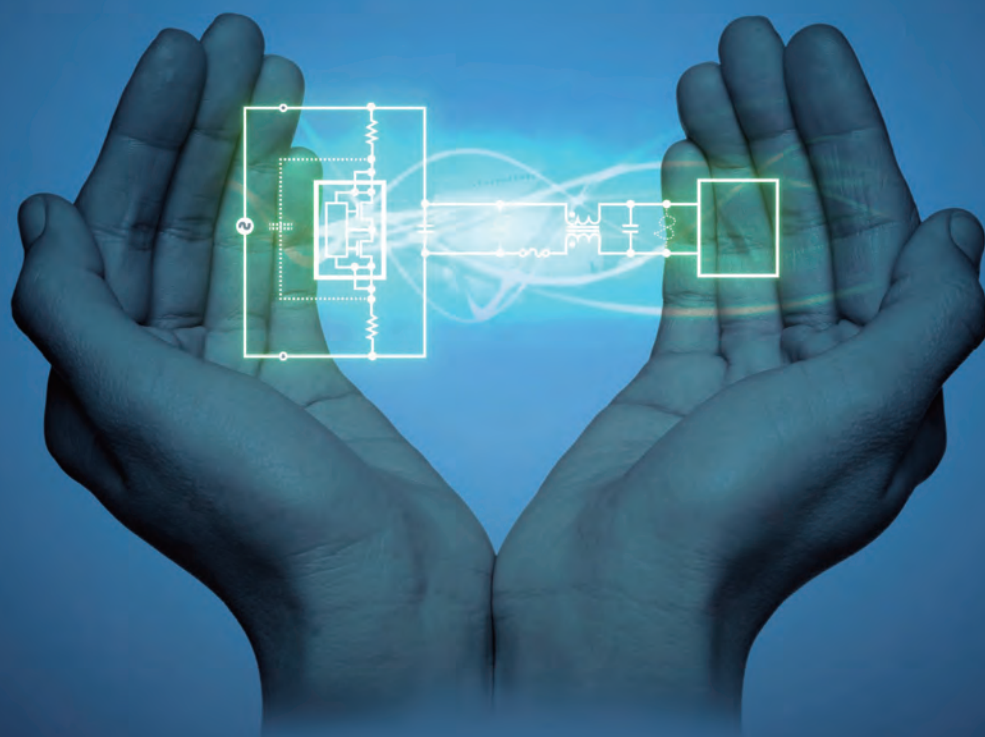




# 功率系统设计: 推动全球创新

## Making true multi-sourcing of digital DC/DC converters a reality



**MOUSER**  
ELECTRONICS

Authorised  
Distributor



**CUI INC**

特别报道: 消费电子/白色家电 (PG33)

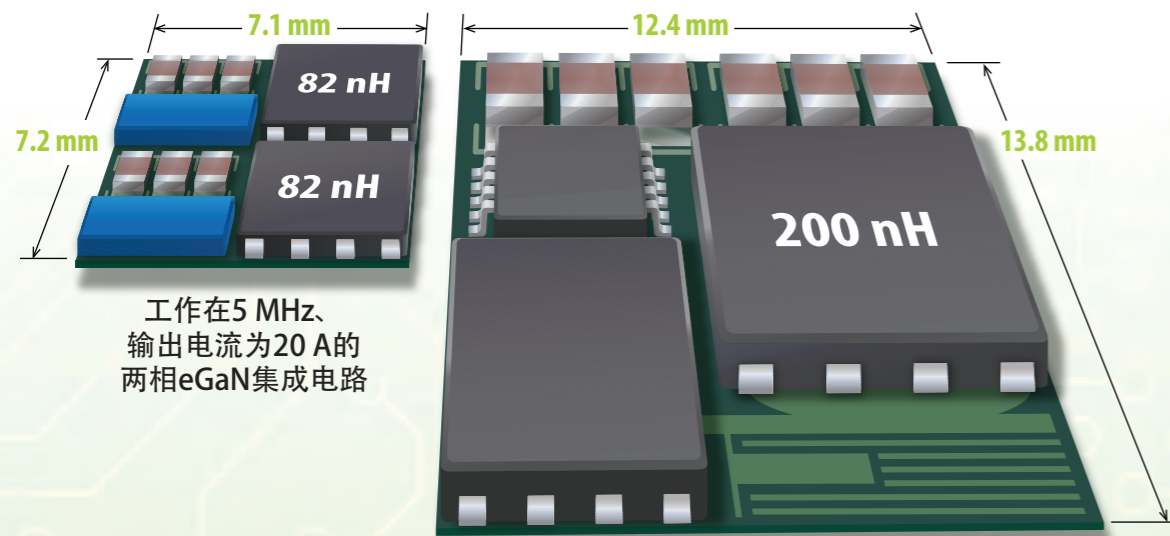


# 您所设计的是最先进的DC/DC转换器吗?

eGaN® 集成电路技术



## 采用eGaN集成电路节省70%占板面积



工作在5 MHz、  
输出电流为20 A的  
两相eGaN集成电路

工作在1 MHz、  
输出电流为20 A的  
单相MOSFET器件

器件型号	V <sub>DS</sub>	配置	5 V <sub>GS</sub> 时的 R <sub>DS(on)</sub> 最大值 (mΩ)	Q <sub>G</sub> 典型值 (nC)	Q <sub>RR</sub> (nC)	I <sub>D(脉冲)</sub> (A)	半桥式开发板
EPC2100	30 V	双路 不对称	8 (Q1) 2 (Q2)	3.5 15	0	100 400	EPC9059
EPC2102	60 V	双路	4.4	6.8	0	215	EPC9038
EPC2101	60 V	双路 不对称	11.5 (Q1) 2.7 (Q2)	2.7 12	0	80 350	EPC9037
EPC2103	80 V	双路	5.5	6.5	0	195	EPC9039
EPC2105	80 V	双路 不对称	14.5 (Q1) 3.5 (Q2)	2.5 10	0	75 320	EPC9041
EPC2104	100 V	双路	6.3	7	0	165	EPC9040

### 立即购买!

[www.epc-co.com](http://www.epc-co.com); [www.epc-co.com.cn](http://www.epc-co.com.cn)

eGaN® 是Efficient Power Conversion Corporation宜普电源转换公司的注册商标。



## 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 新闻热点**  
船舶电力——面临的挑战是什么?  
作者: Patrick Le Fèvre, Powerbox
- 6 市场观察**  
跟上消费者的脚步  
作者: Kevin Parmenter, PSD 撰稿人
- 7 设计指南**  
使用超级电容器的能量收集  
作者: Pierre Mars, CAP-XX
- 12 技术访谈**  
意法半导体让驾驶更加智联  
作者: 刘洪, PSDC 主编
- 15 特别报道:**
- 10 封面故事**  
先进分布式电源  
作者: Mark Adams, CUI 和 Mark Patrick, Mouser Electronics
- 17 技术特写**
- 17 电源测试**  
高成本效益实用系统方法解决器件单元测试电源电流失效问题  
作者: Antonio R. Sumagpang Jr. 等, 意法半导体
- 24 功率器件**  
eGaN 与硅的对比  
作者: John Glaser 博士和 David Reusch 博士, Efficient Power Conversion
- 28 便携应用**  
使用可变电容改善智能手机的天线效率  
作者: Victor Chan, 安森美半导体
- 31 电源设计**  
让电源设计简单到极致  
作者: 本刊根据 Intersil 演讲整理
- 34 消费电子 / 白色家电**  
小型加速度传感器实现家电、工业设备或体育健身设备高性能、小型化  
作者: 本刊根据 ROHM 演讲整理
- 36 现代电磁炉要求紧凑与高效的解决方案**  
作者: Giuseppe DeFalco, 英飞凌科技



封面故事  
先进分布式电源



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)

**40** LAPIS Semiconductor 无线产品进军中国市场  
作者: 本刊根据 LAPIS 演讲整理

**44 绿色视点**  
解决物联网设备充电难题



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.powersystemdesignchina.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@powersystemdesign.com

合作出版人

Julia Stocks  
julia.stocks@powersystemdesign.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.powersystemdesignchina.com

英文网站:

www.powersystemsdesign.com

移动网站

www.PSDmobile.com

版权所有: 2017年1/2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:  
www.powersystemdesign.com/subscribe-psi-magazine?f=ch

第十三卷, 第一期



## 探讨无芯电源转换技术

**最**近, 从欧洲传来消息, 一家名为Powerbox的公司开发出了一种“无芯电源转换技术”, 据说它可以在强磁场环境中应用。我在网上搜了一下, 此前居然没有这样的技术。

作为欧洲最大的电源公司之一, Powerbox40多年以来都在给高要求的应用提供最佳的解决方案, 在该领域里一直处于领导地位。其推出的无芯电源技术在医疗电源和工业设备应用中已经得到运用, 比如在高磁场环境如磁共振成像或粒子加速器等。为了优化效率和调整电压, 使用最新技术的高频拓扑开关并配备特殊固件的数字控制, Powerbox的GB350 降压转换器模块, 它的材质结构可以让它暴露在2到4T的高辐射磁场环境中仍然能安全工作, 这是此类型电源模块中第一个可以实现此功能的。GB350提供350W的输出功率, 在要求更高功率时可以并联使用从而降低EMI。

医疗和工业应用, 如磁共振成像(MRI)和粒子加速器(PA)产生高磁场诱导的RF能量, 当研究和工业上若要成像或者粒子加速则需要激活氢核。现代磁共振成像系统通常会产1.5至4T辐射, 这使传统的使用铁氧体材料的电源由于MRI磁干扰能量转移使得电感饱和而无法使用。为了防止电磁寄生, 传统上电源都被屏蔽在手术室外。由于电源

安装的远, 这需要较长的电缆, 又会造成功率损耗, 而最新一代的测量设备, 在快速瞬态负载条件下需要稳定和控制严格的电压, 这也是一个巨大的挑战。

为了减少能源消耗, 并保证所需的设备的质量, 系统制造商现在集成本地电源使其接近负载。然而, 将设备直接放在辐射磁场则需要一个创新的电源解决方案, 这就是“无芯电源和一个艺术级的开关电源”。

为了应对这种需求, 保证最高的效率和在任何负载的情况下控制严格的输出电压, Powerbox的GB350无芯电源完全由数字处理器控制, 从开关参数(如死机时间和优化占空比)到输出电压特性, 管理着整个电源。为了保证较高的灵活性, 当设备厂商更新硬件或软件时可以对电源重新配置, GB350微控制器可以用从数字接口下载的优化的文件编程。

Powerbox的首席技术官Tomas Isaksson称, 结合最新技术的数字电源和非常先进的无芯能量传递, GB350是Powerbox定制电源解决方案的一个重要组成部分。随着超过3500个客户定制电源交付, 依赖于强大的技术平台, 比如医疗磁共振成像设备大大缩短了上市时间, 这一点非常重要。

刘洪  
功率系统设计主编  
powersdc@126.com



## 服务机器人 让日常生活更轻松

服务机器人为全世界数以百万计的人提供了帮助——从做家务到帮助病人, 老年人或残疾人。但是, 从设计角度来看, 它们的援助和由此产生的与人类密切互动带来了独特的挑战。耐用和可靠的服务机器人还必须能够感知人类和他们的需求——英飞凌的专业解决方案可使这些功能成为可能。

您的受益:

- ▶ **强大**——OptiMOS™和StrongIRFET™提供更多电力
- ▶ **轻而紧凑的设计**——最低 $R_{DS(on)}$ 的英飞凌功率半导体器件, 如OptiMOS™、StrongIRFET™和CoolMOS™均有助于实现最高功率密度并减少冷却元件
- ▶ **安静**——功能强大的微控制器和传感器提供平稳而安静的电机控制
- ▶ **降低系统成本**——采用优异性价比的半导体器件
- ▶ **简单的控制方法**——采用定制图形用户界面(GUI)DAVE™, 通过微控制器(XMC™)和快速软件实现
- ▶ 英飞凌是满足您所有服务机器人设计需求的一站式半导体商店

所以, 欢迎访问我们的一站式半导体商店, 用我们提供的方案和元件来提升您的服务机器人设计。



有关详细信息, 请访问

www.infineon.com/service-robotics



# 船舶电力——面临的挑战是什么？

作者：Patrick Le Fèvre, 首席市场营销和传讯官, Powerbox

我们都知道汽车行业从事的自动驾驶汽车和所有令人兴奋的项目，但很少有人听说过没有操作人员的无人驾驶船和经营从码头到码头的大型船队的船只导航项目（图01）。但在项目的早期阶段，如通过智能网络（MUNIN）的海上无人机导航和针对未来发展的试验台的开发。考虑到无人船需要从发电机到单负载点的极端可靠性，电源设计师面临的挑战将远远超出我们所知道的任何事情。

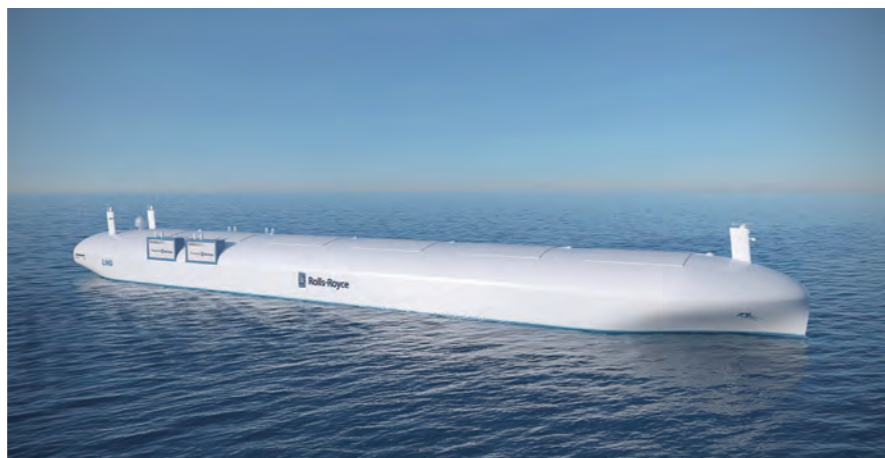


图01：劳斯莱斯无人船项目（来源：劳斯莱斯）

## 船舶电力的科技进步

针对无人驾驶船舶的未来电源仍处于定义之中，但重要的是要了解海洋部分的特异性，这是环境和法规的特殊性。

由于业务的性质，部署在航运和海上设施的产品和系统的要求比目前陆地工业和办公环境的要求更严格。此外，适用于海洋工业的国际法规和标准非常复杂，需要深入了解应用和它将在哪里操作。电源设计者必须知道很多海洋特定的电压分布，结合DC和AC网络、安全监管和许多其他东西，如“工作区”，其船舶和商品运输的性质可能是完全不同的。

## 区域

一般在船上分为两个区域：“桥甲板和开放甲板区”和“一般电源区”，这基本上是船舶的所有其他空间。

例如，每个区域的特定要求是电磁辐射和抗扰性（EMC）。开放甲板和桥甲板区对电磁辐射和电磁兼容性有着额外的要求，因为许多敏感设备位于这里，如通信、雷达和导航设备。这些针对辐射的EMC要求远低于已知的EN55022 B级，且测量开始于10 kHz，而不是通常的150 kHz。

机械和气候要求的限制也高于平均工业应用。振动水平上升到4g很常见，较大的温度波动从25°C到+70°C，而相对湿度高的地方不能排除冷凝。

## 规则

人们常说：每个有海事部门的国家都有其当地认证的认证中心与具体要求，迫使电源设计师跟踪将安装电源的最终应用。一般来说，还有一组常见的标准和资格认证程序，所有国家认证都具有类似的根源，虽然，国家与国家和海事部门有所不同，也有一些日益复杂的非常具体的要求。困难是“共同标准”与具体标准没有实际比例，要求电源设计师开始任何新的项目都要在设计任何东西之前通过大量的文件审查。

为了建立一个可持续工作方式，以确保电源解决方案在全世界都可以利用，海洋电源设计师将要求组合来自所有海洋建设和运营的国家活动，以建立一个有等价和具体行动重大偏差的交叉引用表（即冲击和振动的更高要求）。一旦建立了这样的等价表，就选择了每个类别最苛刻的要求，并作为最后电源设计、验证和认证的参考。这样做是与最终客户密切合作，降低尚未专业化（under-specified）电源和错过最终认证的风险。

从这个设计方法，结合深入了解当地标准和法规实现满足国际和地方要求的测试协议。然后，此测试协议被应用到所有产品，以简化最终审批，但同时，电源可用在任何国家的更换或系统升级。

通常，海洋客户期望电源遵守、认证并加盖 Germanischer Lloyd (GL) 的型式认可标志，不过，还要满足必维国际检验集团 (BV)、劳埃德登记 (LRS)、美国航运局 (ABS)、挪威船级社 (DNV)、韩国船舶登记局 (KR) 和许多其他公告机构的扩展认证。

## 以较小的尺寸产生更多电力

随着嵌入式电子产品数量的增加，海洋工业需要在更小的空间里有更多功能。如今，船东希望尽可能多地为乘客和船员提供宽带互联网连接，尽可能与岸上的功能相同。

此外，例如内置监控的位置跟踪系统需要非常紧凑的电源，在无风扇的密闭环境中运行。这样的电源必须采用传导冷却，高度重视耗散元件的放置和优化传导冷却（图02）。



图02：Powerbox PT571——为密闭环境冷却传导设计优化的海洋级电源

对于大多数配电系统，电源单元最好是卡式的，它安装、维护和升级更简单。“海洋盒”通常固定在 DIN 导轨上，虽然船舶行业的电气设计人员要求电源是独立的传导冷却，可安装在船上任何地方，这意味着对于嵌入式电源，设计必须针对传导冷却高度优化（图03）。

在较小的盒子中封装更多电力、优化传导冷却需要高度集成的电源电路。效率应尽可能高，因为小外壳也意味着冷却表面较小。采用最新的谐振电路和开关控制方法，可实现高达95%的效率，虽然电源设计师都在探索新的技术，如数字控制和氮化镓（GaN）功率FET，瞄准效率更高的平坦曲线，从而保持从很低负载到



图03：Powerbox PT577——内置ORing二极管的卡式海洋级电源

高负载的高效率。所有新技术的探索（通常船舶在海洋上）都要求非常高的可靠性，新技术必须在极端条件下进行验证。这是一个持续的过程，这也是未来的无人驾驶船舶在运行过程中几乎不可能维护的强制性要求。

可靠性和零停机时间是规则。为此，电源应该能够并联冗余运行。很常见的是添加外部ORing块（通常以类似电源的尺寸），它与电源电气互连。这种传统方法在趋于消失，电子并联电路内置于电源本身。在电源单元添加功能可节省更重要的设备架的空间，而且增加了电源设计人员在更小封装中集成更多东西的要求。

## 海洋的下一步是什么？

现有海洋工业的电源解决方案已证明了其鲁棒性和国际合规性。电源设计师正在探索新的技术，以永久性提高效率，降低功耗和散热。无人船将需要高水平的可靠性，将接近神话“故障为零”，能够从中心办公室控制和监控电源（图04），这可能是在地球的另一边。对于电力设计师来说，结合开关技术、热管理、控制和智能技术，将是



一个惊人的挑战。我们正在接近一个新的时代，电源将变得自我控制，能够诊断故障的早期迹象，应用纠正措施。这是一个梦想还是现实？在我看来，这已经开始，很快就会实现！

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

## 参考资料

通过智能网络（MUNIN）的无人值守的航海<http://www.unmanned-ship.org/munin/>

# 跟上消费者的脚步

电力电子必须与个人电子产品共存



作者：Kevin Parmenter, Power Systems Design 撰稿人

消费电子市场在不断增长，但它总是处于一种不断变化的状态。在这个巨大和竞争激烈的市场中，你必须要有最新的功能和特性，最好的、易于使用的界面，如果你的产品是昨天的新闻，消费者就不会购买。消费市场的典型速度为3-6个月，因此，一旦新机型推出，你最好为它们提供最新的技术。

因为安全和质量的失误极其昂贵，赌注也很大。想象一下，航空公司告诉你的客户，他们不能把你的某些型号的产品带上飞机，负责会罚款处罚，或从飞机中卸下。

从电力电子行业的角度来看，我们都在使用安全标准IEC60950。但是，现在取而代之的是IEC62368。这个新的基于风险的标准涵盖了音频/视频、信息和通信技术设备，所以我们了解所有有关它的内容义不容辞。

消费类电子产品设置和使用的图形用户界面和聪明的制造商也注意到了这点。一个有趣的东西的更好的界面，消费者期待用户友好的界面无处不在。

例如，现在一个护士或实验室技术人员期望在他们的200美元的手机上与20万美元临床化学分析仪一样好的相同直观、可靠、高分辨率图形触摸屏界面。

由于提供了连接的可能性和计算能力价格下降，消费电子将继续迅速扩大。例如，直到最近，一个车库门开启装置并不被认为是一个消费电子产品，但现在开启你的车库门的界面可以连接到云让你操控门，并在它上升和下降提醒你——而且你可以看那里的温度。其他的例子包括灯泡和恒温器，都得益于智能家居Wi-Fi连接产品。

在你读到这篇文章时，世界上最大的电子展——消费电子展（CES）已经开幕，但是主题已经公布：连接，特别是5G；无人机；虚拟现实；自驾车辆；GPU（图形处理器）；身临其境的娱乐，包括视频和音频产品；消费者便利性产品；可穿戴设备，当然还有IoT和IoE。半导体公司也将出席，推销针对主要消费垂直市场的参考设计。

没有人知道我们会看到消费产品的未来，但它将是激动人心的。

我们确实知道的一件事是，随着这些应用的增长和改进，它们将需要供电和/或充电。

这将需要我们电力电子行业的所有人共同努力，向前迈进。



# 使用超级电容器的能量收集

高效和有效的能量存储是推动物联网的关键

作者：Pierre Mars, CAP-XX

环境拥有丰富的能源，因此，能量收集器是物联网（IoT）应用的理想电源，无需更换和处理电池。然而，小型能量收集器往往无法提供所需的数据收集和传输的峰值功率。让我们来看看如何使用一个用能量收集器充电的超级电容器提供小型太阳能电池所需的峰值功率的案例研究。

