

## Technical Article

# 边缘 AI 加速的 Arm® Cortex®-M0+ MCU 如何为电子产品注入更强智能



Andrew Liu

## 关键点

- 集成神经处理单元 (NPU) 的德 TI 微控制器 (MCU) 可为边缘 AI 提供硬件加速，帮助设计人员在功耗受限、成本敏感的应用场景中，针对实时本地化传感器数据处理部署复杂的神经网络模型。
- 在 MCU 上运行机器学习推理可实现唤醒词检测、手势识别和预测性维护等高级功能。

## 利用 MCU 提升边缘 AI 的普及度

如今的通用型 MCU，尤其是集成了 TI TinyEngine™ NPU 这类 AI 硬件加速器的产品，能够在需要平衡功耗、尺寸与成本限制的产品中运行复杂模型，同时提升系统响应速度。

借助这些功能丰富的器件，工程师无需依赖与远程服务器的持续云端连接即可实现 AI 功能，在各类应用中为用户带来更智能、更快速、更可靠的体验。

本文将通过多个实例，介绍如何在基于 Arm® Cortex®-M0+ 内核的 MCU (如 MSPM0G5187) 上部署 AI 模型。每个实例均涵盖传感与信号处理链路、AI 模型如何适配嵌入式环境，以及 MCU 为各设计带来的性能与系统级优势。

## 智能家居设备中的唤醒词检测

在智能音箱 (图 1) 与中控设备中，AI 模型赋予语音识别能力，可根据用户指令唤醒设备。



图 1. 带语音识别功能的智能音箱

用户语音产生声波并转换为可测量的声压信号，AI 模型需要先捕获并处理这些信号再做出响应。图 2 是展示系统数据格式与流向的框图。

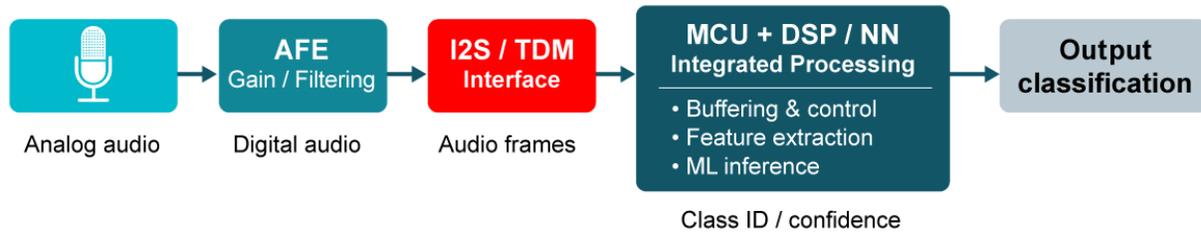


图 2. 语音识别应用的信号链方框图

在此信号链中，麦克风等模拟传感器采集原始波形，随后送入模拟前端器件提升信号幅度、滤除噪声，并将数据编码为数字格式。MCU 通过 I2S 等音频通信协议接收数据，并通过片上神经网络模型解析数据，以确定是否说出了特定关键词。若检测到关键词，系统判定为有效唤醒条件，系统中性能更强的处理器启动，要么执行任务所需的密集计算，要么将用户指令无线转发至云端 AI 模型。

在支持语音的产品中，速度和性能准确性是首要考虑因素；快速响应、首次尝试就正确理解用户请求的系统可减少重复命令与过度待机。器件需持续监听唤醒命令并快速处理语音数据，该功能要求低延迟、低功耗性能。

MCU 在语音识别应用中仅消耗数十毫瓦的功率，与消耗整瓦功率的语音处理器集成电路 (IC) 相比，功耗降低了百倍，从而满足了应用的功耗需求。在延迟方面，与仅搭载标准 CPU 的 MCU 运行相同模型相比，采用一维卷积神经网络的 AI 关键词识别模型借助 NPU 可将处理时间缩短 90 倍以上。

### 可穿戴健康监测设备中的手势与活动监测

在智能戒指、智能手表 (图 3) 等可穿戴个人电子设备中, 无接触手势识别通过传感器追踪手部与身体运动实现。相同的传感器还可以记录健康和行为数据, 以确定有关健身、睡眠和压力水平的洞察。



图 3. 显示生物特征数据的可穿戴健身追踪设备

图 4 中的信号链框图展示了 AI 模型如何测量与分析手势。加速度计和陀螺仪之类的模拟传感器会捕获人体运动 and 方向; 然后这些传感器通过信号链传递信号以进行预处理和测量。MCU 接收数据并运行 AI 模型, 识别手腕突然抖动等特定手势。同样的概念适用于其他类型的数据, 如心率、窦性心律和睡眠模式; 只需要在系统设计中配备适当的传感器。

