

Technical Article

实时控制技术如何实现可靠且可扩展的高压设计



Andrew Plummer and Michael Wang



随着功率水平需求的提升和现代电源系统的日趋复杂，对高压系统的需求也发生了重大变化。为了有效满足这些需求，有必要采用实时 MCU 或数字电源控制器来控制先进的电源拓扑，通过这些出色的拓扑来同时满足精细的规格和各种电源要求。本文将讨论数字电源控制在高压应用中的一些优势，并演示其如何助力先进电源系统的安全高效运行。

提高系统可靠性并保护电力电子设备

可靠性对于确保高压系统不间断运行至关重要。通过为电力电子设备提供可靠的过压、过流和热应力保护，可以延长元件的使用寿命、提高安全性、降低维护成本并更大限度减少停机时间，从而确保高效可靠的性能，避免意外故障。

过去廉价而简单的分立式模拟产品缺乏必要的灵活性和稳健性，无法大规模投入使用，特别是在混合动力和电动汽车、能源基础设施和电力输送等快速增长的领域，这些领域对高压电力电子设备的要求越来越高。

因此，数字电源在电源拓扑选择、系统级功能和安全保护等方面的表现更为出色，同时更大限度减少了项目从原型阶段进入量产阶段而需要分配的设计人员总数。

实时 MCU 和数字隔离式电源控制器可以提高此类系统的可靠性。这些器件将更大限度降低检测与操作之间的延迟，确保对负载变化和干扰做出快速准确的响应。这样就能提高稳定性，降低对瞬态事件的易感性，并提升整体性能。

MCU 和数字电源控制器还能快速检测过流、过压和过热等故障，并触发即时保护措施，从而为电力电子设备提供保护。这些器件能精确控制电源开关和调制方法，在安全范围内优化 FET 的性能，并更大限度减少元件应力。

能够同时控制多个功率级

现代高压系统的功率水平和复杂性不断提高，这往往意味着一个系统内要运行多个功率级。因此，需要一个功能强大的实时 MCU 或数字控制器来同时控制所有这些器件。

一个示例是用于太阳能应用的微型逆变器。典型的微型逆变器系统涉及多个功率级，包括将太阳能电池板产生的电力转换为高直流总线电压并随后将直流电转换为电网交流电的直流/直流功率级。TI 的 C2000™ 实时 MCU 可以驱动这些功率级，同时提供高级监测和辅助控制功能。基于 GaN 的 1.6kW 双向微型逆变器参考设计有一个能够处理所有四个直流/直流升压功率级的 TMS320F280039C MCU，以及一个转换器-电感器-电感器-电感器-转换器和一个单相图腾柱功率因数校正器 (PFC)。新款 TMS320F28P550SJ 的计算能力更强，拥有多达 24 个脉宽调制通道和 39 个模数转换器通道，因此能够支持六块甚至更多的光伏电池板。

TI 的数字电源控制器 (如 UCD3138A) 可用于同时控制多个功率级。一个示例是服务器 PSU 等交流/直流应用中的功率因数校正 (PFC)。另一个示例是适用于 48V 或 12V 等电信电源的高压直流/直流转换器。为了实现多种器件型号来支持不同功率水平并满足不同地区的需求，使用分立式模拟控制器的经验丰富的设计人员必须重新计算、测试和验证他们的工作。使用数字电源控制器，只需一个器件即可控制整个系统，并且在不同的项目之间更改电压和电流阈值等参数主要通过固件实现，因此可以节省设计团队的宝贵时间。此外，数字电源控制器提供额外的灵活性、通信能力和辅助控制功能。为了在运行日益复杂的功率级时实现出色的可靠性和可扩展性，数字电源控制器和实时 MCU 为需要高压 FET 的终端设备提供了多种选择。

最大化软件和硬件解决方案的投资

在当今的高压系统中，对冗余性、国际标准合规性以及降低工程设计活动外部依赖性的需求日益增长。可扩展的平台应通过兼容的硬件和软件支持各种设计。TI 提供参考设计、评估模块、调试器和程序等资源，帮助客户在不同应用中更快地评估数字电源控制器和 MCU，从而降低对定制电路板开发的需求。TI 还提供用于不同系统配置的软件库和固件示例，旨在加快原型设计和软件开发。Fusion Digital Power™ Studio 等 GUI 工具能够快速调整和优化通常需要外部元件才能执行的参数，并支持针对原型设计和量产需求进行器件编程。UCD3138A 生态系统中提供的资源概况如图 1 所示。

