



无人机电子书

利用 48V 架构中的高密度电源转换技术, 设计更先进的无人机

**VICOR**

# 目录

## 3 引言

## 4 案例研究

配送无人机

农业无人机

监控无人机

巡检无人机

Fukaden 通讯系留无人机

Doosan 氢电池燃料无人机

## 17 技术文章

优化高密度电源设计:模块化与分立式孰优孰劣

高性能电源模块封装的特性

基于模块的紧凑型高压供电网络助力克服系留无人机供电系统的挑战

利用固定比率转换器重新定义供电架构

## 45 工具

电源系统设计工具

白板工具

# 无人机电子书简介

无人驾驶飞行器 (UAV) 和无人机的快速普及已经彻底变革了从农业到应急响应等众多行业领域。随着它们承担的任务日趋复杂, 对更高性能、更长飞行时间及更大有效载荷能力的需求急剧增长。然而, 要实现这些目标, 往往需要创新的配电解决方案。

无人机的性能是飞行半径、飞行时间、有效载荷能力以及快速通信能力的综合。这些特征经常发生冲突, 因为增加航程及有效载荷能力就需要提高功率等级, 而这会增加重量并占用宝贵的空间。无论是系留无人机、垂直起降 (VTOL) 无人机, 还是高空长航时 (HALE) 无人机, 无人机开发商都在寻找实现高效、轻量级紧凑电源解决方案的途径。

本电子书将帮助开发无人机的工程师在设计中找到更好的配电方法。我们将深入分析真实案例, 展示行业领导者如何成功采用 Vicor 电源模块, 利用 48V 架构中的高密度电源转换技术取得突破性成果。

接下来, 深度技术文章和白皮书将指导您了解电源模块相比传统分立式电源解决方案的主要优势, 封装如何影响供电网络 (PDN), 应对系留无人机常见挑战的方法, 以及高密度、高性能固定比率转换器如何改善您的供电网络。

最后, 本电子书还提供了一系列先进在线工具的链接, 以帮助轻松采用和集成这些创新电源模块。

无论您是想改进产品特性和功能、为满足未来需求进行扩展, 还是缩短产品上市时间, 本电子书都将通过优化供电网络的方法, 帮助您找到改进设计的途径。

本电子书将帮助  
开发无人机的工程师  
在设计中找到  
更好的配电方法。

# 案例研究



## 延长配送任务航程、节省空间, 增加更多有效载荷



### 客户所面临的挑战

配送无人机必须足够安全可靠, 将货物送达目标收件人所在的位置。航程越长, 能够处理的负载越重、越大, 其工作效率就越高。由于它们需要在拥挤复杂的区域运行, 因此必须确保绝对安全。它们需要在多个层面实现冗余设计, 以避免伤及人员、损坏财产或丢失贵重货物。这意味着电机、GPS 导航、视觉系统以及其他用于飞行和飞行终止的传感器都需要冗余电源, 同时不能显著增加重量。主要目标包括:

- 增加飞行时间, 可抵达更远的距离
- 紧凑轻巧的解决方案可承载更重的负载
- 支持多种负载端电压需求



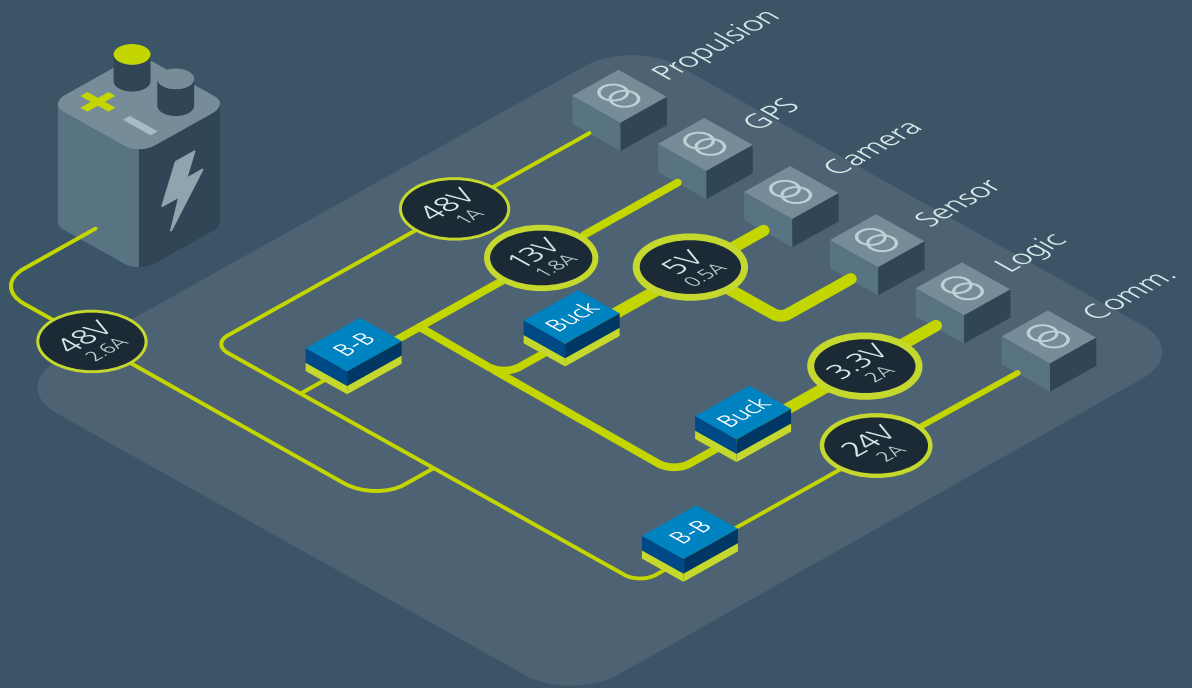
### Vicor 解决方案

对于配送无人机来说, 重量是一个关键因素。它们必须保持较低的整体重量, 提高载荷能力, 可平稳飞行至目的地同时不过度消耗电池电量。Vicor 的高功率密度模块有助于减轻无人机重量, 为所需的传感器节省板载空间, 实现安全有效的运行。关键优势包括:

- 高功率密度可实现更小的尺寸和更轻的重量
- 更高的效率可延长飞行时间和作业范围
- 紧凑的 Vicor 稳压器在负载端复用时实现电源冗余

## 供电网络

功率密度高且轻巧的 ZVS 降压和升降压产品非常适合打造配送无人机,可以在不占用宝贵载荷空间和重量的情况下延长飞行时间。PI33xx ZVS 降压和 PI37xx ZVS 升降压产品的密度很高,使设计人员可以采用多个负载端转换器以节省布线,同时通过多个电源母线为多个设备供电,从而创建确保安全可靠配送作业所需的冗余。



ZVS 降压稳压器

非隔离稳压

输入: 12V (8 – 18V),  
24V (8 – 42V), 48V (30 – 60V)

输出: 2.2 – 16V

电流: 高达 22A

峰值效率: 98%

小巧至 10.0 x 10.0 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck)



ZVS 升降压稳压器

非隔离稳压

输入: 8 – 60V

输出: 10 – 54V

功率: 高达 150W 持续电流

效率: 超过 97%

10 x 14 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck-boost](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck-boost)



## 提升功能性, 保障可靠性与生产力



### 客户所面临的挑战

农业无人机面临独特的挑战, 需要在各种天气条件下携带重型负载执行长时间喷洒作业。它们必须可靠、安全地覆盖广泛区域, 以满足农业对高生产力的要求。这类无人机配备了 GPS、泵机、雷达传感器、视觉系统和故障保护系统, 这些设备需要不同的电压和功率水平。主要目标包括:

- 显著降低电源系统重量, 最大限度利用机载有效载荷空间
- 延长续航时间, 提升生产效率
- 适应宽范围输入电压



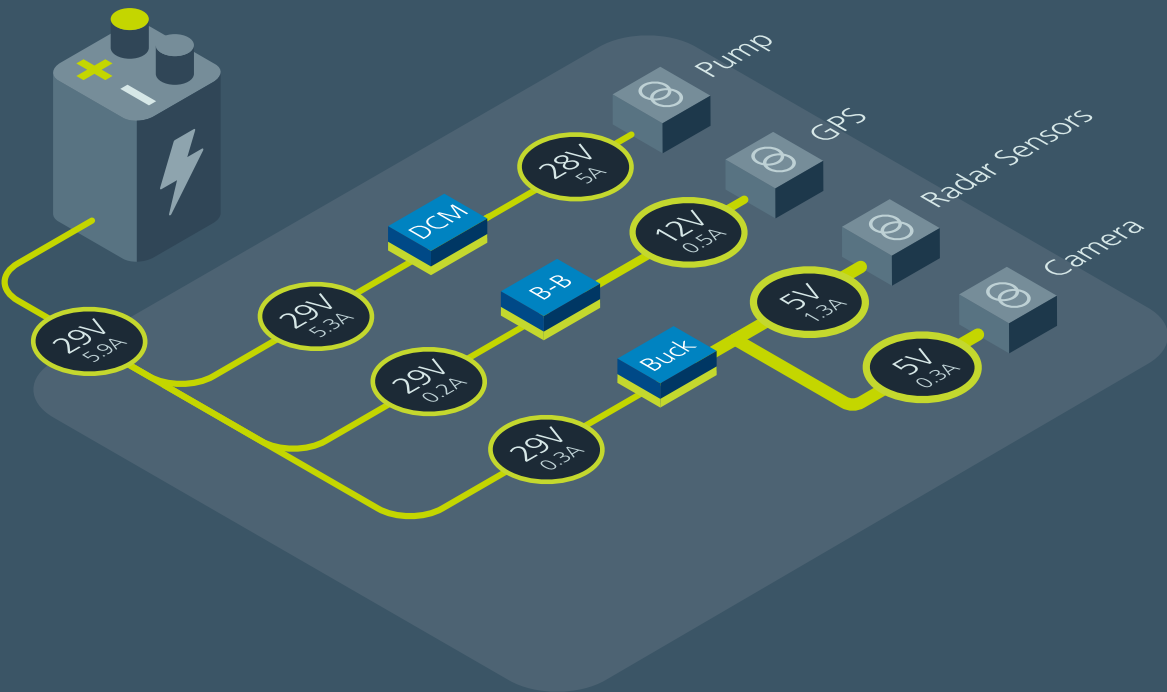
### Vicor 解决方案

Vicor 的高性能电源模块紧凑轻巧, 使无人机能够携带泵机或传感器等必要的作业配件。同时, 高效率特性可延长飞行时间, 简化热管理系统, 减少板载空间占用。

- 更高的效率可延长飞行时间和作业范围
- 电源模块支持多种负载端设备输入电压
- 采用先进的封装和拓扑结构

# 供电网络

Vicor DCM™ 电源模块是一款隔离型高效稳压 DC-DC 转换器，采用高频零电压开关 (ZVS) 拓扑结构，可将不稳定的宽范围输入电压转换为隔离输出。模块化 DCM 转换器和下游 Vicor ZVS 降压及升降压产品支持高效的配电，在各类不稳定电源到负载端之间提供卓越的电源系统性能和连接。



## DCM™ DC-DC 转换器

隔离稳压

输入: 9 – 420V

输出: 3.3, 5, 12, 13.8, 15, 24, 28, 36, 48V

功率: 高达 1300W

峰值效率: 96%

小巧至 24.8 x 22.8 x 7.21 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/dcm](http://vicorpower.cn/zh-cn/dcm)



## ZVS 降压稳压器

非隔离稳压

输入: 12V (8 – 18V), 24V (8 – 42V), 48V (30 – 60V)

输出: 2.2 – 16V

电流: 高达 22A

峰值效率: 98%

小巧至 10.0 x 10.0 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck)



## ZVS 升降压稳压器

非隔离稳压

输入: 8 – 60V

输出: 10 – 54V

功率: 高达 150W 持续电流

效率: 超过 97%

10 x 14 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck-boost](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck-boost)



# 延长飞行时间, 支持高性能监控设备, 确保安全防护



## 客户所面临的挑战

有效的监控需要不间断的传感和通信能力, 以确保重要财产、设备和资产的安全和安防。无人机被用于巡视难以到达或位置不固定的广阔区域。最佳的监控无人机应具备较长的续航能力, 并配备高分辨率摄像头、热成像传感器和通信链路。主要目标包括:

