Application Brief

用于在数据中心中实现更好的机架功率的运算放大器

简介

人工智能 (AI) 技术近期取得的进展创造了对数据中心的巨大需求。数据中心容纳着关键的计算、存储和网络硬件。计算能力增长带来的前所未有的能源需求，迫使业界重新思考数据中心内为机架服务器分配电力的方式。架构变革将电压从 54VDC（标称值 48V）提高到 800VDC，以提供 100kW 以上的功率。如今，对机架服务器的配电进行准确计量比以往任何时候都更加关键。德州仪器 (TI) 提供多种不同的电流和电压传感放大器，以支持最新的机架服务器电源架构。本文重点介绍下一代运算放大器如何赋能最新技术。

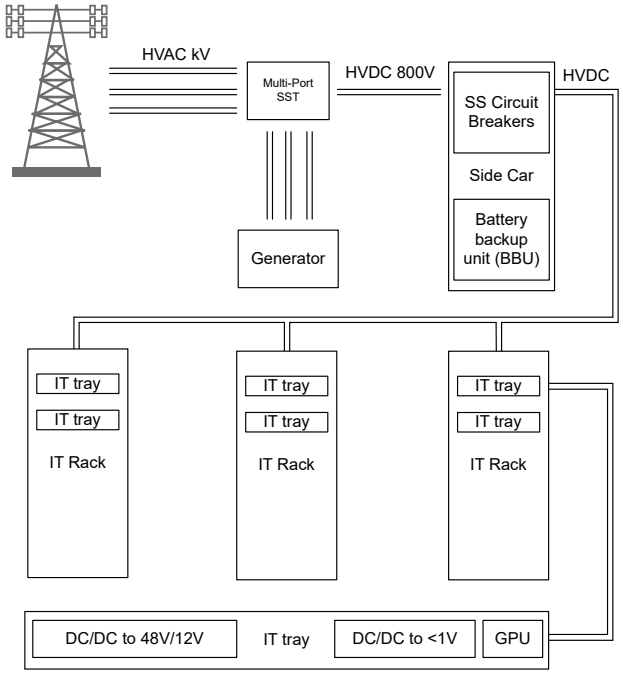

图 1. 下一代机架服务器电源架构

增加电路板密度

随着数据中心力求在有限的机架服务器空间内尽可能提升计算能力，电源管理功能所需的占位空间必须越来越小。如今，电源管理及其他模拟信号链 IC 在小型封装上的最新创新，使得高密度电路板成为可能。例如，OPAx986 系列精密运算放大器提供 DRL（1.5mm × 1.5mm 单通道 SOT）和 DSG（2mm × 2mm 双通道 WSON）封装。OPAx986 和 OPAx486 运算放大器是体积极小的高压精密放大器。制造商现在可以依靠高精度计量，而无需牺牲宝贵的布板空间。

