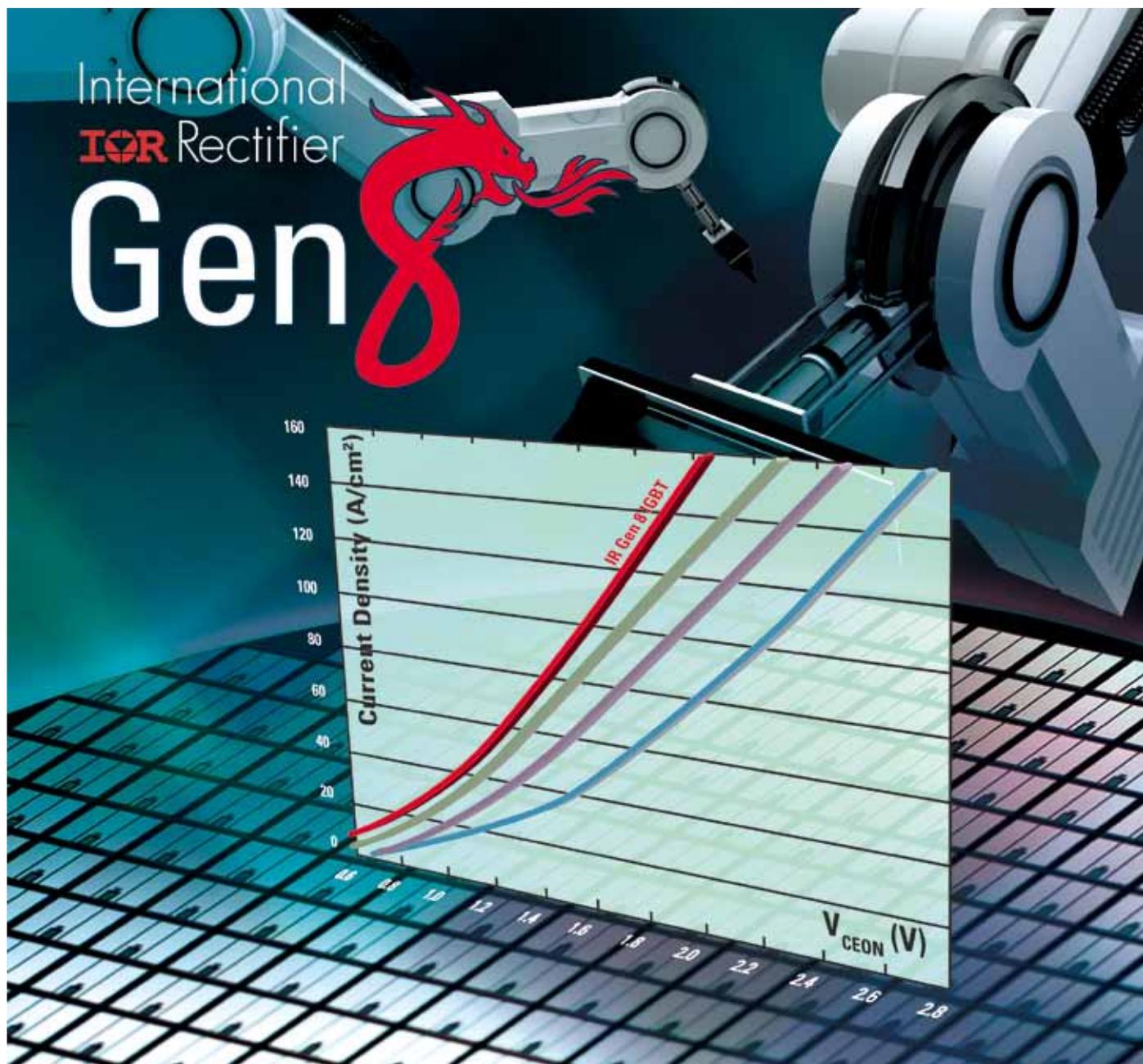


## 功率系统设计: 推动全球创新

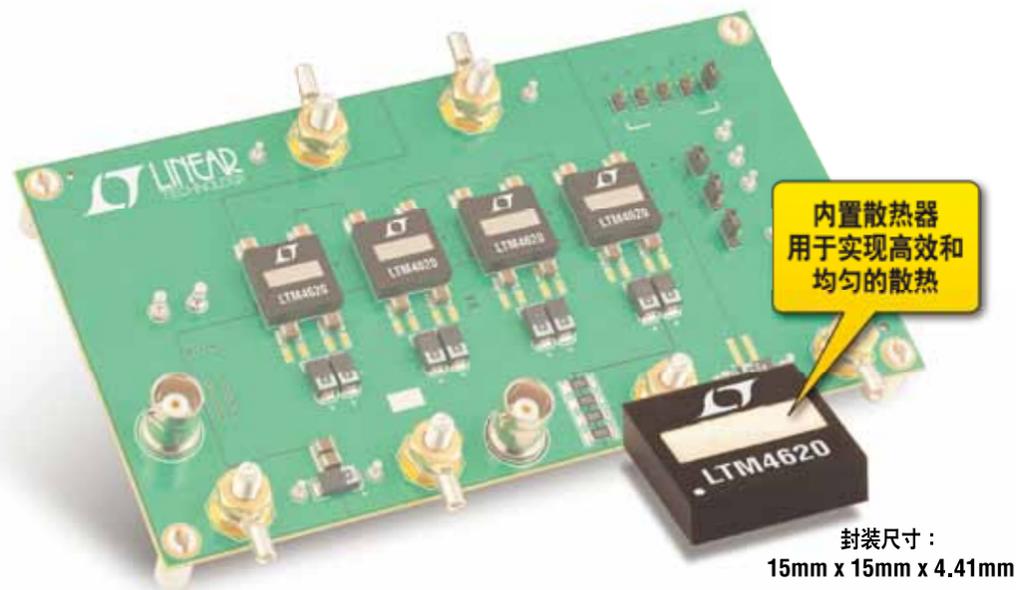


特别报道: 能源效率 (PG31)



# 单通道 26A 或双通道 13A $\mu$ Module 稳压器

采用 4 个 LTM<sup>®</sup>4620  $\mu$ Module<sup>®</sup> 稳压器可扩展电流至 100A



## 性能验证



高效率

精准均流\*

快速短路保护

卓越的热性能\*\*

## 特点

- 内置电感器、MOSFET 和 DC/DC 控制器的双通道 13A 或单通道 26A 完整降压型稳压器
- $4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$
- $0.6V \leq V_{OUT} \leq 2.5V$
- 内部温度检测
- 可在整个温度范围内实现  $\pm 1.5\%$  的  $V_{OUT}$  准确度 (包括远端采样放大器)
- 与 LTM4628 双通道 8A 或单通道 16A  $\mu$ Module 稳压器引脚兼容

\* 4 个 LTM4620 可提供 100A 电流  
\*\* 60°C 温升,  $T_A = 28^\circ C$ , 200 LFM, 12VIN, 1.2VOUT, 100A

## 观看视频短片



[www.linear.com.cn/umodule/techclips](http://www.linear.com.cn/umodule/techclips)

## 查询详情

[www.linear.com.cn/LTM4620](http://www.linear.com.cn/LTM4620)  
免费样品: [www.linear.com.cn](http://www.linear.com.cn)



[www.linear.com.cn/umoduleguide](http://www.linear.com.cn/umoduleguide)

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear 标签和  $\mu$ Module 是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为各自拥有者的产权。



## 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

### 4 产品聚焦

“合成控制”电源方案独辟蹊径

### 6 精英观点

始终保持对世界的高效供电

作者: John Collins, Eaton

### 7 市场观察

推动能源效率不断提供新的机会

作者: Ryan Sanderson, IHS IMS Research

### 8 设计指南

反激式电源开发: 第 1 部分

作者: Ray Ridley 博士, Ridley Engineering

### 11 技术访谈

让智能手机和平板电脑与大型显示器高清互动

作者: 刘洪, PSDC 主编

### 12 高准确度隔离式接口电池监视器打造混合 / 电动型汽车应用

作者: 刘洪, PSDC 主编

### 14 推动 MEMS 设计创新

作者: 刘洪, PSDC 主编

### 封面故事

### 16 最先进的 IGBT 技术

作者: Wibawa Chou, 国际整流器公司

### 技术特写

### 21 电源

无需磁性组件——充电泵照样能处理电压

作者: Steve Knoth, 凌力尔特公司

### 24 传感器

模拟和功率 IC 驱动新移动生活方式

作者: Bill Boldt, 飞兆半导体

### 27 电路保护

应用处理器平台厂商需求更灵活的电源管理

作者: Mark Jacob, Dialog Semiconductor

### 特别报道: 能源效率

### 能源效率

### 32

CeraLink 电容器实现最佳性能和能源效率

作者: 爱普科斯 (EPCOS) 公司

### 35

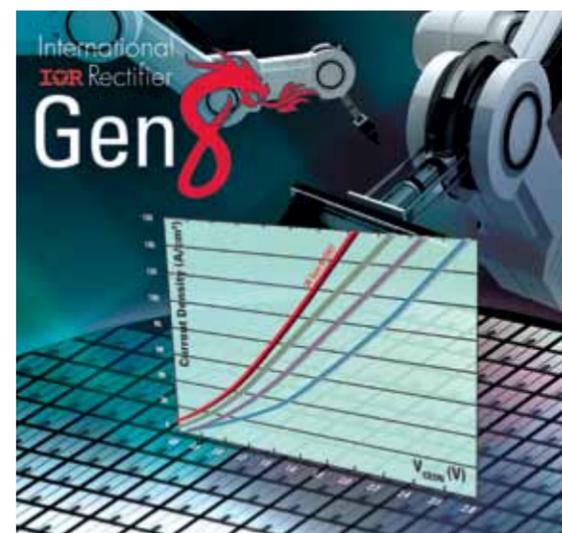
为下世代电机控制应用设立新的能效基准

作者: Matthew Tyler 和 Mats Sandvik, 安森美半导体

### 37

使用 FPGA 降低功耗

作者: Gordon Hands, 莱迪思半导体公司



## 封面故事

最先进的 IGBT 技术



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)

## 测试与测量

### 39

泛华恒兴平台化软件解决方案诠释“柔性测试”技术

作者: 刘洪, PSDC 主编

## 聚焦功效

### 41

反思电动汽车和电网与能源存储的电池管理

作者: David G. Morrison, How2Power.com

## 绿色视点

### 44

演绎 28nm 成功的 2012

作者: 刘洪, PSDC 主编



功率系统设计: 推动全球创新

AGS Media Group

中国广东省深圳市八卦三路541栋西3楼  
邮编: 518029  
info@powersystemsdesignchina.com  
www.powersystemsdesignchina.com

主编——功率系统设计中文版

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

出版人

Jim Graham  
jim.graham@powersystemsdesign.com

合作出版人

Julia Stocks  
julia.stocks@powersystemsdesign.com

管理和制作

东亚广告有限公司  
地址: 中国广东省深圳市八卦三路541栋西3楼  
邮编: 518029  
电话: 0755-82244000

发行管理

circulation@powersystemsdesignchina.com  
电话: 0755-82240466

广告价格、尺寸和文件要求可访问:  
www.powersystemsdesignchina.com

免费阅读申请可访问:  
www.powersystemsdesignchina.com

版权所有: 2013年1/2月  
ISSN: 1815-3453

AGS Media Group 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。

请把新地址电邮到:  
circulation@powersystemsdesignchina.com

第九卷, 第一期



# 8年历程见证中国功率电子行业发展

从2005年至2012年,《功率系统设计》已经走过了整整8个年头,也见证了中国功率电子行业的发展进程。经过几代电子人不懈的努力,中国功率电子产业已形成了相当大的规模,改革开放给电力电子的发展注入了活力,进入新世纪后,功率电子迎来了发展的黄金时代,在技术水平不断提高的同时,一大批优秀的企业脱颖而出,使得功率电子技术成为节能减排、传统产业升级、装备制造水平提升、国防安全以及国计民生发展的关键技术,而且形成了包括功率电子器件、功率电子装置、功率电子技术在各个行业的应用,构成了完整的电力电子产业链。

近日,我国首条8英寸大功率半导体器件IGBT产业化基地项目在中国南车股份有限公司株洲田心工业园奠基。该项目将建设一条年产12万片8英寸IGBT芯片和9条年产百万只大功率IGBT模块的生产线,产品电压等级从600伏到6500伏。项目配套建设IGBT芯片制造、封装测试、可靠性试验全套设备设施,集IGBT产品设计、芯片制造、模块封装测试、可靠性试验、系统应用等成套技术的研究、开发及产品制造于一体,自动化、专业化和规模化程度达到国际先进水平。

IGBT是功率半导体器件第三次技术革命的代表性产品,广泛应用于轨道交通、航空航天、智能电网、新能源汽车等战略性新兴产业领域,被誉为功率变流装置的“CPU”。目前国内IGBT产品市场需求主要依靠外国厂商。项目的建设,将加快我国大功率半导体IGBT产业化进程。

放眼未来,《功率系统设计》杂志将与其欧洲版和北美版杂志一起,共同致力于全球节能减排的绿色事业,把先进的技术介绍给中国的广大读者,努力帮助他们打造成成本适中、技术先进、低功耗的解决方案,服务于中国乃至世界的各种电子应用产品,让世界更加美好。

刘洪

功率系统设计主编

powersdc@126.com

# 电子产品既要更好地工作,又要安静无噪声。

全新Ripple Blocker™电源输出噪声衰减器



## 实现噪声敏感应用无与伦比的PSRR性能。

**Ripple Blocker (MIC94300/MIC94310)**  
可衰减任何电源设计的纹波电压。

- 1kHz条件下80dB PSRR
- 5MHz条件下60dB PSRR

利用干净的系统电源提高系统整体性能。

- 更高RF传输信号强度
- 增加动态信号完整性

实现功能丰富的系统解决方案,节省空间和成本。

- 比分立式替代方案小63%的解决方案
- 0.8mm x 0.8mm 4焊球, WLCSP封装

理想应用:

- ◆ 医疗成像应用
- ◆ 平板电脑/PC/笔记本电脑
- ◆ 摄像头、数码相机和摄像机
- ◆ 安全和监控摄像机
- ◆ 视频会议
- ◆ 条码扫描器
- ◆ 智能手机、相机和RF电源
- ◆ 全球定位系统(GPS)
- ◆ 汽车和工业应用

欲了解更多信息,请联系当地Micrel销售代表,或访问Micrel网站: [www.micrel.com/ad/RippleBlocker/](http://www.micrel.com/ad/RippleBlocker/)



©2012 Micrel, Inc. 保留所有权利。  
Micrel、Innovation Through Technology和  
Ripple Blocker是Micrel的商标。

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

扫描此代码,以了解更多!

# “合成控制” 电源方案独辟蹊径

## 全球首款集成MCU的基于模拟的电源管理控制器实现灵活、高效率的电源转换

日前，Microchip模拟产品营销副总裁兼市场传讯部副总裁Bryan J. Liddiard在北京宣布，推出全球第一款数字增强型电源模拟控制器MCP19111，它扩展了Microchip多元化的智能DC/DC电源转换解决方案。此外，Microchip还宣布推出全新MCP87018、MCP87030、MCP87090和MCP87130，扩展其高速MOSFET系列。

### 何谓数字增强型电源

不同于人们常说的“数字电源”，也不同于传统的“模拟电源”，那么Microchip的数字增强型电源模拟系列有什么特色呢？事实上，MCP19111是世界上第一款合成的混合信号电源管理控制器，将基于模拟的PWM控制器与功能齐全的闪存单片机集于一体。这样的集成既提供了数字解决方案的灵活性，也具备了基于模拟的控制器速度、性能和分辨率。这可以从图1至图3看出。

MCP19111数字增强型电源模拟系列可在4.5V至32V的宽电压范围内工作，与传统基于模拟技术的解决方案相比，灵活性显著提升。MCP19111器件支持高达32V的运行，并提供针对同步降压应用而配置的集成MOSFET驱动器。当与Microchip扩展的高速MOSFET系列结合使用时，MCP19111能够驱动可定制的高效率电源转换。

MCP19111系列增强了当今高效率、基于模拟的电源

设计的能力，有助于实现更高水平的灵活性、优化和集成，而所有这一切都集成在一个非常小的尺寸当中。广泛的工作范围和集成的中压同步驱动器以基于模拟的快速控制来支持高效率、高功率密度转换。在与Microchip最新扩展的高速MOSFET产品结合使用时，即可形成快速、高效率的电源转换解决方案，实现高度灵活、高效率的电源设计。

MCP19111数字增强型电源模拟控制器是一款全新合成数字和模拟的电源管理器件。其优点主要有两个方面：一是“模拟部分快速”瞬态响应——无需高MIPS的MCU；无需高精度的高速A/D转换器；节省成本，并降低IC功耗。二是“数字部分灵活”——片内小巧的低功耗MCU可主动优化模拟回路；提供可配置模拟、通信接口、完全可编程的MCU支持定制IP等先进特性。

### 全新高速MOSFET系列应运而生

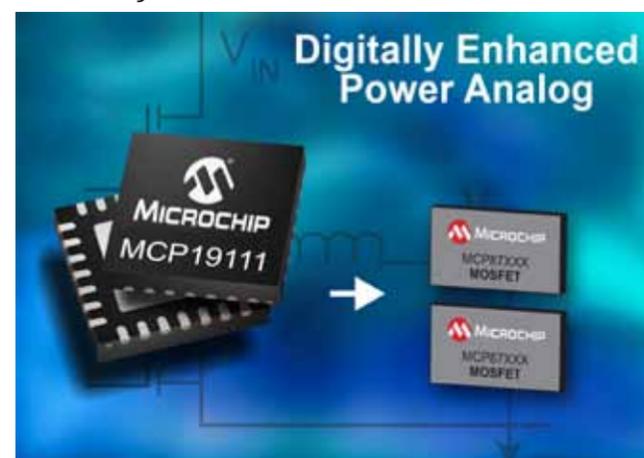
Microchip还推出了4款全新高速MOSFET。这些额定电压均为25V的1.8mΩ、3mΩ、9mΩ和13mΩ逻辑电平MOSFET专门针对开关电源(SMPS)应用进行了优化。MCP19111数字增强型电源模拟控制器与扩展的MCP87XXX系列低品质因数(FOM)MOSFET相结合，为广泛的消费电子和工业应用支持可配置的高效率DC/DC电源转换设计。

### 强大的开发工具支持

为配合MCP19111数字增强型电源模拟控制器和高速MOSFET的开发，Microchip提供了包含两者在内的MCP19111评估板(部件编号ADM00397)。该评估板采用标准固件，用户可通过MPLAB® X IDE图形用户界面(GUI)插件进行配置。评估板、GUI和固件相互配合使用，让电源设计人员能够配置并评估其目标应用中MCP19111的性能。

据介绍，MCP19111控制器及MCP87030/090/130功率MOSFET现已提供样片并投入量产，以5,000片起批量

下转第42页



# PCIM ASIA



电力电子、智能运动  
可再生能源与能源管理国际展览会与研讨会  
2013年6月18-20日 上海世博展览馆

## 专注电力电子上游，优化系统解决方案，全新助力智能运动、可再生能源（风能、太阳能）及电动交通等领域！



@PCIM-Asia 电力电子展



[ SCAN ME ]

### PCIM Asia 2013 研讨会

汇集来自欧美、韩国、日本、中国香港、中国台湾及中国大陆等众多专家及学者齐聚一堂，共同阐述电力电子发展趋势

### 研讨会期间将评出以下4个奖项：

青年工程师奖、优秀论文奖、可再生能源优秀论文奖  
亚洲院校优秀论文奖，丰厚的奖金、技术交流平台  
敬请关注 [www.pcim-asia.com](http://www.pcim-asia.com)

### PCIM Asia 2013 展览会

主要技术展品  
分立半导体 / 功率器件：IGBT、MOSFET、二极管 / 整流器、晶闸管、可控硅、功率模块、集成电路和光电元件等  
无源器件：电容、电阻、滤波器、母线、电路保护、磁性元件、连接器、传感器、继电器等  
电源管理：AC-DC、DC-DC、电源模块、UPS、线性电源、电磁感应与兼容、三相 / 单相电源滤波器等  
散热管理：散热片、散热器、热管与导热材料、液冷散热、水冷却系统等以及测试测量、伺服技术及软件和测试管理设备等