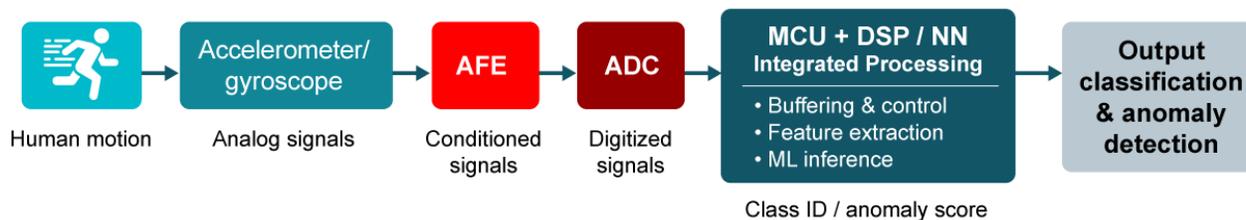


图 4. 可穿戴手势识别应用的信号链框图

可穿戴健康追踪器的设计人员致力于开发小巧轻便、适合日常佩戴, 同时能精准快速识别手势的方案。MCU 可以通过高效的计算能力以及将模拟和数字外设高度集成到仅占用印刷电路板 (PCB) 上几平方毫米的微小 IC 封装中, 来满足这些技术要求。这种设计方法可以实现比以往使用分立元件更小的设计, 这可以从现代智能配件在总体上保持相同尺寸的同时不断添加功能的趋势中看出。

## 工业电机中的电机振动检测

无论是输送机、泵还是执行器，工业电机中的机械运动部件（图 5）都可能随着时间的推移而发生故障，并导致不必要的中断。本地 AI 模型可以监控电机信号并寻找时域异常，例如不会立即停止电机功能但确实表明即将发生故障的小脉冲尖峰和不规则周期性。

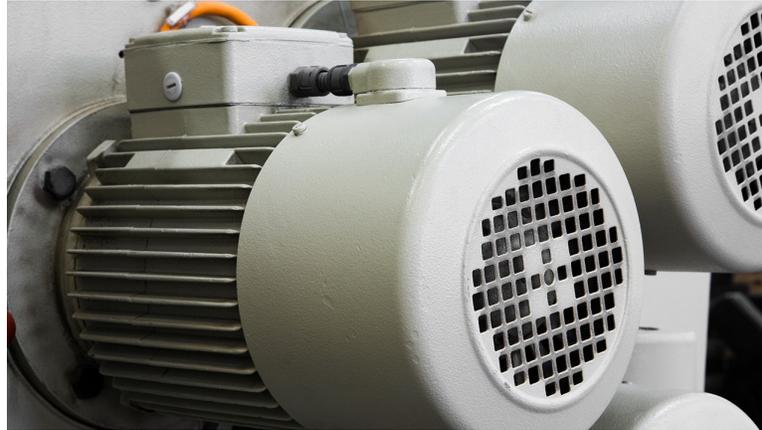


图 5. 工业电机

图 6 显示了用于测量电气波形和执行数据预处理任务以便为 AI 模型提供更清晰输入的信号链。此应用中的 MCU 使用用于电机故障分析的 AI 模型来及早检测异常，并向系统或操作人员发出预警。

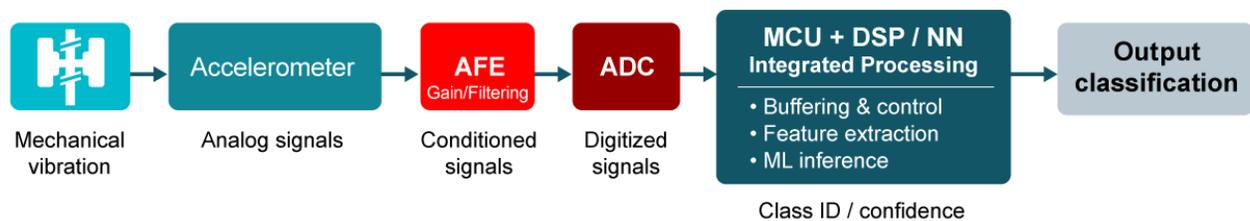


图 6. 工业电机中机械振动监测的信号链方框图

由于此类环境中经常有人作业，因此还需要确保机器故障可预测和可预防，以确保安全。支持边缘 AI 的 MCU 通过部署 AI 模型，直接监测关键电机信号以识别故障迹象，在这类环境中具备高度灵活性。这些模型擅长识别数据中的模式以果断地进行干预，成为电机系统中的强大工具。

### 借助 MCU 为边缘注入更多智能

以 MSPM0G5187 为例，搭载边缘 AI 加速的 Arm Cortex 内核 MCU，其最突出的优势是在通用应用中的高度通用性。在各种各样的电子产品中，设计人员可以找到部署低功耗、低延迟 AI 功能的创新方法。MCU 制造商的目标是继续集成这些高级功能，同时部署易于使用的开发资源和可扩展的平台。

## 其他资源

- 详细了解 TI 的 [边缘 AI 产品组合](#)。
- 立即使用 TI 的免费 [CCStudio™ Edge AI Studio](#) 工具开始您的设计。
- 在产品概述中阅读有关 TinyEngine NPU 及其为支持边缘 AI 加速的嵌入式设计带来的优势：[TI 的 TinyEngine™ NPU 在更多嵌入式系统中释放边缘 AI 加速能力](#)

## 商标

TinyEngine™ 和 CCStudio™ 是德州仪器 (TI) 的商标。

Arm® 和 Cortex® 是 Arm Limited 的注册商标。

## 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

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](http://ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025