 850 亿日币。2021 年 SiC 的生产能力会达到 2017 年的 6 倍，2025 年时会达到 2017 年的 16 倍。除 SiC 外，罗姆的驱动 SiC 的栅极驱动器的产能也会越来越高。

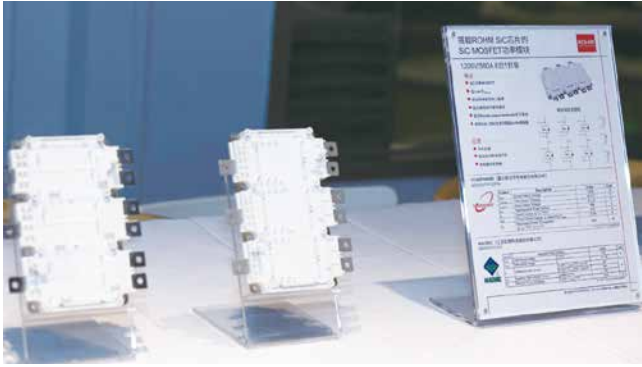
### 罗姆 SiC 产品阵容强大

之后，水原德建与大家分享了罗姆的 SiC 产品阵容。他说，罗姆的 SiC 研发始于 2000 年，当时罗姆通过产学研合作开始研发碳化硅产品，之后在 2009 年收购了德国的一家晶圆厂——SiCrystal 公司，主要做碳化硅晶棒和碳化硅衬底。2010 年，罗姆实现了 SiC 肖特基的量产，当时罗姆于日本国内首家实现了 SiC 肖特基的量产。2010 年底，罗姆同时量产了 SiC 的 MOS，当时是全球第一家量产。两年之后，2012 年罗姆量产了 SiC 模块，罗姆也是全球第一家量产。到 2015 年，罗姆量产了沟槽型 SiC MOS，仍是全球的第一家量产。现在罗姆的晶圆可以做到六英寸。

在 SiC 制作工艺上，包括碳化硅柱、切片、晶圆，之后是各种光耦合，做成芯片，然后进行封装。从碳化硅原



罗姆的六英寸 SiC Trench MOSFET 晶圆



搭载罗姆 SiC 芯片的 SiC MOSFET 功率模块

材料开始，一直到最后的封装组装，罗姆全部都是由自己公司一条龙来完成。

罗姆的 SiC 产品主要有三种，一是 SiC 肖特基，二是 SiC MOS，三是 SiC 模块。罗姆的 SiC 肖特基现在是第二代和第三代，主要是 650V 和 1200V 产品，从 5 安培开始一直到 40 安培的产品都有。MOS 也主要以第二代和第三代为主生产，主要是 650V、1200V、1700V，如果用导通电阻来说，最小可以做到 17 毫欧，最大是大约一千毫欧，也就是说电流来说大约将近有 100 安，96 安左右，这个大约是 3-4 安左右。然后是模块，主要是半桥方式，封装主要有市场用的比较多的 C 型、E 型和 G 型，产品以 1200V 和 1700V 为主，电流主要是以 80 安培一直到 600 安培。通用的模块罗姆自己做，六合一的模块（汽车上用的）是和国内的模块厂一起合作。除此以外，罗姆还销售 SiC 芯片，主要是以 650V-1700V 为主，从 600 安培一直到 50 安培。

### 晶圆越来越大，产品线越来越宽

最后，水原德建介绍了罗姆的产品发展路线。首先是 SiC 肖特基，第一是把晶圆做得越来越大，由原来的 4 英寸到现在的 6 英寸。在车规品方面，是把封装做得越来越多元化，比如贴片封装。MOS 也是晶圆越做越大，把电流和电压做大，封装越来越丰富，比如市场现在比较多的是 TO-247 3Pin，接下来罗姆会推出 TO-247 4Pin，在工控领域可以更方便地使用。

现在 SiC 在汽车上的应用主要是 OBC、电压转换器（DCDC）和主机。目前，OBC 充电和 DCDC 用的已经很多，接下来主机这块市场也将越来越多，现在还是以 IGBT 为主，大约在 2021 年后预计会有很多 SiC 的主机驱动在市场上出现。

[www.rohm.com.cn](http://www.rohm.com.cn)

# 支持风力发电及太阳能发电节能输电的电力电容器解决方案

作者：TDK 电子股份有限公司

随着社会普遍寻求节约能源和减少其对环境及气候的影响的方法，人们的注意力开始转向将消费人群与可再生能源（如海上风电场和远程太阳能发电厂）连接起来所需的电力传输手段。毕竟，长距离电力传输上的功率损耗可能很大。出于这个原因，全球的电力传输系统运营商越来越多地采用 VSC HVDC 传输系统，这些系统能够最大限度地减少这些损耗。

### 如何稳定电压，是支持海洋风力发电的 HVDC 所面临的课题

HVDC（图 1）系统的市场规模将在未来几年强劲增长。在 2018 年仅高于 70 亿美元的市场规模，预计将在 2025 年将增长 60% 以上，达到 115 亿美元。

预期增长的主要原因不仅是电动汽车和数据中心的电力需求增加，还有可再生能源的增长。由于大型风电场和太阳能发电厂通常距离消费人群很远，因此它们需要的传输链路比传统的交流传输技术（图 2）具有更低的损耗。这些高压直流传输系统（HVDC）中的变流器提供恒定的 DC 电压，因此被称为电压源变流器（VSC）。在长距离上，VSC HVDC 系统具有比 AC 传输系统低得多的损耗，这使之能够通过海底电缆和长距离陆地链路从远程发电设施有效地传输电能。VSC HVDC 输电技术（国内称柔性直流传输）特别适用于海上风电场等可再生能源，因为其换流站足够紧凑，可轻松安装在海上平台上。此外，该技术能够实现电压不同的多个子电网的互连，并且比 AC 系统更易于控制。此外，VSC HVDC（柔性直流传输）系统还具有降低电缆敷设和其他安装工作成本的优点。

HVDC 系统面临的一个关键挑战是实现稳定的电压。在长距离传输电力期间电压容易变得不稳定，从而产生诸如配电系统和用户设备容易损坏等问题的可能性。解决这

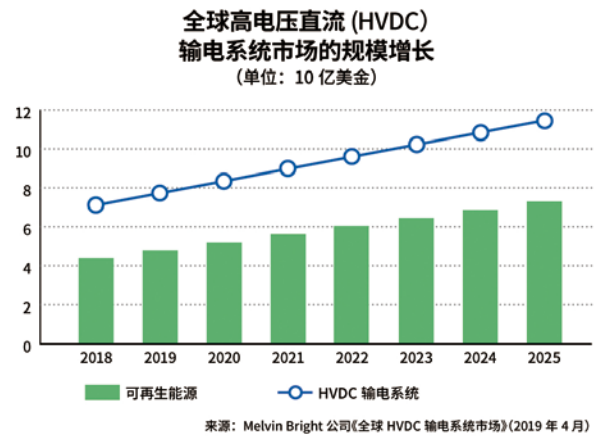


图 1. 电动汽车及数据中心的电力需求高涨及可再生能源的增加，推动着 HVDC 市场的发展。



图 2. 位于图片中间位置的是变流站。电力电容器在这里将电力调整平稳。

些问题需要具有高电流能力的电力电容器，使其能够承受大的电压波动。此外，由于这种电力电容器用于工业电力基础设施和铁路运输应用，因此它们还需要具有高水平的耐用性和可靠性。



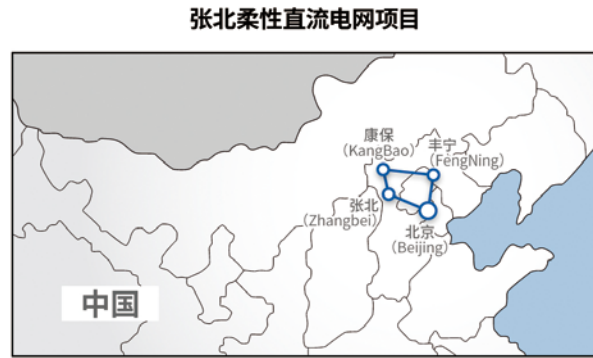


图 3. 张北高压直流 (HVDC) 输电网将远离居民区的风力、太阳能、水利能源统合到一个输电链路为北京供应绿色电力。

紧凑、大容量且使用寿命长的电力电容器，在 HVDC 解决方案中承担重要的作用。

TDK 的电力电容器是位于 HVDC 链路两端的换流站中的关键部件，它将交流电转换为直流电流进行传输，然后在另一端再转换回交流电，以便将电能反馈到电网中。在为长距离传输准备电源的升压站中，电容器组用于稳定变流器的 DC 电压。在 HVDC 链路末端的站中，它们确保交流输出电压适合馈入电网。随着可再生能源在全世界的使用持续增长，这些电容器同样将继续有助于降低传输功率损耗并达到节省能源的目的。