抢位热线：86-21-6095 6570/71 传真：86-21-6095 6574



[www.pcim-asia.com](http://www.pcim-asia.com)

# 始终保持对世界的高效供电



作者：John Collins，数据中心全球分部总监，Eaton

整个行业已经意识到，由于联邦法律法规、社会压力、全球性的能源危机已经引起了能源成本的大幅上升，这一状况正在发生改变。事实上，能源相关的成本能够代表数据中心运营开支的1/3，这使得从竞争力和社会的角度来看，效率很有吸引力。

一个数据中心的首要任务是始终保持正常运行。从这个角度来看，高效的能源使用在历史上曾是一个疏忽是可以理解的。

然而，整个行业已经意识到，由于联邦法律法规、社会压力、全球性的能源危机已经引起了能源成本的大幅上升，这一状况正在发生改变。事实上，能源相关的成本能够代表数据中心运营开支的1/3，这使得从竞争力和社会的角度来看，效率很有吸引力。

平衡商业和能源需求的关键是不牺牲效率名义的可靠性，但随着电源的发展，我们如何使用电源的方法要变得更聪明，并共享成功的技术。例如，常见数据中心的效率损失是计算、存储和网络利用率不足的一个直接结果。然而，还有许多创新利用最显著的创新虚拟化最大限度地减少了这些损失。

虚拟化通过去耦IT硬件和软件使服务器的利用率显著增加。现在一台物理服务器支持运行多个应用程序的多种操作系统。这使得数据中心运营商减少了服务器的数量、处理器的功耗，以动态符合整个设施的应用工作负载的不同需求。

从功率的角度来看，我们从这种计算模式的成功学到什么呢？答案是在精确的时刻为需要它的硬件提供智能电源配置，而不是为非关键设备提供不必要的连续能量馈入。

这种方法是一种模块化的电力基础设施设计。这种设计的核心是智能中心软件系统，可持续监控电源的要求，并确保只为任何特定时间必须的负载供电模块提供电源。其余模块保持在低功耗的准备状态，而系统已准备好立即对负荷水平的变化做出反应，以满足需求。

这种方法有两个主要好处：在服务模块的有效运

作，因为它们是高度加载的，模块在待机状态下消耗功率非常小。因此，在服务质量不降低的情况下，可以节省大量的能源。

它是当今世界上最节能高效的数据中心的一个系统的核心。例如，法国最大的协同定位设施Iliad Datacenter，数据中心，采用了一个模块化系统结合智能能源管理系统，将现场能源效率从92%提高到98%。

如果我们要在不牺牲环境的情况下，持续适应我们始终对社会提供电能的需求，我们就必须采取一个智能的、经过深思熟虑的和协作的办法，管理日常工作中的电源。

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



# 推动能源效率不断提供新的机会



作者：Ryan Sanderson，电源管理和转换副总监，IHS IMS Research

发电、分配和监控能力在未来几年内我们有效地储存能量的方式将有所发展。铅酸、锂或其他替代品电池技术的转变已经开始，预计还将加快，特别是在UPS、备用电池能量储存和动力电源应用（如电动汽车和材料处理设备）等应用方面。

大多数人都同意，2012年被认为是电力电子行业困难的一年。泰国洪水造成的硬盘驱动器短缺，限制了去年上半年的PC生产。围绕欧元区危机的不确定性增加，全球经济信心恶化，许多半导体市场暴跌，尽管库存水平已经很低。

尽管如此，某些应用提供了增长的机会。虽然市场状况仍然不稳定，预计将在2013年及以后继续下去。在几乎所有这些当中，常见的驱动力是高效率需求，无论是消费者的需求或立法推动。在脑海中有这样几个例子：

LED灯和灯具的需求持续增长，推动了电源和半导体制造商的机会。一个关键因素是需要提供白炽灯泡亮度的LED灯的功率低得多。

据估计，目前照明占全球能源使用的约19%。IHS IMS Research预测，到2016年，所有照明的大约15%将采用LED，可减少全球用于照明的能源消耗20%左右——在五年中节省1000亿美元。

现在，电源效率一般是所有OEM/ODM将产品推向市场的一个关键因素，尽管大多数电源本身是商用厂商提供的。从2012年到2016年，通过提高效率的各种方法，商用电源半导体市场预计将增长超过5亿美元。

一个是主动PFC的需求，包括使用SiC二极管的方法。另一个是在输出采用同步整流，这对MOSFET是额外的推动需求。第三个是采用数字电源技术和元件。

在过去的几年，数字电源元件的整体市场——电源和IC增长迅速，但这已经被大多数电信和数据通信应用。不过，随着在低成本应用中的设计赢得，这种情况将发生变

化，如笔记本电脑和商用电源厂商。这一点，与现有OEM采用预计在未来五年将推动许多应用的增长。

它也预测发电、分配和监控能力在未来几年内我们有效地储存能量的方式将有所发展。铅酸、锂或其他替代品电池技术的转变已经开始，预计还将加快，特别是在UPS、备用电池能量储存和动力电源应用（如电动汽车和材料处理设备）等应用方面。

这几个例子展示了一些有关电力行业能源使用的最新发展。完整列表要大得多，应该可以提供2013年及以后许多新的机遇。新年快乐！

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



# 反激式电源开发：第 1 部分



作者：Ray Ridley 博士，总裁，Ridley Engineering

本文的第一个系列中，Ridley 博士说明了设计和构建一个离线反激式转换器所涉及的步骤。该系列的第一部分提出了电源结构和示意图，包括控制和偏置电路。

## 反激式电源转换器

离线反激式转换器是许多应用中的拓扑结构。它作为其他电源转换器拓扑结构的一个偏置电源，或作为低功耗电子系统的主电源，通常为 50 W 或以下。由于以下原因通常选择反激式：

1. 极少外部元器件
2. 单个磁性元件
3. 单接地参考开关
4. 易于产生多个输出

反激式转换器的缺点是脉冲输入和输出电流，以及超过输入电压的开关电压应力。在低功率水平，相比反激优势这些问题并不重要。

## 电源要求

电源的规格如下：

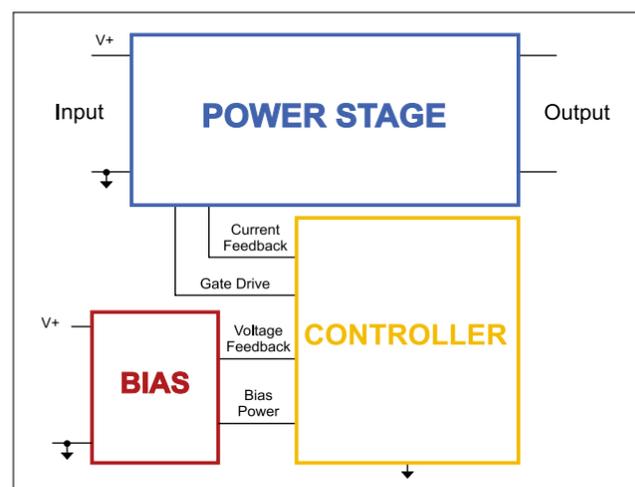


图 1：反激式转换器的三个部分——偏置、控制和有互连信号的功率级。

1. 输入电压：185 到 265 AC
  2. 输出 1：15 V DC@1.4 A 隔离  $\pm 10\%$
  3. 输出：15 V DC@ 50 mA 非隔离（偏置和调节电源）
  4. 最大功率：22 W
  5. 电源拓扑：反激式
  6. 控制器：德州仪器的 384x 控制器
- 主输出提供了一个相对恒定的电流，通过交叉调节偏置绕组供电，调节范围为 10% 应该是可以实现的。

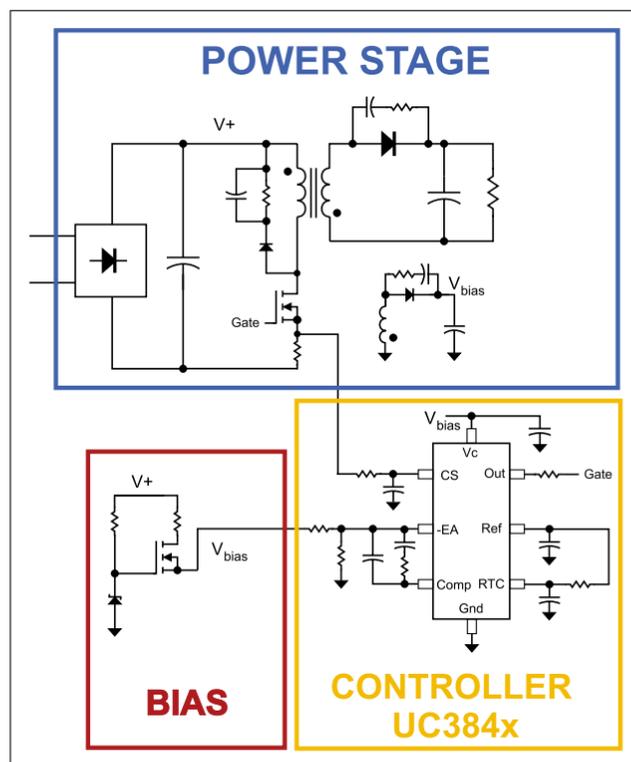


图 2：离线反激式转换器的控制电路和偏置电路。

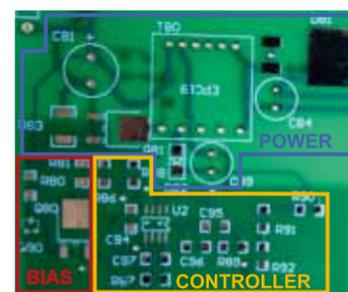


图 3：元件数和测试的反激式转换器 PCB 布局。

## 框图和电路原理图

图 1 示出了有控制、偏置和功率级块的反激式功率转换器的框图。功率级和偏置电路均直接从整流的 AC 输入线路馈送。偏置电源的功能是提供给控制电路工作电压，而要用最小的耗散做到这一点。

控制器发送一个栅极驱动信号到功率级，并且从功率级接收电流检测信号，用于保护和调节转换器。电压控制回路的反馈来自偏置电路，所以也没有必要隔离功率级与反馈。在本系列的后续部分将讨论 UC384X 系列元件正确的控制器选择。

图 2 示出了完整的反激式电源系统示意图。在这个系列文章中，该电路的每一个器件都将详细讨论，包括测试程序。

## 偏置电路 Bias Circuit

如图 2 中所示的偏置电路只由几个器件组成。一个 FET 用作线性稳压器，以启动控制芯片，而其栅极通过一个电阻和齐纳二极管组合馈送。

电源变压器增加了次级绕组，一旦主电路达到稳定即可提供偏置功率，然后线性稳压器自动关闭。这个简单的电路提供了一个坚固和有效的方式为控制器供电。

## 控制电路

因为很容易从多个来源获得，成本低，具有较高的性能，选择了 384X 系列电流模式控制器（参考文献 1）。虽然该系列控制器似乎已经过时，但仍然被经验丰富的设计师和电源公司广泛使用，他们希望完全控制所有电路的波形。这将在本系列文章中详细讨论。

## 功率级

如图 2 所示的功率级包括有电压钳位、电流传感器、变压器、缓冲输出二极管和输出电容的功率 FET。变压器上第二个输出绕组与其他二极管和电容一起供给偏置电路电压。

有一个分立 FET 设计可以比集成控制器工作有更大的设计灵活性，其功率 FET 是在同一芯片上的控制电路。此外，较高电压的器件可用分立 FET 封装提供，这对坚固设计可能很重要。

## 印刷电路板

对那些即将开始他们第一个电源设计的人，这可能不是受欢迎的消息，但需要做的第一件事是电路板布局。用有线面包板尝试和测试控制器和功率级器件不是一件善于利用时间的事情。在电路中有许多关键布局路径，元件的妥善安置只能用一个真正的印刷电路板来实现。

在电源的开发过程中，甚至一个简单的反激式电源，你都可能至少需要两次迭代 PCB。大多数项目准备好制造时将至少三次迭代。非常重要是在 PCB 上开始初步测试。电路板布局可产生寄生效应和电磁干扰问题，必须在设计周期中尽可能早地解决。

图 3 示出了反激式电源设计的双面印刷电路板照片。请注意，分区控制、偏置和功率级都保留在 PCB 上，这可以帮助你的板上工作，并取得良好的布局。

布局过程中的细节非常重要，参考文献 2 中讨论了适当布局的许多规则和指南的一些细节。如果你是新的电源设计，所要做的最好事情是可以做通过做一些电路板和测试，钻研使用布局方案并尽快学习。如果你很幸运，可能有人指导你通过这个过程，但是大多数工程师必须自己了解电路板布局的硬方式。一旦你善于 PCB 布局，它就成为了构建电源测试电路的最快的方法。

## 总结

在本系列文章的第一部分介绍了一个完整反激式电源的结构和原理。驱动分立 FET 的一个标准 384x 电流模式控制器可用于电源系统的设计，以较低的成本提供最大的灵活性。

在下一篇文章中，将讨论输入整流器设计和偏置电路，并显示这部分电路的测试结果。

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

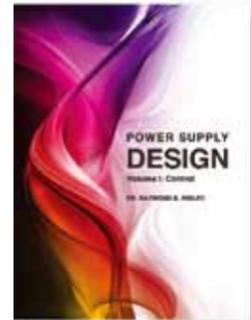
## 参考文献

1. Current-mode PWM Controller, UC384x datasheet, Texas Instruments, June 2007, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/uc3842.pdf>
2. Power Supply Development Diary Parts IX-XII, Ridley Engineering Design Center, Articles 42 through 45, <http://www.ridleyengineering.com/index.php/design-center.html> (note: These articles give design rules for PCB layout for power circuits.)

# 构建一个更好的电源

Ridley博士  
电源设计

第1卷：控制



## 引言摘录……

这是一本关于PWM转换器控制的书籍。其目的是指导读者在设计一个现代开关电源时消除一系列选择的困惑。这本书突出了介绍了DC-DC转换器遇到的主控制问题。

这本书可以与在网站下载的免费分析软件一起使用。该软件包含了三个主要系列转换器的所有方程，工作条件为CCM和DCM，使用电压模式或电流模式控制。

电源开发的严酷现实是，它们很少以预期的行为方式，或以模拟器的方式工作。因此，必须尽快构建硬件，然后进行测试和测量，尽可能快地发现问题。这本书的目的是帮助您获得通过关键信息更快发现其中的问题所在。

包含九个章节设计理念和解释的全彩色精装书包括以下内容：

- 九大技术
- 建模电源拓扑
- 电压模式补偿
- 电流模式控制建模
- 电流模式控制建模
- 频率响应测量
- 系统问题
- 输入滤波器互动
- 噪声问题

在我们的网站独家提供

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

Ridley Engineering, Inc. ~ 3547 53rd Avenue West, Suite 347 ~ Bradenton, FL 34210 ~ US ~ +1 941 538 6325 ~ 传真: +1 877 247 8595  
SARL Ridley Engineering Europe ~ Chemin de la Poterne ~ Monpazier 24540 ~ FR ~ +33 (0)5 53 27 87 20 ~ 传真: +33 (0)5 67 69 97 28  
邮箱: DRidley@ridleyengineering.com

# 让智能手机和平板电脑与大型显示器 高清互动

作者：刘洪，PSDC 主编



矽映公司无线部门营销总监Jim Chase解读行业首款单芯片、超低功耗、60GHz的WirelessHD® 移动传输器

全球领先的高清连接解决方案提供商矽映公司 (NASDAQ: SIMG) 宣布推出针对移动设备的全方位无线高清传输器UltraGig™ 6400，该传输器将60GHz射频收发器、基带处理器以及嵌入式天线阵列集成到单一IC封装中。

矽映公司无线部门营销总监 Jim Chase 介绍说，新型 UltraGig™ 6400 传输器将移动设备无线接入 DTV 和大型显示器，提供可与有线媲美的高质量视频。这款超低功耗传输器专为智能手机和平板电脑设计，能够在便携式设备和大型显示器之间建立强大的高清无线视频连接，提供可与有线连接相媲美的高质量视频。目前，UltraGig 6400 移动 60GHz 无线高清传输器样片开始提供给移动设备制造商使用。

他表示：“ABIResearch 预计，到 2015 年，智能手机和平板电脑的无线连接 IC 技术创造的市场价值将超过 30 亿美元。越来越多的人使用移动产品执行游戏和其他交互式视频应用程序，因此，将这些功能强大的设备连接到大型显示器和电视机的消费需求也不断增长。消费者期望无线连接能够具有与有线解决方案相同的高品质。于是，UltraGig 6400 应运而生，恰到好处地满足了这种新兴市场需求。”

据介绍，矽映公司是全球领先的连接解决方案提供商，为消费类电子产品、移动产品和个人电脑高画质内容的传输和展示功能提供可靠的技术支持。矽映公司的半导体和知识产权产品符合全球行业标准，并采用 InstaPort™ 和 InstaPrevue™ 等市场领先的创新型解决方案，从而为消费者提供高端技术。矽映公司的产品均由全球领先的电

子制造商配置到各种设备中，如台式电脑和笔记本电脑、DTV、蓝光 Disc™ 播放器、音频视频接收器、手机、平板电脑和数码相机。此外，矽映公司还极大地推动了众多标准的诞生，包括成功的 HDMI® 和 DVI™ 行业标准、移动设备的最新标准 MHL®，以及全球领先的 60GHz 无线高清视频标准 WirelessHD®。矽映公司还通过其全资附属公司 Simplay Labs，为制造商提供全面的标准互操作性以及兼容性测试服务。

在发布新产品时 Jim Chase 称，UltraGig 6400 结合了 60GHz 射频收发器的智能波束成形技术以及嵌入式天线阵列，可提供安全且高带宽的视频连接技术，和 WirelessHD 兼容的接收器和显示器相连，从而消除了基于 Wi-Fi 无线方案所有的干扰问题。



人们需要没有延迟或干扰地让移动设备与大屏幕互动，还要像有线一样的质量

下转第 13 页

# 高准确度隔离式接口电池监视器 打造混合 / 电动型汽车应用



作者：刘洪，PSDC 主编

凌力尔特公司信号调理产品部产品市场经理 Brian Black 诠释 16 位分辨率和优于 0.04% 的高压电池监视器

凌力尔特公司 (Linear Technology Corporation) 日前推出面向混合电动型和电动型汽车以及其他高压、堆叠式电池系统的高压电池监视器 LTC<sup>®</sup>6804。公司信号调理产品部产品市场经理 Brian Black 向媒体介绍了这款 16 位分辨率和精度优于 0.04% 的高压电池监视器。

## 锂离子电池呼唤高电压电池监视器

Brian Black 介绍说，如果期望锂离子电池长时间地可靠运行，就必需对其给予大量的看护。不能让它们工作到其电荷状态 (SOC) 的极端状态。锂离子电池的容量会随着时间的推移和使用而逐渐减少和消耗，因此必须对系统中的每一节电池进行管理，使之保持在一个受限的 SOC 之内。

为了给汽车提供足够的电能，需要使用几十或几百节电池。这些电池必须配置成长串结构；产生高达 1000V 甚至更高的电压。电池电子线路必须在这种非常高电压的环境中运作并抑制共模电压的影响，同时对这些电池串中的每一节电池进行差分测量和控制。此类电子线路必须要能够将来自电池组的信息转移至一个中心点进行处理。

除了这些要求之外，在汽车或其他高功率应用中运作高电压电池组还会强加严苛的条件，例如在显著的电噪声环境和很宽的温度范围内运作。人们对于电池管理电子线路的期盼是：尽量扩展工作范围、延长寿命并提高安全性和可靠性，同时最大限度地缩减成本、尺寸和重量。