- 延长飞行时间
- 支持高功耗功能而不增加体积和重量
- 实现高效率, 具有简化的散热设计



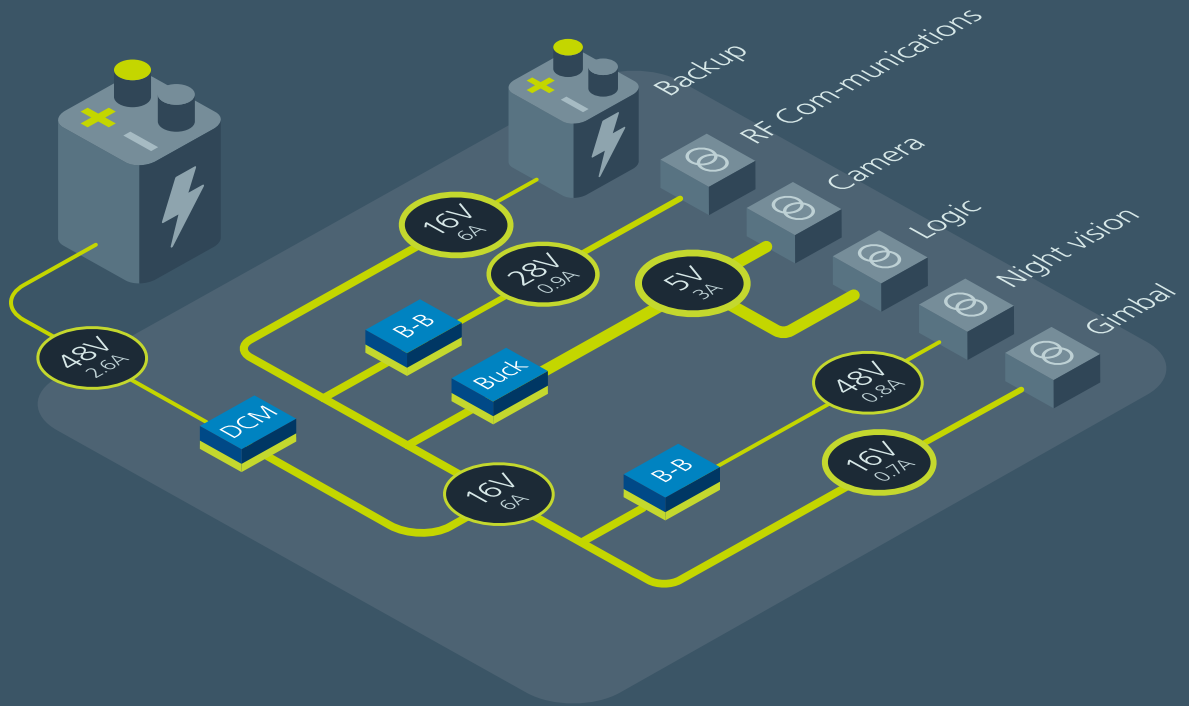
## Vicor 解决方案

监控无人机必须在最大化工作效率的同时, 能够搭载高性能摄像头和传感器。Vicor 的高密度电源模块可支持这些高功耗功能, 同时避免不必要地增加无人机的体积和重量, 从而延长飞行时间并实现更多功能。

- DCM 具有业内领先的功率密度
- 高效率可延长飞行时间
- 确保备用电池持续充电

## 供电网络

高功率密度的 Vicor DCM™ DC-DC 转换器模块是监控无人机的理想选择。它们使用紧凑型零电压开关 (ZVS) 降压和升降压稳压器将 48V 电池电压转换为可管理电压, 可匹配无人机系统负载电压。DCM 转换模块还可以确保持续为无人机备用电池充电, 通过冗余设计确保飞行安全。



DCM™ DC-DC 转换器

隔离稳压

输入: 9 – 420V

输出: 3.3, 5, 12, 13.8, 15, 24, 28, 36, 48V

功率: 高达 1300W

峰值效率: 96%

小巧至 24.8 x 22.8 x 7.21 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/dcm](http://vicorpower.cn/zh-cn/dcm)



ZVS 降压稳压器

非隔离稳压

输入: 12V (8 – 18V), 24V (8 – 42V), 48V (30 – 60V)

输出: 2.2 – 16V

电流: 高达 22A

峰值效率: 98%

小巧至 10.0 x 10.0 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck)



ZVS 升降压稳压器

非隔离稳压

输入: 8 – 60V

输出: 10 – 54V

功率: 高达 150W 持续电流

效率: 超过 97%

10 x 14 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck-boost](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck-boost)



# 轻型供电网络助力灵活机动的无人机实现远程、大范围巡检作业



## 客户所面临的挑战

巡检无人机用于确保基础设施的完整性、安全性和功能性。这类无人机必须具备灵活的机动性,能够轻松进入难以到达的区域,进行大范围地形巡检。为圆满完成任务,它们还必须能在恶劣环境下可靠运行,并能抵抗电力线路和其他大功率设备的电磁干扰。主要目标包括:

- 延长飞行距离和续航时间
- 轻量化的体积和重量
- 提高可靠性,最大限度降低飞行故障风险

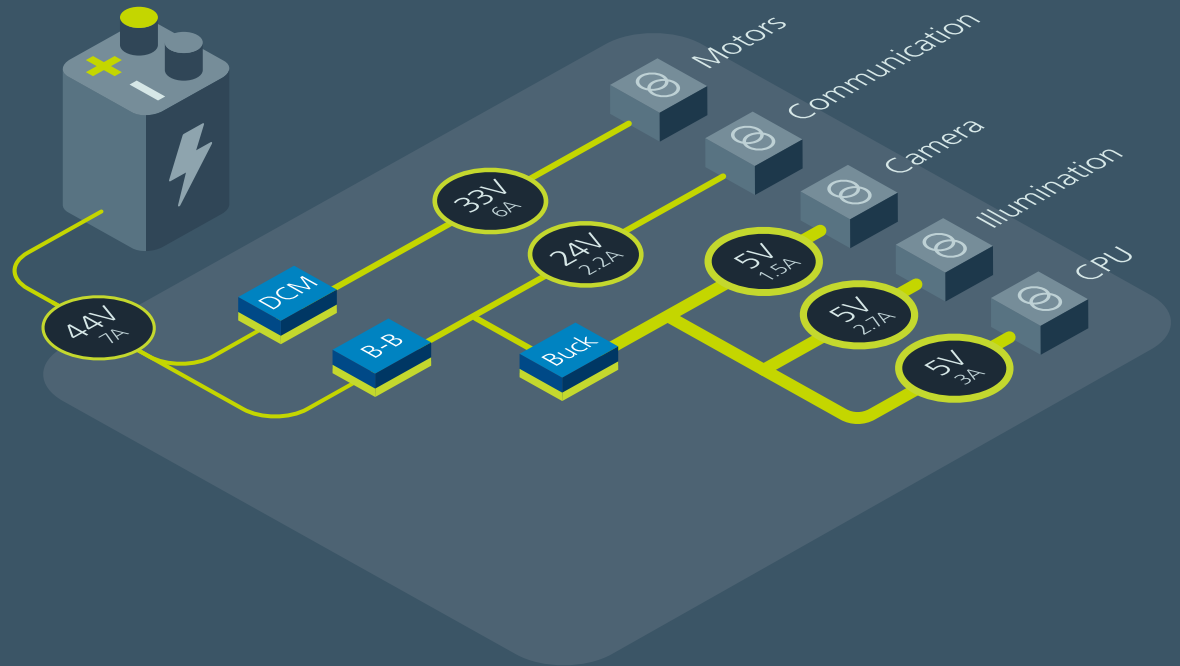


## Vicor 解决方案

Vicor 的高效率电源模块具有出色的性能表现,使巡检无人机能够最大限度地减小体积和重量,为执行实际巡检任务所需的传感器负载预留最大空间。凭借充足的功率输出和高效率特性,Vicor 的高能效电源模块使无人机能在恶劣环境下依然保持灵活机动性和较长续航时间。

- 高功率密度,实现更小规格和更轻重量
- 最小化电磁干扰(EMI)
- ZVS 拓扑结构使模块效率高达 98%

高功率密度的 Vicor DCM™ DC-DC 转换器以及 ZVS 降压和升降压稳压器模块是巡检无人机的理想选择。紧凑型 DCM 为电机提供充足动力,而降压和升降压稳压器可在宽输入范围内工作,确保负载能够充分利用电池电量,为安全着陆和回收预留电量储备。这些紧凑型模块不仅自身重量轻,还可使用更小的磁屏蔽,进一步减轻整体重量。





## 在自然灾害期间保障生命救援通信



### 客户所面临的挑战

快速响应自然灾害并恢复不间断无线通信, 对于保障基本服务和建立饮用水、食品、电力和医疗物资等供应线至关重要。这有助于急救人员满足受灾群众的紧急需求, 并保障他们的安全。如果没有可靠的移动通信, 将严重阻碍救援工作, 危及所有人的生命安全。[Fukaden](#) 的主要目标包括:

- 利用紧凑型高密度电源模块优化设计空间与重量
- 采用更高的输入电压, 减轻线缆重量
- 降低电磁干扰 (EMI), 保障通信清晰度



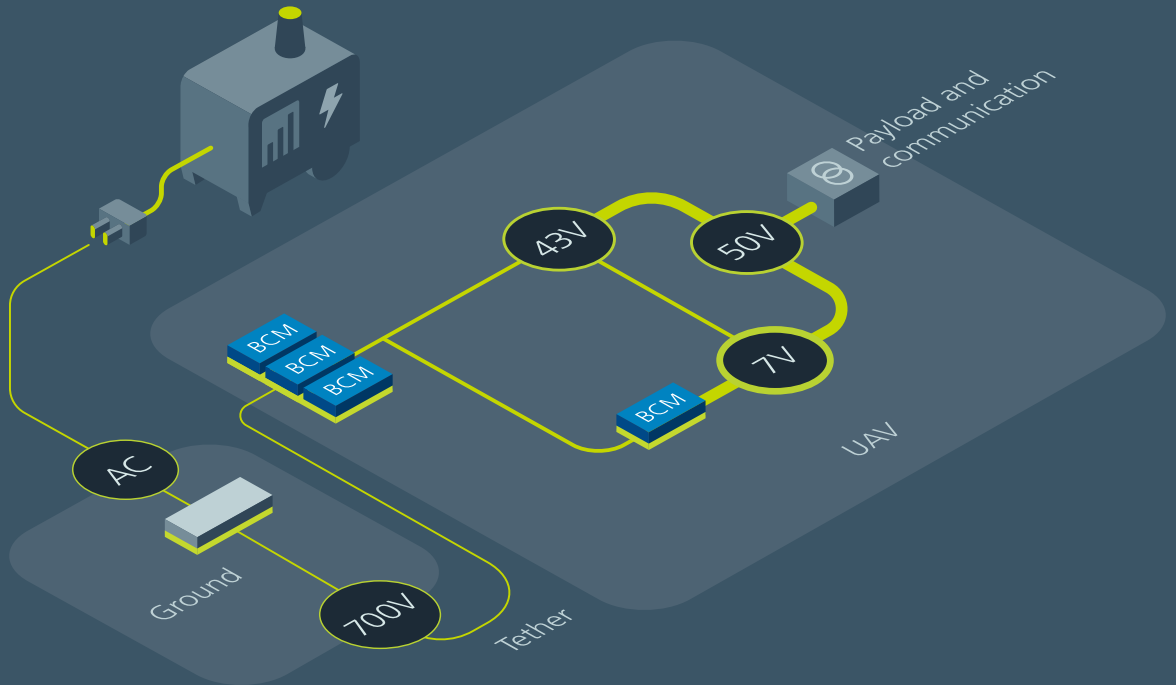
### Vicor 解决方案

Fukaden 的无人机需要 1kW 至 5kW 的功率。通过采用更高电压供电来降低电流, Fukaden 成功减小了系留电缆的尺寸, 减轻了重量。为支撑通信基站的额外重量, Fukaden 部署了 700V 高压系统、更细的系留缆, 并联使用三个 Vicor BCM® 固定比率转换器。这一方案提供了支撑有效载荷、续航时长和通信服务所需的额外电力。主要优势有:

- 高集成度和高效率的超小型封装
- 高达 776W/in<sup>3</sup> 的功率密度
- Vicor 电源模块提供集成式 EMI 滤波功能

## 更高的电压, 帮助减轻电缆重量, 减小线径

Fukaden 的通信基站需要 9kW 的功率。通过采用更高的电压 (DC 700V)、更细的线缆以及并联三个 Vicor BCM® 模块的方案, Fukaden 能够轻松扩展电源系统以提升性能。在该**供电网络**中, 无人机可实现 92 小时持续飞行, 并维持直径 10 公里的通信覆盖区域。



### BCM® 母线转换器

隔离固定比率

输入: 800 – 48V

输出: 2.4 – 55.0V

电流: 高达 150A

峰值效率: 98%

尺寸 22.0 x 16.5 x 6.7 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/bcm](http://vicorpower.cn/zh-cn/bcm)



# 轻量级小型转换器最大限度延长飞行时间



## 客户所面临的挑战

事实证明,使用锂离子技术扩展小型(小于 25 公斤)无人机的运行范围具有挑战性,因为这些电池的功率重量比性能通常将飞行时间限制在 30 分钟以内。通过小型化氢燃料电池技术,Doosan 开发出一种 2.6kW 的燃料电池解决方案,与常规电池解决方案相比重量更轻(通常为一半的重量),功率密度更高(通常为两倍)。主要目标包括:

- 使用氢燃料电池让飞行时间和航程增加四倍(飞行时间超过 2 小时)
- 显著降低电源重量并最大限度增加有效载荷的机载空间
- 提供出色的可靠性,将海上故障的可能性降至最低



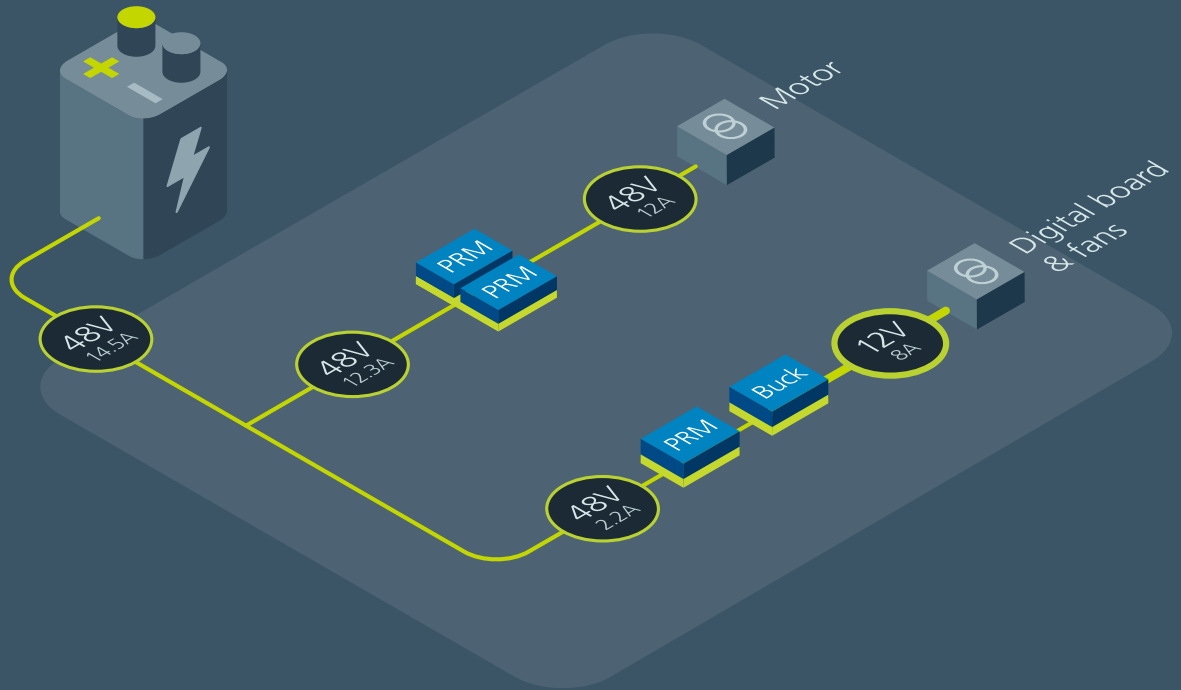
## Vicor 解决方案

要最大限度地提高无人机性能,转子电机和电子设备的配电网络应该为有效载荷节省重量,并保持低转换损耗。氢燃料电池通常有一个变化范围很宽的输出,具体输出取决于其充电状态和负载电流。在这种情况下,电池电压的变化范围为 40 到 74V,由两个 PRM 稳压器组成的阵列提供了电机所需的稳定 48V 580W 电源轨。主要优势有:

- 高功率密度组件重 13.6 克,可提供 400W 的功率
- ZVS 开关拓扑提供高达 97.4% 的效率
- 高度集成的电源组件可实现最高可靠性

## 小型轻量级电源组件延长飞行时间

**供电网络:** 氢燃料电池的 40 - 74V 输出变化范围很宽, 通过由两个 PRM™ 稳压器组成的阵列稳定为 48V 580W 转子电机电源。机载电子设备的 12V 100W 电源轨由一个半 Chip PRM 提供。这个 PRM 对燃料电池输出进行稳压, 其后连接一个 ZVS 降压稳压器, 将 48V PRM 输出转换为 12V。整个配电网路的效率为 97%, 重量仅为 35 克, 是同类砖型解决方案的 10%。如欲分析该供电链, 请使用 **Vicor 白板在线工具**。



### PRM™ 稳压器

非隔离稳压

输入: 48V (36 – 75V)

输出: 48V (5 – 55V)

功率: 高达 600W

峰值效率: 98%

小巧至 22.0 x 16.5 x 6.73 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/prm](http://vicorpower.cn/zh-cn/prm)



### ZVS 降压稳压器

非隔离稳压

输入: 12V (8 – 18V),  
24V (8 – 42V), 48V (30 – 60V)

输出: 2.2 – 16V

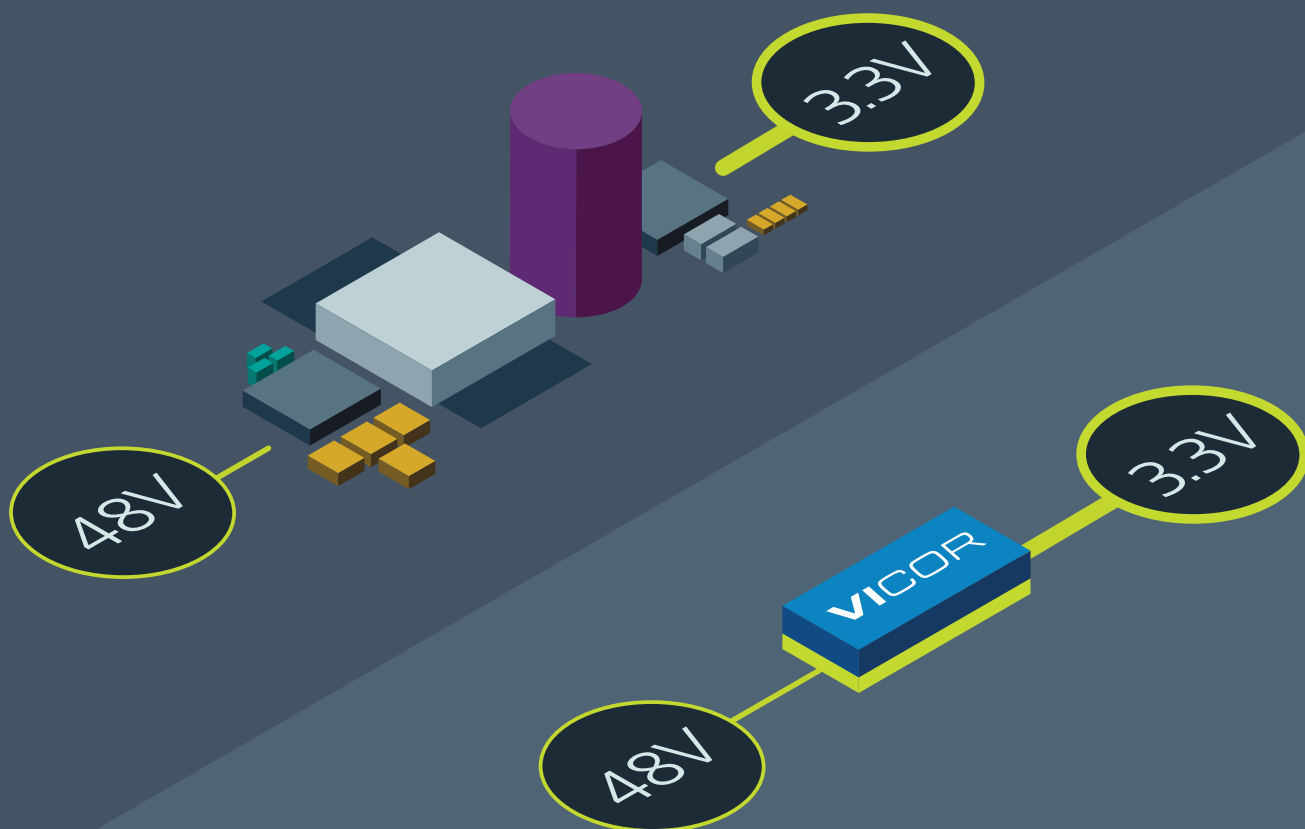
电流: 高达 22A

峰值效率: 98%

小巧至 10.0 x 10.0 x 2.56 毫米

[vicorpower.cn/zh-cn/buck](http://vicorpower.cn/zh-cn/buck)

# 技术文章



白皮书

# 优化高密度电源设计： 模块化与分立式孰优孰劣

**VICOR**

## 介绍

评估使用电源模块还是分立式电源解决方案的选项时, 不仅有许多重要的设计变量需要考虑, 同时还要顾及可能影响整个供电网络 (PDN) 设计流程的其它辅助功能。

首先, 您需要确定您是否有设计、评估、测试和制造分立式电源解决方案的必备内部电源设计专业技术。在大多数情况下, 公司没必要雇佣一个经验丰富的专业电源设计工程师团队, 因为成本太过高昂。与自主开发的分立式解决方案相比, 除了明显的经济影响外, 使用采购的电源模块还有许多性能及设计优势。

再者说, 并不是所有电源模块的构建都是一样的。Vicor 荣获专利的创新电源模块技术将先进拓扑、小型化和散热良好的封装进行了完美结合。与其他的电源模块或分立式设计相比, 这些设计技术的完美结合有助于为电源模块提高频率, 大幅降低了磁性并显著增加功率密度和效率。这种经过验证的技术一直是数据中心、汽车与机器人等增长市场的动力源泉。下面的矩阵图对 Vicor 电源模块和分立式电源解决方案之间的差异进行了高层次比较。

### Vicor 电源模块对比分立式对比矩阵

特点	Vicor 电源模块	分立式解决方案
所需的内部电源设计工程技术水平	极少	大
尺寸	小巧紧凑	更大的 BOM 和 PCB 面积
重量	轻便	在多数情况下, 更大的 BOM 与 PCB 使重量变得更重
功率密度	高	低
效率	高 (取决于应用)	高 (取决于应用)
灵活性	紧凑的尺寸在任何应用中都易于实施	占板面积大 难以用于现实应用
扩展性	模块化设计能够轻松增加或减少	固定的电路难以适应新的设计

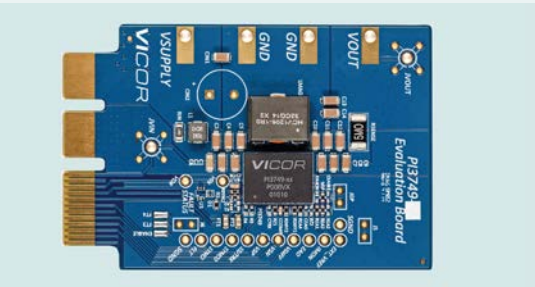
Vicor 电源模块对比分立式对比矩阵 (接上表)

特点	Vicor 电源模块	分立式解决方案
设计周期 / 上市时间	与分立式解决方案对比 减少 50% 工作时间	更长
资质认证	由供应商保证	需要内部进行
热管理	更均匀的平面封装和局部热源 简化了散热管理设计	不均匀和分散的设备 使热管理设计更加复杂和低效
轻松组装	简单、快速、损坏风险更低	更复杂、更慢、损坏风险更高
采购 / 供应链	简单、更低风险	供应链越复杂 中断的风险更大

