

Technical Article

为下一波 AI 计算增长做准备时的电力输送权衡



预计 IT 机架电力将在未来两到三年内消耗 1MW。由于需要在 AI 服务器中实现更高功率密度，因此已从 48V 或 54V 总线转变为 800VDC 的高压直流母线。向 800VDC 的转变给在系统级别实现高效率和高功率密度的能量转换带来了挑战，但也有机会重新审视 IT 服务器机架内的电力输送架构。

转向 800VDC 将改变电力输送架构，如图 1 所示。IT 托盘的输入电压现在为 800VDC，需要更高电压的热插拔电路来控制电流浪涌，并管理与更高电压总线的安全连接。配电板上的高转换比中间总线转换器 (IBC) 可将能量从 800VDC 降压到更低的中间总线电压。该系统中的隔离栅 (具有增强型隔离) 可以将高压系统与低压系统分开。电源架构的其余部分具有与 48VDC 人工智能 (AI) 计算托盘类似的外观，但也有几种可能的差异。一种选择是 800V 至 50V IBC，然后是 50V 至 12.5V 或 6.25V IBC。

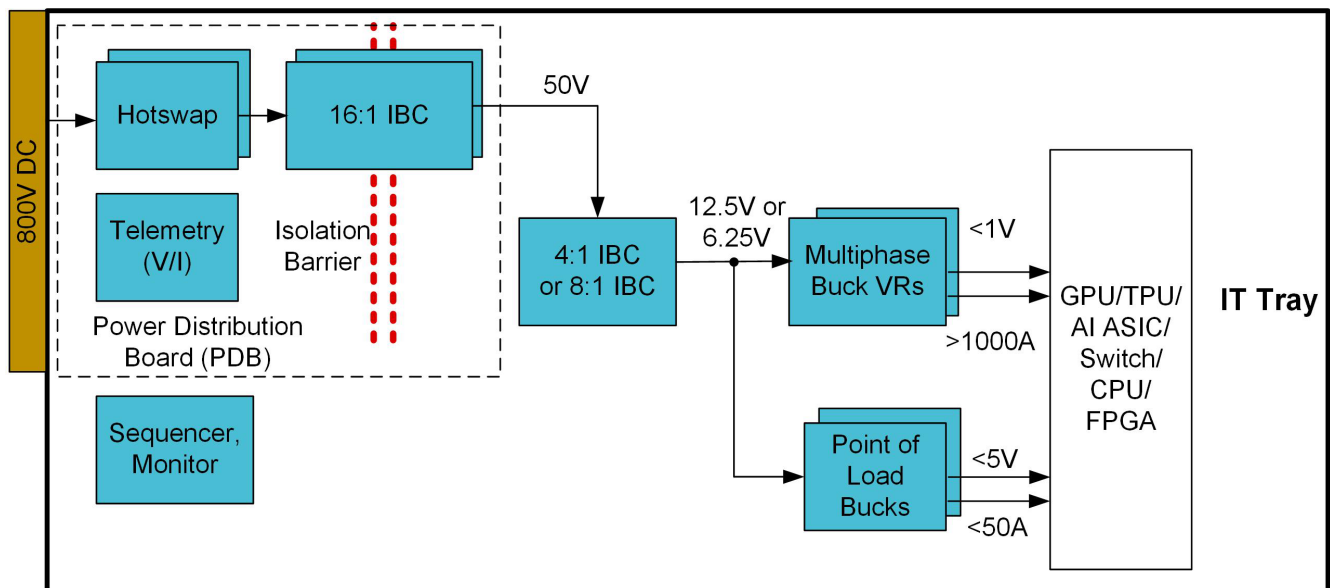


图 1. 在具有 800VDC 的系统中的示例 IT 托盘电源架构

下面概述一下高级电源架构，让我们来了解一下电力输送目标与设计上的权衡。数据中心运营商的一个目标是实现较高的端到端能源转换效率。这降低了数据中心的运行成本，减少了功率损耗产生的热量 (以及相关的暖通空调开销)，并将能耗集中在预期负载上 (AI 加速器或处理器及其他支持电路)。其他重要目标包括小尺寸 (用于电源元件的电路板空间有限)、高可靠性，以及满足多相稳压器和负载点降压转换器的瞬态响应等性能要求。