典型电源架构有一个能量收集器，提供一个超级电容器与电容器直接供给负载的充电电路。在其峰值功率脉冲期间，超级电容器的高C和低ESR可保持负载功能足够稳定的电压。

## 能量收集器表征

在你预期的条件下，实验验证来自你的能量收集器的功率。例如，一个明亮的办公室约500lux，但是太阳能电池功率通常在50,000 lux（夏季），或100,000 lux（1KW/平方米）。以你需要的亮度级，在太阳能电池阵列两端连接一个电位器和电流检测电阻，从开路到短路改变电阻，测量每一步产生的电流和电压，推导一条V-I曲线和可用峰值功率。在选择你的太阳能电池阵列时，在峰值功率点

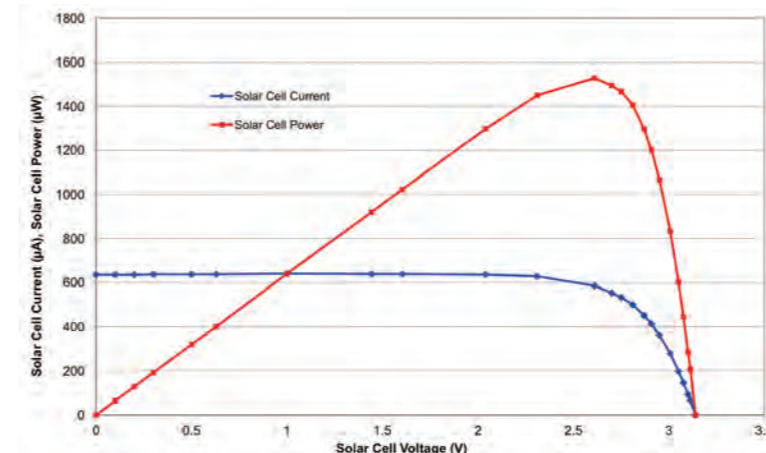


图1：在典型光照条件下太阳能电池阵列的V-I曲线

考虑开路电压和电压——由串联电池数量决定，约0.65V/cell，这决定了可能的充电IC（受输入电压范围限制），以及是否使用单电容（2.75V max）或双单元超级电容器（5.5V max），以及如何连接到物联网应用。图1显示了在约500 lux，在2.6V峰值功率=1.4mW时，这个案例研究中使用的太阳能电池的V-I曲线。

能量收集器为超级电容器充电提供低平均功率，然后提供定期或零星的峰值功率，采集和传输数据。来自能量收集器的可用功率设定功率预算：

$$IoT \text{ 功率} \times \text{占空比} = EH \text{ 平均功率}$$

设定物联网应用多久报告来满足来自你的能量收集器的可用功率预算。

## 超级电容器性能

超级电容器是一个能量收集器和比能量收集器可以提供的要求更多功率的负载之间理想的功率缓存，由于：

- 低ESR有助于高功率传输
- 高C支持所需时间的峰值功率需求
- 低漏电流，重要的是不浪费可用低充电电流
- 简单的充电
- 单节高达2.8V，适合运行在1.8V – 2.5V范围的许多应用。双节可以串联使用电压高达5.5V
- 针对物联网应用薄外形，特别是可穿戴设备

一个例子是CAP-XX HA130，其尺寸是20mm x 18mm x 1.7mm，800mF，60mΩESR、2.75V，典型漏电流1µA。有机电解质电容器比含水电解质超级电容器的泄漏电流更低，但需要48小时电压衰减到最终泄漏电流水平。

## 超级电容器充电

超级电容器的充电比电池更简单，只需要充电电流和过电压保护，而非恒流恒压充电模式。

超级电容器从 0V 充电，且由于其低 ESR 和高 C，看起来就像是个对充电电路的短路。

超级电容器充电电路必须：

- 从 0V 开始充电
- 优美表现地进入短路
- 提供过压保护
- 防止超级电容器从放电回到源
- 被设计为最大效率

大多数能量收集器具有高输入阻抗，因此将在 0V 直接进入超级电容器充电，提供短路电流。

如果配置了太阳能电池阵列，因此：

目标超级电容器充电电压 < 应用光线水平的太阳能电池开路电压 < 最大超级电容器电压



图 2：最简单的超级电容器太阳能电池直接充电电路

那么，最简单的充电电路是图 2，因为超级电容器不能过压。当光线消失时，D1 防止超级电容放电到太阳能电池。在低电流时，选择了 BAT54 低正向电压和低反向漏电流。

### 替代路径

最大限度地提高效率的另一种方法是使用一个有最大功率点跟踪 (MPPT) 的升压转换器。IC 改变输入电流，以保持太阳能电池在其峰值功率点附近，在光线水平下降时仍然为超级电容器充电，以使太阳能电池电压 < 超级电容器充电电压。我们选择了 TI 公司的 BQ25504，因为它在运行输入时只需要 15μW 和 330mV，仅 10μA 输入电流效率就达 80%。图 3 显示了我们的电路。

然而，我们发现这种 IC 不会从 0V 开始充电超级电容器，并没有以正常行为方式进入短路。它使一个放电的超级电容器损坏了电池。为了克服这个问题，我们用 M2 旁路了 BQ25504，直接充电超级电容器到 1.8V。最初 M1 和 M2 的栅极为高，源极 M2 = 0V（放电的超级电容器），而 M1 的源极为高（太阳能电池的开路电压开启 M2 并关闭 M1）。当超级电容器达到 1.8V 时，U1 的输出变低，关闭 M2，开启 M1，超级电容器由 BQ25504 充电。

图 4 比较了两个充电电路。BQ25504 电路充电 2.4 小时，而直接充电电路要 3.5 小时。直接充电电路简单、成本低，但缺点是充电

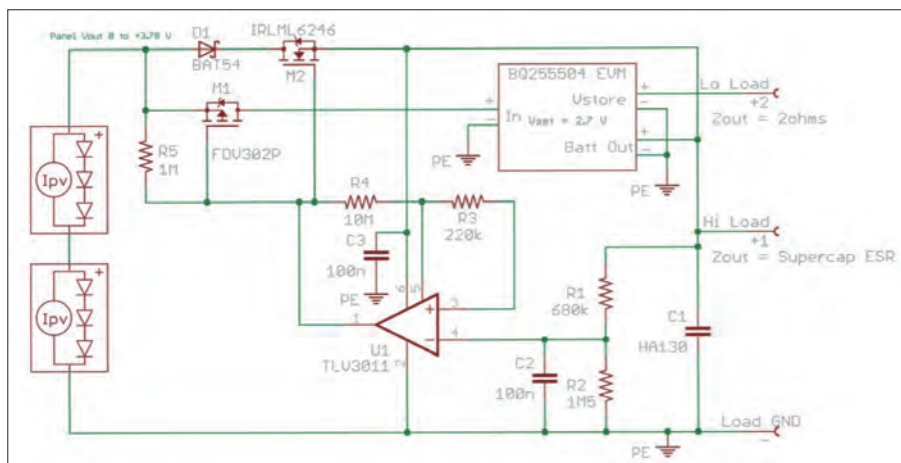


图 3：通过有 MPPT 升压转换器的太阳能电池为超级电容器充电

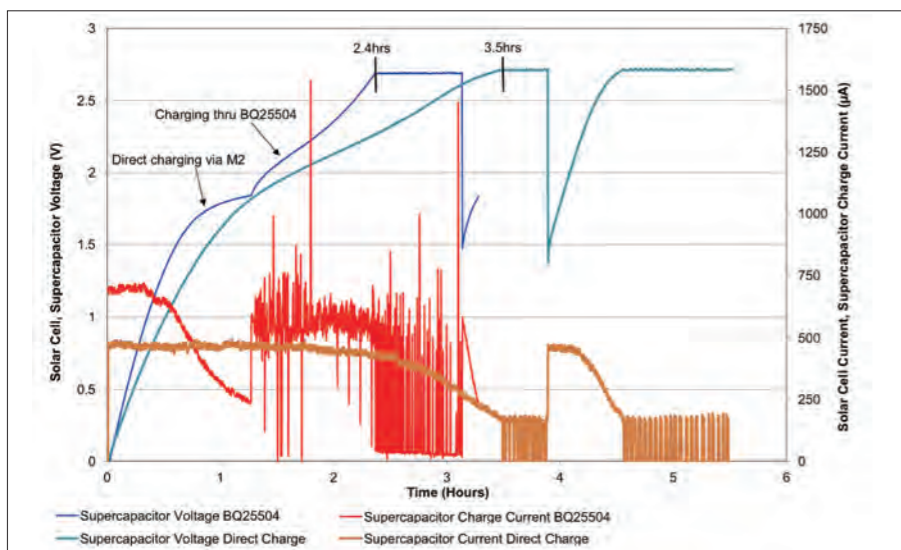


图 4：直接充电和通过有 MPPT 的升压转换器充电的比较

时间长 1.1 小时 (45%)，而如果光线水平下降，超级电容器不充电，使太阳能电池电压 < 超级电容器电压 + D1 的 VF。

升压转换器电路具有最大化太阳能电池输出功率的优势，而且即使光线水平下降，使太阳能电池电压下降到约 130mV，超级电容器仍然充电，而且只有当光线在初始充电期间充足时通过 M2 将超级电容器充电到 1.8V。

### 调整超级电容器

在调整时，可考虑超级电容器的 ESR。Vi = 超级电容初始电压。在峰值功率事件中，如果负载消耗恒定电流 IL 持续时间 T，那么最终电压：

$$V_f = V_i - I_L \cdot ESR - I_L T / C$$

对于恒定功率要求 P，持续时间 T，那么能量 = PT。随着超级电容器电压降低，负载电流增大到使 P = VL·IL 常量。让 Vint\_f = 最终内部超级电容器电压，不包括由于 ESR 的电压降，那么

$$V_{int\_f} = \sqrt{(V_i^2 - 2PT/C)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$V_f = V_{int\_f} - I_L \cdot ESR \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$P = V_f \cdot I_L \quad \dots\dots\dots(3)$$

其中 Vf 是最终负载电压，包括 ESR 上的电压降。组合方程 (2) 和 (3) 我们得到：

$$P = (V_{int\_f} - I_L \cdot ESR) \cdot I_L \text{ or } I_L^2 \cdot ESR - V_{int\_f} \cdot P + P = 0 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{解 (4), } I_L = \frac{V_{int\_f} \pm \sqrt{V_{int\_f}^2 - 4 \cdot ESR \cdot P}}{2 \cdot ESR} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Vf 是由方程 (2) 给出，代替方程 (2)、(3) 和 (5) 和来自方程 (1) 的 Vint\_f。选择 C 和 ESR，这样 Vf > 运行应用所需的最小电压。随着时间推移，允许超级电容器老化余量是 C 损耗和 ESR 增加。

### 总结

高 C 和低 ESR 的超级电容器是使用低功率能量收集器实现功率峰值 IoT 应用功率缓冲的一个理想选择。我们探讨了有太阳能电池的超级电容器充电电路的原理与案例研究，以及如何调整超级电容器。

[www.cap-xx.com](http://www.cap-xx.com)



# TDK 技术 推进电能解决方案。

- 高纹波电流用铝电解电容器
- 高达 8 kA 电流的电磁兼容性 (EMC) 和正弦滤波器
- 风力发电机用高 H 特性的稀土磁铁
- 具有长可靠性的压敏电阻和气体放电管

[www.tdkchina.com](http://www.tdkchina.com) · [www.epcos-china.com](http://www.epcos-china.com)

# 先进分布式电源

## 使真正多源数字DC/DC转换器成为现实

作者：Mark Adams, CUI 和 Mark Patrick, Mouser Electronics

DC-DC转换器模块已经存在很长时间了，可以在今天各种应用的功率转换级中发现。随着它们的使用演变为不断变化的应用需求，所以也改变了构建它们的设计方法。

这些趋势之一意味着，为了保持转换效率，在分布式电源架构中，必须尽可能接近负载进行最后阶段的电压转换。负载点（POL）转换器通常为一个微处理器或可编程逻辑器件如 FPGA 供电，这种方法提高了整体功率转换效率，此外还提高了系统布线或长 PCB 走线产生杂散阻抗的输出电压稳定性。

随着分布式电源架构的使用越来越普及，所以没有必要提供不同电压轨，形成了稳压和非稳压，以及中间母线架构（IBA）概念（见图1）。

### 寻找正确的解决方案

随着 DC-DC 转换器模块成为许多设计的一个基本组成部分，客户越来越关注供应链的可靠性，并需要二源等效器件。电源行业协会在推动制定标准来解决这些问题。

在大多数情况下，开发的规范解决了那时的重要问

题，确保了设备的标准机械占用空间和输出功率、输入电压范围、标准等的核心电气特性。通常所适用标准是一种特定类型的转换器，如稳压或非稳压。它们没有解决发生在转换器模块本身的问题，如转换拓扑结构，制造来自另一个制造商的 DC-DC 转换器的过程并不像表面上那么简单。

在两个相关趋势组合撼动了 DC-DC 功率转换市场之前，这些标准满足了行业的第二采购转换器需要。第一个是用于功率转换应用的数字信号处理器件催生了数字 DC-DC 转换器的创造。能够精确影响控制回路的转换过程意味着你可以动态改变输出电压来适应负载条件。在领先半导体厂商联盟建立一个标准通信协议来数字监控和控制电源转换过程后不久，这一技术趋势很快得以补充。形成了行业标准 PMBus 协议。

应该简单地提及，考虑第二个来源模块的另一种方法是在应用中设计一个分立的 DC-DC 转换器。虽然在低功耗或极为敏感的大批量应用中分立设计有它们的优点，但工程专业知识和上市时间正在成为“制造对购买方程”越来越多的因素。

有能力设计一个高效转换电路是经验丰富的电力系统工程师，其中的人很少。另外，由于开发过程的本质，由于错综复杂的设计和实现所需的成果所需专门知识，这是不可能的。

### 拥抱数字

在过去几年，嵌入式开发人员已经越来越多地采用数字 DC-DC 转换器。像 FPGA 这样的复杂可编程逻辑器件现在需要先进电源管理功能，如器件排序和控制升温速率，以正确进行操作。另外，空间受限应用的压力有了电路板空间，需要优先减少外部组件，这些数字转换器是最合适的。

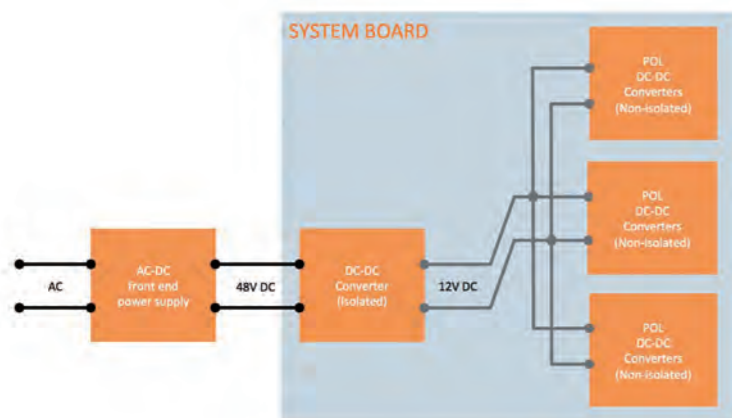


图1：在同一个板上采用 PoL 转换器的中间母线架构（来源 AMP Group）

共享特性，如模拟控制 DC-DC 转换器中的普通电源开关和输出滤波器，数字器件明显受益于实时控制适应负载条件变化的灵活性。通信、监控、控制持续实施了行业标准 PMBus。

提高功率转换系统整体功率效率也是关键。使用数字电源模块也简化或有助于许多其他方面的电源系统设计，包括有功均流、电压排序、跟踪、软启动和停止，以及同步。在数据网络应用中这是特别重要的，因为功率预算随所需数据吞吐量而增加。在低数据量期间期间能够调整转换器仍然有效并以较低时钟速度运作至关重要。

在低负载，电源相对低效，导致过多的能源消耗和产生热能，不良的技术可导致金融和环境后果。通过实施包括中间母线和 POL 转换器的数字控制回路，中间母线电压可以根据不同负载动态变化。POL 转换器的输入电压可以在低负载的情况下调整，加大低负载转换效率。

一个数字 POL DC-DC 转换器的例子是 CUI 的 NDM2Z-50（见图2）。这种单输出转换器输入电压范围在 4.5 至 14 VDC，可编程输出电压范围从 0.6 到 3.3 VDC，能够提供多达 50 A 输出。配备的一系列 PMBus 控制等功能，如电压跟踪、同步和相张（phase-spreading）与监测关键操作参数，这种高效、紧凑的转换器模块提供了垂直或水平格式。

动态电压缩放（DVS）等技术可以用来节省能源。如果计算资源的需求减少，那么处理器的时钟频率连同它的电源电压也可以减少。通常，开环功能的 DVS 可以通过使用一个简单查找表来匹配处理器计算需求的预定组合的频率和电源电压。

作为闭环功能运行的另一种方法是自适应电压缩放。AVS 相比 DVS 更为先进，可适应传递到处理器的电压，考虑其时钟速度和计算加载需要的最低要求。

在图3中可以看到通过 PMBus 控制数字转换器开关频率的好处。本例中，利用了上述 NDM2Z-50，突出了在所

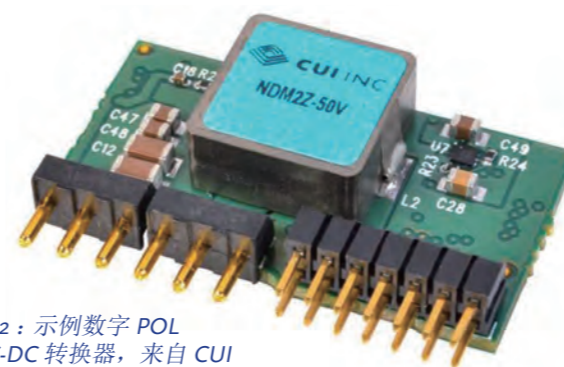


图2：示例数字 POL DC-DC 转换器，来自 CUI 的 NDM2Z-50（CUI 提供）

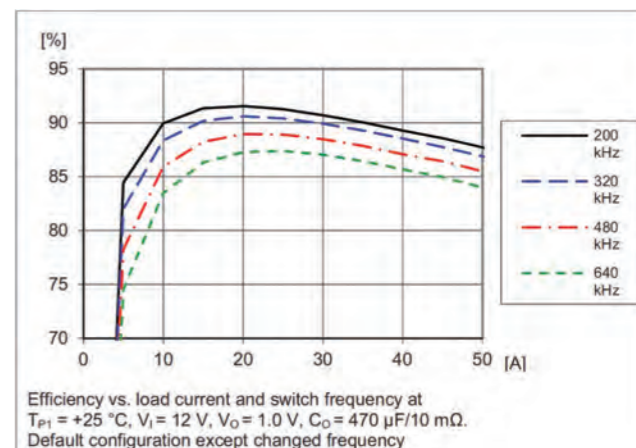


图3：开关频率对一个给定负载条件效率的影响

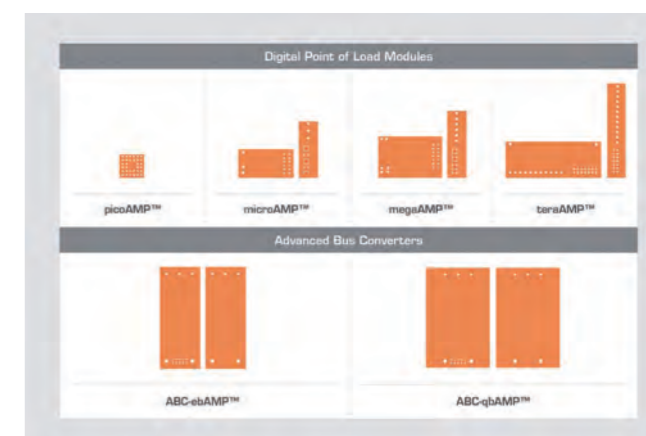


图4：AMP Group 标准

有负载条件下开关频率的运行效率的影响。这需要考虑上下文的其他参数，如输出电压和瞬态响应，以收集一个给定负载和电压输出所需的最有效转换器设置的完整观点。

数字转换器也可以纳入补偿回路的能力，调整闭环控制回路的频率响应，以达到最佳瞬态响应，而不影响稳定性。在此之前，创建补偿网络需要大量时间来完善，包括使用试错技术，由于温度和元件老化一些东西容易发生变化。

在过去十年中，半导体工艺技术的进一步发展带来了新的处理器件，同时提供了飞跃计算能力，也挑战了对电力的需求。不再是调节公差测量范围在  $\pm 10\%$ 、 $1\%$  的水平已成为规范，现在的公差值为  $\pm 0.5\%$ 。由于数字电源，下一代硅器件也提供半导体厂商更好的收益率。如 FPGA 的器件可以进行优化，分级理想核心工作电压。

毫无疑问，行业采用的标准有助于第二来源的过程。随着业界流行输入和输出电压的共识，这主要表现在可能直接替代机械和布局规格的情况。然而，复杂的电源管理

下转44页

# 意法半导体让驾驶更加智联



作者：刘洪，PSDC 主编

日前，意法半导体（ST）在北京举行Accordo5产品发布会。意法半导体大中华及南亚区汽车产品部市场应用总监Edoardo MERLI和意法半导体汽车产品和分立器件产品部车载信息和信息娱乐市场经理Fabrice GUERRIER分别介绍了意法半导体汽车产品业务近况，以及最新产品将如何帮助下一代信息娱乐系统取得市场成功；同时，还邀请了合作伙伴共同进行了产品展示。

## 引领车载信娱革命

Edoardo MERLI 首先介绍了快速变化的汽车市场。他表示，更安全、更智联、更环保是汽车市场的三大趋势。更安全包括辅助驾驶 / 自动驾驶、增强视觉、精确定位、主动安全、随动转向车灯 / 自动制动；更智联包括车间通信 / 车路通信、车载信息娱乐系统集成手机、增强信息服务系统 / 车险管理系统、数据和视频流传输、网络安全；更环保包括汽车电动化、高效发动机管理、绿色生态导航、高效 LED 灯。

他说，车联网是数字技术引起的一场汽车工业革命，车联网为驾驶者提供实时交通信息、行驶路线和娱乐内容，同时还有助于缓解交通拥堵，提高公路驾驶安全。ST 是世界领先的智能驾驶和物联网及解决方案提供商，一直引领车载信息娱乐革命，让汽车更安全、更环保和联网能力更强；帮助实现智能工厂、智能城市、智能家居和智能硬件。ST 掌握汽车工业革命所需的全部关键技术数字 IC、模拟器件和功率芯片，同时拥有先进半导体制造技术、应用知识，以及重要合作伙伴、客户和独有 IP 设计。

作为世界领先的全球化、多元化汽车半导体厂商，ST 深耕汽车半导体市场 30 余年，其 2015 年汽车产品收入为 21 亿美元。汽车产品包括：汽车微控制器、信息娱乐和车载信息服务系统、V2X 车载车路通信、雷达和视觉 ADAS、汽车传感器、功率和智能功率管理。在以下一些领域均位于全球第一：发动机管理、智能功率、24 GHz 雷达、ADAS 安全芯片、中低端车载信息服务系统、汽车音频放大器、全球导航卫星系统和信息娱乐系统。

Edoardo MERLI 认为，中国是 ST 的重要市场，中国 2015 年产量为 2460 万辆，是最大、增长率最快的汽车市场，2016 年预计增速在 6% 以上。国产车企通过推出新车不断提高市场份额，SUV 和 MPV 增速高于其它市场。另外，中国政府强推新排放标准和新能源汽车，功率管理和智能功率管理应用会有增长机会。而自动驾驶市场有望强劲增长，ADAS、V2X、主动安全系统、防碰撞、危险报警和紧急呼叫等相关安全功能迎来增长机会。在中国国产汽车上，ST 解决方案正让汽车变“聪明”。

那么，什么是更加智联的智能驾驶呢？Edoardo MERLI 解释说，它需要把我们的个性化娱乐和互联体验带到汽车环境，并确保其安全好用；同时让汽车之间相互通信（V2V）和汽车与公路基础设施通信（V2I）。而更加智联的驾驶技术需利用处理器（音频、车载信息服务和 V2X）、调谐器、传感器、功放、无线通信等各种功能。

ST 的 EyeQ4™ 第四代视觉处理器采用其 28NM FD-SOI 制造工艺，EXTENDS EYEQ™ 处理性能优异。第四代具有这样一些特性：被检测目标更多、更准确；自动驾驶所需的更多功能，自由空间估算，公路轮廓重构；监测环境因素；深度分析路况，支持自动悬挂、转向系统调节；

实现高度自动化车辆。

此外，ST 还提供远距离和近距离雷达系统，使用两类传感器实现车辆四周全覆盖；130 万像素高性能 HDR 图像传感器与集成先进实时 HDR 图像信号处理器的多用途系统芯片，有助于客户开发安全、先进的汽车摄像相关应用；以及车载信息娱乐和信息服务。

ST 专注于到 2020 年增加 7 亿美元市场机遇的互联汽车，正是出于车载信息娱乐和信息服务的智能汽车核心技术的重视，才得以开发出 Accordo 5 这样的新产品。

## 让中低端汽车体验高端功能

Fabrice GUERRIER 表示，ST 发布的新一代 Accordo 产品家族能够满足显示屏音频播放、数字化仪表盘及音频 / 视频 / 导航（AVN）系统、多媒体主机和智能手机投影显示屏等应用系统对显示控制、图形处理和数据安全性的严格要求。高集成度让具有智能手机投屏等功能的全数字仪表盘和多媒体主机下探到中低端汽车；高性能多核架构确保图形和音视频质量出色；片上专用安全微控制器，内置密码算法加速硬件，确保数据安全处理于业界领先水平。



他详细介绍了 Accordo 5 的特色，他是一款 Display Audio 智屏互联应用处理器，具有风格的智能手机投屏、出色的 3D 人机界面，支持后置摄像头、显示倒车影像及超高分辨率，与 ST 音频调谐器和功放配合效果最佳。其智能手机投屏合作伙伴包括 SYMBIO、AllGo、cinemo 和 Abalta。

Accordo 5 也是一款影音导航系统处理器，性能强大的图形处理器可满足 3D 导航应用需求，播放本机视频，是 ST GNSS 接收器和航位推测算法引擎的最佳搭档。导航和媒体

## Best-in-class infotainment processor for all classes of vehicles



管理合作伙伴包括 cinemo、NNG 和 CIDANA。在信息娱乐方面，ST 也有好多合作伙伴。

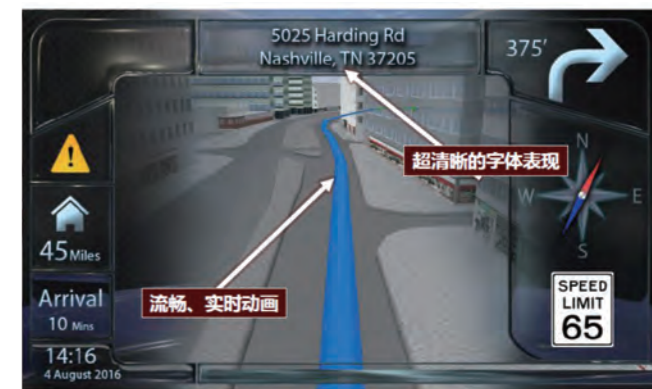
Fabrice GUERRIER 特别介绍了 Accordo 5 作为液晶仪表盘及抬显图形处理器的强大功能。性能强大的图形处理器可确保 3D 指针平滑无锯齿；显示数据完整性检验功能确保符合功能性安全标准；安全实时操作系统控制图形应用；内置支持完整 Autosar 操作系统的 CortexM 内核；良好的生态系统、丰富的人机界面开发工具。

Accordo 5 图形性能在于业经验证、多方支持和表现力强。例如，在液晶仪表盘方面，ST 与汽车电子 LCD 仪表盘图形处理 IP 供应商芯原（VeriSilicon）合作让中低端汽车实现了高端功能。

Fabrice GUERRIER 在介绍 Accordo 5 功能特性时表示，Accordo 5 产品家族是意法半导体取得市场成功的 Accrodo 产品线的最新一代产品，集成 ARM® Cortex®-A7 处理器，各项参数领先于市场上其它品牌的数字信息娱乐芯片。Cortex-A7 架构不仅尺寸小，而且性价比高，运算处理性能优异，访存速度快。Accordo5 系列为设计人员提供多种配置选择，单核 Cortex A7 支持外部 16 位高性能 DDR3 存储器，以及双核 Cortex-A7 支持外部 16 或者 32 位高性能 DDR3



流畅的动画+着色效果+优秀的细节层次



流畅的动画+着色效果+优秀的细节层次

存储器。

据介绍, Accordo 5 虽然主打中档汽车市场, 但是 500MHz 3D 图形处理器内核使其图形处理性能远超过同级产品。系统架构支持 1080p 分辨率的 2D 和 3D 图形, 常用格式包括 OpenVG、OpenGL ES-2.0, 具有图形效果功能, 例如, 灵活的多达四图层混合和视频覆盖功能。多格式视频子系统提供图效后处理功能, 例如画中画。高性能音频 DSP、六个立体声模拟声道和支持多个工业标准的音频接口使提 Accordo 5 具有非凡的音频性能。内置显示控制器支持全高清分辨率的 TFT-LCD 触屏。

新产品家族进一步强化了安全性, 内部集成一个 ARM Cortex-M 微控制器, 专门管理数字仪表盘与汽车网络之间的 CAN 接口的安全。Accordo 5 芯片集成三个 CAN 端口, 其中一个支持最新的 CAN FD 高速传输标准, 片上硬件密码加速器支持 SHA-2、PK 和 AES 加密算法, 一次性可编程 (OTP) 存储器用于保存主密钥, 防止数据被恶意篡改。这款微控制器的待机电流极小, 整个芯片的

功耗都经过精心优化, 从而最大限度降低对汽车的电池消耗。

关于其它的先进技术, 更高的热耗散 - 执行性能比有助于简化热管理设计, 提高运行可靠性; 灵活的信号布线可简化音频设计。

以安全为例, Accordo 5 汽车芯片集成一个高性能安全微控制器, 可保护多媒体主机与汽车网络之间的连接通信安全。这款安全微控制器内置启动代码鉴权、安全互连和高性能数据加密等功能。Fabrice GUERRIER 认为, 用图形界面的数字仪表盘代替传统的机械开关旋钮、按键和指示灯, 可以让驾驶者更方便地了解汽车状况和车辆周围情况, 数字影像主机可提升驾驶安全性和便利性。Accordo 5 汽车处理器通过高成本效益的单片解决方案提供最先进的功能, 让汽车企业能够将这些好处提供给更多的客户。

会后, ST 的一些合作伙伴还展示了他们开发的一些汽车应用解决方案。

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

## 基于 eGaN<sup>®</sup> FET 的开发板展示 eGaN FET 具备超快速转换速度特性

### 在自动驾驶汽车可实现优越的激光雷达 (LiDAR) 系统性能

EPC9126 开发板基于具备超快速的转换速度特性的 eGaN FET, 可通过大电流脉冲及低至 5 ns 的总脉宽来驱动激光二极管, 从而提高激光雷达系统的侦测资料的素质, 包括侦测资料的准确度、精度及处理速度。

宜普电源转换公司 (EPC) 宣布推出 EPC9126 评估板。该板是基于 100 V 大电流脉冲激光电源设计, 可驱动激光二极管。在自动驾驶汽车的激光雷达系统中, 侦测目标物体的速度及准确性非常重要。EPC9126 评估板展示 eGaN FET 具备快速转换速度的特性, 与等效 MOSFET 相比, eGaN FET 可以高达快十倍的速度提供功率脉冲来驱动激光二极管, 从而提高 LiDAR 系统的整体性能。

EPC9126 开发板旨在驱动激光二极管, 备有参考接地的氮化镓场效应晶体管 (EPC2016C)。该晶体管由德州仪器公司的 UCC27611 栅极驱动器驱动。EPC2016C 的最高电压为 100 V, 脉冲电流可高达 75 A, 总脉宽可以低至 5 ns。如果使用者需要更大电流, EPC9126 可以配备 100 V、额定脉冲电流高达 150 A 的 eGaN FET (EPC2001C), 开发板

为装贴激光二极管所需, 提供多个可选并具备超低电感的连接, 以及可利用电容器放电 (装运时配备), 或由电源总线直接驱动二极管。开发板并没有包含激光二极管, 它需要由使用者提供, 从而对不同的应用进行评估。

PCB 的设计是把功率环路电感减至最小而同时保持装贴激光二极管的灵活性。板上备有多个无源探头 (passive probe), 可测量电压及放电电容器的电流, 以及备有为 50 Ω 测量系统而设的输入及传感器的 SMA 连接器。此外, 使用者可以使用可选的高精度窄脉冲发生器。

最后, EPC9126 可以在其它采用参考接地的 eGaN FET 的应用中发挥其效能, 例如 Class E 或其它相同的电路。

[www.epc-co.com.cn](http://www.epc-co.com.cn)

# 大联大第二届创新设计大赛 圆满结束



作者: 刘洪, PSDC 主编

日前, 致力于亚太地区市场的领先半导体元器件分销商——大联大宣布, 第二届“大联大创新设计大赛”(WPG i-Design Contest) 于12月2日在北京圆满落幕, 感谢白金赞助商恩智浦半导体以及黄金赞助商美光科技为大赛提供强有力的支持。在祝贺获奖的参赛团队成为未来中国电子行业的中坚力量之外, 更对他们未来的发展表达极大的关注。

“中国制造”向“中国设计”的转型, 是国家产业升

级的刚需, 也是加强竞争优势的必然。大联大管理层认为, 来自在校学生的积极参与将极大提高中国电子产业的活跃度, 同时学生在设计竞赛过程中也可开拓视野、打磨自身设计能力, 成为未来中国电子产业的新生力量。大联大控股在成功举办第一届且也是业内首次以“智能飞行器”为主题的大学生创新设计大赛之后, 再次成功举办以“创造未来智能生活好管家”为主题的第二届“大联大创新设计大赛”。大赛从 2016 年 4 月起面向全国所有大专院校在校



生公开招募参赛团队，消息一经公布即收到了来自清华大学、北京大学、哈尔滨工业大学、厦门大学、电子科技大学等 128 支团队的报名，其项目有智能看护机器人、安防机器人，到智能汽车管家、智能家居中控系统，几乎涵盖了家庭用机器人所有的相关领域。

除得到在校大学生的积极响应之外，本次大赛更是得到了来自国内“产”、“学”、“研”、“用”等领域的极大关注，其中包括大赛的支持单位中国半导体行业协会、中科院微电子所、中国物联网研究发展中心，以及白金赞助商恩智浦半导体、黄金赞助商美光科技的大力支持。大联大作为大赛的唯一主办单位更是为各个参赛团队提供资金、技术和器件上的全力支持。除免费提供的开发板、所需器件、购买组件的费用和高额奖金之外，在海选进 40，40 进 20 和决赛准备阶段邀请大联大和赞助商的资深工程师，以在线交流的形式将他们丰富的设计经验和对产品深刻的理解传授给参赛团队。正是来自多方的支持与配合，本次赛事在历经 8 个月的激烈竞争后，顺利闭幕。



决赛现场的评委除有来自大联大各个集团的资深技术工程师外，还有来自北京大学，清华大学，北京航空航天的教授。各评委在认真听取决赛团队的现场答辩、逐一观看设计作品展示，并对设计原型的创新性、实用性给出精彩纷呈的点评，竞赛结果公正、客观、可信。历时一天的现场角逐后，最终夺冠的 Ctrl 代表队作品“智能桌面管家机器人”项目将细腻的生活体验、创新的设计思路和周全的工业规划相结合，体现了目前大学生在电子产品工业化设计领域的最高水平；获得第二名的厦影代表队作品“基于增强现实的智能家居系统项目”，与第三名的蓝色大地代表队作品“六足球形可变形机器人宠物”项目则让评委和与会观众体验到当代大学生耳目一新的想象力和创造力。而最佳人气团队奖则由现场的观众点赞选出，花落位列第四的光辉岁月团队，人气作品为“基于‘互联网+’



的校园送餐机器人”。

获得第一名 Ctrl 代表队的彭志辉同学说：“非常感谢大联大为我们电子专业的大学生提供了展现自己的舞台。通过这次比赛，除了让我们将想象变为现实之外，更体会到设计电子产品的乐趣、艰辛和获得认可之后的喜悦。这是我们从象牙塔走向社会的一次难忘的经历。”

大联大副董事长曾国栋先生表示：“大联大作为全球最大的代理商之一，有义务和责任推动整个电子产业的发展，而培养未来 ICT 领域的中流砥柱更是重中之重，他们代表了未来。”，他说“我谨代表我个人和大联大对支持这项赛事的各个机构和厂商表示感谢，你们今天的付出推动了中国 ICT 产业的发展。”

大联大控股还将不在远的未来以贴近产业应用的热点为主题继续这项赛事，请拭目以待。

[www.wpg Holdings.com](http://www.wpg Holdings.com)



# 高成本效益实用系统方法解决 QFN-mrBiCMOS 器件单元测试电源电流失效问题

作者：Antonio R. Sumagpang Jr.、Francis Ann B. Llana、Ernani D. Padilla，意法半导体

## 摘要

本文探讨一套解决芯片单元级电测试过程电源电流失效问题的方法。当采用 QFN-MR(四边扁平无引线-多排引脚封装)的 BiCMOS(双极互补金属氧化物半导体)芯片进入量产预备期时，电源电流失效是一个进退维谷的制造难题。

本文介绍了数种不同的失效分析方法，例如，数据分析、实验设计(DOE)、流程图分析、统计辅助分析和标杆分析，这些分析方法对确定问题的根源有很大的帮助，然后使用统计工程工具逐步滤除可变因素。

本项目找到了电流失效问题的根源，并采用了相应的解决措施，使电源电流失效发生率大幅降低，与主要竞争对手旗鼓相当。最终，这个项目只通过优化公司内部资源，就提高了封装测试总体良率，而没有增加额外制造成本。

这些改进措施还提高了产品质量，降低了客户投诉质量问题的风险。在全部解决措施落实到位后，随着量产成功，该项目节省制造成本 38.25 万美元。

## 1.0 前言

为了能够在技术快速变化的半导体工业中生存，不管是企业内部用户，还是外部市场客户，半导体厂商必须在客户心目中树立良好的形象，这是半导体企业保持市场竞争力和品牌价值所面临的巨大挑战。“满意度”是建立良好客户关系的关键要素。相反，不能让客户满意的业务是无法持续下去的。

QFN-MR(四边扁平无引线-多排引脚封装)是意法半导体卡兰巴工厂产量的最大的产品，对公司财务业绩贡献率很高(按照全球评估标准)。

不过，为同一客户生产同一产品，有些外包厂(外包厂 1 和外包厂 2)在产品质量上却更胜一筹，这迫使卡兰巴

工厂必须自我改进。

产品 1 是 QFN-MR 产品，在量产预备阶段，电测试电源电流总失效率不合格，总良率损失达到 5.2%。产品 1 是意法半导体卡兰巴工厂的一个新产品线，需要给大客户留下交货快的印象，但是不能牺牲产品质量，因此，需要找到造成产品缺陷的主要原因。事实上，解决这些问题将会给卡兰巴工厂量产类似产品平台带来改良机会。

### 1.1 产品 1 配置

产品 1 是一款采用 VPLGA 封装的 BiCMOS 芯片，用于控制硬盘驱动器的电机运行。这里 VPLGA 代表超薄格栅阵列四边扁平无引线-多排引脚塑料封装，封装厚 0.90 mm，引脚 88 个。目标应用包括纤薄型电子设备和计算机硬盘驱动器的电机控制。

图 1 是产品 1 的封装示意图。

### 1.2 BiCMOS 半导体制造技术

BiCMOS 芯片由五层组成。NiPd(镍钯金)是最后一层金属层，互连线就打在在这一层上。

### 1.3 QFN-MR 无胶带引线框架封装

无胶带四边扁平无引线封装是一种引线框架封装载体(平台)，利用后工序蚀刻，在载体上形成引脚面积。与其它的类似微型封装相比，无胶带 QFN 封装给意法半导体卡兰巴工厂带来更好实惠，例如，引线框架成本低，支持多排引脚，兼容铜线，无胶带载体，晶片切割速度快。

### 1.4 产品 1 封测全部流程

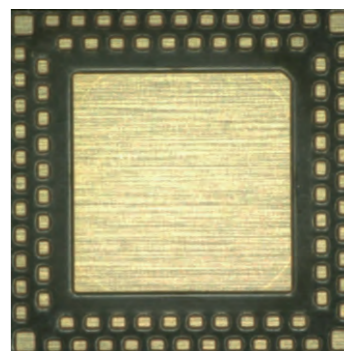


图 1：VPLGA88 产品配置 / POD。

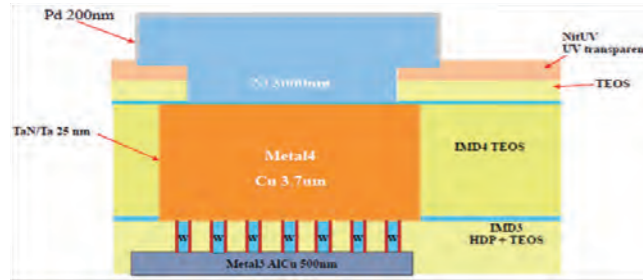


图2: BiCMOS 半导体制造技术。

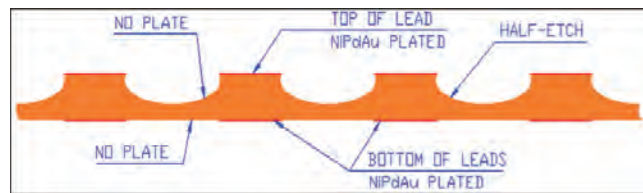


图3: 无胶带 QFN 引线框架配置。

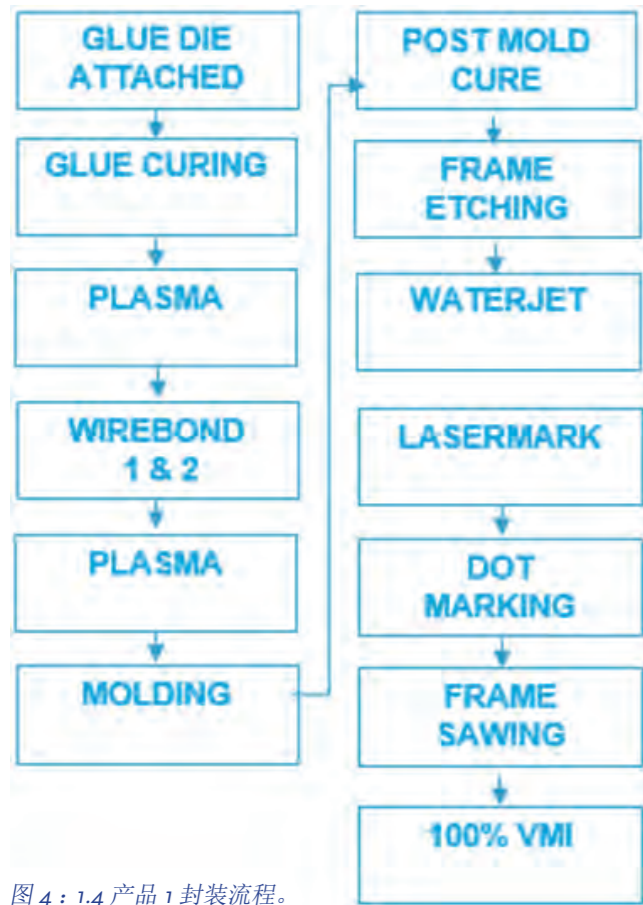


图4: 1.4 产品1 封装流程。

图4所示是产品1的封装流程，该流程在产品开发和认证测试阶段制订，基于现有封装流程，采用相同的芯片制造技术和材料。

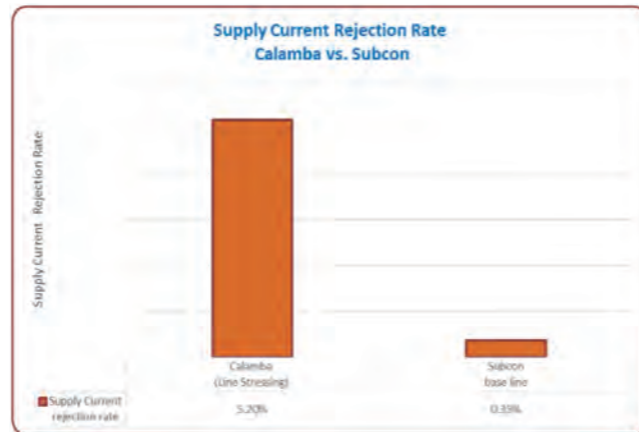


图5: 电源电流抑制对比。

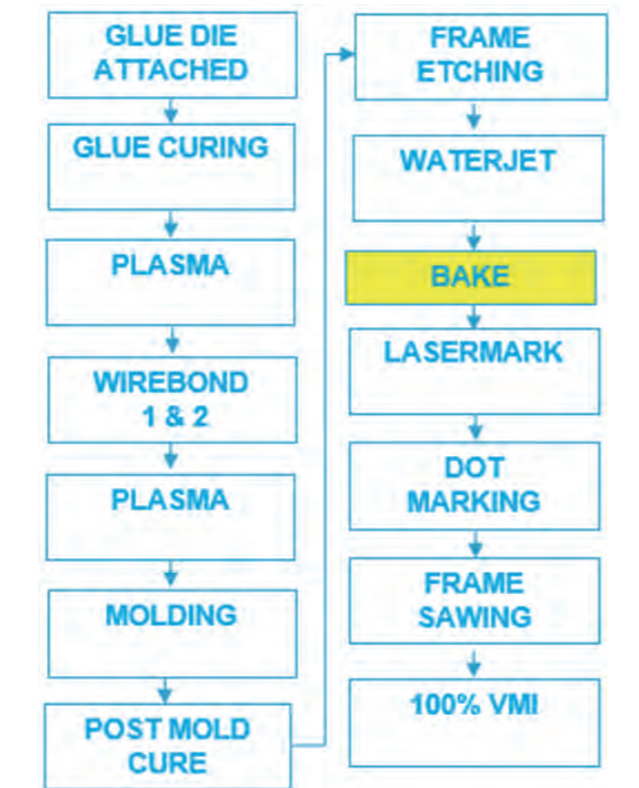


图6: 意法半导体与外包厂的制造流程比较。

1.5 产品1 线路应力表现

在产品1量产预备初期，最终测试的电源电流抑制比是5.20%，远超外包厂的0.35%。上面的柱形图是意法半导体卡兰巴工厂与外包厂的电源电流抑制比的比较图，两者之间的巨大差距对意法半导体卡兰巴工厂的未来业务发展构成重大威胁。

1.6 标杆分析和比较分析

运用标杆分析和比较分析法寻找意法半导体卡兰巴与

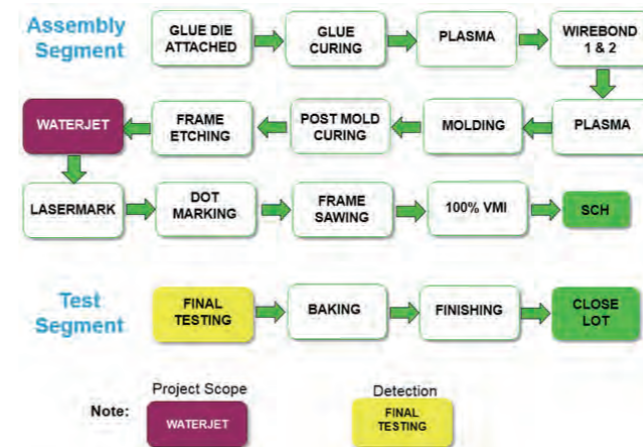


图7: 微流程图分析 / 封装流程图。

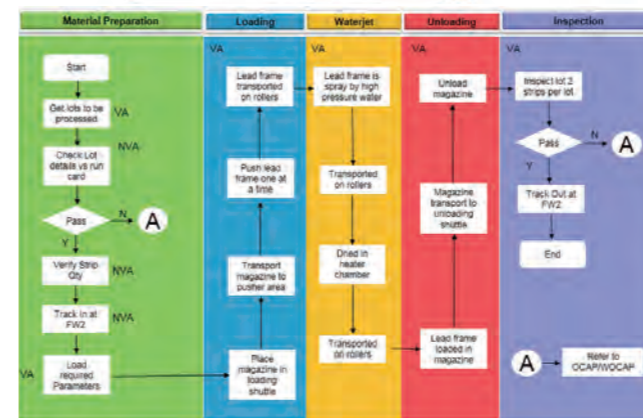


图8: 水刀工序详细流程。

外包厂在产品制造上的不同之处。需要说明的是，外包厂在水刀工序后还有烘烤工序。

在开始分析的时候，我们发现烘烤工序是主要不同之处。在清洗等湿法工序后，需要进行烘烤工序，除掉单元内的湿气。初步分析结果显示，烘烤是最终测试电源电流失效的主要因素，就是这个巨大发现让项目组开始专注这

个工序的探究。

同样地，项目组还做了微流程图，以确定项目探究范围。

1.7 问题描述

在量产预备期，产品1电源电流抑制比是5.20%，被归为封装工序固有湿法工序造成的潮湿性风险。

Input - Output Worksheet

Key Output	Characteristics of Output (KPOV) / % Yield	Specification	MSA	Z-score (Short Term)
Test Field Loss due to Supply Current	% Rejection	< 0.35%		

Process Step	VA/NVA	SDP	Type of Input	Input	Characteristics of Input (KPIVs)	C/F/B	Specification	MSA	Capability
Get lots to be loaded	VA	8184283	Raw Material / Information	Run card	Correctness/accuracy	Controlable			
			Raw Material / Information	Case	Condition of the cassette	Controlable			
			Raw Material / Information	Leadframe	Condition of the leadframe	Controlable			
			Human Resources	Operator	Trained	Controlable			
Check lot details vs. control	NVA	8184281	Raw Material / Information	Run card	Correctness/accuracy	Controlable			
			Raw Material / Information	Case	Condition of the cassette	Controlable			
			Raw Material / Information	Leadframe	Condition of the leadframe	Controlable			
			Human Resources	Operator	Trained	Controlable			
Verify Strip Quantity	NVA	8184284	Raw Material / Information	Run card	Correctness/accuracy	Controlable			
			Raw Material / Information	Case	Condition of the cassette	Controlable			
			Raw Material / Information	Leadframe	Condition of the leadframe	Controlable			
			Human Resources	Operator	Trained	Controlable			
Strip in at FW2	NVA	8184281	Raw Material / Information	Run card	Correctness/accuracy	Controlable			
			Raw Material / Information	Case	Condition of the cassette	Controlable			
			Raw Material / Information	Leadframe	Condition of the leadframe	Controlable			
			Human Resources	Operator	Trained	Controlable			
			Process Control / Method / Policy	FW2 System	Available	Controlable			
Load required Parameter	VA	8184282	Equipment / Infrastructure	Machine	Bring Model	Controlable			
Place magazine in loading shuttle	VA	8184281	Human Resources	Operator	Trained	Controlable			
			Raw Material / Information	Production lot	Condition of the leadframe	Controlable			

图9: 输入 - 输出工作单。

Cause and Effect Matrix

Key Point: There are 5/42 remaining KPIV's identified as potential X's after cause and effect study

Y	X	Y Continuous / Discrete?	X Continuous / Discrete?	Y Unit of Measure (UOM)	X Unit of Measure (UOM)	Count %	Count %	X Selected / Discarded
21	ESD control	Available	3	30	Discrete	yes/no	0	0
25	Conveyor Belt	Speed	9	90	Continuous	mm/min	0	0
26	Waterjet	Pressure	9	90	Continuous	300-500	psi/in2	0
27	Conveyor Belt	Speed	9	90	Continuous	mm/min	0	0
28	Heater	Temperature	9	90	Continuous	70C	C	0
30	Conveyor Belt	Speed	9	90	Continuous	mm/min	0	0
32	ESD control	Available	3	30	Discrete	yes/no	0	0

图10: 因果矩阵。

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) table showing various failure modes, causes, and effects.

图11: 故障模式和因果矩阵。

Process Step	Findings	Action	Remarks
Loading and Unloading	No ionizer installed in waterjet machine	Installed ionizer in load and unloading area	Done Ww28
High pressure water spray	Nozzle life feature of machine is not activated/use	Activate Nozzle life monitoring/alarm at 4000 hrs (baseline of 6 months)	Done Ww29

图 12：临时措施矩阵。

Y (min)	Unit of Measure	Y (max)	X	True nature of X	Level of X, if discrete or converted to discrete	Hypothesis Statement	Statistical Test	Beta	Alpha	Delta	Sample Size
Supply Current	Rejection	Discrete	Waterjet	Discrete	with waterjet w/out waterjet	$P_{waterjet} > P_{w/out waterjet}$	2-Prop Test	0.1	0.05	4.05%	147
Waterburns/Supply Current	% occurrence	Discrete	Bake	Discrete	with bake without bake	$P_{bake} > P_{w/out bake}$	2-Prop Test	0.1	0.05	4.05%	147
Waterburns/Supply Current	% occurrence	Discrete	Drying Temp Conveyor Speed Water Pressure	Continuous	Factors (X) are not significant	Factors (X) are significant	2x2x2x2 Mixed DOE	0.1	0.05		147

图 13：验证方案矩阵。

2.0 实验部分

2.1 材料：

- 水刀
- QFN 无胶带引线框架封装
- BiCMOS 晶片
- 塑料单元
- 检查与测试设备

2.2 实验重点放在主要根源即水刀工序上：

确定问题根源并采取相应的纠正措施至关重要，研究方向主要放在湿法工序上，基于微流程图分析，水刀工序最有可能是潜在变异的根源。

2.3 剖解水刀工序：

为更好地了解水刀工序，需要逐步分析记录点，观察从材料制备、装卸到检查的整个单元工序。

2.4 识别输入变化：

运用输入输出方法深挖变化因素。经过深入研究，42 个 KPIV 变量被确定为重要的 X 因素，如图 9 所示。(详图见附录 A)

2.5 优先考虑因果关系：

运用因果 (C&E) 矩阵确立输入变量与 X 因素的内部关系，如图 10 所示。(详图见附录 B)

2.6 FMEA：

项目组还运用 FMEA 故障模式和影响分析法重新考虑变量关系。因为电源电流没有故障模式，所以考虑从因果矩阵导出的全部 KPIV 变量，如图 11 所示。(详图见附录 C)

Process Function	Process Step	Practical Problem	Test Plan	Hypothesis Statement	Conclusion
Supply Current	Waterjet	Will the lot result to lower supply current rejection rate if waterjet is not performed?	2-proportion	Ho: P <sub>withWJ</sub> = P <sub>w/outWJ</sub> Ha: P <sub>withWJ</sub> < P <sub>w/outWJ</sub>	P value < .05 reject Ho

图 14：假设检验。

Y (min)	Unit of Measure	Y (max)	X	True nature of X	Level of X, if discrete or converted to discrete	Hypothesis Statement	Statistical Test	Beta	Alpha	Delta	Sample Size	Y (min)	Y (max)	Y (min)	Y (max)	Y (min)	Y (max)	Y (min)	Y (max)
Supply Current	Rejection	Discrete	Waterjet	Discrete	with waterjet w/out waterjet	$P_{waterjet} > P_{w/out waterjet}$	2-Prop Test	0.1	0.05	4.05%	147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Waterburns/Supply Current	% occurrence	Discrete	Bake	Discrete	with bake without bake	$P_{bake} > P_{w/out bake}$	2-Prop Test	0.1	0.05	4.05%	147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Waterburns/Supply Current	% occurrence	Discrete	Drying Temp Conveyor Speed Water Pressure	Continuous	Factors (X) are not significant	Factors (X) are significant	2x2x2x2 Mixed DOE	0.1	0.05		147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

图 15：验证结果。

2.7 两个速效方案：

在完成上面的分析后，立即发现两个 (2) 速效方案。

实验结果分析

A. 流程图

- 这个项目覆盖 18 个流程工序。
- 15 个工序或 83% 是 VA (增值)，3 个工序或 17% 是 (无增值)

B. 因果矩阵

- 未发现隐藏工厂
- 在输入 - 输出工单中发现 42 个潜在 X' 因素。
- 运用因果优先性分析法找到 5 个潜在的 X 因素。

C. FMEA

- 因为电源电流最初没有被识别为故障模式，所以 5 个潜在 X 因素都被视为高风险。

D. 速效方案

- 发现 2 个速效方案

3.1 验证方案

- 运用比例测验法验证 GAP 分析法产生的两个 (2) 项目 (烘烤测试)
- 运用混合水平 DOE 法验证三个 X。

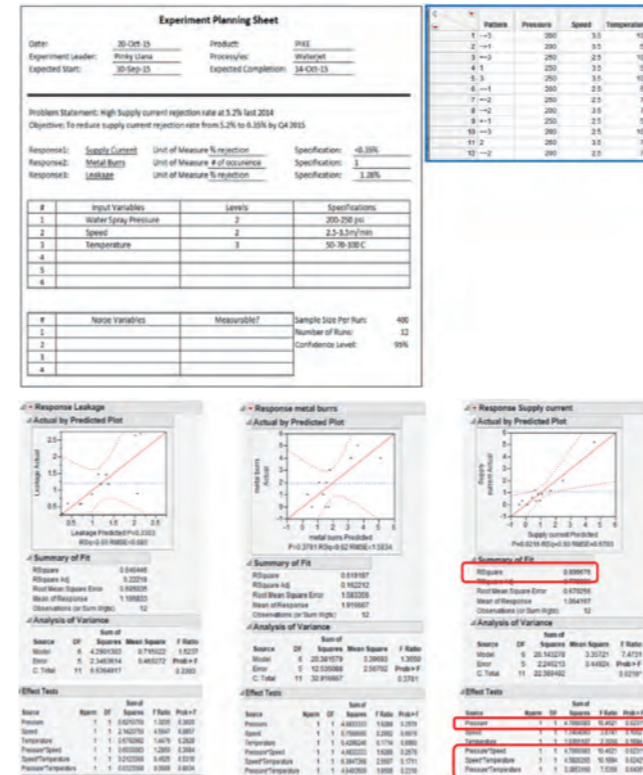


图 16：试验设计方案和结果 (详图见附录 F)。

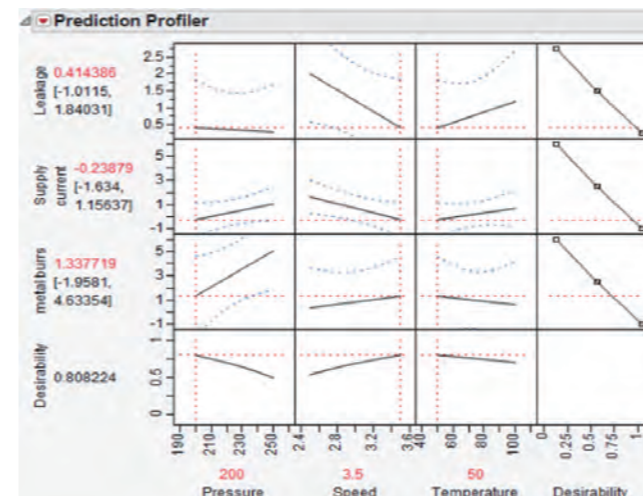


图 17：预测刻画器剖析表。

(详图见附录 D)

3.2 统计检验

通过观察图 14 的统计假设检验结果不难发现，水刀后面的烘烤工序影响电源电流抑制比。

实用性结论：电源电流抑制在无水刀工序时较低，

R-square 值为 22.78%，可信度高于 95%。如果不采用水刀工序，电源电流抑制比较低。

3.3 验证方案

验证结果 (图 15) 显示，电源电流抑制比受水刀后面的烘烤工序影响，因此，如果无水刀工序，则抑制比会降低。

根据已发现的关键 X 因素，例如，输送带速度、烘烤温度和水刀压强，项目小组运用试验设计方法进一步改进水刀工序。(详图见附录 E)

3.4 试验设计 (DOE)

运用试验设计法分析输送带速度、烘烤温度和水刀压强参数，目标是确定和设置使电源电流失效率最小化的最优参数。

图 16 所示是试验设计方案，用于优化水刀关键参数。从试验设计结果看，当 P 值是 0.0231 时，压强是影

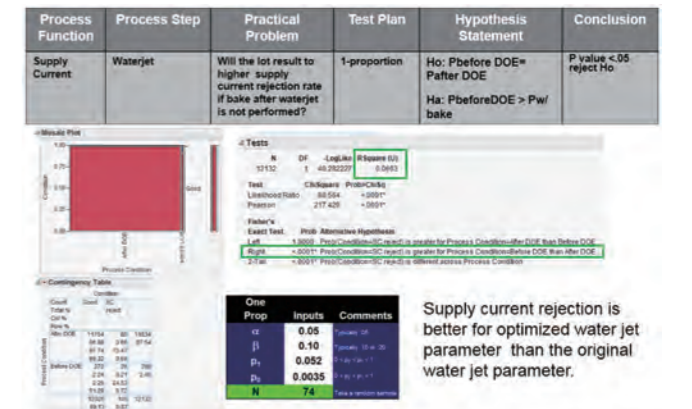


图 18：结果验证矩阵 (详图见附录 G)。

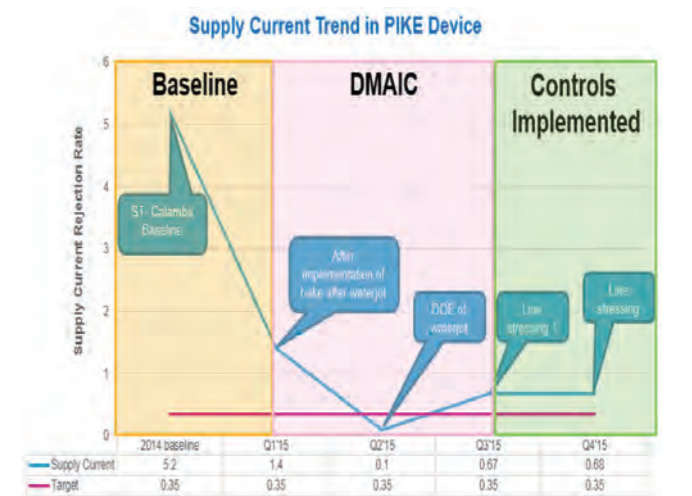


图 19：电源电流抑制趋势分析。

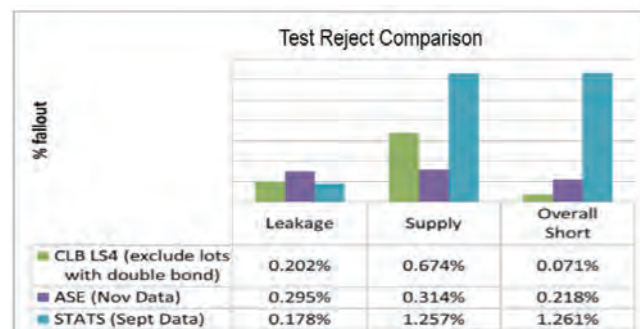


图 20：意法半导体卡兰巴工厂与外包厂比较表。

Item	Action Item	Due Date	Responsible	Doc # / Rev	Remarks
1	Control Plan - Include baking in the Production Control Plan	WW43	Dhon S.	8571986	Done
2	FW2 - Include baking transaction	WW43	Dhon S.	8432122	Done
3	FMEA - Include Supply Current as failure mode of water jet - Nozzles life	WW50	Pinky L.	8238655	Done
4	WI - Include new parameter of PIKE in WI of Back etch	WW08	Pinky L.	8284281	Done

图 22：文档资料名单。

响电源电流抑制比的主要因素。当 R-Square 值是 0.8997 时，压强与速度交互作用 (P 值是 0.0231)、速度与温度交互作用 (P 值是 0.0242)、压强与温度交互作用 (P 值 0.0405) 是影响电源电流抑制比的主要因素。

根据图 17 预测剖析图给出的最优设置，最大理想参数是在压强 = 200psi，速度 = 3.5m/min，温度 = 50 degC 时取得的，在这些参数条件下，电源电流抑制比为 -0.238 +/- 1.156，泄漏为 0.414 +/- 1.84，金属毛刺为 1.338 +/- 4.63。

在 P 值 = 0.0231 时，压强是影响电源电流失效的主要因素；在 P 值 = 0.0231 时，压强与速度交互作用也是主要因素；在 P 值 = 0.0242 时，速度与温度交互作用是主要因素；在 P 值 = 0.0405 时，压强与温度交互作用是主要因素，可信度高于 95%。

试验统计发现，当 P 值 > 0.05 时，这些主要因素及交互作用不影响泄漏比和金属毛刺。

观察预测刻画器报表不难发现，当压强为 200psi，速度为 3.5m/min，温度为 50 degC 时，电源电流抑制比、泄漏和金属毛刺三个参数取得最优值。

### 3.5 试验设计 (DOE) 结论

在 P 值 = 0.0231 时，压强是影响电源电流失效的主要因素；在 P 值 = 0.0231 时，压强与速度交互作用也是主要

Action to Implement	Application Product	Who	When	Remarks
Implement bake after waterjet	PIKE	Dhon S.	Ww43	Done
Create Recipe unique for PIKE device in waterjet	PIKE	Pinky L.	Ww45	Done
Large scale validation the response of DOE with respect to supply current	PIKE	Pinky L.	Ww48	Done

图 21：改正预防措施矩阵。

Action to Implement	Application Product	WHO	Remarks
Implement new parameter of Pike to other similar device with same Die Design weakness	New QFN-mr packages	Pinky L.	Sustained
Implement Nozzle life and monitoring at EWJ001	HVQFN/DFN	Pinky L.	Done
Install ionizer at EWJ001	HVQFN/DFN	Pinky L.	Done