LTC6804 恰恰可以满足上述要求。

## 优异精度，速度极快

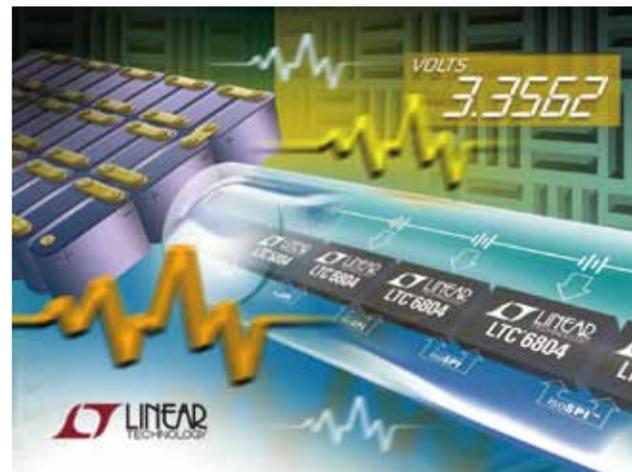
Brian Black 表示，LTC6804 能以 16 位分辨率和优于 0.04% 的准确度来测量 12 节高达 4.2V 的串联连接电池。利用一个亚表面齐纳电压基准（类似于高精度仪表中所使用的基准），可在整个时间、温度和工作条件下保持高精度。当串联堆叠时，LTC6804 允许在大型高压系统中测量每节电池的电压。有 6 种工作模式可用，以优化更新率、分辨率和内置 3 阶噪声滤波器的低通响应。在最快速模式时，可在 290μs 内测量所有电池。



他介绍说，利用凌力尔特专有的两线 isoSPI™ 接口，多个 LTC6804 可以在长距离互连，并同时工作。isoSPI 接口集成到每一个 LTC6804 中，仅使用双绞线就可在高达 1Mbps 和长达 100 米的接线提供很高的抗 RF 噪声能力。有两种可用的通信选项：对于 LTC6804-1，多个器件采用菊链式连接，一个主处理器贯通所有器件；对于 LTC6804-2，多个器件并联连接至主处理器，对每个器件进行个别寻址。

## 低功耗的可靠及安全性设计

Brian Black 强调，LTC6804 为最大限度降低功耗而设计，尤其是在长期储存时电池泄漏是不能接受的。在休眠模式，LTC6804 从电池吸取不到 4μA 电流。通用 I/O 引脚可用于监视诸如电流和温度等模拟信号，而且可通过电池电压测量被同时捕获。其他特点包括可利用一个长达 2 小时的可编程平衡定时器对每节电池进行被动电荷平衡，即使当 LTC6804 处于睡眠模式时也不例外。LTC6804 可



与温度传感器、ADC、DAC 和 EEPROM 等外部 I2C 器件连接。本机 EEPROM 可用来存储串行化和校准数据，从而实现模块化系统。

LTC6804 为超越汽车和工业应用的环境、可靠性及安全性要求而设计。LTC6804 全面规格在 -40℃ 至 125℃ 的温度范围内工作。该器件为符合 ISO 26262 (ASIL) 的系统而设计，全套自测试确保无潜在故障情况。为了实现这一点，LTC6804 包括一个冗余电压基准、扩展的逻辑测试电路、导线开路检测功能、一个看门狗定时器和在串行接口的数据包误差检验。

Brian Black 自豪地表示：“LTC6804 融汇了 30 多年的模拟电路经验和在汽车电池管理领域中之来之不易的宝贵教训。无论在实验台还是在路上，该器件都提供了卓越的性能。”

## 实现百米双向传输的配套器件

Brian Black 说，与 LTC6804 一起，凌力尔特还推出了 LTC6820 isoSPI 收发器。LTC6820 跨长达 100 米的隔离势垒实现串行外围接口 (SPI) 总线的双向传输。使用 LTC6820 时，SPI 数据被编码成差分信号，然后通过双绞线和一个简单和低成本的以太网变压器发送。LTC6820 支持高达 1MHz 的 SPI 数据速率，并采用匹配的供应和吸收电流，以免除增设一个变压器中心抽头的需要，并同时降低 EMI。驱动电流和比较器门限用两个电阻器设定，从而允许优化系统接线长度和信噪比性能。LTC6820 是 LTC6804 高压电池监视器的伴随器件，并具备内置 isoSPI 接口。运用 LTC6804 的电池管理系统可通过 LTC6820 连接至外部组件（例如微控制器）。

LTC6820 采用 MSOP 和纤巧型 QFN 封装，样品、演示电路板和数据表可通过 [www.linear.com.cn/product/LTC6820](http://www.linear.com.cn/product/LTC6820) 获得。

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

上接第 11 页



## UltraGig 6400 简单的系统设计

这款集成式高性能基带网络处理器能够确保，传输高质量高清视频时实现几乎同步无延迟，且无需占用主处理器资源。这种解决方案是使用移动产品玩游戏和其他交互式视频应用程序的理想选择。

该芯片专为低功耗运行而设计，其所有元件均集成

于超小型 10 毫米 × 7 毫米的封装中。这种方式不仅简化了系统集成，也省却了离散部署天线的麻烦。

Jim Chase 还介绍了 UltraGig 6400 的主要功能。它与 WirelessHD 1.1 兼容的射频收发器和基带处理器，集成封装 60GHz 天线阵列，超低端到端系统延迟少于 5 毫秒，典型功耗为 500 毫瓦。它还支持高达 1080p 的全高清视频分辨率，搭配多信道音频；标准视频和控制界面适用于流行的移动应用程序处理器；与矽映公司 Gen3 和所有支持 WirelessHD 1.1 的接收器完全兼容；集成 MHL 2.0 兼容的传输器，提供有线高清视频连接选择。

Jim Chase 最后强调：“超小体积封装的 UltraGig 6400 具有超高性能，为移动高清视频无线连接建立了一个新基准。在日益发展的无线高清市场环境中，采用 UltraGig 6400 技术的移动设备将能够实现如同有线质量的无线视频连接。”

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

# 推动 MEMS 设计创新



作者：刘洪，PSDC 主编

## 意法半导体2012年iNEMO校园设计大赛中国地区获奖名单揭晓

日前，意法半导体2012年iNEMO校园设计大赛中国地区获奖名单在京揭晓，获得一等奖的作品是西安电子科技大学同学们设计的“水下蛇形环境勘测机器人”，该设计充分应用了iNEMO的10个自由度，设计新颖。第二名是哈尔滨工业大学（威海）同学们设计的“老人生命伴侣”，可以判断老人摔倒，很符合当今中国老年化社会的需求。

### 搭建 MEMS 应用桥梁

此次大赛于2012年5月25日开赛，11月28日闭幕。iNEMO设计大赛是中国大学生和青年工程师运用意法半导体荣获殊荣的iNEMO™智能多传感器技术研发创新应用设计的公开赛，旨在在于在中国大学生中推动MEMS设计创新活动。MEMS为意法半导体打造了别样天空，让其获得了丰厚的收益，而意法半导体也把它先进的MEMS带入校园，让学子展示无限想象，设计出创新产品，我们也期待这些设计有一天能走入产业界。

意法半导体大中华区暨南亚区微电机系统&传感器高级市场部经理吴卫东表示“今年，意法半导体与国内两所大学建立了针对传感器的联合实验室，其中一所大学是哈尔滨工业大学。其现在在很多高校在传感器的实践上都是有一些缺失的，理论和实际有些脱节，而意法半导体的iNEMO恰好为师生们搭建起一座桥梁，为现在热门的物联网、机器人、自动控制等应用提供了一个很好的平台。”

去年，意法半导体颇具创新性地以MEMS为焦点，举办了第一届iNEMO校园设计大赛，让很多高校老师和学生对意法半导体的MEMS和iNEMO有了初步认识。而就是这

个“第一次亲密接触”，让很多高校师生们对它们一见倾心，2012年的比赛吸引了44所大学的121支参赛团队，共提交了涵盖各应用领域的117个设计方案，无论是从数量和质量上都远远超过了去年。这也足以看出这一年来，意法半导体在推广MEMS以及将iNEMO深入校园上所费的苦心和获得的成果。

意法半导体大中华区和南亚区模拟、MEMS和传感器产品事业部副总裁Patrick Boulaud表示：“2011年首届中国iNEMO校园设计大赛得到了热烈的反响，近100名学生和青年工程师提交了57件作品。我们亲眼目睹了中国大学生和青年工程师的创新和创造能力。延续去年的成功经验，今年意法半导体将继续举办第二届iNEMO校园设计大赛，履行在全球的大学生和青年工程师中发展培育创新人才的承诺，进一步推动MEMS产业增长。中国iNEMO校园设计大赛是意法半导体证明其实现全球创新和卓越的承诺的又一个范例。”

### 意法半导体的 MEMS 优势

吴卫东表示，虽然2012年对于很多芯片厂商来说是艰难的一年，但是随着加速度计、陀螺仪和压力传感器在手持设备中的普及，以及深度传感器、化学传感器等也会在不久的将来应用在各种消费电子中，意法半导体对明天充满信心。虽然2012年的相关数据还没有出来，但是成绩一定是不错的。就2011年来看，ST在消费电子和手机MEMS运动传感器市场排名第一，加速度计市场份额大约为50%，陀螺仪市场份额大约占60%。意法半导体MEMS销售收入也从2006年的3000万美元提高的2011年的6.5亿

美元，增长了20多倍。”当然，这些成绩与意法半导体成功的策略和巨大的投入是分不开的。

他感慨地说：“真要特别感谢消费电子对我们的帮助。其产品生命周期变化是最快的，而且基数也很大。例如，诺基亚最新的Lumia 920智能手机就集成了意法半导体的双核陀螺仪，可同时处理动作手势识别和光学图像稳定功能。目前，压力传感器已融入手持设备中，预计明年湿度传感器也会被大量使用到手机等消费电子中。此外，随着室内导航技术的日趋成熟和需求的日益增加，它也将真正成为现实。”消费电子要求有更自然的人机界面，而这正是意法半导体所不断地追求的。在手势、触摸以及声音3个方面，多种MEMS发挥着自己的作用，并且在不断融合与提升。”

意法半导体MEMS业务的三大支柱有：运动检测MEMS（加速度计、陀螺仪、磁强计）、环境检测MEMS（压力、温度、湿度、UV、扬声器等）以及微执行器（静电、压电、热敏）。针对这三个方面，接下来意法半导体的一个方向是把“大脑”与传感器融合在一块芯片上，即MEMS+MCU，市场已经准备好了，意法半导体也已开始着手。将根据不同需求搭载不同的MCU。而环境检测MEMS与运动检测MEMS在工艺制程和IC设计上是异曲同工的，将有更多环境检测MEMS被用在消费电子中，这将是应用上的突破。微执行器其实是与传感器反过来的，例如，未来一个芯片可能会喷出气体来。

意法半导体也积极应对视听的挑战。意法半导体已经有1cm<sup>3</sup>的微型投影模组，它是一个完整的解决方案，从功耗（小于1W）和亮度上也有很好的性能，能让消费者满意，明年下半年就可商用。如此小的体积，真是想怎么用都没问题，可能会带来一阵手机的投影旋风。

意法半导体的iNEMO是独一无二的具有10个自由度的MEMS传感器应用评估开发工具。评估板整合了3轴线性加速度传感器、3轴角速率传感器、3轴磁场运动传感器以及压力/高度传感器，所有的传感器均由STM3232位微控制器控制。在一个平台内整合多轴传感器、处理功能、专用软件和无线接口，可使各种应用设备的功能和性能实现跨越式突破，例如，游戏机、人机界面、机器人、便携导航设备和病患监护设备等。

意法半导体是MEMS的一站式供应商，完整的产品组合涵盖加速度计、陀螺仪、压力传感器、磁传感器和麦克风传感器。2012年2月，意法半导体MEMS传感器出货量突破20亿大关，再一次证明了其在消费电子和便携设备MEMS市场的领导地位。

意法半导体的iNEMO是市场独有的具有10个自由度

的MEMS传感器应用评估开发工具，整合了3轴线性加速度传感器、3轴角速率传感器、3轴磁场运动传感器以及压力/高度传感器，全部传感器均由STM32 32位微控制器控制。在一个平台内整合多轴传感器、处理功能、专用软件和无线接口，可使各种应用设备的功能和性能实现跨越式突破，如游戏机、人机界面、机器人、便携导航设备和病患监护设备等。

### 创造性丰富人们生活和使用体验

2012年iNEMO校园设计大赛为期六个月，共44所大学近500名中国大学生和青年工程师向2012年iNEMO中国校园设计大赛组委会提交了117份设计作品，参赛作品数量是去年的两倍。大赛评委从功能性、实用性、执行性、创新性、创造性及商用潜力和适用性等方面对参赛作品进行综合评审。意法半导体于11月28日在北京公布了大赛获胜者名单并进行了颁奖仪式。

本年度iNEMO大赛冠军得主是西安电子科技大学Dragon Dance团队，他们运用iNEMO评估板和10个自由度设计了一个水下蛇形环境勘测机器人。蛇形机器人以STM32微控制器为上层控制单元，通过iNEMO板载加速度计、陀螺仪和地磁计采集数据，然后运用Kalman扩展滤波算法对这三类数据进行融合处理，根据处理结果并采用多种控制策略，通过16路舵机控制蛇形机器人的每个关节，使机器人在复杂水域环境中保持运动稳定性，从而实现了对蛇形机器人的闭环控制。此外，该蛇形机器人还运用iNEMO板载的压力传感器进行蛇体气密检测。

水下蛇形机器人具有控制灵活、性能可靠等优点，可用于复杂海洋环境勘测、海底矿藏调查、输油管道和大坝检查、钻井平台水下结构检修、海底电缆检查、水下考古等领域。

Patrick Boulaud表示：“本年度参赛作品质量十分出色，将意法半导体市场领先的MEMS技术创造性地融合到以丰富人们生活和使用体验为目标的下一代应用中。我们的iNEMO设计大赛充分证明了意法半导体的长期承诺——发挥MEMS创新能力的同时在全球大学和青年工程师中培养人才推进MEMS产业增长”。

除第一名（20000元奖金）外，评委还评选出一个第二名（10000元）、两个第三名以及最具市场潜力和最具创意的两项特别奖（每个奖项奖金8000元）。

www.st.com



一等奖：西安电子科技大学“水下蛇形环境勘测机器人”

# 最先进的 IGBT 技术

## 为工业应用提升了效率和鲁棒性

作者：Wibawa Chou，国际整流器公司

在诸如电机驱动这样的工业应用中，IGBT已经成为现有功率半导体元器件中的首选产品。在过去的几年里，降低IGBT功耗的同时提高其电流密度已经成为预研IGBT的主要目标。功耗的降低将提高现有系统的功率处理能力和效率，并可减少所需的散热系统（散热器）。

典型工业电机驱动应用的开关频率小于10 kHz。由于具有相对较低的开关频率，因此，我们需要具有低通态损耗的IGBT，以提高系统效率。因为多数系统仍然在硬开关条件下运行IGBT，所以我们需要具有软关断特性的IGBT来降低峰值电压。不仅在正常工作状态会出现这种情况，而且在发生短路，IGBT必须关断大电流的情况下也会出现。对于一个稳定的系统设计，还要求IGBT可以承受最少10微秒的短路能力。

在本文中，我们将共同探讨国际整流器公司（IR）所推出的最新第8代、1200V工业IGBT。为了提高器件的性能和鲁棒性，在这一代的产品中，IR公司已经融入了多种设计创新。器件的改进包括：提高了单位有效面积（J）的电流、降低了正向压降（Vceon）并控制了器件的最大短路电流。同时，我们所设计出的IGBT，在开关转换的过程中还具有很好的软特性。以上种种改进不仅使第8代IGBT比以往任何一代IR产品都更出色，而且也使其在同级市场上处于最佳。稍后我们将把器件的输出特性和开关波形与那些竞争器件的仿真结果一同展示。

### IGBT 技术

多年以来，IR公司已经开发出多款IGBT技术平台，以满足工业IGBT领域的需求。这些平台分别为平面栅极外延IGBT（第4代）、平面栅极NPT IGBT（第5代）和沟道栅场截止IGBT（第7代）。所有这些IGBT平台都能够承受工业应用所要求的10微秒短路条件。新技术与以前技术的一个主要区别在于：在相同的IGBT芯片面积下，

增加了所输送的电流密度。除了提升系统整体效率外，所增加的电流密度还提高了现有封装的功率容量。实现电流密度提升的主要方法是采用沟道栅技术。与平面栅技术相比，在相同的电流密度下，利用沟道栅技术，Vceon可以降低50%。

另外一种改进是：针对沟道栅场截止IGBT，将工作结温扩展至175摄氏度。由于PT和NPT IGBT在高温条件下会引发高泄漏电流，因此不能够在高于150摄氏度的条件下运行。由于典型用于大型工业驱动器的管芯尺寸在变大（大于75A），因此这是一个特别重要的问题。场截止IGBT本身具有低泄漏电流，如果可以恰当的组装在诸如低热阻Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>这样的陶瓷基底上，那么它们可以在最高175摄氏度的结温下运行。图1显示了IR公司的现有IGBT平台。

最新的第8代IGBT同样采用与第7代类似的沟道栅场截止技术。其平台采用薄晶圆技术，典型晶圆厚度为140um。在六年前，IR公司就已经生产具有沟道栅技术的IGBT，而在我们的产品组合中采用薄晶片已超过十年时间。因此，我们可以很负责任的说，最新的第8代IGBT所采用的是IR公司非常熟练的技术。与第7代产品相比，在芯片设计和工艺方面的主要改进使得第8代产品具有如下特性：

1. 在单个有效面积中Vceon的降低，从而降低了通态损耗并提高了系统效率。
2. 提高了单个有效面积的电流密度，从而可以允许从相同的封装中实现更多的功率处理。

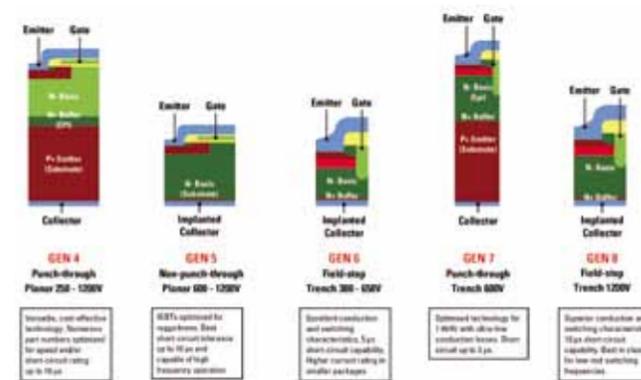


图1：IR公司的现有IGBT平台

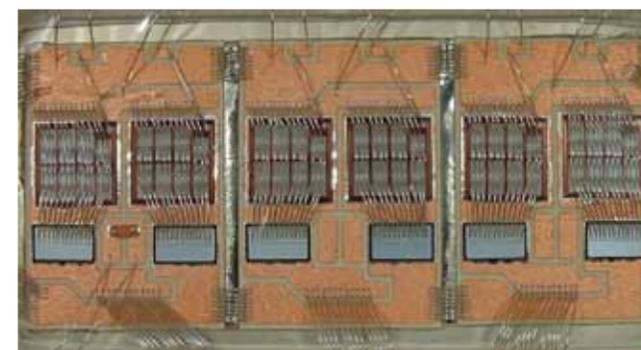


图2：采用多线绑定发射极减小封装阻抗的典型功率模块，使用相同线径绑定栅极

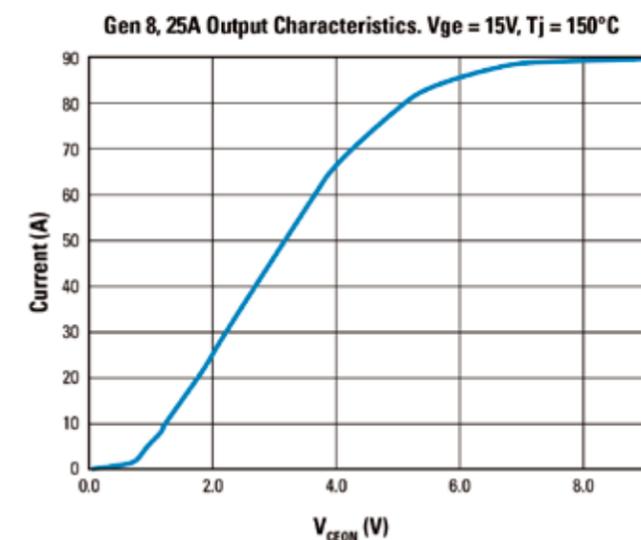


图3：25A第8代IGBT在150度下的输出特性

3. 短路电流的降低，增强了器件及系统的鲁棒性。这也使器件可以在总线电压高于600V的情况下，承受短路的问题。这种情形在对于工业驱动应用需要持续增长且电网电压不稳定的许多发展中国家很常见。
4. 5.0至6.5V（1.5V窗口）的更窄Vge(th)范围。

