

利用固定比率转换器重新定义供电架构

Phil Davies
Tom Curatolo



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。

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）($P_{Loss} = I^2R$)。

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？

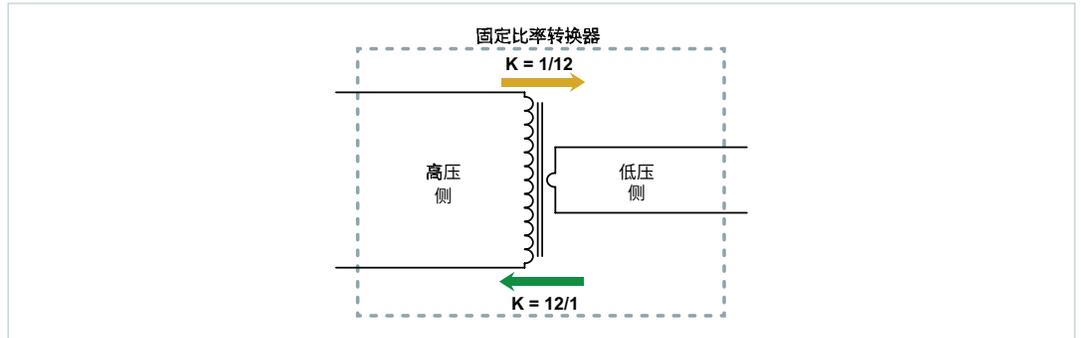
参数	LV BCM (48, 28, or 24V)		HV BCM (380, 270V)	MIL-COTS HV BCM (270V)	UHV BCM (800, 600, 540V)
输入电压	48V (38 – 55V)	48V (38 – 55V)	352V (330 – 365V); 384V (360 – 400V)	270V (240 – 330V); 270V (230 – 330V)	544V (400 – 700V); 650V (500 – 800V)
K 因数	1/1 – 1/16	1/4	1/8, 1/28, 1/32	1/8, 1/6	1/16
输出电流	6 – 70A	10A	7 – 30A	6 – 7A	35 – 40A
输出功率	200 – 300W	120W	300 – 330W	230W, 270W	1600W

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。

图 1
双向固定比率转换器的升
降压 K 因数



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 2
并行阵列式
BCM 转换器

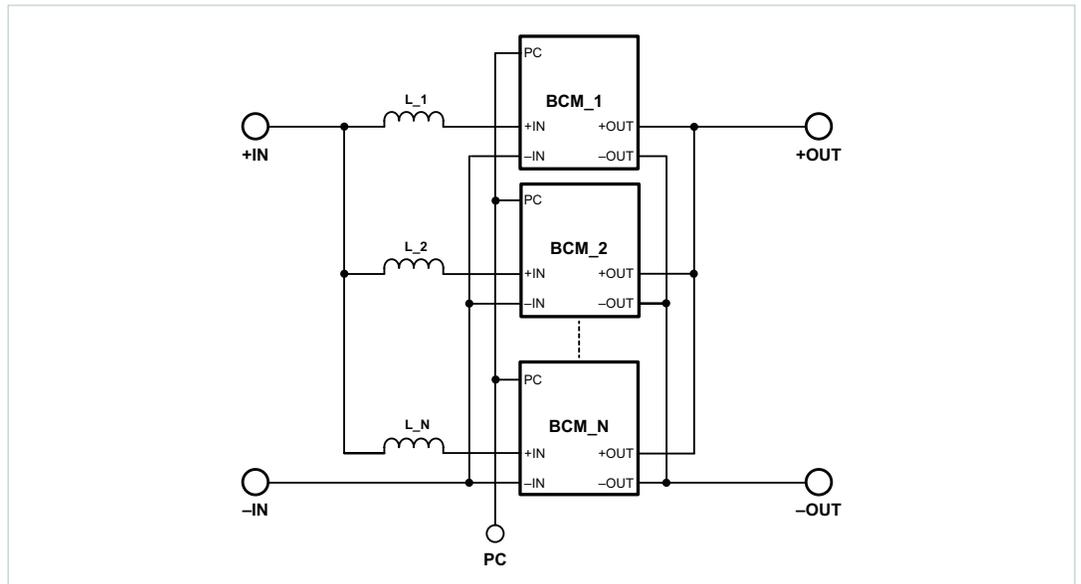
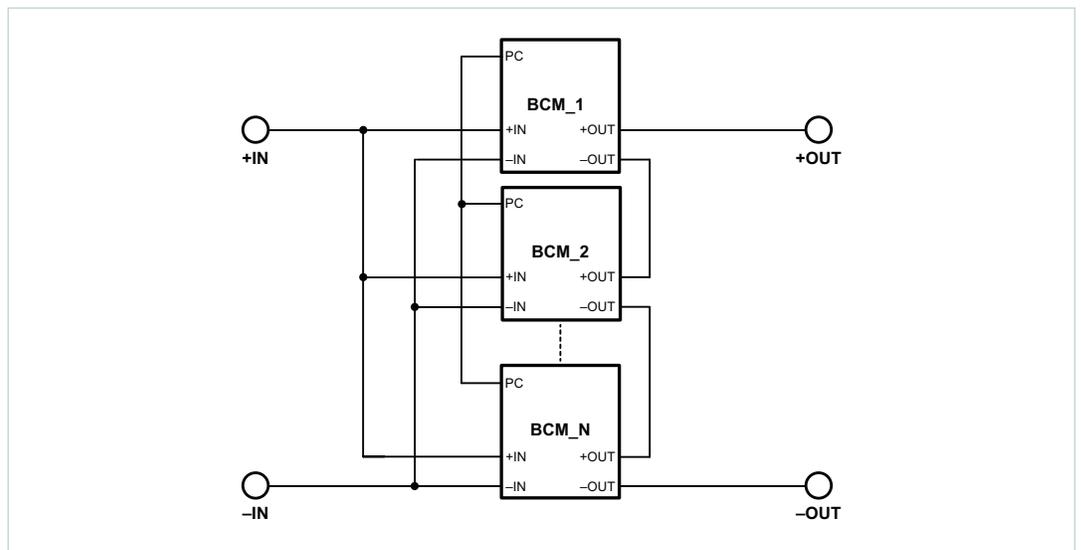


