

## Application Brief

## 산업 자동화 및 스마트 홈 가전 설계에서 에지 AI 기반 모터 제어 구현



Srikar Sadhu

## 요점

- AM13E230x MCU는 단일 장치에서 Arm® Cortex-M33 CPU와 TI의 TinyEngine™ NPU를 결합하여 실시간 제어 애플리케이션에서 예측형 오류 감지 및 적응형 제어 알고리즘을 지원합니다.
- 휴머노이드 로봇 및 가전 시스템에서 로컬 AI 모델은 클라우드 연결이나 추가적인 개별 부품 없이도 매개 변수를 지속적으로 모니터링하고 실제 환경 조건에 따라 성능을 조정할 수 있습니다.

## 기존 설계 한계를 극복한 에지 AI 기반 모터 제어

산업 자동화 애플리케이션 및 가전 제품의 모터 시스템에서 가동 중지 시간 최소화, 에너지 소비 절감 및 전체 시스템 신뢰성 향상을 위해 실시간 모니터링과 제어의 필요성이 중요해졌습니다. 기존 설계 방식에서는 안정적인 모터 기능을 가능하게 하기 위해 여러 개의 MCU(마이크로컨트롤러)와 개별 부품이 필요한 경우가 많아 복잡성, 비용 및 전력 소비가 증가합니다.

이러한 과제를 해결하기 위해 설계자는 에지 AI용 하드웨어 가속기를 포함하는 AM13E230x 제품군(AM13E23019 포함)과 같은 고집적 MCU를 사용할 수 있습니다. 이러한 MCU는 TinyEngine NPU가 통합된 고성능 Arm Cortex-M33 코어를 갖추고 있어 엔지니어에게 정밀 모터 제어, 실시간 모니터링 및 로컬 AI 추론을 위한 단일 칩 플랫폼을 제공합니다.

이와 같은 통합 수준에 따라 에지 AI 기능을 더 많은 모터 제어 시스템에 적용할 수 있으며, 비용, 크기 및 전력 제약으로 인해 기존에는 에지 AI 사용이 제한되었던 환경에서도 예측형 오류 감지, 적응형 제어 알고리즘, 이상 감지 및 지능형 부하 분산과 같은 기능을 지원할 수 있습니다. 이러한 MCU는 에지 AI 개발을 가속화하도록 설계된 그래픽 및 명령줄 도구 모음인 TI의 무료 CCStudio™ Edge AI Studio에서도 지원됩니다.

이 문서에서는 AM13E230x MCU가 휴머노이드 로봇 액추에이터 및 스마트 홈 가전 설계에서 주요 설계 과제를 해결하는 데 어떻게 도움이 되는지 살펴봅니다.

## 휴머노이드 로봇: 액추에이터

휴머노이드 로봇은 조작과 이동을 위해 액추에이터를 사용하며, 여러 자유도에서 동시에 동작합니다. 또한 높은 토크의 빠른 기동(예: 정지 상태에서 모터가 큰 토크를 생성하는 능

력)을 위해서는 최적의 성능을 위해 저잡음 동작이 요구됩니다.

넓은 동작 범위와 여러 자유도를 갖는 휴머노이드 관절과 손가락은 로컬에서 실행되는 에지 AI 모델의 직접적인 이점을 얻습니다. 이러한 모델은 모터가 최대 수준을 초과하여 동작하는 상황을 감지하고 장기적인 손상을 방지하여 모터 수명을 연장할 수 있기 때문입니다. 그림 1은 일반적인 휴머노이드 로봇의 손, 팔, 어깨에 사용되는 모터 수를 보여줍니다.

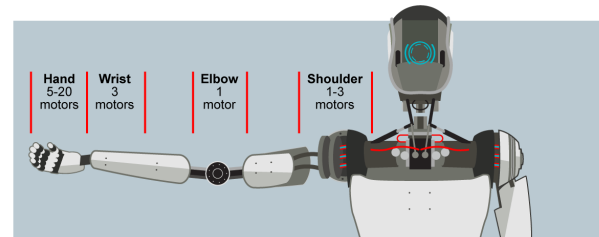


그림 1. 휴머노이드 로봇의 손, 팔 및 어깨에서 가능한 모터 분배를 보여주는 단순화된 다이어그램

AM13E230x MCU의 에지 AI 기능은 관절 동작 애플리케이션에서 모터 수명과 보호 측면에서 이점을 제공합니다. 로컬 AI 모델은 토크, 부하, 전류와 같은 모터 매개 변수를 사전에 모니터링하여 모터가 정상적으로 동작하지 않는 상황을 감지하고 잠재적인 문제를 조기 알림으로 알려줍니다.