第7产品具有5.0V至7.5V的（2.5V窗口）Vge范围。工业驱动器依靠并联起多个IGBT管芯来提高功率密度，同时在更广的面积区域上扩散功耗。并联IGBT必须具有很接近的Vge(th)，以保证各个管芯之间分配相等的电流。如果没有接近匹配的Vge(th)，在开、关的转换过程中，具有最低Vge(th)的器件将承载更多的电流，并且由此会产生不均衡发热。由于Vge(th)具有负温度系数，因此不均衡受热可能会导致器件失效。

5. 在典型值和最大值之间具有300 mV较窄的Vceon窗口。第7代产品具有400mV的Vceon窗口。场截止技术在稳态条件的Vceon具有正温度系数。然而，在转换过程中，Vceon不匹配的器件将不能够同等的均流，尤其是在过载的情况下不平衡量可能会非常大。Vceon需要几个开关周期来实现均衡，而在有些应用中可能由于均衡太迟无法防止失效。

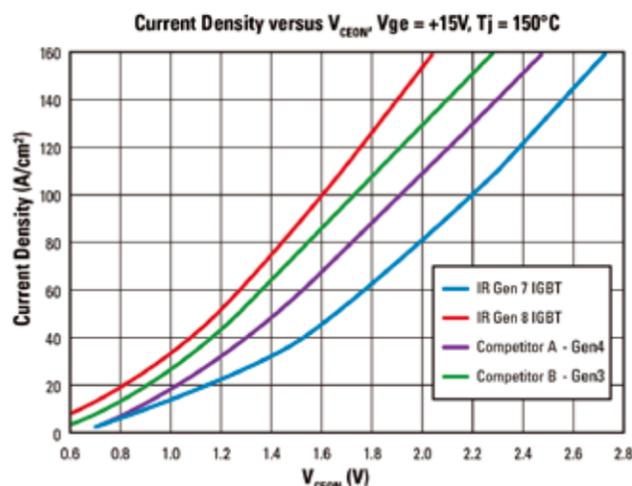
有关第8代IGBT管芯机械设计的其它改进：

1. 矩形管芯允许使用更多的铝绑定线降低封装阻抗。
2. 设计可以接受最高15mil绑定线的栅极焊盘，这对于模块组装而言是大有裨益的，其中栅极可以用与发射极相同的线来绑定，无需变更工具。
3. 当探查、测试和分割管芯时使用8英寸的塑料拖架传送，这种方式简化了后续组装时的流程。

图2所示是典型的用多根铝线绑定发射极焊盘的功率模块组装图，采用相同线径绑定栅极。

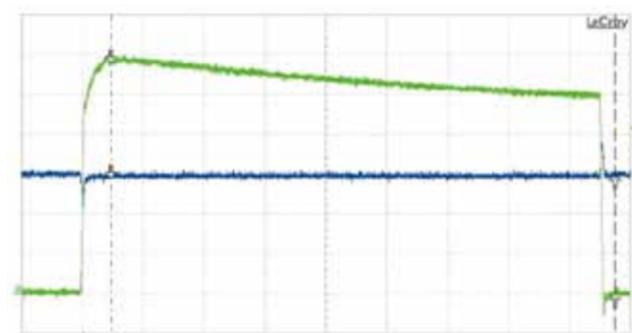
### 输出特性

典型的IGBT输出特性用电流和所施加的正向栅极电压关系曲线来表示。它还显示了IGBT饱和电流水平。在工业应用中为实现高效率和高鲁棒性系统有两点重要的要求。为了获得最高的效率，器件的Vceon必须要尽可能的低。为了实现鲁棒性，IGBT必须将饱和电流限制在一定水平，从而允许在短路状态下使管芯可以安全的耗散能量。在出现短路问题的状态中，数百伏特的整个DC总线电压将会施加在IGBT上，如果IGBT的饱和电流非常高，器件的瞬时功率（电压 \* 电流）将非常大，并会使器件出现失效。可能有人问，为什么IGBT不设计成如MOSFET一样的低饱和电流以防止短路故障出现呢？其原因在于IGBT必须能够在过载条件下，即数倍于系统的额定电流的条件下运行的事实情况。在过载的情况下，IGBT也将需要承载补偿二极管的反向恢复电流，保证在每个开关周期内负载电流的流动。二极管的恢复电流一般是过载电流的一倍，并且必须由IGBT安全承载。因此，所设计的IGBT，需要具有3-6倍于其额定电流的、足够高的饱和电流，以避免

图 4：电流密度与  $V_{ceon}$ ,  $V_{ge}=+15V$ ,  $T_j=150^\circ C$ 

|                        | IR 第8代产品              | IR 第7代产品              | 竞争者A的<br>第3代产品        | 竞争者A的<br>第4代产品        |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $V_{ceon}@25^\circ C$  | 1.7V                  | 1.9V                  | 1.7V                  | 1.8V                  |
| $V_{ceon}@150^\circ C$ | 2.0V                  | 2.4V                  | 2.0V                  | 2.2V                  |
| 电流密度                   | 150 A/cm <sup>2</sup> | 125 A/cm <sup>2</sup> | 115 A/cm <sup>2</sup> | 131 A/cm <sup>2</sup> |
| 厚度                     | 140 $\mu m$           | 140 $\mu m$           | 140 $\mu m$           | 115 $\mu m$           |
| 管芯面积                   | 97 mm <sup>2</sup>    | 109 mm <sup>2</sup>   | 109 mm <sup>2</sup>   | 99 mm <sup>2</sup>    |

图 5：第 8 代 IGBT、第 7 代 IGBT 和竞争者产品的参数比较。所有器件的额定电流均为 100A

图 6： $V_{ge}=+15V$ , 初始  $T_j=150^\circ C$ , 第 8 代 IGBT 短路电流和电压

器件出现大的压降。所设计的几个 IGBT 栅极驱动元件和电路, 当 IGBT 电流变得饱和时, 器件便能够检测到。这通常显示了一种故障条件, 此时需要关断 IGBT 的栅极驱动信号。一般会选取 8V 的电压限度, 指示 IGBT 已经达到了其饱和电流而且必须通过禁用以防止出现损坏。

图 3 显示了在 150 度下 25A 第 8 代 IGBT 的输出特性,  $V_{ge}$  为 +15V。可以看出, 器件的饱和电流出现在接近 90A 的条件下, 即相当于器件额定电流的 3.6 倍。当达到饱和电流时, 器件上的电压降约为 8V。在大多数工业应用中, 这一饱和电流水平足以允许进入过载状态, 并且同时保持

短路保护的鲁棒性。从输出曲线也可以看得出来, 即在 25A 的额定电流下, 器件的  $V_{ceon}$  等于 2.0V。

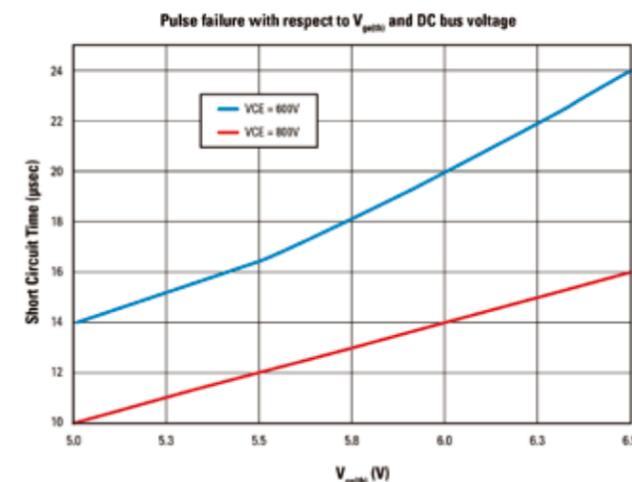
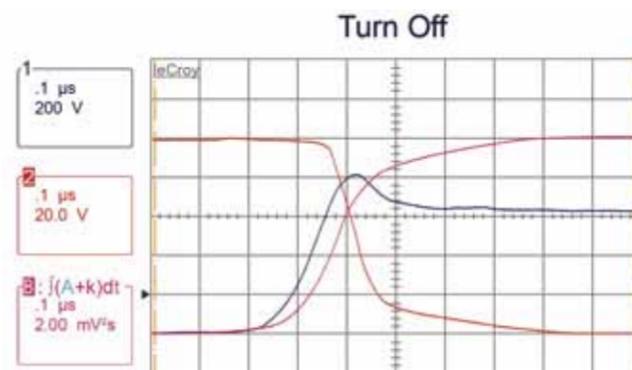
随着技术的提高, 在某个电流密度 ( $J$ , A/cm<sup>2</sup>) 下, 器件的  $V_{ceon}$  将会缩减。图 4 显示了 IR 第 7 代和第 8 代 IGBT 的  $V_{ceon}$  相对于电流密度与竞争者 A 的器件的对比。可以看出第 8 代 IGBT 相对于第 7 代和竞争者具有最低的  $V_{ceon}$ 。例如, 当额定值为  $J = 150A/cm^2$  时, 在 150 度的温度下, 第 8 代 IGBT 的  $V_{ceon}$  为 2.0V。为了在 150 度下, 实现相同的 2.0V  $V_{ceon}$ , 第 7 代 IGBT 电流密度必须约为  $J = 80 A/cm^2$ , 也就意味着第 7 代 IGBT 的管芯尺寸大约比第 8 代产品高出 50%。较大的器件产生了封装的问题, 其中封装的结构因素通常是固定的, 而且要求封装上仍具有一定的输出电流, 以保证在市场上的竞争力。

在 100A 的额定电流下 IGBT 的管芯尺寸与第 7 代产品相比, 第 8 代产品在 150 度的温度下,  $V_{ceon}$  降低了 400mV, 而管芯面积缩减了 11%。与竞争者相比可以得出同样的结论。与竞争者 A 第 3 代相比第 8 代 IGBT 管芯缩小 11%, 但  $V_{ceon}$  相同。与竞争者 A 的第 4 代 IGBT 相比, 第 8 代产品的  $V_{ceon}$  降低了 200mV, 管芯尺寸缩减了 2%。

### 短路保护特性

1200V 工业 IGBT 的一个重要特性是器件在 600V DC 电压下, 可以承受至少 10 微秒的短路时间。由于第 8 代 IGBT 的设计中, 其饱和电流是介于其额定电流的 3 至 6 倍, 因此, 我们可以绰绰有余地完成这种要求。图 6 显示出第 8 代产品的短路波形, 25A IGBT,  $V_{ge} = +15V$ , 初始  $T_j$  为 150 度。蓝色迹线为 IGBT 电压降 (200V/div), 绿色的轨迹是 IGBT 的短路电流 (20A/div), 时间刻度为 2usec/div。这个图片显示出失效点大约为 17usec。这要比工业应用所要求的 10usec 的短路承载能力高出约 70%。这一失效点同样取决于器件是否能够很好的耗散在短路发生时所产生的功耗 (电压乘以电流)。因此, 如果可以降低封装的热阻这一时间还可以延长, 例如, 通过采用高传导率陶瓷基底, 双面散热或采用烧结这样的无焊剂粘帖管芯方法。

饱和电流降低的另外一个优势在于第 8 代 IGBT 能够处理器件在 800V DC 电压下出现的短路事件。图 7 显示了出现失效的短路时间与  $V_{ge}$  (th) 和应用 DC 电压之间的关系。正如之前所谈到的, 具有更低阈值电压的 IGBT 具有更高的饱和电流。因此  $V_{ge}$  (th) 最低的器件将在短路条件下出现失效的时间最短, 因为其饱和电流是最高的。然而, 即使采用 5.0V 的最低  $V_{ge}$  (th), 第 8 代 IGBT 在 800V DC 电压下仍然满足 10usec 的短路保护时间。

图 7：相对于  $V_{ge}$  (th) 和 DC 总线电压的脉冲失效图 8：第 8 代产品的关断特性, 100A IGBT,  $V_{ge} = +/-15V$ , 初始  $T_j = 150^\circ C$ 图 9：第 8 代产品的开通特性, 100A IGBT,  $V_{ge} = +/-15V$ , 初始  $T_j = 150^\circ C$ 

### 开关特性

工业应用中最重要的开关特性是在开关过程中的软开关, 例如, 低  $di/dt$ 。由于在任何功率电路中都存在固有寄生电感, 因此低  $di/dt$  在关断时对于防止电压过冲非常重要。低  $di/dt$  也对于使系统中二极管的峰值反向恢复电流最小化大有益处。由于大多数工业应用是在小于 10kHz

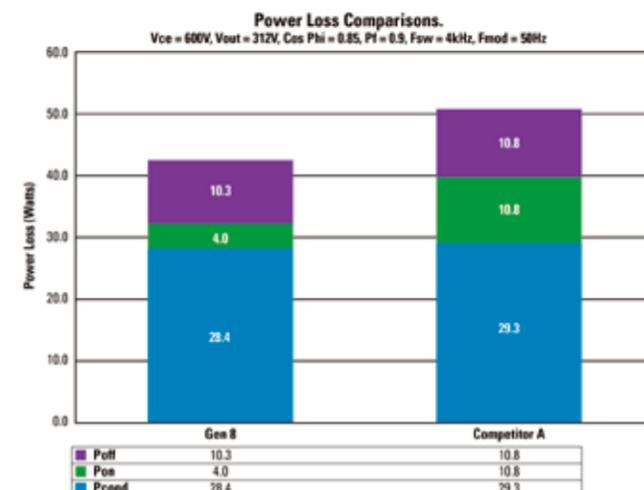


图 10：第 8 代和竞争者 A 的器件之间的功耗比较。两个器件的额定电流都为 100A

的频率下运行 IGBT, 功耗的绝大多数是通态损耗。多数的开关损耗都产生于电压上升和下降的过程中, 而且更柔和的  $di/dt$  对于整体功耗没有显著影响。

图 8 显示了第 8 代产品, 100A IGBT 管芯, 在 600V DC 电压下, 起始温度为  $T_j=150$  度时的开关特性。这一开关波形的栅极  $V_{ge}$  电压是大多数典型工业应用中所采用的 +/-15V 栅极电压。实测关断时  $di/dt$  小于 1A/nsec, 它与封装的寄生电感相结合, 引起了 IGBT 上的过压接近 812V。这远低于 1200V 的 IGBT 击穿电压。当出现短路问题, 大电流关断时, 低  $di/dt$  对于将击穿电压最小化至关重要。图 6 显示出当短路电流关断时, IGBT 上总的过压低于 800V。

图 9 显示了相同的第 8 代, 100A IGBT 的开通特性。二极管的峰值恢复将 IGBT 的电流推至 243A。峰值反向恢复电流取决于二极管技术。一些厂商相对于其他厂商提供具有软恢复特性的二极管。还可以通过增加 IGBT 的外部栅极电阻来控制峰值反向恢复电流。然而, 这将会增加器件的开通损耗。

### 功耗仿真

我们采用了功耗仿真来实现第 8 代 IGBT 在典型工业驱动应用中如何表现。仿真所假定的开关频率为 4 kHz, 采用标准的 V/f 正弦调制。其它的假设包括  $V_{ce} = 600V$ 、 $V_{out} = 312V$ 、 $\cos \phi = 0.85$ 、 $P_f = 0.9$  和  $F_{mod} = 50 Hz$ 。图 10 显示出了 IGBT 每个开关期间 IGBT 通态损耗和开关损耗的仿真结果。这些数值必须要乘以 6, 才可以获得 6 个 IGBT 开关在 3 相逆变器应用中的总功耗。在仿真上的两个 IGBT 都采用 100A 的额定电流。可以看出, 第 8 代 IGBT 具有比竞争者 A 的第 4 代产品更低的通态损耗。这

| 测试名称  | 测试条件                            | 晶圆抽样数量 | 每个抽样的样品数量 |
|-------|---------------------------------|--------|-----------|
| HTRB  | Tj = 175°C, Vce = 960V          | 3      | 77        |
| HTGB  | Tj = 175°C, Vge = 24V           | 3      | 77        |
| H3TRB | Ta = 85°C, RH = 85%, Vce = 100V | 3      | 77        |

图 11: 基于 JESD22-108 的第 8 代 IGBT 工业认证测试

是由于在 150 度其额定电流下, 与竞争器件相比, 第 8 代 Vceon 降低了 200mV。从图中可以看出, 与竞争者的器件相比, 第 8 代产品还具有更低的开通损耗, 但是关断损耗却稍高。在上面所描述的仿真条件下, 第 8 代 IGBT 的总功耗比竞争器件低 16%。

### 器件认证

第 8 代 IGBT 通过了基于 JEDEC 标准, JESD22-A108 工业认证的测试。根据图 11 表格所描述, 从所有批次中抽取三个批次各 77 个 IGBT 进行测试。在这些测试中, 我们获得

了零失效的结论。我们正在努力扩展使第 8 代 IGBT 技术符合 Q101 汽车认证, 并且使其可以采用分立和复合塑封封装。

### 总结

国际整流器公司已经开发出面向工业应用的第 8 代 1200V IGBT 平台, 旨在提高系统的效率和鲁棒性。器件实现了下面的几项提升, 使此 IGBT 平台成为工业应用的同级最佳之选。

1. 降低了每个器件的 Vceon 以提高系统效率。
  2. 提高了单个有效面积的电流密度, 增加了相同封装的功率容量
  3. 降低了饱和电流, 以允许器件在更高总线电压下的短路保护。
  4. 在典型值和最大值之间更窄的 1.5V Vge (th) 和 300mV Vceon 窗口, 以提高在并联应用中这些器件的可靠性。
- [www.irf.com.cn](http://www.irf.com.cn)

# 无需磁性组件——充电泵照样能处理电压

## 采用简单的高电压充电泵取代电感器

作者: Steve Knoth, 电源产品部高级产品市场工程师, 凌力尔特公司

由于电压范围有限且其性能在传统上一直介于 LDO 和开关稳压器之间, 因此充电泵在某些方面几乎已经被人们所淡忘。幸运的是, 凌力尔特推出了 LTC3260 和 LTC3261 高电压充电泵, 从而满足了此类需求。

充电泵 (即开关电容器电压转换器) 采用电容器作为能量储存元件以产生输出电压。以一种基本的充电泵电路“倍压器”为例, 它采用单个飞跨电容器和 4 个由一个两相时钟驱动的内部开关来使输入电压倍增。在该时钟的第一个相位中, 一对开关把飞跨电容器充电至输入电压 ( $V_{IN}$ )。在该时钟的第二个相位中, 第三个开关把电容器的负端连接至  $V_{IN}$ , 这实际上将在电容器的正端上产生  $2 * V_{IN}$  的电压。第四个开关则把飞跨电容器的正端连接至输出电容器。在无负载条件下, 电荷将在每个周期中转移至输出电容器, 直到输出充电至  $2 * V_{IN}$  为止, 从而实现了输入电压的倍增。当接入了一个输出负载时, 输出电容器在第一个时钟相位里提供负载电流, 而飞跨电容器则在第二个相位期间提供负载电流并给输出电容器充电。如欲启动电荷转移, 则将输出调节在一个略低于  $2 * V_{IN}$  的电压。输出电容器在时钟两个相位里的充电和放电将产生一个输出纹波, 此纹波与输出电容器数值、时钟频率和输出负载电流之间存在着某种函数关系。

案的基础上通过增加/改变开关和电容器以及时钟相位的数目得出的。充电泵能够实现电压的 2 倍增、3 倍增、减半、反向和以分数对电压做乘法运算或调节 (例如:  $x3/2$ 、 $x4/3$ 、 $x2/3$  等), 并产生任意的电压 (取决于控制器和电路拓扑)。当接近其理想的充电比时, 充电泵的效率可以达到相当优良的水平。在上面的倍压器示例中, 输入电源将等于两倍的输出负载电流, 这样在理想的情况下输入功率与输出功率相等。在现实当中, 由于静态工作电流和其他损耗的原因效率将略低于理想值。充电泵的通用性使其可在众多的应用和市场区段中一显身手。