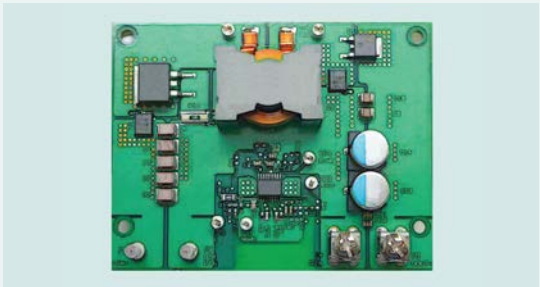
尺寸对于电源管理至关重要

分立式电源解决方案本身具有很低的设计及制造效率,因为它们需要占用较大的面积来容纳增加的材料清单 (BOM) 以及连接各个组件所需电路。在大多数设计中,分立式解决方案只用印刷电路板 (PCB) 的一面,也就是说 PCB 的尺寸会更大,如图 1 所示。

图 1:Vicor 电源模块设计比大多数分立式电源替代方案小巧。



Vicor PI3740  
PCB 尺寸: 2.0 x 2.375 英寸  
BOM 数量: 31  
主要器件: 10 x 14 毫米 DC-DC 稳压器  
12V 时的效率: 95%



2 个 FET 和两个 2 二极管  
PCB 尺寸: 4.3 x 3.55 英寸  
BOM 数量: 42  
主要器件 6.4 x 4.4 毫米 TSSOP20  
12V 时的效率: 87%

另一方面, 电源模块可通过使用集成型 PCB 的两面, 最大限度增加可用的设计空间, 这不仅可显著缩小占用面积, 而且还可增加功率密度, 如图 2 所示。

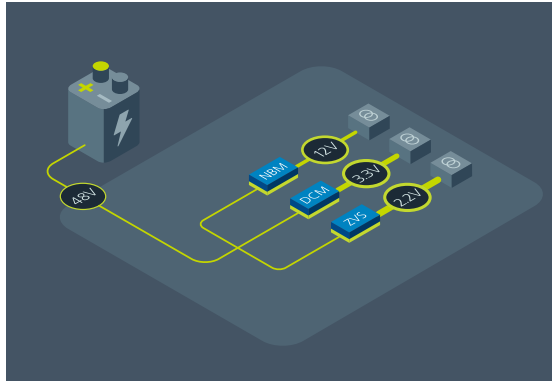


## 规格的适当性与唯一性

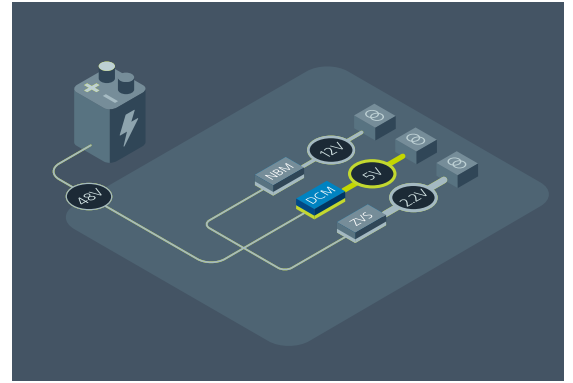
除了显而易见的物理优势外, 模块还可为设计人员提供各种性能改进。由于其紧凑的尺寸和专门的拓扑, 电源模块不仅具有更高的功率密度, 而且在大多数情况下效率更高, 这就意味着您可以设计一款能够在更小空间内提供更多电源的供电网络 (图 3)。当设计包络的体积有限, 需要 PDN 能够提供在太空或海底等极具挑战性的环境中支持任务关键型应用所需的电源时, 这非常实用。使用 Vicor 电源模块, 无需因空间限制而牺牲电源, 也无需增加空间和重量来容纳更大电源。使用现有的电源占位面积, 您仍然可以获得所需的电源 (甚至更多电源)。相比之下, 分立式解决方案需要大幅调整尺寸, 才能满足额外的电源要求。

## 灵活扩展, 高枕无忧

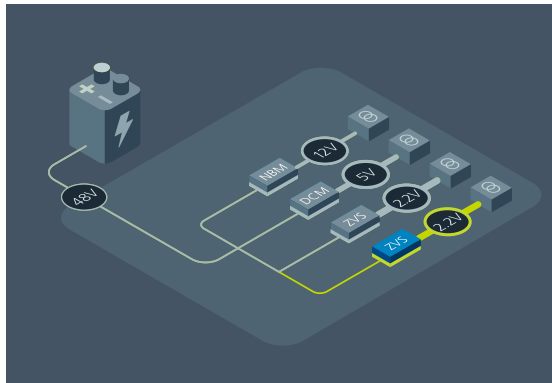
使用 Vicor 电源模块时, 您不必担心是否需要从头开始重新设计 PDN, 以便容纳更多 (或更少) 的电源。它无需进行成本高且时间长的电源重新设计, 而这些工作会使您的项目推迟数月之久。通过重复使用预审合格的模块进行扩展, 可以消除额外的测试和重新认证、以及采购新 BOM 的额外工作。电源模块可提供所需的灵活性和可扩展性, 以快速有效地进行设计修改, 最大限度减少设计参与, 从而为您节省时间和资金, 并实现更快的上市进程。



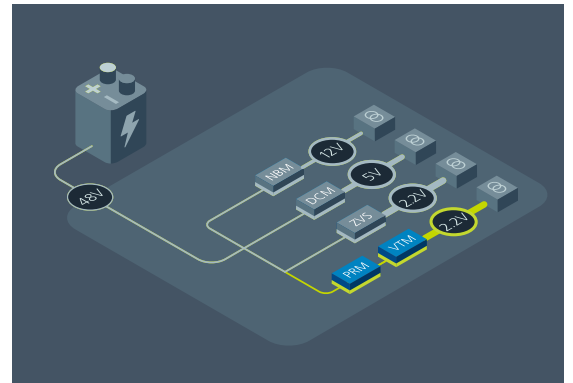
独立的模块在每个负载下执行所需的转换



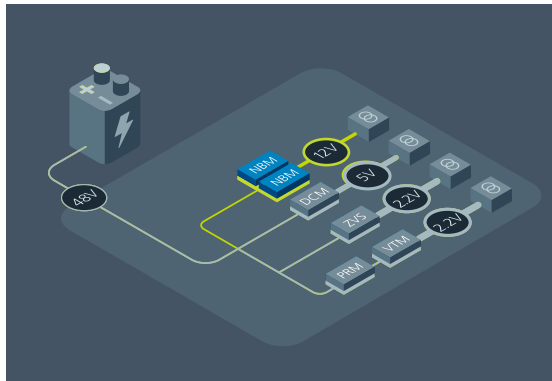
如果电源需求发生变化, 可使用合适的电源模块来代替



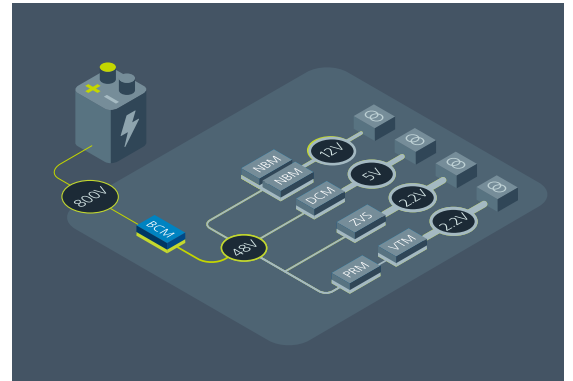
如果添加了额外的负载, 则会相应地添加一个模块



为了降低损耗, 一个模块用于稳压, 一个模块用于变压



要快速将负载功率增加一倍, 可添加第二个模块



使用高压电源时, 可添加一个模块来创建 SELV 母线

## 在压力下保持散热

热力学的基本原理表明,为了给加热的基板传热(散热),最有效且最高效的方法是保持流体(空气或液体)在该表面上均匀一致的流动(层流)。为此,您需要有一个散热器平面,以最大限度地减少或消除该表面上的任何突然变化,这些变化可能会将流动从层流变为湍流,从而降低热传递效率。

该理论可以直接用于比较 Vicor 模块和分立式解决方案。如前所述,相较于分立式解决方案而言,电源模块非常紧凑,而且具有更高的功率密度,这意味着它们可能具有更高的局部热特征。乍一看,您可能认为分立式器件在这方面更胜一筹,但事实并非如此。如图 4 所示,电源模块的物理轮廓有利于层流,从而能够快速有效地散热。然而,在分立式解决方案中,热损耗并非只在一处单独出现。相反,它们被分散在整个设计中,使其变得更难散热。除了这一挑战外,分立式解决方案的外形是混乱的:分立式解决方案的外形看起来像具有许多峰谷的城市景观,因此不支持层流。分立式解决方案固有的不同拓扑会加剧湍流气流,这可能导致局部过度加热。

如欲了解有关 Vicor 的创新高性能电源模块封装的更多信息,请阅读 Vicor 高级副总裁 Phil Davies 的白皮书。

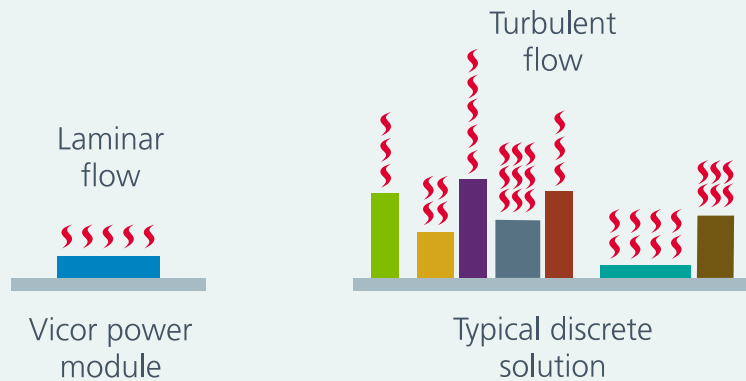


图 4: Vicor 封装外形有助于实现均匀且可预测的散热,而分立式解决方案会导致不均匀且不可预测的散热。

## 电源设计，少即是多

大家应该都看到过这样的视频，贴装机超级忙碌地将各种部件高速放置到印刷电路板上。然而，我们并不熟悉其中涉及的许多复杂系统，它们才是让这种先进制造技术成为可能的“幕后英雄”。所有这些经过微调的系统在峰值效率下的运行裕度都很小。子系统中最轻微的故障可能具有灾难性的后果，并且在高速运行时，操作员不会注意到这些故障，等发现后却为时已晚。根据最终设计的复杂性，PCB 上会有数百甚至数千个电气焊接连接，如图 5 所示。基本的统计分析理论表明，每增加一个连接，故障几率也会随之增加。

请记住，哪种电源设计不太可能因制造错误而发生故障呢？答案便是电源模块设计。与分立式设计相比，电源模块设计需要进行的连接要少得多，因此在装配过程中更不容易出现质量缺陷。随着更少的放置，它对于多个装配阶段的需求也相应减少了。这可以减少操作员处理电路板的次数，从而降低装配过程中出现静电放电 (ESD) 损坏的可能性。所有这些都会转化为更高的可靠性。

