

Technical Article

고급 전류 및 전압 감지로 초정밀 로봇을 구현하는 방법



Kia Rahbar

바늘에 실을 꿰는 휴머노이드 로봇이나 식품 가공 공장에서 부서지기 쉬운 물건을 취급하는 협동 로봇(코봇)을 상상해 보십시오. 아주 작은 오차만 있어도 실수가 발생할 것입니다.

로봇에게 정밀함이란 너무나 중요한 요소입니다. 전류와 전압 감지 기술의 발전으로 로봇이 더 빠른 토크 응답으로 복잡한 작업을 처리하는 능력이 크게 개선되어 부드럽게 인간과 같은 동작을 할 수 있게 되었습니다. 그리고 기능 면에서는 절연 컨버터로 인해 더 작은 설계에서 더 정밀한 모터 제어가 가능해져 더 스마트하고 안전하며 효율적인 로봇을 만들 수 있게 되었습니다.

60V 미만 자율 모바일 로봇 및 휴머노이드와 같은 로봇이 점점 더 복잡해지는 역할을 수행함에 따라, 더 긴 작동 시간과 높은 전력 효율이 필요해졌습니다. 정확한 전류 및 전압 감지 측정은 정밀도와 빠른 토크 응답 시간에 직접적인 영향을 미치며, 결과적으로 로봇이 원하는 위치와 방향에 더 빠르고 정확하게 도달할 수 있도록 합니다. 안전하게 탐색하고 부하 또는 환경 조건의 변화에 반응하는 등의 갑작스러운 작업을 수행할 때는 나노초 단위까지도 중요합니다. 이러한 측정은 로봇의 제어 시스템에 실시간 데이터를 제공하여 로봇이 즉시 동작을 조정하고 진행 중인 작업 중 정밀도를 유지할 수 있도록 합니다. **그림 1**은 (는) 전류 및 전압 감지의 정확도가 로봇의 더 정확한 반응에 어떤 도움이 되는지 보여줍니다.



그림 1. 전류 및 전압 감지 정확도는 정밀한 로봇이 작업을 수행하는 데 영향을 미칩니다

감지 능력 향상의 필요성

전압 및 전류 감지 솔루션이 현대의 로봇 시스템에 제공할 수 있는 장점에도 불구하고, 고성능 센서에는 많은 과제가 있습니다. 가장 일반적인 과제는 모터에 공급되는 전류 및 전압의 정확한 저잡음 측정을 수행하는 방법입니다. 오늘날의 로봇 시스템에서 3상 인버터는 낮은 전류 또는 전압 수준에서 작동하며, 기존 비절연 센서 측정의 정확도를 방해할 수 있는 과도 잡음을 생성합니다.

더 느린 토크 응답과 덜 정밀한 동작은 로봇을 설계할 때 상당한 문제를 일으킵니다. 매우 부드럽고 통제된 방식으로 복잡한 작업을 수행하는 데 필요한 미세 모터 기술에 방해가 되기 때문입니다.

설계 엔지니어가 직면한 또 다른 과제는 모바일 로봇을 포함한 많은 로봇이 배터리로 구동되므로, 성능을 유지하면서 에너지 효율을 최적화하는 것이 어렵다는 점입니다. 전원이 충분하지 않으면 시스템 장애, 작업 기간 제한, 운영 비용 증가도 발생할 수 있습니다.

성능 문제도 그렇지만, 소형 휴머노이드 로봇에는 추가적인 감지 회로를 위한 공간이 제한되어 있습니다. 모듈의 크기나 시스템 무게를 크게 늘리지 않고 전류 및 전압 감지 회로를 통합하는 것은 아주 어려울 수 있습니다.

로봇을 설계할 때는 고전압 및 저전압 영역의 전원과 제어 회로 사이에 절연이 필요합니다. 단락 이벤트 또는 과전압 조건으로부터 보호하려면 이러한 장애를 빠르고 정확하게 감지하여 다른 부품의 손상을 방지해야 합니다.

정밀한 전류 및 전압 측정 달성

기존의 로봇 설계가 가진 설계 과제를 극복하기 위해 TI의 기능적 절연 컨버터를 사용하면 설계자가 60V 미만의 소형 설계에서 작은 크기와 저렴한 비용을 유지하면서 부드러운 토크 작동과 정밀한 모터 제어를 달성할 수 있습니다.

AMC0106M05 및 AMC0106M25 기능적 절연 델타-시그마 전류 감지 모듈레이터와 AMC0136 기능적 절연 전압 감지 모듈레이터는 더 정밀한 전류 및 전압 측정을 달성할 수 있습니다. 이러한 장치는 그림 2에서 볼 수 있듯이 12~14의 ENOB(유효 비트 수)를 가지며, 이는 오늘날의 8~11비트 아날로그 솔루션과 비교됩니다. 이러한 측정 정밀도의 증가를 통해 민감한 로봇 작업과 움직임을 위한 낮은 수준의 전류 및 전압 측정을 개선할 수 있습니다.