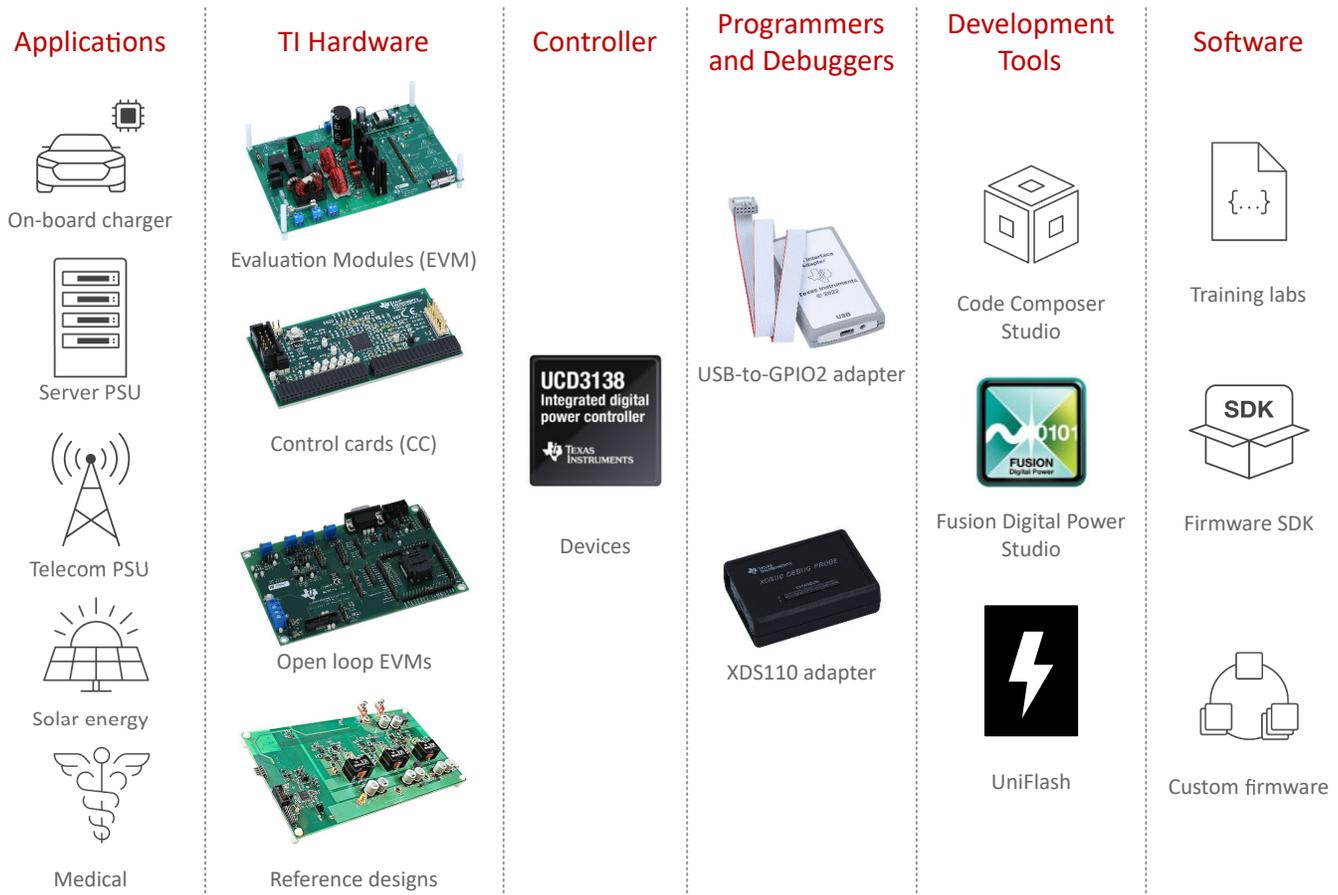


图 1. UCD3138A 数字电源控制器生态系统

图 2 展示了 C2000 实时 MCU 的生态系统，其中包括各种应用、产品、硬件平台、开发工具和软件开发套件。

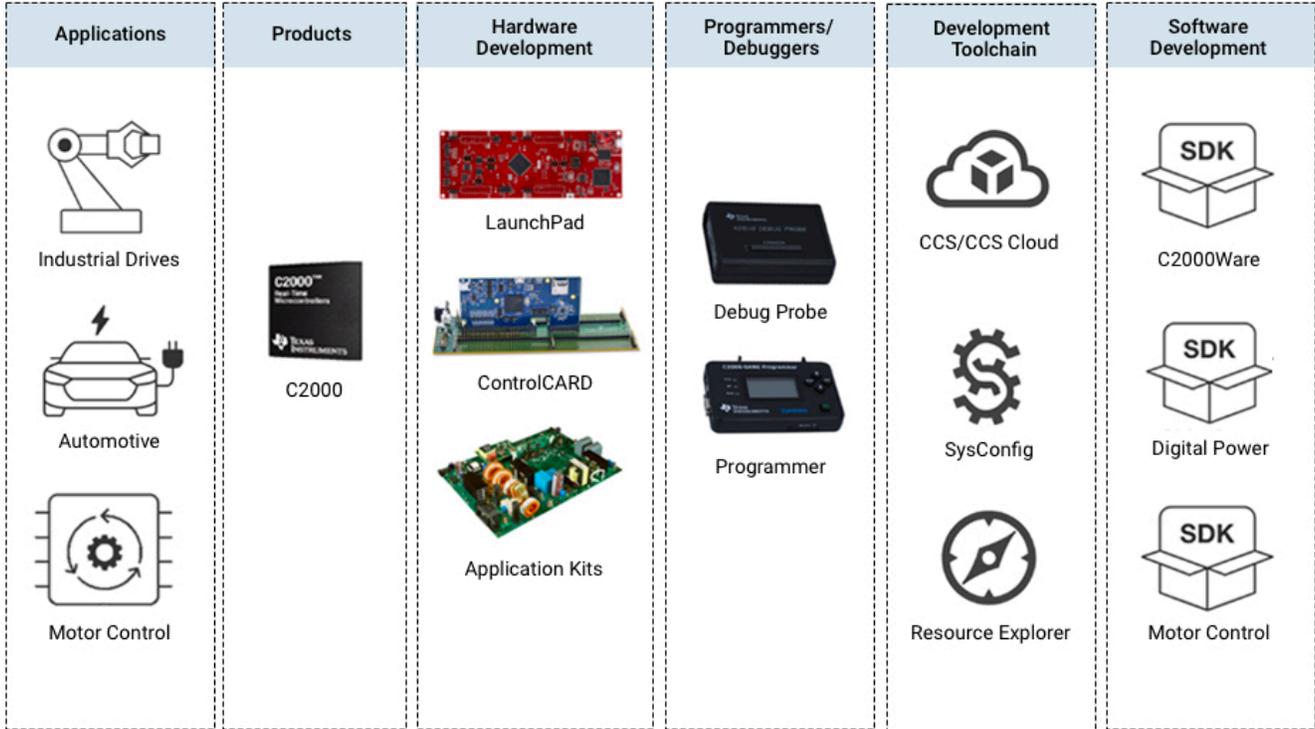


图 2. C2000 实时 MCU 生态系统

数字电源控制器与实时 MCU 的不同应用场合

适合使用数字电源控制器的场合：

- 在设计中需要数字技术的灵活性和辅助控制功能，而不需要完全定制电源控制律，同时希望利用具有专用反馈环路的数字电源外设来实现更高的带宽。
- 在应用中更希望通过简单易用的 GUI 进行参数调整和优化，而不是通过严谨的固件开发来实现此目的。
- 更希望采用适合电源控制的 ARM 内核，并通过双存储器组轻松进行实时固件更新，从而实现零停机时间。

适合使用实时 MCU 的场合：

- 在设计中需要精确的自适应控制和对系统状况的快速响应，例如在动态并网逆变器或电机驱动器中。
- 在应用中需要执行复杂算法，例如先进调制技术或预测性控制策略。
- 需要无缝集成外设、通信接口或复杂的系统诊断来实现全面的系统监测和控制。

上述要点汇总于图 3 中，另请参阅 TI.com 上的[数字电源技术](#)页面。

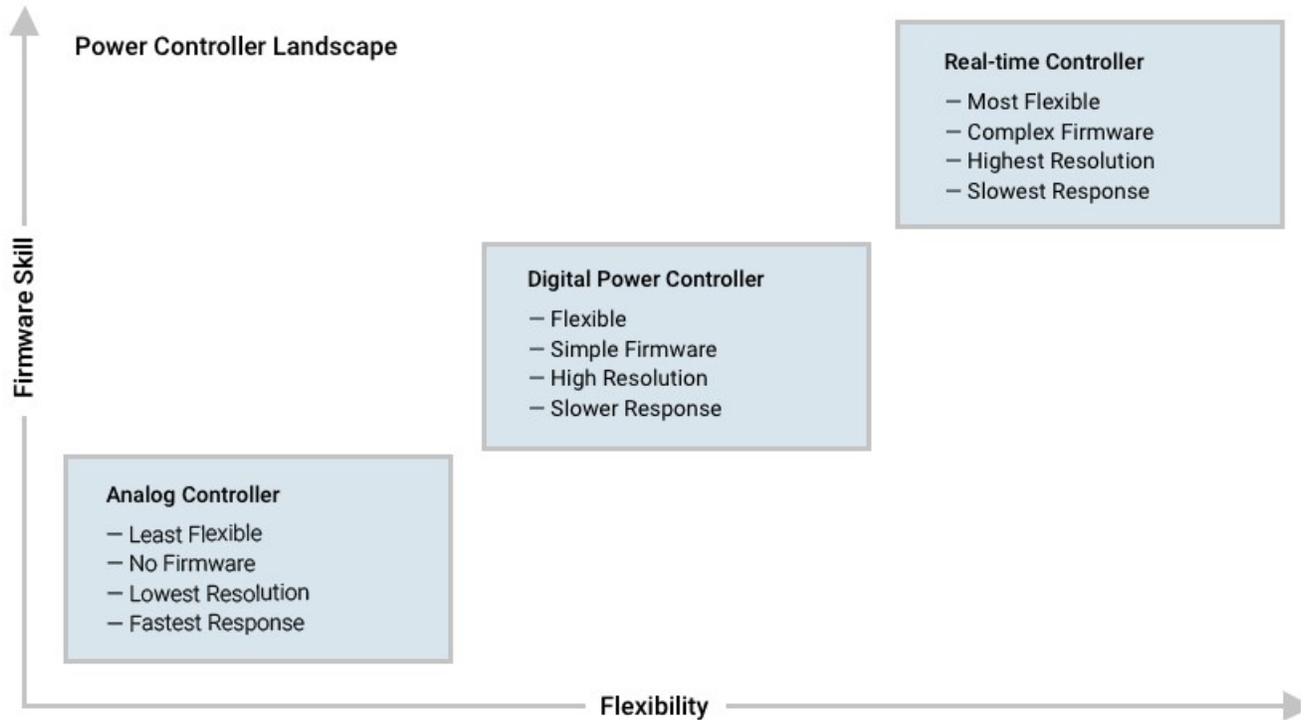


图 3. TI 电源控制器格局

结语

建设更可持续的未来取决于电动汽车、双向能量收集和存储系统以及更高效的数据中心等高压应用的增长，这些应用需要先进的多级保护方案才能充分发挥其潜力。

借助 TI 的高压实时控制技术产品系列，您可以灵活可靠地同时控制多个功率级，并通过配套的生态系统更大限度提高项目之间的知识产权利用率。

其他资源

- 阅读以下应用手册：
 - [UCD3138x 器件简介](#)
 - [使用 C2000 实时微控制器进行开发的必备指南](#)
- 查看以下参考设计：
 - [1kW 数字控制电流模式 LLC 参考设计](#)
 - [适用于电信和服务器 PSU、配备电表且效率为 97.5% 的 1kW 紧凑型数字 PFC 参考设计](#)
 - [基于 GaN 的 1.6kW 双向微型逆变器参考设计](#)

商标

Fusion Digital Power™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司