在技术特性方面，采用 TDK 专有扁平绕卷技术（图 3）的电力电容器可实现约 95% 的体积填充系数（图 4）。同时，电容器的最大电容值超过 10,000  $\mu$ F（图 5）。这类电力电容器具有非常高的电流密度，尺寸紧凑（350×600×160mm）它们能够在海上变流站的密闭空间展示出卓越的性能，控制电压波动。此外，它们具有自愈的功能，即使过压导致电容器内部发生电气故障，绝缘层也会在几微秒内恢复，防止短路。其温度和电气特性的长期稳定性，它们可提供长达 40 年的极其可靠的工作寿命。

TDK 电容器已经安装在欧洲、美国、中国等多个 HVDC 项目中，TDK 作为 HVDC 系统的主要电力电容供应商，已经确立了稳固的市场地位，例如，应用于北京与张



图 4. 图片位于西班牙的 TDK 的马拉加工厂正在生产用于 HVDC 的电力电容器的场景。



图 5. TDK 的“MKK DCi-R 型号”电力电容器，采用已获得专利许可的扁平线圈法，比起旧型号产品能量密度提高约 10% 左右。尺寸缩小至仅 350mm×600mm×160mm。

家口之间的 HVDC 项目（张家口位于中国首都西北约 250 公里处）。该新电网由中国国家电网公司 (SGCC) 设计，该公司是全球领先的电力公司之一。它将在为 2022 年北京冬季奥运会提供远程风能、光伏和水力发电清洁能源方面发挥关键作用。高压直流电网具有世界上最高电压水平 (550 千伏) 和最大的传输能力。电容器是转换器站的关键组件，可将每个 HVDC 链路在开始馈入的交流电流转换为直流电流，为长距离传输做好准备。它们还安装在交流站中，将直流电流转换回另一端的交流电。

## 术语

1. 高压直流输电 (High Voltage Direct Current : HVDC) 指的是电力基础设施中，发电站的输电采用 200kV ~ 500kV 的高压直流 (DC) 而非交流 (AC) 进行输电的技术。
2. 电力损耗（输电损耗）指的是电能从发电站传输到居民大厦或商业大厦的过程中，因输电线的抵抗产生的部分电力能源的损耗和损失。变流器也会产生部分电力损耗。
3. 扁平线圈法 (Flat winding) 是 TDK 使用的独家先进技术，首先制造导电性金属箔与绝缘性电介质膜交互卷绕的数千层重叠电容器层，接着将圆筒形的卷线压缩成近似长方形。不仅可收纳入不锈钢盒，节省空间，更具备高能量密度。
4. 电容器的体积填充率指的是电容器层占盒内比例。TDK 扁平线圈法可实约 95% 的体积填充率。
5. 静电容量指的是电容器蓄积电荷的能力。通常用超大测量单位 F（法拉）来表示。用于 HVDC 的 TDK 功率薄膜电容器具备超过 10000  $\mu$ F 的静电容量。

[www.tdk.com](http://www.tdk.com)

# 网络安全预示着智能电网的光明未来

如果智能电网要塑造我们的未来，必须解决网络安全问题。

作者：Ricardo Camacho，LDRA 技术产品营销经理；Mark Pitchford，LDRA 技术专家

网络安全代表着一团乌云，遮蔽了现有电网系统的“智能电网”现代化，增强了客户和公用事业部门监控、控制和预测能源使用的能力。在防范潜在的破坏性停电方面，安全的企业级体系结构的需求得到了广泛的认可，但是安全编码设备所扮演的角色更容易被忽略，而且非常重要。

长时间的停机可能是毁灭性的。2011 年 9 月 8 日，一次持续 15 小时的大停电影响了 500 万人，原因是一名技术人员错误地关闭了一条 500 千伏线路。从加利福尼亚州的圣地亚哥、北部到奥兰治县以及东部到亚利桑那州的地地区都感受到了这种影响，经济损失估计在 9700 万美元到 1.18 亿美元之间。

通过在流程和基础设施改进中规划和做出明智的决策，可以在一定程度上缓解此类自然和操作故障。但是，智能电网的连通性将焦点从防御世界转移到防御电网的脆弱性，从防御世界的敌对状态转移到防御电网。这不太容易解决。

## 智能电网的晴天

我们都越来越熟悉智能设备——“物联网”中的“东西”。越来越有可能通过互联网远程控制加热系统、洗衣机甚至咖啡机。

长期以来，能源公司一直使用差别电价来鼓励消费者在低能耗时期使用其电器。但是，一台能够监测智能电网的洗衣机可以“决定”启动一个洗涤周期的最佳时间，而不是通过定时器粗略地控制。将这种“监测智能设备”的原理外推到工业装置上，并增加操作和能源措施，如智能电表、可再生能源、电能表和电网传感器，很容易直观地

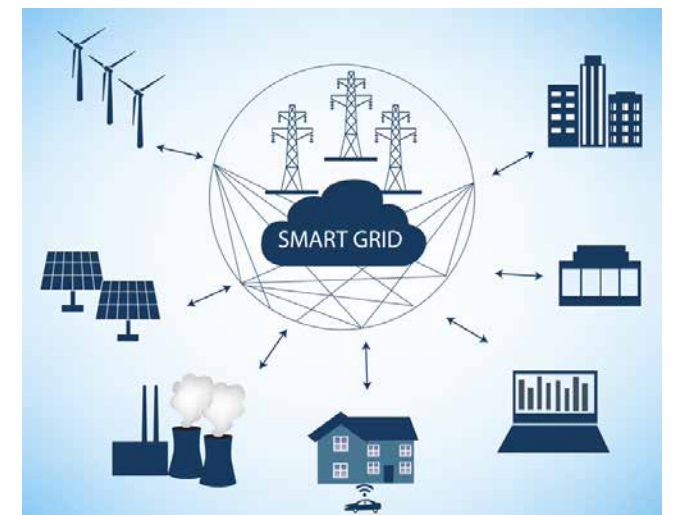


图 1：不断发展的智能电网能源基础设施

看到消费者的潜在节约。

从能源供应商的角度来看，这种机制提供了一种方法，可以平滑能源消耗的高峰和低谷，根据实时信息响应需求，并快速响应变化。

最终的结果是一个智能、绿色、高效和低成本的能源网，所有人都受益。（见图 1）电力研究机构估计，智能电网每年可以平均节省消费者数百美元，为美国经济创造 1.8 万亿美元的额外收入。

2015 年 12 月 23 日，乌克兰电网遭到攻击，黑客成功破坏了三家配电公司的信息系统。攻击者通过破坏公司网络、抢占监控与数据采集系统的控制、远程关闭变电站、破坏 IT 基础设施组件和数据以及拒绝用户有关停电的最新信息，暂时中断了终端用户的电力供应。

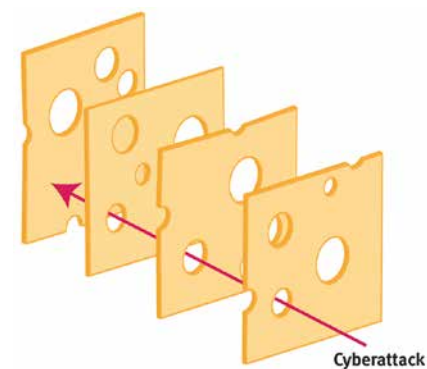


图2：“瑞士奶酪”模型。一系列不完美的防御层只有在这些缺陷重合时才会失效。

尽管智能电网的好处是多方面的，但它们比这个乌克兰的例子暴露出更多的“攻击向量”（接入点），以及相应的导致中断的新方法。例如，对电力需求数据的误导性操作可能导致电力公司不必要地调整生产。

## 纵深防御

在理解如何最好地解决智能电网中各种各样的弱点时，借用一个类比是很有用的。在临床实践的世界中，James Reason 教授观察到有如此多的检查级别，以至于对于灾难的发生，需要一系列的故障。这种“瑞士奶酪”纵深防御方法（图2）在网络安全方面也有类似的意义，确保如果侵略者越过了防御线，其他人还在等待。

有助于智能电网防御的方法和技术包括安全网络体系结构、数据加密、安全中间件和域分离。监控智能设备值得特别注意，因为它们访问对智能电网运行至关重要的数据。

## 物联网和网络安全

诸如 NIST 安全网络、美国国家脆弱性数据库和 ICS-CERT（工业控制系统网

络响应团队）等举措反映了问题的严重性。但是，许多可用的建议都是高级别的，引用了现有的漏洞，或者引用了原则，而不是细节。那么，一个软件工程师团队如何开发一个安全的应用程序呢？

