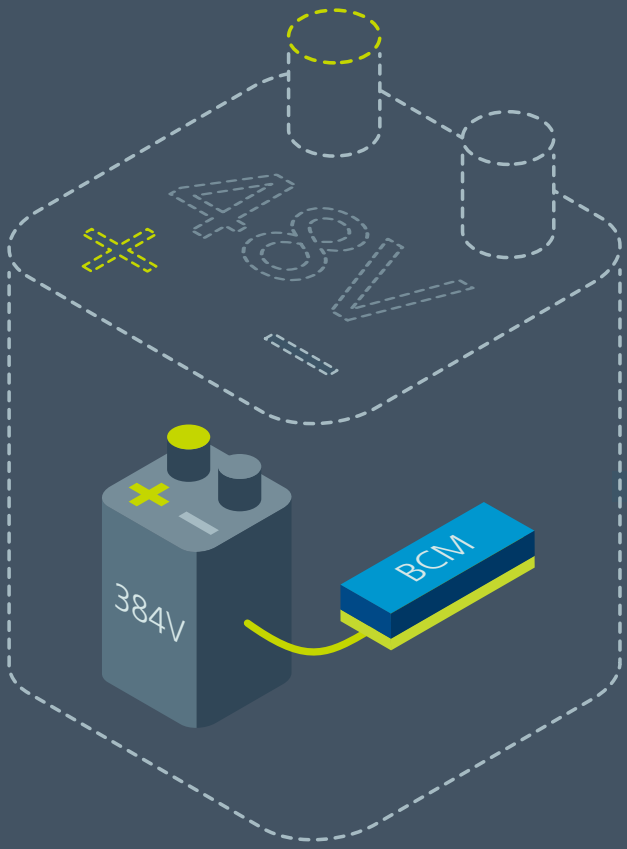


作者：Vicor 公司产品市场营销总监 Ian Mazsa

BCM 将高压电池转化为 SELV 系统

VICOR

消除电动汽车电源架构中的中间储能

简介

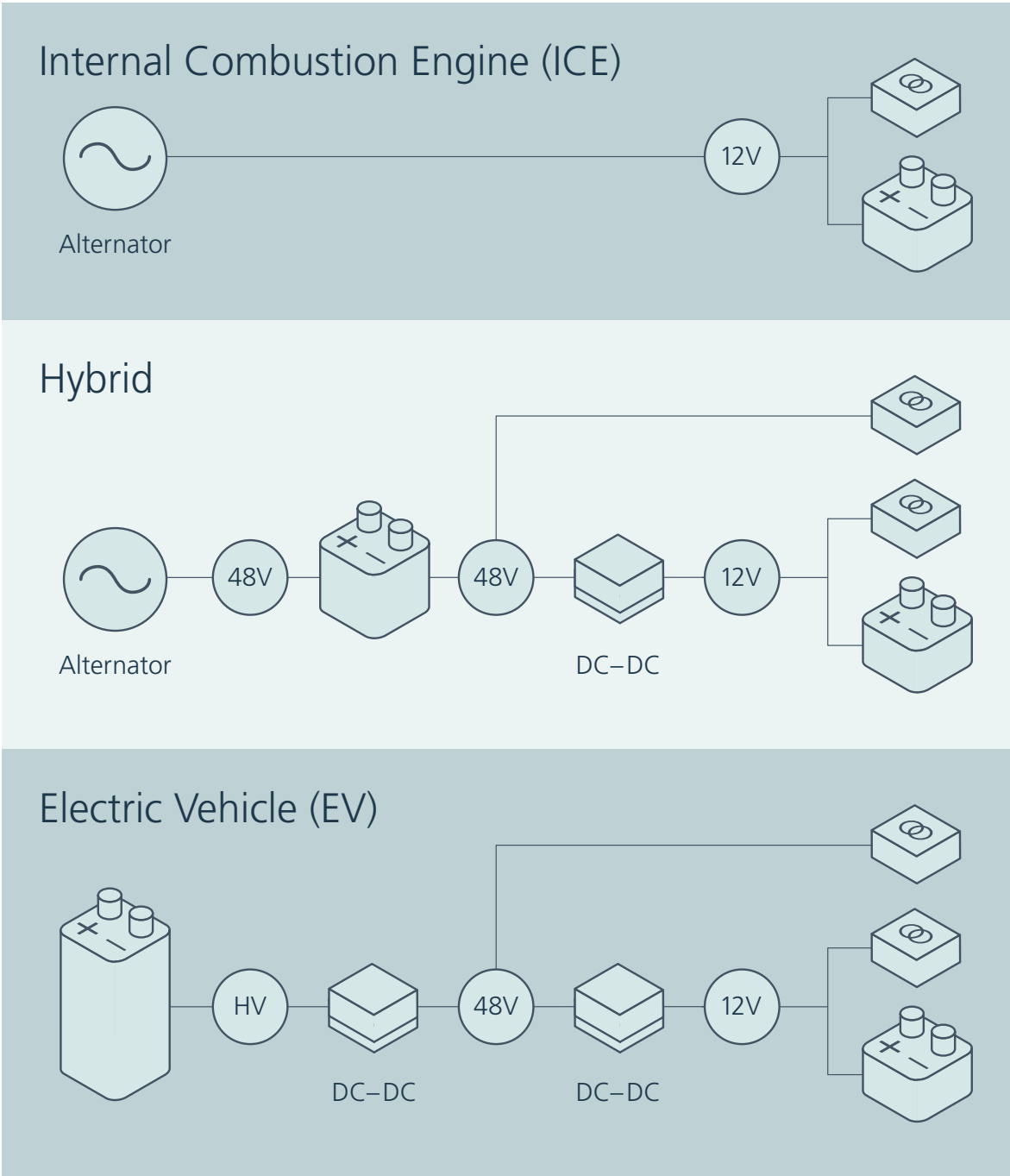
纯电动汽车和混合动力汽车的电源架构以混合电压存储和分配电源，以便为各种传感、控制、安全及信息娱乐子系统供电。这为电源存储和供电网络带来了一个成本、空间及重量挑战，该问题混合动力汽车可通过 48V 电池和 48V 配电系统解决，而电动汽车则可通过高电压电池（800V、400V）和 48V 配电系统解决。虽然 48V 电池可立即提供所需的电源，但电动汽车架构中的任何中间电池都会给重量、空间和成本带来不利影响。

EV 电源架构创新的机会在于：不仅可使用高压电池保持高压储能的优势，同时还可通过使用 DC-DC 转换器在 SELV 范围内供电来消除对中间电池的需求。常规转换器可提供电压转换，但缺乏快速响应时间，无法满足各种子系统的功耗需求。Vicor BCM可提供低路径阻抗和快速响应时间，从而可将高压电池转化为供电网络中的 48V 电池，无需 48V 中间电池。

本文不仅将详细介绍 Vicor BCM 转换器与常规 DC-DC 转换器相比时的作用、工作和功能情况，而且还将提出一个用于电动汽车电源架构时的架构实现方案。

ICE、混合动力和电动汽车架构的配电及储能比较

与之前的架构相比，电动汽车的电源架构非常复杂，因为在原有 12V 及最新 48V 输入下，各种子系统都有动态及静态功率级。为了避免增加中间储能阶段的成本和重量，需要一款具有快速瞬态响应的高效率转换器，将电池的高压转换为可以安全地在整个汽车中分配的电压。



