

## Technical Article

# 邊緣 AI 加速 Arm® Cortex®-M0+ MCU 如何為電子產品注入更強大的智慧



Andrew Liu

## 重點知識

- 具備整合式神經處理單元 (NPU) 的 TI 微控制器 (MCU) 可為邊緣 AI 提供硬體加速，協助設計師部署精密神經網路模型，以在功率受限且成本導向的應用中，實現即時局部感測器資料處理。
- 在 MCU 上執行機器學習推論可實現進階功能，包括喚醒字偵測、手勢辨識和預測性維護。

## MCU 讓邊緣 AI 變得更容易獲得

現今的通用型 MCU，特別是整合了如 TI TinyEngine™ NPU 等 AI 硬體加速器的產品，使得在需要平衡功耗、尺寸和成本限制的產品中執行精密模型成為可能，同時還能提高系統回應能力。

這些功能豐富的裝置讓工程師無需依賴持續的雲端連線至遠端伺服器，即可實作 AI 功能，進而在各種應用中提供更智慧、更快速且更可靠的使用者體驗。

在本文中，我將探討幾個範例，重點介紹如何在 Arm® Cortex®-M0+ 架構的 MCU (如 [MSPM0G5187](#)) 上部署 AI 模型。每個範例均涵蓋了感測和訊號處理鏈、AI 模型如何融入嵌入式環境，以及 MCU 為每個設計帶來的性能和系統級優勢。

## 智慧住宅裝置中的喚醒字偵測

在智慧型喇叭 (圖 1) 和中控樞紐中，AI 模型可增強語音辨識功能，使其能根據使用者需求喚醒。



圖 1. 具備語音辨識功能的智慧型喇叭

使用者的語音產生的聲波會以可測量的聲波壓力進行處理，AI 模型必須在回應前擷取和處理這些聲波。圖 2 是顯示系統中資料格式和流程的方塊圖。

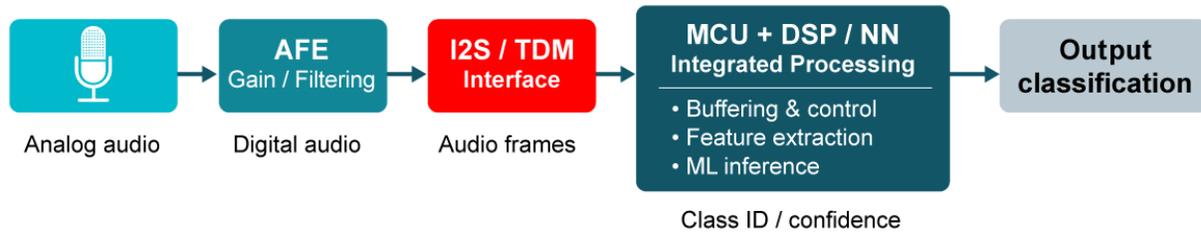


图 2. 語音辨識應用的訊號鏈方塊圖

在此訊號鏈中，麥克風等類比感測器會擷取原始波形，然後將這些波形傳遞至類比前端裝置，以改善訊號振幅、濾除雜訊，以及將資料編碼為數位格式。MCU 會透過 I2S 等通訊協定接收音訊資料，並透過晶片內建神經網路模型解讀資料，以判斷是否講出特定的關鍵字。若是，系統會辨識出有效的喚醒條件，隨後系統中更強大的處理器將連線，負責執行請求任務的高負載運算，或透過無線方式將使用者提示委派給雲端式 AI 模型。

在支援語音的產品中，速度和性能準確度是首要任務；回應迅速的系統能夠在第一次嘗試時精準掌握使用者的要求，進而減少了重複命令或過度怠速的需要。裝置需持續監聽喚醒命令並快速處理語音資料，而這項功能需要低延遲和低功耗性能。

MCU 在語音辨識應用中僅消耗數十毫瓦的功耗，與消耗數瓦功耗的語音處理器積體電路 (IC) 相比，性能提升了百倍。在延遲方面，與在僅配備標準 CPU 的 MCU 上執行相同模型相比，使用一維 (1D) 卷積神經網路的 AI 關鍵字辨識模型在搭配 NPU 時，可減少超過 90% 的處理時間。