在传统的以安全为中心的部门，安全软件开发的方法往往是被动的——开发软件，然后使用渗透、模糊和功能测试来暴露和修复任何弱点。

将网络安全设计成监控智能设备的更好方法可能是反映功能安全标准（如 IEC 61508 “电气 / 电子 / 可编程电子安全相关系统的功能安全”）所倡导的开发过程。开发软件的通用框架，在软件开发生命周期的各个方面解决质量、风险和软件安全问题，应用最佳实践，创建可追溯的人为行为集合，有助于在出现漏洞时提供快速响应。

## 安全代码开发

通过应用自动化工具，可以最有效地证明符合 IEC 61508 的实践。

在功能安全和网络安全软件开发方面的最佳实践要求从一开始就定义适当的需求，并从它们的双向可追溯

性来确保它们完全实现。（图3）

单元测试和动态分析同样适用于功能安全和网络安全。在后一种情况下，重要的是确保（例如）防御机制有效，并且在应用边界值的情况下不存在攻击的脆弱性。

IEC 61508 还要求使用编码标准，将指定编程语言的使用限制在安全的子集内。在实践中，为了功能安全而编写的代码通常也是安全的，因为在编程语言应用程序中同样的错误经常引起安全和安全问题。

## 结论

没有一个智能电网是绝对无法穿透的。如果要根据所涉及的风险水平对其进行相应的保护，则需要多个安全级别，以便在一个级别出现故障时，其他级别的安全级别都处于警戒状态。

监控智能设备值得特别注意，因为它们为对智能电网运行至关重要的数据提供接入点。功能安全标准（如 IEC 61508）的结构化开发方法可以提供理想的框架，以便在安全应用程序的开发中应用主动方法。

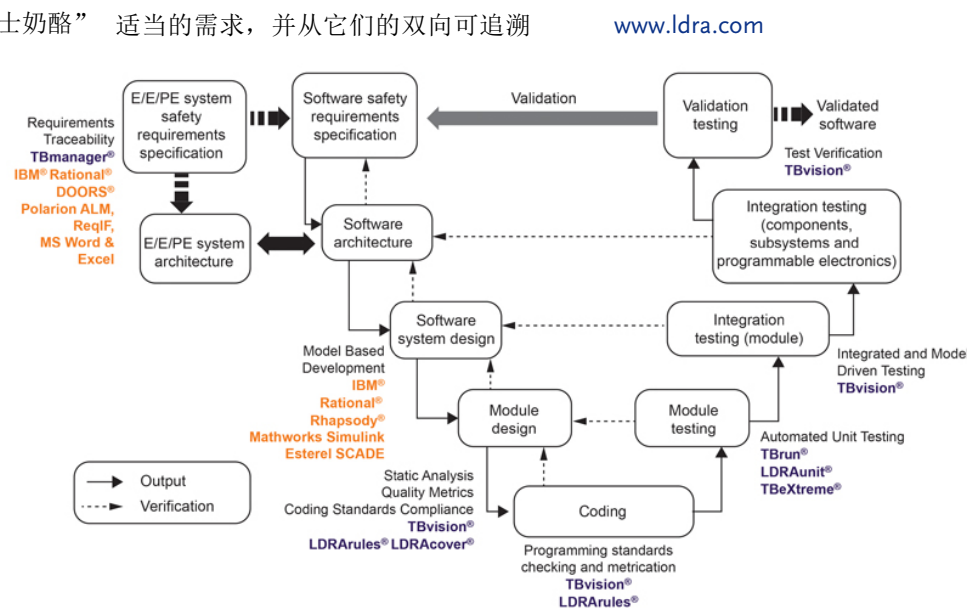


图3：将 LDRA 工具套件的功能映射到 IEC 61508 的指南中

# 特别报道： 照明应用

PSD CHINA

功率系统设计: 推动全球创新



内容包括：

在汽车应用中增加瞬态电压抑制 .....

通过电流隔离提高EV/HEV安全性、性能和可靠性 .....

高压储能系统的电池管理解决方案 .....

30

33

36



# 在汽车应用中增加瞬态电压抑制

保护汽车设备不受损坏和干扰，同时停止噪声导致的通信中断

作者：Isaac Sibson, Diodes 公司汽车应用工程师

在设计、生产或维修环境中使用集成电子器件的任何人都熟悉防静电或静电放电（ESD）腕带，并知道其目的是在将IC插入或插入PCB之前保护IC。制造商完全理解静电放电（ESD）在生产过程中和生产后可能造成的损坏。同样，在工业和汽车等恶劣环境中，由自然现象（如雷击）以及电气操作环境人为产生的瞬态电压持续存在的威胁尤为明显。单个瞬态很容易损坏或破坏敏感电子元件，而即使是中等能量的噪声（无用信号）也可能导致数字通信传输的严重中断。

在存在高电压的地方，瞬变可以作为瞬时或连续的浪涌发生，并且可以不受干扰地通过PCB线迹和电缆传播。瞬时浪涌很容易达到3kV，而且在切换电感负载时也会发生，这是由于继电器操作或电机启动或停止等简单的原因。由于大多数现代集成电路都是在低直流电压下工作的，瞬变对集成电路和数字信号是一种常见的威胁，目前在各个领域的应用中都存在。

## 抗电压浪涌

瞬态电压抑制器（TVS）是一种固态器件，其设计目的是为瞬态电压提供低阻抗路径，但在所有其他时间提供高阻抗路径。这使得电源电压和信号可以按预期工作，但几乎可以立即安全地抑制任何高电压，保护敏感部件。

TVS实际上是一种PN结二极管，当阴极上的电位超过预定水平时，它被设计成雪崩模式。所选的电平将取决于应用，但关键特性是，连接点在不到一纳秒的时间内尽可能快地断开。它通常与负载平行放置在oV和供电轨上，在地和单端信号之间，或穿过一对差分信号。

虽然它可能类似齐纳二极管，但TVS的设计略有不同。齐纳二极管的设计是为了在精确定义的电压下重复和连续地在击穿模式下工作，提供稳定的参考或作为限制器工作。预计它将一直在该模式下运行，此时的电压大于电压上限，并且能够承受通过该模式的适度持续电流。另一方面，TVS的设计不适合任何时间长度的传导；相反，它的设计是为了在较短的时间内迅速分解并吸收更多的能量，这与浪涌或瞬态电压的波形相当。

虽然齐纳二极管通常是在特定的电压水平下，但TVS是基于额定工作电压的。例如，这意味着，为了保护在3.3V下运行的微控制器，可以使用3.3V的TVS。在这种情况下，规定的实际参数是反向工作电压（VRWM），定义为保证器件不会通过超过最小规定泄漏电流（例如小于10微安）的电压。换句话说，VRWM

是指TVS对电路其余部分的影响可以忽略不计的电压。

相关的击穿电压参数（VBR是指器件将至少传导规定的最小电流（如10mA）的点）。

关键的理解是：

VRWM的导电性保证小于IR（例如1-10微安）

在IT处测量的VBR（例如，10mA）

如图1中的虚线所示，VBR可以有一个公差，因此必须考虑与受保护电路相关的这种变化。该器件的峰值脉冲功率极限（PPK）可以在TVS的传输特性上找到，如图2所示。传输曲线与PPK相交的点表示器件的最大钳位电压（VC）和最大峰值电流（IPP）。

脉冲的长度是一个重要的考虑因

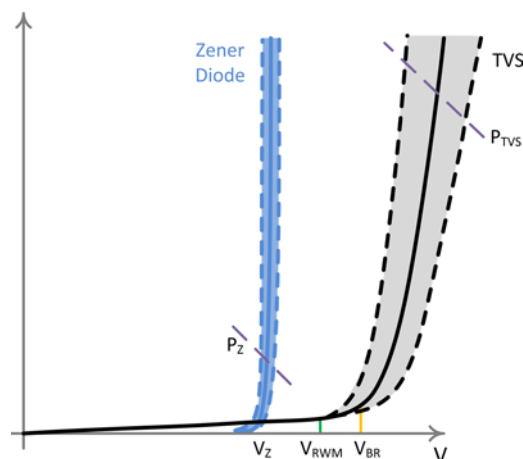


图1：TVS的设计与齐纳二极管的工作方式不同，并且工作时间更短。

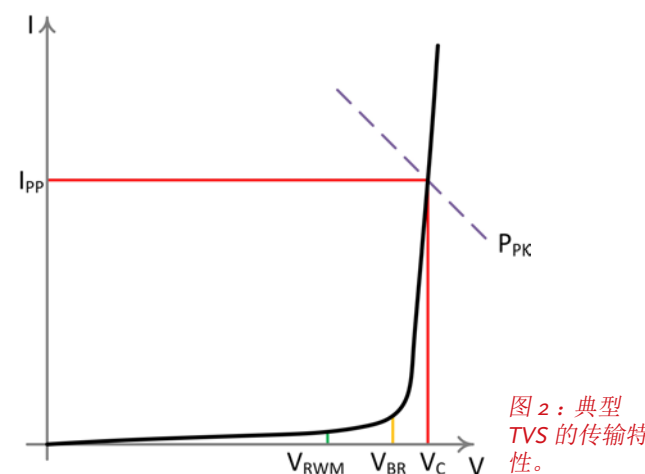


图2：典型TVS的传输特性。

素，因为这决定了能量的吸收量。标准持续时间和幅度脉冲在国际标准中定义，包括IEC 61000和IEC 61643。前者包括由静电放电和雷击引起的快速浪涌，并在功率曲线上定义了两个相关点：8μs（T1）和20μs（T2）——这些通常称为8/20。后一个标准处理具有更高能量水平的较慢的浪涌，例如感应负载可能发生的浪涌。本标准的时间间