BCM 转换器

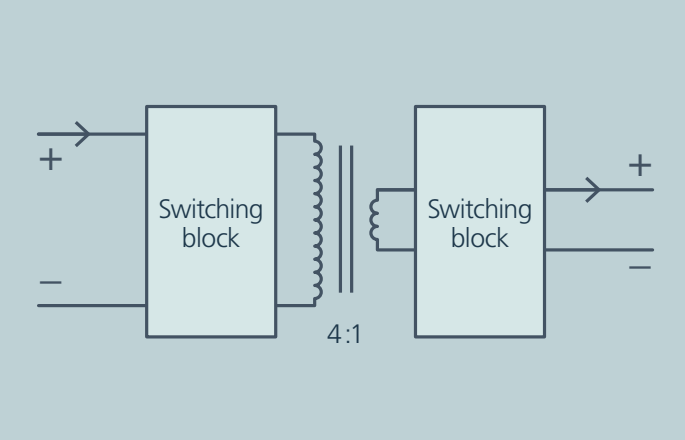
BCM 转换器作为固定比率转换器工作，其中输出电压（也称二次侧电压）是输入电压（也称一次侧电压）的一个固定比例。该固定比例可大于、等于或小于 1；我们将其称为 K 因数，定义为输入电压除以输出电压（V_{SEC} / V_{PRI}）。K 因数小于 1 时，输入电压减小，输入电流增大；当 K 因数大于 1 时，输入电压增大，输入电流减小。

通过 K 因数转换电压和电流的实例

K 因数	1/32	1/4	1/1	4/1
V_{PRI}	384	48	8	12
V_{SEC}	12	12	48	48
I_{PRI}	1	1	1	4
I_{SEC}	32	4	1	1

从概念上讲，BCM 转换器的内部工作分 3 个阶段：

1. 一次侧开关级将一次侧 DC 输入转换成正弦波。
2. 一个理想的变压器级，可将 AC 转换为 AC，并可根据一次侧与二次侧的匝数比（K 因数）调整电压。
3. 将理想变压器的正弦波转换成 DC 输出的二次侧开关级。开关级在变压器中正弦波的零电流、零电压交叉位置开关，可最大限度减少开关造成的损耗。



BCM 转换器的功能框图

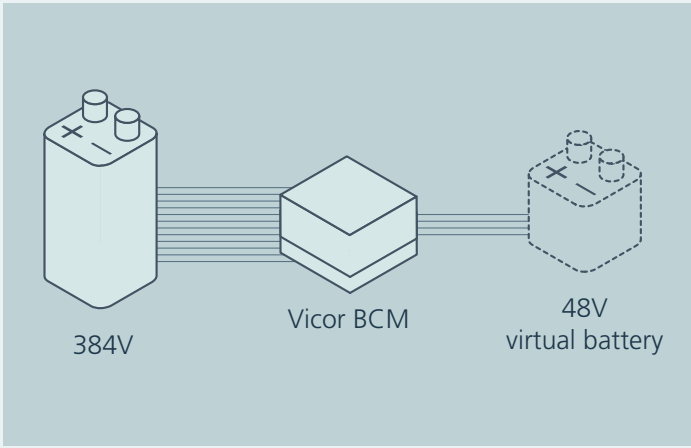
虽然 BCM 实现的是 DC-DC 转换，但它是使用变压器进行高效的 AC-AC 转换，按 K 系数缩放大小，并且使用开关模块在 AC 与 DC 之间进行转换。开关在高频率下完成，而且由于具有和变压器一样的能量传输特性，因此转换不仅能对瞬态负载变化做出快速响应，而且还可在输入和输出之间提供一个低阻抗路径。

BCM 具有对称性，通过适当的时序与控制，既可用作降压转换器（从高到低转换）也可用作升压转换器（从低到高转换）。这种固有的双向功能使得 BCM 以相同的效率在任何方向进行电源转换。这可为电源转换的各种应用创造无限可能，例如在这些应用中会从存储单元快速充放电，但对于本文而言，其重点是高低转换应用。