### 穿戴式健康追蹤裝置中的手勢與活動監控

在智慧型戒指和手錶 (圖 3) 等穿戴式個人電子產品中，免觸控手勢辨識是透過追蹤手部和身體運動的感測器來進行。相同的感測器還可以記錄健康和行為資料，進而深入了解健身狀況、睡眠和壓力程度。



圖 3. 顯示生物辨識數據的穿戴式健康追蹤裝置

圖 4 中的訊號鏈方塊圖顯示 AI 模型如何測量與分析手勢。加速度計和陀螺儀等類比感測器可擷取人類的動作和方向；這些感測器隨後會將訊號傳送至訊號鏈，以進行預先處理和測量。MCU 會接收資料並執行 AI 模型，以辨識如手腕突然晃動等特定手勢。同樣的概念也適用於其他類型的資料，如心率、竇性節律和睡眠模式，只需在系統設計中加入適當的感測器即可。

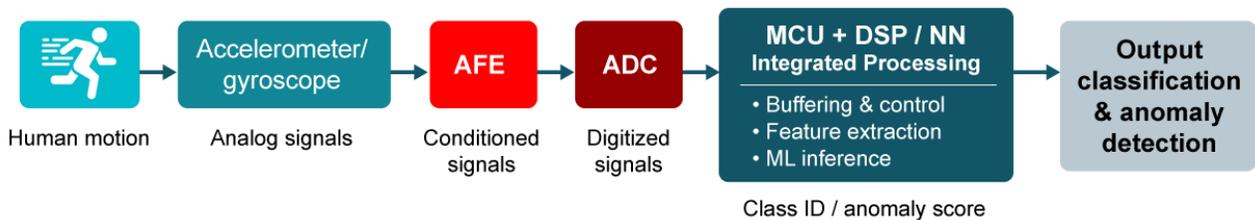


圖 4. 手勢辨識穿戴式應用的訊號鏈方塊圖

穿戴式健康追蹤裝置的設計人員正尋求開發體積小、重量輕且適合日常穿戴，同時具備精準快速辨識手勢能力的解決方案。MCU 擁有高效的運算能力，以及在僅占用印刷電路板 (PCB) 數平方公釐的微小 IC 封裝中高度整合類比與數位週邊設備，足以滿足這些技術需求。這種設計方法能實現比離散式元件更小巧的設計，這從現代智慧配件在功能持續增加的同時，尺寸通常保持不變的趨勢中可見一斑。

## 工業馬達中的馬達振動偵測

無論是輸送帶、泵浦還是致動器，工業馬達 (圖 5) 中的機械運動零件都可能隨時間而逐漸失效，並導致非預期的中斷。本機 AI 模型可監控馬達訊號，並找出時域異常，例如微小的脈衝突波與不規則的週期性，這些異常雖然不會立即導致馬達停止運作，但預示著即將發生的故障。

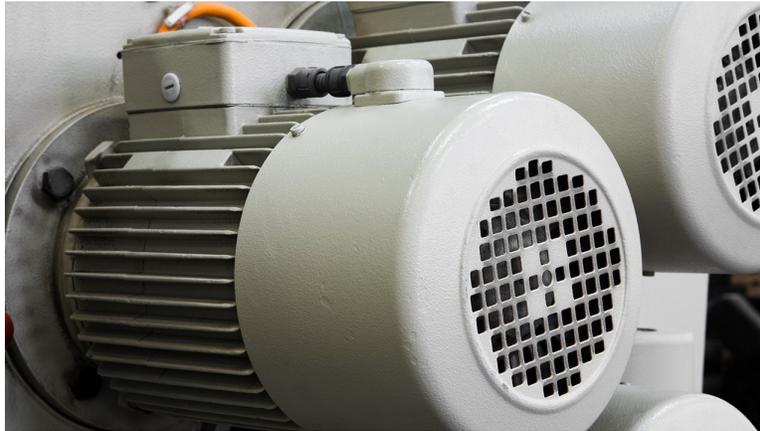


圖 5. 工業馬達

圖 6 展示了一個訊號鏈，用於測量電氣波形並執行資料預處理任務，以便為 AI 模型提供更清晰的輸入。在此應用中，MCU 使用 AI 模型進行馬達故障分析，以便及早偵測到異常狀況並警告系統或其操作人員。