隔为10/1000，相当于10微秒（T1）和1000微秒（T2）。这些数字用于定义电视性能，如图3所示。注意t2是从o开始的总运行时间。

## 汽车TVS

大多数汽车的主电压轨系统是由交流发电机的整流输出产生的12伏直流电，它是感应的，因此也是瞬态电压的潜在来源。随着汽车功能的自动化程度越来越高，它们包括越来越多的小型电机，用于为后视镜、车窗和座椅等功能提供动力。此外，传动系统的电气化也会导致诸如水泵和油泵等机械系统由电动机驱动。所有这些都代表了系统上的感应负载，成为瞬态电压的潜在来源。

可以理解的是，还有一些额外的标准涵盖了汽车环境的浪涌保护，包括ISO 7637-2和ISO 16750。图4显示了这些标准定义的测试脉冲的形状。

电路必须证明它能够处理图4所示的每个脉冲（脉冲没有按比例显示）。为满足这些要求而进行的设计可能需要使用分布在整个系统中的几个TVS器件。例如，在交流发电机附近可能有一个主要的负载卸载TVS，其物理尺寸较大，并根据系统的特性进行选择（图5）。剩余能量需要

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

www.tracopower.com



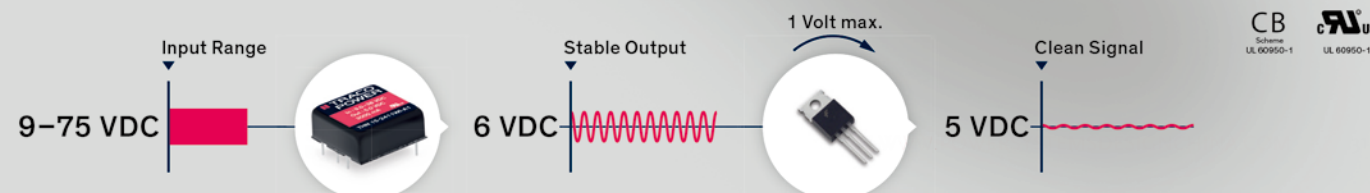
## 面向低纹波和低噪声应用扩展使用范围

### THN-WI 系列, 15-30 W

- 5 Vout 型号具有高达 6 Vout 的调整功能
- 为 5 Vout LDO 供电, 电压足以保证正常工作
- 与 LDO 线性稳压器配合使用, 适用于低纹波和低噪声应用
- 减少线性稳压器侧的功率损耗 (发热)



Models	Power (W)	Output (VDC)	Input (VDC)	Output (A)	Effizienz
THN 15-2411WI-A1	15	6	9-36	3	86%
THN 15-4811WI-A1	15	6	18-75	3	87%
THN 20-2411WI-A1	20	6	9-36	4	89%
THN 20-4811WI-A1	20	6	18-75	4	89%
THN 30-2411WI-A1	30	6	9-36	6	89%
THN 30-4811WI-A1	30	6	18-75	6	90%





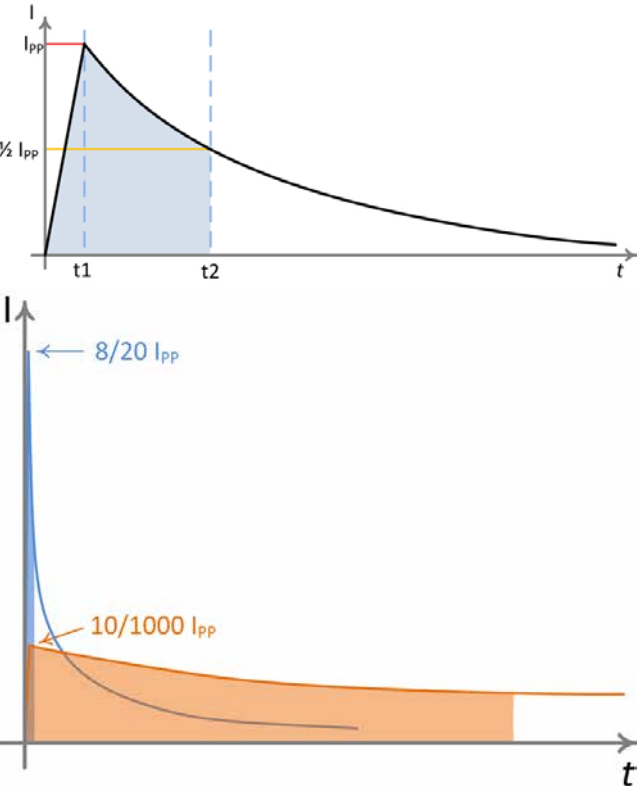


图 3a 和 3b：图 3a 显示了  $T_1$  和  $T_2$  点如何用于定义峰值中的能量，而图 3b 显示了 IEC 标准定义的浪涌形状。阴影区域代表脉冲的能量。

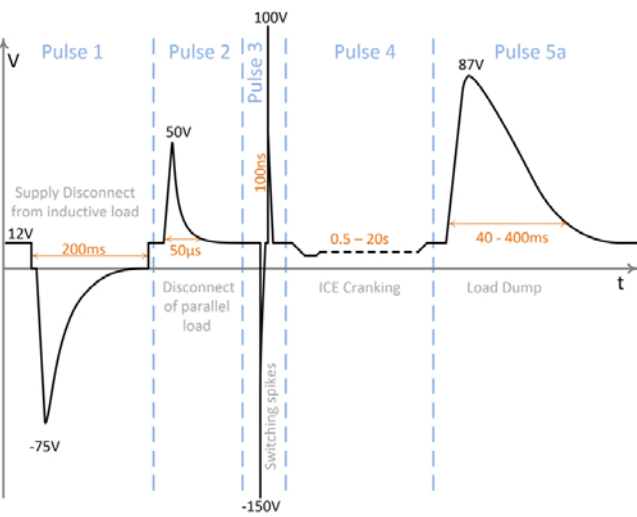


图 4：汽车工业中使用的测试脉冲的表示。

通过每个模块内的辅助 TVS 保护来消耗，应使用系统级方法来定义这方面的要求。

在恶劣的环境中，脉冲曲线下会有一个很大的区域，相应地会有更多的能量被耗散。这在汽车应用中更为明显，规格反映了这一点，特别是与前面提到的标准中定义的峰

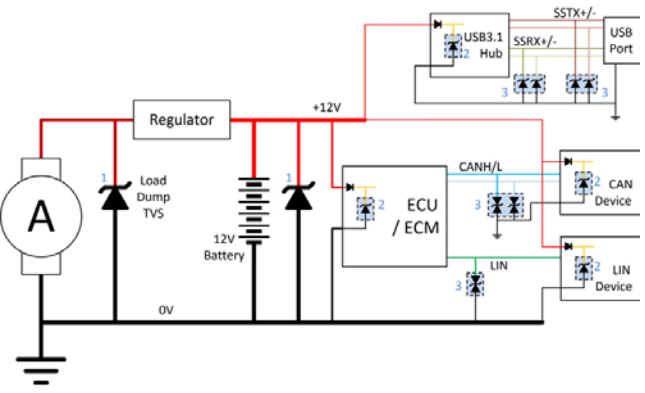


图 5：汽车应用中 TVS 器件使用位置的描述。交流发电机和调节器周围的大型器件；电子模块周围的 TVS 和反极性保护以及数据总线周围的保护。

值相比时。

### 用 TVS 器件保护安全关键信号

随着现代车辆越来越多地使用模块间通信，对诸如 CAN、FlexRay 和 LIN 等信号的汽车合格 TVS 器件的使用也在增加。这些总线用于在汽车模块之间进行安全关键的通信；信号可能被低能量噪声中断。这里需要不影响信号带宽的情况下保护信号和模块。由于 CAN 和 FlexRay 是差分总线，它们需要一个双向 TVS 来保护这两条线路。

