

Application Brief

在工业自动化和智能家用电器设计中实现支持边缘 AI 的电机控制



Srikar Sadhu

关键点

- AM13E230x MCU 通过在单个器件中结合使用 Arm® Cortex®-M33 CPU 和 TI TinyEngine™ NPU，能够在实时控制应用中实现预测性故障检测和自适应控制算法。
- 人形机器人和电器设备中的本地 AI 模型可以根据实际情况持续监测参数并调整性能，而无需云连接或其他分立式元件。

克服传统设计局限，实现支持边缘 AI 的电机控制

在工业自动化应用和电器设备的电机系统中，为帮助更大程度缩短停机时间、降低能源消耗和提高整体系统可靠性，对实时监测和控制的需求变得至关重要。为实现可靠的电机功能，传统的设计方法通常需要使用多个微控制器 (MCU) 和分立式元件，而这会增加复杂性、成本和功耗。

为了应对这一挑战，设计人员可以使用高度集成的 MCU，如 AM13E230x 系列（包括 [AM13E23019](#)），该系列配有用于边缘 AI 的硬件加速器。该系列 MCU 采用高性能 Arm Cortex-M33 内核，并集成了 TinyEngine NPU，可为工程师提供一个单芯片平台，助力实现精密电机控制、实时监控和本地 AI 推理。

这种集成度可将边缘 AI 功能引入到更多电机控制系统，实现预测性故障检测、自适应控制算法、异常检测和智能负载均衡等功能，而在传统方法中，成本、尺寸和功耗方面的考量限制了边缘 AI 在这些领域中的应用。TI 免费的 [CCStudio™ Edge AI Studio](#) 作为一套旨在加速边缘 AI 开发的图形和命令行工具，也为该系列 MCU 提供支持。

本文探讨了 AM13E230x MCU 如何帮助设计人员解决人形机器人执行器和智能家用电器设计中的关键设计难题。

人形机器人：执行器

人形机器人通过执行器实现操纵和移动，可同时在多个自由度上运行。此外，高扭矩快速启动（例如，电机从静止状态产生大扭矩的能力）需要保持低噪声运行才能实现出色性能。

本地运行的边缘 AI 模型可以检测电机何时在最大水平以上运行并防止长期损坏，从而延长电机寿命。因此，这些模型可以直接帮助实现具有宽运动范围和多自由度的类人关节和手指。[图 1](#) 展示了典型人形机器人手部、手臂和肩部中的电机数量。

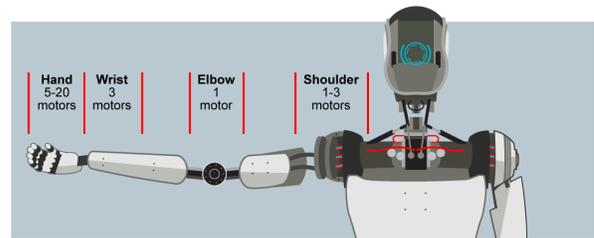


图 1. 简化图显示了人形机器人手部、手臂和肩部中可能存在的电机分布情况

AM13E230x MCU 中的边缘 AI 功能在关节运动应用中具有延长电机寿命和提供保护的优势。本地 AI 模型能够主动监测扭矩、负载和电流等电机参数，从而检测到电机何时运行异常，并及时通知潜在问题。

此外，该系列 MCU 专为人形机器人应用而设计。在这些应用中，成本、紧凑性和精密电机控制是主要的设计挑战。通过使用集成了可编程增益放大器的器件，而不是使用分立式 CAN 和 IGBT 外设（通常与 MCU 配合使用），设计人员可以降低物料清单成本并减少外部元件数量。对于在系统层面不要求高精度的应用而言，这可以提供更紧凑、更具成本效益的解决方案。

AM13E230x MCU 具有 $7 \times 7\text{mm}^2$ 的封装尺寸，因此可实现更大的运动范围，同时还能解决人形机器人关节电机中的空间限制问题。

洗衣机中支持边缘 AI 的电机控制

随着智能家居应用的加速发展，消费者现在希望电器能够更安静、更高效且更灵敏地运行。AM13E230x MCU 使设计人员能够更轻松地满足终端用户对安静、快速和可靠运行的需求，同时提供工具帮助构建可适应实际使用情况的智能电器。

工程师可以使用 AM13E230x MCU 来优化洗衣机电机控制设计——通过运行 AI 模型持续实时监测电机负载，并根据衣物重量自动调整扭矩和速度曲线，从而防止电机应变。图 2 展示了使用 AM13E230x MCU 的洗衣机电机控制系统的简化方框图。

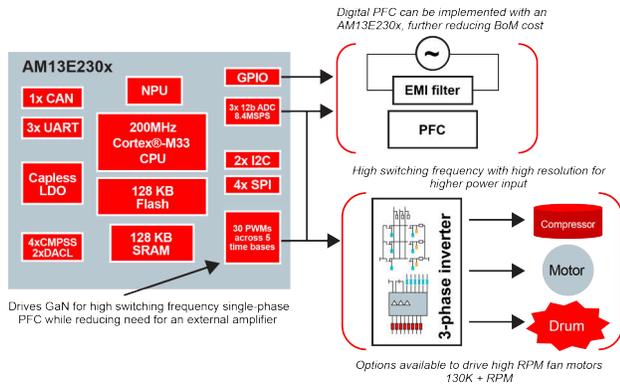


图 2. 洗衣机电机控制系统的简化方框图

NPU 可分担主 CPU 中的电机控制算法，从而降低了系统延迟和功耗，无需额外的分立式元件即可改善电机控制。

优化新一代设计中的电机控制

支持边缘 AI 的 MCU 通过在电机层面直接集成智能处理，正在改变各种应用中的电机控制。通过将高性能处理与神经处理能力相结合，这些解决方案能够在单芯片实现方案中实现预测性维护、自适应控制和精密电机管理。随着从人形机器人到智能电器的应用不断发展，在实时电机控制 MCU 中集成边缘 AI 为各行业打造更高效、更可靠和更智能的系统奠定了基础。

其他资源

- 在产品概述 [TI 的 TinyEngine™ NPU 在更多嵌入式系统中释放边缘 AI 加速能力](#) 中了解有关 TinyEngine NPU 的信息及其为支持边缘 AI 加速的嵌入式设计带来的优势。
- 立即使用 TI 免费的 [CCStudio Edge AI Studio](#) 工具开始您的设计。

商标

TinyEngine™ 是德州仪器 (TI) 的商标。

Arm® 和 Cortex® 是 Arm Limited 的注册商标。

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月