图 23：推广表。

因素；在 P 值 = 0.0242 时，速度与温度交互作用是主要因素；在 P 值 = 0.0405 时，压强与温度交互作用是主要因素，可信度高于 95%。

试验统计发现，当 P 值 > 0.05 时，这些主要因素及交互作用不影响泄漏和金属毛刺。

### 3.6 水刀是如何影响产品 1 电源电流失效的？

了解失效机制知识有助于提高统计结果的准确性：

- 封装渗透率或高速水分子引起的摩擦磨损效应随水刀压强升高而提高。
- 高温鼓风机 (相同压强) 使气体分子动能更强，增强摩擦磨损效应。
- 胶带速度效应最有可能影响摩擦磨损 (接触速度)，不过只限于鼓风机区，无水环境会逐渐消耗摩擦磨损效应。

### 3.7 实现结果

意法半导体卡兰巴工厂取得 0.35% 的电源电流抑制比 (外包厂基准)，较试验前的 5.2% 有巨大改进。

总结：

- 泄漏
  - 意法半导体卡兰巴工厂 (0.202%) 好于外包厂 1 的生产批次 (0.295%)，外包厂 2 为 0.178%。

- 电源电流
  - 意法半导体卡兰巴工厂 (0.674%) 好于外包厂 2 的生产批次 (1.25%)，外包厂 1 为 0.314%。
- Over-all short (SBL 0.5%)
  - 意法半导体卡兰巴工厂 (0.071%) 好于外包厂 1 的生产批次 (0.218%) 和外包厂 2 的 1.261%。

### 3.8 改正预防措施

为将取得的改进效果保持下去，需要落实下面的措施并密切监视落实情况：

### 3.9 文档资料

所有分析活动和知识都写成文档保存，以便在产品量产期间参考。控制方案、FMEA、作业指导、包括烘烤的新流程均制成文档保存。

### 3.10 推广方案

为了最大限度利用这个研发项目的价值，需要将项目组在研究过程中所积累的全部知识经验推广到其它的 QFN-MR 产品制造过程。

### 3.11 成本节省

在对改正措施的效果进行验证后，项目组还估算了这些措施可以节省的成本。

经意法半导体卡兰巴工厂 IE 核准，总计节省成本 38.251 万美元。



## 4.0 结论

本文论述了深度分析统计方法可有效解决最终测试过程中的电源电流失效问题。运用统计分析知识和对数据和缺陷现象的了解，有助于找到缺陷的真正根源。综合试验设计降低了水刀工艺对电流失效的负面影响。引入烘烤工序显著降低了单元电测试期间的电流抑制比发生率。失效率连续降低以及产品电测试良率总体提高，充分证明了验证纠正措施的正确性及其效果。

## 5.0 建议

建议长期落实已认可的纠正措施，以稳定电源电流性能。六个西格马方法论 (逐步深挖问题，识别并验证问题根源，在使用现有资源且不大幅增加成本的前提下取得大幅改进) 是解决制造难题的有效手段，在解决类似问题中应该推广这种方法。同时还推荐连续标杆分析法，这有助于企业改进流程，跻身业界前列。

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



# eGaN 与硅的对比

作者：John Glaser 博士和 David Reusch 博士，Efficient Power Conversion

## 同步整流器中 eGaN FET 和硅 MOS-FET 死区时间损耗的比较

在多种应用中，eGaN FET 与硅 MOSFET 有几个比较，包括硬开关、软开关以及高频功率转换。这些研究表明，eGaN FET 比硅 MOSFET 具有很大的效率和功率密度方面的优势。在这里，我们将重点放在同步整流器 (SR) 应用中的 eGaN FET 使用和死区时间管理的重要性上。我们认为，eGaN FET 可以大大减少由于同步整流器中死区时间的损耗，远远超出了低  $R_{DS(on)}$  和低电荷的好处。

早期的高频开关模式功率转换器通常在半桥结构中使用一个全控开关 ( $S_1$ ) 和二极管理整流器 ( $S_2$ )<sup>[1]</sup>。图 1a 显示了采用这样一个配置的降压转换器的例子。由于功率 MOSFET 变得更便宜和更高效率，更重要的是，设计师们开始用一个为  $S_1$  补充控制信号驱动的 MOSFET 代替二极管<sup>[2]</sup>，如图 1b 所示。替代二极管的 MOSFET 被称为同步整流器 (SR)。同步整流的使用特别重要，这里需要低输出电压和高电流，因为二极管的结电压可能是输出电压很大一部分<sup>[3]</sup>。随着提高效率的需求蔓延到更多应用，SR 的使用在急剧增加。

eGaN FET 特别适合 SR 操作。相比硅 FET 几乎所有基于性能的品质因数 (FOM) 的戏剧性全面改善，实现了转换器效率和功率密度方面的巨大增益<sup>[4]</sup>。不过，有一个区域似乎硅 MOSFET 击败了 eGaN FET，即与硅 MOSFET 相比，eGaN FET 较高的体二极管压降可能导致增加 SR 死区时间损耗<sup>[5]</sup>。虽然这可能用小心死区时间管理来减轻，但使用一个或两个外部肖特基二极管，就可能使设计变得复杂。研究表明，其中一些由于硅 MOSFET 体二极管承受反向恢复而得以平衡，但是，令人惊讶的是，关于硅 MOSFET 的这方面几乎没有数据。需要更好了解。

用一组硬开关 300 kHz，48-12 V 降压转换器进行了硅和 GaN FET 的实验比较，除了 FET 的类型，所有方面都相同。图 1 显示了栅极驱动的最小死区时间的结果，有 30 ns 附加死区时间 (每边 15 ns)。在 30 A 输出时，额外死

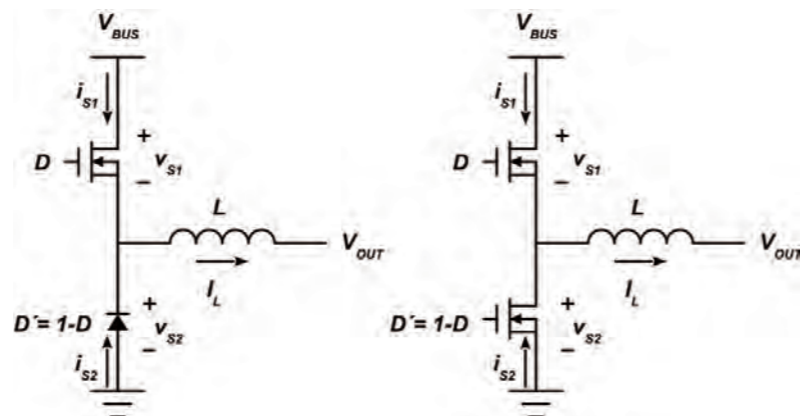


图 1. 有二极管整流的降压转换器 (左) 和同步整流器 (右)。

区时间引起 eGaN FET 效率下降了 0.22%，硅 MOSFET 是 0.50% 和 0.56%，差了 2 倍以上。eGaN FET 的优势主要是由于缺乏反向恢复。本文的其余部分将对这种效应作一个详细的解释。

## 死区时间对同步整流器操作的影响

在实际硬开关降压转换器中，控制 FET  $S_1$  和 SR FET  $S_2$  都有非零开关时间。由于增加了器件电容，对于非常高的输出电流，需要大 MOSFET 低  $R_{DS(on)}$ ，以减少  $S_2$  中的导通损耗，从而放缓开关速度。如果纯粹互补控制信号用

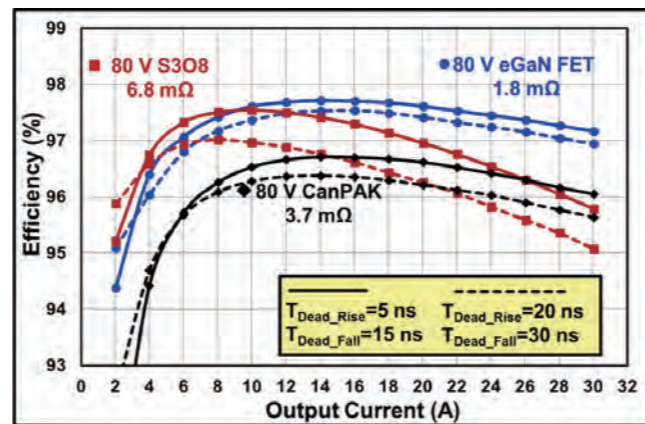


图 2. GaN FET 和硅 MOSFET 死区时间对 48-12 V, 300 kHz 硬开关降压转换器效率的影响。

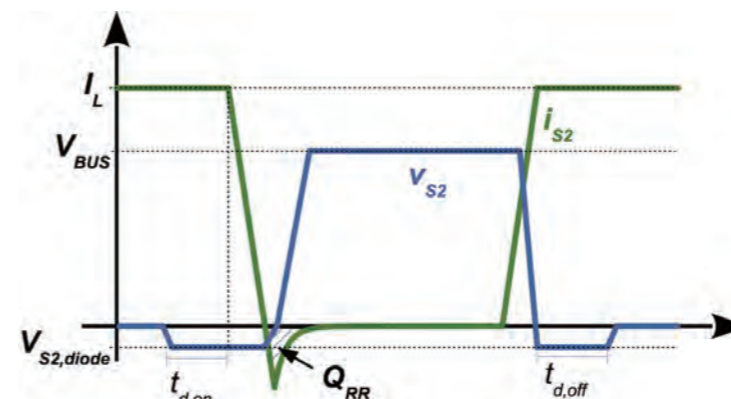


图 3. 同步整流器波形包括体二极管死区时间传导和反向恢复。

于控制 FET  $S_1$  和 SR  $S_2$ ，缓慢的 MOSFET 开关转换会重叠，由于短路击穿电流，可导致开关和高损耗同时导通。

这个损耗可通过延迟或死区时间来预防，在 SR 被关断 ( $t_{d,on}$ ) 之后开启控制 FET，而在控制 FET 被关断 ( $t_{d,off}$ ) 之后出现 SR FET 开启时的相应延迟。在死区时间，SR 的体二极管自然换向电感电流  $I_L$ 。一次， $S_2$  的开关波形与使用二极管整流的情况相似，如图 3 所示，这也表明，由于反向恢复和相关电荷  $Q_{RR}$  出现了负整流器电流，这将在本文后面讨论。

如果需要高效率，死区时间可引起额外损耗，必须认真管理。非零死区时间引起损耗的方式有两种：体二极管压降和反向恢复。相比硅 MOSFET，eGaN FET 具有高体二极管压降，但它没有反向恢复<sup>[6]</sup>。我们发现，对于 80 V FET，硅 MOSFET 体二极管中的反向恢复损耗可能占主导地位。这不是本文的重点，在较低电压条件下，体二极管的压降通常是主导损耗，而 eGaN FET 死区时间损耗可以通过采用一个与 SR 并联的低电压肖特基二极管或死区时间管理来降低<sup>[6]</sup>。

## 由于反向压降的死区时间损耗

在死区时间期间，体二极管导通电感电流  $I_L$ 。假设  $I_L$  近似恒定且开关周期为  $T_S$ ，由于体内二极管压降  $V_{S2,diode}$  的死区时间损耗就是

$$P_{SR,VSD} = \frac{I_L \cdot V_{S2,diode}}{T_S} \cdot (t_{d,on} + t_{d,off})$$

在硅 MOSFET 中，这个体二极管包括漏区外延层和源阱之间形成的 PN 结。这个二极管具有一个标准硅结二极管的正向压降  $V_{S2,diode}$ ，即 0.6-0.8 V。

当栅极和源极连接时，在 eGaN FET 中出现有效的体二极管。负  $V_{DS}$  可引起栅极电压增加超过漏极。在达到阈值电压  $V_T$  时，沟道开始以相反方向传导电流，因此模拟

二极管特性。因此，在额定电流条件下，压降略大于阈值电压，所以  $V_{S2,diode} \approx 2.5\text{ V}$ 。

eGaN FET 较高的  $V_{S2,diode}$  意味着死区时间传导损耗远远大于硅 MOSFET。这可以通过外部肖特基二极管或死区时间管理来减轻<sup>[6]</sup>。eGaN FET 的高速度意味着可以使用比硅 MOSFET 可能更小的死区时间，但许多过时的 PWM 控制器不允许用户访问此功能。

不过，我们在接下来的章节中介绍了反向恢复可能导致比硅 MOSFET 中体二极管导通更高的损耗。这些损耗可能远远超过 eGaN FET 的体二极管导通损耗。

## 反向恢复回顾

虽然反向恢复是一个重要的损耗机制，但由于缺乏良好数据和具有挑战性的分析，它经常被忽视<sup>[7]</sup>。不过，它是开关损耗的主要来源，经常控制所有其他开关损耗机制。当使用硅 MOSFET 时，在要求高性能时需要注意反向恢复损耗。

反向恢复是一个 PN 结二极管的现象。当一个二极管在正向方向上传导电流  $i_d = I_L$  时，少数载流子数量注入到结的耗尽区中。这个载流子数量的大小相当于  $I_L$  的大小。由于种种原因，其大小滞后于  $i_d$  的变化，具有一个依赖于切换时间和载流子复合时间的时间常数<sup>[8]、[9]</sup>。eGaN FET 体二极管是没有 PN 结的多数载流子器件，因此它们没有表现出反向恢复。

图 4 显示了典型控制开关  $S_1$  导通波形，在  $t_{d,on}$  期间，它以  $S_2$  导通  $I_L$  的体二极管开始，以  $S_1$  导通  $I_L$  和  $S_2$  的二极管完全关断而结束。当  $S_1$  接通时，由于  $S_1$  携带增加部分的  $I_L$ ，电流  $i_{S2}$  开始减少。当控制 FET 电流达到  $I_L$ ， $i_{S2} = 0$ ，一个理想的二极管会在这一点停止导通。

由于少数载流子的数量总体滞后  $i_d$  的变化，在  $S_2$  的耗尽区仍有足够的载流子传导电流。换句话说，二极管保持导通，并出现一个击穿电流结果，这也被称为反向恢复电流。此电流增加到最大的  $I_{RRM}$ ，此时少数载流子数量已经减少到无法支持电流是地步。然后，电流随时间常数  $t_{RR}$  衰减，直到  $i_{S2} = 0$  和  $i_{S1} = I_L$ ，而二极管被关断。总恢复时间定义为  $t_{RR}$ 。

图 4 还定义了反向恢复相关的典型参数： $I_{RRM}$ 、 $m_{RR}$ 、 $Q_{RR}$ 、 $t_{RR}$  和  $t_{RR0}$ 。 $I_{RRM}$  是恢复电流的峰值，等于负整流器电流的峰值幅度。开启期间的电流变化速度是  $m_{RR}$ ， $t_{RR}$  是恢复时间常数，而  $Q_{RR}$  和  $t_{RR}$  分别是恢复电荷和时间。在反向恢复期间，电荷  $Q_{RR}$  必须从母线电压供电，所以由于

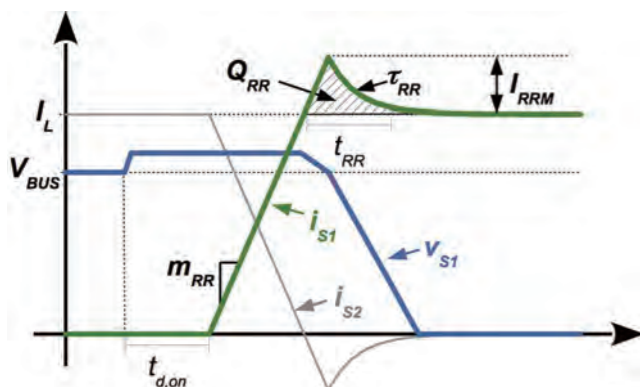


图 4. 控制开关  $S_1$  导通波形显示了死区时间和反向恢复。整流器  $S_2$  的电流波形供参考。

$Q_{RR}$  的开关损耗是

$$E_{RR} = V_{BUS} \cdot Q_{RR}$$

在不切实际的情况下，硅 MOSFET 数据表经常为  $Q_{RR}$  和  $t_{RR}$  提供数字，即  $m_{RR} = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$  和结温  $T_j = 25^\circ\text{C}$ 。在现实中， $Q_{RR}$  在很大程度上取决于  $I_L$ 、 $m_{RR}$ 、 $T_j$  和二极管关断前二极管导通的时间量。在 [8]、[9] 中讨论了这些依赖关系，但这里主要的兴趣是正向导通时间  $t_{d,on}$  的依赖性。

对于一个很短的死区时间， $Q_{RR}$  接近零。随着  $t_{d,on}$  的增加，结中的少数电荷建立起一个是  $I_L$  的函数的最大值， $Q_{RR}$  和  $t_{RR}$  均随之增加。这减少了  $t_{RR}$  和  $I_{RRM}$ ，从而减少了 SR 中的  $Q_{RR}$  损耗。一旦  $t_{d,on}$  对耗尽区电荷足够长达到其最大值，死区时间的进一步增加不会导致额外  $Q_{RR}$  损耗。 $t_{d,off}$  的改变应该对反向恢复损耗没有影响，因为在这部分周期控制 FET 保持关断，而击穿条件并不存在。

不幸的是，反向恢复参数的测量很困难，容易出错，并高度依赖于测试设置，这往往不像实际操作那样 [7]。这个事实，加上缺少可用分析和建模工具，可导致恶劣或不存在反向恢复损耗的问题。不过，还有另一种方法来解决这个问题。

如果你绘制一个转换器损耗与死区时间，我们应该看到硅 MOSFET SR 中的体二极管损耗。由于体二极管压降的死区时间损耗在总死区时间比例中应该呈线性增加 ( $t_{d,on} + t_{d,off}$ )。由于反向恢复的死区时间损耗应该对于  $t_{d,on} \approx 0$  来说非常小，随着  $t_{d,on}$  增加，这些损耗应该首先迅速增加，然后以与死区时间成正比的速度增加。最后， $t_{d,off}$  并不影响反向恢复。eGaN FET 应该只显示对总死区时间的线性依赖性，虽然由于较高的  $V_{S_2,diode}$ ，斜坡应高于硅 MOSFET SR。

### 测量

图 5 显示了率在 300 kHz 条件下，有 80 V FET 和  $L = 4.7\mu\text{H}$  的三个适用于 48-12 V 操作的降压转换器功率级。这些均布局上相同，并且专门为不同功率晶体管的比较而设计 [10]。中心转换器使用 EPC2021 eGaN FET，而其他转换器使用最先进的硅 MOSFET。 $t_{d,on}$  和  $t_{d,off}$  的值是不同的，并测量了损耗。

由于本文关注的是死区时间的影响，最小死区时间案例被作为基准，并从测量值中减去了所有损耗。这使得由于死区时间效应的损耗得以量化。图 6 显示了这些结果。随着  $t_{d,on}$  的增加，我们看到如下情况：由于  $Q_{RR}$ ，Si MOSFET 出现了一个大的初始增加的损耗，如预期的那样，然后由于  $V_{S_2,diode}$ ，它接近了恒定斜率的渐近线。对于 eGaN FET，由于  $V_{S_2,diode}$ ，我们看到，在  $t_{d,on}$  的整个范围，损耗都跟随一条恒定斜率线，也正如预测的那样。

48-12 V, 300 kHz test 转换器 死区时间 损耗 for turn-on (top) and turn-off (bottom) for eGaN FETs and selected Si MOSFETs.

由于反向二极管导通的大压降，eGaN FET 损耗曲线的斜率较高。虽然斜率较高，硅 MOSFET 的初始高损耗意味着即使是大  $t_{d,on}$ ，由于 eGaN FET 反向压降，硅 MOS-

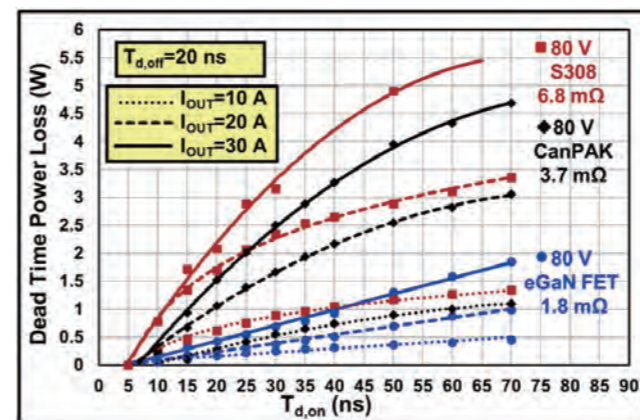


图 6. eGaN FET 和选定硅 MOSFET 导通(顶部)和关断期间(底部) 48-12 V, 300 kHz 测试转换器死区时间损耗。

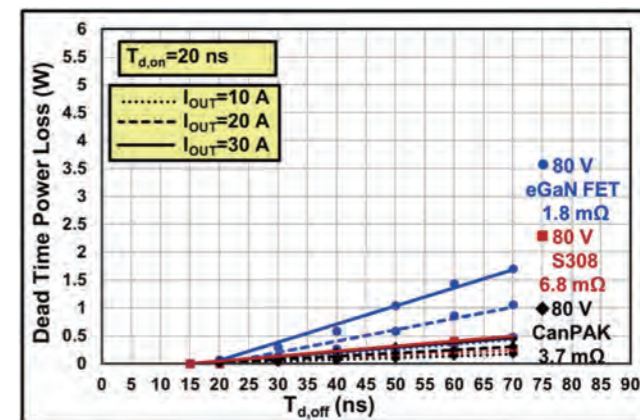


图 7. eGaN FET 和选定硅 MOSFET 导通(顶部)和关断期间(底部) 48-12 V, 300 kHz 测试转换器死区时间损耗。

FET 的反向恢复损耗也远远超过了。随着  $t_{d,off}$  的增加，我们看到由于死区时间损耗的线性上升，eGaN FET 有较高的斜率，像预测的一样。在开启时，eGaN FET 的巨大好处远远超过了硅 MOSFET 的小关断死区时间效益。

### 扩展潜力

实验结果清楚地表明，由于硅基功率 MOSFET 的反向恢复，出现了巨大的效率损失。此外，虽然过去对 eGaN FET 死区时间控制的讨论，主要集中在通过死区时间管理或肖特基二极管管理体二极管导通损耗的需要，但很明显，死区时间管理可能对硅 MOSFET 更为关键。

由于非常大的开关品质因数和随后的缓慢开关转换，这对硅 MOSFET 是具有挑战性。因此，对于硅 MOSFET 来说，必须仔细优化死区时间，以平衡由于开关转换重叠造成的针对立击穿损耗的  $Q_{RR}$  损耗。这一问题犹如雪上加霜，反向恢复参数高度依赖于温度和负载电流。由于开关转换重叠可能会加快器件失效，针对硅 MOSFET 的大多数 PWM 控制器设计选择了长、非最佳死区时间，这恶化了反向恢复损耗。

eGaN FET 极其快速的转换速度和没有反向恢复，令使用非常小的死区时间成为可能，从而在提高效率的同时保持了高可靠性。随着 GaN 生态系统的不断增长，预计新的控制器将可供使用，这将释放更多 GaN 的潜力。

epc-co.com

### 参考资料

1. R. W. Erickson and D. Maksimovic, Fundamentals of Power Electronics, Second. Springer, 2001, p. 912.

2. R. Blanchard and R. Severns, "MOSFETs move in on low voltage rectification," in Official Proceedings of the Ninth International PCI, 1984, vol. 84, pp. 29-31.