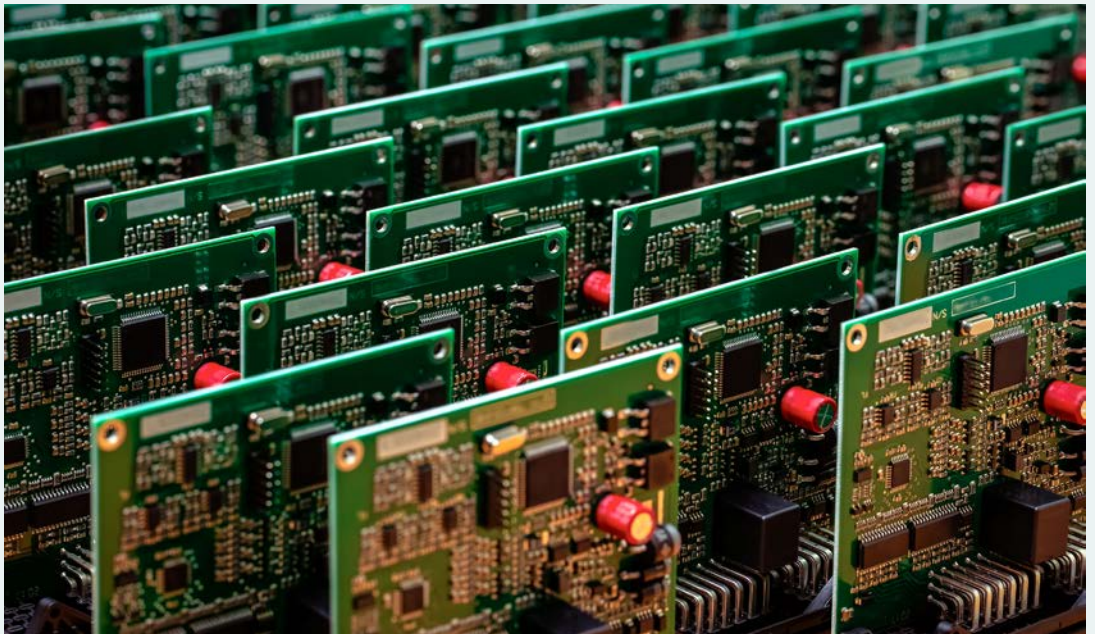
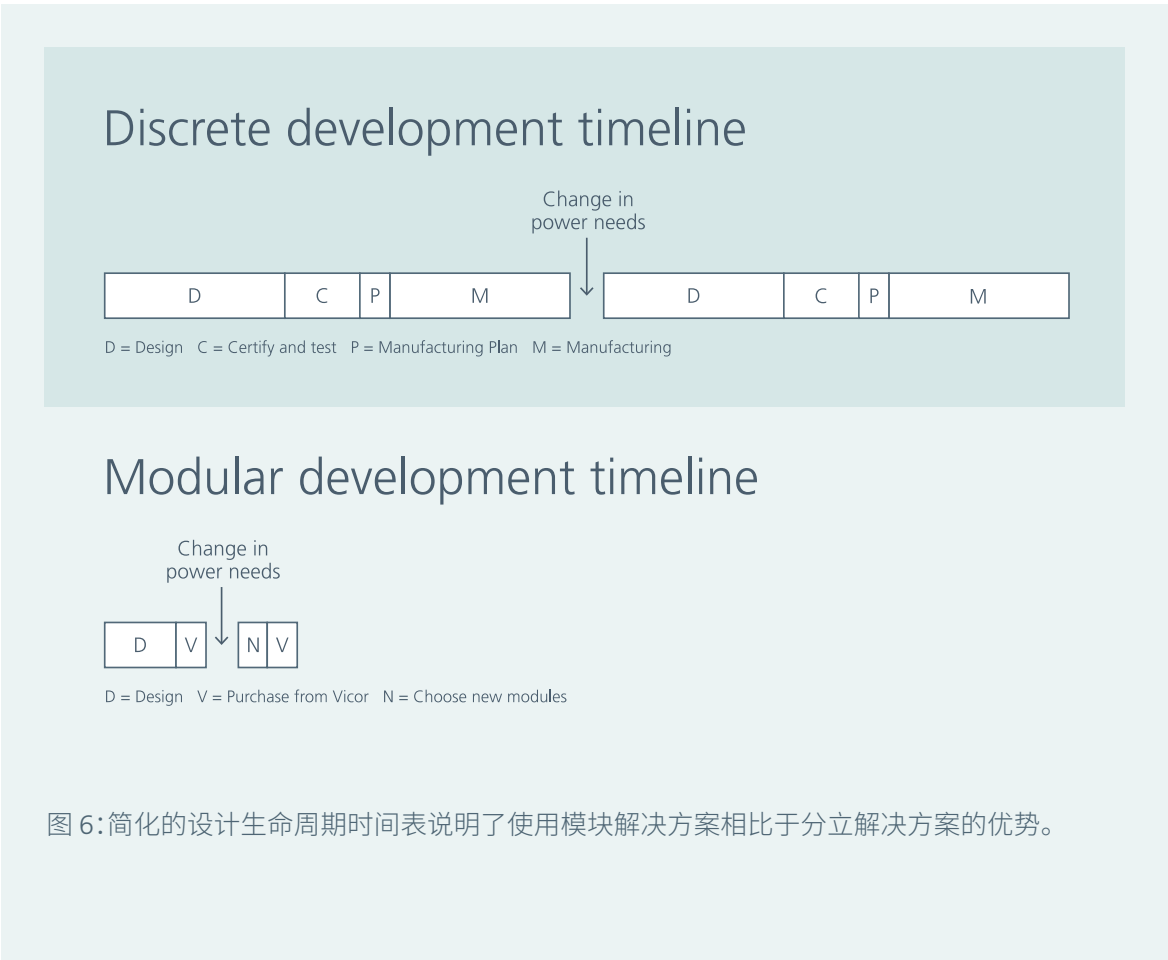


图 5: 在分立式设计中，具有多个连接的数百个组件构成了数千个单独的连接，因此出现更高装配缺陷的几率会呈指数级增加。

## 走出产品生命周期困境

在电源模块和分立式设计之间进行选择时，您需要退后一步，综合考虑设计与整个生命周期，以便了解模块化方法的所有优势。如图 6 所示，如果您选择使用分立式组件来设计自己的供电网络，您公司内部电源设计团队将肩负起对每个电源系统进行设计、测试和验证的所有重任。

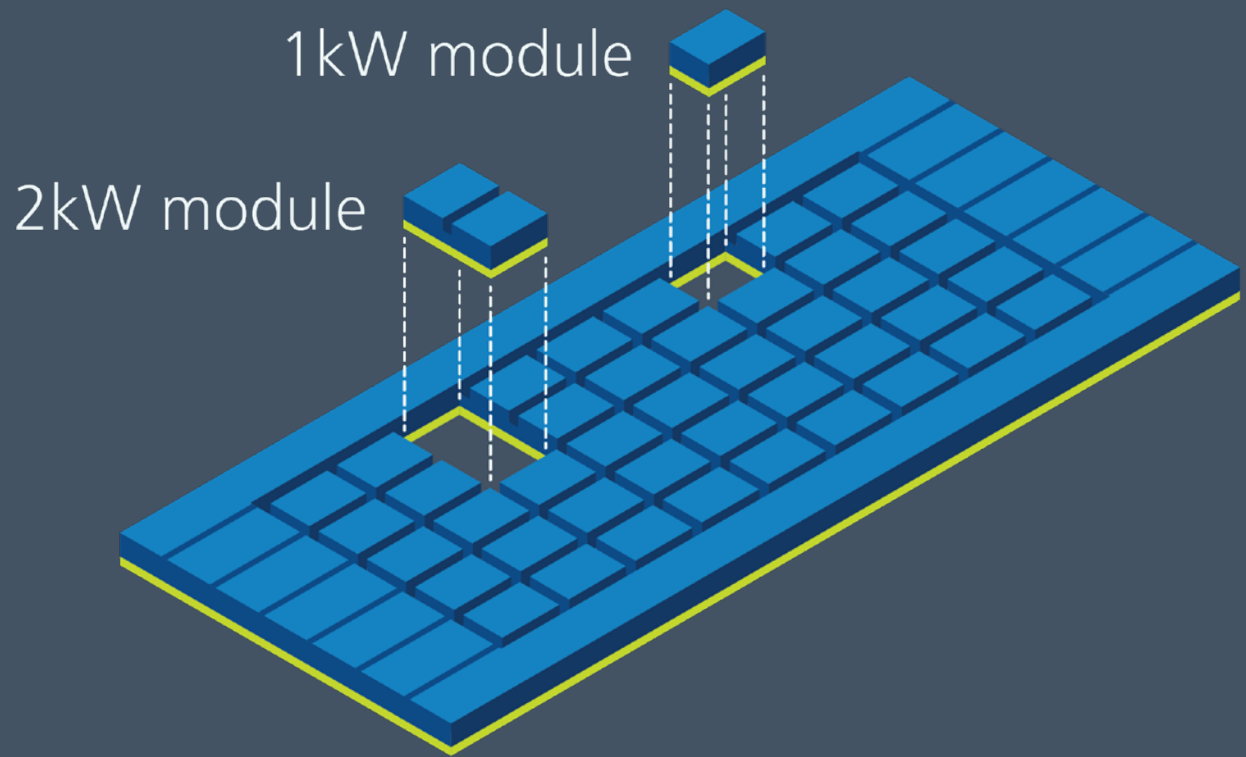
在设计团队完成设计验证后，您需要再次对其进行测试，以便获得第三方机构的认证，从而确保其符合



所有要求的认证 (UL、CE、UR 等)。获得认证后，您需要与公司的制造团队或签约制造商合作，一同制定制造计划。一旦确定完成了制造过程，包括最终测试，那么您将需要与采购部门合作，开始为 BOM 上的所有独立组件进行漫长的采购谈判和合同签订。其中许多组件可能还需要第二个供应来源，这使采购工作变得更加困难。所有这些变化以及对供应链中多个供应商的依赖很可能会造成各种错误或意外中断，从而导致更大的风险。此外，如果设计需要扩展，每个人都得回到绘图阶段。

另一方面,如果您选择基于电源模块进行设计,您可以从 Vicor 采购经过预审合格的电源模块,并使用少量分立式组件来完成设计。这将使供应链物流变得更简单,而且公司的压力也会更小。您还可以放心,您收到的每个模块都经过了全面的测试,并获得了供应商相应的 QC 批准。最重要的是,随着电源需求的增加(始终如此!),您将能够重复使用更多相同的模块,以获得更多电源,从而消除重新设计过程中最令人痛苦的部分。

如欲了解有关 Vicor 电源模块产品如何帮助您设计最佳 PDN 解决方案的更多信息,请访问 [www.vicorpower.cn/innovation](http://www.vicorpower.cn/innovation)。同时,您还可以随时探索[技术资源](#)和[在线设计工具](#)。



白皮书作者：公司副总裁 Phil Davies

# 高性能电源模块封装的特性

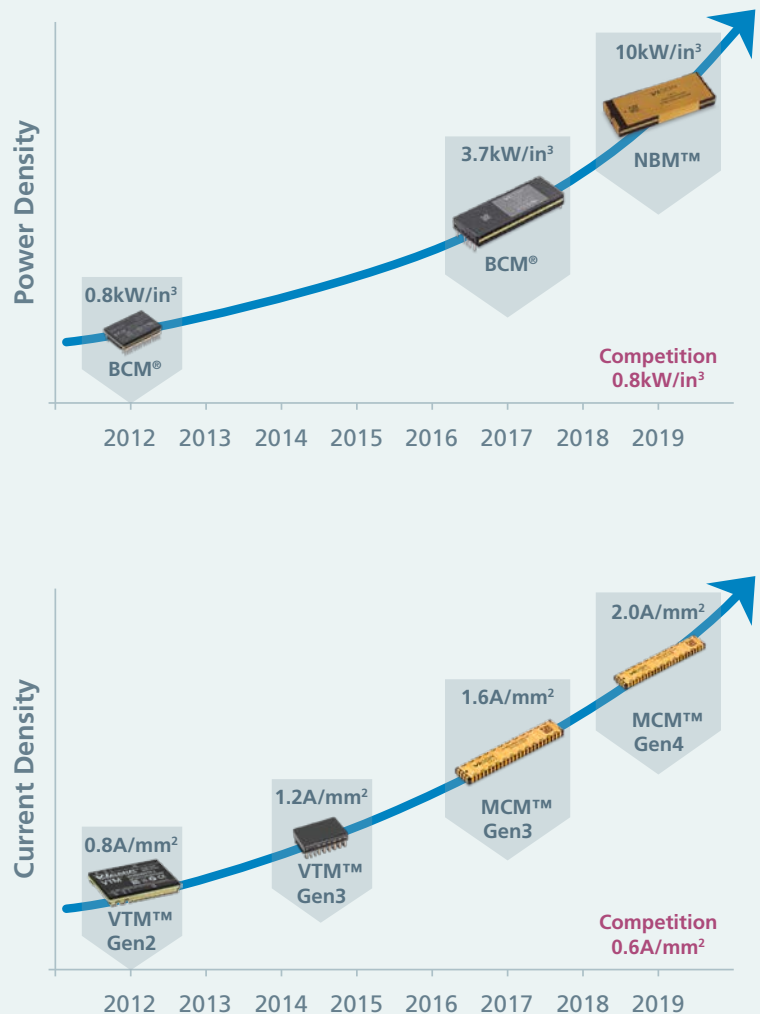
**VICOR**

从第一款砖型解决方案到今天的转换器级封装 (ChiP™), Vicor 一直在不断创新, 为电源系统工程师提供更高性能的解决方案。这些创新是坚定不移地发展以下四项基本技术所获得的成果: 供电架构、控制系统、拓扑与封装。