双向 TVS 的设计是为了在分轨系统或差分信号方案中提供对瞬态的保护，以保护信号免受正负瞬态的影响。这些器件设计成对称或不对称的；前者在两个方向上提供相同的击穿电压水平，而后者具有反向击穿电压，在一个方向上高于另一个方向。

例如，LIN 总线将采用不对称的双向 TVS，因为由于接地变化，信号线很容易在 -15V 和 +24V 之间波动。

### 结论

瞬态电压是敏感集成电路的一个威胁，在某些应用领域（如汽车），它们是不可避免的危险。应对浪涌、尖峰和瞬变保护的挑战是 TVS 的工作。

TVS 解决方案的选择高度依赖于系统，因为即使对于相同的最终产品，设计也有很大的差异。一家供应商，如 Diodes Incorporated，为垂直行业（包括消费者、工业和汽车）提供广泛的 TVS 保护，与设计师密切合作，充分了解他们的系统要求，并为他们推荐定制的电视解决方案。通过这种方式，电子系统的每个部分都可以免受危险瞬变的影响，从而提供更高的可靠性和安全性。

[www.diodes.com](http://www.diodes.com)

# 通过电流隔离提高 EV/HEV 安全性、性能和可靠性

作者：Rudye McGlothlin, Silicon Labs 市场总监

### 简介

虽然电动汽车（EV）和混合动力汽车（HEV）技术仍处于发展的进化阶段，但对长期碳氢燃料供应和环境问题的担忧为加快这一新兴汽车市场的创新步伐提供了动力。电动和混合动力汽车可以提高效率，减少排放，并最终实现与燃气动力汽车相媲美的价格和性能。为了与现有汽车竞争，EV/HEV 中使用的电池必须具有非常高的能量存储密度，接近零自漏电流，并且能够在几分钟内完成充电过程，而不是几小时。此外，电池管理和相关的电力转换系统必须具有最小的尺寸和重量，并且能够有效地向电动机提供大量电力。

EV/HEV 电池管理系统通常包括五个主要电路组件：

- **车载充电器**：储能器由高达甚至超过 400V 的锂离子电池组构成，采用具有功率因数校正（PFC）的交流 - 直流转换器组成的车载充电

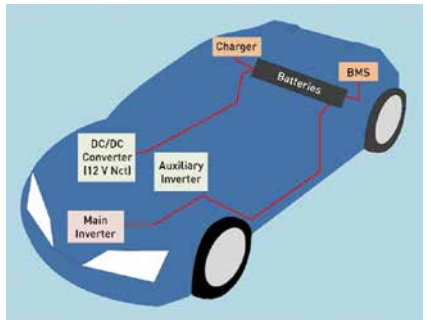


图 1: EV/HEV 主要电气装配位置

器（OBC）充电，并由电池管理系统（BMS）监控。该充电器可适应各种外部充电电源，从 110V 单相交流电源到 380V 三相交流电源。

- **电池管理系统**：电池单元由 BMS 监控和管理，以确保高效和安全。

BMS 控制各个电池的充电、健康状态、放电深度和调节。

- **DC/DC 转换器**：DC/DC 转换器将电池高压转换成内部 12V 直流，该网络也为配件提供电源并向本地开关转换器提供偏置。

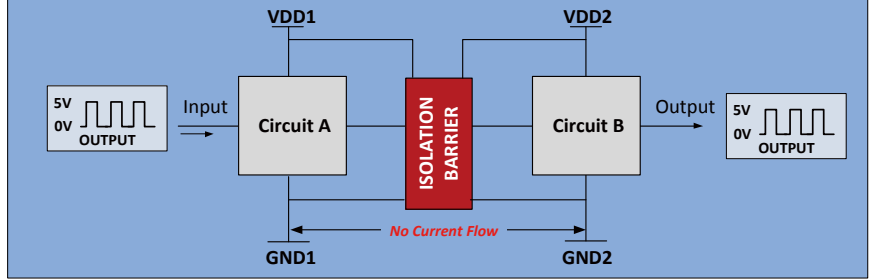


图 2：基本隔离器行为

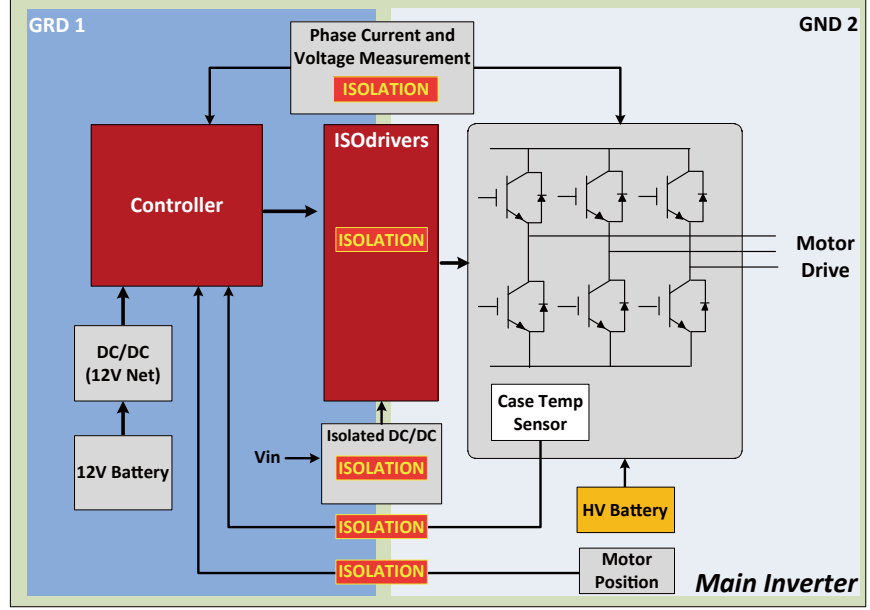


图 3：主逆变器中的隔离



- **辅助逆变器**：现代汽车使用皮带驱动发动机配件，如空调和动力转向泵。EV/HEV 需要辅助逆变器来产生驱动这些配件所需的电力。
- **主逆变器**：主逆变器驱动电动机，也用于再生制动——将未使用的能量返回到电池。

电流隔离

模块化 EV/HEV 电路组件具有固定和浮动接地、模块间不同电压以及本地（具潜在致命性）电池和电源电压的组合。鉴于这些情况，电流隔离是电动和混合动力汽车设计中的必要条件。

什么是电流隔离，它在电气系统设计中起到什么作用？电流隔离使电气系统的功能部分绝缘，以防止电流在各部分之间流动，同时允许在各部分之间交换信息。图 2 通过电路 A 和 B 之间的简单隔离数据交换示例演示了这一概念。专用偏置电源 VDD1 和