3. D. Reusch and J. Glaser, DC-DC Converter Handbook - A Supplement to GaN Transistors for Efficient Power Conversion, 1st ed. Power Conversion Publications, 2015, ISBN 978-0-9966492-0-9.

4. J. Glaser, J. Strydom, and D. Reusch, "High Power Fully Regulated Eighth-brick DC-DC Converter with GaN FETs," in PCIM Europe 2015; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management; Proceedings of, 2015, pp. 406-413.

5. J. Strydom and D. Reusch, "eGaN® FET-Silicon Power Shoot Out Volume 12: Optimizing Dead Time," Power Electronics - Penton Electronics Group, Jan. 2013.

6. A. Lidow, J. Strydom, M. de Rooij, and D. Reusch, GaN Transistors for Efficient Power Conversion, 2nd ed. Wiley, 2014, ISBN 978-1-118-84476-2.

7. C. Möblacher and O. Guillemant, "Improving Efficiency of Synchronous Rectification by Analysis of the MOSFET Power Loss Mechanism," Infineon Technologies, Mar. 2012.

8. X. Kang, A. Caiafa, E. Santi, J. L. Hudgins, and P. R. Palmer, "Parameter extraction for a power diode circuit simulator model including temperature dependent effects," IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), March 2002, Vol. 1, pp. 452-458.

9. P. O. Lauritzen and C. L. Ma, "A simple diode model with reverse recovery," Power Electronics, IEEE Transactions on, vol. 6, no. 2, pp. 188-191, Apr. 1991.

10. D. Reusch, J. Strydom, and A. Lidow, "Thermal Evaluation of Chip-Scale Packaged Gallium Nitride Transistors," IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), March 2016, pp. 587-594.



图 5. 48-12 V 测试转换器功率级有 80 V 晶体管：3.7 mΩ CanPAK Si MOSFET (左)，1.8 mΩ eGaN FET (中) 和 S308 Si MOSFET (右)。每块板有 50 毫米的边。

# 使用可变电容改善智能手机的天线效率

作者：Victor Chan，现场应用工程师，安森美半导体

## 摘要

在现今的智能手机，不难发现它们都在使用超薄边框设计来提高荧幕的占比，而且使用金属后壳甚至一体式金属机身设计，减小智能手机的厚度，并增加内置电池容量来保持智能手机的续航力，这些设计都会导致用于手机天线的空间变得有限，而且从 GSM 模式的四频到支持国际漫游以及全球通用手机的 700 MHz 频段 (LTE B12/13/17/28) 和 2.7 GHz 的 B7，甚至在不同场景如人头手对天线性能的影响等因素，都会大大增加对天线的调试难度，在不使用天线可调方案，确实不太可能满足众多运营商的 OTA (Over-the-Air) 要求。本文将介绍在通路匹配 (Matching) 上使用可变电容的挑战，安森美 (ON Semi) 可变电容 (Passive Tunable Integrated Circuits, PTIC) 的优点，设计流程，和改善智能手机天线效率的真实案例。

## 介绍

在智能手机的设计中，天线是不可或缺的一部分，主要用于将调制的载波或信号通过天线以无线方法传送到其他地方，而传输距离会按发射功率，接收灵敏度，天线的位置和其效率等因素来决定，因此天线的效率对手机的接收性能，特别在弱讯号的环境情况和手机的续航力有不可分割的关系。实际上，天线的谐振频率跟其物理长度是有关系的，即谐振频率是波长的 4 分之 1 及其倍数，由于手机的工作频段增加，而且用于天线的空间及周边环境变差，因此手机天线的带宽并不能覆盖所有的工作频段，在某些频段天线阻抗的驻波 (VSWR) 较差时，导致有一部分的信号会反射到源点，不能从天线发射出去，造成失配损耗 (Mismatch Loss, MML)，驻波越大失配损耗也越大，令天线的效率变差。

$$MML = -10 \log \left\{ 1 - \left[ \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right]^2 \right\}$$

VSWR	Return Loss, RL/dB	Mismatch Loss, MML/dB
2	9.54	0.51
4	4.44	1.94
6	2.92	3.10
8	2.18	4.03
10	1.74	4.81
12	1.45	5.47
14	1.24	6.04
18	0.97	7.00
20	0.87	7.41

图 1：驻波 (VSWR) 跟回波损耗 (RL) 与失配损耗 (MML) 的关系。

## 在通路匹配上可调匹配 (Tuner) 在设计上的挑战

某些频段，天线的带宽并不能通过天线结构和形状来增加，只能通过加入可变电容的匹配电路来改善该频段的驻波，减低失配损耗和改善天线效率。在通路上使用哪一类型的可变电容主要是需要考虑到其插损值 (Insertion Loss, IL)，因为如果可变电容的插损值过大，就可能不能发挥可变电容在匹配上使用的好处，原因是使用可调匹配后将失配损耗补偿过来的增益不能完全抵消整个可调匹

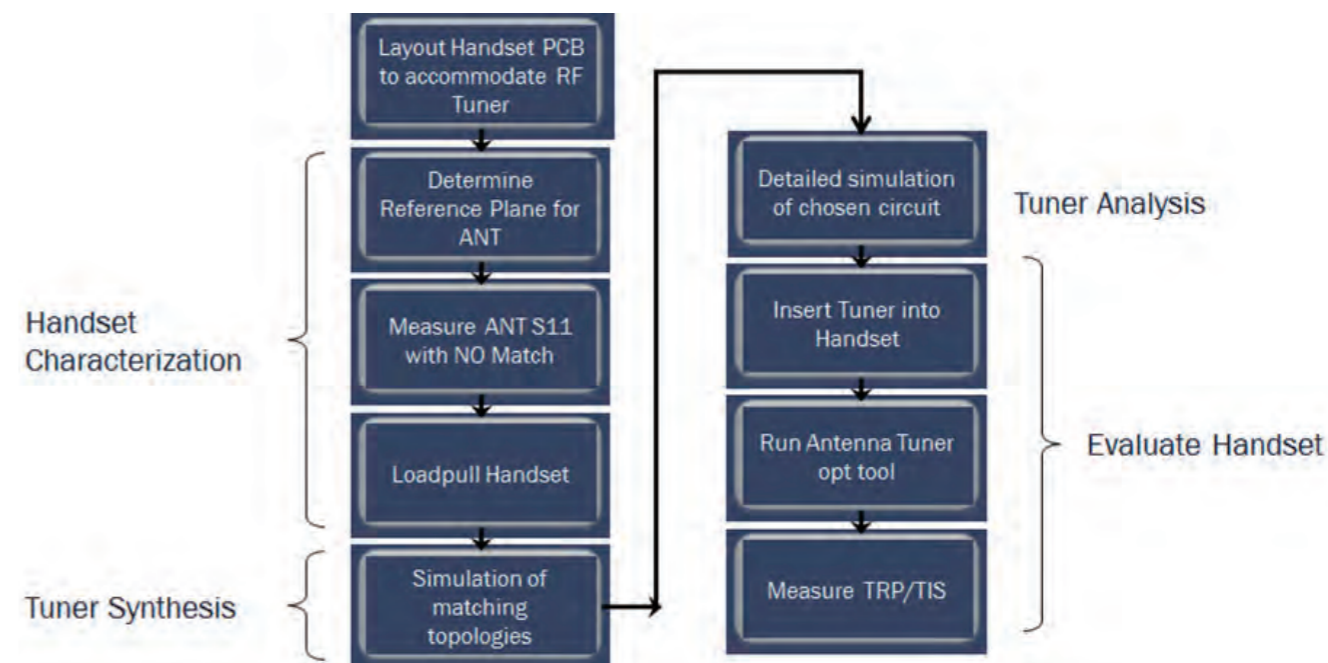


图 2：可调匹配的设计及测试流程。

配的插损，在使用开关型可变电容在通路匹配上就会出现这个问题，原因是开关型可变电容的 Q 值较低，插损值较大。安森美可变电容 (PTIC) 是基于掺杂的介电材料钛酸锶钡 (Barium Strontium Titanate, BST 或商标名称 ParaScan™) 所制成，钛酸锶钡这种介电材料可通过电容两边的压差来改变其介电常数，从而改变其电容值并且是连续的，安森美可变电容的优点是在于高 Q 值 (80 @ 1 GHz, 50 @ 2.5 GHz) 和低插损，因此适用于在通路匹配上串联和并联使用。

## 在通路匹配上使用安森美可变电容的设计流程

在市场上，一些天线工程师有时缺乏射频基础理论，只是在有限的空间及环境下盲目地调试天线的形状，往往不能在短时间内调出理想的效果，特别是在多载波 (Carrier Aggregation, CA) 的使用情况下，要同时兼顾主载波 (Primary Component Carrier, PCC) 和副载波 (Secondary Component Carrier, SCC) 在两个不相连的频段调试时就更为困难，因此安森美半导体有限公司能够提供整套可调匹配的设计流程，使天线工程师能在短时间内了解使用可调匹配后对天线效率的改善程度，从而针对某些效果不理想的频段作天线结构和可调匹配的优化，达到服务供应商的严格测试要求。

可调匹配的设计流程如下

1. 以安森美半导体的可变电容以 L 型或 PI 型匹配在

## PCB 上布局

2. 找出测量天线阻抗的参考面，一般在可调匹配的输出端最后一个器件焊盘立为测量天线阻抗的参考面
3. 用网分在天线参考面的焊点测量天线的阻抗 S1P 文档
4. 以在可调匹配的输入端第一个器件焊盘立为

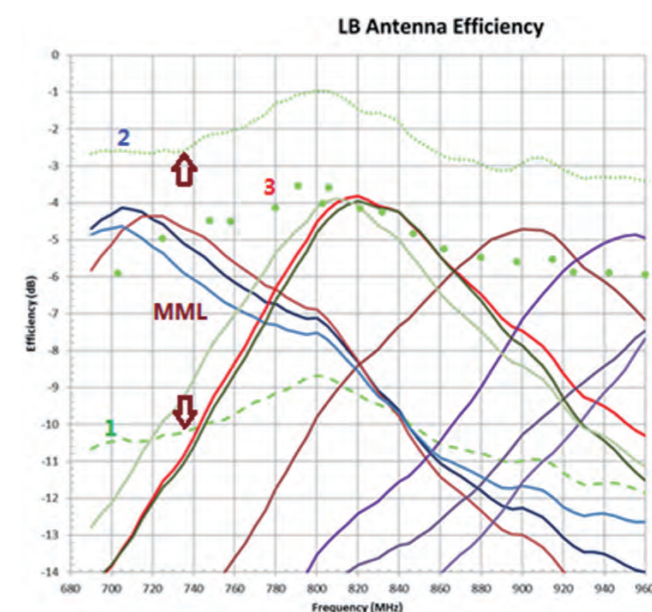


图 3：仿真及实测的天线效率数据。

Load-Pull 的参考面，用 Load-Pull 调谐器找出最佳的 Load-Pull 参数

5. 在 ADS 使用不同的匹配拓扑结构做可调匹配仿真
6. 对比不同的匹配拓扑结构在 ADS 的仿真结果，找出最优的匹配拓扑结构及其物料清单 (BOM)
7. 按照仿真得出的可调匹配的物料清单，将器件贴到 PCB 上
8. 以手动或自动化软件调试可变电容的供电电压，找出最优的配置电压
9. 以项 8 的最优电压配置，在暗室中测量 TRP 及 TIS
10. ON Semi 自主开发的 ADS 仿真模拟工具包含 PCB Layout, 固定电感和可变电容仿真模型，能够仿真模拟自由空间，头 / 手等使用场景，以及 CA 情形。

很多天线工程师都有使用软件做仿真的经验，认为仿真的结果跟实际测试结果有差异，原因在于项 2 的天线阻抗 S1P 测量参考面不正确，导致测量的 S 参数不准确，而正确测量天线阻抗对仿真准确度是非常重要的，有关天线阻抗 S1P 测量方法，安森美有相关的技术文档。另外，在调试过程中，可能会有 2 组的配置电压能将驻波或回波损耗 (Return Loss) 调得很好，失配损耗很小，但这并不代表这 2 组匹配的插损都是一样，但通过软件做仿真就能找出哪一组匹配的插损是最小的。

### 使用安森美可变电容在通路匹配的仿真及实测案例

图 3 为使用安森美可变电容在通路匹配的仿真及实测天线效率数据，曲线 1 为在不带任何匹配的情况下，实测的天线效率 (Antenna Efficiency)，同时可在网分测量天线的阻抗，从 S1P 文档计算出天线的失配损耗 (MML)，将实测的天线效率加上计算出天线的失配损耗就相等于最佳的天线辐射效率 (Radiation Efficiency)，即曲线 2。曲线 3 为在 ADS 仿真后得出的天线效率，仿真的天线效率比曲线 2 天线辐射效率差，原因是可调匹配有损耗 (包括匹配电路的耗散损耗及匹配后还存在一些失配损耗)。其他的曲线为通过仿真得出的配置电压值，在带可调匹配的实测天线效率，基本上实测试数据跟仿真数据能对上，差异很小。

### 安森美可变电容 (PTIC) 的其他优点

- 安森美可变电容 (PTIC) 除了早前提到的高 Q 值及低插损外，其他优点还有
- 5:1 的电容可调范围 (1V - 24V)，需要配合安森美的 HVDAC 控制 IC (TCC-202/303/226) 使用

- 很好的线性度
- 可调电容值是连续的
- 封装尺寸小和低成本
- 多种电容值可供选择: 1.2, 1.8, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2pF

### 结论

安森美的天线可调方案能够通过减少天线的失配损耗带来极大地提高天线效率，与其它可变电容技术相比，安森美的可变电容 (PTIC) 具有无论是在并联还是串联时使用，从 700MHz 到 2700MHz，其 Q 值都很好，与高 Q 值的绕线电感配合使用后，整个可调匹配的插损值很小，是用于通路上可调匹配的最佳选择。另外，安森美的天线可调方案还具有低成本和小尺寸的优点，其连续的电容值改变跟使用开关来切不同的电容值相比，更适用于在通话中使用安森美的闭环自动调谐方案来解决不同场景对天线效率的影响。最后，安森美拥有资深的技术团队能提供快速及全方位的技术支持，有效地解决顾客在天线性能上遇到的难题。安森美的天线可调方案已经成功地使用在众多手机上，如华为 (P8, P9, Mate8 等)，联想 (Vibe X3, K5 Note, Vibe Shot, Lemon 3, Phab2 Pro 等)，小米，中兴，摩托罗拉和黑莓等。

[www.onsemi.cn](http://www.onsemi.cn)



# 让电源设计简单到极致

作者：本刊根据 Intersil 演讲整理

日前，Intersil 在北京举行新品发布会。会上，Intersil 推出了 12 款新型数字多相控制器和一款配套智能功率级，包括业内首款具有自适应电压调节总线 (AVSBus™) 的数字解决方案，可以增强功率优化，提高网络和通信基础设施设备的能源效率。Intersil 公司基础设施电源业务部总监 Chance Dunlap 先生详细介绍了这些新产品的特性和重要意义，并与媒体进行了交流和探讨。

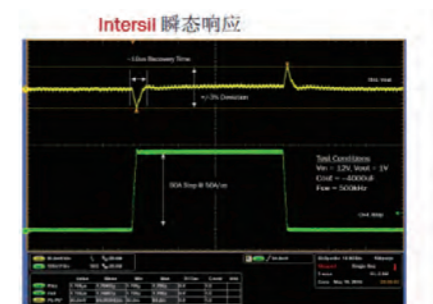
### 应对基础设施电源市场挑战

Chance Dunlap 表示，基础设施电源市场挑战体现在物联网连接设备的增加，提高了对中央处理能力的要求：推动云计算解决方案的开发；更高的处理能力、更高的功率要求；电源工程师在管理好功率分配的同时，必须对新设计的尺寸、热性能和时间限制进行权衡。在应对新挑战的同时，还要优化物联网电源系统来提升能源效率，而核心电源是电源系统设计的起点；数字电源可以为任何核心电源设计提供答案。他指出，数字多相解决方案可提供灵活性和可扩展性，并具有动态调谐性能，包括优化系统功率和热性能，实现更绿色、能源效率更高的网络和通信设备；采用易于使用的软件图形用户界面 (GUI) 来调谐控制回路，加快开发进程。

他认为，数字电源正迎来市场



拐点，市场需要可以完全控制、监测和远程升级的能力；同时需要开发完整的数字电源控制器系列，从负载点 (POL)、多相到模块；并支持全系统控制和监测的先进控制方案。为此，Intersil 推出了可进行数字配置的数字电源解决方案，采用最小的占板空间，所有设计元件都以数字设置控制，采用 Intersil 直观的 PowerNavigator™ 软件。它具有最快的瞬态性能，具有专利的综合电流控制架构。完整的市场解决方案包括 12 款新型全数字控制器，可满足任何 ASIC、SOC、处理器、或 FPGA 电源需求，同时拥有完整的功率级系列支持，提供完整的电源解



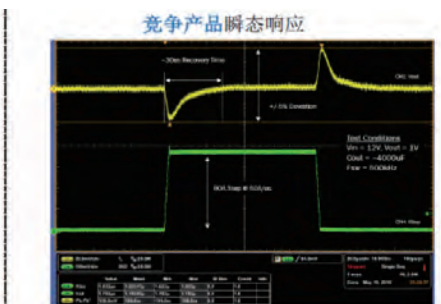
决方案。

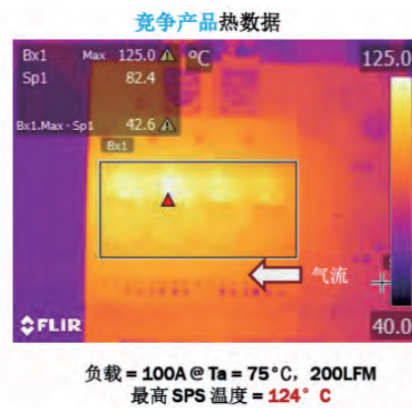
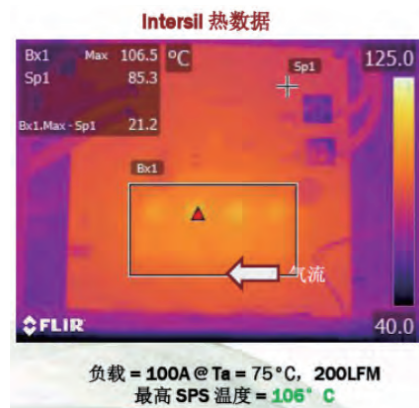
### 打造灵活性、高性能和简便性

Chance Dunlap 说，这次推出的 12 款新型数字多相控制器 ISL681xx 和 ISL691xx (其中包括两款业内首次推出的具有自适应电压调节总线 AVSBus™ 的数字解决方案) 和一款配套智能功率级 ISL99227。

这些新型数字控制器提供多达七个相位，可按任意组合分配到两个输出，与智能功率级相结合可以提供从 10A 至 450A 的可扩展解决方案，从而增强功率优化，高网络和通信基础设施设备的能源效率。完整的控制器和智能功率级解决方案可向任何处理器、ASIC 或 FPGA 提供最大 450A 负载电流，使物联网和云基础架构更“绿色”。

AVSBus 符合 PMBus™ v1.3 规范，具有直接连接至处理器的 50MHz 高速总线，以传输遥测数据，并通过自适应电压定位实现高效节能。Intersil 的新型 DC/DC 控制器和 ISL99227 60A 智能功率级支持高要求的 CPU





核心电压、内存和辅助电源轨，有助于电源设计工程师定制自己的解决方案，以满足任何电源轨要求。

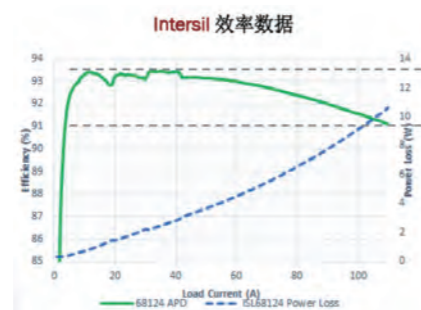
他介绍说，数字多相控制器系列包括三组控制器产品，具有灵活性、性能和设计简便性。其中，ISL68137 和 ISL68134 控制器利用 AVSBus 为网络路由器、交换机、服务器、存储设备和无线电信设备中基于 ARM 的处理器供电并与之通信。ISL68127 和 ISL68124 通用控制器为网络处理器、FPGA、SoC 和图形加速器供电。ISL69147/44、ISL69137/34、ISL69128/27 和 ISL69125/24 这八款控制器增加了一个次级高速接口（SVID 或 SVI2），为构成物联网（IoT）支柱的云计算应用中的最新英特尔或 AMD 处理器供电。

工程师能够通过 Intersil 易于使用的 PowerNavigator™ GUI（图形用户界面）软件工具实现数字控制的灵活性和优势。PowerNavigator 连接至开发板，通过 PMBus 和 AVSBus 进行通信，有助于工程师设置和控制所有参数，通过用于增加 / 降低相位的精确电流阈值来优化效率并调整回路调谐。PowerNavigator 消除了电路板返工，因为设计可以进行动态变更，实现稳定性调谐和优化。最终配置只需存储到非易失内存。

### 数字方案和智能功率级的优势

Intersil 全面的数字多相解决方案系列实现了尺寸和灵活性的又一次突破，同时满足任何先进数字负载的需求。它们为客户提供了下一代物联网和云计算系统所需的效率和一流的瞬变及热性能。