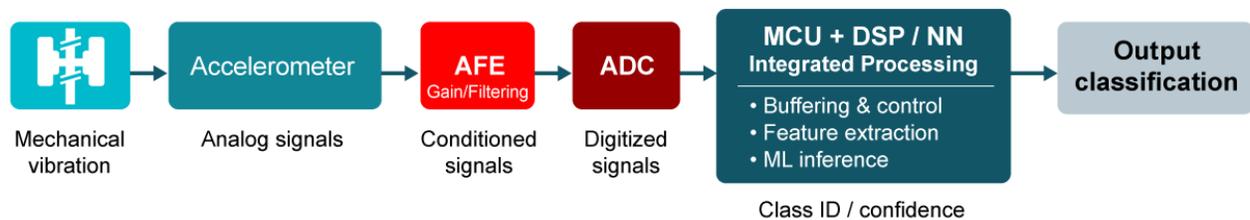


圖 6. 工業馬達中機械振動監控的訊號鏈方塊圖

由於人類經常出現在這些環境中，機器故障也需要具備可預測性和可預防性，以確保安全。具備邊緣 AI 功能的 MCU 透過部署 AI 模型，直接監控重要的馬達訊號以尋找故障跡象，在這些環境中提供了極高的靈活性。這些模型擅長識別資料模式以果斷地進行干預，是馬達系統中的強大工具。

### 透過 MCU 為邊緣帶來更多智慧

像 [MSPM0G5187](#) 這樣具備邊緣 AI 加速功能的 Arm Cortex 架構 MCU，最令人驚艷之處在於其在通用應用中的多功能性。設計人員可以在幾乎無窮無盡的電子產品中，找到部署低功耗、低延遲 AI 功能的創新方法。而 MCU 製造商的目標就是持續整合這些先進功能，同時提供易於使用的開發資源和具備擴展性的平台。

## 其他資源

- 深入了解 TI 的 [邊緣 AI 產品組合](#)。
- 立即使用 TI 免費的 [CCStudio™ Edge AI Studio](#) 工具開始您的設計。
- 閱讀產品概覽《[TI 的 TinyEngine™ NPU 為更多嵌入式系統解鎖邊緣 AI 加速功能](#)》，了解 TinyEngine NPU 及其對邊緣 AI 加速嵌入式設計的優勢

## 註冊商標

TinyEngine™ 和 CCStudio™ 是德州儀器的商標。

Arm® 和 Cortex® 是 Arm Limited 的註冊商標。

## 重要聲明與免責聲明

TI 以「現狀」及所含一切錯誤提供技術與可靠數據 (包含產品規格書)、設計資源 (包含參考設計)、應用或其他設計建議、網頁工具、安全資訊和其他資源，且不承擔所有明示或默示保證，包括但不限於適銷性或用於特定用途之適用性的任何默示保證，或不侵害第三方智慧財產的任何默示保證。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您應自行負責 (1) 選擇適合您應用的 TI 產品，(2) 設計、驗證與測試您的應用，與 (3) 確保應用符合適用標準，以及任何其他安全、安保、法規或其他要求。

這些資源得進行修改且無需通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的智慧財產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#)、[TI 的通用品質指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供此等資源並不會擴大或以其他方式改變 TI 對於 TI 產品的適用保證或保證免責聲明。除非 TI 明確將某產品指定為自訂或客戶指定型號，否則 TI 產品均為標準、類比、通用裝置。

TI 反對並拒絕您可能提出的任何附加或不同條款。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

上次更新 10/2025

## 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](#) 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