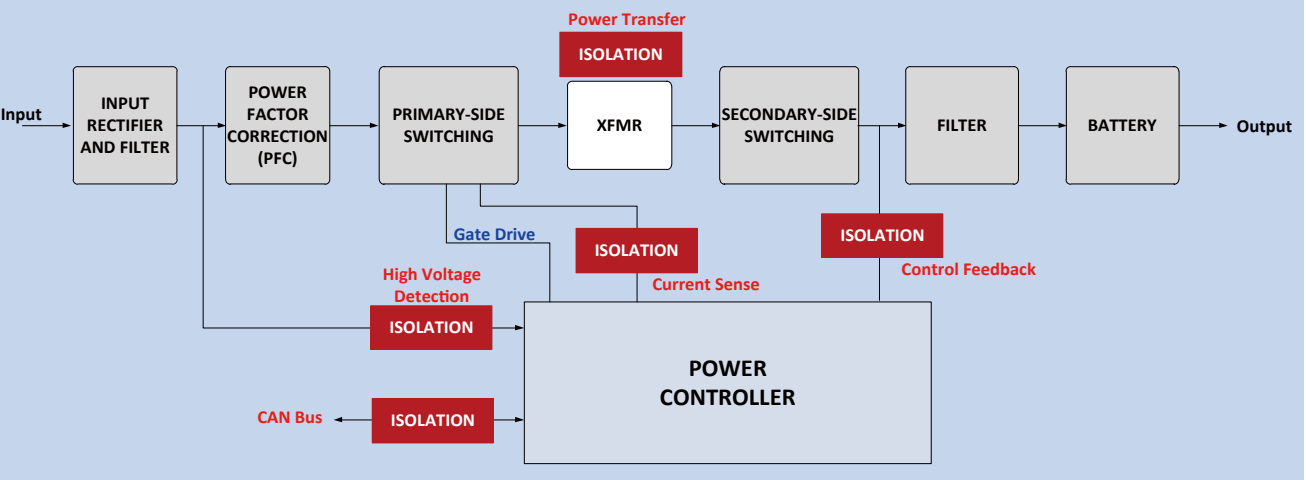


图 4:DC/DC (12V 网络) 转换器

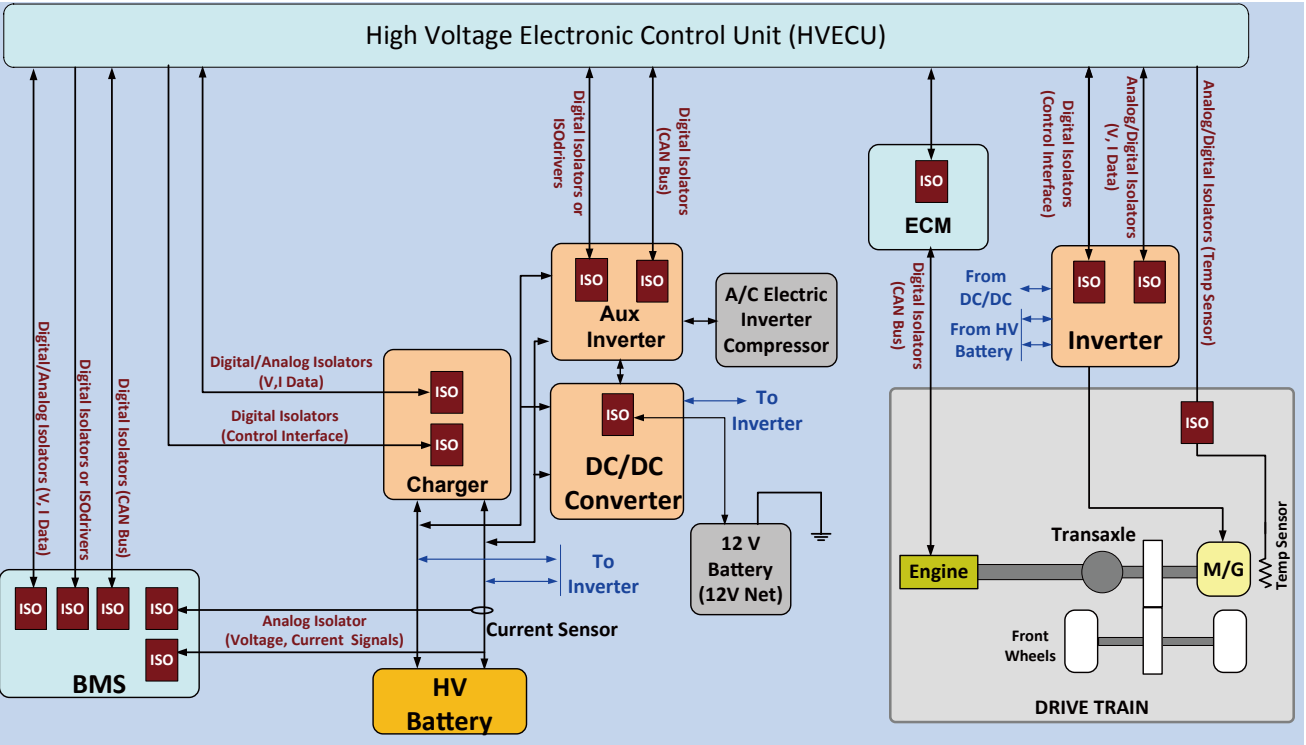


图 5: 简化的 HEV 电气系统框图

VDD2 在隔离器的相应侧提供 5V 电源。施加在电路 A 输入端的 5V 接地参考脉冲序列被如实地传输到隔离器输出，在传输期间的任何时间都没有电流通过 GND1 和 GND2 之间。换句话说，GND1 和 GND2 之间的阻抗有效地创建了一个开路，并且如在电流隔离定义中所述，在两个绝缘电路之间完成了成功的数据传输。

数字隔离的好处是可用于各种组合，以使 EV/HEV 电气系统更安全和更可靠。图 3 中的主逆变器框图显示了使用隔离的位置。隔离为相电流和电压测量电路中的高压电机驱动器和低压控制器提供安全隔离、电平移动和电压转换。同样，隔离驱动器在驱动器和高压电动机驱动电路之间提供这些相同的功能。隔离式 DC/DC 转换器在反馈环路中使用线性安全隔离，以确保电源的初级侧和次级侧之间没有电流流动，从而消除了高压击穿或泄漏到低压电路的可能性。最后，线性或数字隔离器能够用于传感器之间，以实现安全、电平移动、电压转换和可能的地环路消除。

EV/HEV 中开关电源

开关电源转换器是 EV/HEV 系统的重要组成部分，用于主逆变器、辅助逆变器、12V 网络 DC/DC 转换器和电池充电器。这些转换器可以转换电压和电流，以满足其设备的供电要求，并使用隔离来实现安全和电平移动。

图 4 显示了电池充电器内部的交流-直流转换器框图，其中输入电压由外部基础设施提供，例如充电点。如图所示，充电器的交流输入通过输入整流器和滤波器立即转换为直流，并由功率因数校正（PFC）电路调节。然后，经过调节的直流电压被初级侧开关电路“斩波”成脉冲，并施加到变压器初级。变压器“缩放”电压和电流脉冲，以满足充电器的输出要求。次级侧电路对高频脉冲进行整流和滤

波，将其转换为直流。

电源控制管理闭环操作并监控传输到电池的电量，直到电池充满电为止。在此示例中，隔离组件提供了几个重要功能：变压器隔离转换器的初级侧和次级侧之间的功率传输；线性隔离为电流传感器、高压检测和反馈控制提供了安全隔离水平移动；数字隔离器为控制器局域网（CAN）总线接口提供安全隔离。

图 5 显示了在简化的 HEV 系统中隔离组件的使用位置和方式。与 EV 相比，HEV 提出了更加困难的技术挑战，因为传动机构中的小型燃气发动机的复杂性增加了。这种添加使机械传动机构和电子设备复杂化。请注意，图 4 中的燃气发动机由专用发动机控制模块（ECM）管理，该模块包括一个隔离的 CAN 总线接口，使相对较低电压的 HV ECU 能够管理发动机转速、计时和其他关键参数。另请注意，电机 / 发电机（M/G）温度传感器隔离将传感器地与 HV ECU 地进行隔离，以实现安全和电压等级兼容性。此外，主和辅助逆变器、充电器和 12V 网络 DC/DC 转换器在存在不同地电位或高电压的情况下都可有效隔离。

增强系统集成

电动和混合动力汽车设计必须继续减少汽车重量、改进电池技术并增加动力转换系统能力。反过来，这些进步将需要开关电源拓扑和更大规模的系统级 IC 的创新。虽然现代 CMOS 隔离器件在性能上有所提高，但数字隔离的最大好处可能是它能够与其他功能集成以形成单芯片、隔离系统。隔离器件在 EV/HEV 应用中无处不在，并且对于汽车和操作者的安全至关重要。这些器件提供安全隔离、无缝电平移动、消除地噪声，最终增强了汽车性能和可靠性。



LOW OHMIC PRECISION AND POWER RESISTORS



地址：Isabellenhütte (伊萨拜棱辉特) Heusler GmbH & Co. KG  
Eibacher Weg 3-5, 35683 Dillenburg, Germany (德国)  
(中国各地代理的联系方式请上网站查询)  
电话：+49 (0) 2771 934-0 传真：+49 (0) 2771 23030  
sales.components@isabellenhuetten.de www.isabellenhuetten.de



# 高压储能系统的电池管理解决方案

对于电动汽车和混合动力汽车来说，没有什么话题比确保可靠的电池系统更重要。

作者：Cathal Sheehan, Bourns

可充电电池行业的大部分增长预计将来自其在电动汽车（EV）高压能源系统以及在船舶和家庭存储应用中的不断使用。这些系统通常采用由锂离子或镍金属氢化物电池组成的串联电池组。为了保持电池的良好状态和最大限度的输出功率，他们需要一个电池管理系统（BMS）。BMS也有助于延长电池的预期寿命，防止电池受损。因此，BMS的一个重要功能是确定充电状态（SOC），使BMS能够控制蓄电池中的剩余容量，并控制充电或放电速率。

在本文中，将阐述 BMS 的设计趋势将与设计人员在 BMS 系统中通常遇到的挑战，将特别关注通信隔离和瞬态保护问题，其中动态范围小于 200 mV 的新隔离 Sigma-Delta 转换器是可行的解决方案。它还涵盖了 BMS 设计中基于分流器的电流测量的好处。