Chance Dunlap 表示，ISL681xx 和 ISL691xx 是适合任何先进数字负载



的数字多相解决方案，集成了高性能数字引擎，采用具有专利的综合电流控制架构，能够实时（零延迟）跟踪每个相电流。这使器件能够以精确的电流、电压定位、比竞争器件小 30% 的电容来响应任何负载瞬变。综合电流控制还有助于利用所有陶瓷电容来开发高可靠性系统。

在瞬态响应方面，Intersil 数字多相瞬态窗口是 54mV，竞争产品是 105mV。由于支持更低的输出电容，从而节省空间和成本。

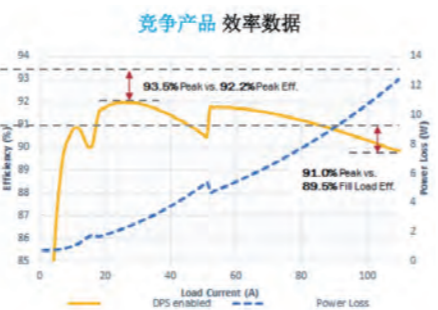
Intersil 控制器与智能功率级

ISL99227 60A 匹配，可为任何处理器、ASIC 或 FPGA 供电。支持的物联网基础设施包括：有线基础设施（光传输、路由器 / 交换机、交换机中心）；无线基础设施（基站、RRU（射频拉远单元）、线卡、ATCA（高级电信运算架构））；数据中心（服务器、存储设备、加速卡）。

热测试对比表明，Intersil ISL99227 智能功率级的温度比竞争产品低约 20°C，竞争产品需要降额 30% 才具有相同的热性能。

再看效率对比，在 12V 输入、1V 输出条件下，Intersil 器件的效率为 93.5%，竞争产品为 92.2%。竞争产品较低的效率导致了在满负载情况下将产生大于 2W 的额外功率耗散。

Chance Dunlap 最后总结道，Intersil 完整的解决方案释放了数字多相解决方案的潜能，能够为任何数字负载优化电源；通过软件控制实现针对任何应用的快速开发、调谐和系统优



化；取消了对用于设置和调谐的分立元件的需要；准确遥测所有系统参数；独一无二地满足下一代基础设施要求。

据了解，ISL681xx 和 ISL691xx 数字多相控制器以及 ISL99227 智能功率级现已供货。ISL99227 智能功率级采用 5mm x 5mm 32 引线 QFN 封装。相关开发板也已供货，可帮助工程师扩展电源性能和选择连接要求，从而快速进行原型设计和开发。

www.intersil.com

## 特别报道： 消费电子/白色家电

**PSD** CHINA  
功率系统设计：推动全球创新



内容包括：

小型加速度传感器实现家电、工业设备或体育健身设备高性能、

小型化……

现代电磁炉要求紧凑与高效的解决方案……

LAPIS Semiconductor 无线产品进军中国市场……

34

36

40

# 小型加速度传感器实现家电、工业设备或体育健身设备高性能、小型化

作者：本刊根据ROHM演讲整理

日前，ROHM(罗姆)集团旗下Kionix(奇思)公司在北京举办“小型加速传感器”新品发布会，Kionix Inc.上海代表处区域销售经理张曦先生向媒体介绍了公司情况及新产品。他表示新推出的支持±32G量程、适合高频冲击检测的小型加速度传感器KX222 / KX224有助于实现家电、工业设备或体育健身设备高性能、小型化。

## IoT 解决方案领军地位

张曦首先介绍了ROHM集团在传感器领域的持续创新和成长历程。从2004年到2014年十年间，ROHM先后推出了世界首款3x3mm三轴加速度传感器、实现最薄的加速度传感器、首款真正意义上的微安培磁陀螺仪传感器、超

低功耗六轴加速度陀螺仪传感器，拥有业界领先的低功耗和卓越性能，同时具有最大的缓冲区、最高的数据输出速率和最短的延迟和用户可控制电源优化工具(FlexSet™)。

Kionix产品系列包括：高性价比加速度传感器、高性能加速度传感器、超薄加速度传感器、智能加速度传感器/传感器Hub、加速度地磁二合一传感器、加速度陀螺仪二合一传感器、传感器融合算法软件和可定制的解决方案。

在3D加速度传感器产品阵容方面，Kionix的成就也是有目共睹。

## 新产品各具特色

张曦认为，目前一般的消费类加速度传感器只支持测量±16G的加速度冲击检测，被广泛应用于移动设备，如智能手机的斜率检测等应用中。但随着各种新型应用的出现，加速度传感器的应用日益广泛，要求的性能更高、功能更丰富。特别是近年来，如何实现白色家电和工业设备领域的振动和冲击检测、体育健身设备高速剧烈的轨迹姿态检测等备受期待。

在此背景下，Kionix公司作为MEMS传感器的领军企业，



图1: Kionix的产品和业务发展。

**性能**

汽车、工业

**KXR94/KXD94**

- 卓越的噪声性能 (45ug/rtHz)
- 温度稳定性(0.2mg/C)
- 5V电源电压降容
- 5x5x1.2mm DFN封装
- Need Letter of Assurance (KXR94)

车载产品开发

**KX03A (开发中)**

**KX04A (开发中)**

- 符合AEC-Q100标准
- 工作温度-40~125C
- 超低噪声 (45~100ug/rtHz)
- 温度稳定性(0.2mg/C)
- 5x5x1.2mm DFN封装

**数字产品**

**模拟产品**

**超薄封装**

适用于智能卡

**KXCJB (新)**

- 数字I2C接口
- 运动唤醒
- 业界最薄 0.45mm高度封装

**KXCJ9** **KXCJB**

50% SMALLER

**功能**

新兴振动监控应用

**KX222/KX224 (新)**

- 高G范围 (高达32g)
- 频段范围 (高达6KHz)
- 大容量FIFO/FILO缓冲区 (2048byte)
- 更高输出数据传输速率 (~25.6KHz)
- 更高输出数据传输速率 (~25.6KHz)
- 2x2小型封装 (KX222)

低功耗, 适用于可穿戴设备

**KX112/KX122/KX124**

- 大容量FIFO/FILO缓冲区 (2048byte)
- 更高输出数据传输速率 (~25.6KHz)
- 0.6mm 超薄封装 (KX112)
- 运动唤醒
- 定向敲击检测
- 自由落体检测

**KX022/KX023**

- 运动唤醒
- 定向敲击检测
- FIFO/FILO缓冲区 (256byte)

用户可编程双状态机

**KXCNL**

**简易**

智能手机、可穿戴设备用

**KXTJ3 (新)**

- 2g, 4g, 8g, 16g
- I2C数字接口
- 运动唤醒

**KXTC9** **KXTJ2/KXCJ9**

图2: Kionix 3D加速度传感器产品阵容。

扩大加速度传感器的测量范围，对陀螺仪传感器和组合传感器的产品阵容进行扩充。且保证了与以往产品一致的极低噪声水平。该产品支持最大25.6kHz的数据输出率(ODR)，与以往的加速度传感器相比，约提高了3倍；同时具有高带宽特性，能够有效对机器健康领域的振动频率检测、冲击检测等应用。另外，其结构具有更优异的抗冲击性和耐久性，保证产品在严苛环境下正常工作。

他介绍说，此次开发的是特别适合工业和体育健身设备的冲击和加速度检测应用，支持高G值检测范围的小型加速度传感器KX222 / KX224。两者量程最大可达±32G，分别采用2\*2mm<sup>2</sup>、3\*3mm<sup>2</sup>的LGA封装，有助于实现各种高性能应用的小型化。这种高G、宽带加速度传感器适用于工业、家电和健身领域。

具体讲，本次开发的KX222 / KX224设有±8G、±16G、±32G的3个检测量程，用户可自主设置满足应用需求的检测范围。Kionix充分利用长年积累的MEMS生产技术，实现适合比以往产品更高的加速度检测的MEMS结构，振动检测和冲击检测实现高达±32G的加速度检测；并



图3: KX222 / KX224的应用范围。

www.rohm.com.cn

# 现代电磁炉要求紧凑与高效的解决方案

## 新一代单管IGBT拥有市场领先的性价比

作者：Giuseppe DeFalco，家电应用技术营销部，英飞凌科技股份有限公司

由于单管IGBT固有的高效率特性，使其成为了现代逆变式电磁炉的首选开关器件。随着能源价格的持续上涨以及消费者对更小型厨具需求的增加，需要进一步发展IGBT技术。

本文中，英飞凌公司介绍了这一领域所面临的挑战，并提出了一个满足市场对高性价比追求的新技术。

1831年，法拉第发现了电磁感应加热的基本原理，随后，楞次更深入地研究了这一现象。他们通过磁动势实验发现，磁场转换过程中，铁芯会产生热量。

根据这一基本原理，电磁炉利用磁场来直接加热炊具，从而烹饪食物。这种烹饪方式只要加热炊具，由于其比燃气灶更高效，因此越来越受欢迎。仅通过改变磁场强度即可改变加热级别，电磁炉是一种快捷又易于控制的厨具。

现在，电饭煲也采用了这种电磁感应加热技术，相比标准发热元件，它能更高效地加热锅体，改善热传播性能，实时精确调节温度。

电磁炉的一个关键优点是，炉具的烹饪表面完全封闭，易于清洁，其烹饪过程比其他方式更加卫生。

随着电磁炉越来越普及，消费者的期望也不断提高，这对设计人员提出了更大挑战。受全球能源价格上涨和排放管理标准日益严格的影响，能效成为许多消费者重点关注的问题之一。

设计人员还必须考虑安全性和可靠性，以确保产品不会出故障，不会令消费者无法烹饪，不会损害制造商的声誉。

为了实现产品系列的差异化，许多制造商提供了诸如支持Wi-Fi控制等高级功能。消费者在评估这些附加功能时，其功能价值和产品价格是越来越重要的选择标准。

电磁炉的核心是利用绝缘栅双极性晶体

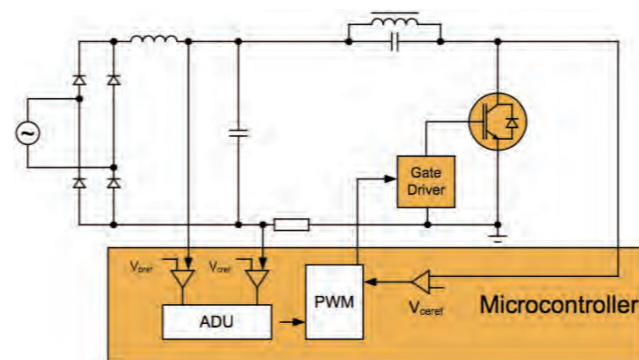


图1：准谐振单开关逆变器常用于电磁炉。

管（IGBT）控制关键的开关功能。因此，IGBT是决定最终产品的能效、尺寸、可靠性和成本的关键因素。

显然，对于电磁炉设计人员而言，选择最佳IGBT至关重要。大多数时候，设计人员着眼于关键参数，如最大集电极电流（ $I_C$ ）和最大集电极-发射极电压（ $V_{CE}$ ），以确保IGBT能够控制所要求的功率（电磁炉功率常常高达2100 W），以及对电磁炉效率至关重要的 $V_{CEsat}$ 和 $E_{off}$ 这些参数。

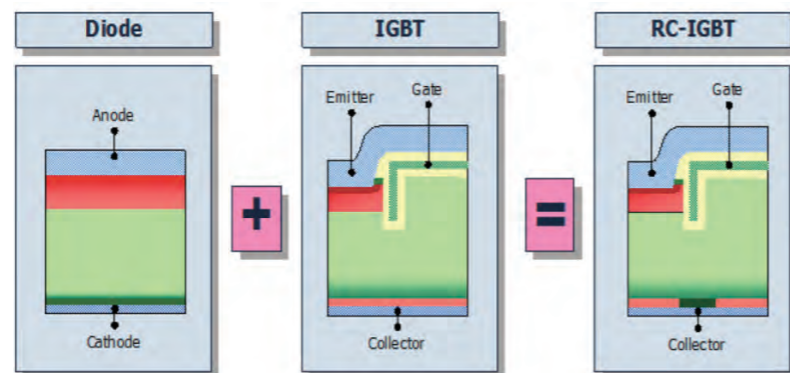


图2：RC-E逆导型IGBT包含一个集成反并联二极管。

# 从 50 MHz 至 4 GHz: 来自德国测试测量专业 厂商的示波器家族

HD  
16 bit  
Multi  
Domain

快速操作，使用方便，测量精确。

R&S®RTO2000：信号测量成就梦想。（带宽：600MHz至4GHz）

R&S®RTE：功能强大，操作简便。（带宽：200 MHz至2 GHz）

R&S®RTM2000：即开即测。（带宽：200 MHz至1 GHz）

R&S®HMO3000：日用之选。（带宽：300 MHz至500 MHz）

R&S®HMO Compact：物超所值。（带宽：70 MHz至200 MHz）

R&S®HMO 1002：物超所值。（带宽：50 MHz至100 MHz）

R&S®ScopeRider：两分钟体验，一见倾心。（带宽：60 MHz至500 MHz）

所有罗德与施瓦茨示波器都在一台设备中集成了时域、逻辑、协议和频谱分析功能。

请在 [www.scope-of-the-art.com/ad/all](http://www.scope-of-the-art.com/ad/all) 了解更多

[www.rohde-schwarz.com.cn](http://www.rohde-schwarz.com.cn)

免费客户支持热线 800-810-8228 400-650-5896



IGBT power losses – IHW15N120E1 versus competitors  
Output power = 2.1 kW,  $T_c = 25^\circ\text{C}$

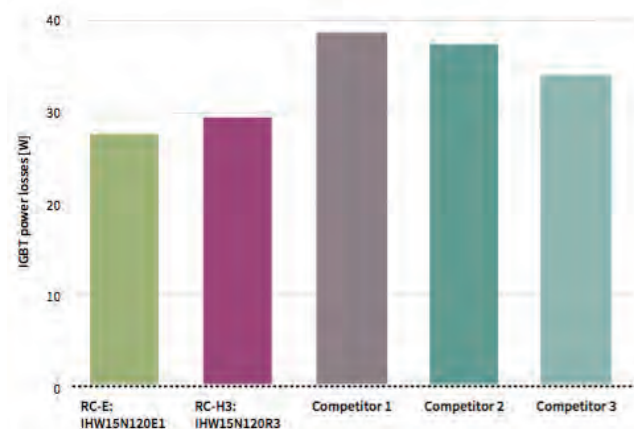


图3: RC-E家族拥有市场领先的性能。

选择最佳电路拓扑结构也很重要，因为设计必须简单、可靠和高效。电磁炉最常用的拓扑之一是单端并联谐振型逆变拓扑（SEPR），尽管其功率相对较低。

这种拓扑的主要由并联电感和电容的谐振网络，IGBT，以及用于改善 EMI 性能的小电容组成，其芯片上的集成续流二极管，为电感的谐振电流提供通道。

该逆变器通常采用经过整流但并未大幅度滤波的电压作为电源，可实现接近于 1 的功率因素校正。

典型工作频率范围为 20 至 60 kHz，完全避开人耳的频率范围。开关频率可控，在高频下进行软启动，较低频率模式下则可实现最大功率。

一般而言，电磁炉元件需求较为简单，因为无需硬开关功能、高短路额定电流或特殊封装类型。

软开关拓扑通过使用零电压开关（ZVS）或零电流开关（ZCS）的运行模式，显著降低了 IGBT 的开关损耗。在硬开关应用中，IGBT 开关上的压降会导致严重功率损耗。然而，在软开关应用中，这些损耗几乎可以忽略不计，从而提升系统的总体效率。

### RC-E 系列

功率半导体器件行业龙头制造商英飞凌推出的 RC-E 系列，是最新上市的逆导型 IGBT 器件。采用与全球领先的单管 IGBT 家族（RC-H）相同的专用技术，RC-E 系列在谐振应用中实现了成本和特性优化，包括高性价比电磁炉。

目前，英飞凌提供的 RC-E 系列包含两种型号：15 A、1200 V IHW15N120E1 和 25 A、1200 V IHW25N120E1。同

英飞凌提供的其他逆导型 IGBT 器件一样，RC-E 在 IGBT 内部加入了一个单片集成反并联二极管，因而无需在软开关应用中使用单独的二极管（通常与 IGBT 封装在一起），这使得 RC-E 系列非常便于使用。

将场终止层与沟槽栅结构相结合，RC-E 系列大大改善了饱和电压，并且关断损耗极低。薄基板的使用使其导通和开关性能优于过去的 NPT 技术。较之于使用单独二极管的 IGBT，RC-E 拥有更高功率密度，并且由于二极管和 IGBT 共用同一块芯片，因此二极管具备满电流。

得益于其低  $E_{off}$ 、 $V_F$ 、 $R_{th}$  和  $V_{ce(sat)}$ ，RC-E 系列经专门优化，可实现很低开关损耗和导通损耗，可在很大功率范围内实现和市场领先的 RC-H3 系列器件极为类似的性能。该器件可支持最常见的阻断电压（1200 V），并已针对 18 到 40 kHz 开关频率范围进行优化。

如图 3 所示，RC-E 功率损耗低，市场优势明显，大大优于竞争性器件。拜其低损耗所赐，设计人员可以轻松实现电磁炉的关键指标。

低损耗意味着烹饪时的耗电量更低，这将为消费者节省电费。由于热损耗减少，RC-E 的工作温度更低，提高了可靠性。实现特定功率的散热要求更低，散热片减小，这可导致最终产品的体积进一步缩小，最终降低成本。此外，这有助于提高 IGBT 的能效，延长其使用寿命。

RC-E 采用标准 TO-247 封装，因而产品更换或现有设计升级十分简便，设计人员可以轻而易举地提高现有产品的技术规格，降低成本。并使设计风险降至最低。

英飞凌公司针对电磁炉设计包含了多个系列的全套单管 IGBT 产品。RC-H5 是用于高频率范围（>30 kHz）的理想选择，能够以最低损耗实现最高能效。

如果 IGBT 需要驱动 IC，那么，RC-E 和 IRS44273L 将是一对完美搭档。低压非反相栅极驱动 IC 特点是搭载电流缓冲，可支持 MOSFET 和 IGBT。单片架构集成防闩 CMOS 技术，驱动输入可兼容 CMOS 或 LSTTL 逻辑电平。

在所有器件中，E1（RC-E）的性价比最优。15A 型号特别适用于不超过 1800 W 的低功率设计。如果价格和性能是最终产品的关键要素，RC-E 则是理想之选。

[www.infineon.com/cms/cn](http://www.infineon.com/cms/cn)



图4: RC-E采用常见的TO-247封装，便于更换或升级。



**PSD**  
Power Systems Design

信息  
驱动  
你的创意

# LAPIS Semiconductor

## 无线产品致力于高性能与超低功耗

作者：本刊根据 LAPIS Semiconductor 演讲整理

日前，ROHM集团旗下LAPIS Semiconductor公司（蓝碧石半导体）在清华大学内的“清华-罗姆电子工程馆”举办“Bluetooth® Smart通信LSI”与“Sub-GHz 频段无线通信LSI”新产品发布会。LAPIS Semiconductor Co., Ltd. LSI商品开发本部董事兼本部长藤田尚孝先生介绍了蓝碧石半导体在中国的无线产业状况，ROHM半导体（上海）有限公司设计中心助理经理刘翔先生介绍了两款新发布的产品。

### 致力于同时实现高性能与超低功耗

藤田尚孝先生首先介绍了蓝碧石半导体公司。他表示，蓝碧石半导体公司作为 ROHM 集团的一员，以与 ROHM 相同的企业理念来开展业务，就是始终将产品质量放在第一位，无论遇到多少困难，都为客户提供大量产品，并为文化的进步做出重要贡献。

蓝碧石半导体公司以无线产品为中心，包括逻辑 LSI 产品、存储器 LSI 产品、显示用驱动 LSI 产品等等，还有提供代工服务。虽然蓝碧石半导体公司正式成立是在 2008 年，但其实从 1961 年开始，就以 OKI Electric Industry Co., Ltd. 半导体事业部的形式开展研发和生产，至今已有 55 年历史。

藤田尚孝先生说，蓝碧石半导体公司在半导体领域主要拥有四大核心技术：第一是以低功耗 MCU 为核心，可以用电池这样非常小的电源来进行长时间驱动的“低功耗技术”。第二是主要运用于无线通信 LSI，可以同时实现高性能和低功耗的“高频电路技术”。第三是数字模拟混合技术，可以用于一些显示驱动器，包括新能源汽车应用；同时也可以把这些技术用于电池的监测。第四是存储器设计技术。除此之外，公司还可以充分利用这四大核心技术，为其他的客户提供代工服务。

他强调，蓝碧石半导体公司在无线通信 LSI 开发方面

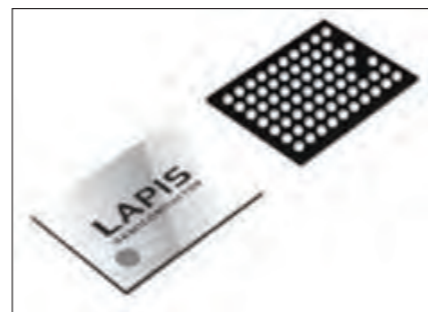
拥有 20 年以上的经验，致力于同时实现高性能与超低功耗。而为了实现这样的效果，采用了非常多的技术，比如信号发送电路技术、调制解调技术、以及安防技术

等，全都混合在其中。这里提到的所有这些技术，蓝碧石半导体公司持有的。今后，蓝碧石半导体公司将继续致力于使无线设备开发更加简单轻松，为社会的智能化贡献力量。

### 推进中国基础设施 IoT

刘翔先生首先介绍了应用在消费电子领域的低功耗蓝牙芯片 ML7125-002。蓝碧石半导体公司所有的产品，包括无线产品最大的特点就是低功耗，主要面向的市场是一些电池驱动的设备，或者对功耗要求比较高的市场，低功耗是这个产品需要达到的一个目标，最终目的是为了延长电池寿命，减小电池尺寸，达到产品的小型化。新产品的推出可实现纽扣电池长达 7 万小时驱动，有助于普及中国的基础设施 IoT。