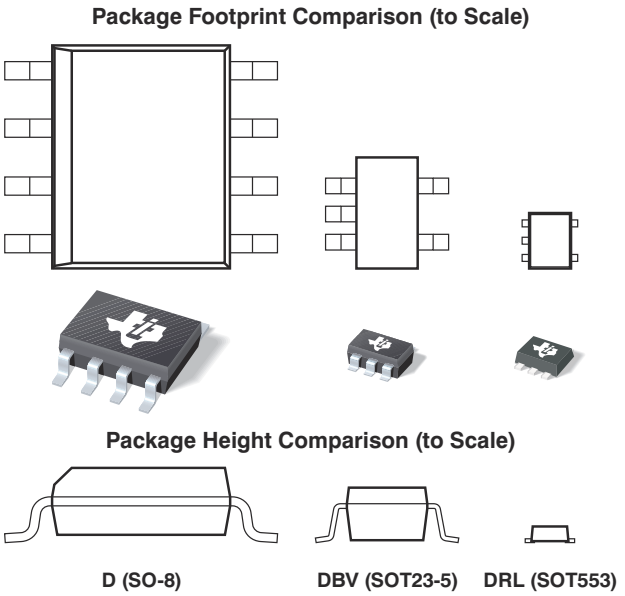

图 2. OPAx986 引脚封装比较

增加电压

虽然大多数计算芯片采用 1V 电源供电，但在最终的计算电压与 800VDC 的机架服务器配电电压之间，还存在若干中间电压。一些中间电压包括用于为辅助和遥测 IC 供电的 12VDC，以及用于当前一代系统的 54VDC。新的 OPAx986 和 OPAx486 运算放大器系列可由高达 48V 和低至 4.5V 的电压供电，以执行遥测和计量功能。更高的电压能力可实现精确的高侧电流和电压感应，并提高针对意外电压浪涌的稳健性。高侧电流检测可实现接地短路检测，并避免来自检测电路的任何接地干扰。

English Document: SBAA844
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

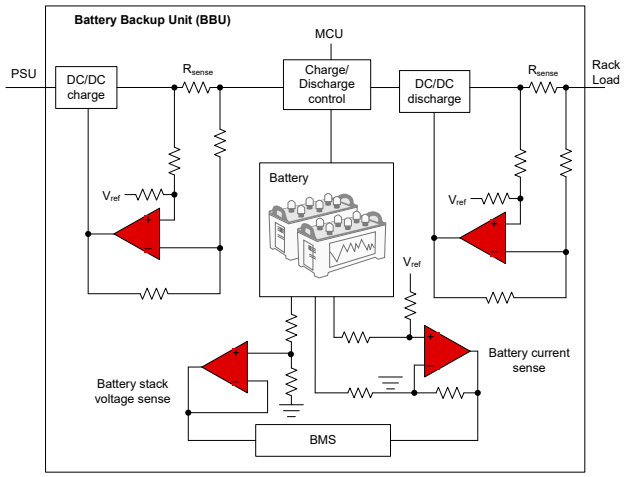

图 3. 高侧电流检测

德州仪器 (TI) 的 85V 运算放大器系列（包括 OPAx591）支持直接在 54VDC 电源轨上进行高侧电流检测。这些放大器提供 93V 的绝对最大额定电压，从而支持满足相关开放计算项目 (OCP) ORv3 高压要求的设计。

提高准确度

随着数据中心功率需求的增加，对安全性、可靠性和准确性的要求也随之提高。在各种工作条件（如温度波动和电源变化）下保持精度能够实现更安全、更可靠的系统。在大多数情况下，这些系统需要精心设计的 IC。例如，OPAx986 采用专有的封装后失调电压和温漂校正电路 e-Trim™ 设计，可在各种工作条件下实现非常高的精度。相反，OPAx486 采用自校准架构零漂移 (Zero-Drift) 设计，用于实现接近零的温度漂移。由于偏移是电流和电压测量中的主要误差源之一，因此，保持较低的偏移对于保持高精度测量至关重要。当需要非常高的共模电压支持时，OPAx591 可提供高达 85V 的高工作电压，并经过激光修整，可在不同工作条件下实现高精度。

改善调节效果

电源需要在各种负载条件下提供稳定的电压或电流。精心设计的控制环路和补偿对于保持可靠的电源至关重要。OPAx986 是出色的误差放大器，支持不同的补偿实现方案。为了避免由于负载突然变化和瞬态而产生过多的压降和纹波，控制环路必须能够快速响应任何变化。因此误差放大器必须具有足够的带宽来支持所需的补偿和控制环路速度。中间 48V 和 12V 电源轨通常要求控制环路带宽达到几十 kHz。随着电源需要响应巨大的电流需求，现代 GPU 的要求正将负载点的控制环路带宽推向 100kHz 甚至更高。