BCM 转换器使用零电流、零电压开关 (ZCS/ZVS)，工作频率比常规转换器高，例如，BCM6135 与常规 ZV/ZC 谐振转换器不同，工作频率为 1.2MHz，BCM 工作在窄带频率下。BCM 的高频率工作可实现对负载电流的变化 做出快速响应以及从输入到输出的低阻抗路径。固定比率转换、双向工作、快速瞬态响应和低阻抗路径等BCM这一系列特性使384V电池看起来像48V电池，我们将其称为转换。与常规转换器相比，这一对电源进行变压的功能既是重要优势，也是重要的差异化特性。

能量源变换

BCM 可通过固定比例缩放将输入电压转换为输出电压，其数学表达式为工作 $V_{OUT} = K \cdot V_{IN}$。请考虑一个从充电到 384V 的高压电池获得电源的 48V 配电系统。48V 母线上的负载有一个输入电压范围，这个电压和电池输出的电压是固定比例的。一款隔离式 BCM(1/8) 可将 HVDC 电池的输出转换为一个与 48V 配电兼容的电压范围。BCM 的响应时间很短，从任何低侧负载的角度来看，384V 电池都像是在 48V 下放电的电池。BCM 转换器有效改变了高压电池，因此整个系统可整合更高电压电池的所有能量存储优势，例如与 48V 能量存储同等的电池相比，支持更快的充电时间和更高的能量密度。

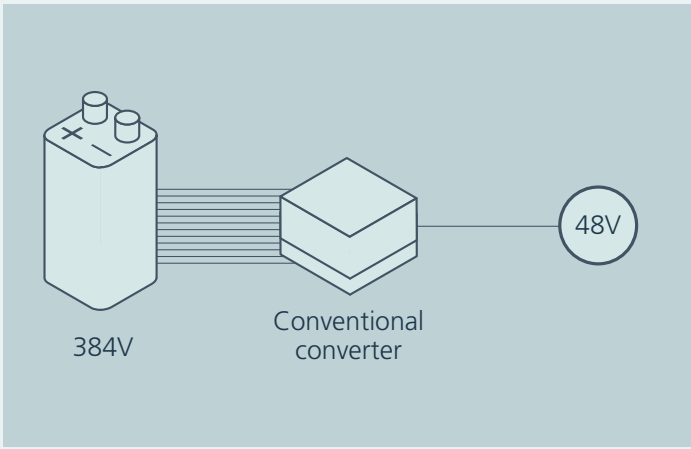


高压电池的变压

1/8 K 因数 BCM 转换一个 384V 电池的输出时，创建一个 48V 虚拟电池。这种转换保持了 384V 电池的能量密度和瞬态供电功能，而且其 SELV 电压与下游配电兼容。

现在考虑使用常规转换器的同等应用，其可将电压范围内的输入稳压至一个特定的输出电压，滤除掉输入电压的变动。输入端的电压波动不会传播至稳压的输出。低带宽稳压转换器组织了配电系统以直接连接电池的速度供电。从低侧的角度看，只有一个理想化的 48V 电源电压。虽然这种转换有其实用性，但也要承认两个相对的不足之处。首先，较低的带宽需要一些额外的中间能量存储（电容或额外的电池），在高 dI/dt 放电事件中提供电流。其次，稳压功能是非必需 的，因为低侧的负载输入电压是高侧电池的一个固定比例。常规转换器无需稳压，稳压功能会浪费能源，增加成本并降低整体系统效率。此外，稳压转换器的有限带宽会恶化对配电系统快速用电的反应时间。

将电源的电压范围设计为配电过程中负载输入范围的一个固定比例，可使用高压（具有与低路径损耗相关的优势）来配电，无需在具有常规转换器的系统中使用不必要的稳压级。进而，设计一款系统（其中所有针对电源、负载和各种配电路径的电压范围均为相互之间的固定比率），有助于为电源存储、配电以及子系统功能做出业界一流技术的最佳选择。这可在高性能电动汽车的电源架构中实现。这些系统使用锂离子电池（针对高容量和高电压进行排列，可实现快速充电），采用 48V 配电（根据 SELV 配电的 LV148V 规范）并使用原有 12V 低成本子系统与最新 48V 供电 AI 技术的混合。BCM 可将所有这些电压桥接在一款单个高效率系统中。