## 电动汽车电池管理趋势

电动汽车的趋势是电池组中的电池数量增加到 100 个以上，工作电压接近 1000V。支持 BMS 的系统将使用多个电池电压监测模块，这些模块联网在一起，具有 2 线接口，如 CAN 总线、以太网或 SPI。通信线路使用以太网 LAN 变压器进行电流隔离。这提供了一个隔离屏障，防止危险电压跳到低压线路上。重要的一点是，任何标准都没有规定隔离等级（基本、补充、双重、加强），而是留给每个客户的安全工程师来评估环境并确定所需的安全等级。

每个电池都由监控系统检查其电压，典型公差为 0.1%（毫伏级），以确定每个电池的充电状态。这使得那些过度充电的电池被排出（被动平衡），这将阻止其他容量较低的电池被充电。主动平衡在过充和欠充电电池之间重新分配电荷。

齐纳或 TVS 二极管可对电池安装和接线过程中可能出

现的短路进行综合保护。然而，这些二极管中的结并不用于管理由于电池组母线突然断开而产生的瞬态能量。如果发生这种情况，BMS IC（通常连接到断路器高端的最后一个电池）会突然从读取单个电池上的电压转到整个电池组。在电动汽车应用中，如果有 100 秒或更长的时间，这种能量将穿透保护二极管，然后控制回路可以及时反应，断开整个电池组。在这种情况下，需要一个高速过电流保护器来避免灾难性的损坏。

## 电流测量

并联式电流测量是监测蓄电池充放电电流的常用方法。分流式测量的缺点之一是被测电流对欧姆加热所浪费的功率。在过去，基于分流器的测量系统能工作的最大电流是 50 安培。随着低电阻分流器和高动态范围高分辨率 Sigma-Delta 调制器技术的出现，这种情况正在发生变化。

传统上，霍尔效应传感器测量的电流大于 50 安培，因为产生的功率损耗较低。一个限制是霍尔效应传感器在零磁通量输出电压和对超温威胁的敏感度上表现出很大的变化。温度补偿电路解决方案是可用的，但可能是昂贵的。

通过降低分流器的电阻，耗散的功率也可以降低，从而允许更高的电流。与霍尔效应传感器相比，分流器具有优越的温度漂移特性，这使得数字 Sigma-Delta 调制具有更高的精度。因此，在信号处理方面的新发展将使并联电阻对以前使用霍尔效应技术的未来应用更有吸引力。

设计将分流电阻连接到 Sigma-Delta 调制器的电路很简单。为了消除高频开关中谐波的影响，需要一个简单的滤波器。并联电阻的等效电路由电阻和电感串联组成。在高频下，如开关变换器或换流器的谐波，随着电感的变化，元件的响应和电压也会相应变化。为了确保通过分流器读取的电压是由于电流本身而不是由于电感，并联了一

个 RC 网络。如图 1 所示的值 R<sub>3</sub> 和 C<sub>1</sub> 根据以下方程式进行选择：

$$XL/R_3 = R_1/C_1$$

式中，XL 和 R<sub>1</sub> 分别是分流器的电抗和直流电阻。

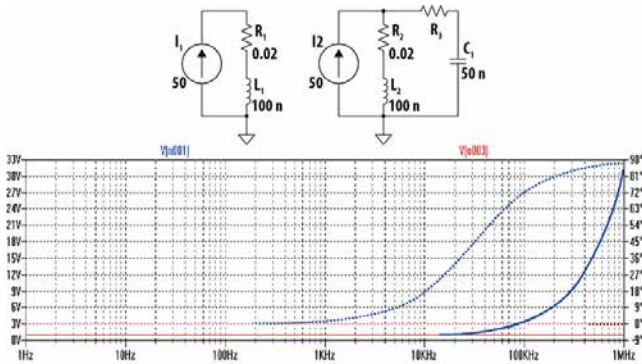


图 1. 分流器的响应（红色）和（蓝色）表示，补偿网络的频率扫描为 1MHz。补偿使电压在不同频率下保持稳定，而当频率增加超过 20kHz 时，电压会显著增加。

## 高能电池保护

电池组中的电池监测线是高压系统中容易受到的瞬态威胁。因此，这些线路需要超快速过流保护，以防止损坏内部 ESD 二极管。一个好的解决方案是一个高电压（850V）的 MOSFET 器件，它的行为就像一个电阻。当电流达到阈值（200mA）时，器件将跳闸。为了重置，器件上的电压必须低于其重置电压（通常为 15V）。电池组母线断开时的高电压额定值允许充电器的大容量电容器的全输出电压出现在每个电池的 A/D 输入上。这种类型的保护装置还具有可重置性，因此一旦高压瞬变被移除，保护装置将恢复到正常状态，使 IC 能够再次安全地监控电池。

例如，Bourns 提供具有不同电压额定值和触发电流组合的 TBU 高速保护器（HSP）。TBU HSP 对瞬变的反应时间小于 1 微秒。

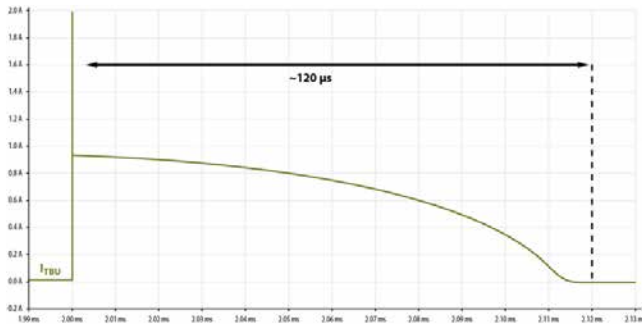


图 2. 电流浪涌和 TBU 器件进入保护状态所需的时间（TBU 下降到 IQ），其中 TBU 器件的反应时间（电流下降 IQ）约为 120 微秒。

## 电隔离的好处

隔离栅用于保护设备和人员免受有害的电压冲击。隔离还可以实现发送器和接收器之间的通信，参考非常不同的接地电位。在以点对点配置连接在一起的电池管理 IC 中，使用了用于在隔离屏障上运行的双线通信。信号变压器提供所需的隔离，如以太网局域网磁性元件可以是理想的。它们还提供了集成共模扼流圈的附加值，有助于降低共模噪声。

在电压水平高于 400V 的电池组应用中，通常指定高电压测试为 4KV 或更高的加强或双重绝缘。两种类型的绝缘都需要使用三层绝缘。为了达到所需的安全水平，同时保持有效的信号完整性，并遵守预算和外形尺寸目标，设计师必须多次作出妥协。

局域网变压器将一次线和二次线绞合在一起，以减少漏感。然而，随着所用绝缘层厚度的增加，将两者拧在一起变得更加困难，而且绕线机将绕组穿过环形线圈的难度也增加了。因此，由于电线较细，使用双重绝缘比使用加强绝缘更为实际。一次线和二次线之间的漏感与线圈之间的绝缘表面积成正比。因此，导线绝缘越厚，漏感越高。局域网变压器体积也更大——这不仅是因为其磁芯更粗，还因为它们的爬电距离和间隙距离。例如，根据 IEC 60950，在污染程度为 2 级的环境中工作电压为 370V 的 LAN 变压器必须具有至少 7.7 mm 的爬电距离。因此，使用以太网磁铁的高工作电压隔离通信确实需要在安全性、规模、成本和信号完整性之间进行权衡。

此外，电池监测集成电路需要稳定的直流偏压，这通常是通过使用隔离的拓扑结构，如“推挽”或“返驰”。通过在电源周围设置隔离栅，可以消除电源接地和蓄电池 IC 接地之间的接地电位差。它还消除了信号线上作为共模电压出现接地电位的风险。电力变压器依赖于 IEC 61558 标准来确定相对工作电压和绝缘水平所需的爬电距离和间隙距离。

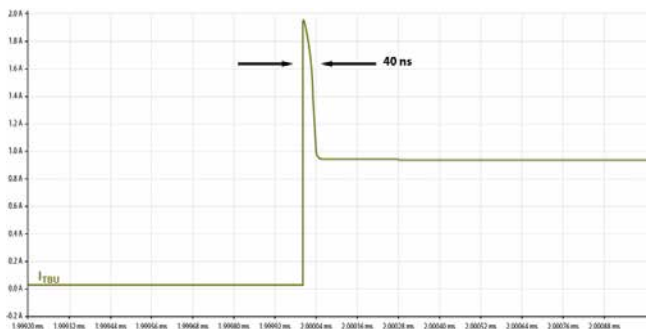


图 3. TBU 器件开始截止所需的时间——大约 40 ns。



## 利用先进技术进行 BMS 设计

利用最新的数字 Sigma-Delta 调制器技术开发 BMS 解决方案对 BMS 保护的开发生非常有益。使用这项技术，器件供应商可以提供新一代的电流测量，传统上是为非接触式传感器保留的。BMS 集成电路中采用高速 Sigma-Delta 调制的高动态范围 A/D 转换器所取得的进步，使基于分路技术的 50 安培以上的准确电流测量成为可能。Bourns 等供应商在 TS16949 设施中有能力通过使用厚的高纯度铜来制造电阻非常低的分流器，其中最大载流能力随着铜的厚