自公司创立以来, 第四项技术 (电源模块封装) 一直是 Vicor 独具特色的差异化技术。实现高性能电源模块封装涉及多个特性, Vicor 在每个特性发展方面都始终处于行业领先地位:

- 高功率密度和高电流密度
- 高散热性能
- 集成型磁性组件
- 兼容大批量 PCB 装配技术
- 自动化、可扩展的大批量制造

图 1: 四大创新技术的不断发展, 每隔两年半, 功耗就会降低 25%, 因此显著提高了功率密度和电流密度。



## 大电流与高功率密度

Vicor 电源模块封装发展的每一步都采用了新材料、有源及无源组件,而且最值得一提的是,基于更高开关频率对磁性结构进行了改进。更高频率主要通过改进 Vicor 专有控制 ASIC 中整合的拓扑和控制系统来实现的。近期推出的这些 ASIC 的第 4 代 (Gen4) 产品已分别实现  $10\text{kW/in}^3$  和  $2\text{A/mm}^2$  的功率密度和电流密度,带来了全新系列的 AC、DC 高功率前端转换器和负载点 (PoL) 电流倍增器。这些最新一代模块化电源解决方案正在改变大量产业架构和设计供电网络 (PDN) 的方式。

### 散热良好的封装

在电源模块内的多层电路板上放置组件的设计复杂。需要特殊材料实现最佳热传导,以便在紧凑封装的空间内控制大电流和高电压的流动,同时最大限度地降低功耗。在装配平面磁性组件时电路板的作用也至关重要,因为这可能是主要的功耗源。

多年来,电源模块开发领域经历了重大的创新。2015 年, Vicor 推出了最新 ChiP™ 封装,支持组件双面放置,提高了功率密度。ChiP 实现了双面散热,可最大限度提高性能和功率额定值。两年后,镀铜 ChiP 的推出,进一步提升了 ChiP 封装技术,采用缠绕式铜套显著简化了热管理。

Vicor 高电压、高功率固定比率转换器充分利用散热良好的 ChiP 封装,通过基座贴装和通孔电路板贴两种封装选项,为 800V 至 400V 的双向转换提供高达 50kW 的阵列,同时效率高达 98.8%。

“Vicor 固定比率转换器充分利用散热良好的 ChiP 封装,通过基座贴装和通孔电路板贴装两种封装选项,为 800V 至 400V 的双向转换提供高达 50kW 的阵列,同时效率高达 98.8%”

## 集成型磁性组件

材料科学在提高电源封装性能方面发挥着巨大作用，特别是在开关频率为多兆赫的时候。在电源模块的几个磁性组件中，一部分与主电源开关的栅极驱动器电路有关，属于超小型低功耗装配件。栅极驱动器变压器在最大限度降低栅极驱动器损耗过程中发挥着重要作用，多年来在不断地研究中得到了优化。

转换器或稳压器的主蓄能铁芯在模块的整体性能中发挥着重要作用，而且这也是功耗的主要源头之一。不断优化铁芯、铁芯绕组和 PCB 材料成分，提高开关频率和功率级并降低输出电阻，不仅可降低功耗，而且还可提高效率。通过把蓄能电感器或变压器集成到电源模块内并最大限度提高其性能，不仅将电源系统设计人员从难度大、耗时的电源转换器磁性组件的优化中解放出来，而且还能缩小电源系统的整体空间占用。Vicor 一个能获得所有这些重要设计要素的电源模块系列是 电流倍增器，现主要为高性能计算应用中的一些最高级 GPU 和 AI 处理器供电。Vicor VTM™、MCM™ 和 GCM™ 不仅能提供超过 1,000 安培的电流，同时还能直接把 48V 转换成 1V 以下的电压。这些器件中集成的平面磁性组件经过 20 多年的优化，电流倍增器现在能达到  $2A/mm^2$  的电流密度，其在不久的将来还将得到进一步提升。

## 与大批量 PCB 装配技术兼容

世界各地的大批量承包制造商 (CM) 都使用表面贴装回流焊。Vicor 最新 SM-ChiP 是一款电镀覆盖压模封装，旨在满足印刷电路板表贴封装附件需求，与 CM 制造技术和设备兼容。通过焊接 (连接) 端到分布于模块四周的城堡型电镀引脚及接续的封装主体电镀表层，来实现电气和散热连接。SM-ChiP 封装兼容铅锡和无铅焊料合金，以及水溶性和免洗助焊剂。此外，他们能被拾取贴装到 PCB 上。此外，Vicor 还提供详细的 SM ChiP™ 回流焊建议，以确保成功实施。

“Vicor 最新 SM-ChiP™ 是一款电镀覆盖压模封装，旨在满足印刷电路板表面贴装附件需求，与 CM 制造技术及设备兼容。”

## 电源模块的大批量自动化生产

Vicor 最初的 VI Chip 封装也是一种覆盖压模封装,但制造使用的是单个空腔构造。相比之下,最新 ChiP™ 从标准尺寸面板切割而成,能充分利用模块内 PCB 的双面安装有源及无源组件。

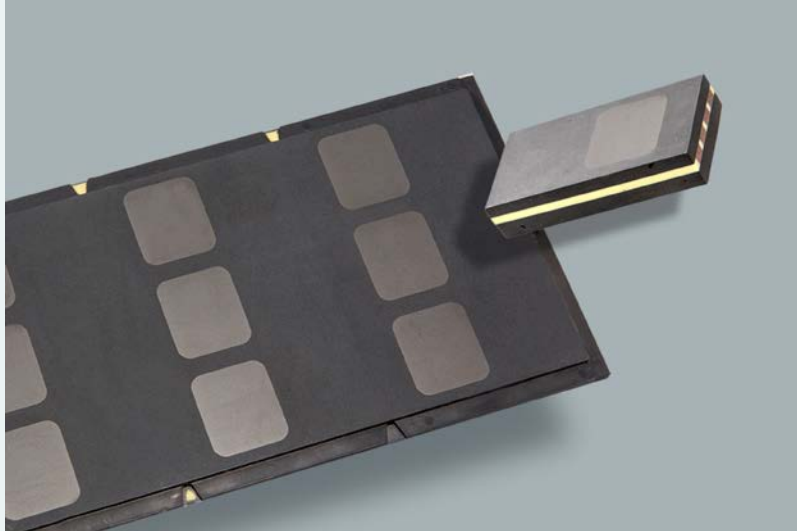
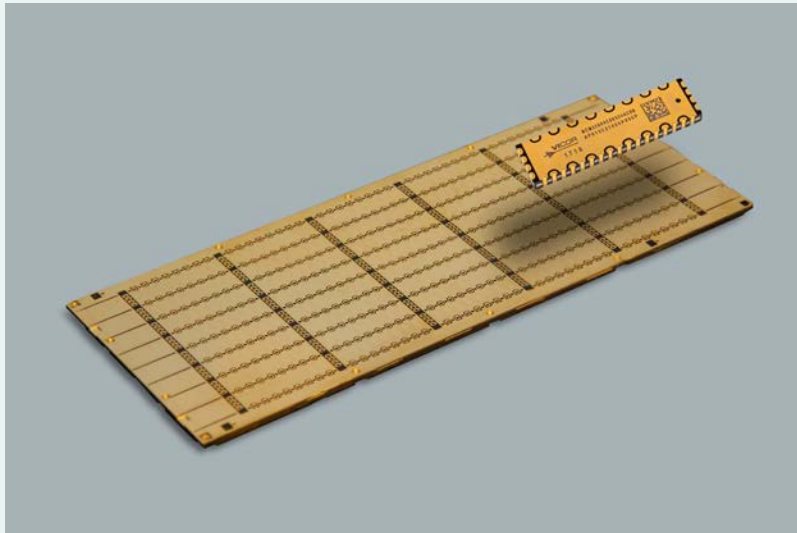


图 2:最新面板制造工艺是电源行业的又一项创新。ChiP 均从相同尺寸的面板切割而来,支持自动化大批量制造流程。



这种封装的热管理需要双侧散热,才能最大限度提高性能和功率密度。从面板制造切割 ChiP 与从晶圆制造切割硅芯片的方法类似,无论模块功率、电流或电压水平怎样,ChiP 都是从相同尺寸的面板切割而来,实现了精简的、大批量和高度扩展的生产操作。

## 结论

Vicor 始终处于提供高性能模块化供电网络 (PDN) 的最前沿, 不断推动包括供电架构、控制系统、拓扑和封装在内的四项技术的发展。对于客户在高性能计算、电动汽车、卫星通信和工业应用领域的高级系统开发, 这四大技术都是实现其所需性能的关键。然而, 电源模块封装汇集了所有创新元素, 是材料科学和大量独创技术令关键的密度和效率性能指标得以实现。



文章

# 基于模块的紧凑型高压供电网络助力克服系留无人机供电系统的挑战

**VICOR**

机器人和无人驾驶汽车车队正在重塑自动化与生产的未来。生产力持续提高的驱动力是续航里程及正常运行时间的延长,这些都与车队的维护息息相关,特别是充电过程。如今,充电产品的高成本和低效率一个最主要原因就是需要人为干预;因此,无人机和自主机器人开发人员正在寻找进一步提高功率密度和效率的方法,以减轻负载并延长电池使用寿命。



更小的外形、更轻的重量带来高效供电。

实现这些改进,不仅需要重新考虑供电网络 (PDN),而且还需要使用高密度电源模块取代传统一体化电源。

系留无人机是无人机市场的一个增长点,因为监测和通信等应用都需要更长的正常运行时间和更大的载荷能力。Ispagro 通过改造 DJI 和 Parrot 等制造商市场领先的现有小型无人机,以创新的方式满足这一市场需求。改造现有的无人机, Ispagro 能够以极具成本优势的方式,充分满足不断发展的市场需求。

然而,这些电池供电的小型无人机的有效载荷和正常运行时间都有限。因此,增加线缆不仅可延长正常运行时间,而且还可在电源故障、系统损坏的情况下,通过机载电池提供安全着陆的故障安全保障。但系统的确会给无人机设计人员平添更多的挑战,他们必须在 400 克的有效载荷限制内容纳 50 米的系统线和天线装置。

## 大尺寸系统线限制航程与性能

最大的挑战是减轻系统的重量。较重的系统需要更多的电源来维持飞行时间。较大的重量也会限制无人机的飞行高度和航程。高功率 DC-DC 转换通常需要庞大的电源,因为它们通过系统线发送较低的电压电源,但是电流会很大。