一种方法是直接在现有的 48V 电源架构中添加一个电压更高的 IBC。图 2 显示了这种三级转换架构。这种方法的好处是，可以重复使用大多数现有的基于 48V 的电源架构设计。我们来考虑一个电压更高、转换比为 16:1 的 IBC (即 48V 输出)。假设 16:1 比率 IBC 的峰值效率为 98%，4:1 IBC 为 98% (从 50V 到 12.5V) 且多相稳压器为 92% (从 12.5V 到内核)，则从 800VDC 到内核的整体峰值转换效率约为 88%。

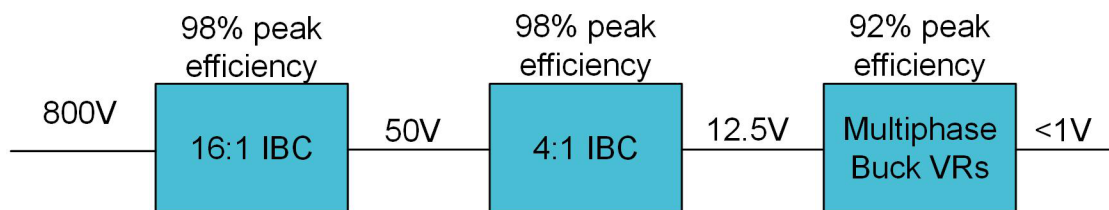


图 2. 三级转换架构

一个重要问题是如何为中间总线电压进行选择。另一种类似于图 2 的架构是将 50V 至 12.5V IBC (4:1 比率) 替换为 50V 至 6.25V IBC (8:1 比率)。4:1 IBC (现在为 8:1) 的效率会略有降低 (峰值约为 97.5%)，但 6.25V 输入电压稳压器级的效率可能会提高至大约 92.5% 的峰值。整体效率可能相似，峰值约为 88%。较低稳压器级输入电压的好处是能够以更高的频率进行开关，这样可以缩小尺寸、改善瞬态性能，并实现背面安装 (垂直电力输送，即 VPD)。

您可能会问自己，为什么需要三个转换级，是否可以将电力输送架构简化为两个级：高效率、高转换比 IBC 和高性能稳压器。让我们来检查该架构，如图 3 所示。

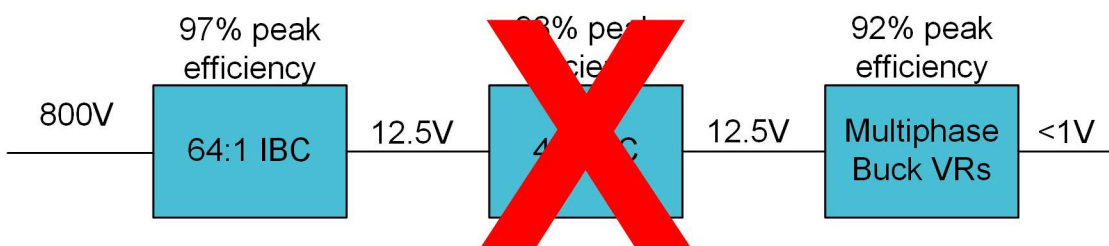


图 3. 具有 64:1 IBC 的两级转换架构

通过删除 4:1 IBC，64:1 IBC 可以直接输出 12.5V，假定峰值效率为 97%。从 800V 降至内核电压轨的总体峰值效率约为 89%。这一简化分析也未考虑印刷电路板上从 64:1 IBC 的输出到稳压器输入的损耗。但是，如果可以将这些损耗保持在 1% 以下，则整体效率保持不变。由于不再需要 4:1 IBC，这种方法可以节省尺寸并最大限度地降低成本。图 4 展示了这种潜在架构。