他认为，Bluetooth® Smart 搭载于可穿戴式设备为代表的各种移动设备，与以 IoT 为核心的新服务的联动作用日益重要，其市场呈逐年扩大趋势。另一方面，IoT 设备的开发需要硬件和软件两方面的技术，需要深厚的专业知识和庞大的开发工时与成本。考虑到加快 IoT 的普及，简化软件开发是极其重要的课题。另外，随着存储器大小等的功能提升，搭载 Bluetooth® Smart 的设备的功耗也呈日益增加趋势，对影响到与设备大小紧密相关的电池小型



“ML7125-002”产品图

化、电池长时间驱动的节电性能的要求越来越苛刻。

他介绍说，支持 Bluetooth® v4.1 标准（Bluetooth® Smart）的 2.4GHz 无线通信 LSI “ML7125-002”非常适用于 Beacon 和串行通信设备等需要简化系统和延长小型电池寿命的 IoT 设备。ML7125-002 是蓝碧石半导体公司面向以中国为首在全球日益扩大的 IoT 市场开发的无线通信 LSI。面向中国国内市场，针对 IoT 设备的从机优化了固件，从而不再需要外置 MCU，使 Beacon 和串行通信设备等基础设施用的 IoT 设备的开发更加简单轻松。另外，利用 0.15μm 的低功耗 CMOS 工艺，将信号收发时的电流从 9mA（该公司以往产品 ML7105）降低到业界顶级的 6.7mA。同时，重新构建了信号收发时的有效工作期，使之减半到 5ms，缩短了收发信号时间，因此，使平均电流也比该公司以往产品降低了约 60%。通过纽扣电池 CR2032（200mAh）进行 2 秒间隔的信号收发时，本产品可实现约 7 万小时（该公司以往产品约 2 万 6 千小时）的电池驱动。

谈到新产品的特点，刘翔先生称，ML7125-002 无需 MCU，仅 1 枚芯片也可工作的无线通信 LSI。它面向 Beacon 和串行通信优化了固件，因此不再需要外部 MCU。作为从机专用的 Bluetooth® Smart 通信 LSI，可简单轻松地实现通信。无需 MCU 的软件开发工时与成本，从而非常有助于日益扩大的 IoT 市场的基础设施用 IoT 设备的普及。

此外，利用蓝碧石半导体公司擅长的 0.15μm 低功耗 CMOS 工艺优势，通过采用可实现低功耗无线通信的方式、搭载 RF 电路、单端电路及直接调制器，实现了业界顶级的收发电流（6.7mA）。而且，优化了有效工作期，与该公司以往产品相比，平均消耗电流降低了约 60%。

另外，新产品配备在 Windows® 系统的 PC 上可进行符合 Bluetooth® Smart 标准的 2.4GHz 频段无线通信的 USB 评估套件。利用 LAPIS VSSPP 软件，不仅可进行 PC 间的简易通信，还可与 android4.3 之后的智能手机、iPhone 进行连接。

据介绍，该产品已从 2015 年 12 月开始量产销售，未

来计划通过与中国企业的合作，推出搭载本产品的无线模块。前期工序的生产基地为蓝碧石半导体公司宫城工厂，后期工序的生产基地为蓝碧石半导体公司宫崎工厂。

今后，蓝碧石半导体公司将面向要求更佳节电性能的 IoT 设备市场，继续开发可轻松构建无线通信环境的无线通信元器件，同时，与当地技术商社合作，为中国的基础设施 IoT 的普及贡献力量。

### 为中国工业市场应用定制

刘翔介绍的第二款新品是针对中国工业市场应用的 Sub-GHz（小无线）芯片，叫做 ML7345C。小无线一般在 1G 赫兹以内，ML7345C 的工作频段是 315 到 510 兆，这个频段也是中国工业的无线标准。

他表示，近年来，为了减缓地球温室化进程，有效利用能源已成为全社会的紧迫课题。在中国，随着 IoT、M2M 的发展，已开始引进使用无线通信的智能仪表。另外，不仅在办公



“ML7345C”产品图

室和楼宇整体的照明、空调的最佳控制、防范、防灾安防领域，而且在农业等第一产业的收成量提升和生产优化等领域，使用无线网络采集、控制数据的趋势也已愈演愈烈。

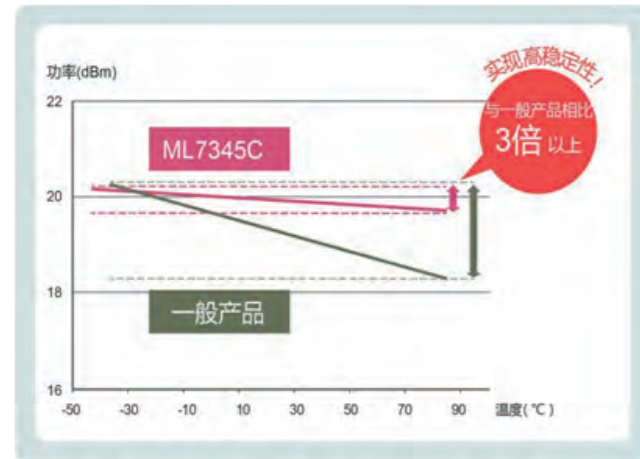
蓝碧石半导体公司的 Sub-GHz 频段无线通信 LSI，可通过低功耗实现高性能的无线通信，因此拥有以海外智能仪表市场为核心的丰硕应用业绩，正在为打造全球的无线网络贡献力量。ML7345C 非常适用于智能仪表、住宅 / 楼宇安全、火灾报警器、烟雾报警器、云农业等需要长距离无线通信和低功耗的应用。

ML7345C 是一款将在全球智能仪表中应用日益广泛的蓝碧石半导体公司无线通信 LSI 按照中国的无线标准定制

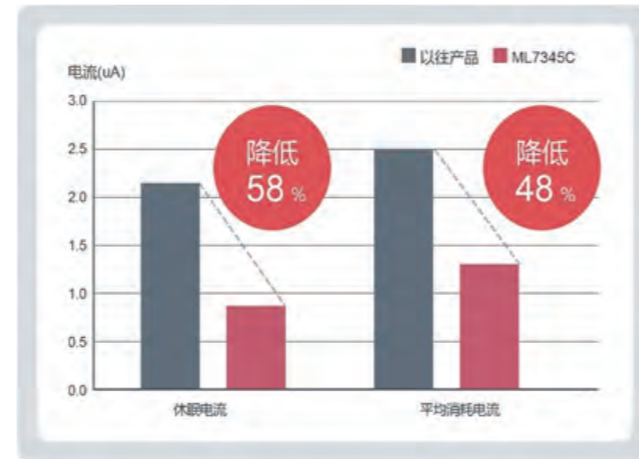


“ML7345C”是按照中国的无线标准定制的产品

特别报道：消费电子/白色家电



“ML7345C”的耐温度变化、耐电源电压变化性能是一般产品的3倍以上



与以往产品相比，“ML7345C”的休眠电流降低58%，平均消耗电流降低48%

特定频段、传输功率及接收灵敏度，从而可以发挥出最高特性的产品。支持在中国国内可用的频段 433 ~ 510MHz 和发射功率 100mW 高输出。另外，通过改善高频放大器，实现了业界顶级的无线性能与环境稳定性（发射功率的耐温性：达一般产品的3倍以上），因此，非常有助于简化智能仪表等复杂的无线网络（减少中继器）并提高可靠性。不仅如此，通过短时间启动接收的高速电波检测功能以及大幅减少休眠电流，占通信时间大半的待机工作过程中，平均电流与该公司以往产品相比降低了48%，还有助于系统实现更低功耗，并延长电池的使用寿命。

刘翔介绍说，在中国的 Sub-GHz 主要频段 433MHz ~ 510MHz 中，发射功率和接收灵敏度均实现了无与伦比的环境稳定性（耐温度变化、耐电源电压变化）。通过这些稳定的无线性能，在采用处理多跳中继的智能仪表等复杂无线网络的应用中，进行网络设计时无需考虑对环境变化的余量，因此，有助于简化网络（减少中继器）并降低成本。另外，在采用比较简单的无线网络的防犯、防灾安防领域等应用中，也可不受环境变化影响而提供高可靠性的通信环境。

ML7345C 支持中国市场的 100mW 高输出。另外，接收频段的设置可编程，除水表、电表、燃气表、热量表之外，还可支持防犯、防灾安防领域等各种规格。通过改善高频放大器，在整个工作保证温度范围内，发射功率变动仅 ±1dB 以下，实现了一般产品3倍以上的高稳定性。非常有助于无线网络的简化、低成本化、高可靠化。

另外，利用蓝碧石半导体公司多年积累的低消耗电流设计技术，在占通信大半的待机工作中，使平均电流比该公司以往产品降低了48%（10秒间隔待机工作时）。这是

通过独有的高速电波检测功能，缩短接收启动时间，将检测出接收强度的整体时间最短化（约 1msec），而且使仅内置定时器 ON 的休眠电流降低至 0.9uA（与该公司以往产品比减少 58%）来实现的。由此，减少了网络内的无线节点消耗的大部分电力，有助于系统实现更低功耗并延长电池寿命。

蓝碧石半导体公司还为客户提供完善的支持体制。配备了搭载本 LSI 的评估套件。评估套件中包括示例程序（简易 MAC）、各种测试场景、小型模块用的参考设计数据（电路图、外围部件清单、推荐 PCB 布线数据）。另外，用户登录蓝碧石半导体公司官网的支持页面，还可下载各种手册和工具等。蓝碧石半导体公司将 ML7345C 的参考设计数据提供给中国的合作企业，这样，可由中国制造商提供搭载 ML7345C 的中国制造通信模块，并提供技术支持。

本产品已于 2015 年 12 月开始量产销售，未来计划通过与中国企业进行合作，推出搭载本产品的无线模块。同时，为了减轻客户的设计负担，还提供推荐应用电路图、外围部件清单、推荐小型模块用 PCB 布线参考设计数据。

[www.lapis-semi.com/cn/](http://www.lapis-semi.com/cn/)

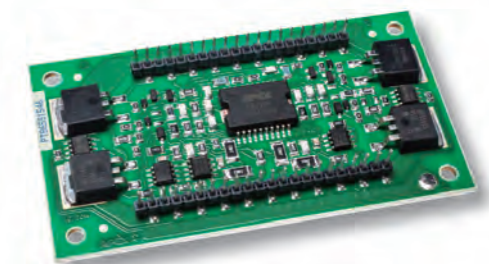


# 双通道喷射驱动!

MP104 用速度、电流和电压驱动多个喷墨打印头

节省空间, 节约成本

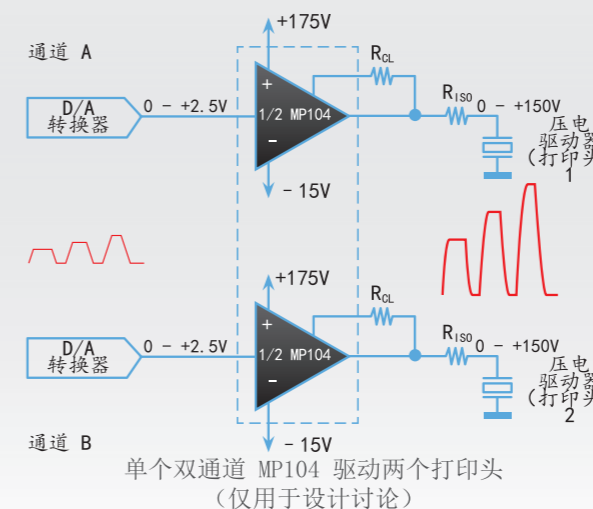
Apex MP104 是一款低成本的双通道功率放大器，旨在使用单个节省空间的装置驱动多个压电负荷。MP104 增强电路能在每个通道提供超过 10A 的峰值输出电流时保持平衡，还能减少串扰。MP104 工作电源电压高达 180V，将输出接地而不是接入负电源轨（+V<sub>S</sub> 到 GND），以减少高昂的供电费用。MP104 还具有低电流负压电源（≤50mA），以在不超出共模输入范围的情况下允许输入到零伏。



开放式产品技术  
42-引脚 KF 封装

印记 91.4 mm x 50.8 mm

有关使用详情, 请访问  
[apexmic.ro/psdcMP104](http://apexmic.ro/psdcMP104)



[apexmic.ro/psdcMP104](http://apexmic.ro/psdcMP104)



# 解决物联网设备充电难题

您是否憧憬过一个所有事物都高度智能并且互通互联的世界？在这里，住宅、办公室和工厂之中都部署了成千上万的传感器网络，以实现更好的决策、保障人身安全、更高的自动化、降低成本，并提升每个人的整体生产率和生活质量。如果您的回答是肯定的，那么好消息是，这个被称之为“物联网（IoT）”的世界指日可待。

物联网究竟是什么？从概念上我们可以理解为，几乎地球上的每一个“事物”（甚至其他星球）都将被赋予一个独特的地址。这个地址能够帮助每个事物通过互联网与所有其它事物实现沟通与互动。

目前，这样的“事物”被定义为一个能够连接至互联网的设备。这些设备包括手机、智能电视、冰箱、咖啡机、喷气式发动机、核反应堆以及其它任何可以通过电源开关控制的设备。实际上，物联网能够连接的“事物”远不止于此。随着通信技术，尤其是无线技术正变得越来越先进，世间万物的“智能化”也成为了一股无法阻挡的趋势。虽然电视、冰箱和咖啡机已经面世多年，但在最近几年，它们才开始实现与互联网的连接。随着技术的持续进步，未来连接至互联网的“事物”将不可估量。

据报告显示，截至2015年2月，连接至互联网的设备数量约为148亿台，到2020年，这一数字将达到500亿。

作为技术发展的新兴趋势，物联网也为半导体行业带来了许多新的机遇和挑战。如何为这些联网设备供电已经成为每个解决方案设计人员需要面临的问题。能量采集和无线电源技术能够帮助实现小型电池或者无电池解决方案，同时还能避免电源线的使用。

由于传感器节点的数量通常多达数十亿个，更换电池所花费的时间和成本是十分巨大的。因此很多无线传感器必须能够自行供电。从周围环境中采集能量成为了首选的解决方案，或者通过提升可充电存储设备的容量来延长电池更换的间隔时间，甚至无需更换电池。目前可以获得的能源多种多样，其中包括太阳能、热能和振动能，甚至是利用周围的无线电频率（RF）供能。TI的电源管理器件能够支持多种采集器、存储器和负载技术，以便从不同能源中尽可能多地采集能量。

此外，物联网也推动了半导体在例如可穿戴设备等低功率电子领域的全新投入。可穿戴设备虽然为个人健身带

来了革命性的变化，但是这些微型设备所使用的不同充电线缆和接头也为消费者带来了诸多的不便。无线充电技术不仅可以消除这些烦恼，还能够提升总体用户体验，这也是这项技术逐渐被广泛采用的原因之一。据瑞士信贷集团（Credit Suisse）预测，在未来5年内，智能手机将成为可穿戴设备的“私有云”，而平均每个用户都会随身携带至少一到两个此类可穿戴产品。技术研究公司则预计，到2016年，可穿戴无线设备市场将会增长到60亿美元。

以下5款TI参考设计所提供的参考电路能够帮助用户将小巧且高效的无线供电、电池充电和能量采集解决方案添加到应用之中。欢迎查看详细信息，是时候给您的物联网设备供电了！

上接11页

IC的推出，同时使转换过程更加有效，并可能管理转换器，已有越来越多软件驱动的环境。这个软件层带来了转换器配置参数和转换过程控制的复杂性，这意味着第二来源会遇到另一套互操作性的挑战。

考虑到过去几年来，电力输送模块所需的标准已跟不上这些进展，数字电源的三位行业领袖，CUI、Ericsson Power Modules和Murata 2014年10月共同组成了现代电源架构（AMP Group）联盟。为促进双方深入的技术合作，AMP Group建立了涵盖数字电源DC-DC转换器机械、电气、通信、监测和控制规范（见图4）。他们定义了数字POL转换器，再细分了输出电流和先进母线转换器（ABC）。

NDM2Z-50表明40-50安培范围可提供全面输出电流的转换器符合上述mega AMP标准。另一个符合这个标准的产品例子是来自此标准创始成员AMP Group、Murata之外的OKDX-T/50-W12-001-C。不仅这两个产品共享相同的电气和机械规格，而且配置文件也可以互换使用。在先进母线转换器领域，互操作性的例子可以在CUI的NEB-D系列和爱立信BMR457系列看到，它满足ABC-ebAMP标准。

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

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



## 服务机器人 让日常生活更轻松

服务机器人为全世界数以百万计的人提供了帮助——从做家务到帮助病人，老年人或残疾人。但是，从设计角度来看，它们的援助和由此产生的与人类密切互动带来了独特的挑战。耐用和可靠的服务机器人还必须能够感知人类和他们的需求——英飞凌的专业解决方案可使这些功能成为可能。

您的受益：

- ▶ 强大——OptiMOS™和StrongIRFET™提供更多电力
- ▶ 轻而紧凑的设计——最低 $R_{DS(on)}$ 的英飞凌功率半导体器件，如OptiMOS™、StrongIRFET™和CoolMOS™均有助于实现最高功率密度并减少冷却元件
- ▶ 安静——功能强大的微控制器和传感器提供平稳而安静的电机控制
- ▶ 降低系统成本——采用优异性价比的半导体器件
- ▶ 简单的控制方法——采用定制图形用户界面（GUI）DAVE™，通过微控制器（XMC™）和快速软件实现
- ▶ 英飞凌是满足您所有服务机器人设计需求的一站式半导体商店

所以，欢迎访问我们的一站式半导体商店，用我们提供的方案和元件来提升您的服务机器人设计。

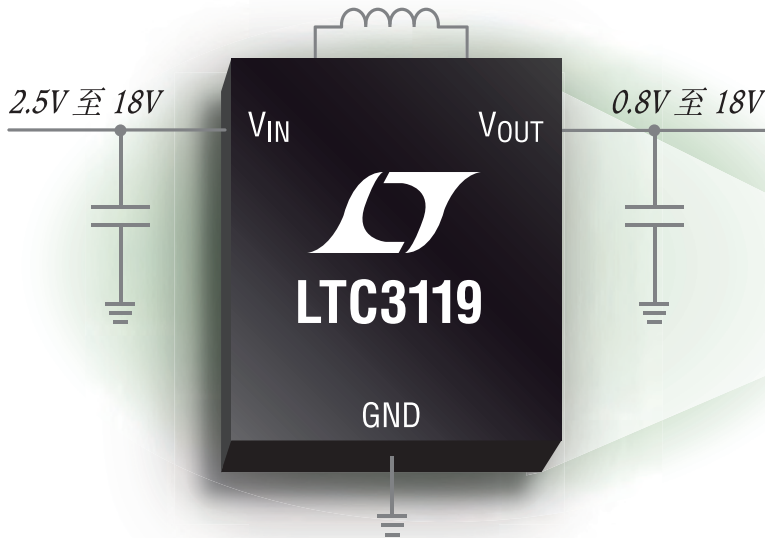


有关详细信息，请访问

[www.infineon.com/service-robotics](http://www.infineon.com/service-robotics)



# 18V/5A 单片式降压-升压



工作面积 <math>< 300\text{mm}^2</math>

## 内部 FET 和检测电阻简化了设计

LTC<sup>®</sup>3119 使我们不断成长的单片式降压-升压型转换器之性能和集成度达到了新水平。该器件的内部开关能提供高达 5A 的输出电流，同时因其采用电流模式控制而实现了快速瞬态响应，并具有紧凑的占板面积。其 2.5V 至 18V 输入范围非常适合单节至多节电池的配置以及未稳压的 5V 或 12V 适配器电源，而且输出可设定在 0.8V 至 18V 的范围。LTC3119 具有 35 $\mu$ A 的低静态电流、400kHz 至 2MHz 的可编程开关频率，并能提供高达 98% 的转换效率，从而提供了设计灵活性和低噪声输出。

### 单片式降压-升压型转换器的宽泛产品

器件型号	V <sub>IN</sub> 范围 (V)	V <sub>OUT</sub> 范围 (V)	降压模式中的 I <sub>OUT</sub> (A)	备注
LTC3114-1	2.2 至 40	2.7 至 40	1	I <sub>Q</sub> = 30 $\mu$ A，效率高达 96%，可编程输出电流
LTC3118	2.2 至 18	2 至 18	2	双输入 PowerPath™，效率高达 94%
LTC3115	2.7 至 40	2.7 至 40	2	I <sub>Q</sub> = 30 $\mu$ A，效率高达 95%，欠压闭锁 (UVLO)
LTC3112	2.7 至 15	2.5 至 14	2.5	I <sub>Q</sub> = 50 $\mu$ A，效率高达 95%，过压保护 (OVP)，输出断接
LTC3113	1.8 至 5.5	1.8 至 5.5	4	I <sub>Q</sub> = 40 $\mu$ A，效率高达 96%，输出断接
<b>LTC3119</b>	<b>2.5 至 18</b>	<b>0.8 至 18</b>	<b>5</b>	<b>I<sub>Q</sub> = 35<math>\mu</math>A，效率高达 98%，最大功率点控制 (MPPC)</b>
LTM <sup>®</sup> 8054	5 至 36	1.2 至 36	5.4	15mm x 11.25mm x 3.42mm BGA 封装，内部电感器
LTM8056	5 至 58	1.2 至 48	5.5	15mm x 15mm x 4.92mm BGA 封装，内部电感器
LTM8055	5 至 36	1.2 至 36	8.5	15mm x 15mm x 4.92mm BGA 封装，内部电感器
LTM4607	4.5 至 36	0.8 至 24	10	15mm x 15mm x 2.82mm LGA 封装，外部电感器
LTM4609	4.5 至 36	0.8 至 34	10	15mm x 15mm x 2.82mm LGA 封装或 15mm x 15mm x 3.42mm BGA 封装，外部电感器
LTM4605	4.5 至 20	0.8 至 16	12	15mm x 15mm x 2.82mm LGA 封装，外部电感器

### 查询详情

[www.linear.com.cn/product/LTC3119](http://www.linear.com.cn/product/LTC3119)



关注官方微信

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear 标签和 PowerPath 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。