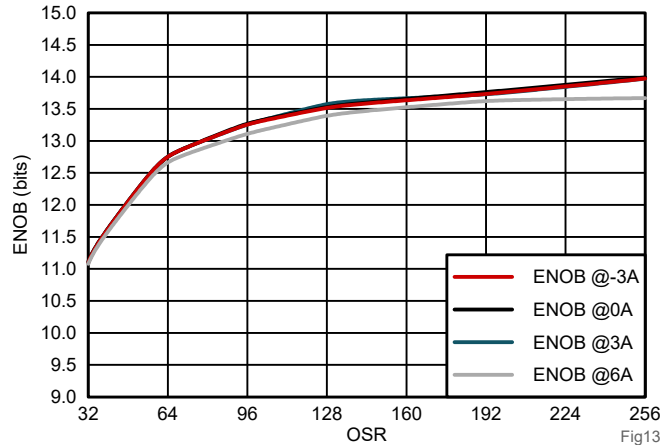


그림 2. ENOB와 오버샘플링 비율이 향상되면 잡음을 줄이고 해상도를 향상시키는 데 도움이 됩니다

전기화학적으로 절연된 모듈레이터는 150V/ns의 높은 CMTI(공통 모드 과도 내성)로 잡음 내성과 시스템 수준의 오프셋 드리프트를 개선합니다. 디지털 인터페이스는 펄스 폭 변조 스위칭이 측정 정확도에 영향을 주지 않도록 합니다. 이러한 기능 덕분에 로봇 설계자는 고효율 질화 갈륨 모터 설계에 50V/ns 이상의 빠른 스위칭 속도를 사용할 수 있습니다. 또한 높은 CMTI는 게이트를 스위칭할 때 전력 접지의 잡음이 때 마이크로컨트롤러를 방해할 위험을 줄임으로써 데이터 손상과 성능 저하를 방지합니다.

기능적 절연 모듈레이터로 가능해지는 성능상의 이점과 함께, 이러한 장치는 3.5mm x 2.7mm 패키지 덕분에 다른 강화 절연 모듈레이터 솔루션보다 센서 솔루션 크기가 50% 이상 작습니다(그림 3 참조). 그리고 더 작은 폼 팩터로 인해 더 작은 PCB(인쇄 회로 보드)를 사용할 수 있어 더 작은 로봇을 만들 수 있습니다.

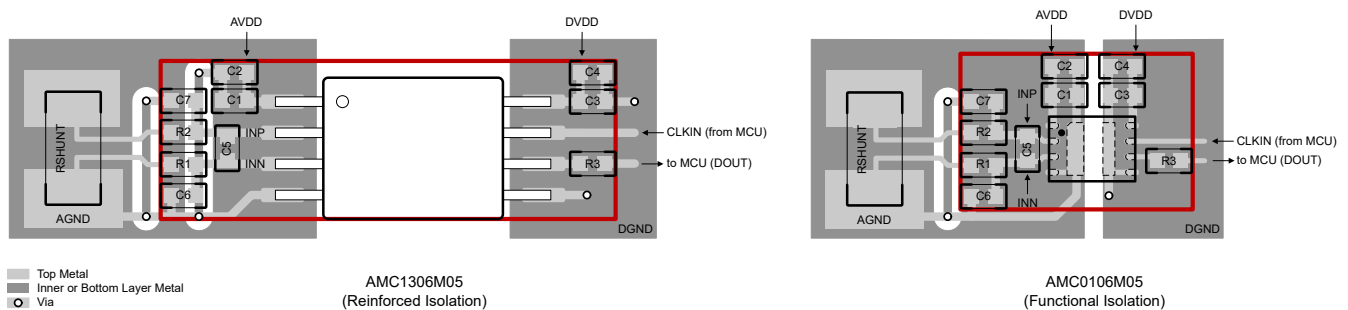


그림 3. AMC0106M05는 PCB 솔루션 크기를 50% 줄입니다

단락 이벤트 또는 과전압 조건과 같은 장애로부터 보호하기 위해, AMC21C12 기능적 절연 콤팩트 모듈레이터는 290ns의 응답 시간을 가능하게 합니다. 이러한 오류 감지 속도로 게이트 드라이버를 빠르게 종료함으로써 시스템의 다른 부품이 손상되는 것을 방지할 수 있습니다.

결론

기능적 절연 감지와 고속 토크 응답의 발전은 로봇의 미래에 대한 가능성을 크게 키웠습니다. 이러한 로봇은 복잡한 정밀 수술을 하거나 고속으로 작은 전자 장치를 조립할 수 있습니다. 자율 모바일 로봇은 복잡한 환경에서 더 효율적으로 이동할 수 있고, 코봇은 조립 라인에서 더 안전하게 작동할 수 있으며, 휴머노이드 로봇은 복잡한 수리를 하거나 심지어 세탁도 할 수 있습니다.

추가 리소스

- 애플리케이션 노트 [48V 로봇 및 서보 드라이브를 위한 고해상도 소형 폼 팩터 위상 전류 감지](#)에서는 정확하고 신뢰할 수 있는 셉트 기반 전류 감지 서브시스템을 설계하는 방법을 설명합니다.
- 최신 [GaN 기반 로봇 레퍼런스 설계](#): 통합 모터 드라이브를 위한 48V/16A 소형 폼 팩터 3상 GaN 인버터 레퍼런스 설계 (TIDA-010936)
- TI의 새로운 [고전력 로봇 레퍼런스 설계](#): 통합 모터 드라이브를 위한 48V, 4kW 소형 폼 팩터 3상 인버터 레퍼런스 설계 (TIDA-010956)
- [절연 신호 체인 솔루션에 대한 엔지니어 가이드](#)에서 절연 증폭기, 모듈레이터 및 콤퍼레이터의 포트폴리오에 대해 자세히 알아보십시오.
- DIYAMC-0-EVM 범용 DIY(Do-it-Yourself) [절연 증폭기 및 모듈레이터 평가 모듈](#)을 구매하여 새로운 장치를 평가해 보십시오.

상표

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 침해에 대한 묵시적 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, 규정 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 ti.com에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), 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 will 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](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.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.

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

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated