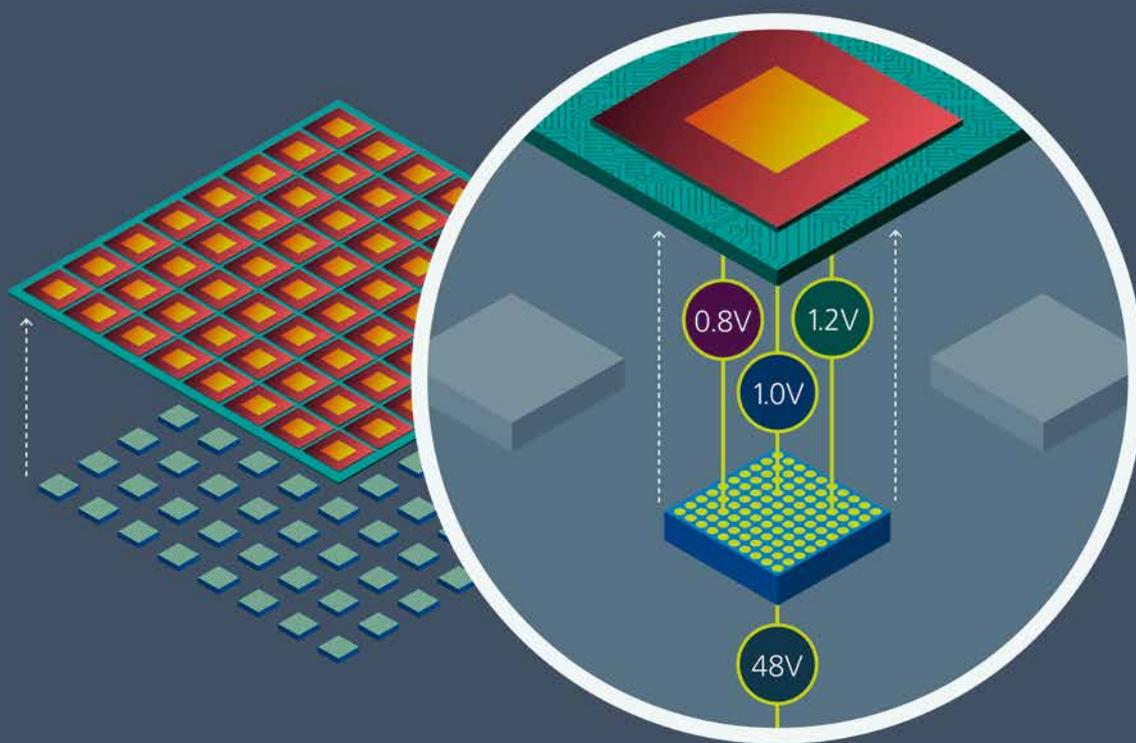


垂直供电 (VPD) 支持处理器集群



供电高达100,000A
减少95%配电网(PDN)损耗

VICOR

完美的二重奏!



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



#INDUCTORDUET
WE speed up the future

PCIM Europe Hall 7 Booth 229

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

© eSOS



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

设计指南

3 双通道 42 V、4 A 单片同步降压 Silent Switcher@ 2 型稳压器，搭载 6.2 μ A 静态电流
作者：Hua (Walker) Bai, ADI

市场观察

4 OEM 和机器人制造商期望得到完整电机驱动和控制解决方案
作者：Kevin Parmenter, TSC

封面故事

6 为 AI 处理器集群供电
作者：Paul Yeaman, Vicor Corporation

技术访谈

8 下一代可穿戴芯片实现更全面的远程病人监测
作者：刘洪, PSDC 主编

技术特写

13 不要因为环境问题而牺牲性能
作者：Mario Garsi, TT Electronics

物联网

15 MCU 电源架构使电池寿命达到极限
作者：Graeme Clark, Renesas Electronics

传感器

19 基于 IMU 的自主车辆导航技术的最新发展
作者：Claire Liu, ACEINNA

可再生能源

22 增强工业网络安全的最佳实践——能量存储系统
作者：Alvis Chen, Moxa

碳化硅

24 打破陈规——将 SiC FET 作为断路器
作者：Anup Bhalla, UnitedSiC

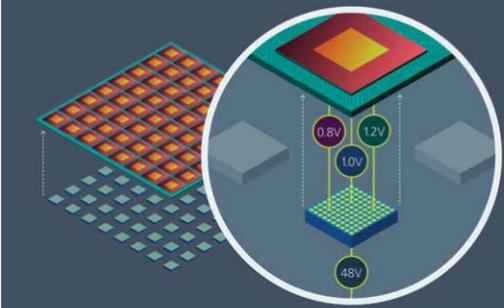
特别报道

28 减少 EMC 兼容应用中的资源
作者：Stefan Klein, ROHM Semiconductor Europe

运动控制

30 适用于微型电机驱动应用的快速反应、光学编码器反馈系统
作者：Jonathan Colao, ADI

垂直供电 (VPD) 支持处理器集群



供电高达100,000A
减少95%配电网络(PDN)损耗

VICOR

封面故事
为 AI 处理器集群供电



热点产品新闻、行业新闻及更多内容请访问网站：
www.powersystemsdesignchina.com

33 实现更小、更轻、更平稳的电机驱动器的氮化镓器件
作者：Marco Palma, 宜普电源转换公司

绿色视点

36 利用氮化镓芯片组实现高效率、超紧凑的反激式电源
作者：Chris Lee, Power Integrations



Power Systems Corporation
中国广东省深圳市福田区八卦三路 511 栋 205-206 室
邮编：518029
www.powersystemsdesignchina.com

主编——功率系统设计中文版
刘洪
powersdc@126.com
电话：010-68797916 13651220041

总编
Jim Graham
jim.graham@powersystemsdesign.com

社长
Julia Stocks
julia.stocks@powersystemsdesign.com

管理和制作
奈亚文化传播有限公司
地址：中国广东省深圳市福田区八卦三路 511 栋 205-206 室
邮编：518029
电话：0755-82240466

中文网站：
www.powersystemsdesignchina.com

英文网站：
www.powersystemsdesign.com

版权所有：2021年11/12月
ISSN：1815-3453

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

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

第十八卷, 第六期



BLDC电机设计能不能一举多得?

要想解决电机噪声和节能的问题, 唯一的方法从噪声源头来解决。常见的家用电器, 如冰箱、干衣机、油烟机、微波炉、料理机等, 发出的噪声从40dB到100dB以上, 全部都是电机运转的声音。即使是很小的声学差异也会对入耳听到的噪音产生很大的影响。

从传统的交流感应电机转到BLDC电机可以让这些问题迎刃而解。因此, 系统设计者越来越多地从基于简单、易于使用的单相AC感应电机的设计转向使用更节能、低电压的BLDC电机。永磁技术的进步正在简化BLDC电机的制造工艺, 在提供相同转矩(负载)的同时减小了系统尺寸, 同时带来了更高效率和更安静的运行。

德州仪器推出的全集成BLDC电机解决方案MCF8316A和MCT8316A可以在加快BLDC电机系统设计的同时, 提供一种智能、节能和更小的解决方案, 实现一举多得的结果。

首先是缩小方案尺寸。对于许多系统设计师来说, 为BLDC系统构建硬件是一件非常困难的事情, 典型系统需要栅极驱动器、MOSFET、电流检测放大器、电压感应比较器和模数转换器。集成BLDC驱动器结合了所有这些组件,

提供了一个紧凑而易于使用的解决方案。

其次是出色的声学性能。两款器件的先进实时控制功能有助于工程师轻松优化声学性能。与传统控制方式相比, 可以将噪声降低多达2dB(A) (如驱动笔记本电脑风扇)。

第三是稳健的电机保护。两款芯片都内置了实时控制功能, 实时检测总线电压, 动态调整降速比例, 始终保持总线电压是安全的。通过这种方式降低转速可以保证总线电压不会超标, 且关停电机时将能量有选择地泵回电源轨, 防止系统损坏。

第四是缩短设计时间。两款产品采用一系列独特的换向控制算法, 无需开发、维护和验证电机控制软件。由于无需编程, 使用认证机构(如UL)的预认证控制算法实现实时控制, 使工程师能够在10分钟内启动BLDC电机, 缩短设计时间。

第五是提高系统可靠性。无代码电机驱动器可以使电机驱动器更好地管理电机故障检测等关键功能, 同时实现保护机制; 无需外部霍尔传感器提高了可靠性并降低总系统成本。

刘洪
功率系统设计主编
powersdc@126.com

OEM 和机器人制造商期望得到完整电机驱动和控制解决方案



作者：Kevin Parmenter, 应用工程总监, TSC 美国

机器人不再只是在制造业中取代人类。它涵盖了从机器人真空吸尘器和外科手术机器人到自动引导ROV到AI驱动的生产设备、COBOT等等的一切。根据市场研究来源, 到2027年, 全球机器人市场预计将达到1895.6亿美元, 复合年增长率为13.5%。

从电机驱动和控制的角度来看, “机器人技术”只是依赖于该技术的广泛应用类别之一。该市场非常分散, 包括控制驱动汽车和无人机的电机, 以及在市政当局驱动家用电器和大型多马力水泵的控制。包括机器人应用在内的多样化电机驱动和控制市场预计到2026年将增长至243亿美元, 复合年增长率为4.6%, 这无论如何都不会减缓增长。

根据美国能源部(DOE)的数据, 电动机消耗的电能占美国所有电能的50%以上, 占工业生产电能的85%以上。在制造/加工厂每100美元的电费中, 它大约占85美元。

因此, 降低能耗和提高效率的变频驱动器(VFD)越来越受到个人和组织的关注。很容易证明, 使用更高效的电机和电机驱动器的投资回收期是合理的。它不仅仅是驱动交流电机; 由于直流电机控制市场也需要智能电机控制, 因此直流电机控制市场也很大, 且在不断增长。当然, 它因应用而异, 并取决于所用直流电机的类型。

为了在这些市场取得成功, 我想起不久前参观过一家《财富》100强的大型电子公司。在会议上, 一位工程经理告诉我: “你们这些半导体人必须知道, 我们想要的是全套即食食品, 而不是杂货店的购物清单。”他说得对。特别是当涉及到电机控制和电机驱动时, 原始设备制造商不再需要一份令人困惑的零件清单。为了延伸这个比喻, 他们期望的饭菜是一个完整的参考设计, 至少有一个他们可以根据自己的喜好调整的入门软件“食谱”。

考虑一下, 这些天, 设计一个基于微控制器的产品, 需要在系统中驱动电机。您可以简单地使用Arduino板, 并从插入Arduino的各种“屏蔽板”中进行选择。设计是为你做的: 在插入电机后将其连接到电路板上, 然后编写软件(或者借用免费的在线软件, 并根据你的需要进行修改), 然后你就可以开始设计了。这一切都是开源和免费的。因此, 复制设计并将其投入生产——当然, 之后, 您将进行环境和系统级别的符合性测试等等。

功率电子公司忽视了电机控制设计的这一趋势, 只是因为借用现成的开源软件的想法对他们来说是新的, 这样做的风险是市场份额损失。对于电力电子公司来说, 这是一个巨大的市场——最好去做饭吧!



双通道 42 V、4 A 单片同步降压 Silent Switcher® 2 型稳压器，搭载 6.2 μA 静态电流

作者：Hua (Walker) Bai, ADI 公司

LT8650S 42 V、双通道、4 A 同步 Silent Switcher® 2 型稳压器拥有超宽输入电压范围（3 V 至 42 V），是汽车、工业和其他降压应用的理想选择。其静态电流仅有 6.2 μA，输出始终保持稳定——这是汽车环境中一个至关重要的特性，因为在汽车环境中，即使汽车未运行，始终在线型系统也会消耗电池电量。在许多开关稳压器设计中，如果电路板布局未严格遵守布局标准，电磁干扰有可能成为一大问题。与此不同的是，在 Silent Switcher 2 型稳压器的设计中，可以轻松达到汽车电磁干扰标准的要求，且将对布局的影响降至最低。

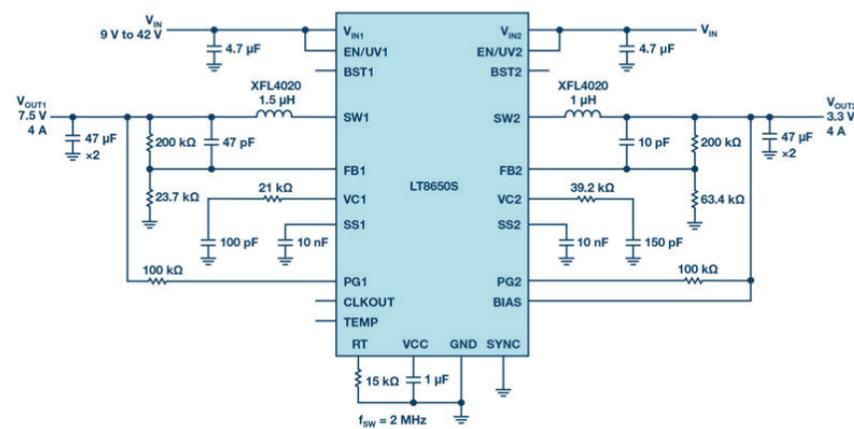


图 1. 7.5 V/4 A 和 3.3 V/4 A 输出，瞬态响应快。

7.5 V/4 A 和 3.3 V/4 A 输出，快速瞬态响应

图 1 所示为旨在优化瞬态响应的一种双路输出稳压器。虽然 LT8650S 包括内部补偿机制，但仍然采用了外部补偿机制，这是为了尽量减少瞬态响应时间和输出电压偏移。开关频率为 2 MHz，因而可以实现更高的环路带宽和更快的瞬态响应。

图 2 所示为在 0 A 至 4 A 负载阶跃下的输出响应，其中，在输出电压为 3.3 V 和 7.5 V 时，VOUT 降幅低于 100 mV。这一响应加上高初始精度，可以打造出符合严格 VOUT 容差标准的解决方案。

行时，如果不采用主动式散热机制，IC 最热部分的温度达 75°C 左右。

输入电压为 12 V 时，温度和效率甚至表现更好。并联时，需要通过把误差放大器的输出端捆绑起来，平衡输

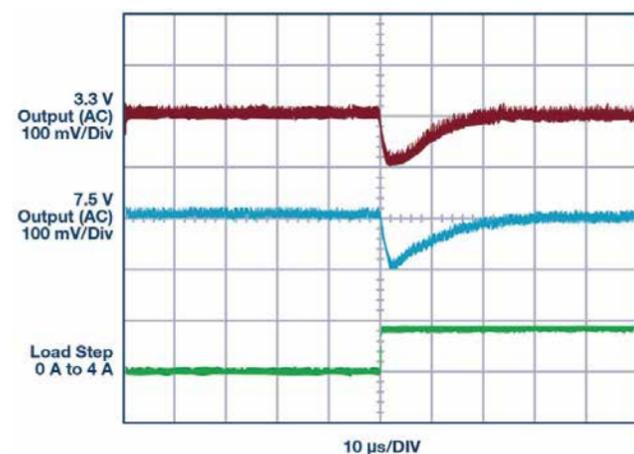


图 2. 图 1 中电路的 0 A 至 4 A 瞬态响应（工作模式为突发模式®）。

从 24 V 并行输出 9 V/8 A，温度不升高

LT8650S 集成了两个同步降压稳压器，采用 4 mm × 6 mm 封装。可以轻松将两个输出端并联起来，以实现高电流，如图 3 中的 72 W 输出、24 V 输入设计。全负载下的效率为 95%，电路板的热性能如图 4 所示。在室温下运

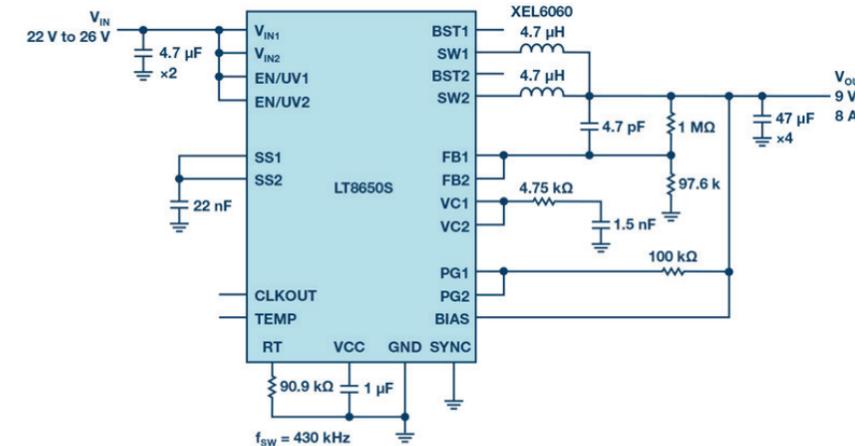


图 3. 并行输出从 24 V 输入输出 9 V/8 A，温度不升高。

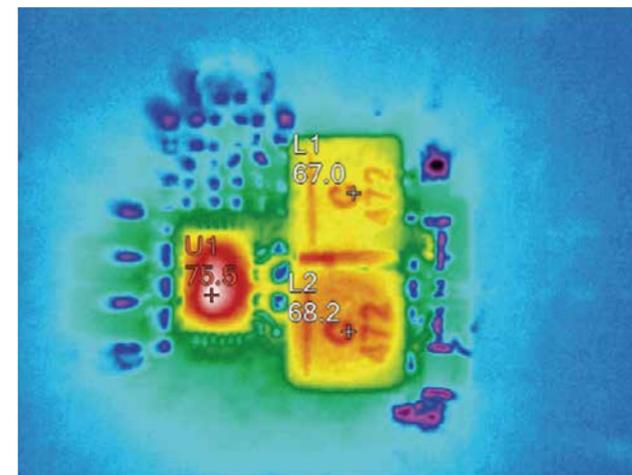


图 4. 图 3 所示电路的热性能。

出端之间的电流。这可以通过把 VC1 和 VC2 连接起来并使用外部补偿的方式来实现。对于要求较大热预算的应用，LT8650H 的工作结温为 150°C。

面向 SoC 应用、工作频率为 2 MHz 的 3.3 V/3 A 和 1 V/5 A 电路

许多片上系统 (SoC) 应用要求外设电压为 3.3 V，要求内核电压为 1 V。图 5 所示为用于一种级联拓扑结构的 LT8650S，其中，1 V 转换器的输入由 3.3 V 输出驱动。与用市电为 VIN2 供电相比，级联配置有多种优势，包括解决方案尺寸较小、2 MHz 工作稳定等。

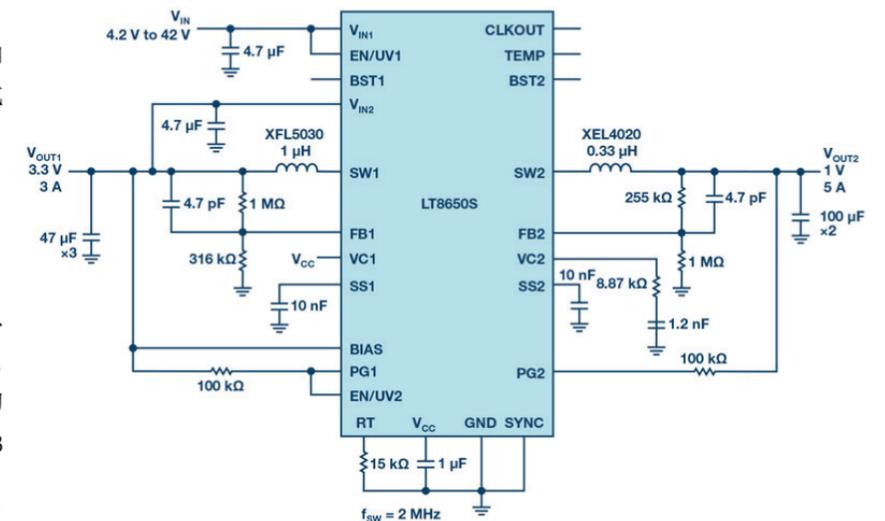


图 5. 面向 SoC 应用、工作频率为 2 MHz 的 3.3 V/3 A 和 1 V/5 A 电路。

LT8650S 每个通道 4 A 的电流额定值源于热限制，但是，如果通过额外的散热手段管控好温度上升问题，每个通道能输出 6 A 的电流。在图 5 所示解决方案中，电压为 1 V 的 2 号通道的输出功率较低，因此可以输出 5 A 的电流。

结论

LT8650S 具有宽输入电压范围、低静态电流和 Silent Switcher 2 型设计的特点。将两个 4 A 同步降压稳压器集成在一个 4 mm × 6 mm 封装中，有利于减少器件数量，降低解决方案尺寸，同时还能有多种应用带来设计上的灵活性。

www.analog.com

作者简介

Hua (Walker) Bai 是 ADI 公司应用工程师，负责为多个应用领域的客户提供技术支持。任现职以前，他先后供职于 Jacobs Vehicle Systems 和 BEI Technologies。他 2001 年毕业于密苏里大学罗拉分校，获电气工程博士学位。联系方式：hua.bai@analog.com。

为 AI 处理器集群供电

垂直电源方案可提供高达100kA的电流和多轨核心电压传输

作者：Paul Yeaman，公司应用工程总监，Vicor Corporation

最近，基于AI ASIC处理器的新型集群超级计算机的引入，将电源传输网络的边界提高到了几年前从未想象过的水平。随着电流水平接近100kA/ASIC集群的应用，需要在电力系统架构、拓扑、控制系统和封装方面进行创新，以供应如此高的电流需求。由于功率水平不断提高，采用48V电源总线进行功率传输至关重要。此外，日益紧凑的处理器集群应用限制了电源方案在处理器旁横向摆放的可行性，因此需要一种新的电源方案来解决问题。

Vicor 48V 直接至负载 (<1V) 分比式架构 (FPA™) 与常见的 48V 中间总线架构 (IBA) 不同，IBA 还是传统的由一个中间母线转换器和多相 PoL 稳压器组成，而 FPA 则通过创新解决方案独特地解决了集群处理器系统面临的每一个电源传输难题，它还支持电源方案在处理器对应面垂直摆放的方式，这种垂直电源传输方式 (VPD) 对于向此类集群系统提供高电流至关重要。

集群式电源传输的挑战

集群式 ASIC 系统采用紧密封装，以达到所需的高速带宽，从而实现 AI 训练工作负载（如自动驾驶）所需的万亿次处理性能。集群中的每个处理器本身可能需要 600 到 1000 安培的电流，所以即使是单个处理器加速卡上边，如果电源方案的摆放位置不接

近处理器的电源引脚，也会带来严重的 PCB 或基板阻抗损失，从而带来电源传输功率损耗的挑战。

此外，GPU 和专门的 AI 处理器已经采用 7nm、5nm 工艺制程，很快将使用 3nm 硅工艺节点，从而实现人工智能 (AI) 的快速发展。这些工艺节点的标称核心工作电压目前在 0.75 至 0.85V 之间。为了达到 AI 要求的工作性能，需要把 GPU 和处理器先安放在加速卡上，然后将加速卡群集到基于服务器机架的系统中，数据中心和高性能计算机的每个机架上 有 4 或 8 个加速卡。然而，最近来自 Cerebras 和特斯拉 (Tesla) 的介绍显示了另一种将人工智能 ASIC 本身进行集群的方法，这种方法可以生成极大算力、极高功率密度的超级计算机，但同时也带来了电源传输方面的严峻考验和对热管理/冷却方面的挑战。

对于电源传输来说，ASIC/GPU 集群已经没有单处理器或双处理器 AI 卡那样的横向电源传输空间，其所使用的高速 I/O 信号对大电流开关噪声（即硬开关多相降压 (buck) 稳压器工作时产生的噪声）极为敏感。所以将硬开关多相电源方案移动到更靠近处理器的位置会带来更多的电流开关噪声，这种情况下，电源方案设计既要满足噪声敏感 I/O 信号的要求，又要尽量降低 PDN 值就是一个巨大的挑战。在 40–60A/ 相的典型设计值下，给每个 AI ASIC 或 GPU 提供峰值电

流（很多情况下每个 ASIC 电流需求大于 1500A）所需的多相电源方案数量很容易超过 30 相，在这种应用场景下，传统的横向电源（多相 buck 方案）几乎是难以实现的。

分比式电源解锁电流传输新方式：

分比式架构 (FPA) 的基本原理是将电源转换器分为两个主要功能，分别对每个功能进行优化，然后将这些功能作为一个系统来实现。这两个功能分别是稳压和电流倍增。

稳压

稳压器的效率与所做的工作成反比——工作越多，效率越低。稳压器的输入电压和输出电压越接近，执行的工作就越少，效率就越高。凭借分比式架构在系统中的位置优化，可以使稳压器的输入至输出电压差最小化。PRM™ 稳压器采用零电压开关 (ZVS) 升降压 (buck-boost) 拓扑结构，在输入和输出电压差较小的情况下具有高效率。ZVS 大大降低了开关损耗，实现了高频操作，大大减小了转换器的尺寸。PRM 通常将 40 至 60V 的输入电压调节为 30 至 50V 的输出电压。

软开关与电流倍增

PRM 之后是第二级，执行电压降压和电流提升功能。这是使用正弦振幅 (SAC™) 拓扑结构的 VTM™ 电流倍增器模块来实现的。VTM 的特

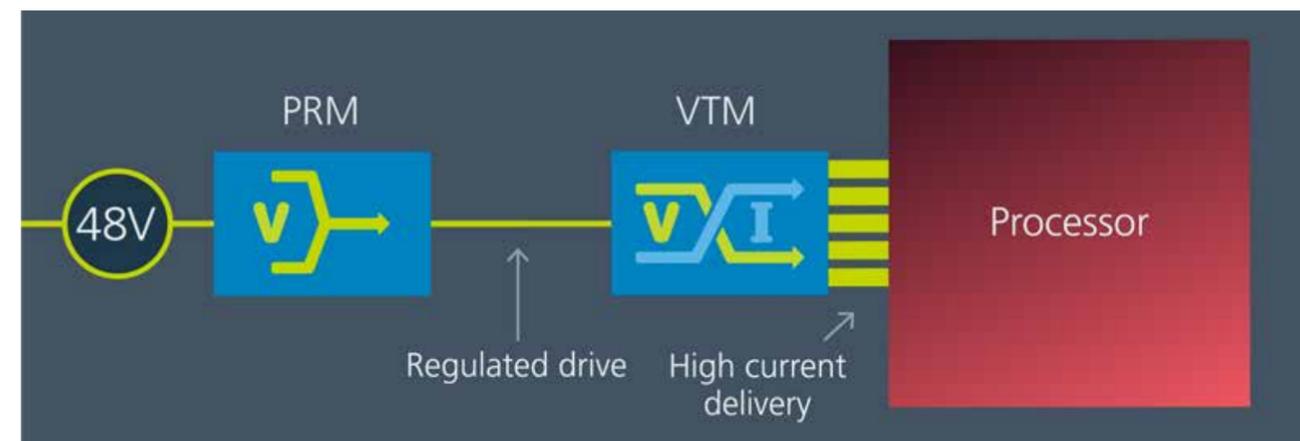


图 1：PRM™ 和 VTM™ 是 FPA 的组成部分。PRM 根据系统输入电压范围和功率要求选择；VTM 根据输出电压范围和电流要求选择。PRM 可安装在系统中任何方便摆放的位置；VTM 应安装在尽可能靠近处理器核心的位置。

性可以看作是一个理想的变压器，其输入和输出电压通过一个固定比率关联，且在超过 1MHz 工作频率时还能保持很低的阻抗（数百 $\mu\Omega$ ）。

由于 VTM 中没有储能装置，所以只要保持足够的冷却，它就可以提供足够大的能量。这使得 VTM 的功率容量与处理器的热容量相匹配。

SAC 拓扑使用零电压和零电流开关控制系统，这进一步降低开关噪声和功率损耗。

PRM 和 VTM 一起构成 FPA 的功能模块：一个专门用于稳压，另一个专门用于电压转换和电流倍增。

SM-ChiP 封装降低噪声，改善散热性能

虽然用于实现高性能稳压器的拓扑结构和架构很重要，但封装技术同样重要。Vicor SM-ChiP™ 封装将所有无源器件、磁性器件、MOSFET 和控制集成到一个模块中。此外，该封装设计能够在有效地供应大电流的同时，以最低的热阻抗便于模块冷却。许多 SM-ChiP 器件外表面的大部分地方都有接地金属屏蔽。这不仅有助于冷却，还可以屏蔽高频寄生电流噪声，防止其在器件外部传播。

垂直电源传输方式可将 PDN 损耗降低 95%

对于大型的，集群处理器阵列采用传统的横向电源传输方式几乎是不可能的。集群处理器电源的最好解决方案是垂直电源传输方案 (VPD)。在 VPD 中，电流倍增器直接位于主板另一侧的处理器下方，通过缩短电流通过主板的距离，显著降低了 PDN 损耗。VPD 需要两个关键特性来实现此功能。

首先，垂直电源方案 (VPD) 应该在处理器的正下方区域，那里包含了很多高频电容器，它们是将特高频电流 (>10MHz) 与系统其余部分解耦所必需的。其次，为了获得最大效

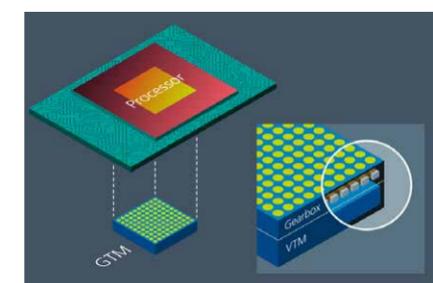


图 2：垂直电源传输方案 GTM™ 搭配电流倍增器置于处理器下方，最大限度地提高电源传输性能。垂直电源传输 (VPD) 解决方案还为包括更高 I/O 路由、板载内存或更紧密的处理器集群在内的方案提供匹配。

率，VPD 解决方案的电流输出位置和样式必须跟处理器上的电流输入位置和样式镜像一致，这样才能够实现真正的大电流“垂直”供电。

为了实现这些功能，Vicor VPD 解决方案是一个由三层组成的集成模块：下层是一个 Gearbox，中间层是 VTM™ 电流倍增器阵列，上层是 PRM™ 稳压器，这样的三层组成了一个完整的 VPD 解决方案，我们称之为 DCM™。Gearbox 执行两个功能：一是包含高频去耦电容，二是把来自 VTM 的电流重新分配形成与上面的处理器镜像一致的模式。VTM 阵列的大小取决于处理器输入电流要求，PRM 的大小取决于总的功率需求。下转第 14 页

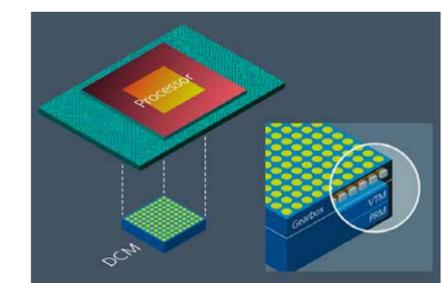


图 3：Vicor DCM™ 是针对 ASIC 集群的在一个先进封装中实现的完整 48V 至负载 VPD 解决方案。PRM™、VTM™ 和模块的 gearbox 层提供稳压、电流倍增、去耦电容和引脚到引脚的封装匹配。

下一代可穿戴芯片实现更全面的远程病人监测



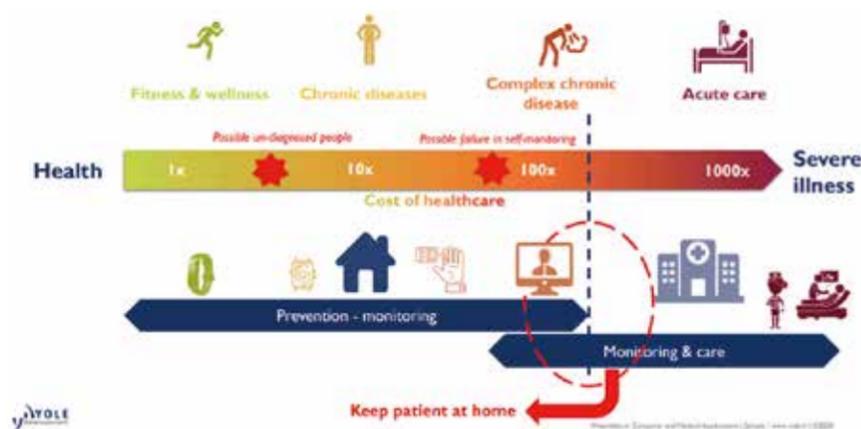
作者：刘洪，PSDC 主编

2021年8月，美信（Maxim Integrated）正式完成并入ADI公司，成为全球模拟半导体市场又一巨无霸，营收将超过82亿美元。正在与ADI进行业务整合的美信日前举办线上新产品发布会，Maxim Integrated（现已并入ADI）工业与医疗健康事业部医疗健康产品线总经理Andrew Baker和电池电源方案事业部多功能电源产品线执行总监Karthi Gopalan分享了其实现更全面远程病人监测的最新可穿戴芯片。

去中心化医疗平台助降本成增效

统计表明，伴随通货膨胀速度的增加，目前全球医疗健康费用总体花费约9万亿美元，而远程病人监护的增加能有效降低医疗成本，不管近期还是远期，都能改善健康护理效果，提高人们的生活质量。

Andrew Baker表示，传统医疗健康护理一直集中在特定医疗机构，患者必须去这些场所才能获取相关的监测或治疗。这种模式意味着需要远距离交通行程，给日常生活和工作带来不便。“而去中心化医疗健康护理将大大提升患者的便捷度。因为，远程



医疗成本压力

监护不需要患者每次都到医疗机构，且几乎不干扰人们的日常生活。连续远程监护可以有效做到早期检测，发现病症早期检测和诊断，离成功治愈

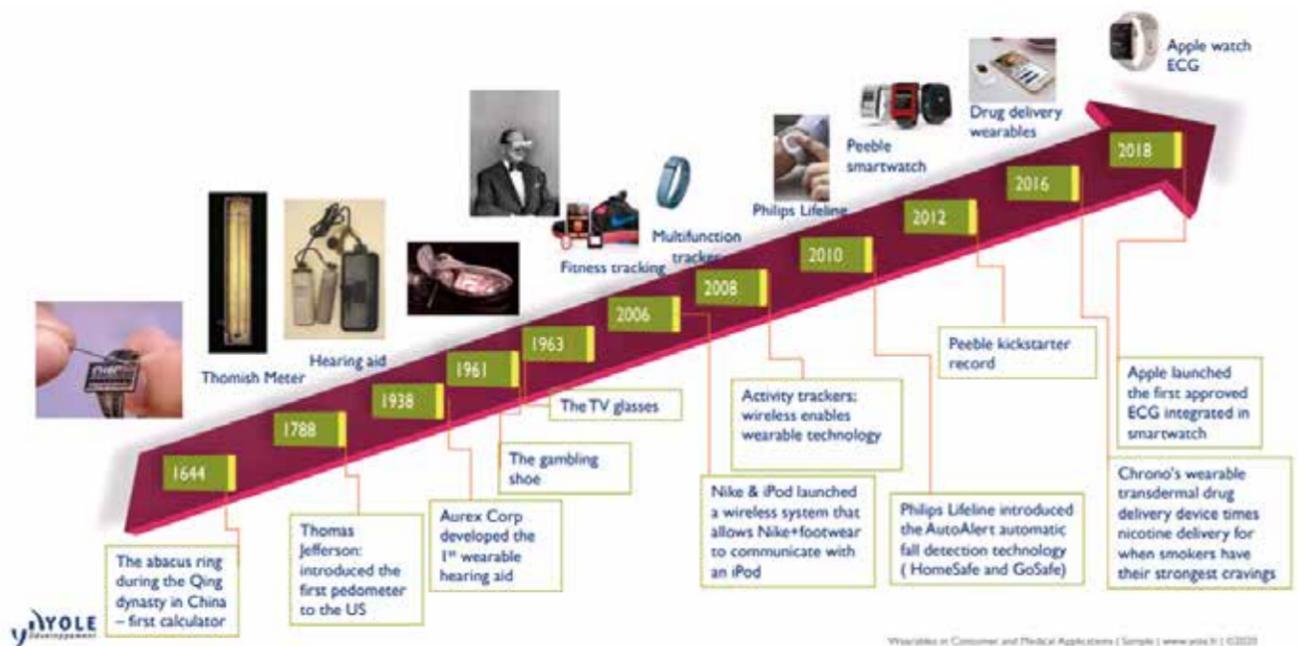
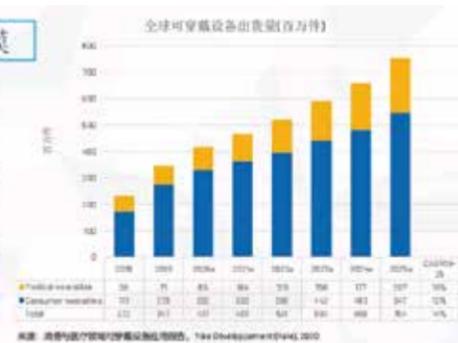
也就更近一步，治疗结果也能更好。”他说。

反过来讲，更好的治疗结果也降低了整体治疗成本，提升了患者的健

医疗健康可穿戴产品的市场规模



医疗健康可穿戴产品市场规模



可穿戴设备的时间线：融入医疗健康功能

康指数和幸福指数。从数据统计来说，连续远程检测可以采集更多相关数据，结合相应的数据分析及处理，根据数据做出有效决策。数据分析配合医疗研究和持续创新可以进一步提高药物药效及医疗功效。

Yole 传感与执行团队首席分析师 Jerome Mouly 说：“健康应用正在被许多公众接受，原因是可以量化自我，帮助人们以预防性方式监测其健康参数，防止慢性病的发展，并推动医疗系统转型，以应对成本压力。”

关键生命体征传感技术的创新加速了医疗数据的采集，也使得人们对医疗健康监护的获取有了更全面的途径，可穿戴医疗健康设备持续新增更多临床检测功能，可以为远程病人监护提供更全面、更综合的方案。

医疗健康服务个性化市场看好

根据 Yole 2020 年发表的报告显示，医疗健康可穿戴产品市场规模将从 2019 年的 3.47 亿件增长到 2025 年的 7.54 亿件，主要驱动力是医疗类可

穿戴市场和消费类可穿戴市场，这方面有共同的潜在需求，即多项关键生命体征监测，这对芯片供应商是绝佳的机遇。

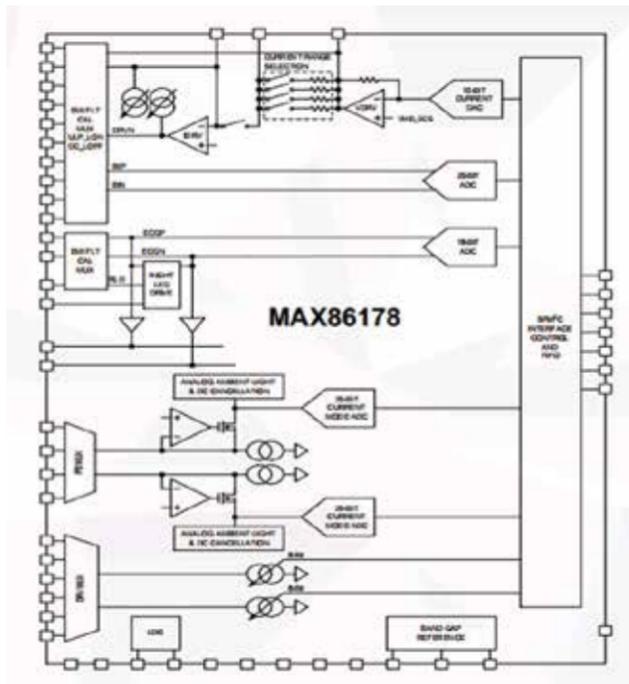
可穿戴设备也在推动消费和医疗电子市场的增长，Yole 还预计，到 2025 年，可穿戴设备市场将达到 979 亿美元，年复合年增长率为 11.2%。

Yole 认为，可穿戴设备不仅引起了消费电子产品制造商的兴趣，也吸引了医疗设备公司的注意，特别是

在新冠疫情流行时期。具有医疗保健功能的可穿戴设备在新冠疫情中获得了监测生命体征的动力。然而，将医疗功能结合起来并不能成为一种医疗设备，这些医疗可穿戴设备的关键标准是系统可靠性及其生成数据的准确性。例如，医疗可穿戴设备可以为糖尿病患者提供微创 CGM（连续血糖监测），取代血糖仪测量。另外，越来越多地使用贴片可以让患者更早回家，而只需对其进行远程监控。如今，



一些疾病的影响



MAX86178 框图

医用可穿戴设备约占可穿戴设备收入的 20%。

为了满足门诊医生和用户的需求，可穿戴设备正在增加健康检测技术，以提供全面的远程健康监护，监测关键生命体征，从而更好地服务于疾病预测和疾病预防以及慢性病管理。今天，让病人呆在家里，加速推进远程医疗和联网监测已成为一个趋势。

全面的远程医疗监护方案

Andrew Baker 指出，未来可穿戴设备将改善慢性病的早期发现与管理方式，可以远程监测关键生命体征测量，包括预测、预防性监测、慢性疾病管理。同时判别致命情况的发生，降低昂贵的住院治疗风险。

他举例说，腕式可穿戴设备可用于检测不规则心脏活动或心率失常和房颤；戒指式可穿戴设备可以 24×7 小时无感知监测生命体征，对用户极为方便；胸前医疗贴片能检测多种类型的心率失常疾病，对患者进行持续监测。可穿戴设备还可以连续监测慢性阻塞性肺病，持续监测及干预能有效降低病情恶化和重症住院治疗的危险。



三重系统四重关键生命体征采集



远程监测贴片系统框图

从全球来看，慢性阻塞性肺病影响着超过 2.51 亿人的生活；睡眠窒息症影响着近 10 亿成年人的睡眠，这种病症导致他们的生产力下降，也增加了出现意外的风险。

以穿戴式医疗贴片为例，它可以收集生命体征数据并上传到云端，供临床医生参考。远程病人监护可以准确反馈治疗策略的有效性，从而有效降低病症对生活的影响，为人们提供更高质量的健康。

支持远程病人监测的临床级 AFE

ADI 新推出的 MAX86178 是一个支持远程病人监测的临床级模拟前端 (AFE)，是集成了三个测量系统的临床及关键生命体征监测单芯片，三个完整测量系统包括光学、心电及生物阻抗，可以实现四种关键生命体征测量 (ECG (心电图)、心率、血氧饱和度和呼吸率)。

在三个子系统中，ECG 部分模拟前端可以做到临床等级 ECG 测量，支持 HR 和心律失常检测；符合 IEC60601-2-47 医疗标准。PPG 提供临床级 SpO₂ 血氧测量，SNR (信噪比) 高达 113db。设计灵活的生物阻抗测量通道支持 ICG、BIA/BIS、GSR/EDA 监测。

MAX86178 支持多项生命体征检测，可以加快产品上市时间。使用 MAX86178 的可穿戴设备比以前的分立方案尺寸更小，且采集信号可以实现和光学 PPG 和 ECG 系统的完全同步。

另外，MAX86178 利用多项可配置电源，支持针对特



传统与新方案对比

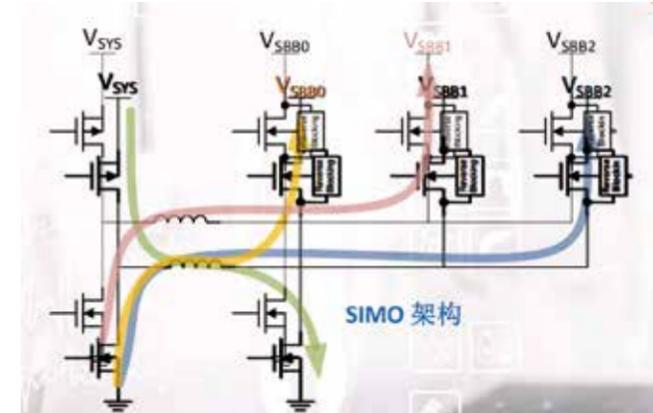
定用户场景的功耗优化。其封装采用 WLP (晶圆级封装)，尺寸仅为 2.6mm×2.8mm。

MAX86178 单芯片模拟前端的三重采集系统可以实现四重关键生命体征采集：

- ① 利用 PPG 光学测量血氧饱和度 (SpO₂)，用于检测肺功能、睡眠障碍等；
- ② 利用 BioZ 测量呼吸率，检测呼吸变化和呼吸深度；
- ③ 通过心电图或光学 PPG 测量心率或心率变化率。
- ④ 测量心电图 ECG 或 EKG，实现房颤检测和心脏健康状况监测。

从典型远程监护贴片系统框图可以看出，通过外接光学器件 (如 LED 和 PD)、电极形成了一个完整的系统，用 MAX86178 作为模拟前端实现各种测量。其中还包括低功耗蓝牙 MCU，用一个 M4F 内核 MCU 就可以实现数据处理加密及低功耗蓝牙传输。ADI 还提供完整的电源管理解决方案以及温度传感器等。

Andrew Baker 最后表示，可穿戴医疗设备的未来正在加速到来，MAX86178 这样的三合一系统用单芯片完成了四项生命体征采集，使心电图、心率、血氧饱和度、呼吸率的采集系统变得更精简。



MAX77659 单电感多输出 (SIMO) 技术

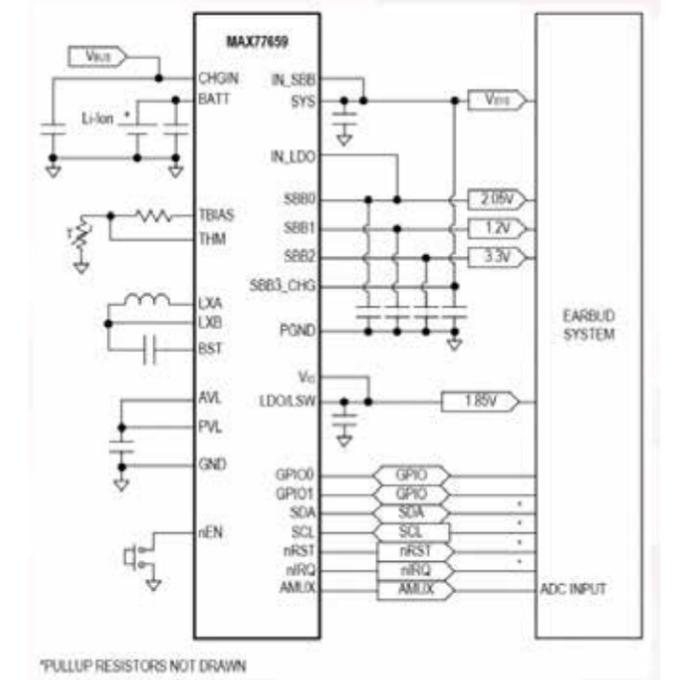
为新一代消费和医疗可穿戴设备赋能

接着，Karthi Gopalan 介绍了医疗健康服务向个性化转型过程中可穿戴设备所面临的挑战，特别是电源。她指出，随着电池供电的便携式诊断仪器的不断涌现，电源管理和生物传感器协同工作的创新成为了电源系统设计时必须考虑的一个课题。这意味着在不牺牲传感器信号精确度的情况下，要保证最少的功耗和最小的尺寸。

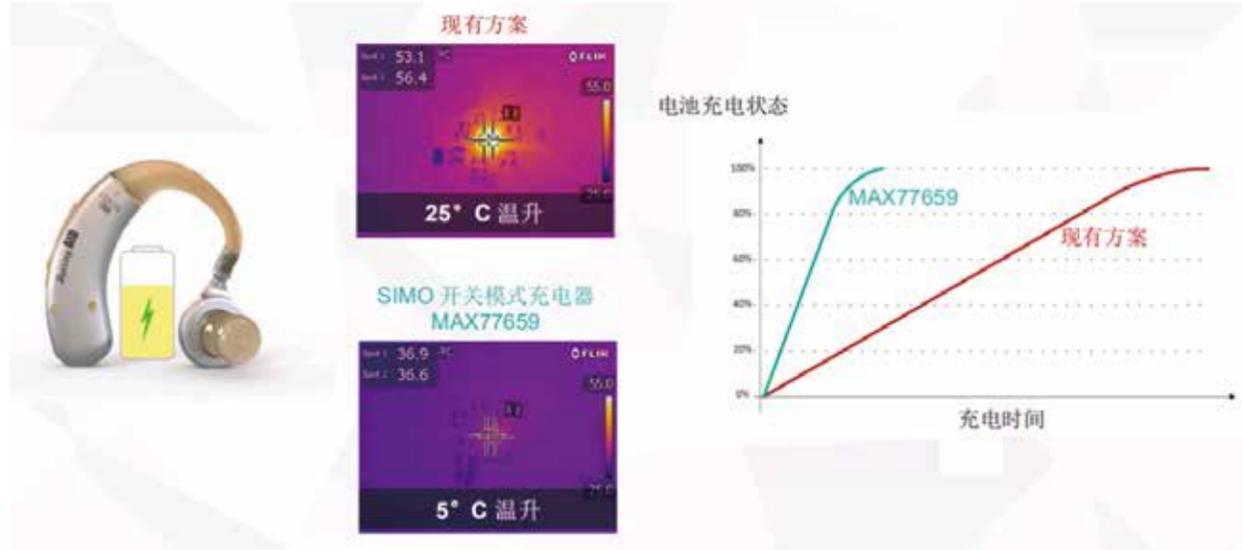
她说：“作为电池电源事业部，这些年来一直在关注消费电子品牌正在其电子设备中加入更多的医疗追踪功能，以获得更大的市场占有率。但健康设备设计也面临着很多挑战。除了数据测量的精确度，设备还要有舒适度，轻薄小巧，而且温度不能升高；电池的续航能力同样非常重要。”

她解释说：“用户担心他们的电池没电，要反复充电；在急着使用时，快速充电就是非常急需的一个功能。”

传统可穿戴设备会使用一个传统电源管理芯片或几个独立的稳压器为设备中的各个功能元件供电。而且，传统方案使用功率比较小的充电器，为的是减小体积。新的解决方案有更多传感器，功能也更多，同时需要更强大的人工智能处理芯片，这对电源芯片提出了更高的要求。



MAX77659 SIMO PMIC 框图



SIMO 充电器四倍充电速度

更精确的 GPS、音频和触屏反馈，要求电源能够稳定提供电压、电流，使传感器信噪比不受到影响。为了更快的充电，需要一个开关模式充电器。所有这些功能都需要塞进一个非常小巧轻薄的随身设备中。ADI 所提供的突破性低功耗单电感多输入 (SIMO) PMIC 可以满足及超越以上所有需求。

MAX77659 就是这样的产品，这款单电感多输入结构器件提供三路开关模式电源输出及一个开关模式充电，大大节省了整体解决方案的面积和体积，而传统芯片至少需要四个电感。而电感是电源解决方案中外部最大的无源元件。

相对市场上现有的其他电源管理芯片，MAX77659 可以在安全前提下为可穿戴设备、耳戴设备和物联网设备提供更快的充电速度。SIMO 充电器可将充电速度提高四倍。

测试表明，在短暂充电 10 分钟后，这个芯片就可以为产品提供 4 小时的播放时间。用单个电感为多个输入轨供电，可以将物料清单减少 60%，同时电源解决方案体积将减小 50%。

Karthi Gopalan 介绍说，MAX77659 集成了一个开关模式 Buck Boost 充电器和三个独立可编程 Buck Boost 稳压器，这些功能都共用一个电感，最大程度缩减了解决方案尺寸，通过高于 91% 的重载效率和低至 5µA 的静态电流，这些稳压器可大大延长电池寿命。

MAX77659 充电器还具有自动余量控制，通过最大限度降低压降来减少功率损耗及控制热量，提高充电效率。

她以典型助听器充电为例说明了四倍充电速率，助听器电池容量一般在 30mAh 到 60mAh 之间，当电池接近耗尽时，电池电压大概在 3V 左右，这时需要用 2C 到 3C 的

电流为电池快速充电。

然而，这时如果电池电压只在 3V，线性充电器效率会非常低，产生的热量也非常多。为了做到防尘防水，设备一般是密封的，所以充电产生的热量会被包裹在设备内部，没有办法往外扩散。升高的温度会触发安全充电保护，致使充电速率大幅降低，反之，带有自主余量跟踪功能 MAX77659 则能够在同样工作条件下显著降低快速充电产生的热量。

可以看到，在起始位置为 30°C 时，现有方案充电 30 秒后，芯片温度已经达到了 50°C 以上，这样的情况一定会触发安全保护。在相同充电电流速率下，MAX77659 提供的性能更好，其芯片温度依然维持在 37°C 以下，这样就能让充电速度更长时间保持在 2C 到 3C 的速率，进而大幅度缩短充电时间。

未来是数字、物理与个性化融合的时代

从以上 ADI 两位讲者的观点看，未来以患者为中心的医疗系统将蓬勃蓬勃发展。全球趋势是：护理系统将从碎片化向更统一、更移动快捷的医疗保障系统转变。

MAX86178 的推出正在改变整个行业应用，多功能可穿戴医疗设备的普及将让人们医疗健康更加个性化。而 MAX77659 突破性集成了内置开关模式的充电体系，可以减少医疗保健设备的物料清单，缩小电源解决方案的尺寸。ADI 的 MAX86178 和 MAX77659 的采用，使系统工程师更容易设计出具有更丰富的传感器功能且外观更加紧凑的设备。

www.analog.com

不要因为环境问题而牺牲性能

清洁技术在坚固、高性能轨道应用的光隔离器方面取得了重大进展，使其成为下一代设计的理想选择

作者：Mario Garsi，业务开发工程师，TT Electronics

高性能和高效率是大多数技术的共同趋势，尤其是在全球范围内对环境造成重大影响的运输应用中。更环保、更清洁的理想正在率先确定新的目标，即技术必须如何平衡性能与环境因素。电动汽车和下一代电动火车正在努力实现将其在地球上的碳足迹降至最低的共同目标。

这项工作需关注列车设计和开发的各个方面——新系统面临着大小、重量以及与传统系统集成的限制。按照高速国家列车成功证明的共同趋势，地铁、城市和城际轻轨系统等铁路场景正专注于优化其牵引和辅助装置的所有性能方面。这意味着利用光隔离器的进步，实现更智能的设计和更高的性能——可跨车队、不同路线和广阔的地理区域扩展。

熟悉光隔离器

能源效率是关于电信号的有效传输。光隔离器在这里起作用，它位于电路之间，作为传递信息的手段。重要的是，它们在传输的两个边缘之间提供高隔离电压——例如，一个低压微处理器与一个电动发动机上使用的高压板进行通信。光隔离器由至少一个 LED 发射器和一个接收器（传感器）组成，并通过空气中的光实现通信——与铜线连接的机械部件相比，实现了固有的高电压绝缘和功能。

典型地，考虑到设计在发射器和接收器之间具有宽的电压差。例如，发射器可作为车辆的计算中心，进行发动机控制、加速或减速所需的计算。系统的这一部分在低电压下工作，例如 3.3、5 或 12 伏，因为它根本不需要大量的功率。在设计的另一端，目前工作的发动机需要高达 1500 伏的电压，将来可能会上升到 3000 伏。

光隔离器不仅可以处理这种电压差异，而且已经开发出能够承受所有类型的铁路和机车车辆场景中常见的严格、控制较少的环境条件。太阳能电池板应用为这一性能水平提供了一个高效的证明，因为它们必须在风和雨、天气的冷热变化、严重冲击和振动以及其他外部因素（如灰尘和碎片）条件下以毫不动摇的可靠性运行的器件。

在太阳能电池板应用中开发的 IP 电阻水平，或经认证的对外部水源进入器件的水的电阻水平，验证了这些组件适合长期户外性能。

看一下轻轨牵引和辅助装置

地铁或轻轨牵引及辅助装置的基本单元是地铁机车牵引驱动或辅助系统，主要由三部分组成：牵引 / 辅助逆变器；牵引电机 / 辅助装置；和牵引力控制系统 / 辅助控制单元。IGBT（绝缘栅双极晶体管）开关操作“开”和“关”设置，并安装在高速逆变器系统中。光隔离器，包括光纤发射器和接收器，通过电路耦合将列车内的低压数据与高压系统分离。

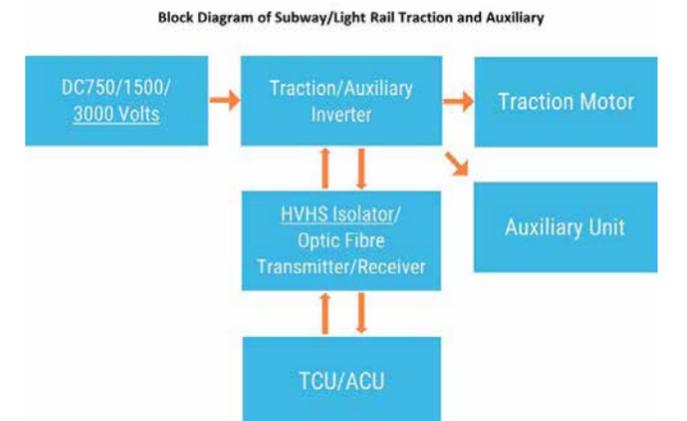


图 1：地铁 / 轻轨牵引及辅助装置方框图。

如上图所示，新一代平台将基于 3000 Vdc 或更高的母线电压，以提高效率和节约能源。高压高速 (HVHS) 隔离器将是这些在恶劣环境下室外工作的高性能平台的关键部件，并且在未来将变得更加重要。

光隔离器的主要部件包括：

- 发射器，LED 或 VECSEL（垂直外腔表面发射激光器）
- 接收器，如光电二极管、光电晶体管或光电 IC



图 2：光隔离器。

- 电介质材料
- 连接导线
- 高压塑料封装外壳

在这种环境下工作的光隔离器的主要特点是：

- 数据传输速率高达 2 Mbit/sec（在某些情况下甚至更高）
- 爬电距离路径 24mm
- 工作温度 -40°C 至 +100°C
- 电压尖峰噪声抗扰度高达 30kV/us dv/dt
- 从 10 kV 到 30 kV 的电压抑制
- UL 和 VDE 证书（可选）

用于测量上述特征的电气参数称为 CTI（比较跟踪指数）。该特定指数测量绝缘材料的电气击穿（跟踪）特性。跟踪测量是绝缘材料表面上的电气击穿，其中初始暴露于电弧热会使材料碳化。碳化区域比原始绝缘体更具导电性，

增加了电流，导致发热增加，最终绝缘体变得完全导电。因此，为了满足轻轨应用的新繁荣，光隔离器制造商开始开发能够实现 CTI 的新产品 $\geq 600V$ —目前可实现的最佳速率。

保持能源效率的轨道

除了所有这些特定的技术因素外，提供长期户外性能也变得越来越重要。实验室验证已经不够了，光隔离器必须能在高湿度和许多其他环境因素的极端物理环境中工作。

能电池板应用已经验证了当前光隔离器的环境能力，作为轻轨设置中更广泛使用的基础应用。随着地铁和地下城市交通等短途列车跟随国家铁路系统的发展，它们正迅速向更高效、更高电压的发动机发展，从而在大规模上提供更高的效率。使用 3000 伏的发动机，而不是 1500 伏的发动机，铁路运营商可以将相同数量的人和货物移动相同的距离，同时根据优化的发动机设计降低能耗。

在太阳能电池板和其他下一代能源应用（如风车）的引领下，设计师可以利用光隔离器，这种光隔离器在严苛环境中性能可靠，无需维护。海洋平台或轻轨系统上的风车需要不间断地移动人员和货物……这些场景中的每一个都得益于经验证的组件，这些组件设计用于在可变的室外环境中不间断地运行。无论是电力消耗还是维护资源消耗，高效率都意味着减少消耗——这是欧洲、亚洲和北美部分地区常见的高速列车以及通勤列车的一个积极、可见和可持续的趋势。

www.ttelectronics.com

上接第 7 页

如果 GPU 或 ASIC 需要多个电源轨，则 VTM 层和 PRM 层可以分别使用独立的 PRM 和 VTM 来实现，其大小可以满足每个特定轨的电流和电压要求。

Vicor FPA™ 架构、ZVS 和 ZCS 控制系统、高频 SACT™ 电流倍增器拓扑与 SM-ChiP™ 封装技术提供了完善 VPD 的所有要素。它解决了低噪声、集群式电源传输的难题，同时以高效率和热适应能力强的电源模块封装简化了冷却和热管理机械设计。VPD 解决方案允许处理器通过集群进行高速海量数据分析，从而完善训练模型，并将机器学习提升到显著更高的水平，从而成为高性能 AI 系统的真正推动者。

获得高性能计算能力的更好方法

AI 和机器学习正处于成长的初级阶段，这列火车只

会随着岁月的流逝而加速。这种加速需要更快地处理更复杂数据的解决方案。基于 AI ASIC 处理器的新一代超级计算机将比传统超级计算机需要更大的功率。一种新的、创新的电源传输方案是 AI 实现承诺的唯一途径。它需要电源系统架构、拓扑、控制系统和封装协同工作，以满足不断增加的高电流需求，利用电流倍增器的垂直供电方案是首选的解决方案。它是一种经过验证的成熟方案，可以满足当今对高性能计算的需求，并且可以轻松扩展以跟上未来的需求。它结构紧凑、效率高，可以将 PDN 功率损失降低 50% 以上。

www.vicorpower.com

MCU 电源架构使电池寿命达到极限

了解瑞萨 RE01 MCU 系列如何在使用较小电池的同时延长产品寿命，以及使用 RE01 “窃取时间”的好处

作者：Graeme Clark，首席工程师，Renesas Electronics

物联网的惊人增长推动了开发新型电池供电传感器件的需求，这些器件更智能、更快，并且可以用更小、更便宜的电池使用更长时间。为了满足对更高性能的需求，我们必须从许多其他系统组件中窃取时间，将所需的时间和能量重新分配给关键系统组件。

瑞萨基于其独特的薄埋氧化硅（SOTB）工艺技术，开发了一种超高效微控制器电源管理架构。

微控制器有两种主要的耗电方式。

- 动态功耗

- 开关电源在负载电容充放电过程中消耗
- CMOS 短路情况下流过器件的电流内部功耗
- 静态功耗
 - 操作模拟逻辑（如内部振荡器和调节器）引起的功耗
 - 泄漏电流引起的功耗

降低动态功耗是降低功耗的关键，我们必须尽可能降低时钟频率，并平衡功耗和更高性能。

静态功耗取决于器件和环境条件，不能因应用而降低。

动态功耗取决于器件内部的开关速率。当 PMOS 和 NMOS 同时“开启”时，电流流动，对布线的寄生电容和下一级栅极电容进行充电或放电。这些，连同电源电压都是恒定的，所以动态功耗和频率成正比。降低频率可降低功耗。

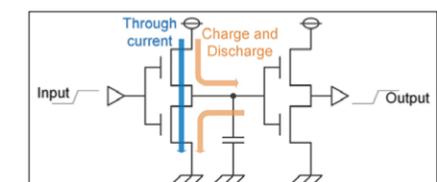


图 2：动态功耗电流路径

静态功耗是由模拟功能引起的，例如内部稳压器，其功耗与频率无关。停止操作或改变模式可以降低功耗。静态功耗也是由制造过程本身引起的泄漏电流产生的，因此我们需要保持适当的电压和温度以防止这种增加。

SOTB 工艺技术可降低有功和静态功耗。器件的数字功能，例如 SRAM、CPU 和外围功能，由调节的内部电压提供，并在具有无掺杂沟道结构的 SOTB 晶体管上实现。这可以抑制晶体管阈值电压的变化，并以较低的电压工作，降低动态电流。平面双栅极结构能够控制背面栅极的偏置电压，从而降低低速操作和待机模式下的泄漏电流。

RE 具有一系列电源模式，以优

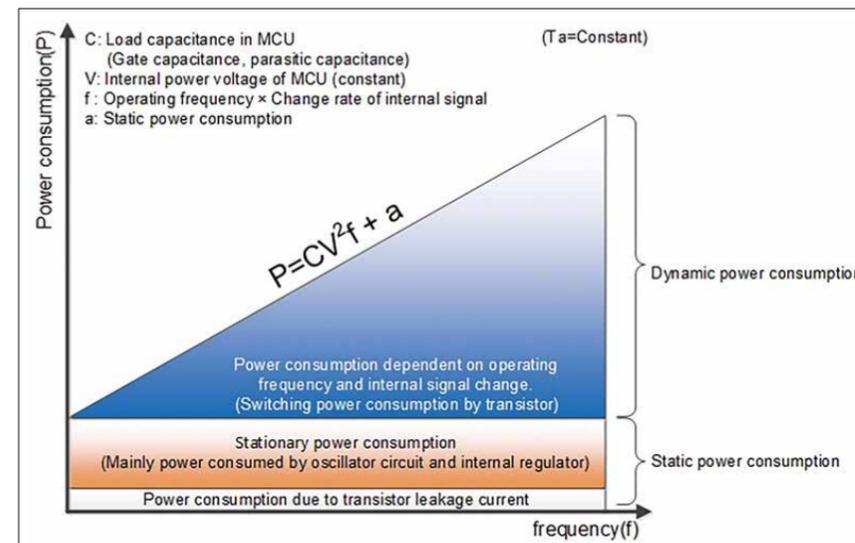


图 1：功耗模型

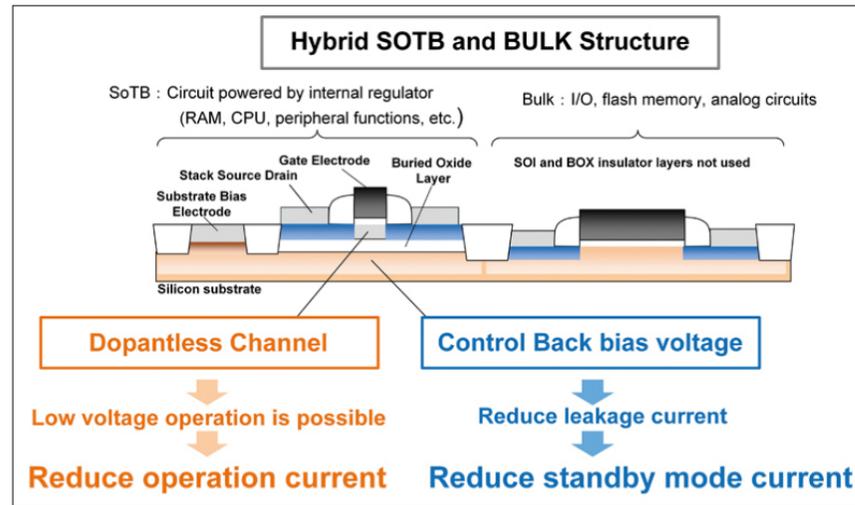


图 3 : SOTB 结构

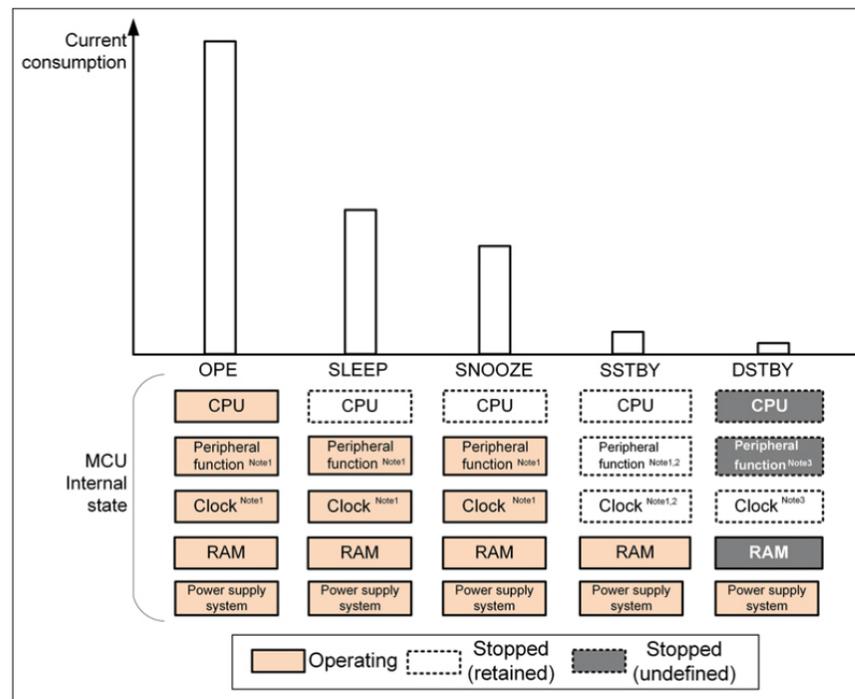


图 4 : 相对功耗

化任何特定工作条件下的功耗。使用这些，可以在高达 64MHz 的运行和 32.768kHz 的运行和待机期间抑制动态电流。

微控制器分为 4 个电源域，每个电源域可与电源隔离。可以从以下位置选择这些域的电

- ALLPWON 模式

在此模式下，MCU 中的所有功能都可用。

- EXFPWON 模式
闪存电源域关闭，因此电流减小。
- MINPWON 模式
电源仅提供给需要的功能，以减少未使用功能的电流。通过根据频率优化电源，可以在

操作模式 (OPE)、睡眠模式 (SLEEP)、软件待机模式 (SSTBY) 和休眠模式 (SNOOZE) 降低功耗。

- BOOST 模式 ... 最大 64 MHz
低功率高速运行
- NORMAL 模式 ... 最大 32 MHz
功耗降低，内部调节电压降低。选择以下模式可优化内部稳压器。
 - 高速模式：最大 32 MHz
 - 低速模式：最大 2MHz
 - Subosc 速度模式：最大 32.768 kHz

- 低泄漏电流模式 (VBB 模式) :
最大 32.768 kHz

当向每个晶体管施加反向偏置电压时，漏电流减小。停止 CPU 或外围功能的时钟可以进一步降低功耗。

- SLEEP 模式
停止 CPU 操作
- SNOOZE 模式
当 CPU 停止时，一些外围功能可以运行。

- 软件待机模式 (SSTBY 模式)
只有 32 kHz 时钟或使用此时钟的外围功能可以工作。在这个模式，MCU 以最小功率运行，使用 VBB 可以减少泄漏电流。

- 深度软件待机模式 (DSTBY 模式)
提供给有限功能的电源。

复位后，在软件控制下 MCU 以正常方式唤醒高速模式并且可以切换到 BOOST 模式或 VBB 模式。电源模式可以进一步降低电流消耗。

用户可以在不同的电源之间切换模式，并在不需要时关闭不同的域。当电源被切断时，该域不消耗动态功耗，静态功耗也会降低。图 5 显示了可用的功能。

在 ALLPWON 模式，向所有域供电，所有功能均可使用。MCU 可以在

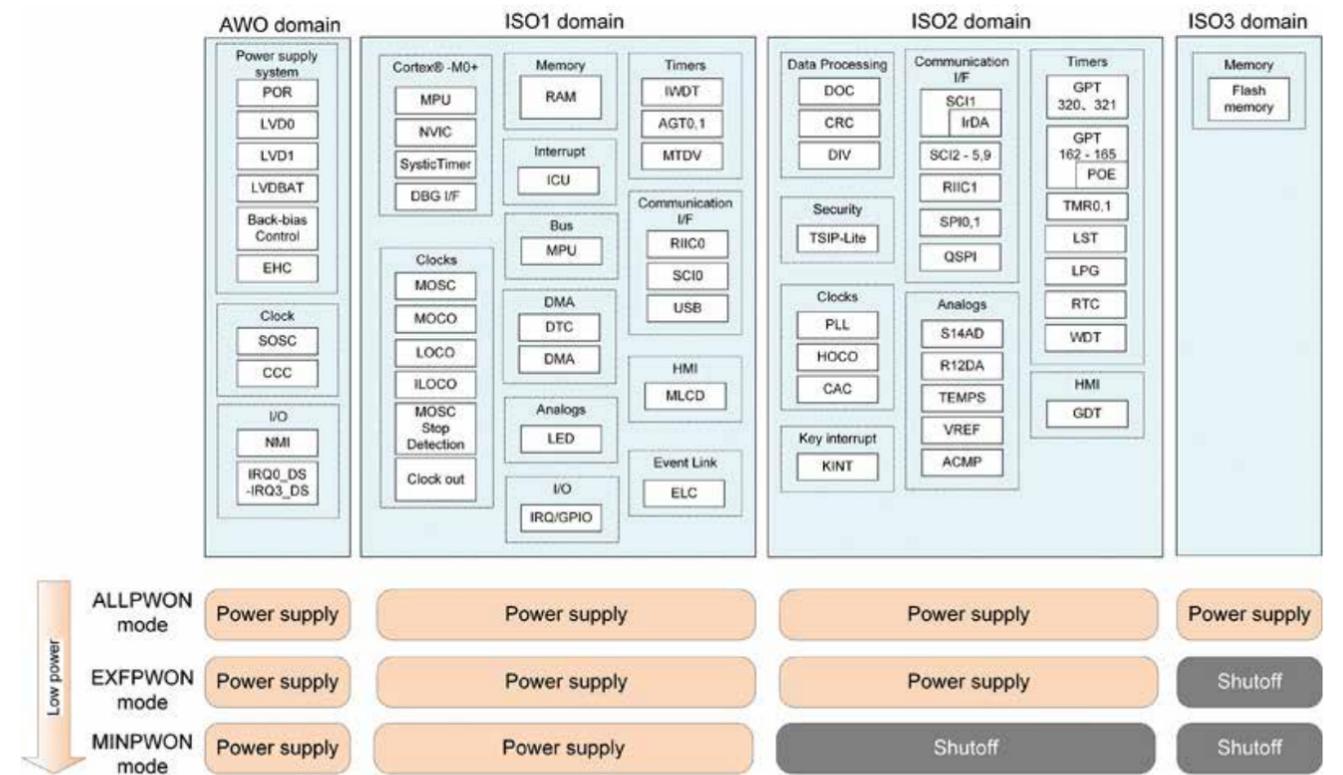


图 5 : 每个域中可用的函数

32MHz 下运行，通过从 NORMAL 切换到 BOOST，MCU 可以将速度提高到 64MHz。在 EXFPWON 模式，闪存关闭，因此代码从 SRAM 执行。通过结合电源控制模式和频率控制设置，MCU 可以高性能和低功耗运行。在 MINIPWON 模式，电源仅提供给器件上的几个关键低功耗功能。就像在 EXFPWON 一样模式，代码从 SRAM 执行。

在 Normal 模式，MCU 的工作频率高达 32 MHz，可通过选择模式适合所需的工作频率。

- 高速模式：最大工作频率为 32 MHz
- 低速模式：最大工作频率为 2 MHz
- Subosc 速度模式：最大工作频率为 32.768 kHz

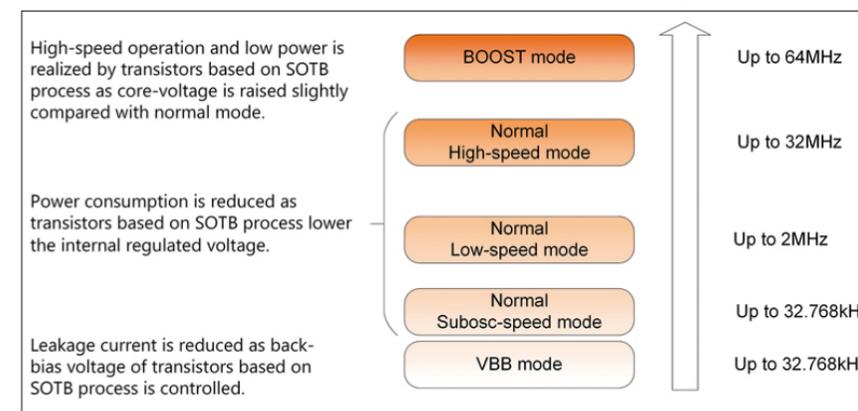


图 6 : 电源控制模式工作频率

VBB 模式是 RE 微控制器中的最低的功率模式，支持在 32.768 kHz 下运行。在这个模式，我们控制反向偏置电压的应用，减少泄漏电流。这对于长时间运行处于待机状态模式的应用非常有用，CPU 只是偶尔处于活动状态。诸如 A/D 转换器之类的外围设备仍然可用，因此可以在消耗很少电流的情况下采集模拟数据。

低功耗模式可根据所需功能选择，选择最佳模式意味着电流最小化。这些模式包括睡眠、打盹、软件待机和深度待机，每种都在低功耗设计方面提供了特定的优势。睡眠模式暂停 CPU 运行，临时停止 CPU 时钟，非常适合在需要反应时间和处理速度时运行。由于 CPU、闪存和某些外围设备功能被禁用，软件待机模式功耗较低。深度待机功耗最低，仅需 100μA。

打盹模式允许一些外围设备（如 A/D 或 USART）在不唤醒 CPU 的情

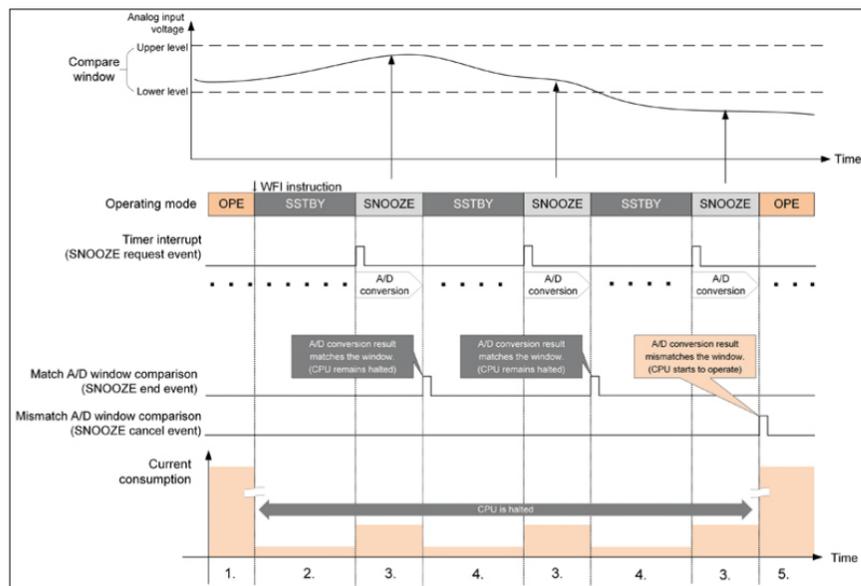


图 7：使用 SNOOZE 模式测量模拟电压

况下运行。图 7 显示了在 SNOOZE 中使用定时器和 A/D 转换器进行的模拟输入测量模式。

RE 微控制器允许应用节省时间并延长产品寿命。该系列器件在运行时可实现低至 12μA/MHz 的功耗，在待机时可实现低至 100μA 的功耗模式。这些功耗水平与高速 RE 系列的性能使我们能够在 EEMBC 的 ULPMark CP 基准测试中获得任何当前通用微控制器的最高基准分数，其值为 705（见 www.EEMBC.org/ULPMark/scores.php）。这是通过使用 RE 针对每个特定应用和功能进行优化的能力来实现的，从而降低了运行时的功耗，最大化模拟应用每个部分的性能。

www.renesas.com/RE

基于 IMU 的自主车辆导航技术的最新发展

为了安全地在城市街道和高速公路上行驶，自动驾驶汽车（如自动驾驶汽车、卡车、出租车、机器人、送货车等）需要多种传感技术协同工作

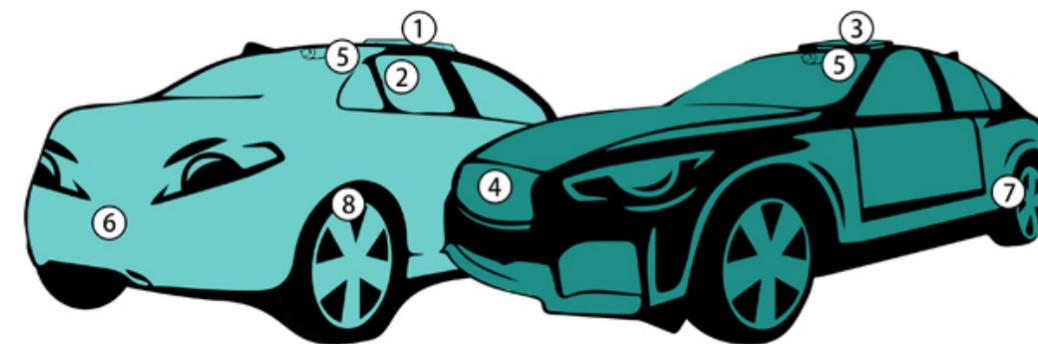
作者：Claire Liu，产品营销经理，ACEINNA

自动驾驶车辆的传感技术包括感知传感器，如激光雷达、照相机、雷达和惯性测量单元（IMU）、车对车通信、提供给汽车的最新地图，以及利用卫星位置信息的基于 GNSS/GPS 的导航系统。此外，实时运动学（RTK）技术可以提供亚米级的定位精度（有时在厘米以内），以确保自动驾驶车辆准确地知道自己在哪里，更重要的是，如何安全地到达目的地。感知传感器越来越成为 GNSS/RTK 的重要补充，以便在 GNSS 网络几乎没有卫星信号的情况下（如隧道、停车场和城市峡谷）准确引导自动驾驶车辆。

解决实现真正精确导航的挑战被认为是如此重要，以至于 DARPA 正在进行积极的开发工作，以改进导航——能够在有限或无 GPS/GNSS 覆盖的情况下确定准确位置。

首先，什么是精确导航？

在当今许多移动应用中，精确导航是指自动驾驶车辆能够以高精度、可重复性和置信度连续了解其在三维空间中的绝对和相对位置。为了安全高效地运行，定位数据还需要快速可用、经济高效且不受地理位置限制。



-  **1**
GPS
 (Global Positioning System)
 Uses satellite geolocation data to localize vehicle with a few meters accuracy
-  **2**
INS
 (Inertial Navigation System)
 Calculates vehicle position, orientation and velocity using IMU and GPS data
-  **3**
LIDAR
 (Light detection and ranging)
 Measures distances and detects objects using lasers and reflections
-  **4**
RADAR
 (radio detection and ranging)
 Calculates range, velocity and angles of long range objects using RF waves
-  **5**
Cameras
 Multiple cameras capture a visual representation of the surroundings
-  **6**
Infrared Sensors
 Detects objects (such as pedestrians) using infrared spectrum
-  **7**
Ultrasonic Sensors
 Measures short range distances using ultrasonic waves
-  **8**
Odometry sensors
 Wheel tick sensors and steering angle sensors

图 1：有多种传感器和传感器类型可用于捕获和组合数据，为自动驾驶车辆提供高精度导航。

PSD

万物力量的光明之源。



图2：高精度导航解决方案需要能够在不利环境条件下正常工作。

许多行业都有重要的应用，需要可靠的精确导航和定位方法。智能农业越来越需要使用自动或半自动设备来提高世界粮食供应的种植和收获的超精度和生产率。在全球大流行期间，仓储和运输 / 交付行业物流效率的影响变得显而易见——仓储和货运机器人的有效性取决于其自身定位和导航能力。远距离和最后一英里运输的自主能力也要求精确导航。

目前确实存在高精度解决方案，并用于卫星导航、商用飞机和潜艇等应用。如前所述，这些解决方案成本高（10万美元）且体积大（一条面包）。这些惯性导航系统（INS）成本和尺寸高的原因主要在于所需高性能IMU的成本和尺寸，其中陀螺仪性能最为关键。

IMU技术已经逐步降低了硬件的尺寸和成本，从笨重的万向节陀螺仪到光纤陀螺仪（FOG），再到今天的微型微机电系统（MEMS）传感器。随着现代自主车辆应用的

复杂性和复杂性的增加，包括集成人工智能（AI）和机器学习（ML）以改善决策和安全性，需要考虑惯性导航系统软件开发和集成的成本。

是什么阻碍了自动驾驶汽车行业的发展？

消费者的自动驾驶汽车何时才能真正安全可靠地满足日常使用？几十年来，汽车制造商一直承诺在我们的街道上使用自动驾驶汽车，但除了一些小型试验区外，仍然没有交付。为什么？

自动驾驶汽车在大众市场上获得认可的关键是成功地提供安全、高精度的航空电子设备级定位性能，同时降低成本和尺寸。用于航空和航天器的基于IMU的高精度导航系统可能要花费10万美元或更多。相比之下，智能手机和其他设备中使用的导航IMU只需几美分。此外，航空电子质量的IMU系统相当庞大，而手机和移动设备中使用的IMU非常小，可以安装在小型电路板上。

汽车行业正在等待一个价格合理的导航解决方案，提供航空电子级精度。



图4：ACEINNA OpenRTK330LI模块的尺寸仅为31 x 34 x 5 mm。

RTK如何提高GPS/GNSS精度

GPS/GNSS技术不够精确，无法用于快速移动的自动驾驶汽车。大气干扰和过时的卫星轨道数据等问题可以

在一定程度上得到纠正，在最佳情况下，定位精度可以达到几米左右。然而，当与城市地区高层建筑的多径误差和 / 或其他地区的低覆盖率相结合时，接收器的误差幅度增大，定位精度降低。

该误差范围对于基本道路水平精度来说是可以的，例如，知道车辆可能在哪些道路上。更高精度的导航旨在实现车道级别的精度或更好。

想象一个人在路上开车。大多数驾驶员无需非常努力，就可以观察并安全地绕过障碍物，如行人、骑自行车的人、坑洼地，而不会偏离车道。每天，在世界各地，在雨雪和尘土中，甚至在路标混乱的情况下，司机都可以穿越复杂的十字路口。人类利用过去积累的经验和实践，使用多种感知（包括深度感知）来执行看似简单的驾驶车辆任务。

以类似的方式，自动和半自动驾驶车辆使用一套感知传感器，结合导航解决方案，安全地从一个点移动到另一个点。

由于GPS/GNSS和惯性导航系统的现有局限性，需要在性能、成本和尺寸之间进行权衡，因此自主车辆系统必须采用其他方法来提高定位精度。

为了使车辆能够在复杂、动态的环境中安全导航，且只需最少的人为干预，车道级别或厘米级别的定位精度对于L2和更高级别的高级驾驶员辅助系统（ADAS）至关重要。

一种流行的定位方法是使用激光雷达和摄像机的图像和深度数据，结合高清地图，参考已知的静态地标和物体实时计算车辆位置。高清地图是一个功能强大的工具，包含大量数据，包括道路和车道级别的细节和语义、动态行为数据、交通数据等。摄像机图像和 / 或3D点云分层并与高清图数据交叉引用，以便车辆为车辆控



图5：由于多径误差和城市地区高层建筑的反射，卫星提供的定位通常不准确。当自动驾驶汽车需要进行复杂的行驶时，这一点变得更加重要，例如在城市中紧急左转。

制做出机动决策。

这种本地化方法虽然有效，但也存在挑战。高清地图是数据密集型的，按比例生成很昂贵，而且必须不断更新。感知传感器容易受到环境干扰，从而影响数据质量。

随着道路上自动测试车队数量的增加，生成了更大的真实驾驶场景数据集，用于本地化的预测建模变得更加稳健。然而，它带来了昂贵的传感器、计算能力、算法、高运行维护以及TB级数据收集和处理的成本。

通过将实时运动学（RTK）纳入INS解决方案，有机会提高精确导航定位方法的准确性和完整性。RTK是一种技术和服务，用于纠正GPS/GNSS数据中的错误和歧义，以实现厘米级精度。RTK与固定基站网络合作，通过空中向移动的漫游者传输校正数据。然后，每个移动的漫游者将这些数据集成到其INS定位引擎中，以实时计算位置，即使没有任何额外的传感器融合，也可以实现高达1cm+1ppm的精度，并且收敛时间非常短。

将RTK集成到INS和传感器融合体系结构中相对简单，不需要大量使用系统资源。在移动车辆中，RTK确实需要连接和GNSS覆盖，以实现最

精确的导航，但即使在停机的情况下，系统也可以采用航位推算和使用高性能IMU来持续安全运行。

RTK的好处是通过提供精确的绝对位置来支持视觉定位方法。定位引擎可以使用RTK数据来减少歧义并验证时间和上下文估计。

结论

精确导航能力是无数现代应用和行业的核心，这些应用和行业致力于改善我们的日常生活——自动驾驶汽车、微型移动、智能农业、建筑和测量。如果一台机器能够移动，那么准确、可靠地测量和控制它的运动是至关重要的。

惯性传感器对于测量运动至关重要，GPS/GNSS提供了有关三维空间位置的有价值的上下文感知。将RTK添加到计算中可以大大提高整体导航精度。视觉传感器可以实现深度感知，从而更好地识别环境，包括自最新地图下载以来发生的变化。

来自这些不同传感器和技术的数据结合在一起，使人们对导航规划和决策充满信心，从而提供安全、准确和可预测的结果。

www.aceinna.com

COMPARISON

Application	Aerospace/Military Tactical	Reference/High-end Navigation	Precise Navigation, Industrial	Consumer grade
Bias Stability	0.0001°/hr - 0.1°/hr	0.01°/hr - 1°/hr	0.1°/hr - 3°/hr	10°/hr - 30°/hr
Cost	> \$100k	\$100k - \$20k	\$1000 - \$100	< \$10

Comparison of IMU/INS application, performance, size and cost

图3：惯性导航系统和传感器的性能、尺寸和成本各不相同。尽管最初是为专门的解决方案而开发的，但现在都可以在汽车应用中找到。

增强工业网络安全的最佳实践—— 能量存储系统

随着OT系统中发生越来越多的类似网络安全事件，企业所有者和监管机构渴望寻求增强工业网络安全的解决方案

作者：Alvis Chen，全球营销项目经理，Moxa

在本文中，我们将分享保护关键基础设施的最佳实践：可再生能源部门的储能系统。

谈到可再生能源，我们经常想到太阳能或风力发电厂，它们为全球公民带来了更清洁的电力。这是一项伟大的倡议，它在减少二氧化碳排放的同时不断推动全球经济。公共和私营部门都在共同努力，朝着更健康的未来迈进。然而，可再生能源的缺点之一是供需难以匹配。当社区在高峰时段需要电力时，太阳并不总是照耀，而在非高峰时段，风也不会停止吹拂。稳定电网和提供更稳定电源的最佳方法之一是使用电池，当电源高时，电池可以存储剩余电源，当电源低时，电池可以放电。

储能系统的安全挑战

首先，我们需要回答“什么是能量存储系统（ESS）？”

储能系统可以将产生的电能转换为可储存的形式。可再生能源领域中储能的一个常见例子是可充电电池。风能或太阳能发电场中的典型 ESS 由能源管理系统（EMS）组成，发电厂控制器实时监控 ESS 的运行。发电厂控制器汇总从电源转换系统（PCS）和电池管理系统（BMS）收集的数据。

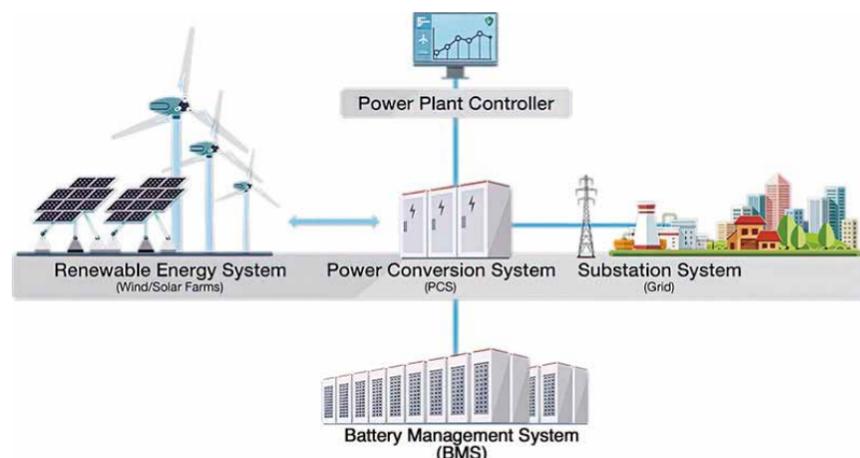


图1：能量存储系统的典型场景。

所有设备都放置在通常部署在恶劣环境中的容器中，如沙漠或北极，那里有大量的可再生能源，如太阳和风能。

例如，让我们看看美国的一家储能系统供应商，该供应商受委托为太阳能行业的一个关键客户建造了一个40兆瓦时的储能系统。储能系统供应商将系统连接到网络，以便从每个电池系统收集和监控数据，如充电和放电电流值以及每个电池的温度。对这些数据的分析有助于找到改进电池充电和放电算法的方法，这有助于客户高效地管理能源，并确保电池的较长生命周期。由于能够读取每个电池的温度，他们将知道何时打开或关闭

继电器，继电器连接或断开电池，使充电或放电更有效，因为不同温度下电池的充电和放电能力不同。协议网关按照 IEC 62443 标准设计，因此在将关键现场数据连接到 IP 网络时，可增强设备和连接安全性。此外，工业安全路由器被用来帮助加强网络安全，不仅形成周界保护，而且还防止恶意或未经授权的流量横向（东西）移动。

安全挑战

如前所述，ESS 包括多个系统，以确保整个电力存储和供应过程的稳定性。需要保护 EMS、PC 和 BMS 之

间的网络通信，防止未经授权的访问和任何可能中断操作的不必要活动。因此，我们建议从两个角度考虑潜在的安全风险。第一个是整个网络安全边界：访问是否经过身份验证和授权，命令是否按预期发送？另一个是边缘的通信安全：设备的通信和访问是否得到安全保护？当容器在生产现场生产时，需要设计这些安全机制，使整个系统能够高效地交付并连接到电场和电网。

保护储能系统的最佳实践

为了深入了解这两个方面，我们将查看以下案例研究，以了解可以从边缘到网络级别保护以太网和基于串行网络的实践。

1. 建立垂直和水平的安全边界

为了保护可再生能源系统、发电厂控制器、电力转换系统和变电站系统之间的通信，我们建议部署状态防火墙，并在两者之间安装 Modbus 深度数据包检查（DPI）。

- 垂直保护：防火墙作为保护系统间通信的守门人发挥着重要作用。

- 水平保护：Modbus 深度数据包检查引擎可检查通过的命令，并丢弃未授权或未列出的数据包。

由于太阳能或风力发电场通常位于偏远地区，部署具有网络冗余功能的一体式防火墙 / NAT / VPN / 交换机解决方案可以帮助系统集成商在现场调试系统之前有效地设计网络架构。NAT 功能还可以帮助管理每个容器中设备的 IP 地址的一致性，减少因 IP 地址冲突而产生的麻烦。

2. 增强锂离子 ESS 的远程连接安全性

为了在 ESS 和控制中心之间开发无缝和安全的通信，我们建议在两者之间部署可靠的边缘连接解决方案。

- 促进边缘通信：在 Modbus 串行

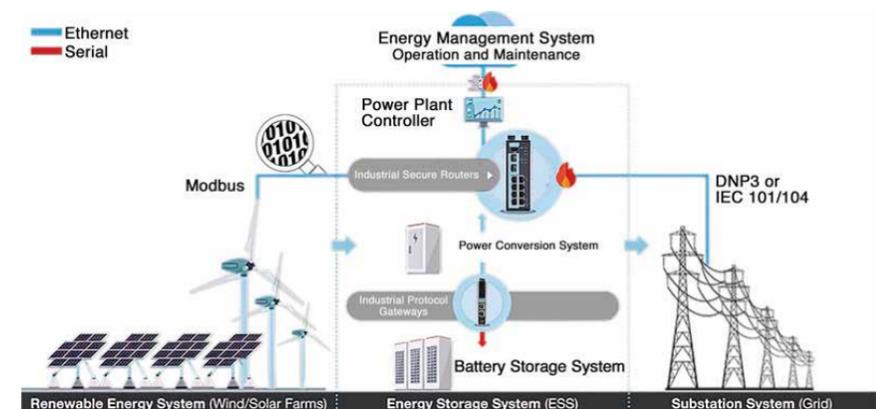


图2：防火墙和 Modbus 深度数据包检查引擎构建垂直和水平保护。协议网关有助于在边缘进行通信。

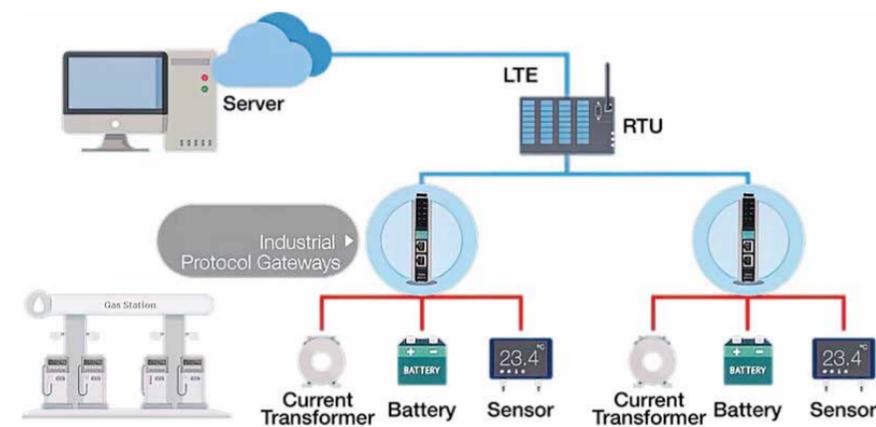


图3：增强边缘的远程连接安全性。

电池和基于以太网的 RTU 之间部署协议网关，以确保无缝通信。确保通信安全：利用 HTTPS、SNMPv3 管理和可访问 IP 地址等安全功能，确保设备的通信和访问受到安全保护，降低风险，提高远程通信的可靠性。

为确保 ESS 的顺利运行，您需要注意几个操作条件。电池电量、电源稳定性和环境条件等信息需要控制中心进行持续监控。因此，具有易于使用的配置工具的协议网关可以帮助操作员从各种基于串行的现场设备收集数据，并将其顺利纳入基于以太网的系统。

结论

安全可靠的储能系统有助于扩大

可再生能源部门的电力容量，以应对增加可再生能源份额和稳定电力供应的举措。ESS 在维护关键基础设施的安全方面也发挥着重要作用。鉴于整个电力生态系统，我们建议通过定义网络安全边界来确保网络和通信的安全，以确定谁可以访问网络以及他们可以通过网络传递哪些信息。此外，为了提高电力存储和管理系统的可靠性，必须确保连接容器内电池和传感器的设备之间通信的安全性。

www.moxa.com

打破陈规——将 SiC FET 作为断路器

由于低损耗和低于其他选择的成本，机械断路器一直以来都是成功之选。但是现在，宽带隙半导体让固态断路器更具吸引力

作者：Anup Bhalla，工程副总裁，UnitedSiC

在打开状态下，机械断路器是一种几乎无损耗的安全连接方法，在关闭状态下，它能实现彻底隔离，但是也并非没有缺点。它打开和关闭的速度相对较慢，并在接触点之间释放电弧，尤其是在使用直流电时，这会导致运行寿命缩短。机械断路器的新应用，尤其是电动车中的应用，现已将零件性能发挥到极限，运行电流达到了数百安，而潜在故障电流达到数千安。如果需要约10毫秒来切断连接，则在一次短路后就会允许通过数十焦耳能量，这会造成显著损坏。

固态断路器是一种有局限性的选择

因为切断连接的时间短得多、完全没有电弧和服务寿命长，固态断路器（SSCB）一直是一种选择，但是它的额定电压有限，成本和导电损耗比机械断路器高。如果采用 IGBT 制作固态断路器，则不可避免的饱和电压会导致超过数十安的过多功率损耗，从而必须采用能大量散热的技术，让解决方案本就高昂的成本进一步提高。硅 MOSFET 的导通电阻低且可控，在小电流下的压降比 IGBT 低得多，但是随着电流升高，功率也会以电流平方的速度上升。这意味着，以 500 安为例，IGBT 的压降可能为 1.7V，功耗达到 850W，而 MOSFET 可能需要一个 3.4 毫欧的导通电阻才能达到相同功率。虽然这是低压下的现代 MOSFET 技术的领域，但是在单个器件中，在超过 400V 的典型电动车电池电压所需的额定值下，这些导通电阻级别目前无法实现。十个器件并联可能可以接近这些级别，但是成本会急剧上升，而且如果像在电动车应用中的常态一样需要双向电流，则还会加倍。因此，即使考虑机电解决方案的终身维护成本，固态解决方案的成本也是一大障碍。表 1 总结了固态断路器与机电断路器的优缺点。

Feature	Solid state (Si, SJ, SiC, IGBT, IGCT)	Electromechanical
Full controllability	★★★★★	★★★
High speed	★★★★★	★★
Conduction loss	★★	★★★★★
No arcing	★★★★★	★★
Use cycles: no maintenance	★★★★★	★★
Cost per amp	★★	★★★★★
Voltage rating vs. on Rds(on)	★★★	★★★★★

表 1：固态断路器和机械断路器比较

碳化硅将成为固态断路器的可行技术

现已推出的宽带隙半导体开关具有比硅超结 MOSFET 更好的导通电阻与晶粒面积乘积（Rds.A），因而可以考虑将其用于固态断路器应用。在考虑 Rds.A（漏源电阻乘以晶粒面积）与击穿电压之间的取舍后，可以在基本层面上看到这种优势：理论上，SiC 比硅好 10 倍左右，因此，在相同额定电压和导通电阻下，晶粒面积是硅的十分之一，或者反过来，晶粒面积与硅相同，导通电阻是硅的十分之一。还有一个好处，SiC 运行时的峰值温度超过硅的两倍，且作为材料，导热系数也好得多，从而让峰值功耗的处理更加安全。

SiC 开关可以采用 MOSFET 或 JFET (图 1 左) 方式构造，后者具有更好的 Rds.A 性能表征。在功率转换开关技术中，虽然部分应用能够从器件在缺乏栅极控制时会短路的事实中受益，但是 JFET 在栅极电压为零时常开的特征被视为一种劣势。而 SiC JFET 还能以“共源共栅”结构与低压硅 MOSFET 相连，此时，该组合为常关型，可通过简单的 0-12V 栅极驱动轻松控制。这种结构就是 SiC FET (图 1 中间)。因为包含串联的低压 MOSFET，共源共栅的导通电阻比单个 SiC JFET 高 5-15%，但是露出两个器件栅极以实

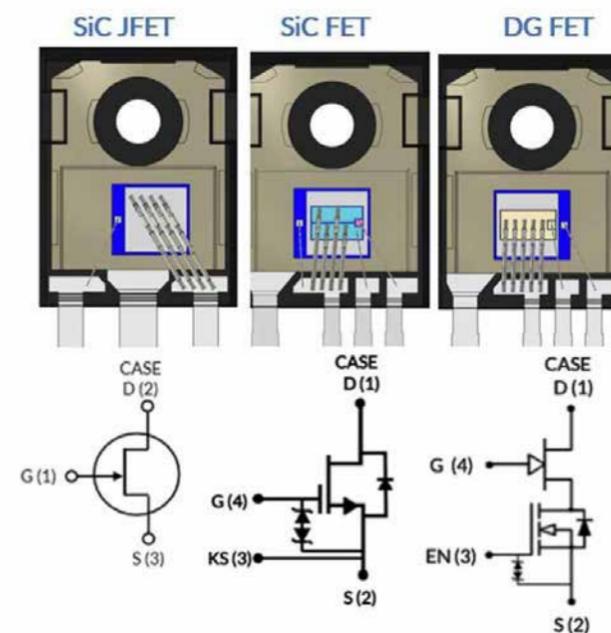


图 1：JFET（左）、SiC FET 共源共栅（中）和双栅极 SiC FET 共源共栅（右）

现外部控制的共源共栅版本能通过微调驱动电压来将导通电阻降至极小。此类器件被称为“双栅极 FET”或 DG FET (图 1 右)。在 SiC FET 和 DG FET 构造中，一同封装的低压硅 MOSFET 晶粒“堆叠”在 SiC JFET 晶粒上方，如图所示。

SiC JFET 可感知自身温度

SiC JFET 的栅极看上去像是前向偏置的二极管，二极管适用电压为 +2V 左右。在此情况下，JFET 很有吸引力，而且对于固定偏置电流，比如 1mA 的固定偏置电流，晶粒温度和导致的栅极电压之间有准确的对应关系 (图 2)。

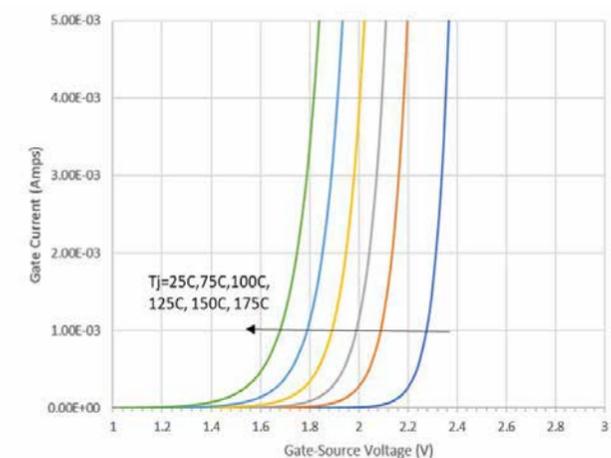


图 2：SiC JFET 栅极的“膝点”电压与晶粒温度有准确的对应关系

鉴于在采用 DG FET 时可实现栅极连接，这一对应关系可用于执行准确而快速的晶粒温度测量，以保护器件和长期监视器件健康状况。在有持续大电流的固态断路器应用中，这是一个宝贵的功能。

实用的解决方案

双向固态断路器可以像图 3 中使用 SiC FET 共源共栅的器件一样简单。JFET 上的栅极电阻可将开关速度控制到实用级别，以避免不稳定和电磁干扰，而“缓冲电路”网 Rs、Cs 可帮助抑制关闭时的任何电压过冲。不可避免地，固态断路器有显著的外部连接电感和相应的存储能量，而 SiC FET 有强大的雪崩额定值，可经受关闭时导致的电压峰值，但是图示的 MOV 也有助于限制电压，而且比使用额定电压更高的 SiC FET 更具成本效益，后者的 Rds(on) 肯定更高。

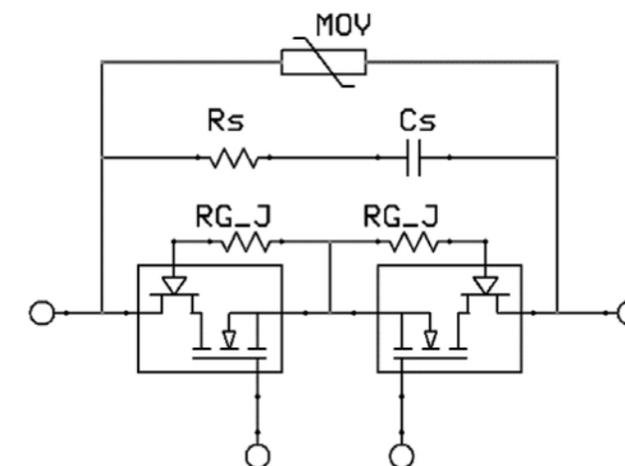


图 3：使用 SiC FET 作为双向固态断路器

在实践中，我们使用 SiC FET 固态断路器的目标是在 IGBT 基础上进一步改进，让整体导通电阻维持在 3 毫欧左右，可以用并联 SiC FET 晶粒配置。对于单向开关，它可能含 UnitedSiC 生产的六个并联的 9 毫欧、1200V 器件，从而联合形成 2.2 毫欧（考虑了封装寄生效应）的额定电阻，额定电压为 1200V，电流超过 300A，可装入小巧的 SOT227 标准空间中，与额定值类似的 IGBT 解决方案相当。图 4 表明此结构可轻松中断 1950A 的峰值故障电流。

SiC FET 导通电阻的温度系数良好，有助于确保器件能很好地分担电流，与在小电流下不具备天然平衡效应的 IGBT 形成鲜明对比。

固态断路器的未来

目前，机械断路器可能具有价格优势，但是仍不属

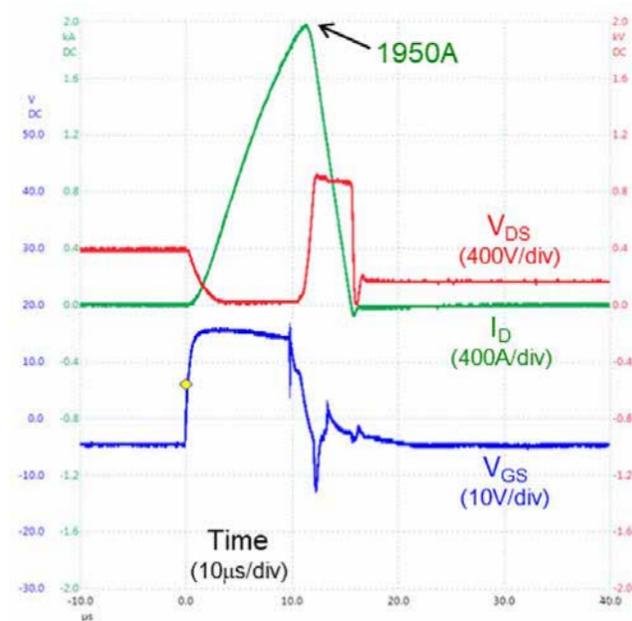


图 4 : SiC FET 固态断路器安全地中断接近 2000A 的电流

于低成本器件，尤其是汽车级器件。在电动车销量激增的背景下，断路器市场也在扩大，在此情况下，固态断路器也会随着 SiC 在逆变器中的使用和单位成本的降低而从规模经济中获益。与此同时，鉴于宽带隙半导体技术仍处于发展初期且距离理论性能极限和最佳制程良率仍有一段距离，无论如何价格都会持续降低。例如，据预测，在未来几年内，SiC FET 的性能表征 $R_{ds,A}$ 将提高 2 到 3 倍，晶圆成本会减半。

由于开关速度快、无电弧、免维护带来的切实成本节省，采用 SiC FET 的固态断路器必然会成为首选的解决方案。当 SiC FET $R_{DS(on)}$ 变得与机械接触电阻相当且肯定比外部线缆连接低得多时，即使损耗比较也不再是一个问题。

www.moxa.com

特别报道： 运动控制

PSD

 中国 China

内容包括：

减少EMC 兼容应用中的资源

28

适用于微型电机驱动应用的快速反应、光学编码器反馈系统

30

实现更小、更轻、更平稳的电机驱动器的氮化镓器件

33

PSD

万物力量的光明之源。

www.powersystemdesignchina.com

减少 EMC 兼容应用中的资源

用运算放大器将传感器连接系统的其余部分

作者：Stefan Klein，应用和技术解决方案中心现场应用工程师，ROHM Semiconductor Europe

许多行业对测量和控制仪表或管理小信号的传感技术要求越来越高。需要运算放大器将传感器连接到系统的其余部分。

然而，今天的系统具有更高的组件密度，导致噪声级增加。安装防噪声措施以防止管理小信号的设备出现故障是一项重大挑战。由于很难验证抗噪特性的设计，设计、装配和评估的周期通常会重复多次。

运算放大器

运算放大器将微弱的传感器信号输出放大到 A/D 转换器以识别电压水平。微控制器 (MCU) 根据运算放大器 (和比较器) 的输出信号控制电路。在电压放大过程中，重点是运算放大

器本身的噪声规格。当外部噪声耦合到传感器输出或运算放大器的信号路径上时，如果运算放大器的抗扰度不够高，则噪声会被直接放大 (图 1)。因此，MCU 可能出现错误识别或故障，从而导致系统故障。

随着 PCB 密度的增加，运算放大器更容易受到周围电气系统外部噪声的影响。因此，有一种趋势是电子元件具有更高的抗噪性，特别是对于要求高可靠性的电子控制单元 (ECU) 或逆变器。

噪声对策

对于噪声对策而言，重要的是电子元件不会干扰设备的其他部件，并保持其原始性能，即使其他设备会干

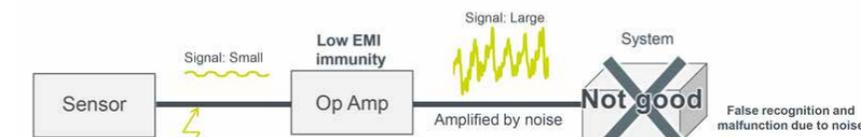
扰它们。这两种特性在对抗噪声时应兼容，它们被称为 EMC (电磁兼容性)。EMC 可分为 EMI 和 EMS。EMI (电磁干扰) 表示含有半导体的电子设备发出的电磁波对其他部件或设备的影响程度。EMS (电磁磁化率) 是外部电磁波 (噪声) 受外部影响程度的指标。

在采取噪声应对措施时，必须考虑布线的所有组件、电阻、电容和电感，不仅是运算放大器本身，还包括连接到运算放大器的电源和接地迹线。高性能模拟器的开发最近有所进展，但它们仍然不能涵盖详细的特性，包括每个过程特有的寄生电容和电感。抗噪强度最终取决于设计师的知识、经验和直觉。这些因素使得 EMC 兼容设计更加困难。

为了防止运算放大器在不采取特殊措施的情况下发生故障，ROHM 开发了“EMARMOUR™”系列运算放大器，该系列运算放大器提高了抗噪性。EMARMOUR™ 产品采用 ROHM 的垂直集成系统，并在整个噪声频带内以最小的输出电压波动实现抗噪性，这已得到国际噪声评估测试的证实。

2017 年，ROHM 开发了双极运算放大器，非常适合在恶劣环境中使用汽车传感器的汽车电气系统，如汽车动力传动系和发动机控制单元。现在，ROHM 已经将同样的技术应用于 CMOS 运算放大器，进一步提高了抗噪性。作为 EMARMOUR™ 系列运算放大器 BD8758xY 的一部分开

■ In the case of a conventional Low EMI immunity Op Amps



■ In the case of High EMI immunity Op Amps

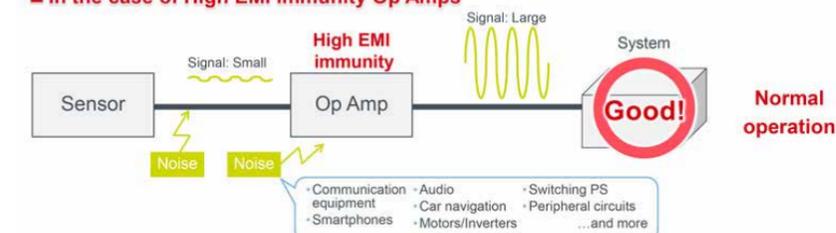


图 1：运算放大器的 EMI 抗扰度影响系统运行



图 2：新型 CMOS 运算放大器 BD8758xY 四项国际噪声测试评估结果

发，新型号在四项国际噪声评估测试 (ISO 11452-2 无线电波发射测试、ISO 11452-4 大电流注入测试、ISO 11452-9 近距离天线抗扰度测试和 IEC 62132-4 直接射频功率注入测试) 中取得了改进的性能在 RoHC 室内进行 (图 2)。在 ISO 11452-2 无线电波发射测试中，传统产品的输出电压可以在整个噪声频带上波动 $\pm 300\text{mV}$ 或更高，而 ROHM 的最新产品实现了噪声抗扰性，将变化限制在 $\pm 10\text{mV}$ 以下。

实现高抗电磁干扰模拟 IC

在 EMARMOUR™ 系列中实现高 EMI 抗扰度需要集成三种特定的模拟技术：电路设计、布局和工艺技术 (图 3)。

首先，在电路设计技术中，RF-IA (射频阻抗调节器) 已被开发为抗噪声电路。寄生 R、C 和 L 甚至存在于从 IC 引脚到芯片的布线中。随着频率的增加，存在一个谐振点，其中寄生

C 和 L 相互抵消，从而产生最小阻抗 (谐振频率)。

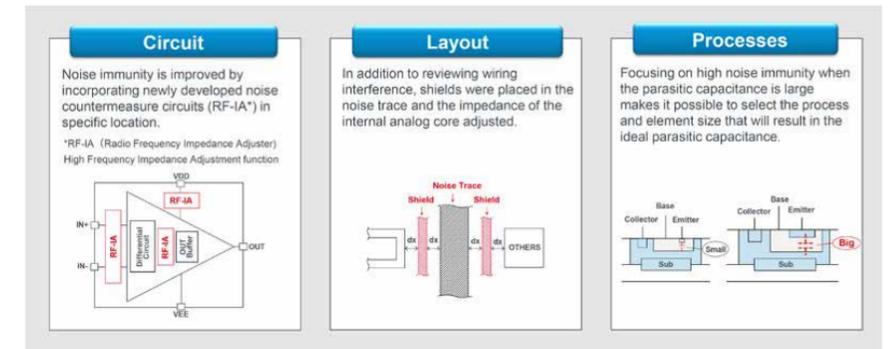
由于这种谐振使运算放大器更容易受到外部噪声的影响，因此抗噪性往往会降低。但是，如果安装了滤波电路，运算放大器的原始特性可能会受到干扰。

ROHM 的新型 RF-IA 电路，用于对抗噪声。该电路允许进行最佳阻抗调整，以防止出现噪声峰值，如高频

范围内的谐振，如 EMC 噪声，同时保留运算放大器的原始特性。通过将 RF-IA 与仅对高频噪声 (如 EMC 噪声) 工作的功能结合在一起，可提高抗噪性，并根据需要在整个频带上衰减该功能。

接下来，在版图技术方面，对集成电路内部的芯片版图进行了全面审查。为了提高抗噪性，在受噪声影响的噪声迹线周围扩展屏蔽，同时检查

下转第 32 页



EMI noise immunity improves when the above three are completely aligned.

图 3：实现高 EMI 抗扰度模拟 IC 所需的三种技术

适用于微型电机驱动应用的快速反应、光学编码器反馈系统

作者：Jonathan Colao ADI 公司应用工程师

摘要

本文介绍工业自动化领域的设计人员在设计用于电机控制的位置检测接口时面临的常见问题，即：能在速度更快、尺寸更小的应用中检测位置。利用从编码器捕获的信息以便精确测量电机位置对于自动化和机器设备的成功运行很重要。快速、高分辨率、双通道同步采样模数转换器 (ADC) 是此系统的重要组成部分。

简介

位置、速度和方向之类的电机旋转信息必须准确，以为各种新兴应用生产精准的驱动器和控制器，例如，将微型组件装配到空间有限的 PCB 区域中的装配机器。近来，电机控制开始走向微型化，使得医疗健康行业出现新的外科手术机器人应用，航空航天和防务领域出现新无人机应用。体积更小的电机控制器还导致工业和商业装配领域涌现新的应用。对设计人员而言，挑战在于：满足高速应用中的位置反馈传感器的高精度要求，同时将所有组件集成到有限的 PCB 区域内，以安装到微型封装内部，例如机械手臂。

电机控制

电机控制环路（如图 1 所示）主要由电机、控制器和位置反馈接口组成。电机转动旋转轴，带动机械手臂跟着移动。电机控制器管控电机何时

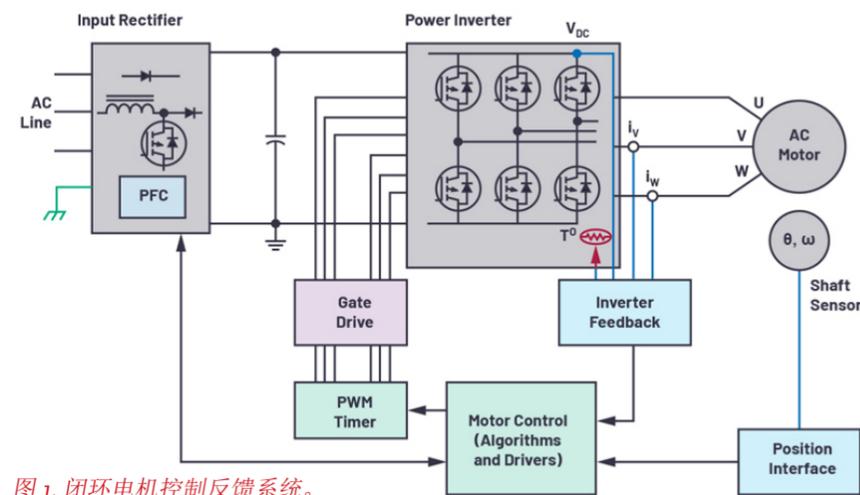


图 1. 闭环电机控制反馈系统。

施加力道、何时停止，或者继续转动。环路中的位置接口向控制器提供转速和位置信息。对于装配微型表贴 PCB 的装配机器来说，这些数据是其正常运行的关键。这些应用都需要获取关于旋转对象的准确位置测量信息。

位置传感器的分辨率必须非常高，足以准确检测电机轴的位置，拿取对应的微型组件，并将组件放置到板上的对应位置。此外，电机转速越高，所需的环路带宽越高，延迟越低。

位置反馈系统

在低端应用中，使用增量传感器和比较器可能就能够实施位置检测，但在高端应用中，则需要更加复杂的信号链。这些反馈系统包含位置传感器，之后是模拟前端信号调理、ADC，以及 ADC 驱动器，数据先经过它们，

之后再进入数字域。其中最精确的位置传感器就是光学编码器。光学编码器由 LED 光源、连接到电机轴的标记圆盘和光电探测器组成。圆盘包含不透明和透明的掩码区域，可以阻隔光线或让光线通过。光电探测器检测这些光线，开/关光信号则转换为电子信号。

随着圆盘转动，光电探测器（与圆盘的模式配合）生成小的正弦和余弦信号（mV 或 μV 等级）。这种系统是绝对位置光学编码器采用的典型系统。这些信号进入模拟信号调理电路（一般由分立式放大器或模拟 PGA 组成，用于获取高达 1 V 峰峰值范围的信号），通常是为了让 ADC 输入电压范围匹配最大动态范围。每个放大的正弦和余弦信号之后都被同步采样 ADC 的驱动放大器捕捉。

ADC 的每个通道都必须支持同步采样，以便同时获取正弦和余弦数据点，由这些数据点组合提供轴的位置信息。ADC 转换结果会发送给 ASIC 或微控制器。电机控制器在每个 PWM 周期中查询编码器位置，然后根据接收的指令使用该数据来驱动电机。过去，为了集成到有限的板空间中，系统设计人员必须牺牲 ADC 速度或通道数。

优化位置反馈

随着技术不断发展，导致需要实施高精度位置检测的电机控制应用不断创新。光学编码器的分辨率可能由圆盘上精细光刻的槽数决定，通常有几百或几千个。将这些正弦和余弦信号插入到高速、高性能 ADC 中之后，无需对编码器圆盘实施系统变更，即可创建出分辨率更高的编码器。例如，以更低的速率对编码器的正弦和余弦信号采样时，只会捕捉到少数信号值，具体如图 3 所示；这会限制位置电容的精度。在图 3 中，当 ADC 以更快速率采样时，可以获取更详细的信号值，从而更精准地确定位置。ADC 的高速采样速率支持过采样，进一步改善噪声性能，消除了一些数字后处理需求。与此同时，可以降低 ADC 的输出数据速率；也就是说，支持较慢的串行频率信号，因此简化了数字接口。电机位置反馈系统安装在电机总成上，在某些应用中，总成可能非常小巧。所以，能否装入编码器模块面积有限的 PCB 区域中，尺寸大小是关键。在单个微型封装中集成多个通道组件非常有利于节省空间。

光学编码器位置反馈设计示例

图 4 所示为适合光学编码器位置反馈系统的优化解决方案示例。此电路很容易和绝对类型的光学编码器连接，然后电路很容易捕捉来自编码器的

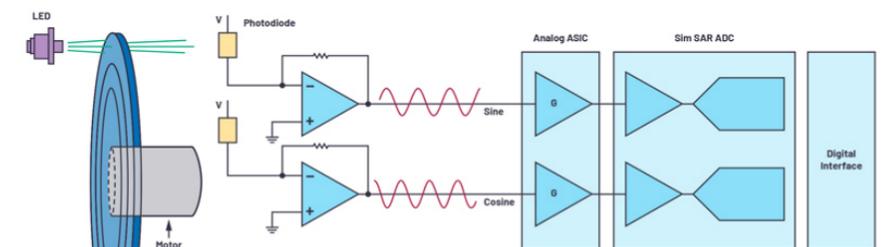


图 2. 位置反馈系统。

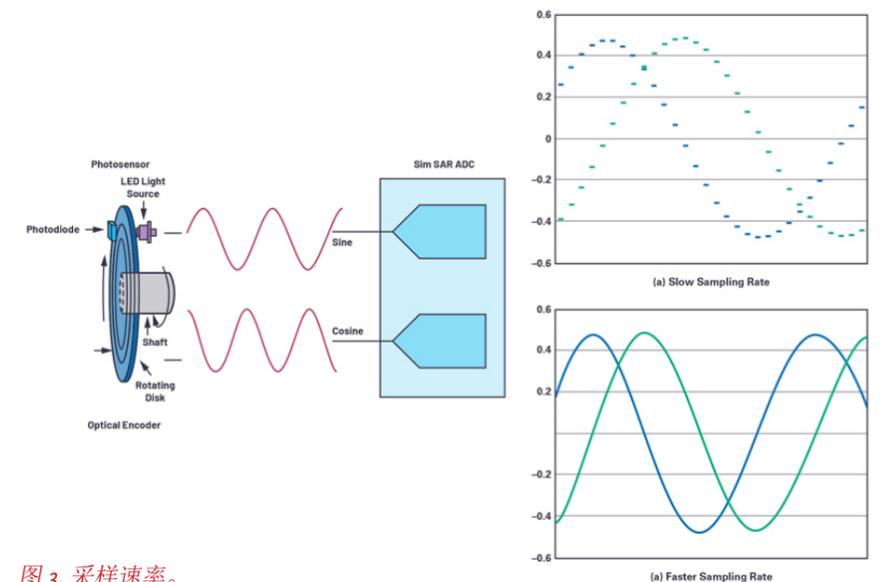


图 3. 采样速率。

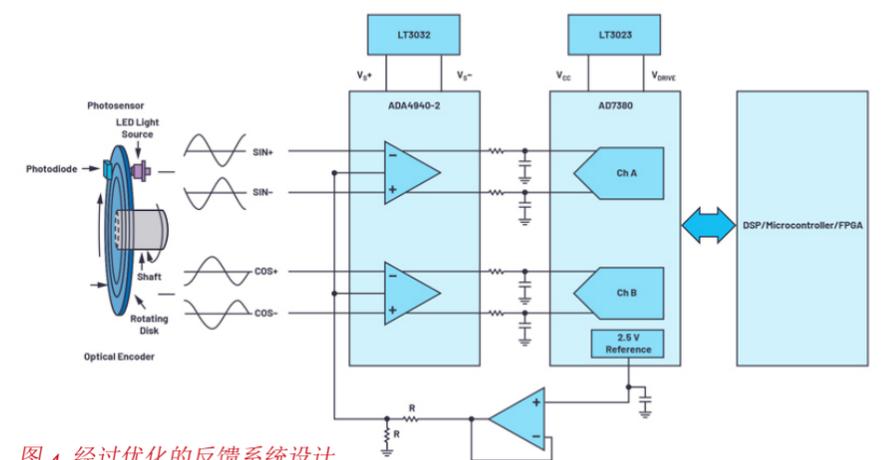


图 4. 经过优化的反馈系统设计。

的差分正弦和余弦信号。ADA4940-2 前端放大器属于双通道、低噪声全差分放大器，用于驱动 AD7380，后者属于双通道、16 位全差分 4 MSPS 同步

采样 SAR ADC，采用 3 mm × 3 mm 小型 LFCSP 封装。片内 2.5 V 基准电压源允许此电路采用最少数量的组件。ADC 的 VCC 和 VDRIVE，以及放

大器驱动器的电源轨道可由 LDO 稳压器供电，例如 LT3023 和 LT3032。当这些参考设计相互连接时（例如，使用一个 1024 槽光学编码器，在一个编码器圆盘周期中生成 1024 个正弦和余弦周期），16 位 AD7380 在 216 个代码的各编码器槽中采样，将编码器的整体分辨率提高到 26 位。4 MSPS 吞吐速率确保捕捉到正弦和余弦周期的详细信息，以及最新的编码器位置信息。高吞吐速率支持实施片内过采样，从而缩短数字 ASIC 或微控制器将精确的编码器位置反馈给电机时的时间延迟。AD7380 片内过采样的另一个好处是：可以额外增加 2

位分辨率，可以和片内分辨率增强功能配合使用。分辨率增强功能可以进一步提升精度，最高可以达到 28 位。应用笔记 AN-2003 详细介绍了 AD7380 的这个过采样和分辨率增强功能。

结论

电机控制系统需要更高的精度、更高的速度，以及更高程度的微型化。光学编码器被用作电机位置检测器件。所以，在测量电机位置时，光学编码器信号链必须具备高精度。高速度、高吞吐速率 ADC 准确捕捉信息，然后将电机位置数据发送给控制器。

AD7380 的速度、密度和性能可以满足行业要求，同时在位置反馈系统中实现更高的精度，并对系统实施优化。

www.analog.com



Jonathan Colao

作者简介

Jonathan Colao 是 ADI 公司精密转换器技术部的产品应用工程师。他于 2006 年加入 ADI 公司担任产品工程师，工作地点位于菲律宾甲米地。他毕业于菲律宾卡加延德奥罗泽维尔大学，获电子工程学士学位。

这导致重复需要抑制噪声级的设计阶段。

例如，如果在噪声频率范围为 200 MHz 至 1000 MHz 的测试中，噪声峰值出现在 350 MHz 处，则可以添加 RC 滤波器作为外部电路来抑制峰值，可能使用金属板屏蔽整个 IC。然而，即使可以使用外部部件抑制 350MHz 处的噪声峰值，新峰值也可能出现在完全不同的频带中，例如 900 MHz 处。因此，可能需要多次重复设计、装配和评估周期。

使用具有高抗噪性的运算放大器（如 EMARMOUR™ 系列）极大地促进了 EMC 兼容设计。如果噪声评估第一次通过，则无需重新设计。

此外，可以减少用于对抗噪声的外围组件。如果使用通用运算放大器且噪声评估失败，则有必要提高噪声抗扰度，例如，通过在输入和输出中实现 RC 滤波器。通过使用 EMARMOUR™ 系列元件，可以消除用于抵消噪声的 RC 滤波器，并且可以消除多达 18 个部件（当使用 4 通道运算放大器时）。

www.rohm.com.cn

实现更小、更轻、更平稳的电机驱动器的氮化镓器件

作者：Marco Palma，宜普电源转换公司（EPC）

目前的永磁电机或称为直流无刷电机 (BLDC) 的应用非常广泛。与其他电机相比，永磁电机可提供每立方英寸更高的扭矩和更优越的动态性能。到目前为止，硅功率器件在逆变器电子领域中一直占主导地位。可是，它们的性能已接近理论极限^[1-2]，而且市场对更高功率密度的需求日益增加。氮化镓 (GaN) 晶体管和 IC 具有优越特性，可以满足这些需求。

氮化镓器件具备卓越的开关性能，有助消除死区时间且增加 PWM 频率，从而获得无与伦比的正弦电压和电流波形，让电机实现更平稳、更安静的运行和更高的系统效率。由基于氮化镓器件的逆变器以更高的 PWM 频率和最短促的死区时间驱动时，电机变得更有效率。把输入滤波器中的电解电容器改为使用更小、成本更低且更可靠的陶瓷电容器，可增加功率密度。

氮化镓器件使得电机驱动器在减小尺寸和重量的同时，可以实现更平稳的运行。这些优势对于仓储和物流机器人、伺服驱动器、电动自行车和电动滑板车、协作机器人和医疗机器人、工业无人机和汽车电机等应用中的电机驱动器来说，至关重要。

基于硅器件的逆变器的限制

逆变器的功耗由传导损耗和开关损耗组成。传导损耗与开关的 RDS(on) 成正比。降低沟道电阻有助于降低传导损耗，但会增加开关损耗。

传导损耗和开关损耗的关系取决于采用什么技术。

直流和电池供电的电机驱动应用的直流总线电压范围为 24 V_{DC} 至 96

V_{DC}。对于硅 MOSFET，其 PWM 频率保持在 40 kHz 以下，死区时间在 200 ns 至 500 ns 范围内。低 PWM 频率避免了 Si MOSFET 固有的高开关损耗。

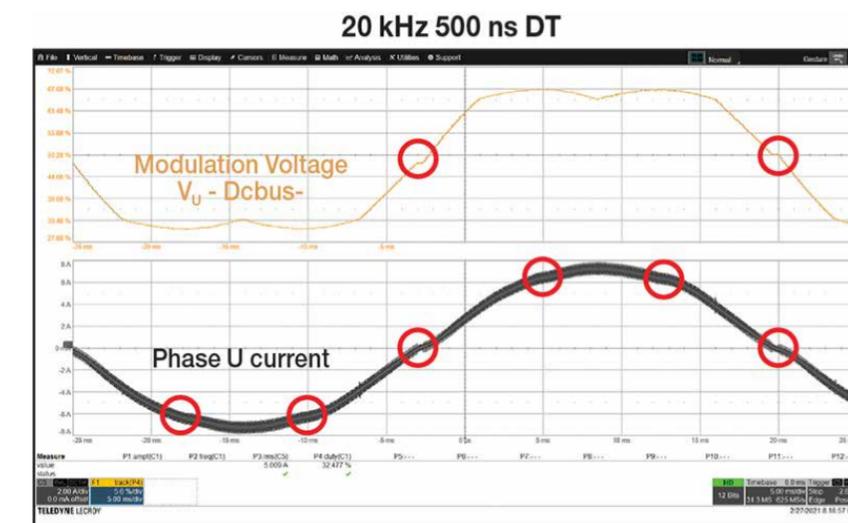


图 1：在 20 kHz 和 500 ns 死区时间的电压调制和相电流。

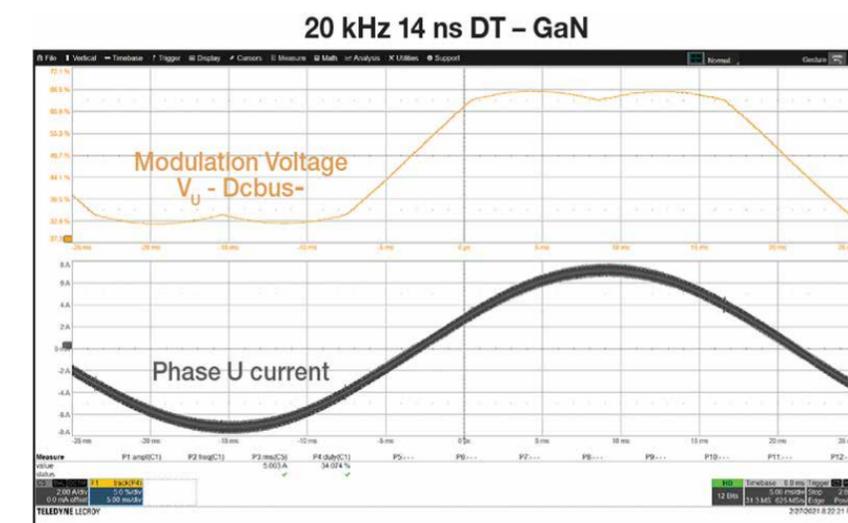


图 2：在 20 kHz 和 14 ns 死区时间的电压调制和相电流。

上接第 29 页

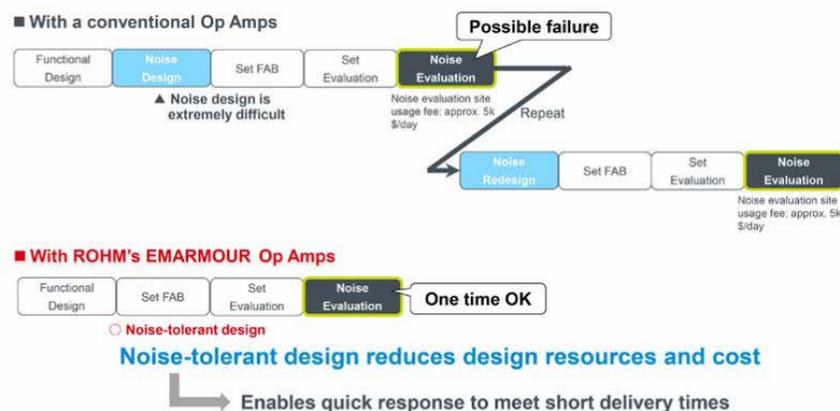


图 4：EMARMOUR™ 系列优点：可显著减少噪声对策所需的设计资源

接线之间的干扰。从连接到内部模拟核心的布线阻抗到每一条布线线路，已对布局进行了详细审查。

为了提高抗噪性，运算放大器必须能够抵抗晶体管元件级的噪声。较大的寄生电容会导致较高的抗噪性，ROHM 选择了工艺和元件尺寸，以便获得最佳寄生电容。

ROHM 采用自己的集成生产系统，从产品规划到电路设计、布局、试用产品评估和测试开发。在密切合作下，在开发过程中对电路设计和元件布局进行了细化，而在制造过程中对寄生电容和元件形状进行了细化。

通过在每个过程中重复细致的审查，并优化整合改进措施，ROHM 将这三项技术结合起来，开发出具有更好 EMI 抗扰性的运算放大器。

EMARMOUR™ 系列的优势

使用 EMARMOUR™ 系列产品可显著减少噪声对策所需的设计资源和时间（图 4）。通常，PCB 设计按照功能设计、EMC 兼容设计、系统组装、系统评估和噪声评估的顺序进行。然而，很难验证噪声设计。即使系统评估结果可接受，噪声评估也可能因运算放大器中的抗扰度不足而失败。

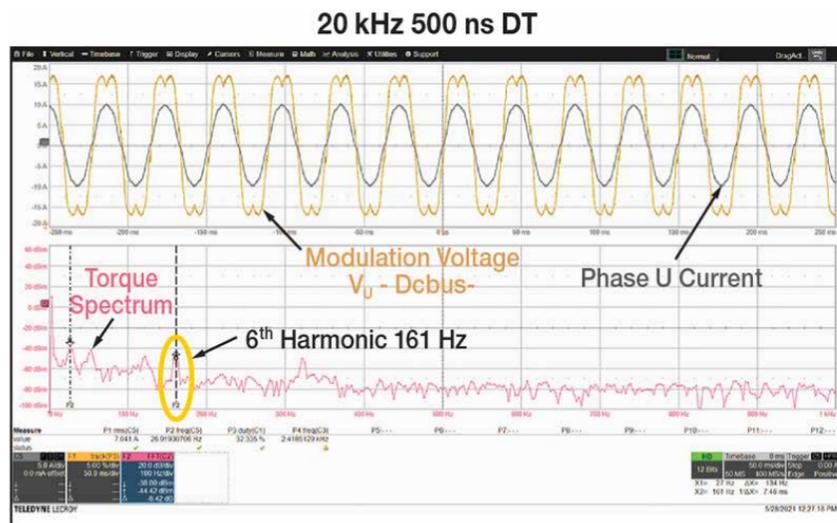


图 3：500 ns 死区时间对扭矩信号的影响；电频率为 27 Hz，可见 6 次谐波。扭矩信号从扭矩传感器取得。

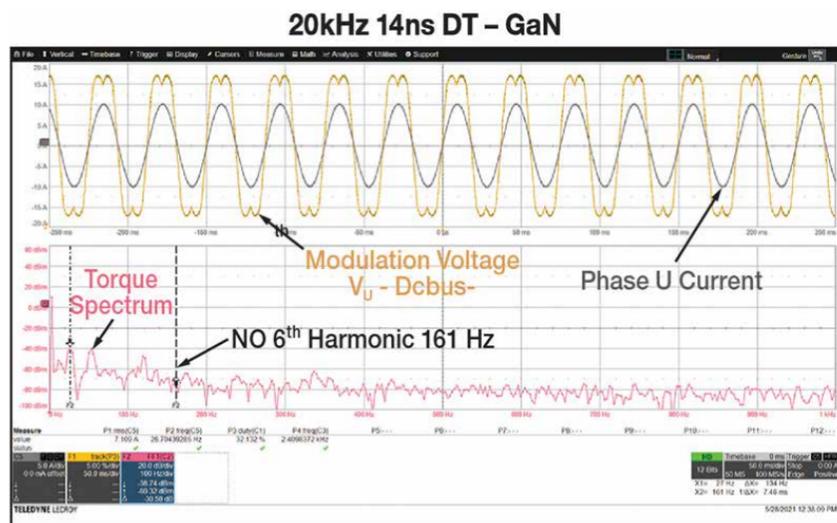


图 4：14 ns 死区时间对扭矩信号的影响；电频率为 27 Hz，扭矩 6 次谐波为零。

扭矩中的六次谐波损耗

对于硅器件，其必需的死区时间产生扭矩中电频率的 6 次谐波，它降低了电机效率并同时增加传递到负载和绕组温度的振动。

氮化镓器件的优势

由于氮化镓器件具有较低的开关损耗且没有体二极管 pn 结，因此在硬开关中，没有相关的反向恢复。这两个因素有助于消除死区时间并将 PWM

频率增加到可以用陶瓷电容器代替输入滤波器，其优点是可实现更小、更轻的逆变器，从而可以更安静地运行。电机在较低温度下实现更平稳的运行、效率更高。而使用陶瓷电容器可以降低成本和提高系统的可靠性^[5]。

体二极管反向恢复

当半桥 MOSFET 与其互补开关的体二极管导通时，必须应对反向恢复电流，这取决于负载电流和导通的 di/dt^[6]。因此，通常的做法是减慢导通以

降低 di/dt、降低反向恢复电流。但这需要增加施加在半桥器件的最小死区时间。

GaN FET 可实现具有可重复且平滑的 dv/dt，从而减少死区时间。

消除死区时间的影响

采用分立式 eGaN[®]FET 或 GaN ePower[™] 功率级 IC^[4] 的逆变器，其死区时间可以减少到几十纳秒，从而使得平滑的电压波形可以施加到电机端子。图 1 和 2 显示了在两个不同死区时间的调制电压和相电流的差异。消除死区时间可以提高所施加的正弦电压的质量（就 THD 而言），继而实现减少相电流失真、振动和电机所产生的噪声。

死区时间导致每个电气循环共出现 6 次停摆，表现为施加到电机的扭矩中的 6 次谐波。图 3 和 4 展示出扭矩信号频谱的比较。使用基于氮化镓器件的逆变器，施加的扭矩更平滑，而且电机的效率更高，因为所有电流都转换为施加到负载的扭矩。

提高 PWM 频率的影响

减少输入滤波器

基于氮化镓器件的逆变器可以在 100 kHz PWM 频率下运行。输入电压纹波是逆变器输出峰值电流、输入电容值和 PWM 开关频率的函数^[5]。

如果 PWM 频率从 20 kHz 增加到 100 kHz，输入电容可以减少至少五倍以保持相同的输入电压纹波。

输入电流纹波与 PWM 频率成反比。增加 PWM 频率可双倍降低输入电流纹波和输入电压纹波。

对于低 PWM 频率 (20 kHz)，所需的输入电容由极化电解或钽电容器构成。电解电容器限制了它们可以支持 RMS 电流量，而钽电容器则非常昂贵。

当 PWM 频率增加时，所需的最

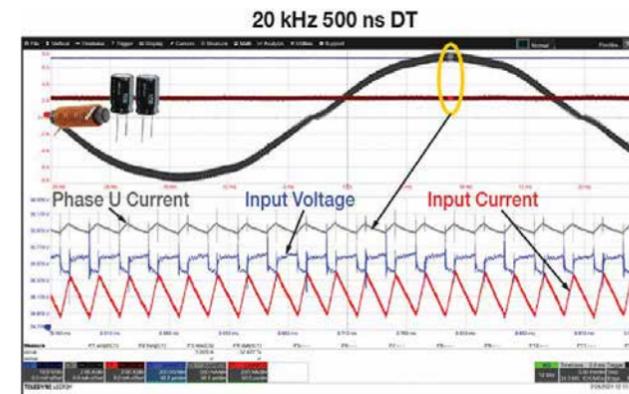


图 5：带有 LC 输入滤波器的传统逆变器，PWM = 20 kHz、DT = 500 ns、L = 6 μH、C = 2 x 330 μF 电解电容器；U 相电流 500 mA/div、输入电压 200 mV/div、输入电流 200 mA/div 和 50 μs/div 缩放时间刻度。

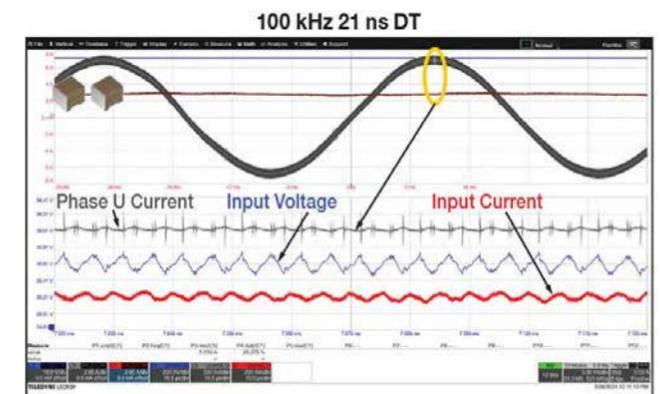


图 6：没有输入滤波器、基于氮化镓器件的逆变器于 PWM = 100 kHz、DT = 21 ns、C = 2 x 22 μF 陶瓷；U 相电流 500 mA/div、输入电压 200 mV/div、输入电流 200 mA/div 和 10 μs/div 缩放时间刻度。

小化电容会降低，从而允许使用陶瓷电容器。在 100 和 200 kHz 之间的范围内，陶瓷电容器具有较低的串联阻抗、温度更稳定且更可靠，从而在给定的相同功耗和功率输出条件下，实现更小型化和更可靠的逆变器。

图 5 和 6 显示了在比较由传统逆变器和 GaN 逆变器组成的两种不同设置的输入电流、输入电压和输出电流的纹波。

两种设置都以 36 VDC 电池电压和 5 ARMS 相电流运行电动自行车的电机。由于输入电压和电流纹波相似，因此预期 EMI 相同。在基于氮化镓器件的 100 kHz 解决方案中，输出电流

纹波降低，而电机的电流具有更好的正弦形状。

系统效率

我们比较了使用功率计系统的两种设置（见图 5 和 6），与传统逆变器在低 PWM 频率工作并使用输入 LC 滤波器相比，基于氮化镓器件且在 100 kHz 工作的逆变器具有更高的系统效率。

表 1 展示出当基于硅器件的 20 kHz 逆变器转为采用氮化镓器件的 100 kHz 逆变器，差不多没有死区时间、缩小了输入滤波器的尺寸、降低重量和成本，而且在特定的工作测量

Setup	Inverter (20kHz, 500 ns dead time) 400 RPM 5 Arms	GaN Inverter (100kHz, 14 ns dead time) 400 RPM, 5 Arms
Input Inductance	2.7 μH	None
Input capacitor	660 μF electrolytic	44 μF ceramic
Pin	121.3 W	113.3 W
Pout	119.6 W	111.3 W
η _{inverter}	98.5%	98.2%
Speed	42.25 rad/s	41.94 rad/s
Torque	1.876 N	1.940 N
P _{mech}	79.3 W	81.36 W
η _{motor}	66.3%	73.1%
η _{total efficiency}	65.3%	71.8%

表 1：基于 Si 和氮化镓器件逆变器的系统的效率比较。扭矩和速度用传感器测量。

点的总系统效率提升了 6.5%。

总结

直流和电池供电的电机应用正在从采用传统的 Si MOSFET 的低频 PWM 逆变器，转为采用氮化镓器件的高频 PWM 逆变器，其优势是实现更高的系统效率而无需使用电解电容器和输入电感器。

epc-co.com

参考资料

- Lidow, A., De Rooij, M., Strydom, J., Reusch, D., Glaser, J., GaN Transistors for Efficient Power Conversion, Third Edition, Wiley, ISBN 978-1-119-59414-7
- Baliga, B. J., "Power semiconductor device figure of merit for high frequency applications," IEEE Electron Device Lett., vol. 10, p. 455, Oct. 1989.
- Albertsen A., "Reliability of electrolytic capacitors," Jianghai Europe Electronic Components GmbH
- Glaser, J., Reusch, D., "Comparison of deadtime effects on the performance of dc-dc converters with gan fets and silicon mosfets," 2016 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)
- Vujacic, M., Hammami, M., Srndovic, M., Grandi, G., "Analysis of dc-link voltage switching ripple in three-phase PWM inverters," Energies. 2018; 11(2):471. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/en11020471.

利用氮化镓芯片组实现高效率、超紧凑的反激式电源

作者: Chris Lee, 产品营销总监, Power Integrations

目前市面上出现了一个新的芯片组,它由具有耐用的750V氮化镓(GaN)初级侧开关的反激式IC方案与创新的高频有源钳位方案组合而成,能够为手机、平板电脑和笔记本电脑设计出额定功率高达110W的新型超紧凑充电器。此芯片组来自Power Integrations,包含内部集成PowiGaN™开关的InnoSwitch™4-CZ零电压开关(ZVS)反激式控制器和提供有源钳位解决方案的ClampZero™产品系列。这些新IC可用于设计效率高达95%且在不同输入电压条件下保持恒定的反激式电源。

这种InnoSwitch4-CZ/ClampZero组合为反激式电源设计带来了耳目一新的新性能。由于变压器中存在初级漏感,初级侧需要有源钳位电路。当初级侧开关关断时,漏感换向会导致电压过冲,从而损坏MOSFET。一种常见的解决方案是使用无源电阻-电容-二极管(RCD)钳位来保护MOSFET。钳位将漏感能量转移到钳位电容中,并在电阻中以热量的形式耗散。RCD钳位会降低反激效率,但可为MOSFET提供保护。

在每个开关周期中,钳位中的能量都会损失。这迫使设计者限制最大开关频率,而这又需要使用更大的变压器。因此,无源钳位解决方案会降低反激效率或导致电源体积更大和/或温度更高。更有效的方法是用有源钳位代替无源RCD网络。

有源钳位

有源钳位不消耗能量,而是再循环漏感能量,从而提高效率并减少热量产生。在有源钳位设计中,RCD缓冲器中的电阻由开关代替。如果使用ClampZero,开关则是PowiGaN器件。初级开关关断后,次级控制指示ClampZero开关开通,并在初级开关开通前将钳位电容储能传输至次级。再循环钳位电路使得漏感电流得以换向,还可确保初级开关上的电压在其开通前为零(ZVS)。

在传统的有源钳位设计中,初级MOSFET和有源钳位开关以互补方式进行工作(因此这些钳位电路被称为“互

补模式有源钳位”电路)。在这种工作模式下,变换器只能工作于非连续导通模式或临界导通模式,不能工作于连续导通模式。当需要宽输出电压范围的设计(如USB PD和PPS充电器)时,这对设计者来说是一个挑战,导致设计出电源在高输入电压下的导通必须非常不连续。然而,InnoSwitch4-CZ/ClampZero芯片组克服了这个限制。InnoSwitch4-CZ和ClampZero IC芯片组采用复杂、非对称的非互补有源钳位控制方法,实现智能的零电压开关,同时支持非连续和连续导通工作模式,可提高设计灵活性,并在所有工作条件下实现效率最大化。新型反激式开关IC具有优异恒压/恒流精度,不受外围元件参数公差的影响,并且在提供输入电压检测等安全及保护功能的情况下,其空载功耗小于20mW。

InnoSwitch4-CZ产品系列采用薄型InSOP™-24D封装,同时集成了750V开关、初级和次级控制器、ClampZero接口、同步整流以及符合安全标准的反馈电路。高达140kHz的稳态满载开关频率降低了变压器尺寸,进一步提高功率密度。

InnoSwitch4-CZ/ClampZero芯片组适合于高效、紧凑的USB PD适配器、高密度反激式AC/DC电源和高达110W的高效恒压/恒流电源。InnoSwitch4-CZ IC支持可变输出电压和电流特性,并具有完善的保护功能,包括用于输出过压和欠压保护的自动重新启动或锁存故障响应方式、输入欠压保护以及锁存或迟滞过温保护。

Power Integrations的InnoSwitch4-CZ/ClampZero芯片组使设计者能够为手机、平板电脑和笔记本电脑设计高达110W的超高密度充电器,这些设计在以前是无法实现的。InnoSwitch4-CZ IC可提供可变输出电压及恒流特性,非常适合于高效紧凑型USB-PD适配器和高效恒压/恒流电源。它们在提供输入电压检测等安全及保护功能的情况下,空载功耗小于30mW,并且可提供高达95%的效率,即使在不同输入电压、系统负载和输出电压下也能保持非常恒定的高效率。



UF3C 系列
快速650V和1200V SiC FET

更快的开关速度,
更低的开关损耗,
更好的功率转换效率。

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

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

立即开始。访问unitedsic.com/cascodes

了解如何使您的下一个设计变得更好。



超高性能 功率耦合器



高电流 MSD 系列

低高度 LPD 系列

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

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

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

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

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

线艺 Coilcraft