充电泵在介于 LDO 和开关稳压器之间的性能范围中填补了一个小空缺, 并可作为那些有可能反对使用电感器的设计提供一种上佳的替代方案。相比于 LDO, 充电泵的运作需要一个额外的电容器 (“飞跨”电容器), 但它不需要使用电感器, 价格通常稍贵一些、具有较高的输出噪声电平且输出电流能力往往较低。然而, 其优于 LDO 之处也是很多的, 例如: 较高的效率、良好的热管理 (因采用开关架构所致)、并为升压和降压或产生

表 1: LDO、充电泵和开关稳压器之间的性能对比

| 特点       | LDO 稳压器 | 开关电容器电压转换器         | 传统型开关稳压器 |
|----------|---------|--------------------|----------|
| 设计复杂性    | 低       | 中等                 | 中等至高     |
| 成本       | 低       | 中等                 | 中等至高     |
| 噪声       | 最低      | 低                  | 低至中等     |
| 效率       | 低至中等    | 中等至高               | 高        |
| 热管理性能    | 差至中等    | 良好                 | 最佳       |
| 输出电流     | 中等      | 低                  | 高        |
| 是否需要磁性组件 | 否       | 否                  | 是        |
| 局限性      | 不能实现升压  | $V_{in}/V_{out}$ 比 | 需要谨慎考虑布局 |

所有其他的充电泵电路实现方案都是在这种基本方

# 全新设计



North America : Europe : China

功率系统设计: 推动全球创新

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

负电压提供更大灵活性。当与传统的开关稳压器相比时，充电泵的输出电流能力和效率较低。然而，充电泵的设计更简单，而且不需要电感器。此外，工艺技术的进步还使充电泵的输入电压范围较之先前的产品系列有所扩展。表1比较了不同拓扑的主要性能参数。

### 充电泵的设计和应 用难题

一些工业环境具有现成可用的单端、较高电压电源。不过，这些电源并不适合驱动需要双极性电源的运算放大器及其他电路，比如：为双轨、低噪声高电压运算放大器供电就需要从单+24V电源获得±15V电压轨。被驱动至接近其负电源轨的运算放大器其失真非常差。因此，拥有一个低于最低信号电平的负电源轨是合乎要求的，这样可在运算放大器的输出端上提供最低的失真。种类

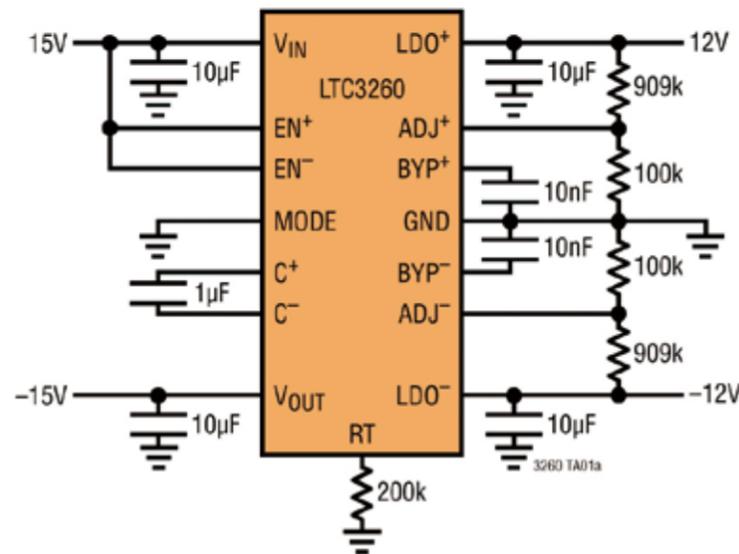


图1: LTC3260应用电路

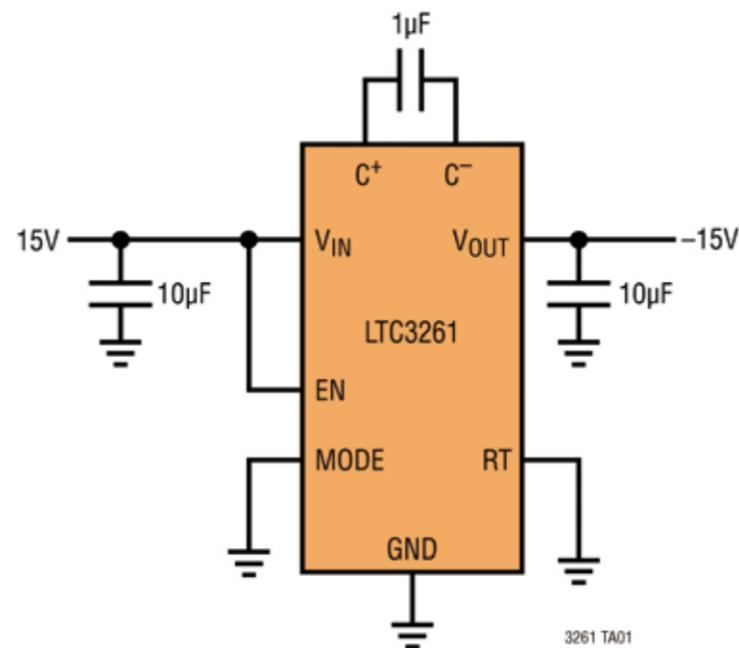


图2: LTC3261应用电路

合适的充电泵可以满足此项要求并在局部位置上产生一个负输出电源，以采用低噪声后置稳压器来驱动运算放大器或其他噪声敏感型电路的电压轨。

许多新式通信设备采用了灵敏的RF接收器，但是，噪声发生器（开关电源）与对噪声敏感之电路的组合会造成潜在的干扰。传统解决方案是尽量使噪声发生电路远离噪声敏感电路。然而，现在的手持式产品中，设计非常紧凑，因此这一方法已经不可行了。而通过增

加屏蔽来解决问题在成本和体积两方面都行不通。传统开关电源的噪声能量主要以集中的窄带谐波形式表现出来。可是，如果这些谐波中的某个恰巧与某一敏感频率（例如：接收器的中频[IF]通带）一致，就很可能造成干扰。充电泵提供了足够低的噪声门限，可填补这一空缺。

所有旨在满足上述充电泵IC设计限制条件的解决方案都将整合一个具有稳定输出和低输出噪声的高效型高电压充电泵。

### 一款新颖而简单的 解决方案

凌力尔特开发了面向此类应用的简单、却不失精细的高电压负输出单片式充电泵IC。LTC3260和LTC3261是通用型充电泵。LTC3261是一款高电压负输出充电泵，能提供高达100mA的输出电流。而LTC3260则内置了一个负输出充电泵以及正和负LDO稳压器，

每个LDO稳压器可利用低压差电压操作提供高达50mA的输出电流。负LDO后置稳压器由负输出充电泵的输出供电。正和负LDO输出电压可采用外部电阻器分压器分别调节至1.2V和-1.2V。这两款器件均在4.5V至32V的宽输入电压范围内工作。详见图1和图2。

LTC3260和LTC3261的内部充电泵皆可工作于低静态电流的突发模式（Burst Mode®）或低噪声的恒定频率模式（效率高达88%）。以突发模式工作时，充电泵输

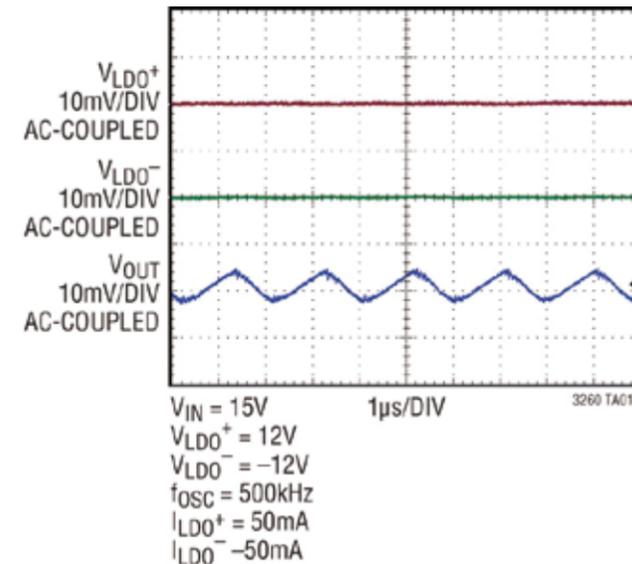


图3: LTC3260的低输出纹波性能

表2: LTC3260和LTC3261充电泵的特点和优势

| 特点  | LDO 稳压器                                  |
|---|--|
| 稳定的 LDO 输出 (LTC3260)  | 低噪声操作                                    |
| 总 IC 电流 150mA (LTC3260):<br>1) LDO+ = 50mA<br>2) LDO- (50mA 最大值) 和负输出 (Vout) 共用另外的 100mA 电流 | 适合众多的应用, 包括正 (+) / 负 (-) 分离电源轨运算放大器和 ADC |
| 总 IC 电流 100mA (LTC3261) Vout  | 适合多种负输出应用                                |
| 60 μA 静态电流 (LTC3261)<br>100 μA 静态电流 (LTC3260)   | 微功率操作; 可节省电池运行时间                         |
| 可调 50-500kHz 恒定频率操作   | 最大限度地降低了输入和输出纹波以及开关噪声。避开了干扰频段。           |
| 引脚可选的突发模式操作   | 低 I <sub>Q</sub> , 可延长电池运行时间             |
| 宽 V <sub>IN</sub> 范围: 4.5V 至 32V  | 是众多应用的理想选择                               |
| 低待机电流 = 2 μA  | 可节省电池运行时间                                |
| 短路 / 热停机保护  | 可提供全面的电路保护                               |
| 无电感型设计  | 最大限度地减少了占板面积 / 外部组件, 可节约成本               |
| 外部组件极少 (3 个), LTC3261   | 最大限度地缩减了 BOM, 可节省成本                      |
| 14 引脚 (3mm x 4mm x 0.75mm) DFN 封装和 16 引脚 MSOP 封装 (LTC3260)。12 引脚 MSOP 封装 (LTC3261)          | 紧凑、扁平的占板空间                               |

出调节至  $-0.94 \cdot V_{IN}$ 。另外，在突发模式操作中，如果两个LDO都启用，那么LTC3261仅吸收60μA静态电流，而LTC3260则只吸收100μA。恒定频率工作可提供低输入和输出纹波；在这种模式中，充电泵产生等于  $-V_{IN}$  的输出，并以固定的500kHz频率或用一个外部电阻器设定在50kHz至500kHz的频率范围内工作。其他IC特点包括很少的外部组件、采用陶瓷电容器可保持稳定、用于在启动时防止产生过大电流的软启动电路、以及短路和过热保

护。LTC3260和LTC3261非常适用于各种应用，例如：用高电压输入产生的低噪声双极性/负输出电源、工业/仪表用低噪声偏置电压发生器、便携式医疗设备和汽车信息娱乐系统。

LTC3260采用扁平（高度仅0.75mm）3mm x 4mm 14引脚DFN封装和16引脚MSOP封装，两种封装均有底面导热衬垫。LTC3261采用12引脚MSOP封装，也有底面导热衬垫。这两款器件的工作结温为-40°C至+125°C。

### 低输出纹波

LTC3260的设计具备提供低噪声性能的固有特性。该器件的高工作频率实现了低输出纹波。如图3所示，LTC3260的LDO进一步抑制了这种纹波，可提供非常低噪声的输出（<1mVp-p），因而极其适合于诸如运算放大器和ADC驱动器等噪声敏感型应用。

### 保护电路

LTC3260具有内置的短路电流限制和过热保护功能电路。在短路情况下，该器件自动将其输出电流限制在160mA左右。假如结温超过约175°C，则热停机电路将禁止向输出提供电流。当结温回落至大约165°C时，将恢复向输出提供电流。当热保护电路处于运行状态时，表明结温超出了规定的操作范围。热保护功能针对的是超出正常操作范围的短暂过载条件。在高于规定的最大工作结温条件下连续运作有可能损害器件的可靠性。

表2概要总结了凌力尔特新型充电泵LTC3260和LTC3261的特点和优势。

### 结论

由于电压范围有限且其性能在传统上一直介于LDO和开关稳压器之间，因此充电泵在某些方面几乎已经被人们所淡忘。幸运的是，凌力尔特推出了LTC3260和LTC3261高电压充电泵，从而满足了此类需求。可提供150mA电流的LTC3260在小巧的占板面积内具备诸多有用的特点，减小了总体解决方案尺寸，而这反过来又可实现更加紧凑和简单的设计。LTC3261是LTC3260的一个子集，并提供了一个100mA的高电压负输出。因此，对于那些不喜欢使用电感器的设计师而言，他们可以采用简单的高电压充电泵取而代之。

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

# 模拟和功率 IC 驱动新移动生活方式

提供观看、闻听、感觉和操作体验

作者：Bill Boldt, 飞兆半导体

有一类移动模拟IC可以连接手机用户和其在口袋中携带的移动世界。所提到的移动模拟IC实例，有助于为移动用户提供观看、闻听、感觉和操作体验。

超前的移动生活方式已经成为消费者、手机制造商、服务提供商、应用开发商和集成电路供应商的创新追求，其中集成电路供应商已经使得功能密集的小型手机成为可能。由于他们的创造，越来越多的功能已经移植到手机中，如果没有一整套集成电路（integrated circuits, IC）所带来的小型化和卓越功能，将不可能把这么多不同的、复杂的系统吸收到手机中。其中，有一类移动模拟IC可以连接手机用户和其在口袋中携带的移动世界。所提到的移动模拟IC实例，有助于为移动用户提供观看、闻听、感觉和操作体验。

## 模拟和功率 IC 驱动个人全新移动生活方式

超前的移动生活方式已经成为消费者、手机制造商、服务提供商、应用开发商、尤其是集成电路供应商的创新追求。多年来，越来越多的功能已被移植到手机中。相机、音乐播放器、PDA、GPS、视频、游戏控制器、以及其它系统和功能，先前仅作为单独产品设备提供，然而现在，所有这些功能都已大规模地吸收到手机中；并且毫无疑问，这一趋势将会持续。

在手机中吸收这么多全然不同的复杂系统，没有小型化和具备卓越功能的数字和模拟 IC 将是不可能的。通过允许众多功能无缝合作，IC 已经推动了系统集成，在单一手持设备中为用户带来越来越多的各式移动体验，这些设备由小型可充电电池供电。除了它的字面意思，这已不是一个小事情。

在智能电话中，IC 提供了多媒体处理，实现无线功

能，并支持与用户的连接。什么是“与用户连接”的真正含义？它意味着用户如何通过手机与其个人数字世界互动并进行体验。这一连接是我们关注的焦点。用户通过感觉和行动来体验数字世界。因此，闻听、观看、感觉和操作组成了移动手机用户交互矩阵的四个基础。

模拟 IC 是实现用户交互的关键。例如，支持闻听的音频 IC 的主要工作事项就是使手机中的小型扬声器更响亮、更清晰。在观看方面，目标是提供更亮、更薄、分辨率更高的交互式显示屏。在感觉方面，触觉学（即触摸科学）的使用也在不断增长，当用户与键盘互动或仅仅使手机倾斜时，会提供振动提示。大的互动，当然是操作，指的是使用手机中各种系统的体验。开发应用的应用软件生态系统正呈膨胀式发展，推动力量是使用手

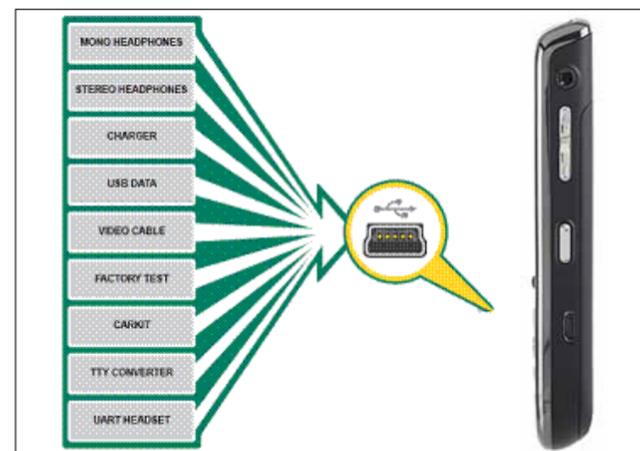


图1: IC检测何种设备连接到micro-USB端口

机来做更多事情和做更有趣的事情。

模拟 IC 制造商关注两个主要事项：1) 在四个交互领域中增强移动用户体验，以及 2) 提供高效电源解决方案来促进更大的移动性。市场上的创新模拟信号路径和功率 IC 范围广泛，用于连接手机和平板电脑核心的应用处理器和基带调制解调器 IC 与用户生活的真实（模拟）世界。

## 移动模拟 IC 将数字世界和真实世界连接起来

手机和平板电脑中的移动模拟和功率 IC 围绕基站和应用处理器来提供内部的连接，并连接至外部世界。模拟视频、音频、附件和 USB 开关 IC、逻辑 IC、USB 收发器、电压转换器、GPIO 扩展器、SIM 卡多路器、复位定时器、DC/DC 转换器、音频放大器，以及其它

模拟 IC 产品实际上“粘合”在一起并驱动移动平台中的视频、音频、相机、无线电和其它子系统，在系统内部安排信号的路由，并通过插孔、连接器、显示屏、麦克风、扬声器、无线设备和各种无线网络接口与外部世界连接。

移动模拟 IC 使从外部引入不同信号源（例如，经由存储卡、音频/视频插孔和 USB 端口）、以及路由、开关、手机内的信号隔离成为可能。许多这类 IC 还提供保护功能，防止有害的过/欠压、过流和 ESD 情况。越来越多的这些 IC 会自动检测连接到 USB 端口的设备（如图 1 所

示），并使系统确切了解有什么和做什么。

检测内容甚至扩展到简单的、标准的音频插孔。正在寻找方法来消除分立电路的手机设计人员需要一个集成解决方案，用于音频插孔检测并识别设备类型（比如三或四极插孔和带有或不带有发送/结束键的耳机麦克风）。图 2 显示了此类应用的一个实例。

几种 IC 创新可以在手机设计方面增加灵活性并降低成本和尺寸，这类创新的一个很好的实例就是来自飞兆半导体的  $\mu$ SerDes™ 系列器件，它们是小型化串化器/解串器。这些产品减少了通过手机路线发送的信号数目，通过把麻烦的平行信号转换为专用的串行信号，更易于进行路线发送，并且还可以帮助减少电磁干扰（electromagnetic interference, EMI）。串行化并减少 EMI 尤其有利于传送信号通过手机或摄像头的铰链或滑盖，不会干扰关键任务无线电信号，如图 3 所示。

附加的移动模拟 IC 包括 D 类扬声器和 G 类耳机放大器 IC，两者一起集成在音频子系统 IC 中或者单独使用。D 类放大器现在具备板载升压能力来节省空间和本，同时增加功率输出（响度）。音频 IC 的进展包括具备负信号摆幅功能的音频开关，能够更方便地将以接地为中心的音频系统集成进手机中。在移动模拟视频方面，视频滤波器 IC 用于驱动视频信号从手机到外部坞站和监

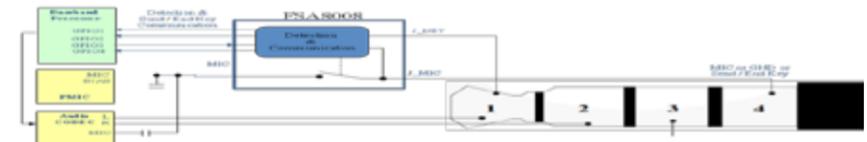


图2: IC检测音频插孔上的耳机、视频和发送/结束键

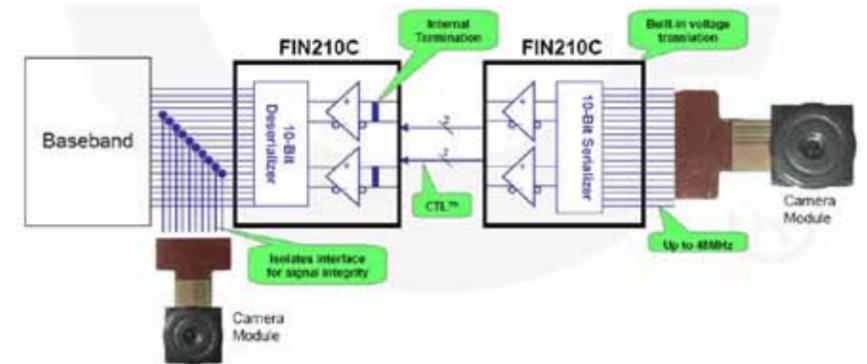


图3:  $\mu$ SerDes™ 器件允许多种信号轻易地通过紧密的空间，如铰链和滑盖

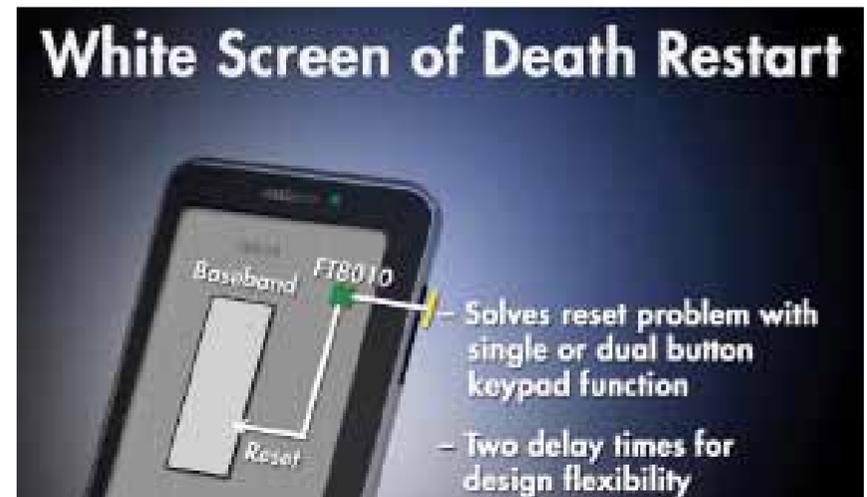


图4: 新型IC加快从白屏死机（WSOD）恢复的速度

# 绿色能源 的卓越解决方案



TDK

稀土类磁铁和铁氧体磁铁

高可靠度的表面贴装功率电感器

EPCOS  
爱普科斯

耐高纹波电流铝电解电容器

节能与电能质量用功率因数校正(PFC)产品

耐 8 kA 电流的电磁兼容性(EMC)和正弦波滤波器

用于太阳能和风能逆变器的电磁兼容性(EMC)输出滤波器

耐高纹波电流的大型多层陶瓷电容器

大型铁氧体磁芯

高电压共模扼流圈

用于太阳能和风能逆变器的大型铁氧体磁芯

用于测量温度的负温度系数(NTC)热敏电阻

用于过电压保护的压敏电阻和气态放电管

# 应用处理器平台厂商需求更灵活电源管理

Dialog Semiconductor 创建平台化电源管理芯片 (PMIC) 应对挑战

作者: Mark Jacob, 电源管理和音频部门营销总监, Dialog Semiconductor



图5: 传感器正在更多地集成到手机设计中

视器, 允许手机用作一个移动视频存储设备, 同时免受锯齿失真和 ESD 损害。经由手机在口袋中携带视频文件正在成为流行的使用模式, 某些人正开始把它称为“视频 sneaker-net”或甚至称为“口袋机顶盒”。

随着手机被要求为用户提供更广泛的体验, 不幸地, 一个负面体验开始显露, 那就是白屏死机 (White Screen of Death, WSOD), 其时屏幕变成空白 (白色) 并且所有娱乐完全停止。手机供应商需要一个解决方案, 允许手机从 WSOD 中恢复, 而不必拆卸和更换电池。先进的复位定时器 IC 具有可配置的时间选择引脚, 允许从键盘直接重置手机。

在移动手机和平板电脑中, 日益重要的新发展方向之一就是支持传感器多样化的能力。因为人们期望从手机中的众多子系统和 IC 中获得更多的性能, 所以, 温度正成为更加重要的关注问题。因而温度传感器正在成为手机中的必需项目; 并且那只是现在出现的众多传感器类型之一。因为感测本质上是一个模拟现象, 因而传感器也许可以看作“新模拟”产品。

仅仅注意多种可用移动模拟和功率 IC 中的某些产品, 画面应该变得更清晰——模拟 IC 使得移动数字生活方式的体验变为可能。随着更多内容加入到移动产品中, 更多种类的移动模拟和功率 IC 将支持具有更先进的高清图形和音频能力的更快处理器, 使得同等的闻听、观看、感觉和操作部分变得更加重要。

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

Dialog Semiconductor 不仅从客户的额外业务中受益, 而且从他们激发了 PMIC 平台的开发, 公司现在拥有一种特有的、灵活的 PMIC, 以及一套支持性配套产品, 同样适用于来自诸多厂商的应用处理器。

如今的高端移动电话、智能手机和互联网终端拥有强大的计算能力。为应对日益增加的复杂性、上市时间要求和成本压力, 手机原始设备制造商们 (OEM) 和原始设计制造商们 (ODM) 已经接受使用经过验证成熟的平台来作为其设计的重要构件。各种应用处理器平台都是由半导体制造商所建立的生态系统, 它们包括了集成电路、软件栈、参考设计和设计工具。

最近几代智能手机已经从使用分立的电源管理器件演进到了使用专用电源管理 IC 或又称 PMIC 的一个系统级方法。除了节约电路板占用面积、降低物料成本以及消减制造成本等明显优势外, 这样的器件也可以集成其他电路功能以简化平台的设计: 如音频编解码器、背光 LED 驱动器、内存卡及触摸屏的接口。此外, 该 PMIC 通常含有一个高功率多模电池充电器, 它能够独立提供电池组的自动充电检测、充电以及安全检测。

Dialog Semiconductor 与多家应用处理器制造商紧密合作, 为每个处理器系列优化其 PMIC 的设计。目前有数以亿计的该公司器件在领先的智能手机品牌中发挥着作用。

**用户需求: 在性能或成本不打折扣的前提下实现更大的灵活性**

虽然 PMIC 代表了延长电池续航时间的一个显著地飞跃, 但它们在一定程度上也受到限制。Dialog Semiconductor 的一家重要应用处理器制造商客户要求一

种更为灵活的方法。

该客户的处理器都采用 ARM 内核构建。相关平台的设计定义了所支持的各种外设功能、硬件加速器、多媒体协处理器和内存。这就决定了需要从 PMIC 获得的电源管理功能。通常情况下, 处理器内核的电源来自于 PMIC 内部的 DC/DC 转换器, 其低压差线性稳压器 (LDO) 为外设提供系统电源。

一个典型应用平台大约有 2-3 年的生命周期, 随着半导体工艺尺寸的逐步缩小, 为每一个新的应用处理器系列开发专用的系统级 PMIC 解决方案变得越来越昂贵。定制平台的灵活性将延长其市场的生命周期甚至能够应对新的市场。例如, 如果该平台能够提供各种不同的版本, 每个版本均支持一组不同的外设并针对各种终端应用, 潜在用户的数量将得以扩大。最终应用处理器厂商能够获得更高的投资回报。

终端用户也可能要求应用处理器平台在一定程度上进行定制, 使他们能够向市场推出具有差异化的产品。主处理器系统级芯片的定制本身就是一个昂贵而漫长的过程, 因此用以支持整组外设的各种变体通常提供了所需要的差异化。对于应用处理器厂商来说, 这是一个持续性的挑战——他们需要为每个设计都获得最长的生命周期, 但用户的需求在整个应用处理器生命周期中都在不断演进和变化。

平台的每一项的显著改变导致了供电需求的改



# 全\_新\_设计



North America : Europe : China

功率系统设计: 推动全球创新

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

特别报道:  
能源效率



功率系统设计: 推动全球创新



内容包括:

CeraLink™ 电容器……

32

为下世代电机控制应用设立新的能效基准……

35

使用FPGA降低功耗……

37

泛华恒兴平台化软件解决方案诠释“柔性测试”技术……

39

# CeraLink™ 电容器

## 实现最佳性能和能源效率

作者：爱普科斯公司·TDK 集团成员

爱普科斯（EPCOS）的新技术CeraLink™对于稳定和过滤功率逆变器的直流链路大有裨益，特别是与传统电容器技术相比更是如此。开发人员将会从依靠新型快速开关IGBT模块的拓扑结构中受益。

在电源和逆变器中使用的功率半导体开关要依靠两种技术，那就是MOSFET和IGBT技术。MOSFET可以在相对较高的开关频率中进行操作，这种开关频率远远高于30kHz，但与IGBT不同的是，它们拥有一个非常大的芯片表面积。英飞凌科技公司的新一代IGBT模块可以在高达100kHz的频率下工作。在这两种系统中的线路和开关断开的损耗程度相同。快速的IGBT的制造复杂性较小，而且，它的芯片面积通常比超结MOSFET的芯片面积更小，它也是拥有高开关频率的IGBT<sub>3</sub>技术的一个基础，并且拥有优良的性价比。

快速开关系统的电路设计要求使用最小的等效串联电阻值（ESR）和等效串联电感值（ESL）。相应地，无源元件——电感器，但特别是电容器必须与高开关频率保持一致。反过来说，这允许使用更加微型轻巧的无源元件，有利于减少损耗，提高效率。

电容器是元件开发的重点。这些电容器要求配有极低的等效串联电阻值（ESR）和等效串联电感值（ESL）的高开关频率和极其小巧的外形设计。传统的电容器技术只能满足部分

表 1：爱普科斯 CeraLink 优化参数和性能

| 优化参数    |  |
|---------|--|
| 绝缘电阻    | 典型的高点组从 1 兆欧到 10 兆欧，特别是在高温下具有极低的漏电流              |
| 等效串联电感  | <4 纳亨电感值非常低                                      |
| 等效串联电阻  | 典型 <4 毫欧且在低电容时电阻值很低，相应的损耗很低                      |
| 工作温度    | -40 摄氏度 至 +125 摄氏度（短时间内高达 +150 摄氏度），因此也同样适用于 SiC |
| 设计优点    |  |
| 内部铜电极   | 最低损耗和极其高的电流处理能力                                  |
| 内部汇流条   | 根据适用不同进行不同的设计                                    |
| 各种终端配置  | 焊接和压接装配技术终端                                      |
| 紧凑型壳体设计 | 适用于普遍半导体模块壳体高度                                   |
| 坚固设计    | 专为工业和汽车系统的缓冲器和电源应用设计                             |
| 兼容性     | 根据 IGBT、MOSFET、或 SiC 集成电源模块的特殊类型                 |
| 更多优点    |  |
|         | 非常适合快速的上升时间和高开关频率                                |
|         | 对电容产生了正直流偏压效应                                    |
|         | 不一定需要有功冷却  |
|         | 由于 QR 代码，易于追踪                                    |

| 终端              | 低剖面 (LP)  | SMD   | 焊针 (SP)   | 压接汇流条 (PFBB)  |
|-----------------|---|---|---|---|
|                 |  |  |  |  |
| 电容 [ 微法 ]       | 1   | 5   | 5 / 20  | 100   |
| 额定直流电压 [ 伏 ]    | 400   | 400   | 800 / 400   | 400   |
| 尺寸 [ 毫米 ] (无终端) | 6.84 x 7.85 x 2.65  | 12.8 x 8.4 x 8.8  | 33 x 22 x 11.5  | 52.5 x 30.5 x 10.5  |

图 1：各种爱普科斯 (EPCOS) CeraLink 设计版本

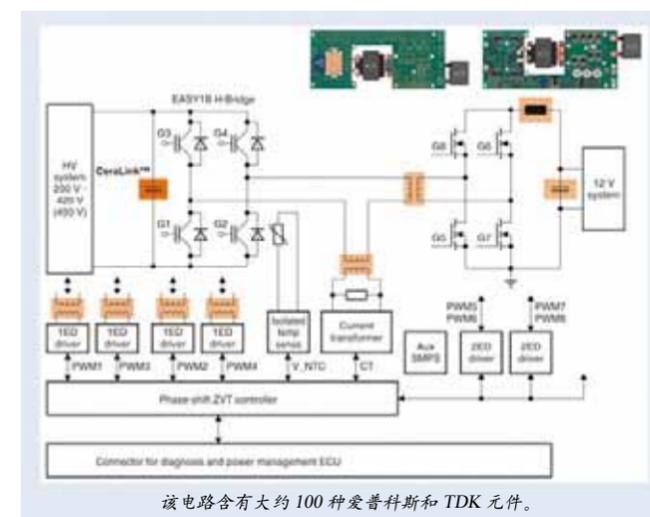


图 2：英飞凌的 EASY 2.7 kW 逆变器

表 2：用于英飞凌科技公司的快速开关的 IGBT 模块的爱普科斯和 TDK 元件

| 元件                                  |       | 数量 |
|-------------------------------------|-------|----|
| 对于 400 伏直流的 20 微法 CeraLink          | EPCOS | 1  |
| 铝电解质电容器                             | EPCOS | 2  |
| MLCC                                | TDK   | 80 |
| SMT 功率电感                            | EPCOS | 7  |
| 电迁移平台的 PCEM T7921 电源扼流圈，峰值电流为 225 安 | EPCOS | 1  |
| 电迁移平台的 PTEM T6973 功率变压器             | EPCOS | 1  |
| 电迁移平台的 GTEM T7509 栅极驱动变压器           | EPCOS | 4  |
| 电迁移平台的 CTEM T7078 电流感应变压器           | EPCOS | 1  |

要求。爱普科斯 Ceralink 是一种全新方法：这款先进的元件是一种多层陶瓷波纹电流抑制器，也被称为链路或直流链路电容器，此外，它还可以用作缓冲器。

### 逆变器可能的新设计

爱普科斯 (EPCOS)

CeraLink 技术在公司位于奥地利的 Deutschlandsberg 的陶瓷元件技术中心进行开发。我们可以从其他人那里获得构成这款先进元件的专门技术，学到有关多年来大量制造压电执行器的技术。爱普科斯 CeraLink 使制造陶瓷电容器具备了一定的优点并掩盖自身的缺点。这款获专利的多层元件是以反铁电陶瓷材料为基础材料和含有特殊的铜内电极，它可以使用标准的 IGBT 也可以使用开关频率显著更高的新型高速 IGBT，使用起来更经济。这自然也要应用含有相应的超结 MOSFET 电路。创新的 CeraLink 技术把等效串联电感（ESL）和等效串联电阻（ESR）的最小值与单位体积的高电容结合，这就大大改善了未来的 IGBT 和 MOSFET 逆变器的效率、可靠性和空间需求。此外，CeraLink 也可以用于低剖面 SMD 设计中，使它适合用作缓冲器解决方案以便集成电源模块。爱普科斯与市场 IGBT 模块领先者英飞凌科技公司密切合作，对爱普科斯 CeraLink 元件进行改装以及不断地优化，以获得 IGBT 模块的首款设计。这就促使 CeraLink 元件的性能和能源效率达到最好的效应。对于英飞凌科技公司的 EASY 汽车系列和行业应用中的相应汽车系列，所有相关的电容器参数 和性能朝着经济节约和高效的方向进行优化（表 1）。

车载逆变器的首款设计，英飞凌的 EASYKIT DCDC，是以现有的 OEM 规格设计的，它的高压侧的额定直流电压为 400 伏左右。爱普科斯 (EPCOS) CeraLink 目前有几款可供选择的设计。它的电容值范围从 1 微法至 100 微法，额定直流电压为 400 伏和 800 伏。图 1 中显示了各种终端设计。考虑到有限的可用空间，SMD 版本（LP 和 SMD）专门为直接集成半导体电源模块而设计。他们可被焊接、粘接或烧结。

通过和爱普科斯紧密合作，英飞凌科技公司已经开发出了一款 HV/LV DC-DC 演示板，它的输出功率为 2.7 千瓦。所需直流高压输入范围为 200 伏至 400 伏——根据使用的 HV 电池而定——直流输出低压范围为 8 伏至 16 伏，这也是汽车电子系统中的典型标准电压。此外，该演示板的直流电流范围必须高达 200 安。

近 100 种爱普科斯和 TDK 元件 DC-DC 转换器市场上可以找到各种类型的电路拓扑结构。然而，使用最广泛的是在 MOSFET 晶体管中有零电压转换 (ZVT) 的全桥电路。英飞凌科技公司通过使用各种爱普科斯元件对这些电路重新设计，并把它们改装为 EASY 系列的快速开关的 IGBT (图 2)。他们使用了大量不同的爱普科斯和 TDK 元件 (表 2)。

爱普科斯 CeraLink 将单位体积高电容、低等效串联电阻值 (ESL) 和等效串联电感值 (ESR) 和 ESR 值，以及最小漏电流结合起来，以满足所有高速 IGBT 或 MOSFET 模块的要求。此系统配置允许高达 10 千安 / 微秒可控制的高电流变化率 (di/dt)。尽管这些电流变化率非常高，但由于 CeraLink 的 ESL 值较低，CeraLink 所产生的电压峰值 ( $V = L * di/dt$ ) 也非常低。

寄生电感不仅仅只是由电容器引起的。明显的杂散电感发生在一个正常的系统配置中，这是由几个原因所造成的，包括把内部 IGBT 模块和馈线接到电容器上。由

于爱普科斯 CeraLink 的紧凑型设计，它允许的馈线值显著地降低到与电容器本身程度相同的馈线值。IGBT 模块的紧凑链路能同时衰减其过电压，而通常不需要使用缓冲电容器。图 3 显示了使用和不使用爱普科斯 CeraLink 时 IGBT 模块在电路断开情况下的电压曲线。所以 IGBT 电压升压很小并且保持在安全的电压范围内。在此例子当中使用了 100kHz 开关频率，这就意味着电容器的纹波电流要达到 200kHz。图 4 显示了阻抗和 ESR 曲线用作频率函数。

虽然爱普科斯 CeraLink 容量足够满足单纯的 DC-DC 应用，但是对于电机操作来说这个容量可能太低。不过这个问题可以通过并联铝电解质电容器或薄膜电容器得到解决，因为这些电容器的高电容承载着低频率电流元件。爱普科斯 CeraLink 用来处理高频元件，包括缓冲器元件。

现成的样品符合英飞凌的 EASY 模块，这些样品也可以通过地区销售处获取。目前，该产品系列的生产还处在准备阶段，它利用了现有的爱普科斯压电执行器燃料喷射系统容量技术。

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

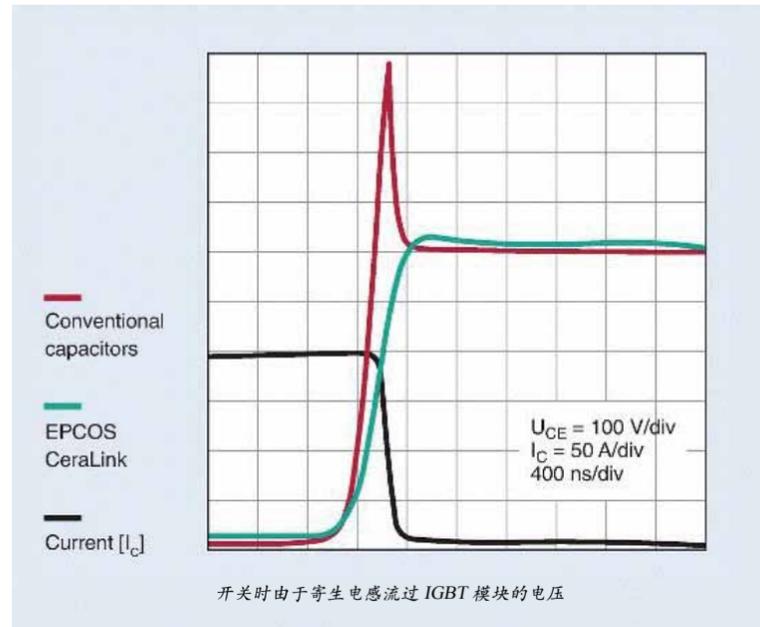


图 3：爱普科斯 CeraLink 过电压衰减

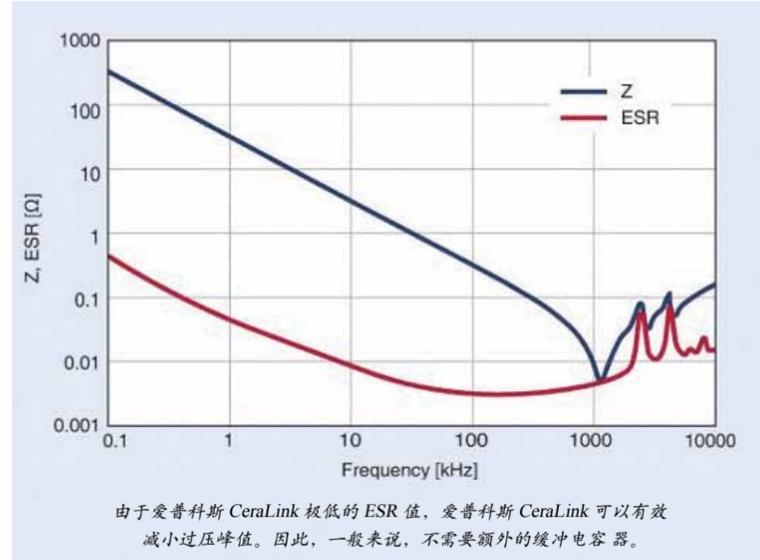


图 4：阻抗和 ESR 用作频率函数

由于爱普科斯 CeraLink 极低的 ESR 值，爱普科斯 CeraLink 可以有效减小过电压峰值。因此，一般来说，不需要额外的缓冲电容器。

# 为下一代电机控制应用设立新的能效基准

## 不需要额外增加系统复杂度

作者：Matthew Tyler，产品线经理；Mats Sandvik，Stegia 应用工程师，安森美半导体

电机在持续演变，因为市场愈来愈需要更紧凑、更高性能且在经常使用的严格环境设置下展现出更高恢复能力的方案。虽然当今的双极步进电机能够提供比传统电机产品更高的可靠性及更佳准确度，但原设备制造商 (OEM) 及系统整合商仍然需要确保他们使用其能够获得的所有工具及技术，将这些电气-机械装置的效用提升至最高。本文将探讨映像 (mapping) 系统性能的优势，以及使用先进的适应性控制算法如何能够提升能效等级，并相应提升性能优势。

顾及到特定应用可能会影响电机系统，使用适应性控制算法支持利用电机系统的全部能效。这样可以更全面地评定系统应对其使用环境 (无论是工业、汽车或带有严格要求的其它某些应用场景) 的能力，并更能够透过简单地参阅组成电机系统之不同组件的数据表，确保系统能有超越可能的多好性能表现。

为了达到最高能效，有必要映像完整电机系统的边界条件。诸如电机速度、电机加速度/减速度、系统温度、机械退化及供电电压等系统变量都需要顾及。采用的系统架构也会影响是否会达到预定性能目标。发生振动的可能性也是步进电机系统所特有的。产生的原因可能是电机运转频率太过接近于其自然频率。确保不会发生共振至关重要，否则电机可能失步，或者甚至停转。

### 电机控制系统

有两种基本类型的电机系统，它们是：

1. 开回路系统 - 在这种系统中，通常有必要以最坏情况电流驱动及速率分布 (velocity profile) 来激励电

机，因而能效实际上就不是设计目标。映像可能是一个很长的描绘 (drawn out) 过程，因为系统必须验证所有可能工作的变量 (从而避免可能的共振风险) —— 供电电压、温度、速率等。此外，在开回路系统中，可能会出现电机停转的精确定位 (pinpointing) 条件也会被证实极具挑战。

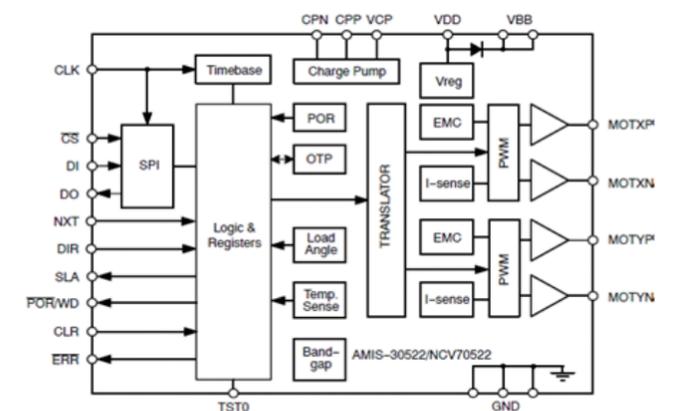


图 1：AMIS-30522 功能方块图

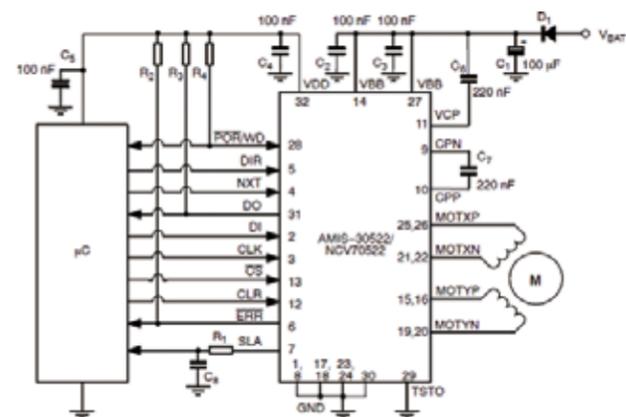


图2: AMIS-30522步进电机控制应用

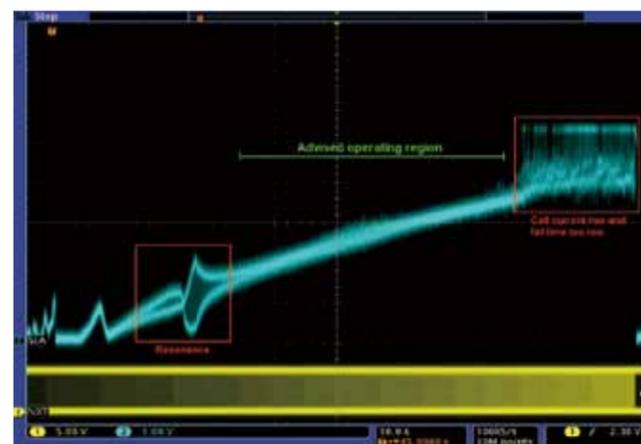


图3: NXT接脚频率扫描及SLA接脚监控图像

2. 闭回路系统 – 这些系统或是采用以传感器为基础的配置（使用光学或磁学感测机制），或是采用无传感器配置（往往检测在电机磁场运转的电机绕组产生的电压）。对于以传感器为基础的系统而言，在进行性能映像时，必须顾及传感器特性的变化。对于无传感器系统而言，采集的数据与电机的物理运转有关。这就简化系统复杂度并降低成本（因为不要求外部传感器），虽然要求更深入地了解电气-机械理论。

在无传感器系统中，通过使用后电动势（Back EMF），有可能采集电机系统的详细诊断数据。在不同电机驱动电流脉波之间，电机绕组在电机的磁场中运转时本质上会产生电压。

安森美半导体AMIS-30522微步控制IC（如图1及图2所示）的设计专门用于与双极步进电机一起使用，应用于汽车、工业、医疗及航海领域。由于它提供速度及负载角（SLA）输出，可以创建停转检测算法。AMIS-3522整合在Stegia的步进电机中，其SLA接脚的映射如图3所示。绘编

此图所用的数据是在对NXT频率输入进行频率扫描期间收集的。电机从左向右运转时，电机激励的频率上升，并且可以详细分析不同工作区。

AMIS-30522（及此系列其它组件）测量完整系统电机特性的能力为OEM设计团队提供了更高的能见度。它们并非仅能定位哪里可能出现电机共振，而是可以了解完整机械系统——其性能怎样因应涉及的众多不同变量的改变而变化，以及可能导致运行问题的区域。

电机系统可持续透过SLA接脚从电机绕组产生的电压取样，并在有任何对系统性能可能有不想要效应的问题时能快速作出响应。由于后电动势与转子速度直接相关，故可以利用它来测量输出轴上的外部负载，并对提供给电机的电流进行稳流。此外，创建能够快速检测进入共振区域的算法表示系统可以加速电机脱离此区域，直到它恢复安全速度。

图3左侧所见的红色区域代表的是系统的共振区域。这可能是多种不同因素导致的，如电机的实体安装或电机不同步之间的基础共振频率。这些区域通常是换向速度要避免的区域，而且可以轻易地通过后电动势方法来映射。这就可以减少电机系统的应变（strain），并降低可靠性顾虑。

图3右侧的红色区域代表的是电流驱动高于系统RLC时间常量的区域，导致电机绕组内有残余电流流动。这就提供了建议用于电机系统的最大速度限制。

推荐的电机工作区位于两红色区域之间。此外，这种映射技术可以用于发现停转状况，在此状况下电机不换向并因此产生后电动势。系统控制器透过配置电机激励期间的最小阈值可以轻易处理这种状况。

### 运用映像数据来优化系统设计

完成了映像流程及确定了最优速率分布后，就可以选择提供最佳总体性能优势的SLA值——这指的是系统的最高能效工作点。此前提到的变量（如电机加速度、电机速度等）可以动态调节，从而确保可以避免可能有损系统能效的问题（如共振）。

随着电机系统持续要求更高精度及更高可靠性，其对诊断回馈的需求无疑也将增加。这表示将需要高整合度、功能丰富的半导体方案来配合步进电机组件。由于无传感器控制回路系统可以提供本质上不是二进制的回馈，它们可以用于描绘电机详细的诊断信息，而不需要额外增加系统复杂度。这表示可以利用SLA输出的细微变化来在出现步损或停转状况前提供实时补偿。

www.onsemi.cn

# 使用FPGA降低功耗

助力移动应用  
在FPGA中的并行结构允许有效地执行一些功能，与微处理器实现相比，更加节省功耗。

作者：Gordon Hands，消费/移动产品营销总监，莱迪思半导体公司

在过去的20年中，FPGA器件的功耗已经有了显著的改善。如图1所示，在1995年，功能相当于今天最小的FPGA器件的静态功耗在0.5W左右（功耗不与时钟相联系）。到2002年，这个数字已下降到低于5mW，到2010年低于50uW。虽然静态功耗的下降不是很显著，通过降低工作电压和互连电容，动态功耗（功耗与器件的开关有关）较同期已经减少了10倍。

FPGA的并行逻辑特性对降低功耗呈现了一些有趣的系统级的时机。这些时机分为两大类。首先是一组信息轮询管理的应用，确定是否需要采取行动。基于逻辑的并行FPGA往往可以实现这个功能，比最常见的替代方法使用更少的功耗，即持续运行的微处理器，以确定是否需要对自己发生的事件采取行动。第二类是用于卸载任务的一组应用，在FPGA中用并行的方式可以更有效地实现各种任务。这能够使主微处理器工作在较低的频率。

低功耗与功能的结合让设计人员能够构建更低的功耗，导致创新的新的FPGA应用的主机。这些应用被广泛用于各种类型的设备中，从移动消费电子产品到安全和监控设备。设计挑战推动了采用创新的新方法，包括需要增加电池寿命，降低功耗，以满足新的环保法规。下面是一些例子：

### 移动电子设备的传感器集线器

常见的移动消费电子产品中的传感器的数量一直在增加，如智能手机和平板电脑。典型的传感器包括环境光、触摸屏，感应和加速度计。为了向用户提供他们所期望的体验，这些传感器需要持续的监控。然而，监控限制了应用处理器可以处于睡眠模式的时间。一些最新的FPGA具有低静态功耗，如莱迪思的可定制移动器件，他们能够在这些移动应用中用作传感器（图2）的预处理器。FPGA可以管理各种传感器的轮询，通常是通过I<sup>2</sup>C来完成的，并根

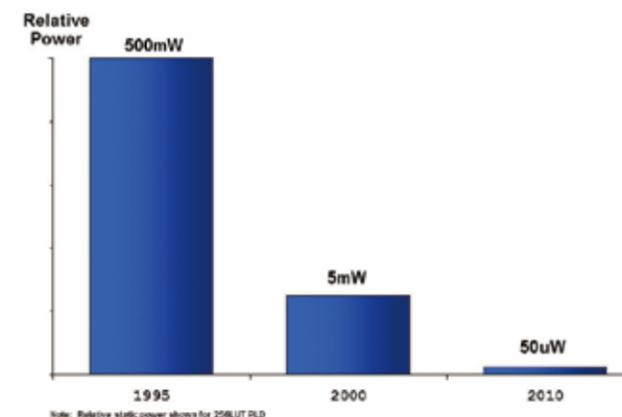


图1: 15年中FPGA静态功耗的降低

据情况确定是否唤醒应用处理器来应对此信息。

对这些输电线进行保护的最合适方式是综合利用安装在交流配电箱中的保险丝和大功率瞬态抑制二极管（TVS二极管）。

### 针对墙插式消费电子产品的Wake-On-LAN

许多消费电子设备，如电视、机顶盒和打印机连接到基于以太网的网络。常常希望通过网络使这些设备退出待机模式。这通常是通过发送一个所谓的“魔包”来实现，设备必须收到这个信息，模仿退出待机状态。然而，就额外的功耗而言，为了监测魔包而离开加电的微处理器子系统是有问题的。制定的最新环境法规往往将待机功耗限制为0.5W或更低。另一种方法是使用FPGA监测来自物理层设备的数据包，当检测到魔包时唤醒微处理器。

### 帧缓冲器

许多设备使用LCD或类似的显示器。这些显示器通常需要以预期的频率不断发送数据，通常每秒60次。如果不发送数据，屏幕将变为空白。这是低效的，因为有许多

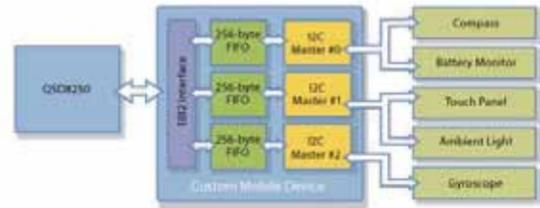
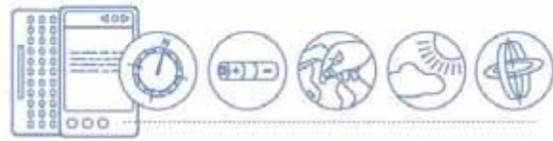


图2：针对智能手机的传感器管理

场合需要图像，但微处理器子系统可以处于待机状态。在工业应用中，这是常见的情况，触摸屏正在等待操作员输入。这种情况也常见于消费类电子产品，例如用户正在读取静态屏幕（电子阅读器的应用）。凭借FPGA的灵活的

IO结构，FPGA可用于建立帧缓冲器，适应不同的显示标准，如RGB和LVDS，以及存储器的多种选择，如需要缓冲数据的LPDDR、DDR1和DDR2。FPGA的逻辑可以用来实现定制算法，支持常规和需要缓冲模式之间的切换。

### 移动应用的图像处理

今天的移动设备越来越多地使用图像数据。可以有各种输入形式，如相机，或输出形式，如显示器。许多处理器增强功能通常与图像数据一起使用。在输出端，显示缩放经常需要支持次级输出，如电视机或监视器。另一种常见的功能是输出数据的旋转，响应用户改变该设备的方向。在FPGA中的并行结构允许有效地执行这些功能，与微处理器实现相比，更加节省功耗。在输入端，对手势识别的兴趣越来越大，这种兴趣正在体现于有效的图像分析。针对安全和监控应用，这一类功能已经普遍用FPGA来实现，现在是移动应用潜在使用的领域。

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

## 赛米控电路板赢得设计、印刷电路板和电子制造专业协会 FED 大功率 PCB 设计奖

全球领先的功率半导体制造商赛米控公司的 PCB 设计师 Michael Schleicher 赢得了设计、印刷电路板和电子制造专业协会 FED 颁发的大功率类别 PCB 设计奖。由六人组成的评委会根据 50 多项标准对这些设计进行了评估。赛米控设计的电路板战胜了来自德国、奥地利和瑞士的其他参赛者。

获奖的电路板是 MCB 组件（多转换器盒、用于汽车应用的基于 IGBT 的多驱动器单元）的一部分。所展现的组件包含 8 个以上的技术挑战，如空气间隙和爬电距离、环境温度为 105℃ 及低热输入条件下 11 个电源通道的载流量、蜿蜒的布局结构、模拟逆变器相电流测量、低阻抗电源和独立布线的总线。

“有了来自 Häusermann 技术的支持，我们能够为我们的客户找到完美的封装技术。HSMtec 电路板技术使得有能力在板上嵌入具有理想横截面和高精度定位的高压线路。去了解这些挑战并克服它们很有趣，” Michael Schleicher 说，“我也很高兴我的文献能获奖。”在他的获奖演说中，来自 FED 的主持人 Stephan Weyhe 指出完美文



Michael Schleicher 赢得 PCB 电路板大奖

献在电子设计中的最重要功能。在这样的背景下，评委会明确指出这份文献的质量是迄今为止竞赛中最专业的。

电路板设计者的工作影响着未来电路板生产的成本和质量及其装配和组装。设计、印刷电路板和电子制造专业协会 FED 今年首次颁发 PCB 设计奖，授予德语市场中的表现优异的电路板设计者。其他类别包括 3D/ 板型规格、HDI 和创造力。

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

## 泛华恒兴平台化软件解决方案诠释“柔性测试”技术

专访泛华恒兴软件组负责人、平台级软件设计师宫晨及产品工程师李巍

作者：刘洪，PSDC 主编

日前，北京泛华恒兴科技有限公司（简称：泛华恒兴）在京召开“测控平台化软件解决方案-X-Designer”产品发布会，泛华恒兴软件组负责人、平台级软件设计师宫晨先生及产品工程师李巍小姐与媒体分享了X-Designer设计理念和案例。

### “柔性测试”技术不是简单的系统集成

宫晨指出，信息技术日新月异，随着电子技术的发展，满足新测试需求的技术也在推陈出新，而利用计算机和网络等技术对传统产业进行改造已是大势所趋。“柔性测试”技术应运而生，它将测试测量解决方案或系统的实现作为一个整体来考虑，根据测试要求和测量对象，从应用角度出发来规划完整的测试平台，完成常规测试测量技术难以实现的测试要求，为各种测试测量需求提供完整的解决方案。

他介绍说，在实际工作中，测试测量解决方案的需求者在关注解决实际问题的同时，也会关注系统的精确性和可靠性。而这样的测试测量解决方案又需要运用多种相关技术和方法才能够实现测试系统的需求。这就需要测试测量解决方案的提供者具备多种行业的知识，同时具备多种技术的混合开发能力。但是，如果测试测量解决方案的提供者停留在对解决方案的实现上，不能从技术的层面形成积累和提升，就不能保证测试测量解决方案能够真正满足测试测量系统的需求。

那么，从这个角度看，“柔性测试”技术就是更加面向系统、面向应用的技术，它更加关注测试测量系统的实现过程。这也正是“柔性测试”技术的优势所在，它更趋近于测试测量的最终解决方案，其结果不是一个简单的产品，也不是简单的系统集成，而是专业、成熟的应用系统的平台化技术。

### 必须有完善的软件架构

宫晨介绍说，泛华恒兴推出的测控系统图形化设计平台（X-Designer）是基于柔性测试技术的测控软件设计平台的统称，是一个面向测试测量系统中数据采集分析、生产测试、数据管理和流程管理等关键环节设计的系统级平台化解决方案。

凭借明确的横向组件分工和从硬件驱动到应用层软件纵向的无缝兼容，X-Designer 平台体系全面解决了在测控系统设计中的复杂问题与众多难点，将系统流程管理中各个环节紧密的联系起来。面向复杂流程和对象应用领域，凭借测试测量行业背景和多年积累，融合整个开发、生产和维护各个步骤的软件需求，以平台化的软件体系提供专业组件和开放接口，提供统一而完备的系统级解决方案。

有了这种技术及相应的开发工具和平台环境，用户可以大大节省测试系统升级的费用和缩短升级的周期。



X-Designer 平台体系



三大产品解决三大阶段问题

### 三大产品满足三大阶段需求

李巍在向媒体演示 X-Designer 的各种功能时表示，X-Designer 全面支持公司自主硬件系列产品，对通讯类、数据采集类、存储类等几大类产品提供广泛的驱动支持，同时开放丰富的硬件接口和详尽的文档说明，极大地方便用户的开发需要。

李巍说，一个应用通常有三个阶段——设计、生产和维修。好的测控系统设计平台必须满足这三个阶段的不同要求。X-Designer 由三大产品——主体软件（DAQ On Demand、Test On Demand 和 Data On Demand）构成。在深入研发、模型验证、系统搭建、测试、数据管理等各个环节，凭借其支撑对用户需求细分，针对科学研究、生产测试和体系数据管理三个层面，提供了灵活而强大的系统设计平台。

三大产品可以解决试验数据的存储、检索、基于权限的安全共享等问题；试验数据的展示分析、结论的报告、试验经验的积累，从历史试验数据中进行数据挖掘、试验流程的规范化管理。

李巍强调，使用 X-Designer 可以帮助用户更富创造性地捕获其想法并创建测控系统，以分布式系统作为强大载体，可以随时了解项目情况，通过同时共享、编辑和数据信息（即使跨区域和时区）与其他终端高效互联，实现数据采集、实时分析、模型应用、算法验证实现、历史数据分析、报表生成、测试序列部署等等丰富而强大

的功能。

具体讲，DAQ On Demand 是一款数据采集分析设计软件，集数据采集任务配置、数据管理、信号分析、数据保存与回放、离线高级分析、在线算法编辑、界面定制、系统机制设计和报表生成等功能为一体的平台型软件。该软件基于计算机和其他专用测试平台的测量软硬件产品，帮助用户快速搭建灵活的、用户自定义的测量系统，并提供适应不同方向的算法工具包对现有平台的功能进行扩展。

Test on Demand 即测试流程控制管理软件，是面向测试系统设计需求，快速搭建流程测试系统的平台级软件。Test on Demand 为现有测试软件提供管理功能和工作平台，能够集成用户的测试代码并安排执行顺序以支持循环与复杂决策。借助 Test on Demand，工程师可以快速调用设备操作步骤，面向设备或面向信号设计目标测试需求所要完成的任务，通过单步调试和快速部署的方式完成测试项目的校验，灵活定制的报表生成工具为工厂的定制化提供极大地方便，协助工程师完成测试系统的搭建工作。

Data on Demand 即测试数据管理软件，是面向测试数据管理系统设计需求，快速搭建分布式数据管理系统的平台软件。测试数据经网络上传到服务器后通过数据库对数据有效管理并分发给系统中各个终端，实现数据的统一管理和分发，并通过查询调用算法进行数据提取，比对实现对历史数据的挖掘和信息化提取。

### 丰富案例解决实际测试问题

李巍最后介绍了 X-Designer 的许多应用案例。通用自动化测试系统案例的硬件几乎包括了所有常见的接口，可以在一个系统中完成芯片级到整机对象的测试。它同时可以测试多个被测件，故障诊断支持远程监控。

X-Designer 在应用中进行产品型号识别、数据管理，并在多工位测试中自动协调被测件的测试过程。

泛华恒兴在电源测试方面有很多经验，通用电源测试系统基于通用平台设计，结合专业的基于标准的电源测试工具包载入，通过硬件中间层设计提供灵活多变硬件组合，满足客户要求。通过海量连接接口设计，可以使被测件更换简单，避免烦琐的信号接入过程。

在新一代动车电路板测试系统中，泛华通过 Test On Demand 和 Data On Demand 的兼容为客户搭建了全产线自动化测试监控系统。由于这个平台兼容第三方平台，使搭建过程中全部采用客户原有的设备，为客户节省了一大笔开支。另外，Test On Demand 结合 Data On Demand 能够实现序列文件上传下载和版本维护。

泛华的其他应用案例还包括：硬件在环仿真测试系统、分布式采集监控系统、汽车传感器测试系统等。

### 为未来预留发展空间



记者注意到，X-Designer 的标识由红黄蓝绿 4 个颜色组成，而其组件由三大主体软件产品构成，剩下的黄色并没有体现。宫晨解释说，测控技术经过十几年的发展，其内涵、外延都在不断丰富和扩展，由于与 IT 产业的密切关系，测控技术也在走标准化和开放性的道路。泛华恒兴成立不过几年，其母公司泛华测控也不过 15 年历史，还有很长的路要走，还需要积累更多的经验（比如具有诊断功能的产品——Diag On Demand），才能在亮丽的黄色部分做出成绩，这个部分是泛华未来预留的发展空间，这就是人们常说的“艺无止境”吧！

[www.pansino-solutions.com](http://www.pansino-solutions.com)

# 反思电动汽车和电网与能源存储的电池管理



作者：David G. Morrison，编辑，How2Power.com

“随着电池行为建模和充电时间均匀性的改善，以及各种其他软件的进步，人们可以合理地预期循环寿命延长 30%，甚至更短的充电时间，以及其他各种性能收益。”

大型、高功率电池组预计将在两个技术革命中发挥核心作用。一个是通过进一步发展和采用电动和混合动力电动汽车实现汽车电气化。另一个是部署电网的基于电池的能量存储。但是，在这些技术可以大规模变革发生之前，电池技术必须提前提供性能、使用寿命，并且实现目标应用的低成本。

有很多关于电池发展的新闻，涉及电池化学或构造的改进，但 Element Energy 的 Eric Macris 和 John Bendel 最近的一篇文章解释了电池管理的创新如何可以对电池的性能和成本关键环节产生巨大的影响。

在他们的文章“硬件、软件体系结构提高了大型、电池供电系统的性能”中，它最近发表在 How2Power，Macris 和 Bendel 描述了一个集成的硬件和基于软件的电池管理方法，针对大型、多芯锂离子电池组，有望加倍电池循环寿命，同时还延长了电池运行时间（每次充电）高达 10%。

Element Energy 的电池管理系统的其他好处是电池化学的不可知方面，包括减少 30% 的充电时间、电池组内电压调节的整合，以及提高电池组安全性和可靠性的电池组单元格级别隔离的主动控制。

如 Macris 和 Bendel 的解释，控制大型、多芯电池组的充电和放电的主要挑战源于个别电池的特性退化，它通常连接在产生高电压的长串联中（图 1）。电池退化的一个重要影响的一些电池充电比其他电池快。无需电池管理系统的干预，这些快速充电电池可以导致过高的热失控点。在传统电池管理方法中，分流电阻并联切换快速充电电池，以防止其过充电，同时给其他电池达到满充电的机会。

作者解释说，这种传统电池管理方法有重大缺点。“它

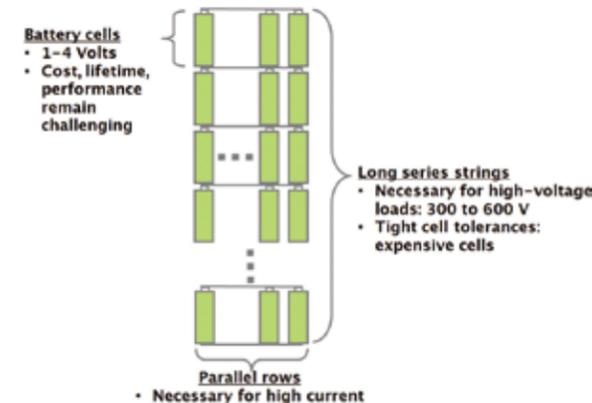


图 1：典型电池组，如正在开发的电动汽车和并网能源存储系统既昂贵，又短命，既大又复杂和受限。电池变化使电池组的整个生命周期退化。最终，导致电池组的性能和运行寿命受限。

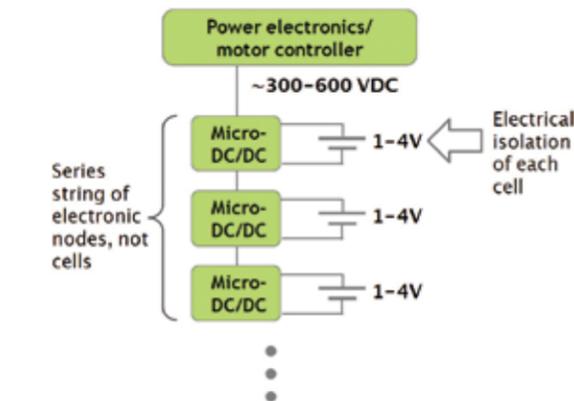


图 2：Element Energy 的集成能源管理系统采用 dc-dc 转换器来缓冲大型、多节电池组的每个电池，这可以独立管理整个电池组级电压和电流变化的每一个电池的电压和电流。

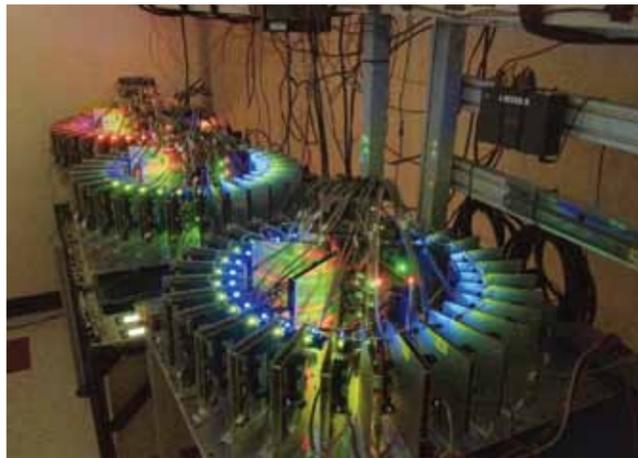


图 3：用 Element 的集成能源管理系统测试的电池组。

是针对电池之间问题的妥协解决方案。它仅为管理电池之间电荷平衡的均匀性提供了有限的机制。此外，它本质上迫使异种电池的执行，就好像它们是相同的——可以在一段时间实现一个目标，而以牺牲电池组寿命为代价。从长远来看，这样的架构加剧了电池之间的差异，缩短了电池组寿命；迫使它们提供类似强固电池的性能，随着时间的过去使微弱的电池更加微弱。这些脆弱的电池最终可终身管理电池组。”

凭借其新颖的系统架构，Element Energy 改变了使用分流电阻的常规方法。相反，它采用了硬件和软件的组合来连续优化每一个电池的充电和放电。在其架构中，一个 dc-dc 转换器可缓冲该系统其余部分的每个单独电池。这允许对每个电池的电压和电流独立管理整个电池组电压和电流（图 2 和图 3）的变化。通过连续调节每个电池的电气负载，Element 的集成能量管理系统最大化了整个电池组运行寿命的每个电池贡献的能量。这会导致前面提到的增加一倍的电池寿命。

根据 Macris 和 Bendel 的说法，这个系统可以用相对低

廉的元件实现。而硬件本身不会严重影响电池管理系统的成本，它也实现了一个新发现的灵活性。控制单个电池负荷允许电池管理抽象成系统架构的软件层，“充放电曲线可以针对电池组中的每一个电池真正独立和连续管理。”

Element Energy 对它的电池管理系统进行了一系列实验测试，测试了用现成的 18650 圆柱形锂离子电池组装的大型电池组。对照组电池组使用传统电池管理方法，而实验组电池组采用 Element 的集成能源管理系统构建。这些电池组的设计和构建、试验条件、结果和分析的全部细节已在 Macris 和 Bendel 的文章中提供，见 2012 年 12 月的 How2Power Today，网址 [www.how2power.com/newsletters](http://www.how2power.com/newsletters)。

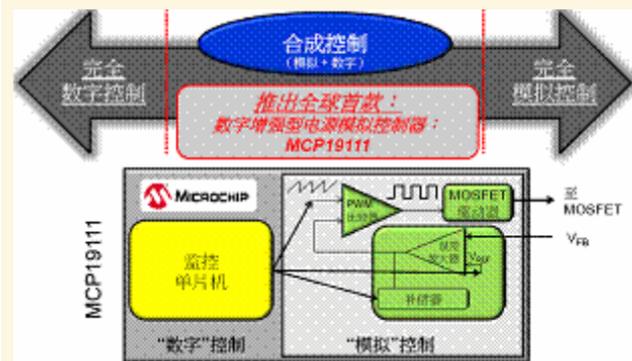
这些实验代表，该公司已对它的电池管理系统进行了第一次大规模测试。而这些实验支持了上述改进电池性能的要求，作者声称，这些初步结果只是其新技术开始获得的好处。作者指出，“随着电池行为建模和充电时间均匀性的改善，以及各种其他软件的进步，人们可以合理地预期循环寿命延长 30%，甚至更短的充电时间，以及其他各种性能收益。”

### 作者简介

除了写这个职业培训专栏，David G. Morrison 还在建筑物称为 How2Power.com 的电力电子门户。如果你正在寻找老旧的东西，不要访问这个网站。如果你喜欢发现免费的技术资源，可以帮助你开发电源系统、元件或工具，你一定要来这里。此外，如果你喜欢令人讨厌的弹出式广告，或注册后才能查看所有的好材料，也不要访问 How2Power.com。How2Power.com 旨在使设计工程师的头脑敏捷，所以它不提供以上的功能。订阅网站快速音乐游览和每月通讯、观看视频请访问 [www.how2power.com](http://www.how2power.com) 和 <http://www.how2power.com/newsletters/>。

[www.how2power.com](http://www.how2power.com)

上接第 4 页



数字增强型电源模拟系列：MCP1911

供应。MCP87018 预计将于 2 月份开始供应。MCP1911 控制器采用 5 mm×5mm 28 引脚 QFN 封装。MCP87030 和 MCP87018 MOSFET 采用 5mm×6mm 8 引脚 PDFN 封装。MCP87090 和 MCP87130 MOSFET 采用 5mm×6mm 8 引脚 PDFN 封装，以及 3.3mm×3.3mm 8 引脚 PDFN 封装。

此次发布表明，Microchip 正在数字电源和模拟电源之间开辟一条与众不同的路子，目的是用中压电源转换产品组合的扩展来支持更高的电压、更大的驱动电流，同时使模拟电路设计更为灵活。

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

# 全新设计



North America : Europe : China

功率系统设计：推动全球创新

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

# 演绎 28nm 成功的 2012

——Altera在京展示业界最全面28nm最新技术及强大解决方案



作者：刘洪，PSDC

日前，Altera公司在北京演示了目前业界最全面的28nm FPGA 器件系列产品所提供的灵活性与性能。来自中国最主要行业媒体现场体验了Altera 28nm FPGA产品系列如何帮助设计师实现更低成本、更高效能、更低能耗，为客户提供差异化的解决方案。该公司亚太区产品市场经理刘斌与媒体进行了交流，演示的技术和产品包括Stratix® V、Arria® V、Cyclone® V、SoC FPGA，以及OpenCL，继续引领28nm FPGA技术。

## 率先、唯一和领先

刘斌表示，Altera在2012年取得了一系列突破，进一步加强了在28nm领域的领先地位，彰显了无可比拟的性能、创新和生产优势。公司在2012年演绎了28nm的成功，这可以用率先、唯一和领先来概括：率先——在28nm全系列推出产品级器件（高端、中端和低成本28nm FPGA）；在众多的应用中实现了创新（28Gbps收发器、精度可调DSP模块、PCIe Gen 3、协议实现配置（CvP）等；发布了20nm技术。唯一——提

供FPGA自适应嵌入式软件工具包：Altera版ARM DS-5；投入OpenCL平台，提高了系统性能，灵活的进行移植。领先——SoC FPGA体系结构（现已提供器件）；收发器技术，数据速率最高、功耗最低，并且具有丰富的高级特性。

## 进一步满足28nm强烈需求

刘斌认为，客户总是希望实现尽早批量生产，以提高市场接受度和营业额。Altera致力于28nm FPGA的全线生产，并配合定制化的工艺技术、架构、收发器技术，能够帮助我们的客户更快地以优化的成本、性能、更低的能耗进行生产。我们有信心继续以领先的技术优势，帮助客户在市场取得成功，特别是工业、汽车、计算机、存储、广电等市场。

为了满足客户需求。该公司的Stratix® V在不到一年实现了从工程样片到产品的进程，所有系列型号都已投产；公开了基于批量产品的特征报告；以高端应用为主。在Arria V方面，推出了Arria V GZ，进一步扩大覆盖范围；70%以上的系列型号都已投产。Cyclone V实现了从工程样片到产品的快速移植（6个月）；量产成本最低、功耗最低。Cyclone® V SoC现在提供器件，产量迅速增长；全面的辅助系统支持，实现了快速开发。

## 确保产品性能和功耗

刘斌介绍说，第一款具有28Gbps芯片至芯片收发器的FPGA是确保产品性能和功耗的典范。它支持

新的CFP2 100G光模块连接，有唯一支持14.1Gbps背板的收发器，高级信号调理特性包括AEQ和DFE，增强EyeQ特性支持管芯仪表，2D均衡后眼图监视，展示了产品稳定性；提供基于批量硅片和电路板的背板特征数据。新推出的低功耗级Stratix V静态功耗降低了大约30%，而且没有牺牲性能。

他强调，十年来Altera一直成功推出具有收发器的FPGA，所有收发器IP都是自己开发的。

## 创新的SoC FPGA体系结构

2012年，创新的SoC FPGA体系结构进入了新时代。Altera开始发售Cyclone V SoC 110 KLE，为嵌入式系统开发人员提供了优选特性，如32位ECC保证了数据完整性；宽带存储器控制器具有内置存储器保护功能；灵活的启动能力；集成PCIe。虚拟目标功能帮助客户将应用软件导入到SoC中，节省了数月的开发时间。

Altera还推出了大幅度提高了效能的软件Quartus II/Qsys，为FPGA提供系统级设计工具；虚拟目标可在没有硬件/硅片时，工具也支持马上开始软件设计；Altera版ARM DS-5是业界第一款也是唯一一款FPGA自适应嵌入式软件工具包；OpenCL为软件编程人员提供的开放工作台，为主处理器提供透明而且功能强大的加速器。

在互联网上，  
是否有一个杂志网站  
帮助您探索技术资源的迷宫？



... 了解您所在领域的专家？

... 为您提供宝贵的职业机会？

而且是免费的资源？

# 请浏览

WWW.HOW2POWER.COM



## 200V

- 高端及低端
- 双输入半桥
- 单输入半桥



## 600V

- 单独高端输入
- 高端和低端
- 双输入半桥
- 单输入半桥
- 3相

## 1200V

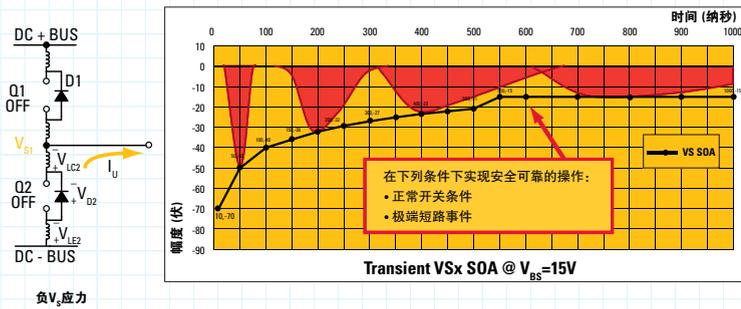
- 高端和低端
- 3相



# 您的门极驱动器举足轻重

这正是为什么IR公司如此重视门极驱动器的原因

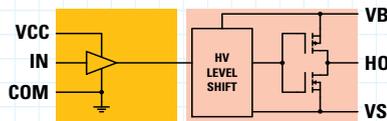
### 负瞬态安全工作区域



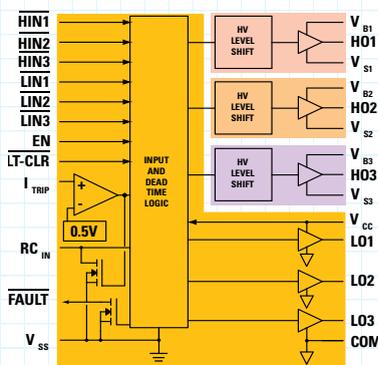
### IR公司优势:

- IR公司为单独的高端、半桥和3相拓扑应用提供了宽电压范围200V、600V和1200V门极驱动器IC
- IR公司的HVIC电路实现了对 $-V_S$ 故障条件的防护，从而提高了可靠性

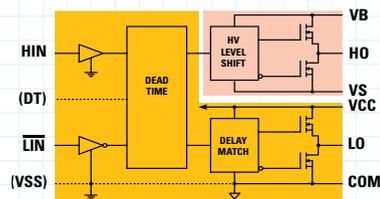
### 单独高端



### 3相



### 半桥(双输入)



如有任何查询，请利用IR网上 [客户关系管理] 回执与我们联系。  
网址：[www.irf.com.cn/contact](http://www.irf.com.cn/contact)

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

International  
**IR** Rectifier  
THE POWER MANAGEMENT LEADER