图 3
输出串联的 BCM 可提
高输出电压



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、更低的输出噪声频谱。

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。有四个主要系列可满足不同的容量电源及 PDN 转换需求：

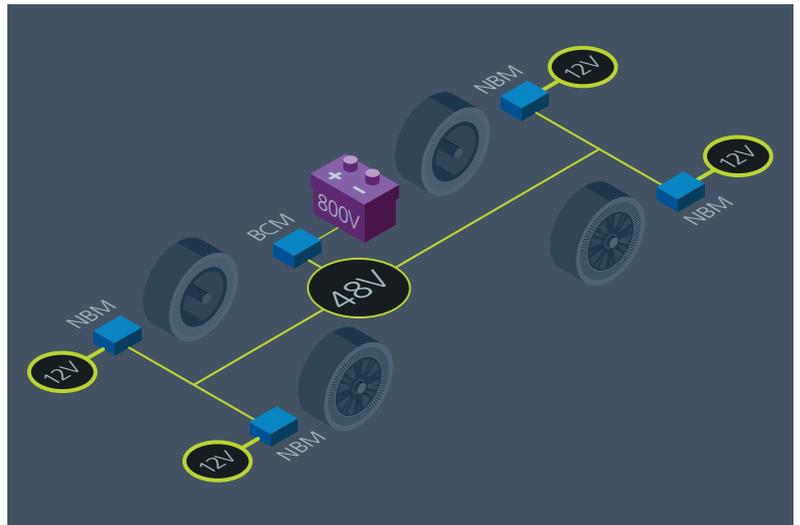
1. BCM® 隔离式母线转换器
2. NBM™ 非隔离式母线转换器
3. VTM™ 隔离式及非隔离式电流倍增器，可作为 POL 转换器与上游稳压器 (PRM™) 配合使用
4. MCM™ 模块化电流倍增器，在 PoL 用于低电压（不足 1V）下的极大电流（超过 350 安培）。MCM 与上游 MCD（MCM 驱动器）联用

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

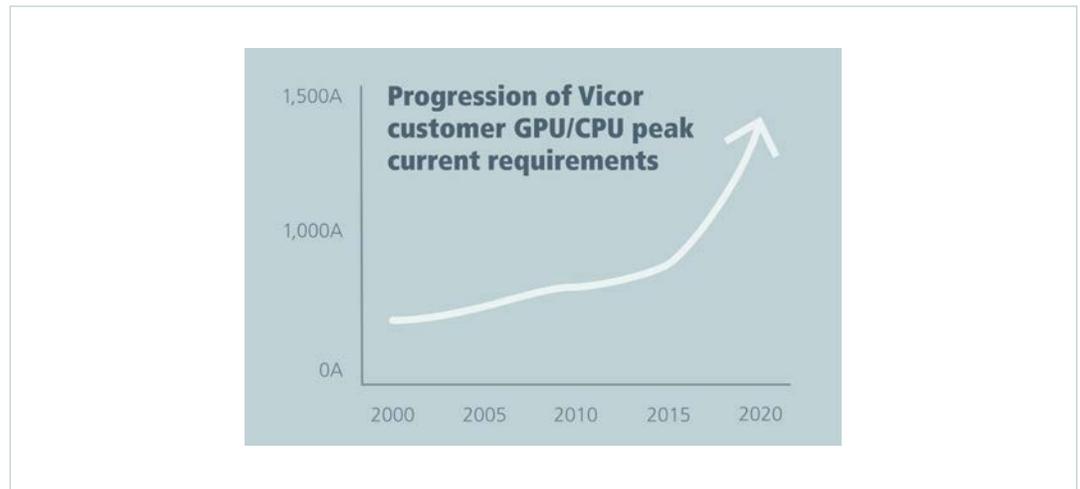
由于许多终端市场及应用的电源需求急剧上升，供电网络正在经历重大变革。由于新特性的增加以及性能水平的不断提升，更高的 PDN 电压可用作降低 PDN 本身的物理尺寸、重量和成本的方法。

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 CO₂ 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。380V DC 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/in³、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优化 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 1 kW 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：

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

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。

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，1μΩ 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 200μΩ 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 50μΩ 和 5μΩ。

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 and 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。

联系我们: <http://www.vicorpower.cn/contact-us>

Vicor 公司

电话: 400 101 5482
www.vicorpower.cn

电子邮件

客服: vicorchina@vicorpower.com
技术支持: chinaapps@vicorpower.com