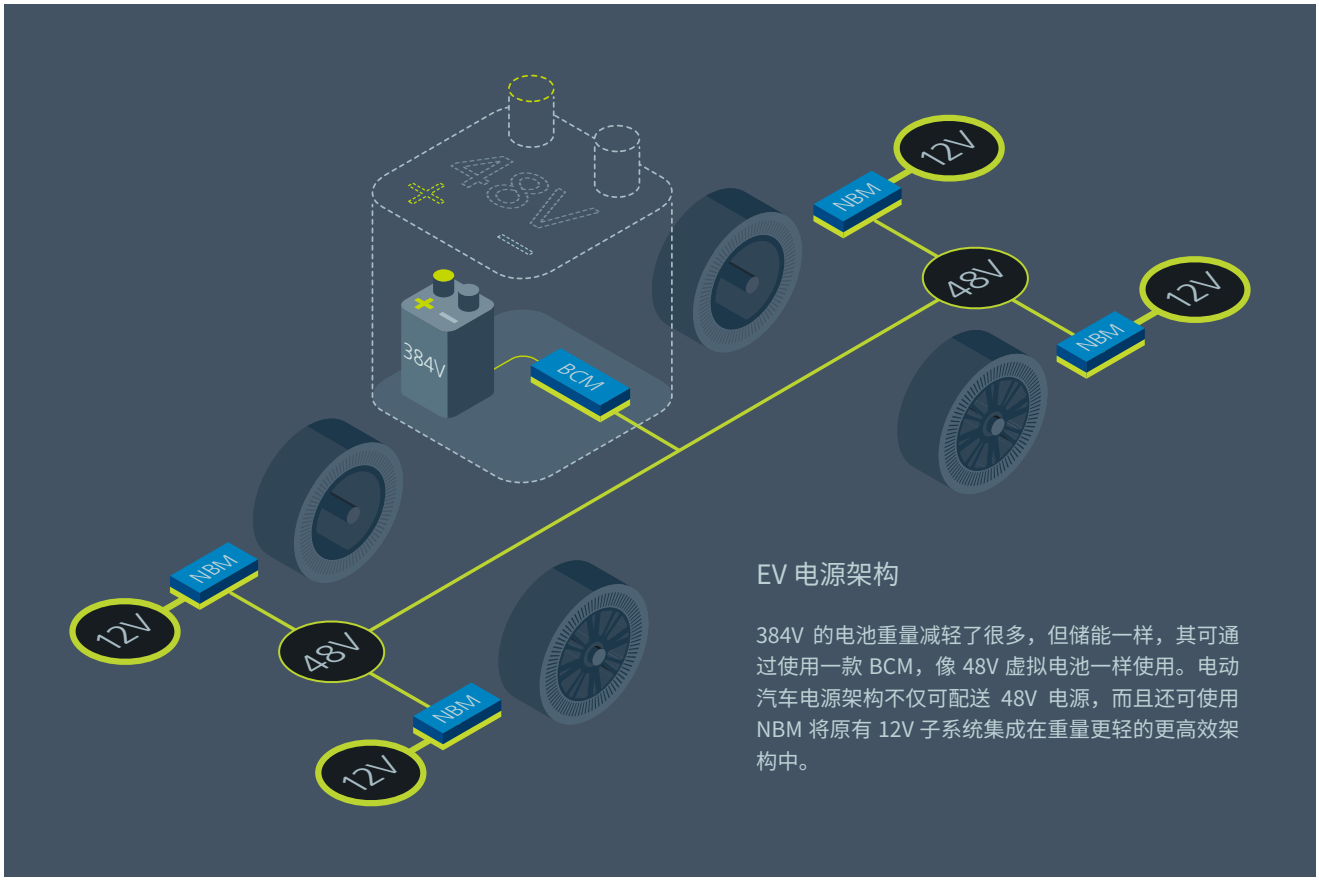
从高压电池去耦 48V 电源

常规转换器产生 48V 电压时，该转换器的较低带宽不能像以前那样快速输出功率，而且还会在不必要的稳压级中耗能。

48V 虚拟电池架构

电动汽车的电源架构可使用 BCM 创建高效率、轻量级的电源系统。高压电池阵列是主要的储能单元，可逐步降低（从高到低转换）至最高效的电压来进行配电。该高压阵列有优势（与较低电压阵列相比，具有能量密度及充电时间优势），也有不足（不支持 SELV），因此是电动汽车应用的理想选择，但也会给整个汽车中的负载配电造成危险。相反，针对 LV148 规范实施配电系统，有助于电源在安全电压 (SELV) 下配送。从电池维护这种电压可能比高压更容易，而且对于较小的电流而言，与在原有 12V 电压下配电相比，48V电压所需的铜材料会更少。

BCM 转换器反映了由 1/8 K 因数调节的高压电池放电特征。这种虚拟电池为符合 LV148 标准的配电系统供电的效率和真实 48V 电池一样，但可在系统中提供高电压电池的能量密度及相关优势。



EV 电源架构

384V 的电池重量减轻了很多，但储能一样，其可通过使用一款 BCM，像 48V 虚拟电池一样使用。电动汽车电源架构不仅可配送 48V 电源，而且还可使用 NBM 将原有 12V 子系统集成在重量更轻的更高效架构中。

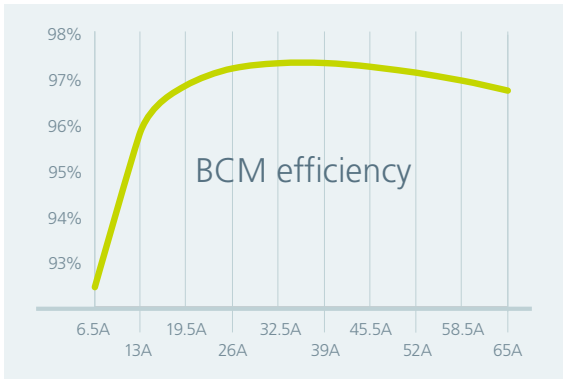