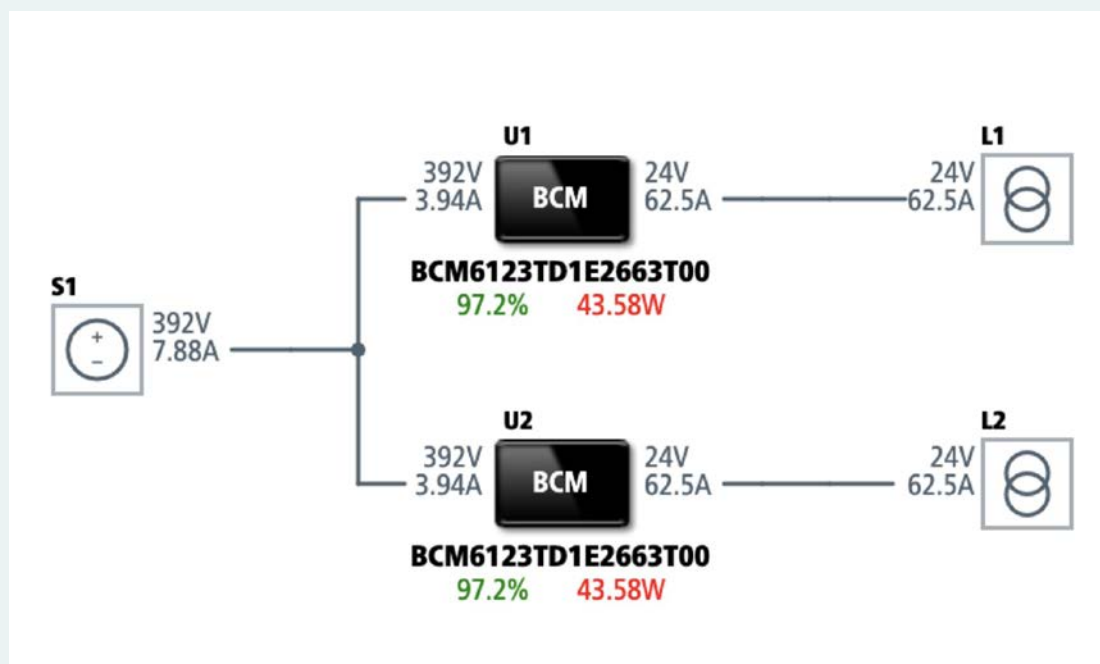
## 系留无人机的电源设计

减轻系统重量的一个好办法是为系统线发送高电压电源并将其在负载端降压转换至低电压。通过更轻、更高效的更细系统线传输电源,高压比低压更高效。为了最大限度降低空中无人机的重量,使用小型固定比率母线转换器模块高效将高压 (400-800V) 转换为负载电压 (20V-50V)。Vicor BCM 可达到 98% 的峰值效率和 95% 的持续效率。

## Vicor BCM 供电方案将线缆重量锐减 30 — 40%

高密度的轻量级电源模块是该应用的理想选择，支持更小的输入电流和更细更轻的系线。从系线电缆节省的重量可用来最大限度提高有效载荷，以增强无人机的功能和性能。此外，大容量无人机的更新版本还需要在无人机内部进行功率转换，必须采用轻量级的高性能电源模块，才能适应该系统。

Vicor 高密度高效率电源模块可轻松应对 Ispagro 面临的挑战。[BCM 系列固定比率转换器](#)为机载电源



BCM 模块是隔离变压器，可与不同电源的输入并联。BCM 模块安装位置相近，冷却效果相同，也会使功率耗散相等。

转换提供高效率和高功率密度。BCM 可用于大量输入输出电压的组合，以适应广泛的有效载荷应用，而且它们还可轻松并联，[简化 UAV 平台的开发](#)。

高效、轻量级 Vicor BCM 的完美结合，可将系线重量锐减 30% 到 40%。BCM 模块可以与不同电源的输入并联，因为它们是隔离的变压器。此外，安装间距非常小、能均匀散热的 BCM 模块还将均衡功耗。这可进一步减少所需的空間，简化热管理，并提高无人机的有效载荷。

## Vicor 的模块化解决方案提供高效率、高功率和可扩展性

Vicor PDN 解决方案具有业界领先的高功率密度, 因此不仅结构紧凑, 而且重量还很轻。Ispagro 能够使用

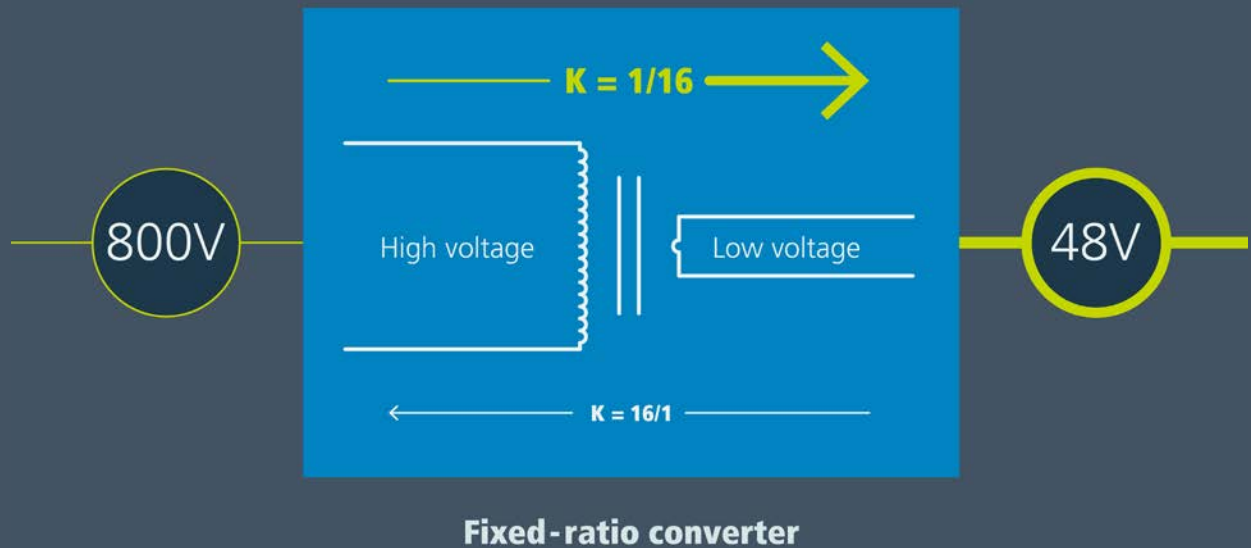


BCM® 母线转换器模块

固定比率 BCM, 通过一个简单的双模块解决方案满足其更高的功率需求。该解决方案能够以很长的平均故障间隔时间实现高达 98% 的峰值效率以及高达 95% 的持续效率。随着 Ispagro 电源需求的增加, 这些 BCM 既可替换为其它 BCM, 也可根据需要进行并联, 几乎不需要额外的开发工作。

母线转换器是高密度、高效率、固定比率 (非稳压) 隔离式 DC-DC 转换器模块。BCM 采用 ChiP 或 Vicor 集成型适配器 (VIA) 封装提供, 不仅可简化散热, 而且还可提供集成型 PMBus 控制、EMI 滤波和瞬态保护功能。该系列可通过各种 K 因子

从 800V 扩展到 48V 输入, 以适应广泛的应用和市场。高电压 BCM ChiP 基于我们的专有正弦振幅转换器拓扑, 不仅能够达到 98% 的峰值效率, 而且还可实现高达  $2,400\text{W/in}^3$  的高功率密度。



白皮书作者: Phil Davies 与 Tom Curatolo

# 利用固定比率转换器重新定义供电架构

**VICOR**

## 介绍

向系统内各个负载点供电,主要通过供电网络(通常称为 PDN)完成。PDN 由电缆、母线排、连接器、电路板铜箔电源层、电源转换器和稳压器组成。系统 PDN 的性能通过功耗、尺寸、重量和成本衡量。控制 PDN 性能的是其整体架构,例如使用 AC 或 DC 电压配电、特定电压电平以及网络需要进行电压转换和稳压的时间和次数。本白皮书主要讨论一种特定的 DC-DC 转换器,即固定比率转换器,以及为什么电源系统设计人员应将其视为供电架构的重要组成部分,特别是大功率系统。

## 供电

电源系统工程师花大量时间来构建和优化供电网络,以提供高系统性能和高可靠性。如果系统负载功耗较高,采用高压设计大容量供电,可减少电流 ( $P = I \cdot V$ ),从而可为 PDN 缩小尺寸,减轻重量并降低成本(电缆、母线排、连接器、主板铜箔电源层) ( $P_{LOSS} = I^2 R$ )。在降低电压,提升电流之前,对系统进行架构,以最大限度延长高压运行时间,也是一项很大的优势。然而,要让高压大功率 PDN 接近负载,需要一款高效率的高功率密度 DC-DC 转换器。如果安全性是交通运输应用(汽车)所关注的问题,使用高效率及高功率密度的模块将 PDN 电压从高压转换至安全超低电压 (SELV) 水平,对整个系统性能而言都非常重要。

DC-DC 转换器的设计带不带稳压隔离功能都可以。效率最高的转换器之一是固定比率转换器。这种类型的转换器没有稳压。这些转换器效率高,因此具有高功率密度以及更低功耗的性能使模块更轻松热管理。由于固定比率转换器是非稳压结构,它们对下游稳压器的要求可能更高,但最近对 DC-DC 稳压器进行改进后,具有更宽的输入电压范围,因此现在可以使用固定比率转换器。随着更大功率容量的 DC 电压电平越来越普及,使用固定比率转换器或母线转换器,可以提供优越的性能及系统成本优势。

## 什么是固定比率转换器？

产品	输入电压	K 因子	输出电流	输出功率
LV BCM (48V)	48V (36 – 60V)	1/4, 1/6	130 – 150A	1500 – 1950W
HV BCM (380, 270V)	270V (200 – 400V) 384V (260 – 410V)	1/8, 1/16, 1/32	16.9 – 125A	800 – 1750W
MIL-COTS HV BCM (270V)	270V (200 – 400V)	1/8	30A	1000W
UHV BCM (800, 600, 540V)	544V (400 – 700V) 650V (500 – 800V)	1/16	35 – 40A	1600W
NBM	48V (36 – 60V) 48V (38 – 60V)	1/3, 1/4, 1/5	60 – 170A	800 – 2400W

固定比率转换器是输出电压为输入电压固定分数的 DC-DC 转换器。该转换器不提供稳压，输入至输出电压范围由器件的“匝数比”定义。该匝数比称为 K 因数，表示为相对于电源降压能力的分数。在负载点转换器中，K 因数范围为  $K=1$  至  $K=1/72$ 。

典型输入为低压 (LV)、高压 (HV) 和超高压 (UHV)。然后根据 PDN 电压和 POL 设计选择 K 因数。

固定比率转换器可以是隔离的，也可以是非隔离的，与 Vicor 转换器一样，能够进行双向功率转换及电压转换。例如，具有双向功能的 K 1/12 固定比率转换器可以作为 K 为 12/1 的升压转换器。

固定比率转换器提供的额外设计灵活性包括易于并联，以满足更高的电源要求；串联转换器输出，以提供更高的输出电压；以及将 K 因数有效修改为  $N \cdot K$  ( $N$ = 母线转换器数量) 等。

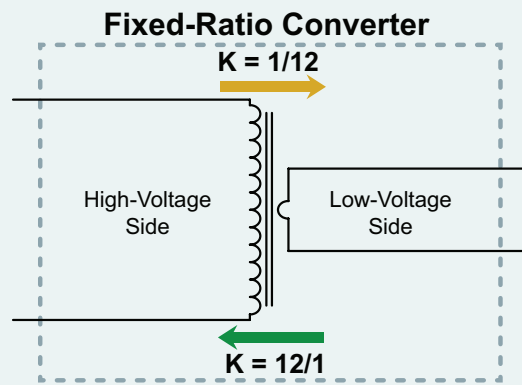


图 1:双向固定比率转换器的升降压 K 因数。

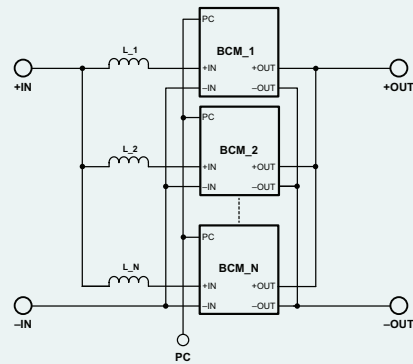


图 2:并行阵列式 BCM 转换器。

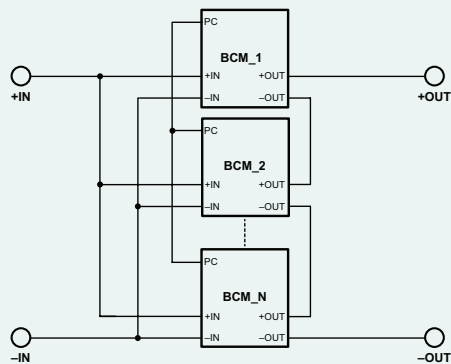


图 3:输出串联的 BCM 可提高输出电压。

## 什么是正弦振幅转换器 (SAC™)?

在“硬开关”转换器中, 输出电源与转换器占空比成正比, 该占空比可以改变, 以提供或多或少的二次电源。这类电路称为脉宽调制 (PWM) 转换器。由于开关器件功耗很高, 开关频率实际被限制为几百千赫。尽管 PWM 转换器有其自己的不足, 但在输入输出电压很大的应用中, 比线性稳压器好; PWM 转换器已开始向 DC-DC 转换器的广泛应用方向发展。