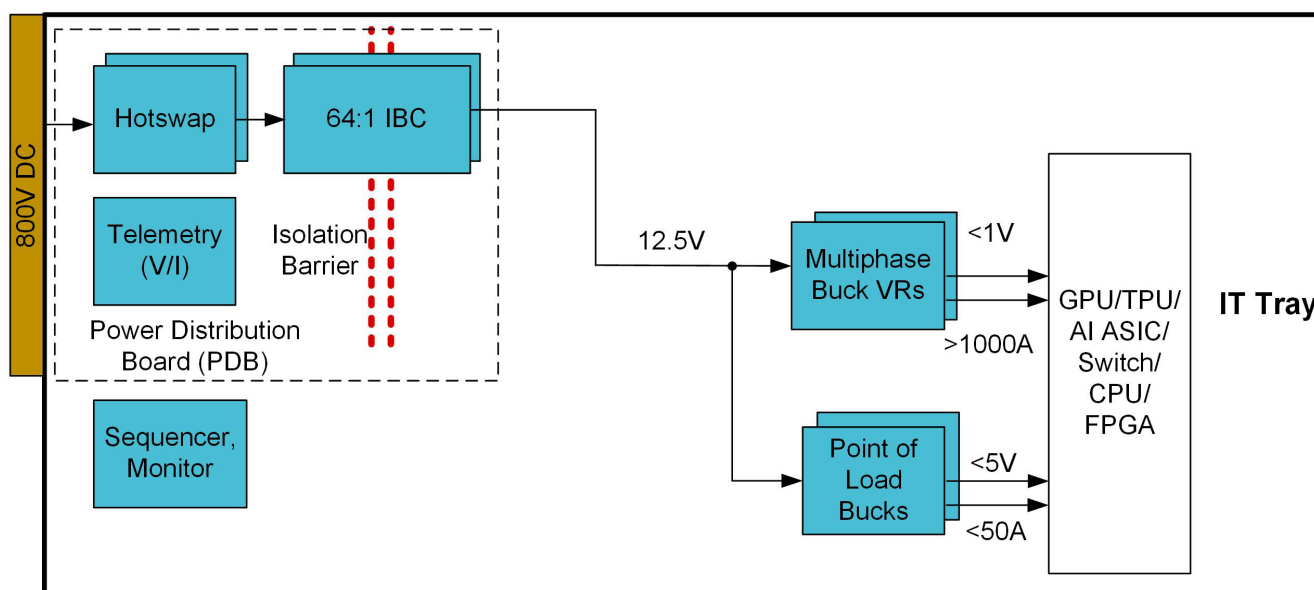


图 4. 具有 64:1 IBC 的 800V 两级转换架构

进一步说明这种两级转换架构，图 5 展示了 64:1 IBC 的实现，其电压转换比为 128:1，输出电压为 6.25V。如前所述，多相稳压器的输入电压较低，可实现更高频率的操作、更小的尺寸和垂直电力输送（安装在处理器下方电路板的背面）。800V 至内核效率峰值估计为 89%（不包括电路板损耗）。

这种架构面临的挑战是 128:1 IBC 的输出电流非常大。假设系统提供的功率约为 15kW 至 20kW，在 6.25V 下为 2.4kA 至 3.2kA。将 6.25V 中间总线上的电路板损耗保持在合理的水平（<1% 或 2%）将需要非常大的导体（例如汇流条）。128:1 IBC 可能需要多个并联模块才能达到预期的电流强度。

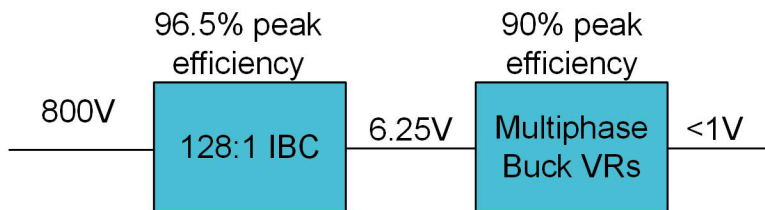


图 5. 具有 128:1 IBC 的 800V 两级转换架构

结语

由于需要在整体转换效率、尺寸和性能之间进行权衡，向 800VDC 电源架构的过渡重新引发了关于如何设计电源传输的讨论。TI 的氮化镓 (GaN) 功率级、数字电源控制器、多相降压稳压器、直流/直流负载点降压转换器、热插拔控制器、隔离式栅极驱动器等产品系列可帮助行业顺利完成过渡。

通过与 NVIDIA 合作开发支持 800VDC 架构的电源管理解决方案，TI 的产品可确保在电源架构的关键点进行可靠的电压转换，并提供 48V 和 800V 生态系统所需的保护、监控和遥测功能，同时实现从电网到 AI 加速器门的高效、高密度电源转换。详细了解 [TI 数据中心和企业计算](#)。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月