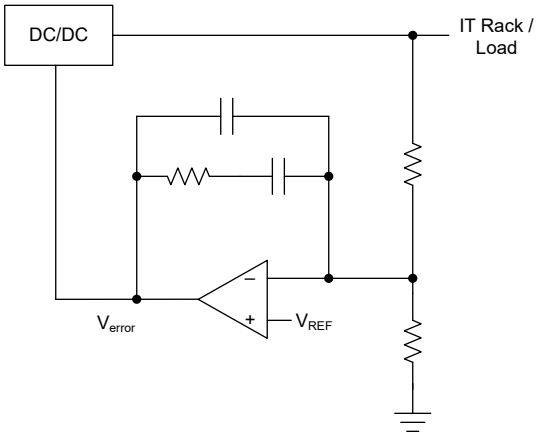

图 4. II 型补偿

降低预算

随着机架服务器产量因数据中心需求而不断攀升，制造商面临着在竞争压缩预算的同时跟上日益严苛的性能要求的挑战。OPAx986 和 OPAx486 为成本敏感型系统提供了卓越的价值。这些放大器在设计时兼顾了成本与性能，并采用德州仪器 (TI) 最新的 300mm 晶圆技术制造以扩充产能。

总结

技术发展日新月异，跟上快速变化的需求对服务器电源制造商而言至关重要。德州仪器 (TI) 致力于提供前沿产品，以赋能不断增长的 AI 基础设施。全新的 e-trim ™ 运算放大器系列（包括 OPAx986 和 OPAx985），以及全新的零漂移运算放大器系列（包括 OPAx488 和 OPAx486），在尺寸、性能、成本和供应链方面提供了显著优势，能够满足当前及未来系统的需求。

English Document: SBAA844
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 1. 推荐产品

器件	电源	输入失调电压	带宽	封装
OPAx986	4.5V 至 48V	50μV	14MHz	单通道：D (SOIC-8)、DBV (SOT23-5)、DRL (SOT-5)
				双通道：D (SOIC-8)、DGK (VSSOP-8)、DSG (WSON-8)
				四通道：D (SOIC-14)、PW (TSSOP, 14)
OPAx985	4.5V 至 48V	50μV	5.6MHz	单通道：D (SOIC-8)、DBV (SOT23-5)、DRL (SOT-5)
				双通道：D (SOIC-8)、DGK (VSSOP-8)、DSG (WSON-8)
				四通道：D (SOIC-14)、PW (TSSOP, 14)
OPAx488	4.5V 至 48V	7.5μV	14MHz	单通道：D (SOIC-8)、DBV (SOT23-5)、DRL (SOT-5)
				双通道：D (SOIC-8)、DGK (VSSOP-8)、DSG (WSON-8)
				四通道：D (SOIC-14)、PW (TSSOP, 14)
OPAx486	4.5V 至 48V	5μV	5.6MHz	单通道：D (SOIC-8)、DBV (SOT23-5)、DRL (SOT-5)
				双通道：D (SOIC-8)、DGK (VSSOP-8)、DSG (WSON-8)
				四通道：D (SOIC-14)、PW (TSSOP, 14)
OPAx591	8V 至 85V	225μV	2.5MHz	单通道：DBV (SOT23-5)
				双通道：D (SOIC-8)、DGK (VSSOP, 8)
OPAx596	8V 至 85V	1mV	2.5MHz	单通道：DBV (SOT23-5)
				双通道：D (SOIC-8)、DGK (VSSOP, 8)

参考文献和资源

1. Open Compute Project (2024)。*8V Onboard Power Solution Requirements*。
2. Power Electronics News (2025)。*A Look into the Industry’s First Commercially Available Multiport SST*。
3. 德州仪器 (TI) (2025)。*数据中心不断演进以满足 AI 的巨大电力需求*。
4. 德州仪器 (TI) (2018)。*OPAx170 36V 单电源 SOT553 低功耗运算放大器 Value Line 系列*。
5. 德州仪器 (TI) (2014)。*揭秘对 DC/DC 转换器使用运算放大器和 OTA 的 II 类和 III 类补偿器*。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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出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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月