SAC 是一款基于变压器的串联谐振拓扑。与稳压准谐振 ZCS/ZVS 转换器不同, 正弦振幅转换器工作在固定频率下, 该频率与一次侧槽路的谐振频率相等。一次侧的开关 FET 锁定在该电路的自然谐振频率下, 在零交叉点位置开关, 消除了开关功耗 (提高了效率), 并显著减少了高阶噪声谐波的产生 (需要更少的输出电压滤波电路)。一次侧谐振电路的电流为纯正弦波, 而不是前几代转换器中的方波或部分正弦波。这不仅有助于降低谐波分量, 而且还可提供更干净的输出噪声频谱。

在正弦振幅转换器中, 一次侧的漏感最小, 因为它不是关键的储能元件。

因此, SAC 可以在更高的频率下工作, 不仅可以使使用更小的变压器, 而且还可提高功率密度和效率。Vicor BCM 工作在几 MHz 的频率下; 无论负载如何, 该频率都不变。对于二次侧上增加的负载, 正弦振幅转换器的响应方式是增加一次侧谐振槽上的正弦电流幅度。这反过来又能增加耦合在二次侧中的能量, 抵消增加的负载。当负载电流降低时, 在“空载”条件下, 正弦幅度降低至接近零。

Vicor 母线转换器的输出阻抗极低, 反映了变压器一次侧谐振电路的低输出阻抗, 理想情况下, 其在谐振频率下为零阻抗。该阻抗基本上是平坦的, 约为谐振频率的三分之二, 约为常规 IBC 输出阻抗的一半。

一次侧电流的正弦属性带来了其在 SAC 电气噪声特性方面的优势。在开关频率以及两倍的开关频率下, 输出噪声频谱非常窄, 具有各种组件 (由于输出的全波整流)。输出滤波很容易通过小型高频率陶瓷电容实现。

## 选择固定比率转换器

Vicor 固定比率转换器模块提供大量电压范围、K 因数、隔离或非隔离双向工作选择。有四个主要系列可以满足不同的大容量电源及 PDN 转换需求:

1. BCM® 隔离式母线转换器
2. NBM™ 非隔离式母线转换器
3. VTM™ 隔离式及非隔离式电流倍增器, 可作为 POL 转换器与上游稳压器 (PRM™) 配合使用
4. MCM™ 模块化电流倍增器, 在 PoL 用于低电压 (不足 1V) 下的极大电流 (超过 350 安培)。MCM 与上游 MCD (MCM 驱动器) 联用

Vicor 正弦振幅转换器 (SAC™) 拓扑用于所有 Vicor 转换器模块, 使其能够在几乎所有相关指标上超过同类竞争固定比率转换器, 这些指标包括转换效率、功率密度、封装外形、瞬态响应以及带宽等。

## 解决最棘手的汽车以及数据中心问题

由于许多终端市场及应用的电源需求急剧上升, 供电网络正在经历重大变革。由于新特性的增加以及性能水平的不断提升, 更高的 PDN 电压可用作降低 PDN 本身的物理尺寸、重量和成本的方法。

正在经历 PDN 架构快速变革的两个市场是汽车和数据中心。汽车电气化 (以达到最新 CO<sub>2</sub> 排放标准) 以及向纯电动汽车的过渡, 为车辆增加了 800V、400V 及 48V 转换以及稳压需求。

数据中心市场正在增加 380V 和 48V PDN, 以支持增加人工智能 (AI) 和高性能百万兆级运算。处理器稳态和峰值电流需求几乎呈指数级增长。这一显著的增长在负载点造成了 PDN 进退两难的境地, 需要对架构、拓扑和封装进行彻底的重新思考, 才能解决这个问题。

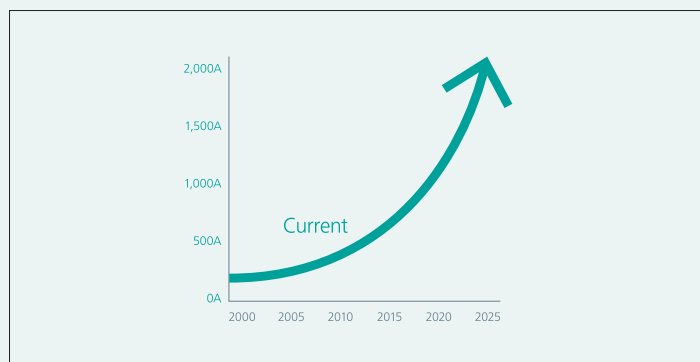
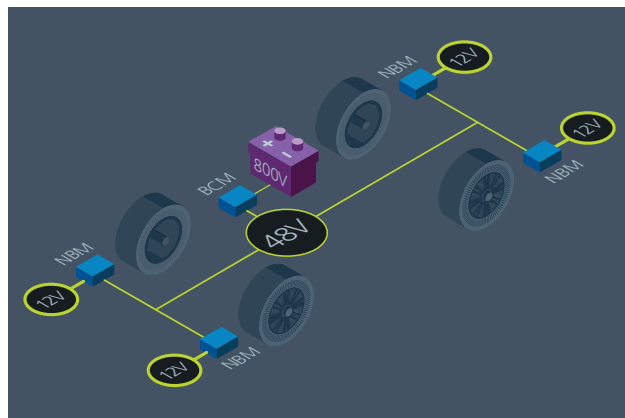


图 4: 在人工智能、云计算和电动汽车等最新更高性能应用的推动下, 电源需求正在快速增长。

## 隔离式转换器是 UAV、EV 以及百万兆级运算的理想选择

系留无人机和百万兆级运算机架分别使用 800V 和 380V 的高压, 以便为其高功率容量电缆缩小尺寸、减轻重量并降低成本。在系留无人机的使用案例中, 无人机电源电缆长度可超过 1000 米, 无人机必须将其提起, 才能达到飞行高度。

百万兆级运算机架功耗正在接近 100kW，这就排除了使用传统 12V 配电的可能性。利用高功率密度重新定义 PDN 架构，可以在靠近每个服务器刀片放置 Vicor K 1/8 BCM，能够为 PDN 显著缩小尺寸、减轻重量并降低成本的机架中实现 380VDC 配电。380VDC 源于前端三相 AC-DC 转换器输出。

此外，这些器件的双向功能也正在开辟新的应用，例如向配备最新大功率 5G 系统的无线电波发射塔供电。在这些应用中，由接地电源及其备用电池系统提供的 48V SELV 可通过反向使用的 K1/8 固定比率 BCM™ 升压转换至 384V 的电压，以提供 8/1 的升压转换。这可为向塔顶 5G 无线电系统供电的电源电缆显著缩小尺寸、降低成本。

在电动汽车等交通运输应用中，因安全性问题，不使用高压配电。然而，高密度的轻量级 BCM 可为 800V 至 48V 或 400V 至 48V 转换提供优异的选项。48V 是 SELV，可以配送给整个汽车，显著缩小传统 12V PDN 系统的电缆尺寸。

此外，三相 AC-DC 前端电源转换器还可利用 BCM 的高密度和高效率优势，在转换器整流和 PFC 级之后将其用于实现 DC-DC 转换和隔离功能。

电源系统架构采用 Vicor 最新 800V 和 380V 固定比率隔离式母线转换器 (BCM)，在功率密度高达 2735W/in<sup>3</sup>、效率高达 98% 的情况下，不仅能解决 PDN 难题，而且还将实现极高的系统性能。

## 非隔离式降压转换器最佳化 48V 电源

想要利用高压 PDN 但仅限于 SELV 环境的混合动力汽车及云计算服务器应用，可以利用 Vicor NBM 等非隔离式固定比率转换器的显著的高密度、高效率和灵活性优势。在这些应用中，许多设计人员不仅需要保留其原有 12V 负载，而且还需要一款低成本、高性能的 48V 至 12V 转换器，才能充分发挥 48V PDN 的优势。

Vicor NBM2317 是一款 1kW 非隔离式固定比率转换器，采用 23 毫米 x 17 毫米表面贴装 Chip™ 封装，可为工程师提供一款高度灵活的模块化低噪声解决方案。此外，该 NBM 还具有高度的可扩展性，可通过并联，快速提供功率更高的解决方案。

## 固定比率转换器可用作 PoL 电流倍增器

固定比率转换器也可用作电流倍增器，充分满足诸如数据中心 CPU、GPU 和 AI ASIC 等低压、大电流负载点应用的需求。当输入电压通过匝数比或 1/K 因数降压转换时，K 因数用作电流倍增因数，如以下方程式所示：

如果转换器由严格稳压的输入器件供电，如采用 Vicor 分比式电源架构 (FPA™) 的 PRM，则可提供非常高效的高密度 48V 至 1V 以下的 POL 解决方案。

$$V_{IN} \cdot I_{IN} = \left( \frac{1}{K} \cdot V_{OUT} \right) (K \cdot I_{OUT})$$

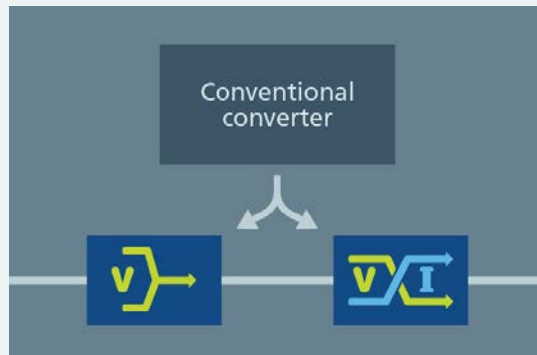


图 5: 需要大电流板载电源时, 采用分比式电源架构 (FPA)。如今, 更高的电源要求和更低的 (<1V)PoL 工作电压正迫使 IBA 性能变得紧张。CPU、GPU 和 AI 处理器应用的更高电源及动态负载需求, 要求稳压器更靠近负载输入电源引脚

高密度电流倍增器模块 (VTM 或 MCM) 可布置在非常靠近处理器的位置, 可以在处理器旁边, 也可以在处理器正下方, 将电源垂直提供给上面的处理器电源引脚。在 1000 安培的电流下,  $1\mu\Omega$  的 PDN 电阻相当于 1W 的功耗。使用传统多相同步降压 VR 产生的典型 PDN 电阻, 会带来  $200\mu\Omega$  的 PDN 电阻, 相当于 200W 的功耗, 这可导致无法接受的系统性能。采用 Vicor 电流倍增器实现的横向供电或垂直供电可将 PDN 电阻分别降至  $50\mu\Omega$  和  $5\mu\Omega$ 。

Vicor 固定比率转换器的独特属性正在帮助电源系统工程师重新定义其供电架构, 以满足其高级系统的高功率及高性能要求。固定比率转换器不仅具有高功率密度、高效率和易于并联的特性, 而且还可作为升降压转换器和负载点的高密度电流倍增器, 因此是最灵活、最高性能的 DC-DC 转换器之一。Vicor 固定比率转换器可帮助您构建永不过时的供电架构。

## 工具

此部分简述了 Vicor 工具, 这些工具为新手以及有经验的工程师提供了一个数位化的工作区, 他们可以设计和测试电源模块解决方案, 以最适配他们的应用需求。

### 电源系统设计工具

电源系统设计工具是一款对用户实用的软件, 新手或有经验的系统设计师都可以利用它来构建端到端的供电网络。该工具利用 Vicor 的电源组件设计方法, 产生优化的解决方案, 而无需产生耗费时间的试验和错误。电源系统设计工具还提供了比传统方法快 75% 的服务, 并允许用户导出最终 BOM。

### 白板工具

白板是拥有具有方便使用工作区的在线工具, 用户可以使用它来分析和优化不同电源链的性能。用户能够利用高密度、高效率的 Vicor 电源模块为其应用需求找到最佳解决方案。此外, 用户可以为电源设计的每个组件设定工作条件, 并获得单个组件和系统整体的损耗分析。



[www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com) 客服: [custserv@vicorpower.com](mailto:custserv@vicorpower.com) 技术支持: [apps@vicorpower.com](mailto:apps@vicorpower.com)

©2024 – 2025 公司版权所有。Vicor 名称是 Vicor 公司的注册商标。所有商标、产品名称、徽标和品牌均为其各自所有者的财产。版本 Rev 2.1 8/2025