또한 이러한 MCU는 비용, 소형화, 정밀 모터 제어가 주요 설계 과제인 휴머노이드 로봇 애플리케이션을 위해 설계되었습니다. MCU와 함께 자주 사용되는 개별 CAN 및 IGBT 주변 기기를 사용하는 대신 통합된 프로그래머블 게인 증폭기를 갖춘 장치를 사용하면 BOM(자재 명세서) 비용과 외부 부품 수를 모두 줄일 수 있습니다. 이를 통해 시스템 수준에서 매우 높은 정확도가 요구되지 않는 애플리케이션에서 더 작고 비용 효율적인 솔루션이 가능합니다. AM13E230x MCU는 7 × 7mm² 패키지를 사용하여 휴머노이드 로봇 관절 모터에서 공간 제약을 해결하면서 더 넓은 동작 범위를 가능하게 합니다.

## 세탁기의 에지 AI 기반 모터 제어

스마트 홈 도입이 가속화되면서 소비자는 이제 더 조용하고 효율적이며 반응성이 뛰어난 가전제품을 기대하고 있습니다. AM13E230x MCU는 설계자가 조용하고 빠르며 안정적인 동작에 대한 최종 사용자 요구를 보다 쉽게 충족하도록 지원

하며, 실제 사용 환경에 적응할 수 있는 지능형 가전을 구축할 수 있는 툴도 제공합니다.

엔지니어는 AM13E230x MCU를 사용하여 세탁기 모터 제어 설계를 최적화할 수 있습니다. AI 모델을 실행하여 모터 부하를 실시간으로 지속적으로 모니터링하고 세탁물 무게에 따라 토크와 속도 프로파일을 자동으로 조정하여 모터 과부하를 방지할 수 있습니다. **그림 2**는 AM13E230x MCU를 사용하는 세탁기 모터 제어 시스템의 간략한 블록 다이어그램을 보여줍니다.

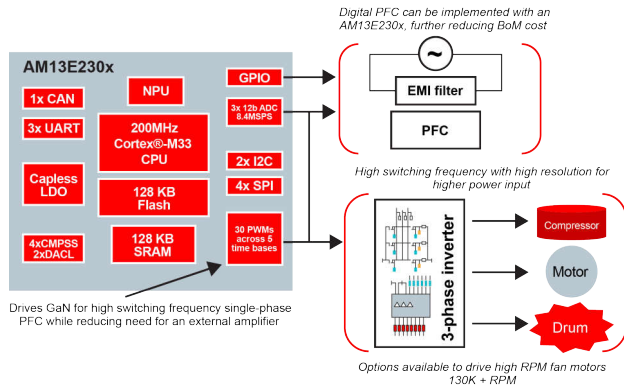


그림 2. 세탁기 모터 제어 시스템의 간략한 블록 다이어그램

NPU는 모터 제어 알고리즘을 메인 CPU에서 오프로딩하여 시스템 지연 시간과 전력 소비를 줄이고, 추가적인 개별 부품 없이 모터 제어 성능을 향상시킵니다.

### 차세대 설계에서의 모터 제어 최적화

에지 AI 기반 MCU는 모터 수준에서 지능형 처리를 직접 통합하여 다양한 애플리케이션에서 모터 제어 방식을 변화시키고 있습니다. 이러한 솔루션은 고성능 처리와 신경망 처리 기능을 결합하여 단일 칩 구현에서 예측 유지 보수, 적응형 제어 및 정밀 모터 관리를 지원합니다. 휴머노이드 로봇에서 스마트 가전에 이르기까지 애플리케이션이 계속 발전함에 따라 실시간 모터 제어 MCU에 에지 AI를 통합하는 것은 산업 전반에서 더욱 효율적이고 안정적이며 지능적인 시스템을 구현하기 위한 기반을 제공합니다.

### 추가 리소스

- 제품 개요 문서 [TI의 TinyEngine™ NPU로 더 많은 임베디드 시스템에서 에지 AI 가속 구현](#)에서 TinyEngine NPU와 에지 AI 가속 임베디드 설계에서의 이점에 대해 알아보십시오.
- TI의 무료 [CCStudio Edge AI Studio](#) 툴을 사용하여 지금 바로 설계를 시작해 보십시오.

### 상표

TinyEngine™은 텍사스 인스트루먼트의 상표입니다.

Arm® 및 Cortex®는 Arm Limited의 등록 상표입니다.

모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

## 중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 명시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [TI의 판매 약관](#), [TI의 일반 품질 지침](#) 또는 [ti.com](#) 이나 해당 TI 제품과 함께 제공되는 기타 조건의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다. TI가 명시적으로 제품을 사용자 정의 또는 고객 정의용으로 지정하지 않는 한, TI 제품은 범용의 표준 카탈로그 장치입니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 어떠한 추가적이거나 상이한 조건도 반대하며 이를 거부합니다.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

최종 업데이트: 2025/10/25

## 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