Vicor BCM6135 转换器是隔离的架构，在将高压电源连接至 SELV 配电时可提供必要的保护， 其峰值效率超过97%，并且在额定电流超过 30% 的情况下工作时，效率超过 96%。BCM6135 转换器可持续提供高达 65A（功率超过 3000W）的电流， 并联使用时能够在 HVDC 和 SELV 电压范围之间创建更高功率的转换。该 BCM6135 具有 260 到 410V 的输入范围和 1/8 的固定比率转换，能够提供与 48V 配电兼容的输出。

BCM6135 的封装尺寸为 61 x 35 x 7.5 毫米，有底盘安装或通孔安装可供选择，重量为 68 克。这种高功率密度 (3400w /in3) 有利于物理布局，以便针对汽车中的电源架构及重量分配进行优化。该封装旨在在传导及液冷系统中工作，封装上下部热耗散大致相等，可在安装及散热解决方案中提供更高的灵活性。

底盘安装 BCM6135 视图



BCM6135 在整个输出负载电流下的效率



扩展 48V 配电

虽然系统电源可以从 48V 虚拟电池提供，但对于各种子系统负载而言，它仍然必须分布在整个车辆中，这些子系统负载不仅具有不同的电源需求，而且混合使用了 48V 输入和原有 12V 输入。虽然 48V 和 12V 供电的优势显而易见（效率更高，线缆更轻），但这种组合将随时间的推移发生怎样的变化已不是什么问题了。随着 12V 被边缘化，汽车电源架构必须足够灵活，才能在优化所有所需走线的重量和成本的同时，适应新的子系统。