度而增加。

虽然提供了几种现成的保护解决方案，但有许多 BMS 设计需要针对各种功能的定制解决方案，包括分流器和大电流母线之间的直接连接。对于隔离的直流 - 直流电源和点对点通信，也可能需要定制的电源和信号变压器设计，以便高压电动汽车储能系统的电池管理具有最佳的保护水平，从而实现高效、安全和长期运行

[www.bourns.com](http://www.bourns.com)

# Littelfuse setP™ 温度指示器可进一步预防 USB Type C 型连接器因过热而损坏

经过扩展的产品组合有助于防止两端采用 USB Type-C 型连接器的电缆出现电阻故障

Littelfuse, Inc. (NASDAQ: LFUS) 今日宣布推出经过扩展的 PolySwitch® setP™ 系列数字温度指示器，该系列产品旨在防止 USB Type C 型和 USB Power Delivery 充电线因危险的过热情况损坏。该产品系列的最新成员 SETPo805-100-CC 经过优化，可用于两端配有 USB Type-C 型连接器的电线。



PolySwitch® setP™ 温度指示器

SETPo805-100-CC 温度指示器的典型应用包括消费电子产品，主要用于配备下列组件的移动和可穿戴设备：

- USB Type-C 型电线（每端配有 Type-C 型插头）
- USB Type-C 型充电器（例如固定在笔记本电脑充电器的电线）

当灰尘、污垢或其他碎屑卡在 USB Type-C 型电缆连接器中或连接器的引脚变形时，会造成从电源线到接地的电阻故障，在电流不增加的情况下引起危险的温度升高。当温度达到 setP 的指示温度 (100°C) 时，setP 从低电阻切换至极高电阻，阻断电力流动。用户断开电缆并清除污垢之后，电缆可恢复正常运转。

紧凑的 setP 温度指示器占用空间仅为 0.805（厘米），相比其他需要将器件安装在电源线上的解决方案至少减少了 50%。setP 器件可用于保护专为 100 W 或以上功率设

计的电缆。

“据市场专家估算，每年售出的配有 USB Type-C 型连接器的消费电子产品、无线和计算机设备数量在 2021 年将达到 50 亿，助长了对于可保护电缆和连接器免因过热损坏的解决方案的需求。” Littelfuse 全球产品经理 Stephen Li 表示。“与原版 setP 一样，此系列的这款新增产品可提供市面上最小、能效最高的解决方案，使保护人员和电子设备免受过热困扰变得比以往更加简单。”

setP 温度指示器具有下列关键优势：

- 紧凑的尺寸和温度敏感性有利于电缆表面保持安全的工作温度。
- 刚性结构与电缆和接头生产中采用的传统装配和成型操作兼容。
- 独立于电源通道，因此简化了零件选择，并可保护在 100 W 或更高功率条件下运行的系统。
- 可避免中断通信通道，这使得 setP 成为适用于现有设计的可靠的插入式过热保护解决方案。

## 供货情况

原版（单端）setP 系列数字温度指示器（产品号 SETPo805-100-SE）和最新版产品（产品号 SETPo805-100-CC）均为表面安装式器

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



UF3C 系列  
快速 650V 和 1200V SiC FET

## 更快的开关速度， 更低的开关损耗， 更好的功率转换效率。

新的 UnitedSiC UF3C 系列快速 650V 和 1200V SiC FET 提供：

- 易于替代 IGBT、Si 和其他 SiC MOSFET
- TO-220 封装的最低 RDS(on)（27 毫欧）
- 出色的反向恢复
- 新的 TO-247-4L 和 D2PAK-7L 开尔文封装

立即开始。访问 [unitedsic.com/cascodes](http://unitedsic.com/cascodes)

了解如何使您的下一个设计变得更好。





# 物联网应用需要雾计算的五个理由

作者：Ryan Teng, Moxa

物联网（IoT）的爆炸性增长建立在计算能力和资源无限的前提下，只有云服务才能提供。尽管云计算模型具有强大的功能和覆盖范围，但它不适用于时间紧迫的应用和互联网连接较差的应用。

物联网中的云计算是针对集中数据处理的，相比之下，雾计算的重点是将计算能力、存储容量、设备控制能力和网络能力移近设备。

有些端设备分散的 IoT 系统不必长期连接云端系统，但对低延迟性要求较高。对于这种系统，雾计算是不二之选。还有一些 IoT 应用经常会生成 TB 级数据，且难以将这些数据发送至云端，也难以接收云端返回的数据，对于这种情况，同样更适合采用雾计算模式。

## 云计算适用于：

对时间要求不严格、无需实时响应的应用，如：

- 大数据分析和仪表盘
- 数据 / 模式分析和机器学习
- 模拟和优化
- 预测性维护
- 长期数据存储

## 雾计算适用于：

对时间要求严格、需要实时响应的关键应用，如：

- 数据采集和预处理
- 状况监控
- 基于规则的决策
- 短期数据存储

对于地理位置分散，数据处理量大，且要求快速响应的 IoT 应用，更适合部署云资源和雾资源结合的混合模式。

## IoT 应用需要雾计算的原因

不可否认，云计算将继续发挥其作用。IoT 应用的部分功能更适合由云计算提供支持。不过，雾计算模式也能为 IoT 应用带来独特优势。

### 1、低延迟性

将所有设备数据传送至云端进行处理和分析，耗费的时间从几分钟到几天不等。如果您的 IoT 设备每天产生 1

TB 的数据，那么您需要花费数天时间，将数据传输至云端进行处理，并获得可用的分析结果。此时，您可能已经错失采取行动良机。

如今的商业应用要求反应速度在数秒、甚至数毫秒内。工业 IoT 等时效敏感型应用需迅速处理设备数据，从而及时采取正确行动。相较于云计算模式，雾计算能够将延迟降至最低，帮助您迅速作出决定。

### 2、安全性

从边缘网络向云端传输敏感的运营数据，无论是数据还是边缘设备均面临风险。IoT 系统需配置多层安全保护，保证数据安全地传输至云存储系统。而在边缘处理数据能防止数据外泄并提高反应速度。

### 3、数据完整性

云计算模式会将数据存储与处理服务外包。由于各关键应用的敏感信息均存储于公共云平台，能否确保数据完整成为 IoT 的重要关注点。云存储服务商通常不会透露存储器的地理位置。此外，通过互联网将数据从设备传输至网关、再传输至云的过程具有安全风险，可能导致数据损坏或遭遇未授权访问。

### 4、数据传输与带宽的成本

将大量数据从网络边缘传输至云服务器，所需费用可能让企业望而却步。例如，普通的海上石油平台每天可产生 1 至 2 TB 的数据。这些数据最常见的传输方式是通过卫星连接，传输速度在 64 Kbps 到 2 Mbps 之间。照此速度，将一日产生的数据从石油平台传输至中央存储器，需花费 12 天以上的时间。长期如此，每日数据传输产生的通信成本将令企业不堪重负。

### 5、偏远地区独立操作

使用雾计算模式，当中央系统不可用时，偏远地区的系统可独立运行，减少停机的可能。比如，当网络中断、无法连接云端时，可利用现场的本地计算设备处理和分析数据。连接恢复后，再将处理后的数据传送至云端，以便长期存储。

[www.moxa.com](http://www.moxa.com)

# PSD

信息为您的设计提供动力

您与  
万物连接  
的动力

<https://powersystemsdesign.com>





# 超高性能 功率耦合器



高电流 MSD 系列



低高度 LPD 系列

这些 1:1 耦合电感器的 K 值高、体积小, 可与您的 SEPIC 和反激式应用实现完美匹配。

我们的 MSD/LPD 系列提供 13 种尺寸和数百种电感/额定电流组合, 可与您的所有 SEPIC 和反激式设计实现完全耦合。

MSD 系列提供高达 16.36 Amps 的额定电流、较低的 DCR、 $K \geq 0.98$  的耦合系数和高达 500 Vrms 的绕组间绝缘电压。

LPD 系列高度低至 0.9 mm, 占用面积低至  $3.0 \text{ mm}^2$ , 可提供高达 5.6 Amps 的额定电流、低至 0.042 Ohms 的 DCR 和  $K \geq 0.99$  的耦合系数。

查看我们所有的耦合电感器, 包括匝数比高达 1:100 的型号, 您可访问 [www.coilcraft.com/coupled](http://www.coilcraft.com/coupled)。

线艺 Coilcraft