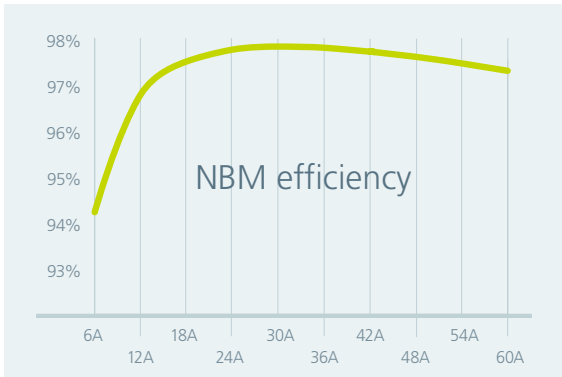
理想的解决方案是尽可能地扩展 48V 配电，并在必要的地方和时间将其转换为 12V。LV148 规范的工作范围可通过 1/4 K 因数转换转化为与输入兼容的 12V 配电，因此 BCM 转换器是最大限度提高效率的理想解决方案。另外，这两种电压都是安全超低电压，因此不需要隔离，可使用非隔离转换器在整个系统中将 48V 转换为 12V。一款称之为 NBM 的非隔离式 BCM，具有前面描述的所有特性：快速瞬态响应、低阻抗和双向工作。

这种分布式电源架构在为平台保持高灵活性的同时，可提供所有 48V 配电的优势，无论采用的是 48V 输入，还是 12V 输入，均可根据需要采用新的子系统。NBM 可将 48V 输入转换成兼容 原有系统的 12V 电源。NBM 可以广泛地集成在汽车中，其物理尺寸非常小，完全可以在其已经布置的地方增加现有的原有子系统，而且如果为了将来系统升级到原生 48V 子系统而删除它们，其干扰性也极低。

表面贴装 NBM2317 视图



NBM2317 在整个输出负载电流下的效率



Vicor NBM2317 尺寸为 23 x 17 x 7.4 毫米，重 12 克（不足半盎司），因此可布置在任何扩展 48V 配电的最佳位置。在超过额定电流 30% 的电流下工作时，峰值效率超过 97.5%。NBM2317 能够持续提供高达 60A（800W 的功率）的电流，采用能够以最小干扰适应现有布局的表面贴装兼容性封装，具有极高的散热灵活性，既可通过顶部散热，也可通过底部散热。功率密度 (4500 W/in^3) 比同类竞争模块高，而且与分立式解决方案相比，在功率级不变的情况下，集成的组件更多。

BCM6135 和 NBM2317 联合使用，可为电动汽车的电源架构提供高度的灵活性，从而可在最大限度发挥 SELV 48V 配电和 HVDC 电源存储优势的同时，采用 48V 和 12V 子系统的最佳组合，实现高性能电动汽车设计的愿景。

结论

与常规转换器相比，BCM 对电源（尤其是电池）的转换功能是重要的优势和最要的差异化特性。如果电源架构的一次电源输出电压与任何下游子系统输入电压的比值是固定的，就可以在最高的最佳电压下配电，然后可根据需要由 BCM 对其进行转换，不会因为不必要的稳压级出现损耗。为电动汽车架构实现的优势是消除了中间电池，因为可将高压储能电池转换为兼容的 SELV 范围，以便在整个汽车中提供。虽然 BCM 和 NBM 都在电动汽车电源系统中找到了归属，但任何其它由电池供电的系统（从超轻无人机到自主工厂机器人，再到尖端人工智能计算平台）都可以利用其变压性能优势。

VICOR

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

©2020 Vicor 公司, 版权所有。Vicor名称是Vicor公司的注册商标。其他商标、产品名称、徽标和品牌均为其各自所有者的财产。

07/2020 Rev 1.0